

# Uso di una rete UNet per l'identificazione di cavità all'interno delle miniere

A. Paccagnella<sup>1,2</sup>, V. Ciulli<sup>1,2</sup>, R. D'Alessandro<sup>1,2</sup>, L. Bonechi<sup>2</sup>, D. Borselli<sup>2</sup>, S. Gonzi<sup>1,2</sup>, C. Frosin<sup>1,2</sup>, T. Beni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Florence, Department of Physics and Astronomy, Florence, Italy

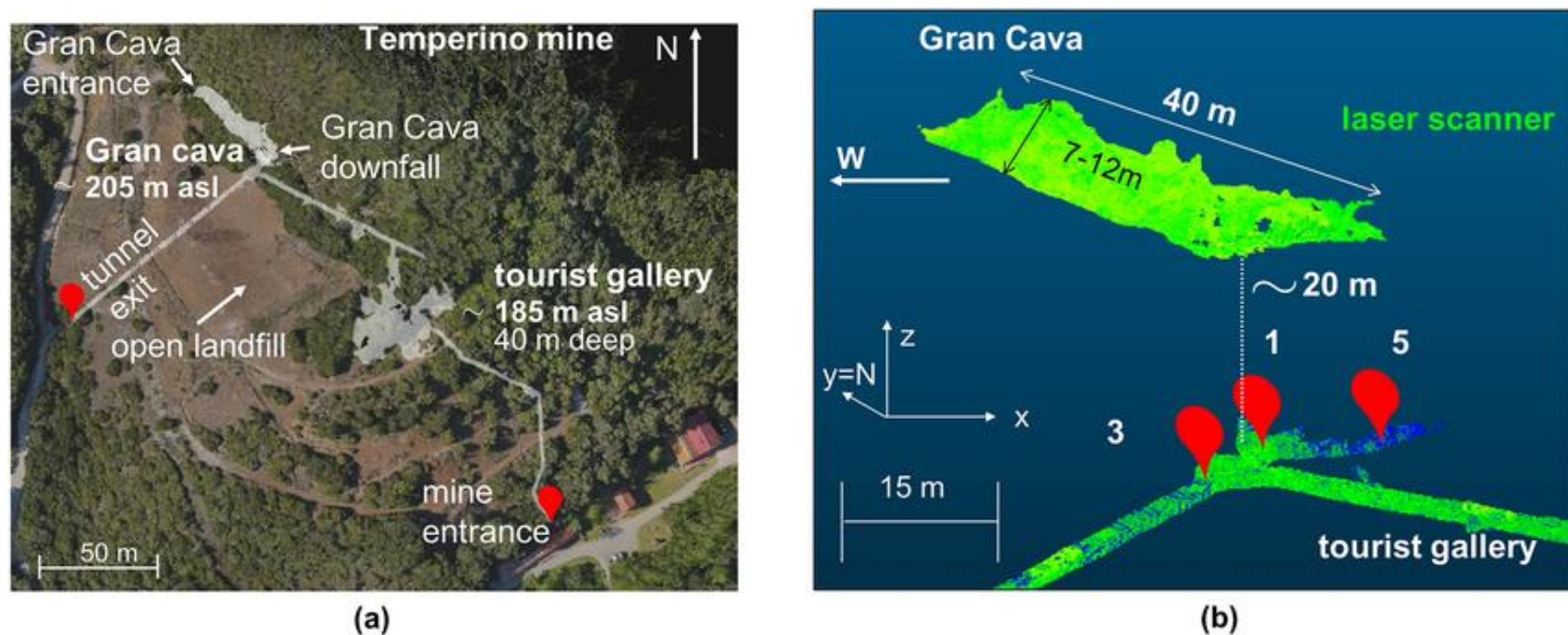
<sup>2</sup>INFN-FI, Florence, Italy



## Introduzione

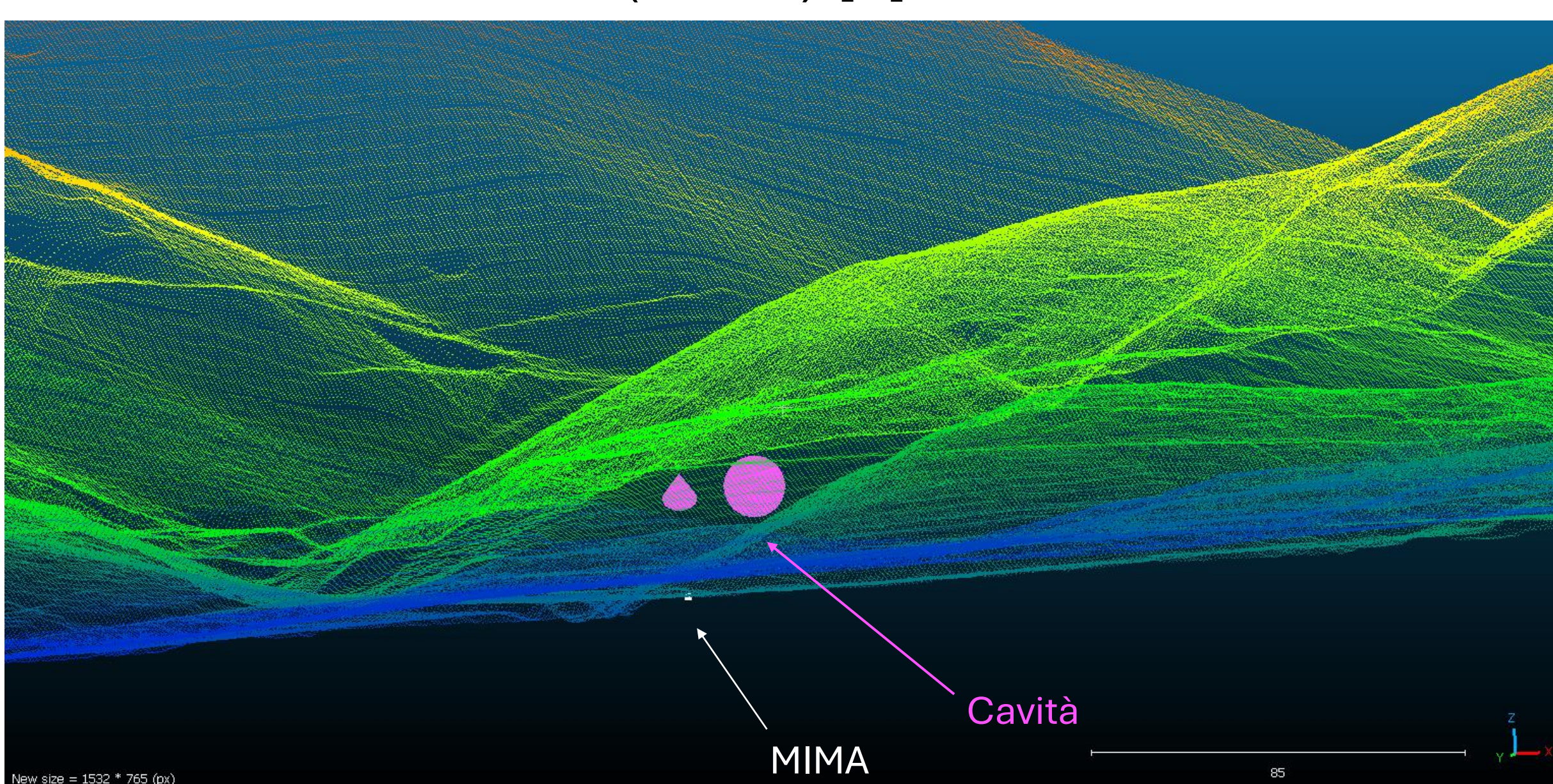
La muografia è una tecnica che utilizza i muoni provenienti dai raggi cosmici come strumento di imaging.

In questo studio viene mostrato come l'uso della muografia combinato con una rete neurale di tipo UNet sia un valido metodo per l'identificazione di cavità all'interno di una miniera [1].



## Metodologia

Abbiamo simulato la presenza di diverse cavità all'interno della miniera del Temperino, ricreando con una simulazione una la configurazione di una misura condotta con il nostro rivelatore di riferimento (MIMA) [2].

