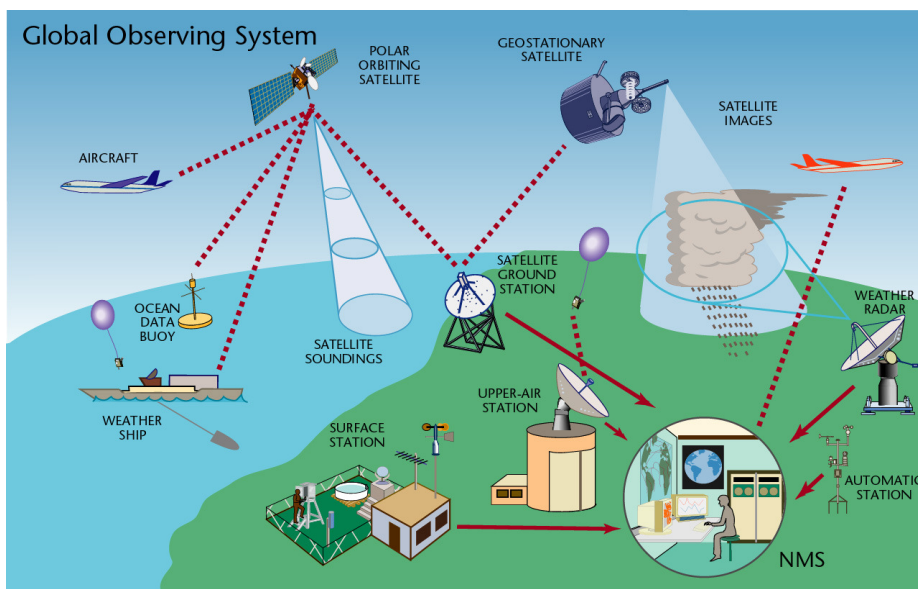


UNITÀ DIDATTICA 11

5 SISTEMA GLOBALE DI OSSERVAZIONE (GLOBAL OBSERVING SYSTEM - GOS)



Il **Sistema Globale di Osservazione (GOS)** è il programma più importante del OMM per l'osservazione, registrazione e segnalazione delle condizioni atmosferiche, il clima e l'ambiente. Il GOS si avvale dei dati forniti da stazioni a terra, in mare, da osservazioni effettuate nell'atmosfera e di sistemi satellitari collegati con centri a terra per gestire il controllo e la ricezione dei dati. Queste strutture sono gestite e di proprietà dei paesi membri della OMM. Permette l'analisi della situazione meteorologica e di elaborare previsioni, avvisi, il monitoraggio del clima e attività ambientali svolte nell'ambito di programmi del OMM e di altre organizzazioni internazionali. Il GOS è gestito dai Servizi Meteorologici Nazionali, dalle agenzie satellitari e coinvolge diversi consorzi che si occupano di specifici sistemi di osservazione o di specifiche aree geografiche. La rete di osservazioni di superficie consta di circa 11.000 stazioni che effettuano osservazioni sulla superficie della Terra almeno ogni tre ore e spesso anche ogni ora, dei parametri meteorologici come pressione atmosferica, velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria e umidità relativa.

Circa 4000 di queste stazioni costituiscono la Rete Regionale di base Sinottica (RBSNs) e oltre 3000 stazioni costituiscono il Regional Basic Climate Network (RBCNs). I dati di

queste stazioni vengono scambiati a livello globale in tempo reale. Una parte di queste stazioni di superficie sono utilizzate nel Global Climate Observing System (GCOS).

Le osservazioni in quota vengono effettuate da una rete globale di circa 1.300 stazioni che attraverso radiosondaggi effettuano la misura di pressione, vento, temperatura e umidità dalla superficie terrestre fino alla quota di 30km. Gran parte delle stazioni effettua le osservazioni alle 0000UTC e alle 1200UTC. Nelle zone oceaniche, i radiosondaggi sono effettuati da circa 15 navi.

