



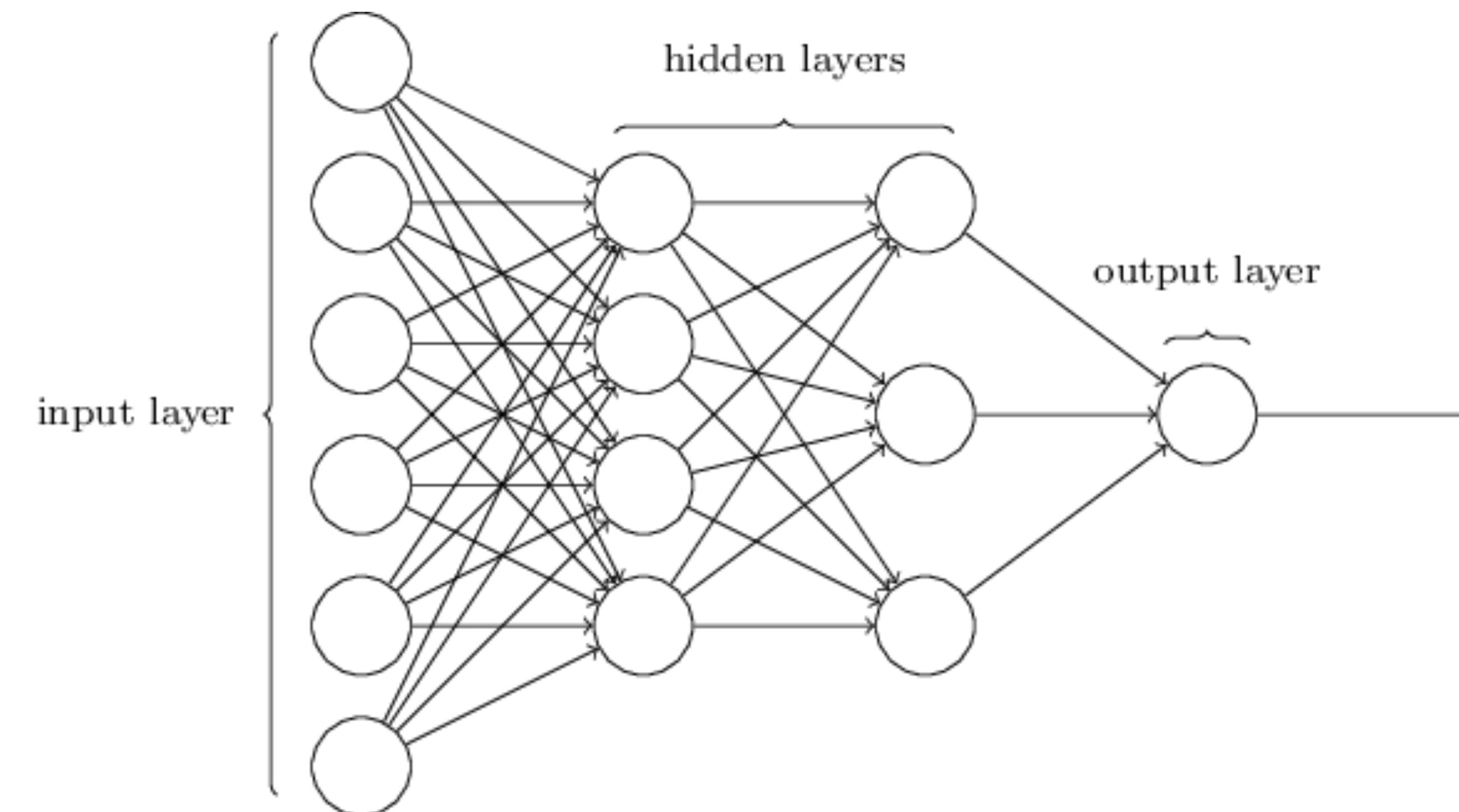
Analisi dell'Impatto del Dropout sull'Apprendimento delle Reti MLP

