

T2.3.4 Mosaico dei dati radar meteo disponibili sul territorio della Programmazione

Consorzio LAMMA

NOVEMBRE 2020



Il presente lavoro è stato sviluppato nell'ambito dell'attività A3 «Nowcasting da mosaicatura dati radar meteo» del progetto PROTERINA-3Évolution ed è stato elaborato dal personale del Consorzio LAMMA in collaborazione con gli altri partner di progetto. Di seguito i nominativi delle persone che hanno lavorato nell'attività del progetto:

PARTNER	NOMINATIVO/NOMINATIF
LAMMA	Andrea Antonini
LAMMA	Simone Cristofori
LAMMA	Luca Fibbi
LAMMA	Bernardo Gozzini
LAMMA	Riccardo Mari
LAMMA	Samantha Melani
LAMMA	Alberto Ortolani
LAMMA	Luca Rovai
LAMMA	Aldo Sonnini
LAMMA	Massimo Viti
Regione Liguria	Francesca Giannoni
Regione Liguria	Paolo Gollo
Regione Liguria	Francesco Silvestro
Regione Sardegna	Francesco Tola
ARPAS	Francesco Nasir
ARPAS	Carlo Dessy
ARPAS	Giacomo Agrillo

Sommario

1. Introduzione.....	3
2. REALIZZAZIONE DEL MOSAICO.....	4
2.1. I RADAR METEOROLOGICI RESI DISPONIBILI.....	5
2.1.1. SETTEPANI.....	5
2.1.2. MONT VIAL.....	6
2.1.3. ALERIA.....	7
2.1.4. ELBA.....	8
2.1.5. MONTE VERRUGOLI.....	9
2.1.6. LIVORNO.....	10
2.1.7. MONTE RASU.....	12
2.2. LA MOSAICATURA DEI DATI RADAR.....	13
2.2.1. SCAMBIO DEI DATI RADAR.....	14
2.2.2. LA PROCEDURA DI MOSAICATURA.....	14
3. Conclusioni e sviluppi futuri.....	16
3.1 Sviluppi futuri: procedure di stime di precipitazione aggiornate in tempo reale.....	16
3.2. Esperimenti di assimilazione propedeutici ad una catena operativa per l'assimilazione di dati radar, di misure superficiali, di misure satellitari e ZPD-GNSS.....	16
4. Bibliografia.....	20

1. Introduzione

L'attività di radar meteorologia del progetto PROTERINA 3E aveva come intento principale quello di capitalizzare quanto già implementato dai precedenti progetti RESMAR e PROTERINA-2 nella precedente Programmazione 2007-2013. L'esistenza di una serie di sistemi radar meteorologici, alcuni dei quali recentemente aggiornati, con reciproche coperture dello spazio marittimo tra Regione PACA, Toscana, Liguria Corsica e Sardegna, ha creato i presupposti per una infrastruttura di condivisione delle informazioni fornite dai vari sistemi.

E' noto che i problemi legati alle alluvioni delle regioni partner del progetto, sono spesso collegati con sistemi precipitativi che provengono dal mare dove si caricano di umidità e

quindi di energia. L'idea di ottimizzare il monitoraggio di questi eventi meteorologici su mare, in modo da osservarne la propagazione verso le coste, è alla base di questa attività e delle attività dei progetti predecessori.

Il risultato di tale attività è una piattaforma di interscambio e di condivisione della mosaicatura dei dati radar in formato ODIM BUFR di OPERA, in grado di produrre informazioni quantitative integrate destinate all'utilizzo ai fini del nowcasting.

Il presente documento descrive le attività del progetto Proterina-3E finalizzate all'implementazione di tale mosaico dei radar meteorologici.