Negli oceani il GOS si basa sui dati da satellite e sulle osservazioni effettuate da navi, boe, piattaforme fisse. Le osservazioni fatte dalle navi vengono codificate nel messaggio SHIP e comprendono gran parte dei parametri osservati nelle stazioni di superficie terrestre ai quali si aggiungono la misura della temperatura della superficie del mare, l'altezza e periodo delle onde. Il numero di navi che effettuano osservazioni è di circa 4.000 di cui 1000 fanno di osservazioni ogni giorno. Le osservazioni in quota vengono, inoltre, effettuate da oltre 3000 velivoli commerciali che forniscono misure di pressione, vento e temperatura durante il volo. I dati sono raccolti dai sistemi di navigazione degli aeroplani e dalle normali sonde della temperatura e della pressione statica installate a bordo. Le informazioni sono poi rielaborate prima di essere scaricate a terra mediante comunicazioni in onde corte (ACARS) o collegamenti via satellite (ASDR). I dati raccolti dai velivoli costituiscono un'importante integrazione dei dati provenienti dai radiosondaggi soprattutto dove ci sono pochi o nessun radiosondaggio, sebbene l'altitudine raggiunta e la precisione dello scandagliamento siano nettamente inferiori a quelle di un radiosondaggio classico.

Le osservazioni da satellite sono effettuate da una rete satellitare di osservazione che comprende satelliti in orbita polare, satelliti geostazionari e numerosi satelliti di ricerca e sviluppo. I satelliti in orbita polare e geostazionari sono normalmente dotati di sensori nel campo del visibile e infra-rosso, da cui si possono ricavare molti parametri meteorologici. Il miglioramento nella modellistica numerica in particolare, ha permesso di sviluppare metodi sempre più sofisticati per ricavare informazioni sulla temperatura e l'umidità direttamente dalle osservazioni da satellite.

Il GOS comprende anche osservazioni di radiazione solare e il rilevamento di fulmini. Si sta inoltre dimostrando molto utile l'uso del radar Doppler per effettuare misure del vento e per la stima della quantità di precipitazione. I dati del radar Doppler sono particolarmente utili per la previsione a breve termine dei fenomeni di brutto tempo.

5.1 OSSERVAZIONI IN QUOTA

Le osservazioni in quota vengono effettuate da una rete globale di circa 1.300 stazioni che attraverso radiosondaggi effettuano la misura di pressione, vento, temperatura e umidità dalla superficie terrestre fino alla quota di 30km. La maggior parte delle stazioni effettuano due radiosondaggi al giorno alle ore sinottiche 0000 e 1200 UTC; in alcuni paesi i rilevamenti vengono effettuati quattro volte al giorno, alle ore sinottiche principali (00, 06, 12, 18 UTC). Le osservazioni in quota possono essere effettuate da stazione a terra, da navi mobili, da navi stazionanti in una determinata zona, da aerei meteorologici in volo di

ricognizione. Nelle zone oceaniche, i radiosondaggi sono effettuati da circa 15 navi. Il metodo utilizzato per fare i rilevamenti dalla maggior parte delle stazioni è il radiosondaggio usando una radiosonda che viene portata in quota da un pallone che ascende con velocità costante (generalmente 5 m/sec). La radiosonda è un apparato elettronico costituito da sensori capaci di rilevare temperatura, pressione e umidità con la quota e di trasmetterli alla stazione a terra attraverso un radiotrasmettitore. Attraverso lo spostamento del pallone dalla verticale della stazione viene determinato anche il vento in quota. Il radiosondaggio, quindi, analizza il profilo verticale dell'atmosfera attraverso misure effettuate da strumenti solidali con un pallone sonda che viene liberato nell'atmosfera. Subito dopo il lancio inizia la ricezione dei dati inviati dalla sonda che prosegue la sua salita per circa 120 minuti raggiungendo un'altezza media di 30.000 mt. L'elaborazione del relativo bollettino *FM 35 TEMP* e del suo invio deve avvenire entro 140 minuti dall'inizio del radiosondaggio. I dati del messaggio possono essere riportati sul "nomogramma Herloffson" e presentati agli utenti in forma grafica. Il giorno 3 di ogni mese si elabora, inoltre, il messaggio *CLIMAT TEMP* che fornisce i valori medi mensili dei lanci effettuati. In Italia il radiosondaggio viene effettuato da sei stazioni fisse dell'Aeronautica Militare : *Udine, Milano, Pratica di Mare, Brindisi, Trapani e Cagliari*; da due Stazioni appartenenti alle Agenzie Regionali Prevenzione e Ambiente (ARPA) di Emilia Romagna e Piemonte, site a *Bologna S. Pietro Capofiume e Cuneo Levaldigi*.

