

Approfondimenti sul radar meteorologico

Il radar meteorologico: cos'è e come funziona

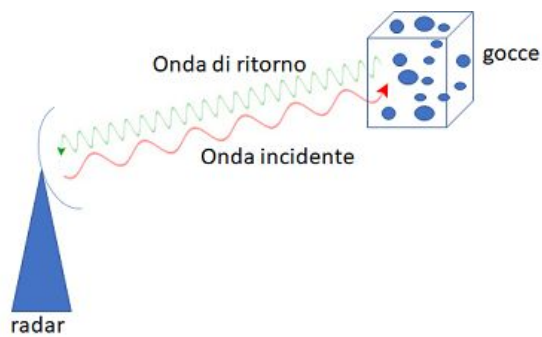
Un radar meteorologico è uno strumento in grado di individuare le idrometeore (pioggia, neve, grandine) a distanza e di rilevarne la posizione tramite l'emissione e la ricezione di onde radio. Radar è infatti l'acronimo di Radio Detection And Ranging (Individuazione tramite onde radio e misura della distanza).

Il radar meteorologico è progettato per rilevare la presenza della precipitazione in tempo reale e permette di osservare i fenomeni in atto in un volume tridimensionale di atmosfera, con un'elevata copertura spaziale e temporale. Per fare questo, il radar è composto da un trasmettitore che genera l'impulso elettromagnetico, un ricevitore che elabora il segnale di ritorno e da un'antenna parabolica che costituisce l'interfaccia tra gli apparati e l'atmosfera, con il compito di focalizzare il fascio trasmesso e di intercettare quello ricevuto.

Le onde inviate dal radar vengono retrodiffuse dai bersagli meteorologici come pioggia, grandine, neve e il debole segnale di ritorno viene processato dal radar per restituire l'intensità della precipitazione osservata. In realtà il radar non è in grado di individuare il segnale di ritorno di una singola idrometeora, ma riceve quello di tutte le idrometeore che si trovano all'interno di un volume la cui dimensione varia con la distanza dal radar.

Il tempo che intercorre tra l'invio del segnale e la ricezione serve invece per determinare la distanza alla quale si trovano i bersagli perché è nota la velocità di propagazione del segnale che è pari a quella della luce.

Principio di funzionamento del radar meteorologico

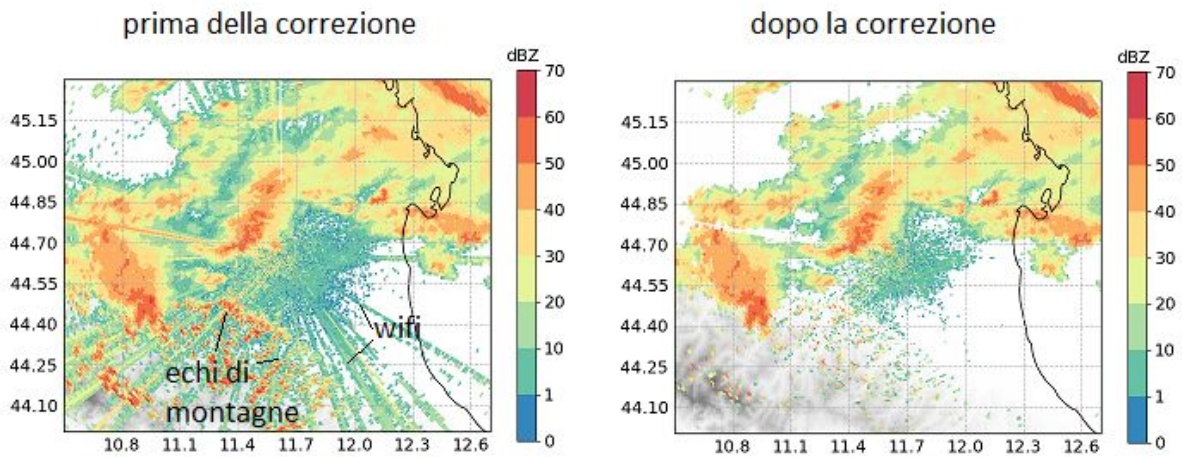


La stima dell'intensità di precipitazione

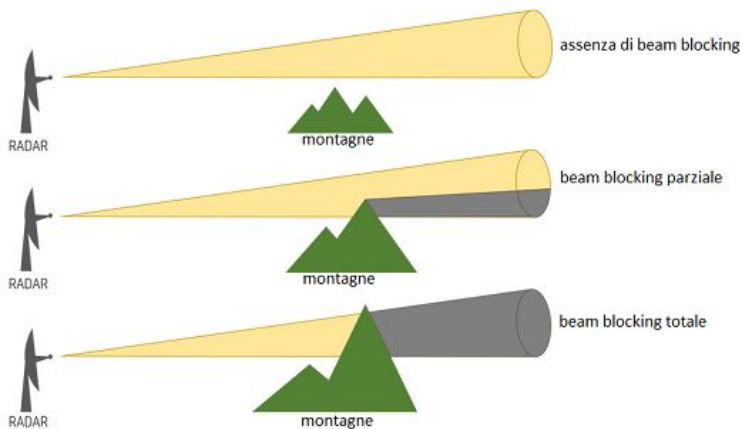
Il radar misura una potenza dalla quale si ricava una grandezza denominata riflettività che è legata all'intensità della precipitazione, ovvero al quantitativo di pioggia che cade in un dato istante, in modo che al crescere della riflettività cresce anche la precipitazione stimata. La relazione empirica che intercorre tra riflettività e precipitazione istantanea è definita dall'equazione $Z = aR^b$. Sono stati stimati diversi valori dei parametri a e b a seconda del tipo di precipitazione. Ai parametri $a=200$ e $b=1.6$ corrisponde la più nota delle relazioni Z-R, la relazione di Marshall and Palmer. L'unità di misura della riflettività sono i dBZ, in scala logaritmica, quello dell'intensità di precipitazione i mm/h.

