



ATENEIO PONTIFICIO
REGINA APOSTOLORUM



MINISTERO DELL'AMBIENTE

Master in Scienze Ambientali

Fondamenti metodologici ed antropologici dei
problemi ambientali

TESI:

L'Uomo visto attraverso la Meteorologia

*breve descrizione della coesistenza dell'uomo con i fenomeni
atmosferici: da osservatore passivo ad apprendista stregone,
fino al caos deterministico.*

Compilatore: *Dr Fabio Malaspina*

Roma, li 27 Giugno 2003

In quel giorno verso sera, Gesù disse ai discepoli: "Passiamo all'altra riva del lago". E, lasciata la folla essi lo presero con se nella barca.

C'erano anche altre barche con lui.

Nel frattempo si sollevò una gran tempesta di vento e gettava le onde nella barca, tanto che ormai era piena. Egli se ne stava a poppa, sul cuscino, e dormiva.

Allora lo svegliarono e gli dissero: "Maestro, non ti importa che moriamo?"

Destatosi, sgridò il vento e disse al mare: "Taci, calmati!" Il vento cessò e vi fu gran bonaccia.

Poi Gesù disse ai discepoli: "Perché siete così paurosi? Non avete ancora fede?". E furono presi da gran timore e si dicevano l'un l'altro: "Chi è dunque costui al quale anche il vento e il mare

obbediscono?".

(Marco 4, 35-41)

A Vittorio Cantù

studioso della

"storia della

meteorologia"

INDICE

INTRODUZIONE.....	4
CAPITOLO 1: L'osservatore teorizzante	6
1.1 Cenni sui babilonesi, egizi e cinesi	
1.2 L'antica Grecia ed il concetto di "legge naturale"	
1.3 Aristotele e la "Meteorologica"	
1.4 Il dopo Aristotele e l'antica Roma	
CAPITOLO 2: L'osservatore Passivo	10
2.1 La visione religiosa	
2.2 Le streghe ed i tempestari	
2.3 Gli almaghi	
CAPITOLO 3: Il pensiero nuovo	14
3.1 Dalla sensazione alla misura, dalla filosofia alla fisica.	
3.2 Il metodo scientifico	
3.3 Dalla cinematica alle leggi della dinamica	
3.4 La mentalità meccanicistica	
3.5 Gli ultimi meteorologi non matematici	
CAPITOLO 4: L'epoca delle certezze	21
4.1 La verifica di quanto fino ad allora era stato possibile solo immaginare	
4.2 Dal genio solitario ai primi fermenti organizzativi	
4.3 La cooperazione e le organizzazioni meteorologiche	
4.4 La "teoria dei fronti"	
4.5 I primi modelli e l'arrivo dei calcolatori	
4.6 L'uomo tecnologico	
CAPITOLO 5: L'uomo del terzo millennio:"il tempo è denaro"	31
5.1 Dall'epoca della "scarsità" a quella della "qualità"	
5.2 L'atmosfera è "globalizzata" e perde la memoria (teoria del caos)	
5.3 Weather modification	
5.4 La conoscenza diviene vantaggio competitivo	
5.5 Nell'epoca della comunicazione e del marketing	
5.6 La natura riesce ancora a stupire ed affascinare (giant ice balls)	
5.7 Climatologia e reti osservative	
5.8 Alle prese con il futuro: i cambiamenti climatici	
CONCLUSIONI.....	47
BIBLIOGRAFIA	51

INTRODUZIONE

"...E perciò prego che la Vostra carità si arricchisca sempre più in conoscenza e in ogni genere di discernimento, perché possiate distinguere sempre il meglio..."
dalla lettera di S.Paolo ai Filippesi

Inconsapevolmente spesso alla parola "meteorologia" si associa "l'uomo del tempo", che in televisione descrive brevemente le previsioni utilizzando dei simboli grafici su una cartina. In realtà la disciplina¹ racchiude nella sua evoluzione il confronto, fin dalla comparsa di questo sulla terra, dell'uomo con i fenomeni atmosferici. Una storia esaltante nella quale l'uomo osserva gli stessi fenomeni "vedendoli" tramite una lente realizzata con i pensieri, speranze, illusioni, preoccupazioni caratterizzanti quell'epoca.

Per l'artista la convivenza con i fenomeni si accompagna al prorompere di sentimenti e passioni, di gioie e tormenti, di piaceri e paure, che l'intuizione creativa trasforma in parole, colori e suoni (Vivaldi, Wagner, Debussy, etc).



Tempesta – Giorgio da Castelfranco detto Giorgione (1447-1510)

La primavera - Alessandro Filippo detto Botticelli (1445-1510)



Le persone in generale sono state e sono interessate a "capire" il tempo quando la loro attività è condizionata dal clima, l'impatto dipende dall'intensità delle avversità atmosferiche e dalla capacità di organizzazione e/o adattamento dell'uomo. Nell'antichità e fino al rinascimento l'uomo è stato un attento osservatore dei fenomeni a cui dava principalmente un'interpretazione in chiave religiosa e facilmente la visione mistica scivolava nella creduloneria e stregoneria. Negli ultimi due secoli si è affermata la visione illuminista secondo cui tutto poteva essere conosciuto e risolto in termini scientifici. La perdita,

¹ Per questo la storia della meteorologia viene approfondita in altre nazioni più di quanto si faccia in Italia.

relativamente recente, di alcune illusioni ha ridimensionamento le aspettative e ha portato a riconoscere i limiti dell'uomo di fronte alla natura sia sul fronte pratico che filosofico.

Nella divisione del presente lavoro in capitoli, si è preferito dare un titolo che ricordasse l'atteggiamento umano piuttosto che il periodo storico, anche se con una certa elasticità è sempre possibile mettere in relazione pensiero e periodo.

Nel primo capitolo si descrive l'"osservatore teorizzante" che corrisponde pressappoco all'età antica ed al mondo classico, nel secondo l'"osservatore passivo" corrispondente all'età della decadenza ed al Medio Evo, nel terzo "il pensiero nuovo" con il Rinascimento, nel quarto l'"epoca delle certezze" corrispondente alla nascita della scienza e tecnologia moderna ed infine il quinto "il tempo è denaro" descrive l'epoca contemporanea.

Scopo di questo lavoro per limiti di spazio, tempo e personali non può essere il quadro completo e dettagliato del rapporto uomo-clima, ma semplicisticamente, schematicamente e sinteticamente vuole incuriosire e riportare solo alcuni degli eventi principali avvenuti e trarre da questi degli spunti di riflessione, spero interessanti, sull'impossibilità di fare scienza ignorando l'aspetto umano e sul comportamento presente e futuro da tenere di fronte al complesso rapporto con l'ambiente.

Dalla storia si evince che prevedere il futuro (non solo meteorologico) è stato ed è il sogno dell'umanità, molto più tardi e relativamente da poco, è iniziata una rilevazione sistematica e quantitativa del tempo presente; dati che se di qualità ed archiviati senza lacune costituiscono un patrimonio nazionale che acquisisce maggior valore con il trascorrere degli anni, permettendo lo studio del clima e l'ottimizzazione di alcune attività umane.

CAPITOLO 1

1.1 Cenni sui babilonesi, egizi e cinesi.

Già su alcuni geroglifici rinvenuti in Scozia e databili tra il 12.000 e 6000 a.c. ci sono rappresentazioni dei fenomeni atmosferici. Gli scritti più antichi, che mostrano l'importanza attribuita alla previsione del clima, risalgono ad alcune tavolette in terracotta del XII secolo a.c. che riportano l'interpretazione e classificazione dei fenomeni da parte dei babilonesi. Una di queste dice: "Quando il Sole è circondato da un alone, sta per cadere la pioggia. Quando le nuvole oscurano il cielo sta per soffiare il vento". I babilonesi ed i caldei credevano che i fenomeni atmosferici dipendessero solo dal moto degli astri, naturalmente tutto si svolgeva sotto gli auspici di Marduck dio padrone del cosmo.

Nell'Egitto erano venerate le divinità celesti che, con la periodicità delle piene e la stabilità del clima, garantivano una florida agricoltura. In particolare il Sole era la sorgente di calore, di luce, di vita e la causa prima di tutti i fenomeni meteorologici. Per gli egizi comunque l'aria era distinta dal cielo ed aveva le caratteristiche di un fluido.

Le più antiche osservazioni meteorologiche regolari invece sembrano risalire ai cinesi, durante la dinastia Yin nel 1300 a.c.. Veniva osservata la copertura nuvolosa e le caratteristiche del vento.

1.2 L'antica Grecia ed il concetto di "legge naturale".

*"La natura è intrinsecamente mutevole.
Il cambiamento può essere rapido, violento,
imprevedibile. I segnali sono scritti in codice,
un codice complesso.
Decifrarlo per l'uomo è una necessità."
Eraclito - Panta Rei, VI secolo a.C.*

*"Chiamiamo arcobaleno il riflesso del sole sulle
nubi. E' indizio di tempesta. Infatti l'acqua che
impregna le nubi provoca il vento o la pioggia"
Anassagora*

Talete di Mileto fu il primo filosofo a dedicarsi ai fenomeni naturali, non fece grandi scoperte ma ebbe il merito di rendere la meteorologia² indipendente dalla religione e mitologia). Fu il primo a scrivere un calendario meteorologico per i marinai, redatto attribuendo come i babilonesi e caldei un'importanza fondamentale alla Luna. Il suo successore Anassimandro tentò una spiegazione dei fenomeni, introducendo il concetto di "legge naturale". Egli pensò

² all'epoca la disciplina non aveva questo nome.

il vento come causa di tutti i fenomeni, spiegando con esso la genesi di nubi, fulmini e piogge. Fu subito dopo Anassimene a spiegare i fenomeni come dovuti ai processi di rarefazione (causata dal riscaldamento dell'aria) e compressione³ (causata dal raffreddamento). Era proprio la compressione a causare la pioggia ed eventualmente la grandine.

Dalla scuola Ionica nacque, nel V secolo a.C., la scuola di Atene. Il filosofo che segnò il cambiamento fu Anassagora (496-428 a.c) che cercò per primo di comprendere le leggi di formazione delle nubi e le variazioni di temperature nell'aria ascendente spiegandoli con teorie complesse e collegate fra di loro. Dall'osservazione dei moti dell'aria capì che il calore a livello del suolo dipende dalla radiazione solare diretta e dalla riflessa, per questo salendo di quota c'è un raffreddamento. Quindi spiegò la formazione delle nubi (oggi diremo convettive) con il sollevamento di aria calda e successivo raffreddamento e condensazione dell'acqua⁴.

1.3 Aristotele (384-322 a.C.) e la "Meteorologica".

*"Ben sai come ne l'aere si raccoglie
quell'umido vapore che in acqua riede,
tosto che sale dove'l freddo il coglie.
Giunse quel mal voler che pur mal chiede
Con lo'ntelletto, e mosse il fummo e'l vento
per la virtù che sua natura diede".*

Dante Alighieri (Purgatorio, V, 109-114)

Aristotele scrive un'opera ambiziosa sulle scienze naturali, geofisica e meteorologia dal titolo "Meteorologica", dando così anche il nome a questa disciplina. Nel trattato prende in esame molti fenomeni atmosferici: le nubi, la pioggia, la rugiada, la neve, la grandine, i temporali e fenomeni ottici come arcobaleno ed aloni. Nonostante alcune imprecisioni, Aristotele ebbe il grande merito di comprendere che la condensazione dell'acqua era dovuta al raffreddamento, l'intensità di questo determinava il formarsi di rugiada, pioggia o brina.

³ Anassimene come più tardi Aristotele ed altri, commisero l'errore di non capire che a volume costante comprimendo l'aria la temperatura aumenta, il raffreddamento avviene con l'espansione. Per le leggi corrette di Gay-Lussac e quelle della termodinamica fu necessario attendere fino all'800.

⁴ La teoria fu in contrasto con quella di Aristotele ed altri che pensavano il congelamento dovuto alla discesa di aria e relativa compressione. Alla fine ebbero a torto ragione le teorie aristoteliche, ma lo scontro tra filosofi fu ripreso dal poeta Aristofane nella commedia "Nuvole" dove si gioca sul doppio senso che il filosofo Socrate vivesse tra le nuvole.

La “Meteorologica” è composta da quattro libri: tre sulla meteorologia ed una sulla chimica.

Il fondamento dell’opera si poggia su due teorie:

1. l’universo è di forma sferica, strutturato secondo il principio di Eudosso che spiegava il movimento degli astri con un insieme di sfere concentriche i cui moti combinati producevano i movimenti apparenti dei corpi celesti. La terra era il nucleo centrale delle sfere. L’Universo poteva essere diviso in due regioni: la regione “celeste” al di là dell’orbita della Luna e la regione terrestre o sublunare. Vi era così una distinzione tra la zona d’interesse della astronomia che arrivava fino alla Luna, mentre la meteorologia si limitava allo studio della parte terrestre;
2. la “teoria degli elementi” di Empedocle, secondo la quale anche Aristotele riteneva la regione terrestre costituita da quattro elementi disposti in stati concentrici: terra, acqua, aria e fuoco. La Terra era al centro e tra i quattro elementi c’erano dei continui processi di interscambio.

Il Sole scaldava la terra fredda e secca producendo una sostanza calda e secca simile al fuoco, analogamente scaldava l’acqua fredda ed umida per formare una nuova sostanza calda ed umida simile all’aria. Il Sole formava due generi di “evaporazioni”: dei vapori umidi responsabili dei fenomeni meteorologici quali pioggia e nubi, dei vapori secchi e caldi⁵ responsabili del vento, del tuono, etc. Le nubi non potevano formarsi a contatto del suolo per via del calore riflesso, non al di sopra delle cime delle montagne più alte perché l’aria al di sopra di esse conteneva “fuoco” ed era trasportata col moto del cielo.

Osserva Aristotele che il caldo ed il freddo esercitano tra loro una mutua reazione (per questo i luoghi sotterranei sono freddi durante la stagione calda e sono caldi quando la stagione è fredda), quindi nelle stagioni calde il freddo si sposterà in un nucleo centrale circondato da aria calda. Da notare che Aristotele usava un ragionamento deduttivo, invece di servirsi delle osservazioni del tempo per sviluppare le sue teorie, molto spesso interpretava le osservazioni in modo che servissero da sostegno alle opinioni che si era precedentemente formato. Spesso questo processo era compiuto presentando l’argomento con analogie, che tuttavia erano ipotizzate anziché dimostrate (come nel caso della temperatura dei luoghi sotterranei che doveva valere anche in quota per la spiegazione della grandine).

⁵ Molti secoli dopo sarà spiegato con il cambiamento delle caratteristiche ottiche dell’aria i fenomeni ottici vicini al suolo durante le giornate calde.