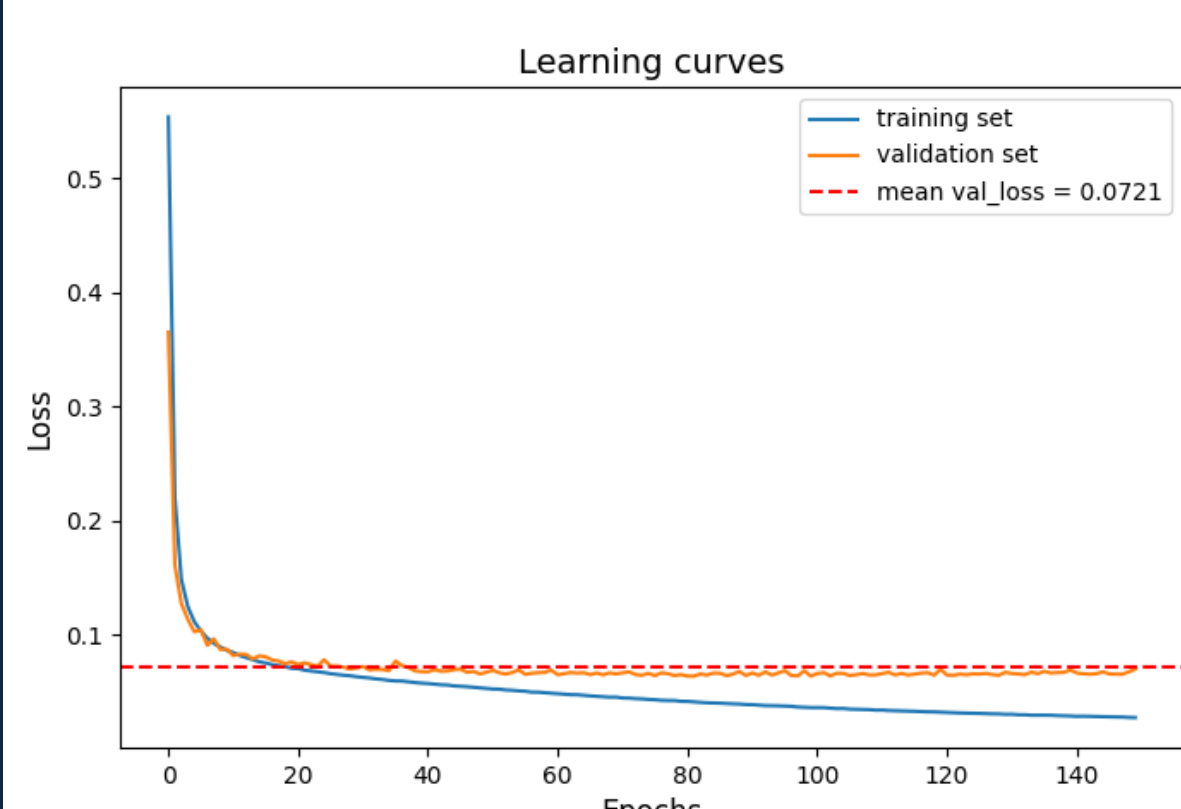


In totale sono state create circa 32k mappe di radiografia muonica. Per ogni cavità abbiamo associato sia l'immagine di radiografia che la corrispondente mappa di verità.