Echi non meteorologici, dovuti per esempio alle montagne, o al suolo, agli sciami di insetti, agli stormi di uccelli, al mare, o a reti wlan possono disturbare la misura della riflettività introducendo errori nella stima della precipitazione. Per questo motivo il dato originale viene elaborato per rimuovere gli echi indesiderati. Le montagne possono interagire con il fascio radar anche bloccandolo totalmente o parzialmente (*beam blocking*) per questo motivo il dato è ulteriormente corretto ma non sempre è possibile recuperare tutto il segnale perduto.

Dato prima e dopo la correzione degli echi non meteorologici



Beam blocking (modificato da <https://philippineradarnetwork.wordpress.com/>)



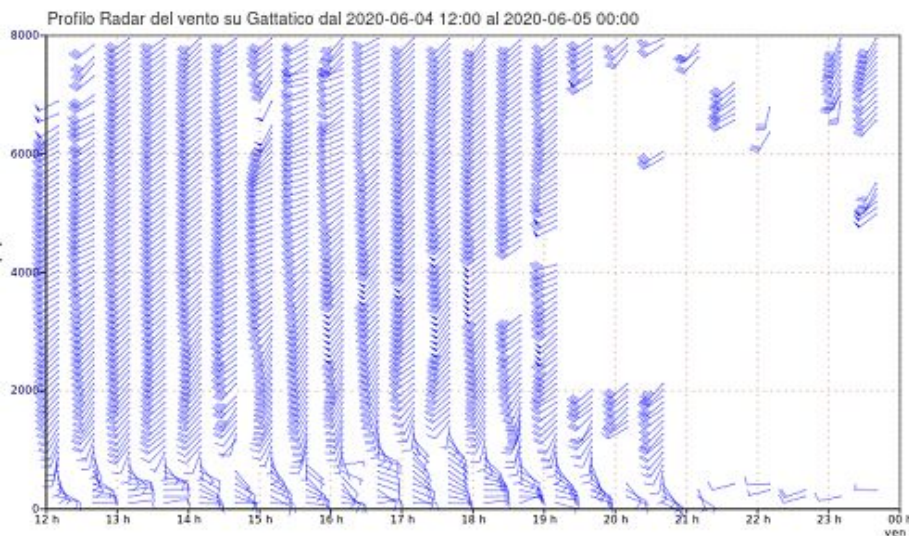
Approfondimenti su come viene elaborato il dato radar per ottenere la stima della precipitazione:

Fornasiero, A., Bech, J., and Alberoni, P. P.: Enhanced radar precipitation estimates using a combined clutter and beam blockage correction technique, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6, 697–710, <https://doi.org/10.5194/nhess-6-697-2006>, 2006.

Il radar Doppler e polarimetrico

Il radar doppler permette di misurare la velocità di spostamento delle idrometeore nella direzione radiale, sfruttando l'effetto Doppler, ovvero il cambio di frequenza del segnale restituito dalle particelle e dovuto al loro moto. La velocità radiale è funzione dell'azimuth (l'angolo di misura sul piano orizzontale), dell'elevazione (angolo di misura verticale) e della distanza dal radar. Questo permette di stimare, tramite la tecnica chiamata VAD (*Velocity Azimuth Display*), la velocità e la direzione del vento generando un profilo di vento centrato sul radar.

Sequenza di profili radar del vento



Il radar polarimetrico trasmette e riceve onde elettromagnetiche polarizzate (solitamente a polarizzazione orizzontale e verticale), caratteristica che gli consente di ricavare informazioni su forma, dimensione, orientazione e fase termodinamica delle idrometeore incontrate e quindi di distinguere il tipo di precipitazione in atto (pioggia, neve, grandine...). Questa tipologia di radar, inoltre, contribuisce a migliorare la stima quantitativa della precipitazione e la qualità del dato radar.