Per i venti Aristotele confuta l'opinione di Anassimandro secondo il quale il vento era semplicemente un moto d'aria. Secondo lui l'origine era da ricercarsi nel graduale accumulo dei vapori caldi e secchi provenienti dalla terra, i venti si muovono orizzontalmente mentre l'esalazione è verticale perché questa nel suo insieme segue il movimento dei cieli.

Inoltre Aristotele nell'opera fa un sunto di quanto detto prima di lui, ad esempio riprendendo la rosa dei venti che era di origine babilonese, mentre alcune regole di previsione sono riprese dagli egizi.

Naturalmente quanto riportato sono pochissimi cenni di un trattato molto esteso di un filosofo della scienza e non di uno scienziato, che ha l'enorme merito di essere stato il primo tentativo di dare una discussione organica della meteorologia e non cercare di spiegare il solo singolo fenomeno.

Il pensiero aristotelico fu il più diffuso fino al XVII secolo e a riprova di ciò è stato riportato in alto quanto scritto da Dante nel Purgatorio V,109-114 che ricalca alla lettera quanto detto da Aristotele nella Meteorologica (I,9): "quando il caldo è nell'aere, allora è più veloce e maggiore congelatione. E segnodiosi è che l'acqua calda è posta in luogo d'aghiacciare, aghiaccia pure più che non fa la fredda, impercio che il freddo è contrario al caldo, e mostra più la sua virtude quando trova il suo contrario. E anche segno di cioe si è ne l'operatione de' pescatori, i quali quando volliono profundare i legni e le canne empiole d'acqua calda e pongolle al freddo". L'opera fu completata da Teofrasto (370-27 a.C.) che pubblicò anche un trattato sui venti.

1.4 Il dopo Aristotele e l'antica Roma.

"Cade la pioggia, si prosciugano i corsi d'acqua, scoppiano i temporali; ardono i raggi [solari] precipitandosi da ogni lato della terra verso il centro del mondo, per poi infrangersi e rimbalzare, e portano seco l'umidità della quale si sono imbevuti. Il vapore scende dall'alto, e in alto è destinato a tornare".

Plinio il vecchio

Il poeta greco Arato di Soli (320-240 a.C.) è il primo a studiare come il comportamento degli animali sia influenzato dalle condizioni meteorologiche ed a utilizzare tali studi per effettuare dei pronostici. Comunque le previsioni generalmente rimangono legate al movimento degli astri.

Sull'argomento meteorologico scrissero anche senza nulla aggiungere Democrito, Epicureo, Posidonio di Apamea che nel libro "Elementi di meteorologia", nel I secolo a.C., fece il punto sullo stato dell'arte.

Virgilio (70-19 a.C.) nell'antica Roma tentò di tener conto contemporaneamente del Sole, della Luna e del comportamento animale ed espone quanto pensato nel primo libro delle "Georgiche".

Plinio il vecchio s'interessava del tempo meteorologico ed effettuava pronostici scrutando la Luna: "la luna rossa annuncia il vento, la luna nera la pioggia"⁶. In questo periodo Plinio descrive la rosa dei venti etrusco-latina dove sono descritte otto direzioni spaziate di 45°, che sostituirà quella di Aristotele usata nel mondo greco che descriveva 12 venti spaziate di 30°. Plinio descrisse le nuvole come mescolanza dell'elemento aereo con l'"illimitata quantità di vapore terrestre" che si raccoglie intorno la terra prima di salire nell'atmosfera. Ai suoi occhi c'era una continua e regolare oscillazione, disturbata dal transito di stelle e pianeti. Le nubi causavano le maree al loro passaggio.

Per Seneca le nuvole erano le responsabili principali del clima e dei fenomeni atmosferici: temporali ed arcobaleno, ma per la loro origine valeva la spiegazione aristotelica.

⁶ Solo nel 1700 lo scienziato Arago dimostrò che responsabili della distruzione delle gemme primaverili erano le tarde gelate. L'aria fredda e con basso tasso d'umidità rendeva di notte il cielo molto limpido e la luna era ben visibile, tanto che tutti accusavano i raggi della "luna rossa" o "luna primaverile" di bruciare le piante. Si tratta del fenomeno delle "correlazioni illusorie" alle quali un uso non corretto della statistica può anche dare un'apparenza scientifica, infatti la correlazione non indica di per sé un fatto causale.

CAPITOLO 2

Dopo l'attenzione ed interesse suscitati nell'epoca classica dei filosofi greci e latini, la nascente scienza meteorologica cade nell'oblio. Gli uomini impegnati continuamente in altre attività preferiscono affidarsi alle pratiche magiche che risolvono immediatamente i loro problemi. La meteorologia viene confusa tra scienze occulte, astrologia e riti religiosi. L'uomo non può capire ciò che è a lui superiore e per questo si limita a vedere e cercare di creare buoni auspici⁷.

2.1 La visione religiosa.

*"Laudato sie, mi Signore, per Frate vento, e per
Aere e Nubilio*

E Sereno e omne tempo, per lo quale a le tue creature dai sostentamento".

Cantico delle Creature-S.Francesco

*"Buon San Donato/ Prega per me / Affinché il
fulmine non cada/Su di me,
né sui miei genitori/ o sui miei amici./
Che cada nell'acqua/in cui non vi siano barche".
Preghiera a San Donato protetto dai fulmini.*

Nel Medio Evo si crede che il moto degli astri obbedisca solo alla volontà di Dio ed essendo i fenomeni atmosferici legati agli astri coerentemente anche essi Gli obbediranno. Pertanto ogni fenomeno celeste era considerato un segno da interpretare per capire le intenzioni del Creatore (es.molte stelle cadenti preannunciano un inverno rigido, il passaggio stella cometa fa prevedere venti forti o siccità) e se le preghiere non avranno effetti sarà solo colpa del maligno. In questo clima i credenti assumono un aspetto contemplativo e pregano affinché quella del Padre sia una volontà benigna. Anche se appartenente ad un periodo successivo riportiamo, al solo titolo esplicativo, la storia tratta in parte dal testamento redatto in data 15 gennaio 1735 dal nobile Antonio Rusca, promotore e benefattore del Santuario della Beata Vergine del Lazzaretto: "Terribile fu la siccità nell'anno 1714 che colpì tutta la zona di Vimercate: nemmeno nei più profondi pozzi si trovava una goccia d'acqua. Alcuni pastori afflitti dalla sete e timorosi per le sofferenze dei loro animali, la sera del 19 aprile 1714 si raccolsero in preghiera nel bosco detto Brugarolo, in territorio di Ornago, intorno ad una Cappelletta dedicata alla Madonna soccorritrice delle anime del Purgatorio. Con grida e pianto

¹ In realtà durante il medio evo ci furono grandi pensatori a cui si devono passi importanti nella conoscenza (Giovanni Filopono di Alessandria, Alberto Magno, Tommaso d'Aquino, Telesio, Della Porta, etc.), ma per gli scopi del presente lavoro preferiamo dare una visione più semplificata.

imploravano l'aiuto della Regina del Cielo. *Furono esauditi!* Quel cielo arso e senza alcun segno precedente di umidità emanò una tale quantità di acqua che valse a confortare tutto il vicinato; da allora la fonte non si è mai più esaurita. L'Autorità Ecclesiastica, dopo regolare processo, (gli atti sono conservati nell'archivio diocesano) dichiarò questo avvenimento veramente miracoloso, l'immagine della Madonna di quella Cappellina da allora fu considerata prodigioso e subito fu venerata. A ricordo del miracolo ed in segno di gratitudine i fedeli innalzarono la bella Chiesa, che ancor oggi si ammira immersa in un boschetto di platani fra Ornago e Roncello. L'immagine miracolosa della Madonna venne collocata sull'altare maggiore, mentre la fontana del miracolo è protetta da una grotta artificiale di recente costruzione.

Il Santuario della Beata Vergine del Lazzaretto, oggi come ieri, ed a distanza di quasi tre secoli, contribuisce a tenere desta in noi la fede. In esso è testimoniata la certezza dell'aiuto che la Vergine Santissima può dare a ciascuno di noi tanto in vita quanto in morte.

2.3 Le streghe ed i tempestari

“Pare che le streghe del Lancashire abbiano avuto parte nel suscitare la grande tempesta nella quale Sua Maestà corse così grave pericolo nel Mare della Scozia”.

W.Pelham [lettera a Lord Conway, 1634]



Un' incisione che rappresenta i Tempestari all'opera.

Una strega con Diavolo, H Burgkmair (1473-1531)

Nel Medioevo si credeva nell'esistenza di un paese chiamato **Magonia** –paese dei maghi- da cui provenivano delle navi volanti tra le nubi, che durante i temporali caricavano per riportarle nel loro paese le messi ed i frutti dei campi, i quali al ritorno del cielo sereno apparivano spogli.

Alcuni credevano nei tempestari, cioè nell'esistenza di persone capaci di provocare a loro piacere temporali e tempeste. Ben presto i tempestari si raggrupparono in tempesterei⁸.

2.3 Gli almanacchi.

*“sulle probabilità del cangiamento del tempo
alle fasi della luna, poiché le ha dedotte dal
penoso confronto dei giorni meteorologici
tenuti per quarant'anni”*

Abbate G.Toaldo, 1700

Nelle principali corti del Medio Evo spesso era presente un astronomo in grado di leggere il cielo ed effettuare pronostici del tempo, come ad esempio nel 1450 presso la corte di Luigi XI. Spesso questo era costretto a confrontarsi con quanto diceva il popolo, che non avendo i “potenti e sofisticati mezzi” della corte, ricorreva ai proverbi o interpretazione del comportamento animale. L'esperienza insegna che spesso a livello locale ed a breve questo tipo di pronostici fatti dalla gente del posto sono affidabili. Per questo che spesso l'astronomo si doveva sbilanciare sulle previsioni a più giorni con tutti i rischi che tale mestiere comportava.

Fu in questo periodo che qualcuno pensò di produrre i primi almanacchi anche per chi non viveva a corte; anche se possono sembrare metodologie ormai scomparse dalla notte dei tempi, tuttora alcune persone vi credono (basta pensare alle previsioni riportate sul calendario di Frate Indovino). L'idea alla base è legare i fenomeni atmosferici ai fenomeni celesti: movimento degli astri celesti, fasi della luna, eclissi, congiunzioni, etc. come nell'astrologia questi sono legati agli accadimenti umani. A partire dal '500 si diffusero migliaia di testi di previsioni per tutto l'anno detti i “prognostica”, erano in latino e seguivano le regole dell'astrologia, il più popolare fu “la pratica contadina” pubblicato in tedesco e tradotto in varie lingue. Gli almanacchi successivi del '700 ed '800 divennero tascabili e sempre più diffusi riportando oltre alle previsioni del tempo anche quelle di maree, eventi astronomici e sulle feste religiose. Beniamino Franklin dal 1732 pubblicò il “Poor Richard's Almanac” per 25 anni con la guida del tempo annuale. Le fortune degli almanacchi erano alterne a seconda del risultato delle previsioni, comunque raggiungevano tirature di

² Per provocare una pioggia una donna riuniva alcune fanciulle insieme ad una vergine, uscivano dal villaggio alla ricerca di una pianta di giusquiamo. La vergine veniva denudata e poi avveniva un rito in cui veniva bagnata e l'acqua doveva cadere sugli esseri umani e sulla terra riarsa. Alla fine si doveva tornare al villaggio all'indietro. La punizione per chi era scoperto a svolgere il rito era dieci giorni a pane ed acqua.

diecimila copie. Da segnalare che nel 1838 Patrick Murphy predisse sul "Weather Almanac" che il 20 gennaio si sarebbe verificata la temperatura più bassa dell'inverno; fu il giorno più rigido del secolo e l'opera fu ristampata decine di volte e per decenni quell'inverno fu ricordato come "l'inverno di Murphy". Opere analoghe saranno successivamente pubblicate in Germania, Russia e anche in Giappone, India e Stati Uniti.

Nel '600 in Francia sembra fosse molto di moda parlare ed occuparsi del tempo coniato proverbi, in Inghilterra invece una legge del 1677 puniva con il rogo chiunque "faccia venire la pioggia o profetizzi il tempo". La legge fu definitivamente abrogata nel 1959.

CAPITOLO 3

3.1 Dalle sensazioni alla misura, dalla filosofia alla fisica.

Il primo servizio meteorologico del mondo nasce in Italia.

*"Quelli che s'innamoran di pratica senza
scienza son come 'l nocchier ch'entra in
navilio senza timone o bussola, che mai ha
certezz dove si vada".*

Leonardo da Vinci

Leonardo da Vinci trovava ispirazione della sua arte e scienza nella bellezza della natura, nella sua indagine scientifica fu un precursore del metodo sperimentale. Nei suoi studi sulla fisica del volo comprese che l'aria aveva un peso ed era compressibile a differenza dell'acqua, inoltre capì il diverso comportamento dell'aria a seconda del moto laminare o vorticoso, tra i suoi studi anche la realizzazione di un anemometro ed igrometro.

E' nel clima rinascimentale italiano che le grandezze meteorologiche, fino ad allora regno delle dispute filosofiche e "misurate" soggettivamente solo attraverso le sensazioni divengono grandezze quantificabili attraverso della strumentazione, entrando così nell'ambito delle grandezze fisiche che possono essere trattate matematicamente. In molti casi sono gli italiani ad essere i primi ad inventare la strumentazione, la storia è avvincente e ricca di dettagli, ma per le nostre finalità ci limiteremo a citare le tappe più importanti di questa "rivoluzione" culturale.

Pochi anni bastano a rivoluzionare il pensiero aristotelico che era stato il più accettato per quasi due millenni.

Nel 1612 è stato realizzato il primo termometro (ad acqua e sprovvisto di scala) per la paternità del quale avrà luogo una disputa tra Galileo Galilei e Santorio. Fu nel 1641 che gli artigiani fiorentini realizzarono un termometro ad alcool con canna e bulbo chiusi e poi nel 1646 avviarono una produzione di serie; bisognerà invece attendere il 1724 affinché il fisico polacco Fahrenheit proponesse l'uso dell'alcool e di una scala divisa in 180 parti⁹. Solo nel

¹ La scala andava da -90 (massimo freddo) a +90 (massimo caldo), lo zero è un miscuglio acqua-ghiaccio-sale ammoniaco, il 32 è determinato da un miscuglio acqua-ghiaccio ed il 96 (ad abundantiam) corrisponde alla temperatura di un uomo sano misurata all'ascella o in bocca.

1740 lo svedese Celsius propose una scala graduata in cento intervalli¹⁰ avente come punti fissi lo zero per il punto di ebollizione dell'acqua ed il cento per il punto di congelamento, fu poi il botanico Carlo Linneo a scambiare i riferimenti.