2. REALIZZAZIONE DEL MOSAICO

Con la finalità della realizzazione del mosaico, la prima attività effettuata è stata l'individuazione di tutti i radar meteorologici presenti all'interno del territorio delle regioni e la valutazione della loro possibile inclusione nel mosaico radar. Di seguito la lista di tutti i sistemi radar censiti e presi in considerazione per il mosaico:

RADAR	ENTE GESTORE/CORP DE GESTION	CARATTERISTICHE/CARACTÉRISTIQUES
Aleria - Corsica	Meteo France	Banda S, doppler
Ajaccio - Corsica	Meteo France	Banda C, doppler, polarimetrico
Settepani - Liguria	ARPAL	Banda C, doppler, polarimetrico
Mont Vial - PACA	Novimet	Banda X, doppler, polarimetrico
Elba - Toscana	LAMMA	Banda X
Monte Verrugoli - Liguria	LAMMA	Banda X
Livorno - Toscana	Autorità di Sistema Portuale + LAMMA	Banda X
Monte Rasu - Sardegna	ARPAS	Banda C
Capo Caccia - Sardegna	Aeronautica Militare	Banda C
Monte Armidda - Sardegna	Dipartimento Centrale Nazionale Protezione Civile	Banda C
Monte Crocione - Toscana	Dipartimento Centrale Nazionale Protezione Civile	Banda C

Dei sistemi sopra elencati, solo una parte (evidenziata in verde) si è resa disponibile per le attività del progetto. Rimane la possibilità di integrare comunque i gli altri sistemi radar all'interno del mosaico. Nel seguente capitolo saranno elencati e descritti i radar meteorologici trattati e mosaicati nel progetto.

2.1. I RADAR METEOROLOGICI RESI DISPONIBILI

2.1.1. SETTEPANI

Monte Settepani	
Luogo installazione / Lieu installation	Monte Settepani
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 44.247, Lon 9.199, h 1387m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda C (frequenza operativa: 5300-5825MHz)
range	170 km (scansione primaria), 250 km (scansione secondaria)
potenza di picco/ pic puissance	440 kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	Circa 500 m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	1°
elevazioni/élévation s	-0.3°, 0.7, 2.1°, 4°, 6.4°, 9.7°, 15°, 28.5°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	5 minuti
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	SI
misure Doppler / mesures Doppler	SI
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi polari di riflettività, riflettività differenziale, velocità radiale, fase differenziale, coefficiente di correlazione HV

compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - formato ODIM-HDF5, disponibili i volumi polari
note / notes	<p>Radar di proprietà di ARPA Piemonte e Regione Liguria, gestito per la Liguria da ARPA Liguria.</p> <p>Mappa radar non georiferita visualizzata su sito di Monitoraggio della Regione Liguria (omirl.regione.liguria.it aperta al pubblico).</p> <p>Mappa radar georiferita con mosaico con radar francese di Mont Vial visualizzata su sito di Monitoraggio della Regione Liguria (omirl.regione.liguria.it) sotto password per operatori del Centro Funzionale e Tecnici Comunali</p>

2.1.2. MONT VIAL

Mont Vial	
Luogo installazione / Lieu installation	Mont Vial
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 43.894, Lon 7.152, h 1525 m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda X (frequenza operativa: 9300-9500MHz)
range	150 km
potenza di picco/ pic puissance	80 kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	Circa 500 m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	1,5°
elevazioni/élévations	-1°, 0.4°, 1.2°, 2.4°, 4.0°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	2.5 - 5 minuti

misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	SI
misure Doppler / mesures Doppler	SI
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi polari di riflettività, riflettività differenziale, velocità radiale, ampiezza spettrale doppler, fase differenziale, coefficiente di correlazione HV
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	NO – necessario un programma per la conversione in formato ODIM-HDF5, disponibili i volumi polari
note / notes	Radar di proprietà di Novimet a cui ARPA Piemonte e Regione Liguria hanno accesso nell'ambito di un accordo maturato durante il progetto URAMET del Programma Interreg V-A Francia – Italia – Alcotra 2014-2020.