Come abbiamo detto i dati che vengono forniti col sondaggio sono la temperatura la pressione e l'umidità relativa a varie quote. Gli accordi internazionali prevedono che le stazioni che effettuano i rilevamenti in quota devono diffondere la temperatura, la temperatura di rugiada ed il geopotenziale rilevati alle superfici di pressione standard 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100 hPa nella bassa atmosfera e per le superfici 70, 50, 30, 20, 10 hPa nella stratosfera. La temperatura di rugiada viene calcolata a partire dai dati della radiosonda utilizzando la seguente formula:

$$t_d = t - 31.25(2 - \lg U)$$

Il geopotenziale viene calcolato mediante la seguente equazione:

$$\Delta\phi = \frac{R_a}{g_k} T_v \ln \frac{p_1}{p_2}$$

dove $\Delta\phi$ è la differenza di geopotenziale misurata in metri geopotenziali (m_{gp});

$R_a = 287$ J_{aule} / K Kg è la costante dei gas per aria secca;

$g_k = 9.8$ è una costante;

T_v è la temperatura virtuale media dello strato di atmosfera compreso tra p_1 e p_2 .

5.2 LE PREVISIONI METEOROLOGICHE

5.2.1 I MODELLI MATEMATICI

I modelli matematici di **previsione meteorologica** sono modelli che attraverso equazioni definiscono l'andamento nel tempo dei parametri meteorologici come vento, temperatura, vapor d'acqua, nubi, precipitazioni. Questi modelli numerici hanno come input delle

equazioni fondamentali del modello stesso le condizioni meteorologiche osservate ad un dato istante (*stato iniziale dell'atmosfera*) e attraverso la soluzione delle equazioni producono la previsione meteorologica (*prognosi*) cioè soluzioni approssimate che descrivono l'evoluzione dei fenomeni meteorologici.

I primi tentativi risalgono agli anni venti ma fu solo con l'avvento del computer che questo tipo di previsione divenne possibile in tempo reale. Gli attuali supercomputer utilizzati per le previsioni meteorologiche permettono di utilizzare enormi numeri di dati ed effettuare complessi calcoli e simulazioni. Un grande aiuto per ridurre l'incertezza delle previsioni viene dato dall'uso di previsioni basate su un insieme di modelli (*previsioni di ensemble*) che permette, inoltre, di allungare nel futuro l'intervallo temporale della previsione stessa.

Il primo modello matematico per le previsioni meteorologiche fu proposto nel 1922 da L. F. Richardson. Nel 1950, un gruppo di meteorologi americani (J. Charney, P. Thompson, L. Gates), insieme al matematico J. Von Neumann ottennero con successo la prima previsione utilizzando un modello numerico basato sull'equazione della vorticità e il computer digitale ENIAC. I modelli successivi utilizzarono equazioni della dinamica e della termodinamica dell'atmosfera. L'idea fondamentale sulla quale si basano i modelli è che l'atmosfera è un fluido, stabilito il suo stato ad un certo istante ed applicate le equazioni della dinamica dei fluidi e della termodinamica è possibile stimare lo stato del fluido stesso in un certo istante del futuro. Più semplicemente un modello di previsione è un programma che gira su un computer e che ha come prodotto informazioni meteorologiche per istanti futuri per determinati punti. Il modello è detto *globale* se copre tutta la Terra, oppure *regionale*, se limitato ad una parte della Terra. I modelli regionali sono anche detti ad *area limitata* (LAM), in generale usano griglie a risoluzioni spaziali più piccole dei modelli globali che permettono di inglobare fenomeni che si presentano su scale più piccole. Le previsioni sono ottenute utilizzando equazioni differenziali, equazioni quindi non lineari, dalle quali si ottengono soluzioni approssimate. I modelli utilizzano i dati di osservazioni delle radiosonde, delle stazioni a terra e dai satelliti. Le osservazioni, effettuate con una distribuzione irregolare delle stazioni sulla superficie della terra, vengono elaborate per ricavare i valori presenti nelle località utilizzabili dagli algoritmi del modello matematico che di solito è costituita da una griglia a spazi uniformi. I dati ottenuti sono utilizzati come punto di partenza del modello che permetterà di predire lo stato dell'atmosfera ad un breve intervallo futuro. Questo nuovo stato dell'atmosfera sarà il punto di partenza a cui applicare le equazioni per determinare lo stato dell'atmosfera a un ulteriore intervallo nel futuro. Si procede quindi per *passi temporali* e la procedura viene ripetuta fino a quando la previsione raggiunge il momento desiderato. I passi temporali dei modelli climatici globali sono dell'ordine di decine di minuti, mentre per i modelli regionali possono variare da pochi secondi a pochi minuti. I risultati dei modelli vengono visualizzate sotto forma di carte meteorologiche.