Oltre alla riflettività Z , vengono misurate altre variabili che descrivono la microfisica dei sistemi. La riflettività differenziale ZDR , grandezza sensibile alla forma dell'idrometeora, ad esempio, è in grado di rilevare se essa è sferica, come prevalentemente la grandine, o ellissoidale (in particolare oblata), come le gocce di pioggia. La fase differenziale ϕ_{dp} misura la differenza di fase tra le due polarizzazioni ed è sensibile alla presenza di pioggia, ovvero al quantitativo di gocce oblate che tendono a far propagare più lentamente le onde a polarizzazione orizzontale rispetto a quelle a polarizzazione verticale. Il coefficiente di correlazione ρ_{hv} è un indicatore della correlazione fra le due diverse polarizzazioni ed è sensibile alla variabilità del rapporto fra le dimensioni verticali e orizzontali, cioè alla presenza

di forme irregolari di idrometeore o di precipitazione in fase mista (liquida e ghiacciata).

I radar meteorologici in Emilia-Romagna

Arpae dispone di due radar doppler e polarimetrici, collocati presso la base meteorologica Giorgio Fea a San Pietro Capofiume (BO) e nello spazio adiacente al Museo Cervi a Gattatico (RE). Questo posizionamento permette di monitorare l'intero territorio regionale. Con i radar Arpae monitora le precipitazioni in atto sulla regione e fornisce una previsione a breve termine delle medesime, attività fondamentali per dare supporto alla Protezione Civile. Oltre al monitoraggio in tempo reale Arpae realizza anche la reportistica post evento.

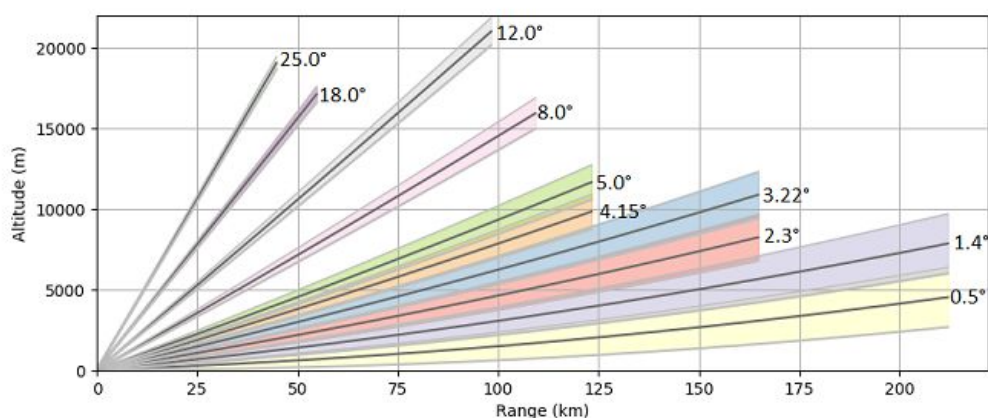
I radar meteorologici di Arpae



L'antenna radar che ha un diametro di 5 m, compie un giro di 360° a diverse elevazioni in successione fino ad arrivare nel caso di maltempo a 25° e poter così ottenere una 'fotografia' tridimensionale della precipitazione in atto, ad una risoluzione di 250 m, su un raggio di 250 km. Questo è molto utile anche perché permette di riconoscere e osservare le strutture precipitanti e il loro sviluppo verticale.

Le acquisizioni sono ripetute ogni 5 minuti in condizioni di maltempo (12 ogni ora), mentre sono ridotte a 8 all'ora nel caso di tempo sereno.

Strategia di scansione



La previsione della precipitazione tramite radar

La sequenza delle immagini di riflettività viene utilizzata per il “nowcasting” o “previsione a brevissimo termine”, ovvero la previsione dello spostamento delle strutture precipitanti nel corso delle tre ore successive all’istante di osservazione.

In generale, le tecniche di nowcasting descrivono il tempo atmosferico all’istante iniziale ed utilizzano l’informazione ricavata dai dati a loro disposizione per estrapolare in avanti nel tempo il campo di precipitazione, assumendo che non ci siano cambiamenti significativi nelle caratteristiche dell’evento. Nonostante i diversi approcci esistenti, è provato che la bontà delle previsioni di nowcasting è correlata al tipo di fenomeno e che l’accuratezza di tali previsioni decade rapidamente con il tempo.

L’algoritmo di nowcasting sviluppato presso Arpa-SIMC si basa su una tecnica di estrapolazione. Tale tecnica analizza una sequenza di immagini di riflettività radar identificando le strutture precipitanti e determina il campo spostamento derivandolo dalla correlazione massima tra le strutture di due istanti successivi. L’applicazione del campo spostamento all’interno di uno schema di avvezione semi-lagrangiano permette di proiettare le strutture precipitanti osservate dall’istante attuale al successivo fino ad un massimo di tre ore.

Approfondimenti sulle tecniche di previsione della precipitazione tramite radar:

Poli Virginia, Alberoni Pier Paolo, Cesari Davide (2008): Intercomparison of two nowcasting methods: Preliminary analysis. Meteorology and Atmospheric Physics. 101. 229-244. 10.1007/s00703-007-0282-3.

Poli Virginia, Alberoni Pier Paolo (2012): Improvement and verification of the operational nowcasting algorithm at ARPA-SIMC. ERAD 2012 - The 7th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Toulouse, France, 25-29 June 2012.