2.1.3. ALERIA

Aleria	
Luogo installazione / Lieu installation	Aleria
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 42° 07' 47.144 ° N, Lon 09° 29' 47.0000 E, h 50.1 m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	bande S (fréquence 2,8 GHz)
range	256km
potenza di picco/ pic puissance	620kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	1km
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	1.28°

elevazioni/élevations	0.6°/1°/1.40/3.2°/4.5°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	15 minutes
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	NO
misure Doppler / mesures Doppler	SI, mesures de 60 m/s a 60 m/s
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi di riflettività,
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI – formato BUFR, disponibili i volumi polari
note / notes	

2.1.4. ELBA

Elba	
Luogo installazione / Lieu installation	Elba
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 42.800327, Lon 10.392059, h 440 m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda X (frequenza operativa: 9400-9500MHz)
range	108 km
potenza di picco/ pic puissance	10 kW

risoluzione spaziale / résolution spatiale	90 m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	3°
elevazioni/élévation s	0.5°, 1°, 1.5°, 2°, 2.5°, 3°, 3.5°, 4°, 4.5°, 5°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	15 minuti
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	NO
misure Doppler / mesures Doppler	NO
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi di riflettività,
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - formato BUFR, disponibili i volumi polari
note / notes	

2.1.5. MONTE VERRUGOLI

Verrugoli	
Luogo installazione / Lieu installation	Verrugoli
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 44.106584 N, Lon 9.764120 E, h 780m slm
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	

banda di frequenze / bande de fréquences	Banda X (frequenza operativa: 9400-9500MHz)
range	108 km
potenza di picco/ pic puissance	10 kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	90 m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	3°
elevazioni/élévation s	0.5°, 1°, 1.5°, 2°, 2.5°, 3°, 3.5°, 4°, 4.5°, 5°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	15 minuti
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	NO
misure Doppler / mesures Doppler	NO
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi di riflettività,
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - formato BUFR, disponibili i volumi polari
note / notes	

2.1.6. LIVORNO

Livorno	
Luogo installazione / Lieu installation	Livorno

coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 43.562249, Lon 10.304041, h 77m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda X (frequenza operativa: 9400-9500MHz)
range	108 km
potenza di picco/ pic puissance	10 kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	450 m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	3°
elevazioni/élévations	0.5°, 1°, 1.5°, 2°, 2.5°, 3°, 3.5°, 4°, 4.5°, 5°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	15 minuti
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	NO
misure Doppler / mesures Doppler	NO
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi di riflettività,
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - formato BUFR, disponibili i volumi polari
note / notes	Radar di proprietà di Autorità Portuale di Livorno e gestito dal Consorzio LaMMA

2.1.7. MONTE RASU

3. Monte Rasu	
Luogo installazione / Lieu installation	Monte Rasu (Bono)
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 40.75583, Lon 9.00527, h 1259m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda C (frequenza operativa: 5430-5800 MHz)
range	Massimo circa 500km; usualmente circa 200km
potenza di picco/ pic puissance	500kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	Minima 15m; usualmente 300m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	<0.95°
elevazioni/élévations	Usualmente 0.0°,0.7°,1.5°, 2.5°, 3.6°, 5.0°, 6.5°, 8.4°, 10.6°, 13.3°, 16.3°, 20.0°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	10 minuti
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	si
misure Doppler / mesures Doppler	si
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi polari di riflettività, velocità radiale, riflettività differenziale, fase differenziale, coefficiente di correlazione HV, prodotti doppia polarizzazione
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - Formato BUFR 3.2, disponibili i volumi polari

note / notes

Il progetto Proterina 3E ha finanziato l'ammodernamento dei sistemi radar installati presso Castiglione della Pescaia ed Isola d'Elba. L'upgrade ha consentito di spingere la risoluzione spaziale a 90m e di rendere il sistema meno vulnerabile ai fenomeni di fulminazione, utilizzando collegamenti ottici per la comunicazione tra il sistema radiante ed il sistema di controllo. Inoltre il radar di Castiglione Della Pescaia è stato spostato a Monte Verrugoli, nell'ambito delle attività del Progetto SICOMAR PLUS, che presenta varie Sinergie con il progetto PROTERINA 3E.

2.2. LA MOSAICATURA DEI DATI RADAR

Il flusso dei dati che confluiscono nel mosaico implementato è visibile nel diagramma riportato di seguito.