Per la pressione Galileo Galilei, nonostante fosse a conoscenza di fenomeni simili a quelli che poi diverranno famosi come "l'esperienza di Torricelli", si limitò a spiegarli utilizzando il principio dell'"horror vacui"¹¹. Nel 1643 la comprensione del peso dell'aria e quindi della presenza di una pressione atmosferica porta Evangelista Torricelli al concepimento del primo barometro, già nel giugno 1644 ha visto realizzato il primo prototipo ad acqua da Vincenzo Viviani. Fu successivamente Boyle nel 1659 a scrivere le leggi sui gas e nel 1665 a dare allo strumento che misura la pressione il nome di barometro. Nel 1702 Leibniz realizzò il primo barometro aneroidale in metallo.

Il primo strumento per la misura dell'umidità, a cui fu dato il nome di "mostra umidaria", fu realizzato alla Corte di Ferdinando II nel 1650; successivamente nel 1783 lo svizzero Saussure introdusse nella misura dell'umidità l'uso dei capelli.

Nel 1639, per studiare l'abbassamento di livello del lago Trasimeno dovuto ad un prolungato periodo di siccità, il Benedettino cassinese Benedetto Castelli realizzò il primo pluviometro dell'occidente, uno degli strumenti più semplici in assoluto (un recipiente graduato) eppure nessuno ci aveva pensato.

Una volta disponibile la strumentazione meteorologica la prima rete di misura di grandezze meteorologiche fu organizzata nel 1654 presso il Granducato di Toscana da Ferdinando II: era la nascita della meteorologia moderna. Furono distribuiti dei termometri ad una decina di stazioni in Europa comprendenti Firenze, Vallombrosa, Pisa, Bologna, Milano, Parma, Cutigliano, Parigi, Varsavia ed Innsbruck (purtroppo parte dei dati di queste stazioni non sono ancora stati trovati). Nel 1657 saranno dotate di barometri, igrometri ed anemometri con

¹⁰Un'altra scala centigrada era stata proposta nel 1740 da Michel Du Crest di Ginevra, fra la temperatura di una cantina profonda e quella di ebollizione dell'acqua.

¹¹ il liquido risale per la tendenza delle sostanze naturali ad occupare gli spazi vuoti.

l'incarico da registrare le osservazioni per poi inviarle periodicamente a Firenze. La rete funziona fino al 1667, l'attività viene proseguita solo presso l'Osservatorio astronomico di Parigi mentre per le altre stazioni molti furono i tentativi di riattivarle ma nessuno ebbe un successo duraturo.

3.2 Il metodo scientifico.

“Il libro della natura è scritto in forma matematica”.

Galileo Galilei, Il Saggiatore

Grazie alle intuizioni di Galileo Galilei (Pisa 1564-Arcetri 1632) venne definito il metodo scientifico, che sinteticamente consiste nella:

- analisi quantitativa delle osservazioni disponibili e/o dei dati sperimentali;
- descrizione puntuale degli esperimenti eseguiti e verifica della loro *riproducibilità*;
- formulazione di ipotesi e teorie che spieghino i fenomeni osservati ed i risultati degli esperimenti eseguiti. Di solito ciò richiede un uso di una matematica sofisticata;
- prova della validità della teoria attraverso l'ideazione e realizzazione di nuove osservazioni ed esperimenti da essa suggeriti: se i risultati sono soddisfacenti la teoria è accettata altrimenti cade.

La scienza può “indagare” tutto ciò che rientra nella realtà spazio-temporale (materiale) e nella sua espressione matematica; molto più vasto il campo aperto alle indagini della ragione e maggiore ancora è la realtà esistenziale dell'uomo con le sue aspirazioni, sentimenti ed il suo destino.

E' interessante notare che il cambio di modello culturale rispetto al passato determina anche un cambio nel modo in cui saranno affrontate le sfide con la natura. A tal proposito possiamo confrontare il comportamento di Galileo con quello di Orazio che si vede impotente verso le avversità alle quali si può opporre solo un Dio [da bibl.1].

Guarda come il (monte) Soratte si erge bianco per la neve e le selve oppresse non sostengono più il peso e i fiumi si sono arrestati per l'intenso gelo. Togli il freddo mettendo abbondantemente legna sul fuoco e versa più generosamente, o Taliarco, vino puro di quattro anni dall'anfora Sabina. Il resto lascialo agli dei: quando essi avranno calmato i venti

che agitavano il mare in tempesta, non si agiteranno più nemmeno i cipressi né i vecchi olmi. Non domandarti cosa potrà avvenire domani, e qualunque giorno ti conceda la sorte, consideralo guadagnato; non disprezzare, o giovane, né la dolcezza dell'amore né le danze, finché la giovinezza è lontana dalla triste vecchiaia.

Il punto di vista di Galileo è opposto. Il gran libro della natura è scritto in linguaggio matematico e solo l'ingegno può leggerne le righe, lo scienziato è impegnato in prima persona a cercare di capire.

A proposito di misurabilità, all'epoca di Galileo e per molti anni a seguire si credette che con il miglioramento delle tecnologie la precisione degli strumenti potesse crescere indefinitamente.

3.3 Dalla cinematica alle leggi della dinamica.

*Se ho potuto vedere più lontano degli altri,
è stato poggiando sulle spalle dei giganti.
Isaac Newton*

"Ricordiamoci che in altri tempi e in epoca non molto lontana, una pioggia o una siccità estrema, una cometa che trascinava dietro di sé una coda molto lunga, le eclissi, le aurore boreali ed in generale i fenomeni straordinari erano considerati come segni della collera celeste. Si invocava il cielo per allontanare il loro influsso funesto. Non lo si pregava di interrompere il corso dei pianeti e del Sole: l'osservazione avrebbe presto mostrato l'inutilità di queste preghiere! Ma dato che questi fenomeni che si manifestavano e sparivano a lunghi intervalli sembravano contraddire l'ordine della natura, si supposeva che il cielo li facesse nascere e li modificasse a proprio piacimento, per punire i crimini terrestri. Così la lunga cosa della cometa del 1456 sparse il terrore in Europa, che era già prostrata dai rapidi successi dei Turchi i quali avevano rovesciato il Basso Impero. Questo astro, dopo quattro rivoluzioni, ha suscitato tra noi un interesse ben diverso. La conoscenza delle leggi del sistema mondo, acquisita nel frattempo, aveva dissipato le paure prodotte dalla ignoranza dei veri rapporti tra l'uomo e l'Universo".

Halley dopo il verificarsi della previsione del passaggio della cometa a fine 1758.

Fu Isaac Newton (1642-1727) a completare la rivoluzione culturale avviata da Galileo aggiungendo degli aspetti chiave: le leggi della dinamica e della gravitazione universale che permettevano la descrizione della fisica terrestre e celeste ed il “calcolo infinitesimale” che permetteva concretamente di esprimere le leggi della fisica. Con Newton il sogno di sostituire alla fisica qualitativa e finalistica aristotelica una fisica quantitativa e matematica si avvera concretamente. Quando nell’800 vennero definite le tre leggi della termodinamica, si chiarì la differenza tra calore e temperatura, si approfondì lo studio delle fasi dell’acqua, le basi scientifiche per descrivere i moti atmosferici erano pronte per permettere una descrizione matematica, come fatto con eccezionali successi nell’astronomia. Fu naturale accettare l’ipotesi “a priori” che le grandezze meteorologiche fossero continue¹², che il sistema atmosfera fosse di tipo deterministico e causale, che fosse possibile effettuare delle “semplificazioni” nello spirito galileiano di “difalcare gli impedimenti” (linearizzazioni, analisi di scale, etc.) considerando il resto perturbazioni del processo fondamentale¹³.

3.4 La mentalità meccanicista.

Il riduzionismo e la concezione deterministica.

“Tutti gli eventi, anche quelli che per la loro piccolezza sembrano non dipendere dalle grandi leggi della natura, ne sono una conseguenza altrettanto necessaria delle rivoluzioni del Sole. Per l’ignoranza dei legami che l’uniscono al sistema intero dell’universo, lisi è fatti dipendere dalle cause finali o dal caso, secondo che si producevano e si susseguivano con regolarità, o senza ordine apparente; ma queste cause immaginarie sono state successivamente allontanate assieme ai confini delle nostre conoscenze, e scompaiono completamente di fronte alla sana filosofia che non vede in esse altro che l’espressione della nostra ignoranza delle cause vere.”

“ Gli eventi attuali hanno un legame con quelli che li precedono, il quale è fondato sul principio evidente che una cosa non può cominciare ad essere, senza una causa che la produca (detto principio di casualità o di ragion sufficiente) ”

introduzione nel suo trattato sulla probabilità

Pierre Simon de Laplace (1749-1827),

I successi raggiunti in campo scientifico creano un clima nel quale persone autorevoli vedono l’universo come una enorme e sterile macchina, destinata al decadimento finale determinato dal secondo principio della termodinamica. Inoltre il determinismo assoluto assicurava che lo sviluppo di ogni sistema, quindi anche dell’atmosfera, una volta definite

¹² Secondo il principio “natura non facet saltum”,

¹³ Secondo il principio fondamentale della scienza classica: la “semplicità della natura”;

esattamente le condizioni iniziali poteva essere completamente determinato tramite le leggi della fisica (determinismo assoluto).

Si definisce così il “principio di casualità”¹⁴, che divenuto cardine della ricerca scientifica ed applicato insieme al metodo scientifico, ha permesso un rigoglioso progresso della scienza¹⁵. Per il meccanicista la convinzione che la fisica permettesse di spiegare tutto era certezza, l'uomo non aveva bisogno di nessuno al di fuori di se stesso; presto però con la meccanica quantistica e relativistica più di qualche dubbio sarebbe sorto.

3.5 Gli ultimi meteorologi non matematici.

*"I momenti più belli vivono e svaniscono
Prima che sia dato loro un nome;
Come le nubi più rosa nel cielo serale
Per prime impallidiscono e scompaiono".
Mary Russell Mitford, 1811*

“...Perciò il mio canto alato ringrazia l'uomo che ha distinto nube da nube”.

J.W.Goethe

Nel 1735 B. Franklin realizza i primi studi sull'elettricità dell'aria, nel 1783 Lavoiser e nel 1800 Dalton effettuano i primi studi sulla composizione dell'aria. Affianco a queste figure scientifiche erano ancora presenti pensatori in grado di arrivare a ciò che l'uomo non aveva fatto per secoli, senza dover ricorrere ad una descrizione matematica.

Per secoli l'uomo aveva osservato ed era rimasto affascinato dalle nuvole: tutte simili e mai nessuna uguale all'altra¹⁶. L'affascinante sfida di riuscire a classificare qualcosa che fino ad allora sembrava il regno della soggettività ed arbitrio fu raccolta con successo da Luke Howard, un giovane meteorologo dilettante che visse in Inghilterra a cavallo tra '700 ed '800. Nel 1802 assurse a fama mondiale avendo dato per primo il nome alle nuvole, determinando ancor più il distacco tra l'antica meteorologia filosofica-astrologia e la scienza moderna.

Nello stesso periodo altri proposero scale simili (tra cui il famoso Lamarck), ma alla fine la classificazione di Howard divenne la più diffusa, anche grazie ad autorevoli sostenitori come lo stesso Goethe che appassionato di meteorologia pubblicò nel 1820 una lode a tale intuizione dal titolo “La forma delle nubi secondo Howard”.

¹⁴ Quando si assiste ad un evento dobbiamo domandarci da quale causa provengono e sono scaturiti gli effetti, la causa va cercata nel passato e non nel futuro e spesso si finisce sempre per trovarla o almeno verosimilmente per ipotizzarla.

¹⁵ Ma basta questo principio a spiegare tutto? In quei secoli la certezza era assoluta, oggi si comincia a pensare che un evento può avvenire anche prodotto in vista di un obiettivo futuro. Se c'è una causa non occorre un Dio, se c'è un fine tale certezza vacilla.

¹⁶ Dall'amleto di Shakespeare: “in una nuvola ognuno è libero di vedervi un cammello, una donnola o una balena a seconda dell'umore e delle preoccupazioni del momento”.

"Ogni lode a Beaufort, che ha usato e introdotto questo sintetico metodo di stima approssimata tramite una scala, espressa in numeri anziché in vaghe parole, all'inizio di questo secolo".

Robert FitzRoy, 1863

Incoraggiato dal recente successo internazionale di Luke Howard, il giovane comandante di navi Francis Beaufort (1774-1857) inventò la sua famosa scala di vento nel gennaio 1806 aspettando a Portsmouth gli ordini per la prossima missione, propose una scala con 13 gradi che successivamente divennero 12. La scala fu adottata dall'ammiraglio britannico nel 1838 ed in seguito al 1874 dal resto del mondo¹⁷. Si cominciava a capire che i venti si formavano quando le masse d'aria si spostavano nel tentativo di annullare le differenze di pressione e temperature causate dalle differenze di esposizione alla luce solare delle varie parti della terra. Queste cause erano discusse a metà del XVIII secolo dal *filosofo della natura*¹⁸ George Hadley (teoria della circolazione , 1735), ma non si era ancora capita la traiettoria dei flussi d'aria in quanto questa era complicata dalla rotazione terrestre¹⁹. Inoltre in quel periodo venivano anche compresi i fenomeni alla base dell'innescò delle brezze di mare, di lago e di monte.

LA SCALA BEAUFORT

grado	velocità (km/h)	tipo di vento	velocità (nodi)	caratteri	velocità (m/s)
0	0 - 1	calma	0 - 1	il fumo ascende verticalmente; il mare è uno specchio.	< 0.3
1	1 - 5	bava di vento	1 - 3	il vento devia il fumo; increspature dell'acqua.	0.3 - 1.5
2	6 - 11	brezza leggera	4 - 6	le foglie si muovono; onde piccole ma evidenti.	1.6 - 3.3
3	12 - 19	brezza	7 - 10	foglie e rametti costantemente agitati; piccole onde, creste che cominciano ad infrangersi.	3.4 - 5.4
4	20 - 28	brezza vivace	11 - 16	il vento solleva polvere, foglie secche, i rami sono agitati; piccole onde che diventano più lunghe.	5.5 - 7.9
5	29 - 38	brezza tesa	17 - 21	oscillano gli arbusti con foglie; si formano piccole onde nelle acque interne; onde moderate allungate.	8 - 10.7
6	39 - 49	vento fresco	22 - 27	grandi rami agitati, sibili tra i fili telegrafici; si formano marosi con creste di schiuma bianca, e spruzzi.	10.8 - 13.8
7	50 - 61	vento forte	28 - 33	interi alberi agitati, difficoltà a camminare contro vento; il mare è grosso, la schiuma comincia ad essere sfilacciata in scie.	13.9 - 17.1
8	62 - 74	burrasca moderata	34 - 40	rami spezzati, camminare contro vento è impossibile; marosi di altezza media e più allungati, dalle creste si distaccano turbini di spruzzi.	17.2 - 20.7
9	75 - 88	burrasca forte	41 - 47	camini e tegole asportati; grosse ondate, spesse scie di schiuma e spruzzi, sollevate dal vento, riducono la visibilità.	20.8 - 24.4

¹⁷ L'idea di Beaufort fu quella di legare la forza del vento ai suoi effetti sugli oggetti, fino ad allora esisteva un sistema di misura della nave che avveniva in nodi ma l'intensità del vento non era misurabile.

