

Simulazione del trasporto e della deposizione atmosferica dei radionuclidi emessi durante l'incidente di Fukushima Dai-ichi

Mariarosa Giardina, Elio Tomarchio, Salvatore Basile

Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo

❑ OBIETTIVO

Ricostruire la dispersione e la deposizione del ^{137}Cs rilasciato durante l'incidente di Fukushima Dai-ichi nuclear power plant (FDNPP) mediante la catena modellistica 3D CALMET/CALPUFF.

Lo studio mira a:

- ❖ simulare il trasporto atmosferico del ^{137}Cs e confrontare i risultati ottenuti con due differenti ricostruzioni del termine sorgente: Terada et al. (2020) e Dong et al. (2023);
- ❖ valutare la capacità CALMET/CALPUFF di riprodurre le concentrazioni atmosferiche e la deposizione osservate nell'area di Fukushima;
- ❖ confrontare il modello standard di deposizione secca di CALPUFF con un nuovo modello di deposizione secca, sviluppato presso l'Università degli Studi di Palermo (Giardina et al., 2018);
- ❖ analizzare le principali fonti di incertezza, con particolare attenzione ai processi di deposizione e al *wet scavenging*.

❑ METODOLOGIA

- ❖ **Periodo di simulazione 3D CALMET/CALPUFF:** 11–30 marzo 2011, con estensione fino al 30 aprile 2011.
- ❖ **Dominio di calcolo:** area della Prefettura di Fukushima e zone limitrofe, griglia a 1×1 km.
- ❖ **Campo meteorologico:** dati di rianalisi ERA5/ERA5-Land dell' European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) per ricostruire le variabili atmosferiche.
- ❖ **Pre-processing e ricostruzione meteorologica:** conversione dei dati ERA5/ERA5-Land nel formato richiesto da CALMET mediante procedure sviluppate presso l'Università di Palermo. Simulazione con CALMET, utilizzando i dati ERA5 come *first guess field* e i dati ERA5-Land assimilabili a osservazioni al suolo.
- ❖ **Dispersione atmosferica:** simulazione del trasporto del ^{137}Cs con CALPUFF e confronto tra due ricostruzioni del rilascio, Terada et al. (2020) e Dong et al. (2023).
- ❖ **Deposizione:** confronto tra il modello standard di deposizione secca di CALPUFF e il nuovo modello di deposizione secca.
- ❖ **Validazione:** confronto dei risultati con osservazioni meteorologiche Japan Meteorological Agency (JMA) e misure di concentrazione/deposizione disponibili per l'area di Fukushima.

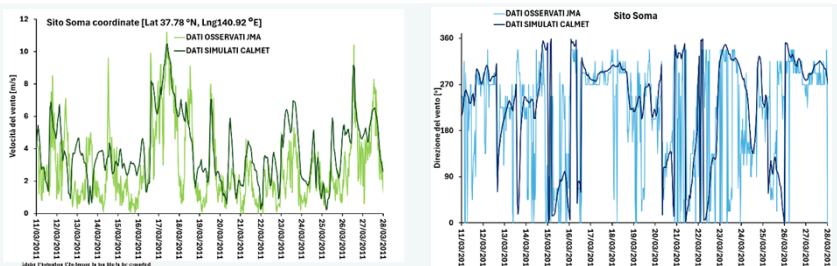
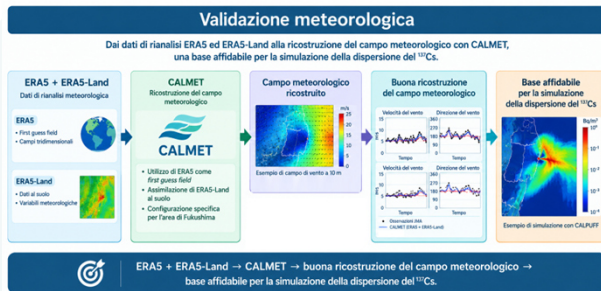


Fig. 1 Velocità e direzione del vento osservate e simulate per la stazione meteorologica di Soma.