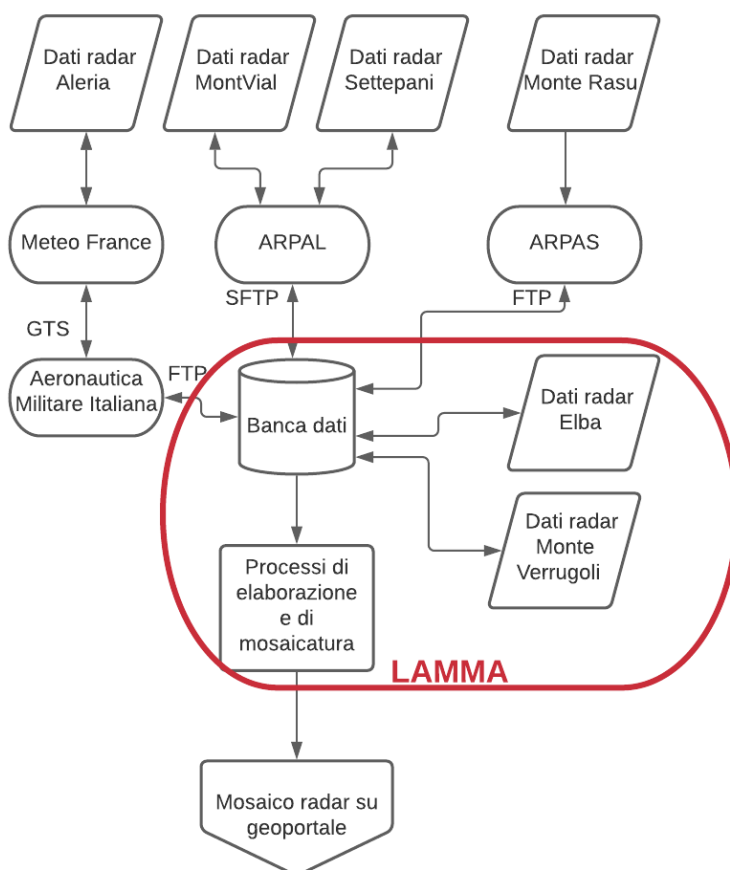


Figura 1 Data Flow Diagram relativo al mosaico radar

Come già stabilito nei progetti della passata programmazione (RESMAR, PROTERINA-2), lo standard scelto per l'interscambio dei dati dei radar meteorologici utilizzato è lo standard ODIM (OPERA Data Information Model), che prevede due possibili formati per i dati radar: HDF5 e BUFR. Lo standard ODIM è stato scelto in quanto adottato a livello europeo con la finalità dell'interscambio dei dati radar all'interno del programma OPERA. I radar francesi sono già da tempo distribuiti e scambiati in tale formato, ed anche tutti i sistemi della rete radar Italiana stanno adottando tale formato di interscambio.

I dati dei vari radar vengono raccolti per la successiva elaborazione presso il centro di calcolo del LAMMA.

2.2.1. SCAMBIO DEI DATI RADAR

Dal momento che i vari entri coinvolti adottano diverse politiche di scambio e raccolta dati, si è resa necessaria l'attivazione di vari canali di scambio dati.

- Lo scambio dei dati con Meteo France per il radar di Aleria, attivo dal 2014, prevede una procedura automatizzata che utilizza la piattaforma GTS (Global Telecommunication System) per l'invio dei dati all'Aeronautica Militare Italiana. Quest'ultima invia successivamente i dati al Consorzio LAMMA tramite protocollo FTP.
- Lo scambio dei dati con ARPAL avviene tramite protocollo SFTP (SSH File Transfer Protocol)
- Lo scambio dei dati con ARPAS avviene tramite protocollo FTP (File Transfer Protocol)

2.2.2. LA PROCEDURA DI MOSAICATURA

Le procedure per la creazione del mosaico sono state implementate in python per consentire l'utilizzo delle librerie WradLib (An Open Source Library for Weather Radar Data Processing), uno strumento software specificatamente studiato e realizzato per l'elaborazione di dati di radar meteorologici, anche congiuntamente con altri sistemi di osservazione (quali ad esempio pluviometri).

Si procede quindi con uno step di georeferenziazione delle osservazioni di ogni singolo sistema e di ogni singola scansione. In altre parole si effettua una georeferenziazione di ogni singola cella radar, ottenendone le coordinate lat, lon ed altezza.