¹⁸ La filosofia naturale considerava le descrizioni accurate la via maestra per la comprensione dei fenomeni.

¹⁹ Questo effetto, noto come "effetto Coriolis", diviene progressivamente più accentuato spostandosi dall'equatore ai poli. Fu studiato dal meteorologo francese Gustave Coriolis nel 1835 e fu poi utilizzato da W.Ferrel nel 1860 nella sua costruzione della circolazione generale.

10	89 - 102	tempesta	48 - 55	rara in terraferma, alberi sradicati, gravi danni alle abitazioni; enormi ondate con lunghe creste a pennacchio.	24.5 - 28.4
11	103 - 117	fortunale	56 - 63	raro, gravissime devastazioni; onde enormi ed alte, che possono nascondere navi di media stazza; ridotta visibilità.	28.5 - 32.6
12	oltre 118	uragano	64 +	distruzione di edifici, manufatti, ecc.; in mare la schiuma e gli spruzzi riducono assai la visibilità.	32.7 +

CAPITOLO 4

4.1 La verifica di quanto fino ad allora era stato possibile solo immaginare

*"Povero Newton , già famoso pel sapere
I tuoi studi non faranno più scalpore
Più grandi Newton ora in cielo saliranno
Dove nuovi mondi scopriranno".
Mary Alcock*

L'invenzione della mongolfiera offre la possibilità ai meteorologi di poter andare a verificare ciò che fino ad allora era stato solo immaginato con l'illusione che ciò avrebbe portato nuovi maggiori successi e scientifici. Si realizza quello che fino ad allora era stato un sogno: dalle misurazioni al suolo si passa all'idea di poter effettuare misurazioni in quota.

Fu Gay-Lussac nel 1804 ad effettuare il primo volo per scopi meteorologici sopra Parigi, raggiunse la quota di 7000 metri. In quell'occasione fu preso un campione d'aria e fu misurata la temperatura: *finalmente veniva confermato sperimentalmente che salendo di quota la temperatura diminuisce*. Andamento che sarà successivamente confermato anche per la pressione.

4.2 Dal genio solitario ai primi fermenti organizzativi.

Il telegrafo e le prime carte meteorologiche

Nel 1750 nasce la prima associazione europea tra meteorologi, la "Royal Meteorological Society" di Londra, nel 1780 viene costituita la "Società Meteorologica Palatina" costituita da 57 stazioni in tutta Europa organizzate secondo l'esperienza della rete toscana, purtroppo con la morte del suo primo direttore e la rivoluzione francese anche questa esperienza ebbe fine.

L'invenzione del telegrafo nel 1832 rese possibile la comunicazione veloce dei bollettini meteorologici e quindi la possibilità di mettere tutti quelli relativi ad un orario su una carta

geografica (prenderà il nome di “analisi sinottica”), su questa carta si potevano successivamente tracciare delle isobare e tentare una previsione²⁰.

Con la nuova tecnologia si ha anche un cambiamento dal punto di vista concettuale: il fenomeno meteorologico che finora era stato uno studiato partendo solo da un punto di vista locale (o Euleriano) diviene un “individuo” che è possibile analizzare nei suoi spostamenti (punto di vista sostanziale o Lagrangiano). Naturalmente le carte tracciate apparivano “diverse” dalle attuali, su di esse non sarebbe stato possibile tracciare i “fronti”²¹ perché i dati erano così pochi che le variazioni delle grandezze meteorologiche alla maggior parte dei meteorologi sembravano avvenire con gradualità.



Le prime carte del 10 settembre 1863, che utilizzando le spiegazione di Buys-Ballot permettono la previsione della direzione ed intensità del vento.

All'epoca si prevedeva il brutto tempo nelle zone di bassa pressione ed il bello nell'alta, modalità ancora oggi utilizzata sui barometri in vendita presso gli ottici, dove al valore della pressione viene associato un tipo di tempo.

Ormai gli strumenti erano stati inventati, le telecomunicazioni permettevano scambi d'informazione veloci e la teoria aveva fatto molti passi in avanti, tutto sembrava pronto affinché si passasse dall'ambito scientifico ad un servizio meteorologico finanziato al fine di svolgere un'attività continuativa. Si dovette però aspettare il 1854 quando una tempesta

²⁰ Caratteristica della meteorologia dalla nascita degli strumenti in poi è stata la ricerca di realizzare delle misure continue, sistematiche e quantitative al fine di elaborare teorie partendo da questi dati con solo una mentalità deduttiva, cosa che ha reso la disciplina particolarmente adatta ai matematici. Per la disciplina apparentemente gemella dell'oceanografia la difficoltà ad avere una sufficiente quantità di dati ha portato ad un maggiore sviluppo di tipo “naturalistico” che ha comportato una mentalità induttiva. Solo negli ultimi decenni la tecnologia ha permesso un approccio più simile a quelli sviluppato in meteorologia.

²¹ Il “fronte” è definito come una zona di discontinuità, indicata di solito sulle carte meteorologiche da una linea, che separa due masse d'aria con caratteristiche differenti.

durante la guerra di Crimea distrusse la flotta franco-inglese²², solo allora fu dato incarico a U. Le Verrier²³ di organizzare e dirigere il servizio meteorologico. La rete di osservazione voluta da Le Verrier si trasformerà in quella odierna con continuità.

In Italia il 1 luglio 1855 il grande astronomo reggiano Padre Secchi riesce a mettere a regime la modesta rete dello Stato Pontificio, l'intuizione che la meteorologia avrebbe avuto un grande sviluppo l'impegna nel progetto di realizzare una *stazione automatica*²⁴. Lavorando per dieci anni realizzò il primo meteografo che venne esposto nel 1867 a Parigi e riprodotto in dieci esemplari; quello inviato a Cuba funzionò perfettamente almeno fino al 1903.

Intorno al 1850 molte stazioni meteorologiche effettuavano misure ed osservazioni in Europa, ma mancava un'organizzazione comune fra stati capace di coordinare, standardizzare l'attività di misura e regolare gli scambi dei dati tra tutte le nazioni, anche fra quelle che in altri campi evidenziavano forti contrasti. Per la nascita di tale organo non era sufficiente la volontà del mondo scientifico, ma soprattutto erano indispensabili delle necessità economiche e sociali²⁵.

4.3 La cooperazione e le organizzazioni meteorologiche.

“Scienza senza frontiere per lo studio sincrono di un'atmosfera senza confini”

Nel 1853 viene organizzato, con la partecipazione di dieci nazioni, un convegno di meteorologia marina dove si auspica un accordo sullo scambio d'informazioni meteorologiche indispensabili per il traffico marittimo commerciale di quegli anni. Si dovrà però attendere il 1873 affinché nasca l'“Organizzazione Meteorologica Mondiale” allo scopo di dare gli standard per le osservazioni e regolare lo scambio dei dati fra i servizi meteorologici nazionali nati dopo l'invenzione del telegrafo. La sua attività sarà interrotta con la seconda guerra mondiale e riprenderà solo nel 1919 con la novità principale dell'attenzione verso la meteorologia aeronautica, vista ancora come un'attività pionieristica.

²² La perturbazione, nel suo spostamento da ovest verso est, era passata prima sull'Europa occidentale; ci si accorse solo allora che con un sistema di osservazione meteorologica efficiente ed un sistema di comunicazione veloce si sarebbe potuto avvertire la flotta in tempo per cercare riparo.

²³ Che fino ad allora non si era mai interessato di meteorologia.

²⁴ Solo dopo circa cento anni la sua intuizione cominciò ad avere applicazioni operative.

²⁵ Spesso la collaborazione in campo meteorologico ha preceduto quella in altri settori, come successo nella costituzione dell'Unione Europea, tra i due blocchi durante la guerra fredda ed in molti altri casi nella storia.

Il 23 marzo 1950 sotto la spinta delle necessità dell'attività di volo che stava subendo una forte crescita nel settore commerciale, viene costituita l'"organizzazione mondiale della meteorologia" (WMO), con il programma principale di organizzare e standardizzare le osservazioni e comunicazioni tra servizi meteorologici al fine di costituire un sistema che garantisca una "veglia sul tempo" sull'intero globo. In effetti in quegli anni si ha una riorganizzazione delle stazioni al suolo, uno sviluppo di quelle in quota e durante alcuni periodi della guerra fredda erano attive delle navi "meteorologiche" stazionarie in punti fissi dell'oceano²⁶. Dalla misura delle grandezze meteorologiche effettuate per la navigazione aerea, marina e per le previsioni del tempo, nel corso degli anni seguendo le istanze socio-economiche delle nazioni partecipanti all'Organizzazione sono stati attivati programmi in altri settori tra i quali dobbiamo certamente ricordare: il "world climate program"(WCP) per lo studio del clima nel 1972 ed il "global atmosphere watch"(GAW) per il controllo della composizione dell'atmosfera nel 1989²⁷.

Per quanto riguarda l'Italia, come breve storia delle organizzazioni nate con scopi meteorologici, si deve ricordare che nel 1876 viene costituito il "Regio Ufficio Centrale di Meteorologia" presso il Ministero dell'Agricoltura, nel 1881 viene costituita la "Società Meteorologica Italiana" fondata da Padre Denza a cui partecipavano 250 osservatori privati, nel 1902 viene costituito un servizio aerologico con una "sezione presagi" ed infine che nel

26 Nove nell'Atlantico e quattro nel Pacifico.

27 Programmi a carattere ambientale che possono sembrare nati da poco, ma per avere dei riferimenti temporali sulla nascita di una sensibilità ambientale possiamo ricordare che l'Organizzazione Mondiale per la protezione dell'Ambiente (UNEP) è stata costituita nel 1977 ed il gruppo di esperti per lo studio dei cambiamenti climatici (IPCC) è stato costituito nel 1988

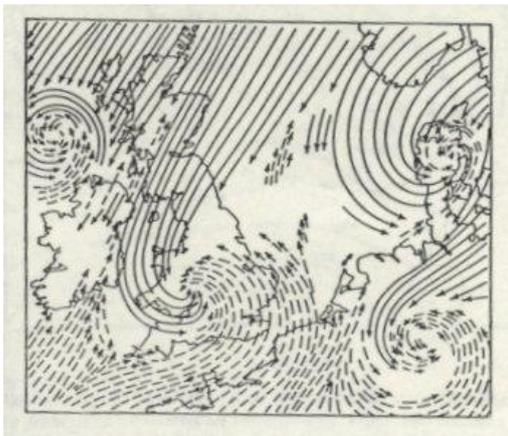
marzo 1925 viene costituito il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica.

4.4 La “teoria dei fronti”.

“Ma riguardo alla fisica, ben presto ho imparato a fiutare le piste che conducono al cuore della conoscenza, e a non curarmi di tutto il resto, della moltitudine di cose che ingombrano la mente, e la distolgono dall'essenziale. Il difficile era, naturalmente, che uno doveva ammucciare tutto ciò nella propria mente in vista dell'esame, che piacesse o no”.

Albert Einstein

Il primo scienziato ad intuire i meccanismi di formazione dei sistemi meteorologici fu R. Fitz-Roy²⁸, il quale nel 1863 nel suo libro “Weather book” parla di vortici ciclonici che si formano all'incontro di masse d'aria con origini diverse, polare e tropicale.



Disegno in cui Fitz Roy descrive il contrasto tra masse d'aria differenti.

Tuttavia la teoria non ebbe il successo meritato perché l'idea era valida per la zona temperata mentre aveva pochi risultati per le zone tropicali dove lo svolgersi dei commerci coloniali imponevano la maggior attenzione. Nonostante le intuizioni sullo sviluppo dinamico dei cicloni da parte di Hann, Ferrel ed Assman la situazione di mancato progresso scientifico durò fino alla prima guerra mondiale, che portò un aumento delle stazioni di osservazione ed a uno sviluppo delle telecomunicazioni.

²⁸ Fitz-Roy nel 1861 incominciò a d
aspramente dal mondo scientifico al
FitzRoy introdusse il termine “forecast”
il termine “presagio” fino all'ultima gue

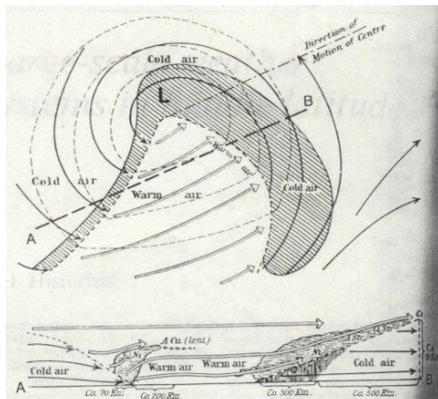


furono apprezzati dai naviganti e combattuti
è 1865 si suiciderà. Per evitare le polemiche
“prediction”, analogamente in Italia sarà usato

Wilhelm Bjerkness
(1862-1951)

Nel 1904 W. Bjerkness, il più autorevole di una schiera di scienziati norvegesi che successivamente divennero noti come “scuola di Bergen” o “scuola norvegese”, affermò che per una razionale soluzione del problema della previsione del tempo era necessaria la conoscenza sufficientemente accurata dello stato dell’atmosfera ed una conoscenza altrettanto accurata delle leggi che ne regolano l’evoluzione. A quel tempo erano già conosciute le leggi fisiche e dinamiche che regolano lo stato dell’atmosfera enunciate da Helmholtz nel 1854 e le leggi della termodinamica enunciate ad inizio secolo. Le equazioni di interesse meteorologico erano: legge dei gas, leggi di conservazione della massa e dell’energia, legge dell’equilibrio idrostatico, legge di conservazione del momento angolare della quantità di moto. La soluzione analitica delle equazioni non era possibile, così si ricorse alle differenze finite ed a metodi grafici. Bjerknes fu il primo a cimentarsi con metodi grafici che poi si estesero alla meteorologia sinottica introducendo il concetto di “fronte” che rivoluzionò la meteorologia fra le due guerre. *Nonostante i pochi dati e mezzi a disposizione era riuscito ad immaginare ciò che poi si sarebbe visto dopo quasi novanta anni dopo con i satelliti.*

Un modello classico della “scuola norvegese” dopo Bjerkness



L'immagine da satellite

La “teoria dei fronti”, con alcuni perfezionamenti, ancora oggi è utilizzata nell’analisi sinottica delle carte che poi abitualmente vediamo sui mass-media.

4.5 I primi modelli e l'arrivo dei calcolatori

"Le scienze non cercano di spiegare, non cercano nemmeno di interpretare: si limitano a costruire modelli".

John von Neumann

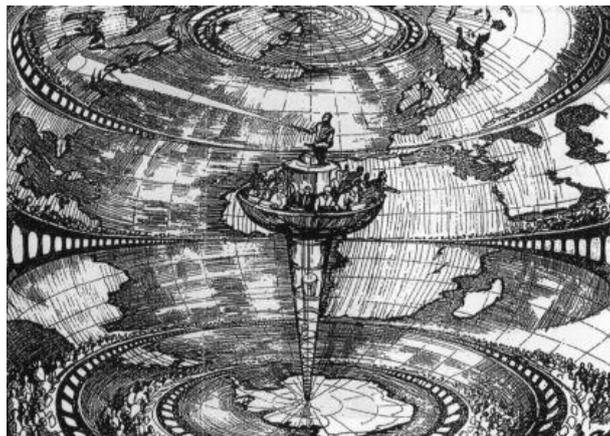


*Lewis Fry Richardson
(1881-1953)*

Fu L.F. Richardson che cercò per primo di risolvere le equazioni che descrivevano il moto dell'atmosfera, tanto che negli anni '20 propose di risolverlo "a mano" utilizzando 64.000 persone²⁹. A scopo dimostrativo tentò una previsione di alcune ore sull'Europa centrale utilizzando i dati iniziali disponibili e svolgendo personalmente i calcoli a mano per un anno. Il risultato fu così scoraggiante che per più di 20 anni la sua proposta fu abbandonata: rispetto ad una pressione che rimaneva stazionaria aveva previsto un aumento di 145 hPa. L'errore fu attribuito alla scarsità dei dati iniziali, in realtà anche le modalità di calcolo utilizzate non erano soddisfacenti.

La fabbrica delle previsioni.

"..Sulla sommità vi siede il responsabile di tutto l'insieme, circondato da numerosi assistenti e messaggeri. Uno dei compiti del responsabile consiste nel far sì che tutte le parti del globo mantengano una velocità di progressione costante... puntando un raggio luminoso rosa in direzione delle regioni che sono in anticipo e uno blu verso quelle in ritardo..". L.F. Richardson



²⁹ *"..per vincere la corsa contro il tempo in tutta la Terra sarebbero necessari 64.000 individui impegnati nel calcolo. E' un numero impressionante, ma non ho dubbi che tra qualche anno sarà possibile semplificare lo schema di calcolo. In ogni caso, l'organizzazione proposta è quella di una fabbrica di previsioni centralizzata, per tutta la Terra o per parti di essa, limitate da zone in cui il tempo è invariabile, fabbrica che utilizza calcolatori umani specializzati nei vari tipi di equazioni". – Lewis Fry Richardson*

Gli studi però continuarono spinti anche dalle possibili applicazioni in campo aeronautico che in quel periodo stava nascendo; nel 1930 cominciò a diffondersi tra i meteorologici l'idea di considerare la "scala dei moti" in maniera da tener conto solo dei processi più importanti. Uno dei pionieri fu C.G.Rossby, che era stato allievo di Bjerknes, il quale considero delle ipotesi che nonostante sembravano irrealistiche approdarono a sorprendenti risultati, si doveva però ancora aspettare l'arrivo dei calcolatori per dare frutti pratici.



*Jule Gregory Charney
(1917-1981)*

Grazie a J. Von Neumann nel 1950 fu realizzato uno dei primi calcolatori (ENIAC) all'università di Princeton allo scopo di effettuare delle previsioni numeriche. Del gruppo faceva parte J.G.Charney ed utilizzando un sistema meno complesso di Richardson ottenne dei risultati incoraggianti. Intanto durante la guerra l'utilità di conoscere l'informazione durante le trasvolate atlantiche fece aumentare gli sforzi scientifici nel settore, ed un risultato importante fu l'aumento delle misure in quota e la scoperta delle "correnti a getto"³⁰.

*La flotta giapponese delle bombe trasportate da palloni che sfruttando le correnti a getto venivano utilizzati per attaccare l'America del Nord.
(Tratto da bibl. 17)*



³⁰ Sono "fiumi" d'aria all'interno dell'atmosfera che car del vento può raggiungere i 200 Km/h

ai quali la velocità

4.6 L'uomo tecnologico

"Chi continua a pensare che la tecnologia ci insegnerà a fare meglio le cose che abbiamo sempre fatto, limitandosi a facilitarle, non ha capito la portata del cambiamento che abbiamo di fronte. Quando fu inventato il motore a reazione, non si pensò di metterlo sulla carrozza, ma furono inventati nuovi mezzi, gli aeroplani"

Symour Paper- esperto di I.A. del MIT

La prima vera previsione numerica fu sviluppata in Svezia nel 1954 e l'anno successivo negli Stati Uniti utilizzando un modello messo a punto da G.P.Cressmann.

E' possibile capire il clima scientifico di quel periodo rileggendo il discorso del 24 aprile 1963 fatto dal Presidente della "Royal Meteorological Society" H.L.Penman:

"un rapido sguardo a qualunque periodico di meteorologia fa pensare che condizione necessaria per la pubblicazione di un lavoro sia che esso contenga alcune equazioni matematiche. Non che sia condizione sufficiente –benché la lettura non dissipi sempre questa illusione - ma insomma il primo vero passo verso la rispettabilità meteorologica è quello di mettere giù una equazione".

Per spiegare da che dipendeva il progresso della meteorologia, coerentemente con quanto detto utilizzò un'equazione:

$$\Delta M = (\Delta H(n) + \Delta G + i\Delta m) \cdot \int dp$$

ΔM rappresenta il progresso della meteorologia che dipende da due fattori, se uno dei due è zero il loro prodotto sarà nullo. dp rappresenta l'incremento della comprensione e conoscenza della fisica atmosferica (il simbolo dell'integrale sta ad indicare su qualunque argomento),

"se la fisica si arresta la scienza è moribonda. La scoperta di nuovi fatti sull'atmosfera, o la coordinazione di fatti vecchi e nuovi manterranno il dp positivo; ma sono necessarie anche idee nuove, ed è dubbio che le idee nuove che sono state introdotte nella scienza dell'epoca in cui fu

pubblicata la “Physical and Dynamical Meteorology”, ventinove anni fa, siano tutte insieme degne del premio Nobel”.

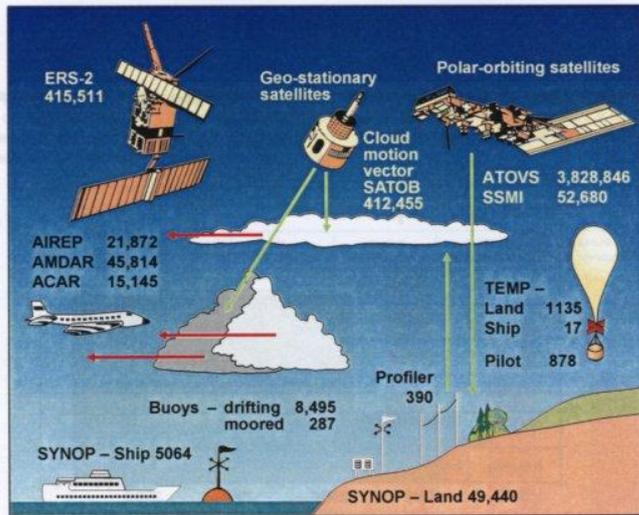
Il terzo addendo tra parentesi, $i\Delta m$, indica lo sviluppo della matematica dove l'operatore “i” indica che per essere utile deve avvenire in fase con le conoscenze fisiche.

“Quando matematica e fisica sono in fase, il risultato può essere magnifico, come dimostra l'ultimo trentennio di ricerche sulle particelle elementari; ma quando sono in opposizione si ha l'equivalente di una corrente “devattata” che non produce né calore né luce. Ciò avviene oggi in certi campi della meteorologia, e quel che dovrebbe essere lo studio della fisica dell'atmosfera reale sopra una terra reale degenera in una produzione di modelli matematici ideali, che ci raccontano come l'atmosfera *dovrebbe* comportarsi”,

Inoltre, arrivò ad affermare che in alcuni casi al momento in cui il problema è pronto per i matematici il progresso scientifico è già stato fatto. Il termine ΔG indica l'incremento della conoscenza della circolazione dell'atmosfera e della geografia fisica. I termini precedenti potrebbero essere tranquillamente studiati da un uomo sulla Luna, il termine $\Delta H(n)$ che indica lo studio della storia naturale (history) serve a riportare l'osservatore come parte del sistema ed a riconoscere per lui la parte più importante.

Ad iniziare da quegli anni il costo della tecnologia è divenuto talmente alto che le nazioni per affrontarlo, ove possibile preferiscono consorziarsi. E' seguendo questi intendimenti che nel 1975 viene approvata la creazione del “Centro europeo per le previsioni a media scadenza”(ECMWF), che diverrà operativo nel 1977. Qui si provò per primi a rendere operativi gli studi fatti presso il GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) da Kiku Miyakoda, che aveva per primo dimostrato la possibilità di produrre previsioni molto al di là dei 1-2 giorni a patto che le condizioni iniziali fossero state ben definite e di disporre di un modello completo con un adeguata risoluzione verticale ed orizzontale. Il centro fu il primo nel 1979 ad emettere previsioni quotidiane a 7 giorni utilizzando un computer CRAY-1, attualmente utilizza uno dei più potenti calcolatori al mondo per ricevere circa 100 milioni di messaggi giornalieri ed elaborare delle previsioni meteorologiche due volte al giorno. Nel 1986 viene lanciato il primo satellite europeo per la meteorologia, chiamato Meteosat, nato dall'agenzia EUMETSAT.

L'osservazione dallo spazio è utile, ma deve essere integrata e completata dalle altre misure più tradizionali effettuate in quota ed al suolo, purtroppo non di rado è possibile trovare sofisticati e costosi apparati elettronici utilizzati per effettuare in modo più veloce e comodo le stesse misure (con eguale cadenza temporale e qualche volta minore affidabilità) effettuate in passato dalle stazioni manuali.



Il Sistema meteorologico globale per le osservazioni e misure

CAPITOLO 5

5.1 Dall'epoca della "scarsità" a quella della "qualità".

Il tempo delle scelte: dall'epoca della certezza a quella del rischio.

Alla ricerca dell'"affidabilità" dell'informazione.

*"Innanzitutto di a te stesso chi vuoi essere;
poi fa ogni cosa di conseguenza". Epitteto*

*"L'azione ha luogo... come prodotto... del sistema
di aspettative".*

D. Silverman

*Una previsione è tanto più utile quanto più
precisa; ma la probabilità che sia errata
aumenta con la precisione, rendendola non solo
inutile ma anche pericolosa.*

C.S.Gray -Paradosso della Precisione

*"Perciò, da un punto di vista (neo) bayesiano
le teorie influenzeranno la pratica in tanto in
quanto influenzeranno le valutazioni delle
probabilità pertinenti alla formazione della
decisione in questione". S.Morini*

Nel settore meteorologico, come per tutti gli altri settori dove avviene una produzione di prodotti o servizi, l'ultimo secolo ha segnato il progressivo passaggio da un'epoca della "scarsità" ad una "dell'abbondanza", dall'epoca in cui la quantità era fondamentale a quella in cui la "competizione" si svolge sul fattore qualità.

Tale fenomeno è avvenuto anche per i dati meteorologici: da un'epoca dove questi erano molto pochi e difficilmente reperibili, si è passati³¹ ad una disponibilità "real-time" di un gran numero di dati sui quali si desiderano effettuare elaborazioni ed analisi approfondite, che per fornire risultati attendibili richiedono delle garanzie sul dato di base.

I dati sono di qualità quando soddisfano i requisiti dettati dallo scopo per cui sono prodotti. Quindi lo scopo di un'organizzazione che fornisce un supporto di tipo meteorologico è assicurare che i dati soddisfino i requisiti (per incertezza, risoluzione, continuità, omogeneità, rappresentatività, tempestività, formato, etc.) per le specifiche applicazioni ad un costo minimo praticabile. *I dati buoni non necessariamente sono eccellenti, ma è essenziale che il loro requisito di qualità sia noto e dimostrato.* Senza un sistema che

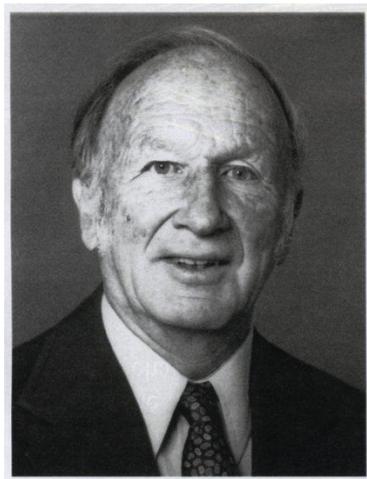
³¹ Grazie allo sviluppo nelle telecomunicazioni e dei sistemi automatici di misura.

garantisca il grado di attendibilità delle informazioni queste debbono essere utilizzate come di qualità incerta o sconosciuta e la loro utilità deve essere inevitabilmente degradata. Solo le informazioni/dati ben definiti (di cui si conosce errore, data di calibrazione, tipo di strumento con cui si è effettuata la misura, formazione del personale, etc.) sono tali da poter effettuare elaborazioni affidabili che possono trasformare l'incertezza in Rischio Misurabile e così portare a scelte prudenti³².

Per quanto riguarda l'uso delle previsioni, la mancanza di un "controllo di qualità" che informi gli utenti sul grado di affidabilità obbliga spesso inconsapevolmente all'utente stesso di ottenerlo utilizzando la propria esperienza e/o ricavandolo in base all'autorevolezza del fornitore (spesso si sente dire "l'ha detto la Televisione"). Questo rende possibile che qualche ignaro spettatore riponga più fiducia nella previsione di un aumento di temperatura di 2°C tra 100 anni che tra due giorni.

Il processo di diffusione del grado di attendibilità della previsione e dell'errore associato al valore previsto, oltre a favorire l'utente, implicherebbe degli effetti sull'immagine della meteorologia (il modo di proposta sarebbe differente dall'oroscopo). Se ciò non avverrà per alcune persone il meteorologo resterà colui a cui chiedere d'estate se è normale che faccia così caldo e d'inverno viceversa.

5.2 L'atmosfera è "globalizzata" e perde la memoria (la teoria del caos) **Previsioni Numeriche: nuovi approcci**



Edward Lorenz
(1917-)

³² Prudenti non vuol dire che se l'azione comporta un certo rischio questa non dev'essere effettuata, ma che non devono essere corsi rischi inutili. La scelta è effettuata confrontando il rischio/beneficio che comporta fare una scelta con i rischi/benefici connessi allo scenario causato dalla non scelta. Il rischio è definito come il prodotto della probabilità che un evento accada ed il danno/beneficio causato.