❑ CONCENTRAZIONI ATMOSFERICHE DI ^{137}Cs

Le concentrazioni simulate sono state confrontate con le misure disponibili presso diversi siti dell'area di Fukushima per valutare la capacità dei due termini sorgente di riprodurre i principali episodi di contaminazione atmosferica osservati. I risultati mostrano una buona riproduzione dell'andamento temporale delle concentrazioni in corrispondenza dei principali episodi, sebbene con differenze dell'intensità tra i diversi siti e tra i due schemi emissivi..

Risultato chiave:

La ricostruzione del trasporto atmosferico del ^{137}Cs riproduce i principali episodi di contaminazione atmosferica [Bq/m^3] osservati dal 13 al 30 marzo 2011. Il confronto evidenzia come la scelta del termine sorgente influenzi in modo significativo i risultati della simulazione.

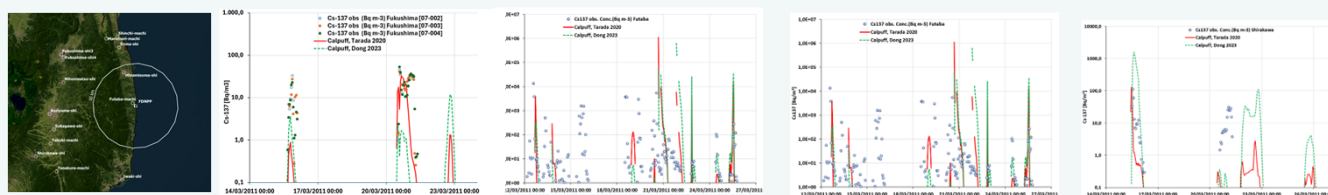


Fig. 2 Concentrazione di ^{137}Cs simulate e osservate per diverse stazioni di monitoraggio attorno alla centrale FDNPP.

❑ DEPOSIZIONE AL SUOLO, RISULTATO CON SORGENTE TERADA2020

I risultati ottenuti con il termine sorgente di Terada et al. (2020) evidenziano che il nuovo modello di deposizione secca ridefinisce la geometria del plume secondo una forma a ventaglio più stretta e allungata verso l'entroterra, mostrando una distribuzione spaziale più coerente con il pattern osservato rispetto allo schema di default. Tuttavia, persiste una sottostima quantitativa della contaminazione ($> 100.000 \text{ Bq}/\text{m}^2$) lungo l'asse principale della scia a nord-ovest. Per quanto riguarda la deposizione umida, le due configurazioni forniscono mappe quasi identiche: il modello intercetta l'evento di lavaggio atmosferico del 15-16 marzo, ma genera un'estensione del deposito nel settore meridionale non riscontrata nelle misurazioni reali.

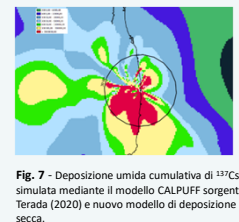
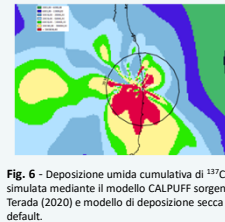
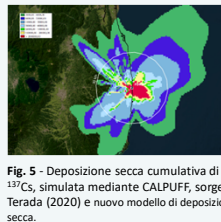
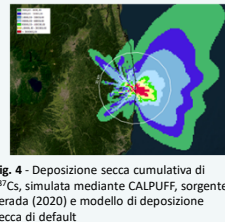
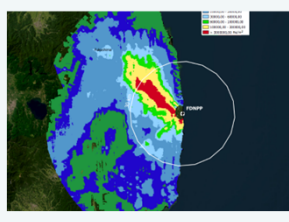


Fig. 3 - Distribuzione della deposizione al suolo cumulativa [Bq/m^2], osservata, periodo 11–30 aprile 2011 (<https://radioactivity.nra.go.jp/en>).

BIBLIOGRAFIA

- Dong W., Fang S., Zhuang S., Xu X., Zhao Y., Sheng L. (2023). Objective inversion of the continuous atmospheric ^{137}Cs release following the Fukushima accident, *Journal of Hazardous Materials* 447, 130786.
- Giardina M., Buffa P. (2018). A new approach for modeling dry deposition velocity of particles, *Atmospheric Environment* 180, 11–22.
- Terada, H., Nagai, H., Tsuduki, K., Furuno, A., Kadowaki, M., & Kakefuda, T. (2020). Refinement of source term and atmospheric dispersion simulations of radionuclides during the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 213, Article 106104.