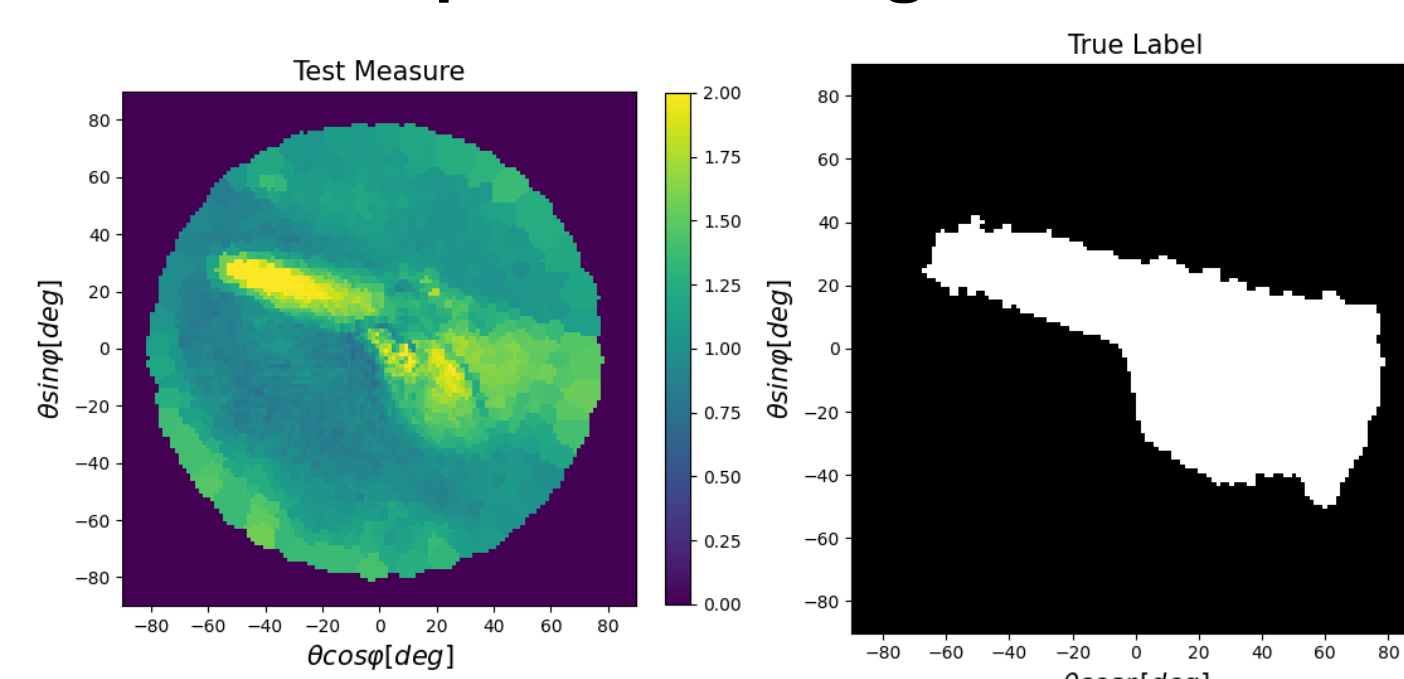
È stata sviluppata una rete neurale di tipo UNet per identificare e contornare le cavità.

Il dataset è stato così suddiviso:

- 25584 mappe per l'allenamento
- 6396 mappe per la validazione
- 770 per il test



### Esempio di misura generata



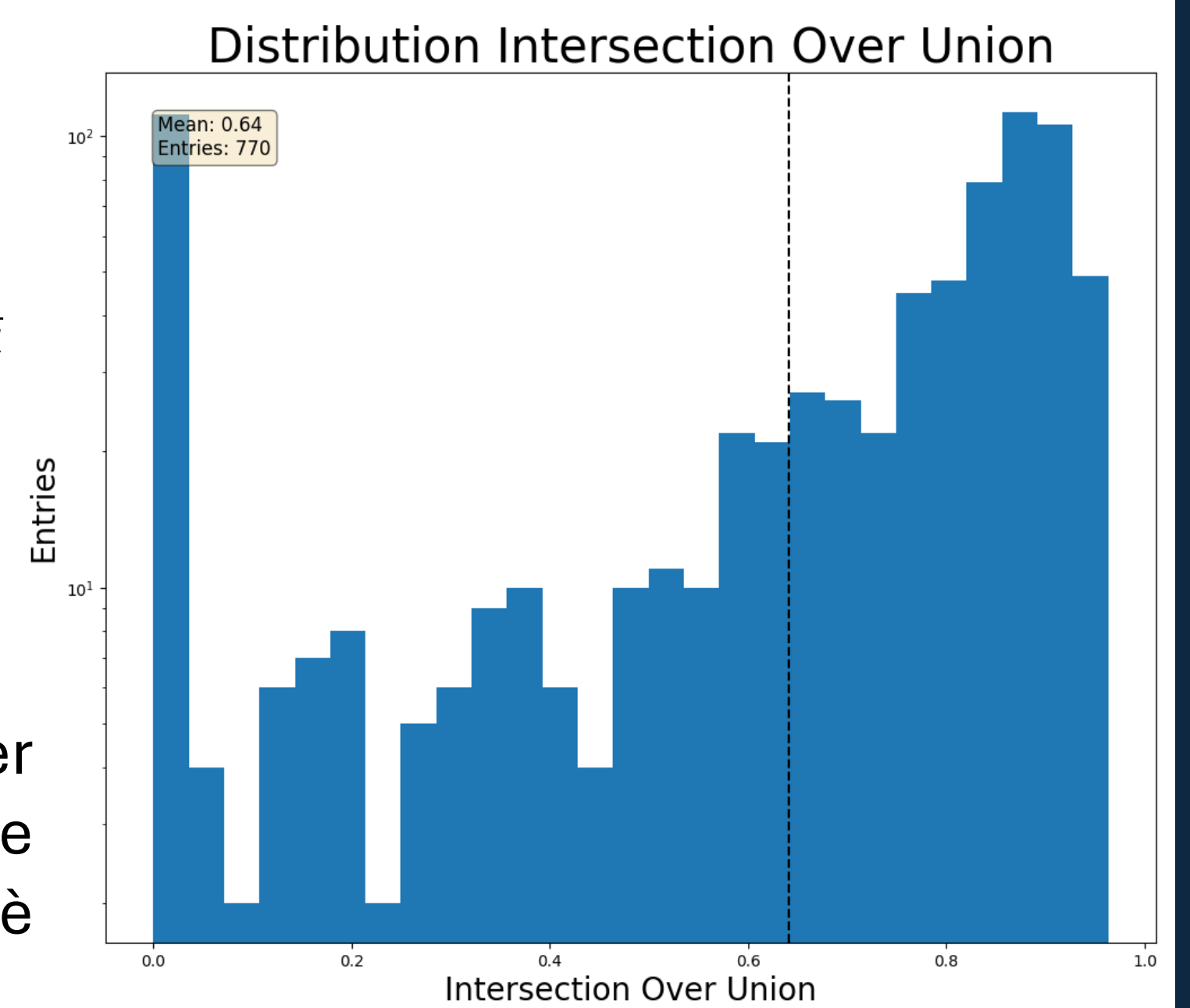
Nonostante sia presente un leggero 'overfitting', la rete risponde molto bene, con una curva loss di validazione di valor medio uguale a 0.072.



## Risultati

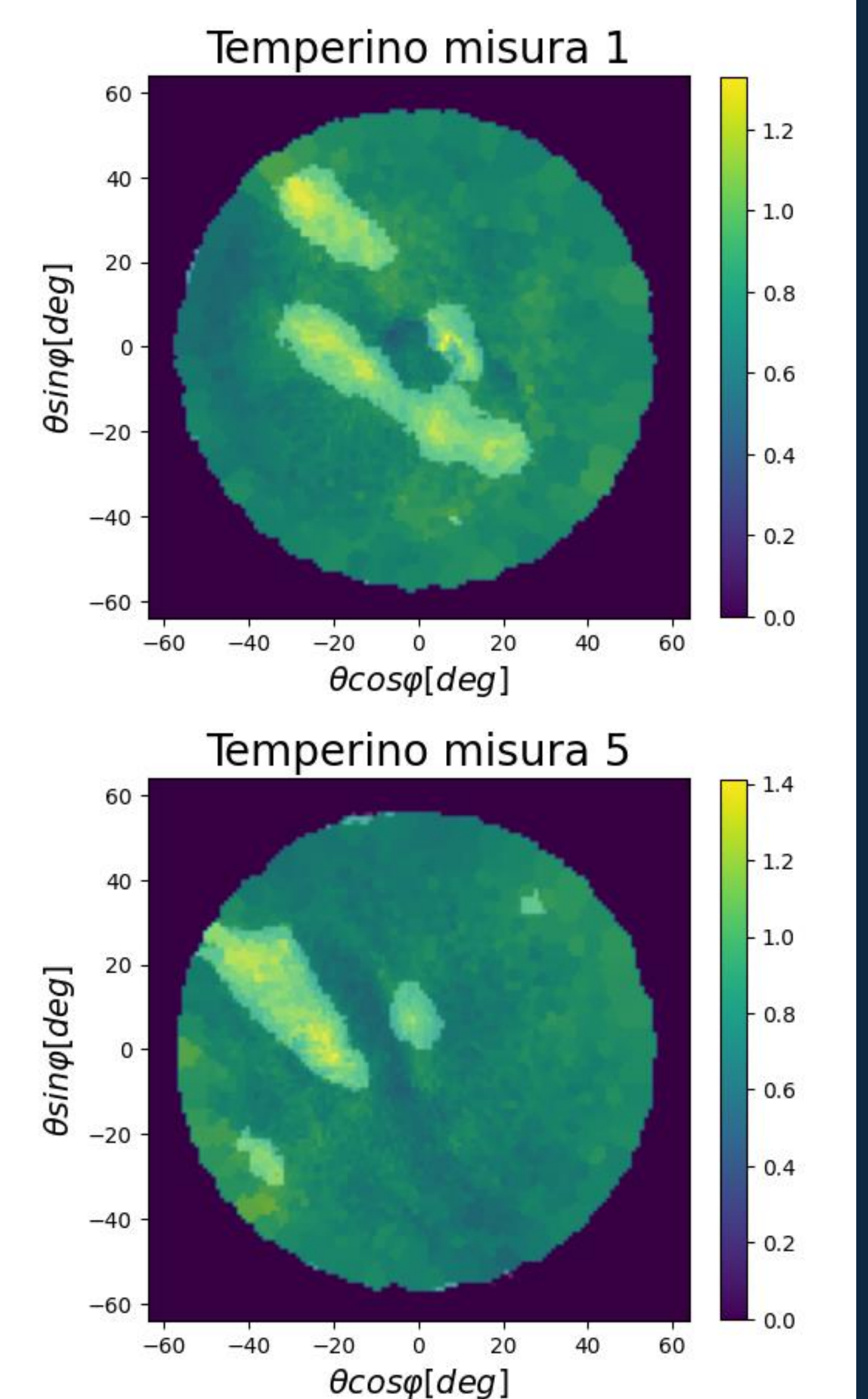
Per testare la rete abbiamo generato altre 770 immagini non viste dalla rete nella fase di allenamento. Abbiamo usato la metrica 'Intersection over Union' (IoU), questa confronta la cavità predetta dalla rete con la mappa di verità:

$$IoU = \frac{\text{Veri Positivi}}{\text{Veri Positivi} + \text{Falsi Positivi} + \text{Falsi Negativi}}$$



Dove L'IoU viene fatta pixel per pixel per i valori sia dove viene predetta la cavità che dove è presente nella mappa di verità. Si è trovato un valor medio di 0.64, questo è molto influenzato dal picco presente a 0. Questi valori sono dati o per cavità molto piccole o per cavità al limite dell'accettazione del rivelatore. quindi nella maggior parte dei casi la rete è in grado di predire correttamente la cavità.

L'ultimo passo di questo lavoro è stato quello di studiare il comportamento della rete con una misura vera. Per questo abbiamo utilizzato due prese dati condotte alla miniera del Temperino dal gruppo di muografia di Firenze [1]. Si può vedere che in entrambi i casi la rete riesce a predire molto bene la presenza delle cavità. Queste sono compatibili con quello che ci si aspetta.



## Conclusioni

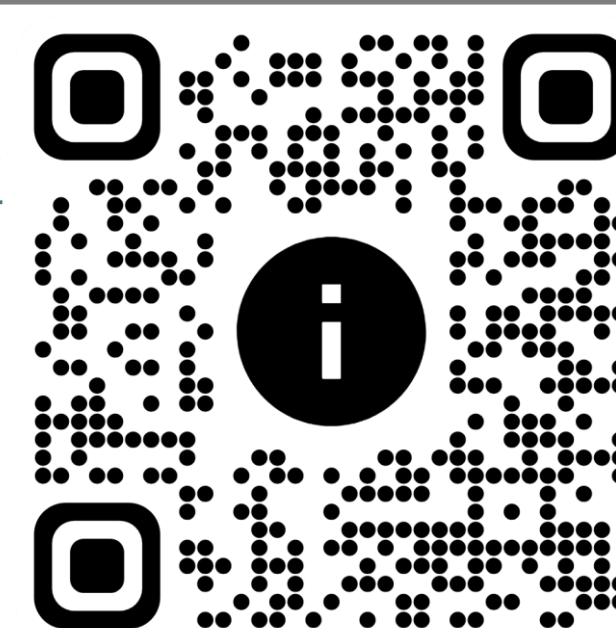
Lo scopo di questo lavoro è stato quello di creare un software che sia in grado di predire in maniera oggettiva la presenza di una cavità all'interno di una miniera.

Abbiamo sviluppato una rete neurale di tipo UNet. Si è visto che nelle misure reali con una buona risoluzione la rete è in grado di predire e contornare la presenza di cavità all'interno delle mappe muografiche.

I lavori futuri prevedono di allenare la rete in condizioni ancora più sfavorevoli e sviluppare il software in modo da diminuire i tempi di misura.

## Informazioni

• [Andrea.Paccagnella@unifi.it](mailto:Andrea.Paccagnella@unifi.it)



Versione PDF

[2] Borselli, D., Beni, T., Bonechi, L. *et al.* Three-dimensional muon imaging of cavities inside the Temperino mine (Italy). *Sci Rep* **12**, 22329 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26393-7>

[1] G. Baccani *et al* 2018 *JINST* **13** P11001