"..il battito delle ali di una farfalla in Brasile può provocare una tromba d'aria in Texas"

Edward Lorenz e il "butterfly effect"

"Nella misura in cui le leggi della matematica si riferiscono alla realtà non sono certe. E nella misura in cui sono certe, non si riferiscono alla realtà"

A.Einstein (Geometry and Experience)

"La scienza può dimostrare solo che una teoria è sbagliata, ma non che è giusta". K. Popper

"Oggi si può finalmente dire, semplificando un poco, che il nostro interesse si è spostato dalla sostanza alle relazioni, alla comunicazione, al tempo".

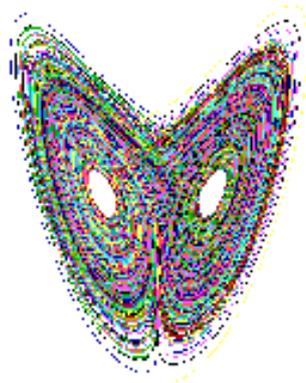
I. Prigogine

All'inizio degli anni '60 il meteorologo Edward Lorenz stava studiando il problema della prevedibilità del tempo meteorologico, utilizzando un semplice modello ottenuto semplificando sensibilmente l'equazioni fondamentali di moti e processi atmosferici. Dall'analisi dell'evoluzione temporale del modello si evinse che già un semplice sistema descritto da equazioni non lineari, è sensibile alle condizioni iniziali³³ divenendo un sistema caotico. Dall'impossibilità pratica e teorica di determinare lo stato iniziale con una precisione infinita discende la sostanziale imprevedibilità del sistema al di là del breve periodo, quindi ulteriori affinamenti dei nostri modelli "deterministici" porteranno miglioramenti sulla breve scadenza ma non sulla lunga.

Tali deduzioni sono confermate anche da una verifica sull'attendibilità pratica delle previsioni (bibl.31) effettuate dall'ECMWF su 15 anni di attività (dal 1980 al 1995), è stato concluso che grazie al miglioramento della definizione delle condizioni iniziali, potenza di calcolo e metodi di parametrizzazione, si è verificato un miglioramento sensibile sui primi 5 giorni mentre è solamente minimo sulla parte finale della previsione. La situazione non ha buone prospettive se resta solo l'approccio deterministico.

³³ Nel senso che due stati vicini tra loro inizialmente si allontanano esponenzialmente con il tempo (si potrebbe dire che sembra che perda la memoria).

Nella “teoria del caos” spesso viene citato l’”effetto farfalla” enunciato da Lorenz per la prima volta il 29 dicembre 1979 alla Conferenza annuale della “American Association for the Advancement of Science”, incuriosisce notare che tale effetto rende un’atmosfera un sistema “globalizzato”³⁴ dove anche piccole variazioni possono determinare pesanti effetti sull’intero sistema.



*Attrattore del
sistema di Lorenz*

Altro aspetto importante della “teoria del caos” è che gli “attrattori” divengono caratterizzanti alcuni sistemi, cioè degli stati a cui il sistema tende nel tempo a seconda del variare anche dei parametri esterni.

Altra fondamentale e rivoluzionario concetto legato alla “teoria della complessità” è l’auto-organizzazione”³⁵, esistono sistemi orientati all’obiettivo indipendentemente dalle condizioni iniziali (molteplici sono gli esempi biologici, sociali, economici, etc.), capaci di migliorare le proprie prestazioni senza aiuto esterno.

Vista la complessità nella descrizione dei sistemi si sono tentati nuovi approcci nella realizzazione dei modelli per le previsioni, molte speranze aveva suscitato l’uso di nuovi sistemi più o meno sofisticati (reti neurali, automi cellulari, fuzzy-logic,etc) che potessero apprendere da soli dalle esperienze del passato (utilizzando così anche l’enormità di dati disponibili) in modo da effettuare delle previsioni senza dover pensare alla descrizione matematica del fenomeno. Oggi questi sistemi rimangono applicati con successo in alcuni settori e spesso hanno assunto la denominazione di “sistemi di supporto alla decisione”. A

34 Una delle caratteristiche della “globalizzazione” è che le relazioni che collegano località distanti fanno sì che eventi locali vengono determinati da eventi che si verificano a migliaia di chilometri di distanza e viceversa (Giddens, conseguenze della modernità).

35 L’auto-organizzazione è la proprietà manifestata da alcuni sistemi complessi, formati da molteplici elementi che interagiscono tra loro, di sviluppare strutture ordinate da situazioni caotiche.

livello di riflessione l'adozione di questi nuovi sistemi porta alla luce una tendenza della nostra epoca, l'importante non è più capire il perché delle cose ma basta il come.

5.3 "Weather-modification"

*uomo "custode" o "stregone" del mondo?
dall'oro nero" all'oro blu"
lo strumento non può essere un fine.*

"Il lavoro umano, essendo una cooperazione all'azione creatrice e ordinatrice di Dio, non deve distruggere ma sviluppare l'ordine posto dalla divina Sapienza nel mondo creato. La natura può e deve essere utilizzata a scopi umani, ma deve anche essere contemplata e rispettata: allora essa diventa «una dimora di Pace»"

(Is 32,18)

*Se conosci il nemico e conosci te stesso, la
vittoria non sarà mai in pericolo;*

Se conosci il territorio e conosci il tempo, la vittoria sarà assoluta e con il minimo di perdite.

Sun Tzu 850 a.C.

Nel settore bellico la conoscenza del tempo presente durante la battaglia è stata sempre importante, in alcuni casi l'uso di tale informazione è stata determinante³⁶.

Ma è durante la prima guerra mondiale con, la provocazione artificiale di valanghe tramite l'artiglieria, che l'ambiente comincia ad essere utilizzato come un'arma. Durante la seconda guerra mondiale, precisamente durante il bombardamento di Amburgo e Dresda, ci si accorse involontariamente della possibilità di poter modificare il clima su una zona. Infatti a seguito degli incendi provocati dalle bombe al fosforo, era stata richiamata aria verso le zone incendiate provocando venti fino a 200Km/h che causarono distruzione e morte peggiori di quanto avvenuto ad Hiroshima e Nagasaki con l'esplosione nucleare (il fenomeno fu detto "fire storm").

A partire dagli anni '60 si affianca al desiderio di prevedere il tempo anche quello di modificarlo volontariamente a proprio favore in battaglia; all'epoca non si parla di "modificazione del tempo" ma di "controllo del tempo". Sono i primi segnali dell'invenzione di una nuova arma

³⁶ per la brevità della trattazione ci limitiamo a ricordare la battaglia del Trasimeno di Annibale, le battaglie di Giulio Cesare in Bretagna e nella Manica tra il 56 e 54 a.C., la battaglia di Varo di Augusto (9d.C.), nel 1274 un tifone causò l'affondamento della flotta del nipote di Gengis Khan che si apprestava ad invadere il Giappone, nel 1281 Khan ritentò l'impresa ma un altro tifone disperse la flotta (i giapponesi lo soprannominarono "kamikaze" cioè "vento divino"), l'affondamento della Grande Armada spagnola nel mare del nord nel 1588, lo sbarco in Normandia delle forze alleate, la campagna di Russia napoleonica e successivamente tedesca, etc.

detta “ambientale”³⁷, che affiancherà le più note armi convenzionali, batteriologiche, chimiche e nucleari, famosa recentemente quando il regime di Saddam l’ha utilizzata in Iraq incendiando i pozzi petroliferi.

Le prime notizie dell’utilizzazione di tecniche di “weather modification” in battaglia risalgono alla guerra del Vietnam, quando il servizio meteorologico USAF utilizzò aerei WC-130 per inseminare nuvole e causare forti piogge allo scopo di rallentare i rifornimenti logistici che venivano trasportati lungo il sentiero di Ho Chi Minh. La missione in codice era detta “Operazione Popeye” ed iniziò nel 1967 per finire nel 1972, lo scopo era peggiorare l’effetto delle operazioni più convenzionali di bombardamento. Altre operazioni di “weather modification” furono attivate per dissolvere la nebbia dalla base marines di Khe-San assediata dai Viet Cong. Solo all’inizio degli anni ’70 i media rivelarono al grande pubblico l’esistenza di questo tipo di operazioni per il controllo del clima (contemporaneamente portate avanti anche dall’URSS, Israele, etc)³⁸. In quegli anni l’URSS era preoccupata per la nuova “superarma meteorologica” che si credeva messa a punto dagli americani, tanto che sembra tale problema fu argomento di discussione nell’incontro tra Nixon e Breznev il 3 luglio 1975 a Mosca. L’indagine sull’argomento avviata dal Congresso USA nel 1978, contribuì alla decisione dell’Assemblea delle Nazioni Unite di giudicare indispensabile dover raccomandare al “Comitato per il Disarmo” di Ginevra di approntare quanto prima un testo per impedire ogni intervento sull’ambiente naturale e sul clima a scopo bellico. Era un modo per non pregiudicare la sicurezza internazionale, nonché il benessere e la salute degli esseri umani (trattato che per alcuni è stata la conferma indiretta dell’esistenza di tali armi meteorologiche). Almeno a livello teorico si parlava di possibili azioni che sembrano tuttora fantascientifiche:

- provocazione di un temporaneo “buco” dell’ozono con fenomeni chimici e/o fisici su una determinata area;
- fusione dei ghiacci polari modificando l’albedo (potere riflettente) a mezzo di una polvere scura, rendendo anche le zone più calde ed ospitali;
- raffreddare o scaldare zone del pianeta tramite l’immissione di gas ad effetto serra, aerosols, etc.;

37 Anche per questo tipo di arma si fa la differenza tra arma strategica, in grado di influenzare il clima mondiale, ed arma tattica da utilizzare in battaglia a livello locale.

38 nel 1974 il direttore del “centro di ricerche geografiche” del Messico accusò gli USA di aver deviato intenzionalmente l’uragano “Fifi” dalla Florida al centro America, causando 10000 morti in Honduras (successivamente sono state dichiarate ufficialmente solo azioni tendenti a ridurre l’intensità dei tornado dette “stormfury”).

- spargimento di prodotti chimici su vaste aree oceaniche per evitare l'evaporazione e quindi diminuire la probabilità di formazione di violenti uragani nelle zone tropicali;
- cambiamento delle condizioni climatiche di vaste zone climatiche deviando la corrente del golfo o sbarrando lo stretto di Bering.

In quell'epoca molti progetti di ricerca furono stati finanziati e tra questi è da segnalare quello per il controllo dei fulmini (project sky fire) e quello per la comprensione e controllo dei tornado. Oggi il sogno di "ordinare il tempo" anziché prevederlo ha perso parte delle illusioni iniziali, ma per alcune nazioni ricopre ancora un'importanza strategica. Ad esempio nella visione strategica della forze aeree americane per il 2025 si prevede che oltre al "dominio dell'aria" sarà fondamentale sviluppare le "capabilities" tali da raggiungere il dominio dello spazio, dell'informazione e del tempo locale, (l'espressione usata è "in 2025 we can 'own the weather'.") anche a seguito di studi di geopolitica i quali prevedono la futura nascita di contrasti tra nazioni non più solo per il controllo delle risorse energetiche ma anche per l'acqua.

Contemporaneamente alle militari si sono sviluppate anche applicazioni civili³⁹ della "weather modification". Tra le recenti azioni possiamo ricordare quella per contrastare la siccità in Sicilia nel 2002 oppure quanto fatto al G8 di S. Pietroburgo del 1 giugno 2003 per tenere lontano la pioggia dal vertice (nonostante i nove aerei impegnati il vertice è stato comunque bagnato).

Fa riflettere negli ultimi decenni la possibilità dell'uomo di mettere in atto interventi tali da poter sconvolgere l'intera atmosfera⁴⁰, le persone cominciano a domandarsi se tutto ciò che è scientificamente e tecnologicamente fattibile lo è anche eticamente (problema divenuto ancor più evidente in tutti i campi della bioetica)⁴¹.

39 I maggiori sforzi sono stati effettuati sulla stimolazione artificiale delle piogge, campagne antigrandine e di snebbiamento.

40 il discorso si può estendere anche a chi vorrebbe utilizzare tali metodi per contrastare/mitigare cambiamenti climatici naturali.

⁴¹ ci dobbiamo domandare se per definire i limiti ed i valori guida delle scelte (si spera responsabili dell'uomo) bastino criteri utilitaristici o la "legge" del mercato "giustificata" dalle regole imposta dalla natura detta selezione naturale e più in generale dalle teorie di Darwin (sulle quali oggi sembra esserci qualche dubbio). Le "leggi del mercato" valgono solo per il settore economico (per alcuni sono solo dei criteri di distribuzione del reddito) o qualcosa di universale?.

Quanto sopra riportato sulla “weather modification” ed in egual misura per i cambiamenti climatici, è la constatazione che lo stesso uomo è poi libero di far divenire le sue stesse conoscenze uno strumento che può essere risorsa (se usate secondo un’etica) o pericolo (se usate con scopi utilitaristici) per il creato a seconda dei fini che si pone. Questo può far venire in mente quanto scritto dalla Conferenza Episcopale Italiana (bibl.7):

“Quanto più cresce la potenza dell’uomo, tanto più si estende ed allarga la sua responsabilità”, più che proprietario lui è amministratore e deve rendere conto. Possiamo le cose a nostro vantaggio, ma sviluppando perfezionando una finalità già data. Dobbiamo inoltre considerare il bene delle future generazioni e non solo le nostre, si tratta di utilizzare con responsabilità le risorse della natura per soddisfare i propri bisogni, quelli della famiglia e della società. E’ l’impresa grandiosa della scienza e del lavoro per umanizzare il mondo, farne la degna dimora dell’uomo, una casa di libertà e pace”.

5.4 La conoscenza diviene un vantaggio competitivo.

la necessità che tutto ciò che ha valore deve avere un prezzo.

“specie nei servizi il valore aggiunto sta nella concezione e proposta di una rielaborazione dell’informazione di base prontamente traducibile in comportamento”

Oggi la competizione è sul piano della conoscenza, competenza e capacità d’innovazione.