Il numero di operazioni richiesto al computer per una previsione di 10 giorni sull'intero pianeta, a intervalli temporali di 20 minuti è, grosso modo, di 20.000 miliardi di operazioni.

5.2.2 LIMITI DI VALIDITÀ DEI MODELLI

Conoscere lo stato iniziale dell'atmosfera significa conoscere il valore di sette variabili: le tre componenti del vento secondo un sistema di riferimento tridimensionale (asse x verso est, asse y verso nord e asse z verso l'alto), la pressione, la temperatura, l'umidità e l'intensità delle velocità verticali. Il modello di previsione è l'insieme dei metodi e delle approssimazioni, matematiche e fisiche, impiegate per risolvere, attraverso l'uso del computer, un sistema di sette equazioni in sette incognite. La natura non lineare delle equazioni della dinamica dei fluidi amplifica in modo esponenziale l'errore sulle condizioni iniziali e con la conseguente impossibilità, da parte del modello, di predire indefinitamente lo stato dell'atmosfera. Un importante fattore di incertezza è dovuto alla disomogeneità di copertura delle reti di osservazioni soprattutto sugli oceani che produce incertezza nella determinazione dello stato iniziale. Attualmente le previsioni si estendono al massimo per 15 giorni con un grado di affidabilità che decade nel tempo, oltre questo limite di tempo le previsioni vengono dette *stagionali* per le quali vengono usati modelli relativi.

Per cercare di aumentarne l'affidabilità e allungare il limite di validità della previsione stessa viene utilizzata la cosiddetta previsione stocastica o "per insiemi" (*ensemble forecasting*), che comporta previsioni multiple create o con uno stesso modello a partire da condizioni iniziali diverse, comprese all'interno di un certo intervallo di valori possibili, o con gruppi di modelli diversi tra loro (*multimodel ensemble forecasting*) oppure incrociando tra loro entrambi i metodi.

Esempi di modelli numerici per le previsioni meteorologiche sono:

- **ECMWF** (Centro Europeo di Previsione Meteorologica a Medio Termine), modello europeo a scala sinottica
- **UKM**, modello del Regno Unito a scala sinottica
- **GFS**, modello americano a scala sinottica
- **RAMS**, modello a mesoscala
- **BOLAM e DALAM**, modelli ad area limitata (LAM)

Il modello BOLAM è a cura del servizio meteo-idrologico della regione Liguria, valido per l'Italia centro-settentrionale fornisce previsioni fino a 3 giorni.

Il modello DALAM è curato dal CMA (Unità di Ricerca per la Climatologia e la Meteorologia applicate all'agricoltura ex UCEA). E' un modello meteorologico ad area limitata utilizzato dal Servizio Agrometeorologico del SIAN (*Sistema Informativo Agricolo Nazionale*) per la previsione meteorologica a 6 giorni, con scadenza ogni 3 ore, dell'Europa Occidentale su una griglia di analisi di dimensione unitaria di 30 Km e dell'Italia su griglia di dimensione unitaria di 10 Km.

Prodotti ottenuti col modello DALAM:

