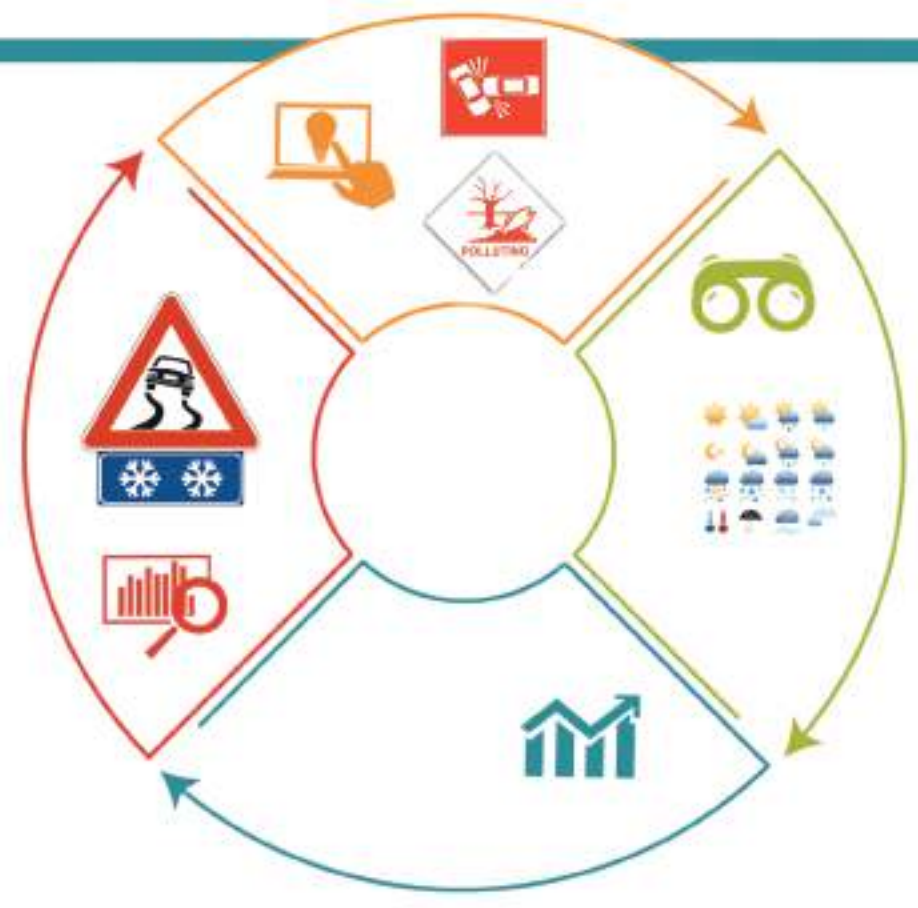


# Previsione del rischio ghiaccio stradale



**POLITECNICO  
MILANO 1863**

Studio di un algoritmo per la previsione della formazione di ghiaccio sulle strade in collaborazione con il Centro Epson Meteo Maria Chiara Del Vecchio, Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale



## Comprendiamo il problema

La formazione di ghiaccio sulle strade rappresenta da sempre un problema di grande rilievo nella stagione invernale per due aspetti:

- Il ghiaccio costituisce una delle cause principali di incidenti automobilistici (Parmeggiani, 2011).
- Le misure precauzionali adottate allo scopo di ridurre la pericolosità (quindi la numerosità di incidenti) hanno un importante impatto ambientale ed economico.

## Cosa genera il problema

L'azione preventiva più utilizzata è lo spargimento di sale, le cui conseguenze principali sono:

- A livello ambientale, l'inquinamento dovuto al suo scioglimento nelle acque e nel terreno circostante (Silverman, 2014)
- A livello economico, il costo del sale e gli interventi di ripristino stradale che sono necessari a causa della sua elevata corrosività.

Per la legge di Raoult:  $\Delta t_{cr} = k_{cr} \cdot m$

abbassare il punto di congelamento di un metro quadro di superficie ricoperta da 10cm di neve necessita l'utilizzo di circa 300 grammi di sale. Considerato il costo di circa 6 centesimi al chilogrammo per l'acquisto di sale sfuso, per ogni km su cui si vuole eseguire l'intervento è necessaria una spesa di circa 120 euro solo per l'acquisto del sale.

## Individuiamo la soluzione

Un metodo di previsione della formazione di ghiaccio - su cui la comunità scientifica sta svolgendo da anni numerosi studi risulta uno degli strumenti migliori per rendere efficiente il servizio di manutenzione invernale andando ad agire sia sulla riduzione degli incidenti che sulla riduzione dello spreco di solventi chimici. (Bent H. Sass, 1992, Dejmál K., Répal, 2010).