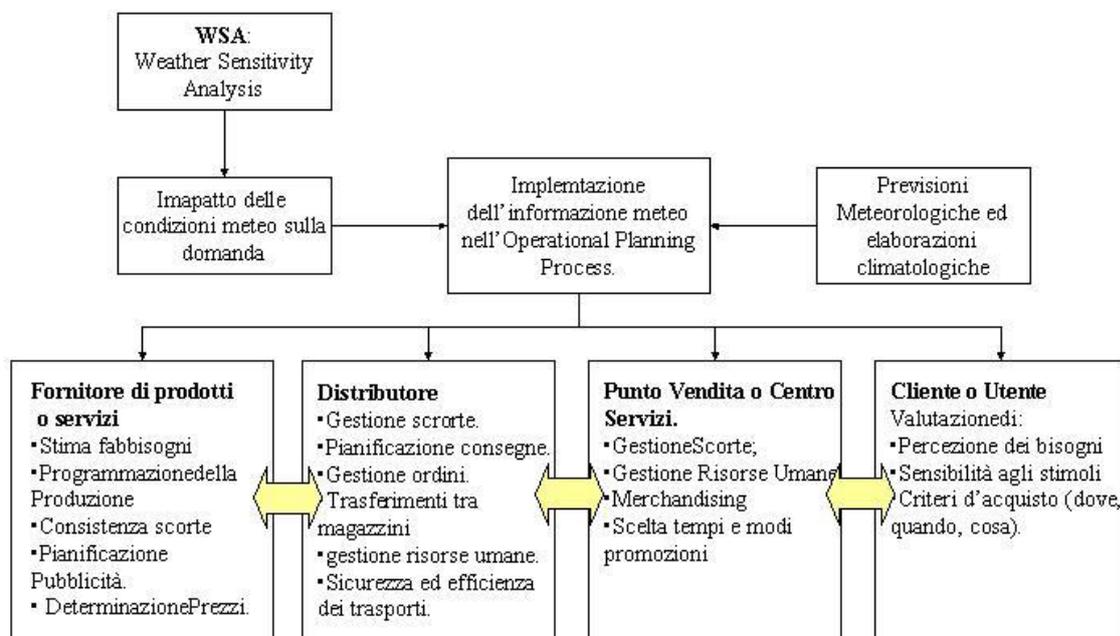
Un uso occasionale della previsione meteorologica può dar l’idea che saperla può confortare ma non trasformarsi in qualcosa di veramente utile. Invece l’utilizzo continuato e giornaliero di tale supporto può alla fine rivelarsi veramente utile e conveniente, perché l’affidabilità all’80% per un anno è significativa mentre per un giorno dice poco.

Per chi deve svolgere attività all’aperto non è un grande problema utilizzare l’informazione meteorologica perché l’impatto è diretto (agricoltura, edilizia, turismo, etc). Ma proprio settori dove l’impatto avviene in modo meno evidente sono quelli dove sta divenendo più importate. Ad esempio le grandi società di navigazione utilizzano programmi detti di “Ship Routine” tali da fornire alla partenza delle rotte ottimizzate sulla base delle condizioni meteo che incontreranno durante il viaggio, analogamente succede con gli aerei USAF che utilizzano un prodotto detto OPARS (Optimum Path Aircraft Routing System)⁴².

⁴² negli USA i risparmi sono valutati 10-20 milioni di dollari/anno.

Molte sono le applicazioni economiche⁴³, come l'acquisto/vendita in "borsa merci" dei prodotti nei periodi più convenienti, l'acquisto di spazi pubblicitari nei periodi in cui le persone sono più sensibili, la regolamentazione della produzione e distribuzione in base ai consumi per quei prodotti sensibili alle condizioni meteorologiche⁴⁴ (sotto si riporta un grafico sulle funzioni aziendali che possono migliorare le proprie decisioni utilizzando le previsioni meteorologiche).

L'impatto del clima e del tempo sulle funzioni aziendali.



Riportiamo anche un sintetico riepilogo delle possibili applicazioni della meteorologia in "azienda":

1. Logistica Aziendale:

- Coordinamento della Logistica Aziendale Integrata: gestione delle scorte, programmazione dell'approvvigionamento, della produzione e distribuzione;

⁴³ L'obiettivo strategico è anticipare le scelte dei consumatori e dei concorrenti.

⁴⁴ In un linguaggio più manageriale si direbbe: miglioramento della "suppl chain" nell'ottica di un "efficient consumer response".

- Valutazione dei costi/benefici dell'uso delle informazioni meteorologiche nelle aziende.

2. Marketing:

- individuazione dei periodi di massima sensibilità e pianificazione delle attività di promozione.
- Data Mining applicato ai dati meteorologici.
- indagini di mercato e processo decisionale: mascheramento ed influenza dei parametri meteorologici nelle scelte del cliente.

3. Risparmio Energetico:

- Risparmio energetico: scelte per una progettazione energeticamente consapevole ed aspetti tecnico-economici.

4. Trading e Meteorologia.

5. Consulenze:

- in campo assicurativo, civile e giudiziario.

6. Sicurezza:

- **Reti di Monitoraggio, campagne di misura, elaborazioni climatologiche e modelli Previsionistici per studi di Impatto Ambientale e l'elaborazione dei Piani di emergenza.**

7. Qualità:

- **Contributo dei prodotti meteorologici nel miglioramento della qualità aziendale.**
- **Reti di Monitoraggio, campagne di misura, elaborazioni climatologiche e modelli Previsionistici per raggiungimento certificazione.**

8. Servizio Previsioni:

- Analisi delle esigenze aziendali, progettazione e realizzazione di prodotti meteorologici dedicati.

La possibilità di poter valutare gli impatti degli scenari meteorologici previsti per ogni funzione aziendale migliora il processo decisionale e trasforma la conoscenza di tale informazione in un vantaggio competitivo per l'utilizzatore.

Questa attività di supporto ai settori produttivi e finanziari costituisce attualmente la vera frontiera della meteorologia⁴⁵.

La visione di questi nuovi scenari del futuro, dove il prodotto meteo di base ha un valore, ha aperto ad inizi anni '90 un contrasto di tipo commerciale/ideologico tra USA ed Europa sul fatto che i prodotti meteorologici di base dovessero essere pagati. Semplificando molto le posizioni, si può dire che gli Stati Uniti sono per uno scambio "free and unrestricted" del prodotto di base giustificando la scelta con la constatazione queste già sono state pagate

⁴⁵ Potrebbe divenire un aspetto trainante come in passato lo è stato il supporto alla navigazione per mare ed aria.

dal cittadino con le tasse⁴⁶, L'Europa tende invece a fissare dei prezzi concordati a livello mondiale per evitare che qualcuno lucri sull'informazione prodotta da altri⁴⁷.

Un compromesso è stato raggiunto al XII congresso dell'Organizzazione Mondiale della meteorologia nel 1995 con l'approvazione della "risoluzione 40", che prevede una "deregulation" solo per un ristretto numero di dati utili per salvare vite umane, anche se sui siti internet Americani si può ancora trovare molto di più di quelli europei.

5.5 Nell'epoca della comunicazione e del marketing.

"E' opinione abbastanza diffusa che scienziati e tecnici creino quasi dal nulla, eventualmente servendosi della gran miniera greca e latina o coniando neologismi, la lingua delle proprie discipline che risulta così incomprensibile ai non iniziati, una specie di creazione crittografica".

Porro, 1973

La conoscenza è un vantaggio competitivo solo se è accessibile ed utilizzabile.

Il modo di proporre all'utente l'informazione, specie la previsione meteorologica non ha subito sostanziali modifiche negli ultimi anni. Nonostante l'informazione prodotta dai modelli sia molto più dettagliata e precisa, al navigante viene sempre fornito il meteomar con la risoluzione a livello di frazione di mare, al radioascoltatore/telespettatore o lettore viene proposto/imposto l'uso di vocaboli che aiutano impressioni soggettive quali: "bello", "brutto"⁴⁸. Altre parole del lessico meteorologico sono giudicate dal pubblico un po' fumose, ad esempio variabile. A ciò si è aggiunta una particolare sensibilità del pubblico alle notizie sul tempo ed alla loro correlazione con i cambiamenti climatici, con il continuo apparire in video di personaggi esperti o cosiddetti tali⁴⁹, tanto che spesso dai mass-media è possibile vedere e sentire di tutto.

⁴⁶ Per gli USA il vero prodotto a pagamento e la concorrenza nasce sui prodotti ad alto valore aggiunto, cioè gli impatti.

⁴⁷ Per portare avanti tale idea si è formato un gruppo di interesse economico composto da 16 Servizi Meteorologici Nazionali europei detto ECOMET <http://www.meteo.be/ECOMET/>, che porta avanti una strategia di risposta basata su alcuni principi di comune accettazione: cooperazione con libero scambio di dati fra i servizi per i compiti operativi, sviluppare forme di concorrenza leale con il settore privato, assicurare disponibilità di dati e prodotti per applicazioni commerciali per privati e pubblici dietro pagamento di un corrispettivo.

⁴⁸ già Musil nel suo romanzo "l'uomo senza qualità" considerava queste esposizioni un po' antiquate.

⁴⁹ In alcuni casi ricoprono importanti incarichi in associazioni avuti per la competenza dimostrata in altri settori

Nonostante l'accresciuto interesse nel pubblico, secondo Massimiliano Riso (bibl.23):

“se guardiamo alla funzione primaria del meteo non verifichiamo alcun aumento della ricchezza informativa, non troviamo nessuna notizia diretta a possibili utenze finali e nessun prodotto specifico, tra quelli elaborati dalla disciplina meteorologica e che hanno valore per gli spettatori in generale”.

Grazie allo sviluppo tecnologico i modelli matematici hanno aumentato la propria risoluzione ed affidabilità (da centinaia di Km a decine), ma per l'utente che attinge informazioni dai mass-media nulla di sostanziale dall'epoca del Colonnello Bernacca è cambiato.

L'ideale sarebbe fornire nell'ambito delle proprie possibilità ciò che è richiesto, visto che nei servizi il valore aggiunto sta proprio nella concezione e proposta di una rielaborazione del dato prontamente traducibile in comportamento per l'utente⁵⁰.

Invece attualmente non essendoci una segmentazione del mercato (es. le richieste di un surfista sono diverse da quelle di una nave da crociera) viene proposto un prodotto i cui requisiti non sono definiti dall'utente ma dal fornitore, situazione che in generale causa o situazioni di sovraccarico informativo (nel quale l'utente deve estrarre ciò che serve) o filtro inconsapevole (l'informazione c'era ma non viene data).

Tale situazione è implicita nei sistemi di comunicazione uno-a-molti del tipo radio, televisione e giornali, a meno che non si pensi ad un “weather channel” come è presente in altri paesi. Molte speranze ed illusioni aveva creato la nascita di sistemi uno-ad-uno come internet o la telefonia cellulare; in questi era prevedibile lo sviluppo di un nuovo sistema d'informazione in cui l'utente potesse dare un suo profilo ed essere informato solo e quando a lui necessario, in prospettiva facendo a meno del valore previsto delle grandezze meteorologiche ma comunicando solo l'impatto della variazione previsto per la sua attività. Purtroppo almeno nel settore meteo molte le speranze sono state deluse ed uno sterminato numero di siti internet praticamente ripropone un'informazione di tipo “generalista” e generica che si può più facilmente trovare accendendo la televisione o leggendo il giornale. Si deve purtroppo constatare che internet costituisce un mondo estremamente ricco, ma è un archivio che non segue alcuna regola dettata per la progettazione ottimale dei database e non permette una ricerca veloce ed affidabile. L'informazione spesso c'è, ma solo l'esperto

⁵⁰ l'uso ottimale del prodotto meteo è legato alla conoscenza della qualità intrinseca del prodotto ed alla valutazione degli impatti sull'attività che possono avere scenari che si prevedono con diverse probabilità.

dopo un duro e lungo lavoro riesce a trovarla e ad attribuirgli la giusta affidabilità, mentre l'utente comune può solo ritrovare l'informazione generale.

5.6 La natura riesce ancora a stupire ed affascinare (Giant ice balls).

Bless my eyes

Here he lies

In a sad pickle

Kill'd by an icicle.

Memoriale in una Chiesa-Bampton 1776

“Chi ha raggiunto lo stadio di non meravigliarsi più di nulla dimostra semplicemente di aver perduto l'arte del ragionare e del riflettere”.

Max Planck

“Lo sguardo dell'uomo animato dal desiderio di possedere le cose anziché di riferirle alla verità, è privo di quell'atteggiamento disinteressato, gratuito, estetico che nasce dallo stupore per l'essere e per la bellezza, il quale fa leggere nelle cose visibili il messaggio del Dio invisibile che le ha create”

(Centesimus annus, Giovanni Paolo II).

Nonostante la sensazione per la gente, specie cittadina, è che il grande progresso tecnologico (satelliti, computer, radar, etc.) permetta un controllo totale dell'atmosfera, la natura invece riserva ancora infiniti fenomeni “strani” ed appassionanti che stupiscono ed incuriosiscono chi non si accontenta delle false certezze.

A tal proposito è interessante ricordare che alcune volte dei blocchi di ghiaccio (non grandine⁵¹) scendono dal cielo anche con il cielo sereno, riportiamo l'iscrizione funeraria riportata in una chiesa dove nel 1776 un blocco colpì uccidendolo il figlio del pastore della chiesa. Nel mondo sono relativamente numerosi i casi di caduta di blocchi che sono stati descritti, in Italia ci fu un caso a Roma negli anni '50 e recentemente alla fine del gennaio 2000 ci sono state una serie di cadute che interessarono prima la Spagna e successivamente l'Italia. Gli Stati Uniti affrontano da anni questo tipo di problematiche con

⁵¹ Il più grande “chicco” di grandine conservato è di 758 g caduto in Kansas ma il 14 aprile 1986 in un temporale che ha ucciso 92 persone in Bangladesh è caduto una pietra di ghiaccio di 1020 g. Naturalmente per cadere la grandine c'è bisogno di imponenti nubi convettive che riescano al loro interno tramite le correnti ascensionali a far salire e scendere i chicchi.

un ufficio dell'aviazione che si interessa di investigare i fenomeni dell'aria apparentemente non spiegabili e pericolosi per la navigazione aerea (qualcosa di simile all'ufficio reso famoso dalla serie televisiva X-file), in Spagna si creò una commissione scientifica per reperire e studiare tutti i dati del fenomeno, in Italia si cercò invece una risposta immediata ed alla dichiarazione degli esperti che si trattava di un "fenomeno raro ma non unico" seguirono le ipotesi più disparate: una cometa, cambiamento climatico, scarico dei bagni dell'aereo, esperimenti militari. Dai mass-media il fenomeno fu indicato come dovuto ad "una burla e a una psicosi di massa" ("LA STAMPA" del 26 gennaio 2000).

*Effetti di un Blocco di
ghiaccio caduto il 25.3.1974
a Pinner in Middlesex.*

Foto tratta da bibl.17

Forse in futuro, come già aveva detto nel '700 Benjamin Franklin ed altri successivamente, sarà indispensabile fare ulteriori sforzi per tener conto nella descrizione matematica dei fenomeni atmosferici anche di "segnali deboli" come i campi elettrici e magnetici, dell'effetto degli astri, etc.

5.7 Climatologia e reti osservative

Nel tempo si è andata differenziando una climatologia statistica, secondo cui il clima era descritto da un insieme di valori medi dei parametri meteorologici che di solito dipendevano fortemente dalla latitudine, da una climatologia più evoluta che caratterizza il territorio anche nel suo aspetto dinamico, determinato dall'insieme delle relazioni fisiche di causa ed effetto che portano all'evoluzione dei diversi tipi di tempo.