I dati raccolti nel formato BUFR ed HDF5 sono volumi polari, ovvero osservazioni che riportano tutte le misure effettuate dai vari sistemi radar in un sistema di riferimento in coordinate polari riferite al punto di trasmissione del radar.

La procedura operativa prevede la conversione dal formato BUFR in geoTIFF, un formato di immagini georiferite e quindi inseribile in maniera immediata in molti sistemi GIS. A questo punto le immagini georiferite dei vari sistemi radar possono essere elaborate nello stesso sistema di riferimento e sovrapposte.

Il passo successivo è quello di rappresentarle in maniera congiunta in un composito. Per ragioni di visualizzazione si è scelto di utilizzare una modalità bidimensionale di visualizzazione, rappresentando su ogni pixel il massimo valore di riflettività ottenuto sulla colonna verticale (Vertical Maximum Intensity = VMI). Anche il mosaico viene rappresentato con un GeoTIFF e visualizzato sul geoportale del Consorzio LAMMA (<https://www.lamma.toscana.it/mosaici-radar>) in una pagina appositamente allestita per il progetto (https://geoportale.lamma.toscana.it/radar_mosaico/index.html).

Mosaico Radar

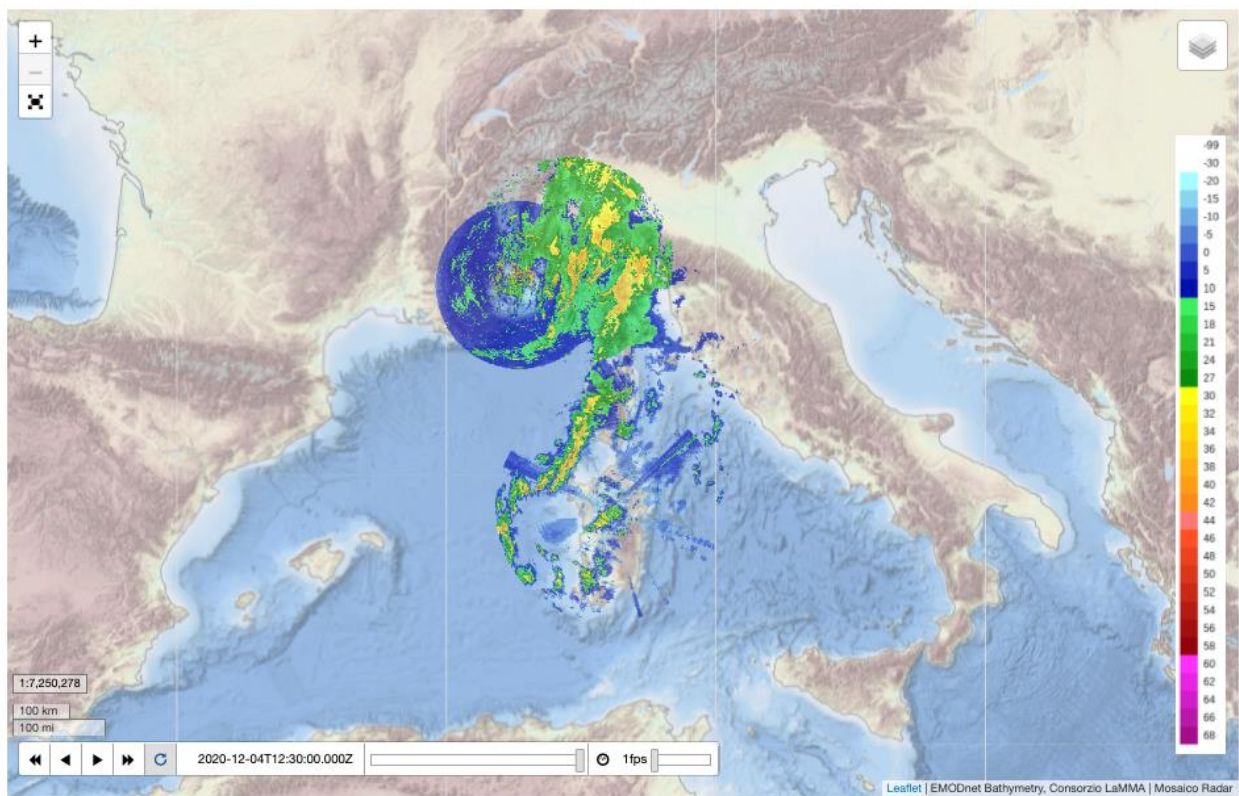


Figura 2. Schermata di esempio visibile sulla pagina del mosaico radar del progetto PROTERINA 3E https://geoportale.lamma.toscana.it/radar_mosaico/index.html

3. Conclusioni e sviluppi futuri

3.1 Sviluppi futuri: procedure di stime di precipitazione aggiornate in tempo reale

Il prodotto allestito per il progetto è senz'altro uno strumento di utilità per la visione in tempo reale dei sistemi precipitativi in atto, e la caratterizzazione della pericolosità e l'evoluzione nel brevissimo periodo (poche ore). La parziale sovrapposizione delle portate dei singoli radar costituisce un punto di forza della rete osservativa, dato che la ridondanza di misure può consentire una migliore analisi degli eventi precipitativi.

Dall'analisi delle mappe, anche durante recenti periodi di allerta sono emersi alcuni aspetti di criticità:

- I radar operano su frequenze diverse e forniscono informazioni non sempre quantitativamente coerenti.
- Alcuni radar presentano clutter di terra e di mare e altri segnali di disturbo (reti WiFi, ecc...)
- Non tutti i radar hanno la stessa temporizzazione delle scansioni
- Il mosaico si riferisce esclusivamente al massimo valore di riflettività lungo la colonna verticale