### RIFERIMENTI

- Bent, H. Sass, "A Numerical Model for Prediction of Road Temperature and Ice", The Danish Meteorological Institute, Copenhagen, Denmark, 1992.
- Parmeggiani, D., "Servizio di manutenzione invernale. Principi e organizzazione della provincia di Bologna".
- Silverman, R., "Why Pickle Brine is a Secret Weapon Against Ice", National Geographic, 2014.
- Vladimir Répal, Karel Dejmál, "Utilization of minimum temperature prediction", Department of Military Geography and Meteorology, University of Defence, Brno, Czech Republic, Vol. 6, 128-132, 2010.
- Wilks, D.S., "Statistical Methods in the Atmospheric Sciences", 2nd Edition, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Cornell University, Elsevier, 2006.

## Agiamo e verifichiamo i risultati

Il Centro Epson Meteo (CEM) ha elaborato un algoritmo di previsione di tipo parametrico, facile e immediato da utilizzare, basato sulla combinazione lineare delle grandezze che influenzano la formazione di ghiaccio.

**OBIETTIVO**  
valutazione della performance dell'algoritmo elaborato dal CEM.

## AREE DI STUDIO

### AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA

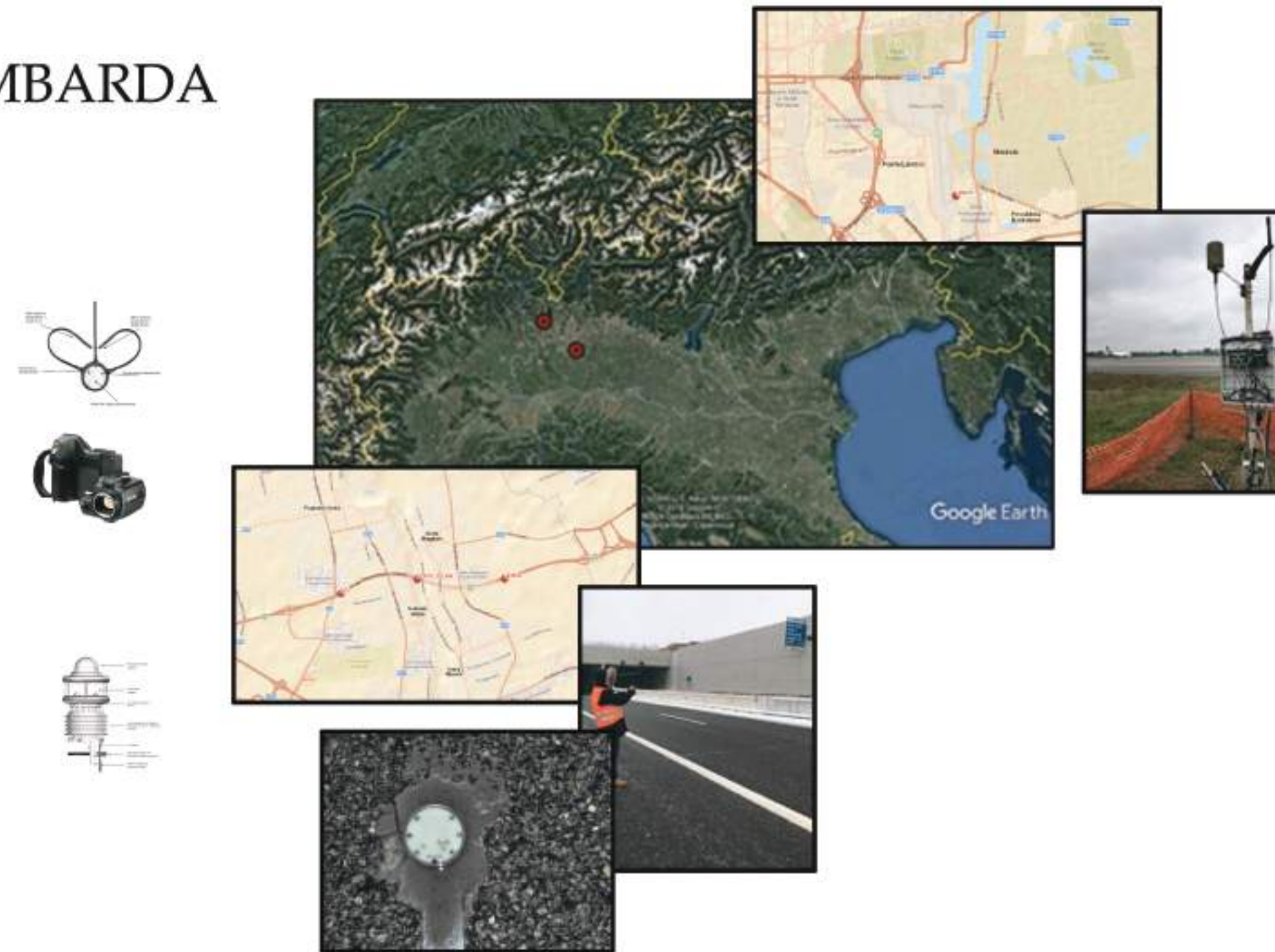
#### Caratteristiche del suolo:

LUFFT IRS31Pro-UMB 8910.U050

Termocamera FLIR T450Sc

#### Caratteristiche dell'aria:

Sensore LUFFT WS600-UMB



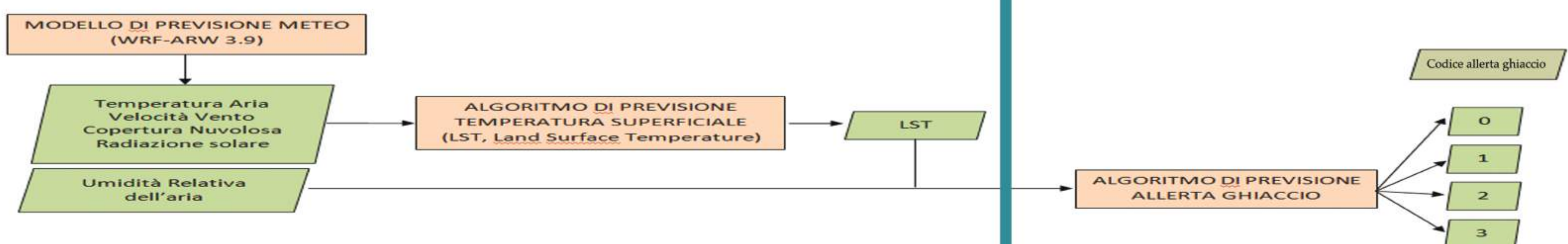
### PISTA DELL'AEROPORTO DI LINATE

#### Caratteristiche dell'atmosfera e del suolo:

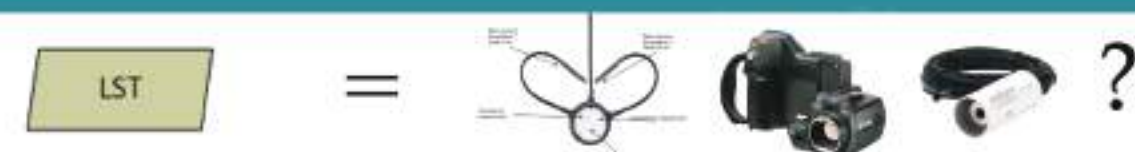
Termoigrometro  
radiometro Apogee SI-111



## SCHEMA DELL'ALGORITMO



## VALUTAZIONE DELLA PERFORMANCE



Confronto tra LST prevista dall'algoritmo o LST simulata (ossia calcolata dall'algoritmo introducendo come grandezze di input le quantità osservate anziché quelle in uscita dal modello previsionale meteo) e LST osservata. Calcolo degli indici di Nash-Sutcliffe (NSE), Root mean square error (RMSE), Coefficiente di Pearson (r) e Coefficiente di determinazione R2.