Per studiare l'andamento del clima a livello globale o regionale, sono importanti stazioni lontane da sorgenti inquinanti (dette "baseline"), che devono effettuare la misura per lunghi periodi ed in località apparentemente incontaminate.

Nello studio del clima e dei cambiamenti della composizione dell'atmosfera a livello mondiale si sono presentati i seguenti principali problemi:

1. incompatibilità delle osservazioni (strumenti differenti tempi, metodi);
2. mancanza di precisione ed accuratezza (tecnologia, manutenzione, capacità del personale-formazione, calibrazione, esposizione);

3. inadeguatezza del campionamento nello spazio e nel tempo;
4. inadeguatezza del trattamento dei dati;
5. mancanza di coordinamento internazionale e nazionale per alcune misure;
6. mancanza di risorse finanziarie.

Per il mantenimento delle serie storiche i fattori che più ne limitano la consistenza sono:

1. cambiamento della tecnologia;
2. misure di quantità minime e rilevazione di cambiamenti minimi;
3. maggioranza delle osservazioni effettuate anche per altri scopi a breve termine che di fatto ne determinano le caratteristiche;

A tal proposito l'Organizzazione mondiale della meteorologia" raccomanda di:

1. creare nuove "baseline" e migliorare le esistenti, incrementare le intercalibrazioni con standard internazionali e nazionali;
2. il controllo dei dati e l'archiviazione vanno migliorati e velocizzati;
3. Studiare l'impatto di nuove tecnologie ed effettuare adeguati periodi di sovrapposizione prima della sostituzione;
4. cercare di avere in controllo del processo di misura;
5. migliorare la diffusione dell'informazione sui dati e sul trend, sui controlli strumentali e sulla validazione dei dati compresi gli algoritmi usati, sulle variazioni dei programmi.

**L'esecuzione nel tempo di tali raccomandazioni sarà
l'impegno per il futuro di chi vuole dei dati affidabili sui
cambiamenti climatici.**

5.8 Alle prese con il futuro: i Cambiamenti Climatici

“Quanto più cresce la potenza dell'uomo, tanto più si estende ed allarga la sua responsabilità”.

CEI

“Sto con il Tempo non con le previsioni.

Speriamo caro Tempo non ti tocchino mai.

E che sbagliano anche il resto specie le clonazioni.

Sto con il Tempo e con le 4 stagioni”

Poesia di Vivian Lamarque

“Mi sottrassi all’aria pesante di Roma, al fumo dei camini che facevano uscire tutti i vapori pestilenziali”. Seneca, 61 d.C.

In passato alcune azioni dell’uomo causarono aspre polemiche sui nefasti effetti locali sul clima. Ad inizi ‘800 Giacomo Leopardi (Recanati 1798-1817) se la prese con chi sosteneva che la causa del raffreddamento⁵² fosse dovuto al disboscamento delle montagne, cambiamenti climatici negativi avrebbero comportato il prosciugamento della piana del Fucino, all’apertura del canale di Suez nel 1869 i “catastrofisti” dell’epoca avevano previsto inestimabili ed irrecuperabili danni causati dal miscelarsi dell’acqua e dei pesci del Mediterraneo con quelli del Mar Rosso con lo sconvolgimento dell’ecosistema locale, etc.

La discussione si è fatta ancor più accesa relativamente da poco e cioè da quando ci si è resi conto che l’umanità può divenire un potente agente del mutamento climatico globale. L’attenzione per il fenomeno è tale che in Europa sembra essere il problema principale per la popolazione⁵³ ed è tale la sensibilità che ha spinto molte nazioni a stendere dei programmi per il clima o in alcuni casi per la sua “protezione”⁵⁴. L’obiettivo generale di tali programmi è l’elaborazione d’informazioni affidabili sullo stato dell’atmosfera e sulla sua evoluzione, destinate a chi deve decidere su strategie di mitigazione e risposta verso i cambiamenti del clima (naturali e/o antropici) e quelli sociali ed ambientali associati.

I piani di solito prevedono cinque fasi che seguono lo schema dati, informazione, conoscenza e solo alla fine azione:

⁵² Siamo nel periodo definito successivamente della “piccola glaciazione” (1590 d.C- 1850d.C.).

⁵³ Negli U.S.A. è il terrorismo.

⁵⁴ Per alcuni ecologisti vale una visione statica (ripresa in alcuni programmi nazionali) in generale della natura ed in particolare del clima. La situazione attuale deve essere protetta utilizzando le conoscenze e capacità dell’uomo, la natura è vista come museo all’aria aperta in cui ogni tipo di cambiamento deve essere contrastato sia esso imputato a cause umane che a cause naturali. Ma la natura fortunatamente è un continuo divenire, a livello di pura curiosità si può ricordare che nell’ultima glaciazione, 18.000 anni fa, il livello del mare era 120 inferiore all’attuale (si poteva attraversare la Manica a piedi), nel periodo caldo avvenuto 120.000 anni fa il livello superava di 6 metri l’attuale.

1. Osservare e documentare i cambiamenti climatici;
2. Analizzare i dati ed estrapolare l'effetto dovuto all'azione umana;
3. Prevedere gli scenari futuri (a breve , medio e lungo termine) e valutare le probabilità che si verifichino;
4. Valutare ed analizzare le conseguenze del cambiamento climatico previsto su ecosistemi terrestri e marini, sugli aspetti economici, sociali, sanitari, sulla popolazione, etc.;
5. Eventuali azioni di risposta e strategie di mitigazione.

I cambiamenti climatici sono dei fenomeni che meritano uno studio più approfondito e mai scelte affrettate, solo a livello di curiosità ricordiamo che negli anni '70 si poteva trovar scritto nei libri:

“Il pericolo di una nuova era glaciale risulta ora più minaccioso ed imminente di quanto gli esperti non avessero temuto pochi anni or sono. Nei passati millenni il ghiaccio ha ricoperto le terre dei paesi nordici, molto più spesso ed in molto meno tempo di quanto si fosse potuto immaginare finora” (bibl.12) e qualcuno proponeva l'aumento di emissioni di gas ad effetto serra per contrastare l'arrivo del freddo.

CONCLUSIONI

“La filosofia senza la scienza è vuota.

La scienza senza filosofia è arida”

Albert Einstein

“Scienza è qualunque disciplina in cui uno stupido della generazione corrente sappia di più di un genio della generazione precedente.”

Max Gluckman

“L’illuminismo e il XIX secolo commisero la follia di considerare la ragione (e direi quindi la Scienza) non solo necessaria ma sufficiente a risolvere tutti i problemi. Oggi sarebbe anche più folle affermare, come alcuni vorrebbero, che la ragione, non essendo sufficiente, non è nemmeno necessaria”.

Francois Jacob dal libro “Le jeu des possibles”

Quotidianamente senza notarlo, si utilizzano applicazioni della meteorologia ed in generale delle scienze dell’atmosfera, per ottimizzare le attività umane e renderle più sicure. Naturalmente la necessità di conoscere il tempo atmosferico ed in qualche modo di prevederlo nasce con l’uomo impegnato in attività all’aria aperta: caccia, pastorizia, agricoltura, navigazione per mare e per cielo, costruzione di edifici ed impianti produttivi, guerra, etc.

La stessa necessità e curiosità di “capire” il tempo ha portato l’uomo a confrontarsi con questa sfida in ogni epoca, utilizzando il modo di pensare e la tecnologia del periodo.

Nell’antichità fino al medio evo l’uomo è stato un attento osservatore qualitativo dei fenomeni atmosferici e questi erano spiegati dai pensatori dell’epoca ricorrendo alla mitologia, alla religione, alla magia o a teorie più complesse la cui massima espressione per l’epoca risiede nel trattato intitolato “Meteorologica” di Aristotele, che ha influenzato il modo di pensare per più di mille anni.

Tale metodo d’indagine, in genere deduttivo, è stato stravolto nel periodo del rinascimento italiano con l’invenzione degli strumenti di misura che rendono misurabili grandezze meteorologiche fino ad allora osservate solo grazie ai

sensi umani. Si comincia a pensare con i numeri facendo divenire la meteorologia preminentemente una disciplina scientifica e non più filosofica. La misurabilità offre la possibilità di una trattazione ed una formalizzazione di tipo matematico delle teorie (in genere induttive). Questi secoli sono caratterizzati dalla concezione meccanicistica che è basata su due punti principali:

- Il raggiungimento di una precisione illimitata nelle misure grazie al miglioramento degli strumenti; per cui una volta conosciuto con esattezza lo stato iniziale di un sistema, il suo sviluppo (o il passato) poteva essere completamente e meccanicamente determinato (determinismo assoluto che poteva ignorare la presenza di Dio visto che tutto era deciso);
- Il 2° principio della termodinamica che descriveva un mondo ad entropia crescente destinato irreversibilmente alla morte dell'universo dovuta alla cessazione di ogni moto è scambio termico (ma se Dio esiste avrebbe creato l'universo solo per vederlo in una prospettiva lontana di morte?)⁵⁵.

Viene definito il “principio di Causalità” sul quale è stato basato lo sviluppo di gran parte della ricerca scientifica nei secoli successivi: se assistiamo ad un evento dobbiamo domandarci se qualcosa avvenuta in precedenza non l'abbia prodotto, *la causa va cercata nel passato e non nel futuro*.

⁵⁵ In questo secolo nuove teorie nate dall'applicazione delle teorie della termodinamica ai sistemi biologici, sociali ed economici cercano di spiegare l'inesauribile creatività della natura che sembra plasmare la materia e l'energia e la spingono verso stati più elevati di complessità ed ordine. Questo nuovo paradigma enfatizza gli aspetti collettivi, cooperanti ed organizzativi della natura; la prospettiva è più sintetica ed unitaria, piuttosto che analitica. Il premio Nobel Ilya Prigogine osserva: "Dobbiamo riesaminare il senso del secondo principio: invece di un principio negativo di distruzione, vediamo emergere un'altra concezione del tempo. L'evoluzione dell'universo, infatti, non è stata nella direzione della degradazione ma in quella dell'aumento della complessità, con strutture che appaiono progressivamente ad ogni livello, dalle stelle alle galassie ai sistemi biologici. Non possiamo quindi prevedere l'avvenire della vita o della società o dell'universo. La lezione vera e nuova del secondo principio è che questo avvenire rimane aperto, legato come è ai processi sempre nuovi di trasformazione e di aumento della complessità. Gli sviluppi più recenti della termodinamica ci propongono dunque un universo in cui il tempo non è né illusione né dissipazione-degradazione, ma nel quale il tempo è creazione".

Tale modo di pensare nei secoli successivi è stato quello dominante, specie negli ultimi due secoli quando il progresso tecnologico ha permesso l'aumento ed il miglioramento dei sistemi di misura, delle telecomunicazione e dei sistemi di calcolo. Si credeva che migliorando la definizione delle condizioni iniziali ed i sistemi di calcolo, inevitabilmente le previsioni sarebbero migliorate e divenute più affidabili: in Italia nella prima metà del secolo si comincia ad adoperare la parola "previsione" al posto di "presagio" meteo utilizzato fino allora, si auspicavano a breve previsioni affidabili con estensione temporale di almeno 15 giorni.

La convinzione che le leggi scientifiche dovessero racchiudere certezze assolute e regole infallibili era però destinata a cadere con il nascere della meccanica quantistica e con il "principio d'indeterminazione"⁵⁶. Successivamente proprio dal settore meteorologico Edward Lorenz propone una nuova teoria destinata lentamente, ma inevitabilmente, a cambiare negli anni successivi il modo di pensare in molti campi: la *teoria del caos*. Le nuove teorie dimostrano che nei sistemi complessi o non lineari⁵⁷, non sarà mai possibile determinare con esattezza lo stato iniziale ed a piccolissime variazioni iniziali, possono corrispondere enormi differenze nel modo di svilupparsi del sistema anche dopo poco tempo. Dalla teoria nasce il concetto di "attrattore" ed in alcuni sistemi complessi, che si auto-organizzano, *il fine diviene "più importante" delle condizioni iniziali*, contraddicendo l'universale applicabilità del "principio di causalità".

La storia del progresso delle conoscenze nella meteorologia, come in generale per ogni campo scientifico, porta alla smentita di uno dei luoghi comuni più diffusi e duri a scomparire: *la certezza scientifica*⁵⁸. La storia della scienza però non va vista come la storia degli errori umani, piuttosto le teorie sono destinate a cadere sostituite da teorie nuove più generali e sofisticate: è la storia di un progresso continuo con conquiste rese possibili dal sostegno di quelle precedenti (che rimangono valide nell'ambito in cui erano sorte e sono state verificate).

Attualmente la sensazione è che il modo di pensare "deterministico", pur essendo ancora molto diffuso e nonostante i grandi meriti per il passato, sia

⁵⁶ Altri dubbi nacquero con la "teoria della relativa" ed il "Teorema di Goedel".

⁵⁷ dove per esempio non vale l'ipotesi riduzionista, come avviene nella maggior parte dei sistemi naturali.

⁵⁸ Alla quale nei tempi più recenti si va sostituendo: "allo stato delle conoscenze attuali".

entrato in crisi e non riesca più a garantire la spinta al progresso scientifico come avvenuto finora. La quantità di dati raccolta è divenuta enorme e le potenze di calcolo inimmaginabili fino a pochi anni fa, ma purtroppo i metodi di analisi e previsioni si perfezionano sensibilmente senza cambiare. Teorie sorte quando i dati erano scarsi, sono tuttora utilizzate con una quantità di informazioni che è cresciuta enormemente e spesso servono solo a filtrarla per ritrovare quella “tradizionale” con cui sappiamo far qualcosa. Sembra necessario ritrovare la capacità di osservare senza pregiudizi e convinzioni precostituite la grandiosa bellezza ed armonia del creato, capacità che ha permesso durante il rinascimento di vedere cose vecchie con occhi nuovi.

Solo le capacità umane, partendo da pochi dati, sono state in grado di concepire l'esistenza di ciò che la tecnologia avrebbe permesso di vedere dopo molto tempo.

Infine possiamo affermare che la meteorologia del terzo millennio sembra riflettere tutte le aspettative, problemi, dubbi, preoccupazioni, disillusioni e necessità dell'uomo del terzo millennio. Siamo di fronte ad un sistema complesso, dove “l'uomo della scienza e della tecnica” svolge un ruolo fondamentale ma rischia di “ritrovarsi avvelenato e manipolato dalla sua stessa tecnologia” e di divenire “merce dei propri mercati”. Questo non accadrà solo se la tecnologia e le capacità saranno uno strumento per il raggiungimento di fini “umani” che solo l'uomo, come essere libero e razionale, è chiamato a fissare in modo responsabile approfondendo conoscenza e discernimento (vedi la frase di S.Paolo riportata nell'introduzione).