Nonostante questi aspetti di criticità il prodotto mosaico radar è stato sperimentato su alcuni casi studio utilizzando anche diverse tecniche di "data fusion" con altre misure osservative. In particolare su un evento molto intenso accaduto nel settembre 2017 a Livorno è stata effettuato uno studio del valore aggiunto che avrebbe un sistema basato sulla elaborazione in tempo quasi reale delle misure disponibili da radar e pluviometri [1]. Lo studio effettuato mostra che l'uso congiunto delle misure può essere in alcuni casi molto utile per superare i limiti osservativi dei singoli sistemi, ed avere pertanto una osservazione integrata. Infatti con il sistema radar si è potuto osservare in maniera più capillare l'evento, e la calibrazione delle misure dei radar, con le osservazioni dei pluviometri ha permesso di ricostruire la reale intensità dell'evento. Pertanto la disponibilità di tutte le misure in tempo reale può aumentare la capacità di osservare le precipitazioni.

La possibilità di ulteriori finanziamenti di queste attività potrebbe migliorare il prodotto sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo. Gli sviluppi futuri dovrebbero riguardare da un lato l'intercalibrazione tra i vari sistemi radar utilizzati, e l'ottimizzazione delle procedure di elaborazione e filtraggio dei dati finalizzati alla rimozione di disturbi, dall'altro la calibrazione in tempo reale tramite la condivisione delle osservazioni ancillari (pluviometri, satelliti, ecc..) delle regioni coinvolte.

3.2. Esperimenti di assimilazione propedeutici ad una catena operativa per l'assimilazione di dati radar, di misure superficiali, di misure satellitari e ZPD-GNSS

Nel corso del progetto PROTERINA 3E sono stati effettuati studi finalizzati alla implementazione di una catena operativa di assimilazione di dati radar nelle catene modellistiche numeriche previsionali. In particolare l'analisi effettuata dal Consorzio LAMMA si è concentrata sulla assimilazione in modalità 3DVAR (Three Dimensional Variational), orientandosi su una architettura RUC (Rapid Update Cycle).

Le prove propedeutiche alla operatività sono state effettuate anche in sinergia con le attività del Progetto PROFUMO (di cui il LAMMA è partner), che ha consentito il finanziamento di un cluster di calcolo da utilizzare per l'implementazione di catene modellistiche pre-operative ed operative. Nel'ambito di tale progetto il LAMMA ha il compito di implementare catene modellistiche previsionali sul Mediterraneo, in grado di assimilare le misure di radar meteorologici, stazioni meteo, sensori GNSS-meteo su terra e su mare (incluse le stazioni installate durante PROTERINA) e satelliti meteorologici.