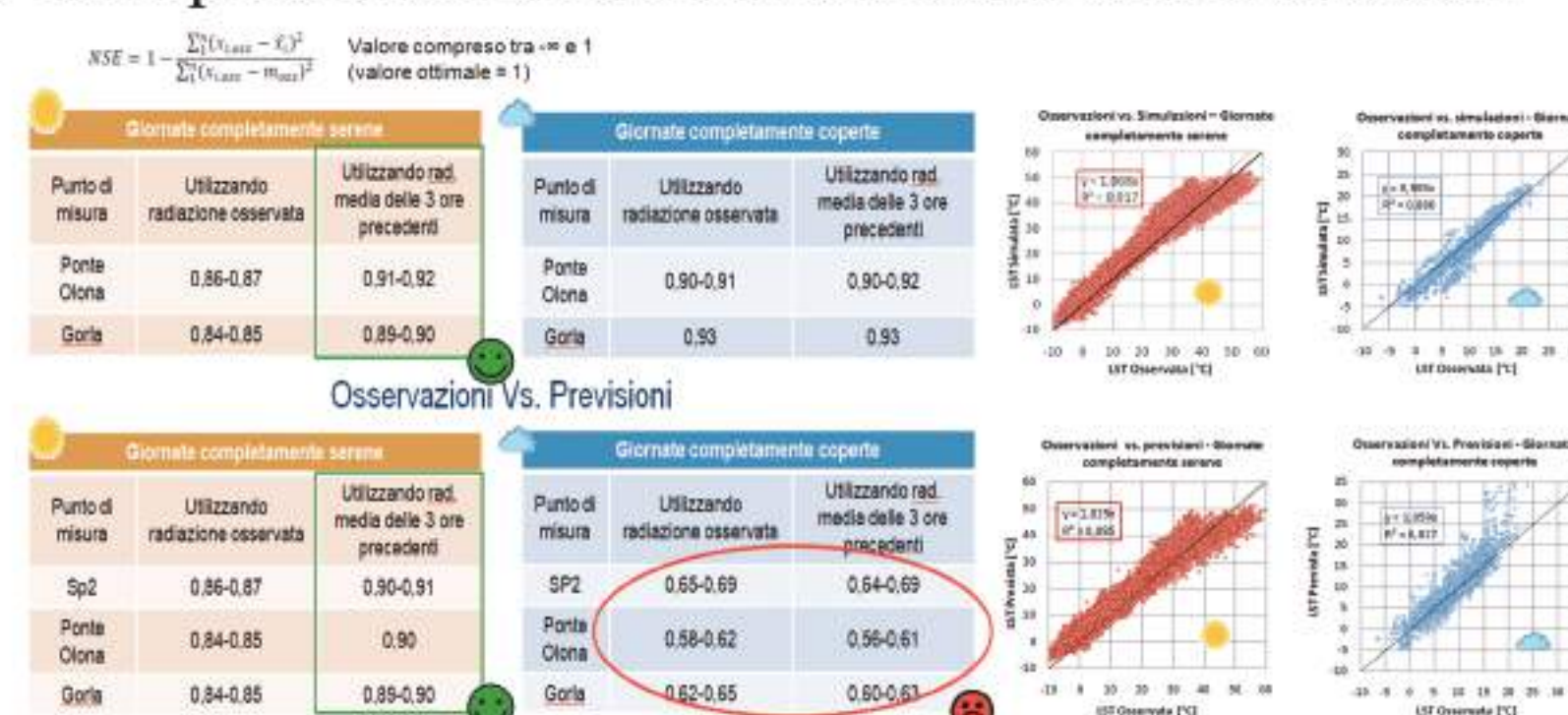


Confronto tra codice di allerta ghiaccio previsto dall'algoritmo e stato dell'asfalto misurato dal sensore in loco. Calcolo degli indici di Accuracy, BIAS, False Alarm ratio, Miss Rate.

## RISULTATI E CONCLUSIONI

- o Performance dell'algoritmo più che soddisfacente in quasi tutti i casi.
- o Migliori risultati nell'applicazione alle giornate con stato del cielo completamente sereno ed utilizzando come input la radiazione solare media delle ore precedenti a quella di osservazione piuttosto che la radiazione istantanea osservata.
- o Performance tendenzialmente bassa nel confronto tra osservazioni e previsioni per le giornate completamente coperte. Si evidenzia che - come si osserva dal confronto tra dati osservati e simulati (dove l'errore sulle previsioni non può influenzare il risultato), ciò è dovuto ad imprecisioni non dell'algoritmo ma del modello meteorologico ed in particolare ad errori sulla stima della radiazione solare.

- o Tendenza generale dell'algoritmo - quando applicato alle giornate serene - a sovrastimare la LST alle basse temperature e sottostimarla alle alte.



- o Accuratezza elevata in quasi tutti i casi con una predominanza nella numerosità dei mancati allarme piuttosto che dei falsi allarme associata ad un indice di BIAS inferiore all'unità.
- o Migliore performance dell'algoritmo nell'applicazione alle giornate completamente coperte (NB: il rischio ghiaccio per le giornate serene è maggiore a causa dell'effetto dell'irraggiamento notturno)

AUTOSTRADA PEDEMONTANA	ACCURACY	BIAS	FALSE ALARM RATIO	MISS RATE
GIORNATE COPERTE (temp aria < 4°C)	93%	0,80	0%	20%
GIORNATE SERENE (temp aria < 4°C)	61%	0,84	29%	41%

AEROPORTO DI LINATE	ACCURACY	BIAS	FALSE ALARM RATIO	MISS RATE
GIORNATE SERENE (Temp aria < 4°C)	69%	0,66	1%	38%
GIORNATE COPERTE (Temp aria < 4°C)	86%	1	20%	20%