Le prove effettuate hanno visto un setup di corse del modello fatte partire alle ore sinottiche (0,3,6,9,12,15,18,21). Ogni corsa inizia utilizzando i dati del modello meteorologico globale GFS (Global Forecasting System) più recenti disponibili. Effettua assimilazioni ogni 3 ore fino a quando ci sono dati da assimilare e poi una previsione finale di 12h. I dati assimilati sono quelli provenienti da stazioni a terra, RAOB (radiosondaggi) e navi oltre che i RADAR meteorologici disponibili

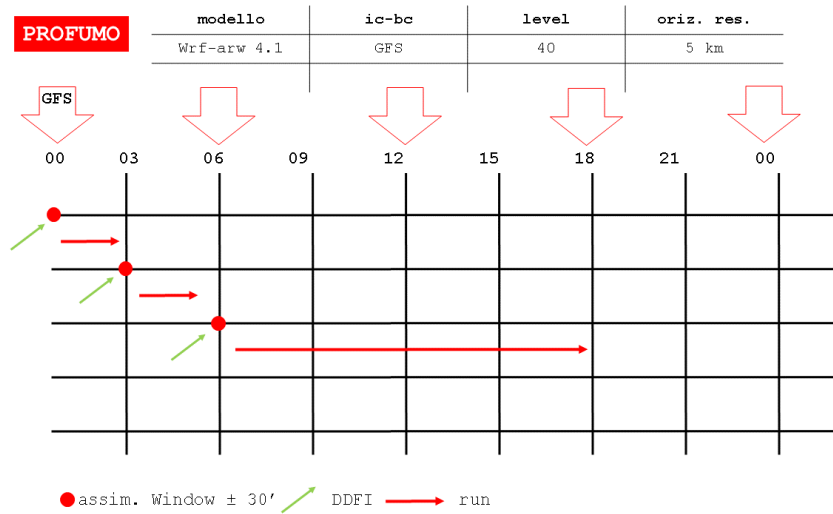
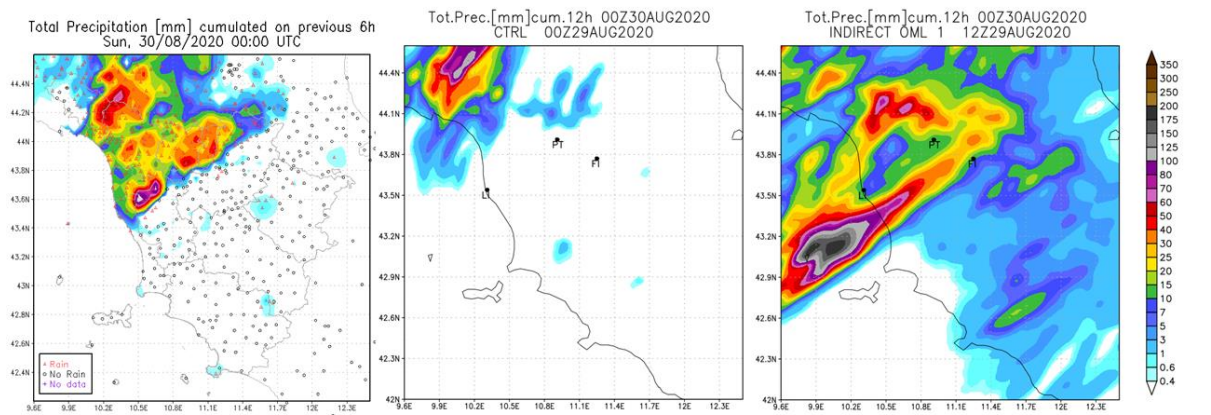
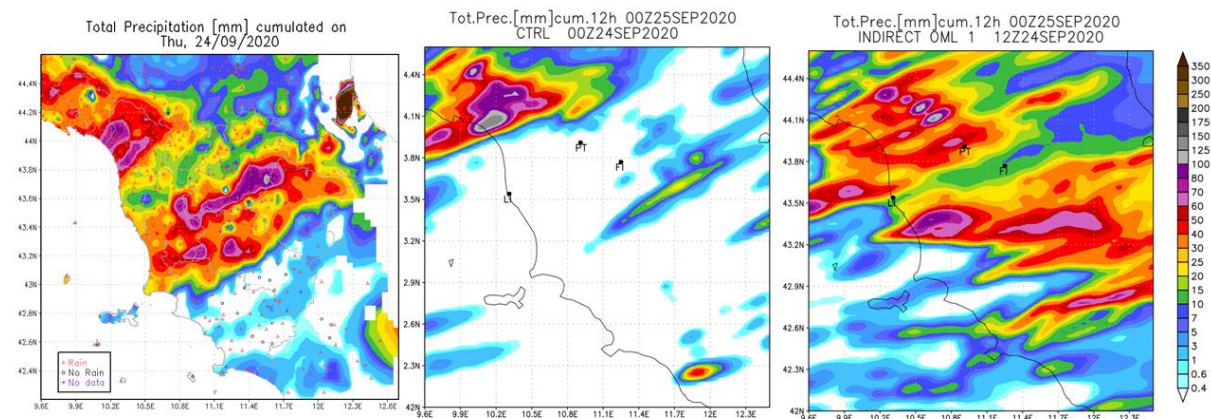


Figura 3. Esempio di una corsa che parte alle ore 6UTC inizializzata con GFS 00UTC. La corsa nell'esempio effettua 3 assimilazioni alle ore 0, 3 e 6UTC e finisce con 12 ore di previsione fino alle ore 18UTC.

I risultati di questo schema di assimilazione nel corso dei test effettuati hanno mostrato una importante influenza delle variabili inserite nel modello ai fini di migliorare la localizzazione e la stima del quantitativo di precipitazione. Di seguito mostriamo due casi studio di eventi recenti in cui sono piuttosto evidenti gli effetti della assimilazione. Le immagini riportano come riferimento le misure pluviometriche delle reti di stazioni a terra spazializzate (immagine di sinistra), una mappa della precipitazione prevista della run di controllo del modello, ovvero quella senza l'assimilazione dei dati (immagine al centro) ed una mappa di precipitazione prevista dalla run del modello a seguito della assimilazione dei dati (immagine di destra).



a)



b)

Figura 4. Confronto delle previsioni di precipitazione cumulata su 12 ore relative a: a) 29) agosto 2020, b) 24 settembre 2020. Il confronto è effettuato tra la mappa di precipitazione ricavata dai pluviometri (sinistra), una run di controllo senza assimilazione (centro) ed una run a seguito della assimilazione

Attualmente il LaMMA produce quotidianamente differenti run iniziate sia con il modello globale americano (GFS) che con quello europeo (ECMWF). L'aggiunta di ulteriori corse, e dunque ulteriori output da esaminare, è certamente oneroso dal punto di vista di costi di implementazione, gestione e da un punto di vista di spazio e tempo di calcolo. D'altronde l'assimilazione, seppur in 3DVar, ha mostrato effetti generalmente positivi sulla previsione stessa ma allo stesso tempo solleva anche diverse questioni legate alla qualità del dato assimilato, alla sensibilità dell'uscita rispetto ai parametri prescelti.

In base a questo sebbene risulti molto importante attivare una catena operativa di assimilazione nelle catene modellistiche meteorologiche, non risulta immediatamente

fattibile senza un impiego dedicato di risorse (umane e di calcolo); sarebbe auspicabile avere l'occasione di accedere ad ulteriori finanziamenti per portare avanti tali attività, che risulta di grande importanza per tutti i territori dello spazio marittimo.

4. Bibliografia

1. F. Cuccoli, L. Facheris, A. Antonini, S. Melani and L. Baldini, "Weather Radar and Rain-Gauge Data Fusion for Quantitative Precipitation Estimation: Two Case Studies," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 58, no. 9, pp. 6639-6649, Sept. 2020, doi: 10.1109/TGRS.2020.2978439.