**Corso di Fondamenti dell'Intelligenza Artificiale
A.A. 2024/2025**

Daniele Molinari, 24/06/2025

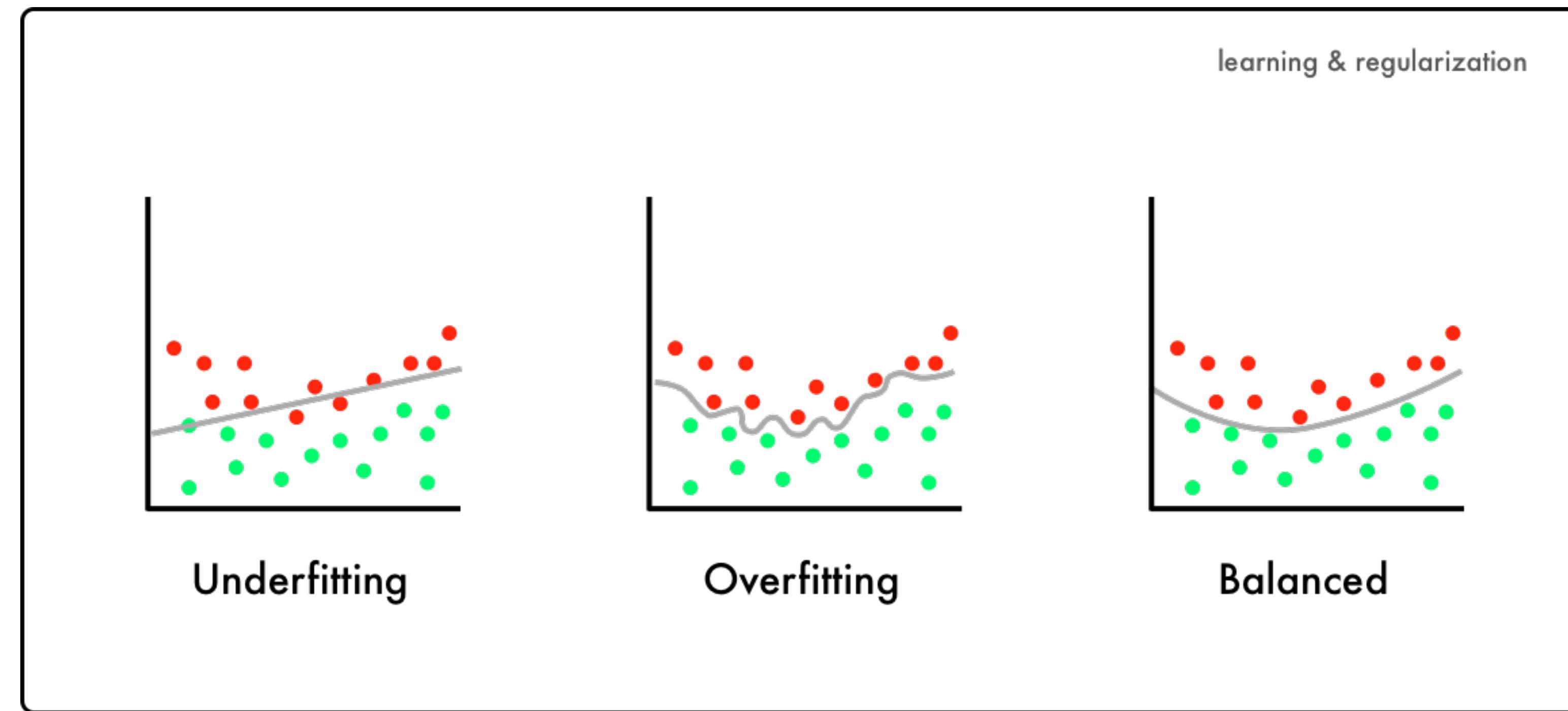
Background

- Una **MLP** è una rete neurale composta da strati di neuroni completamente connessi, capaci di apprendere funzioni complesse tramite attivazioni non lineari e addestramento supervisionato.



Overfitting

- Il modello impara a memorizzare i dati di training invece di generalizzare
- Prestazioni eccellenti sul training, ma scarse sul test set
- Tipico di reti troppo complesse o allenate troppo a lungo senza **regolarizzazione**



Regolarizzazione con Dropout

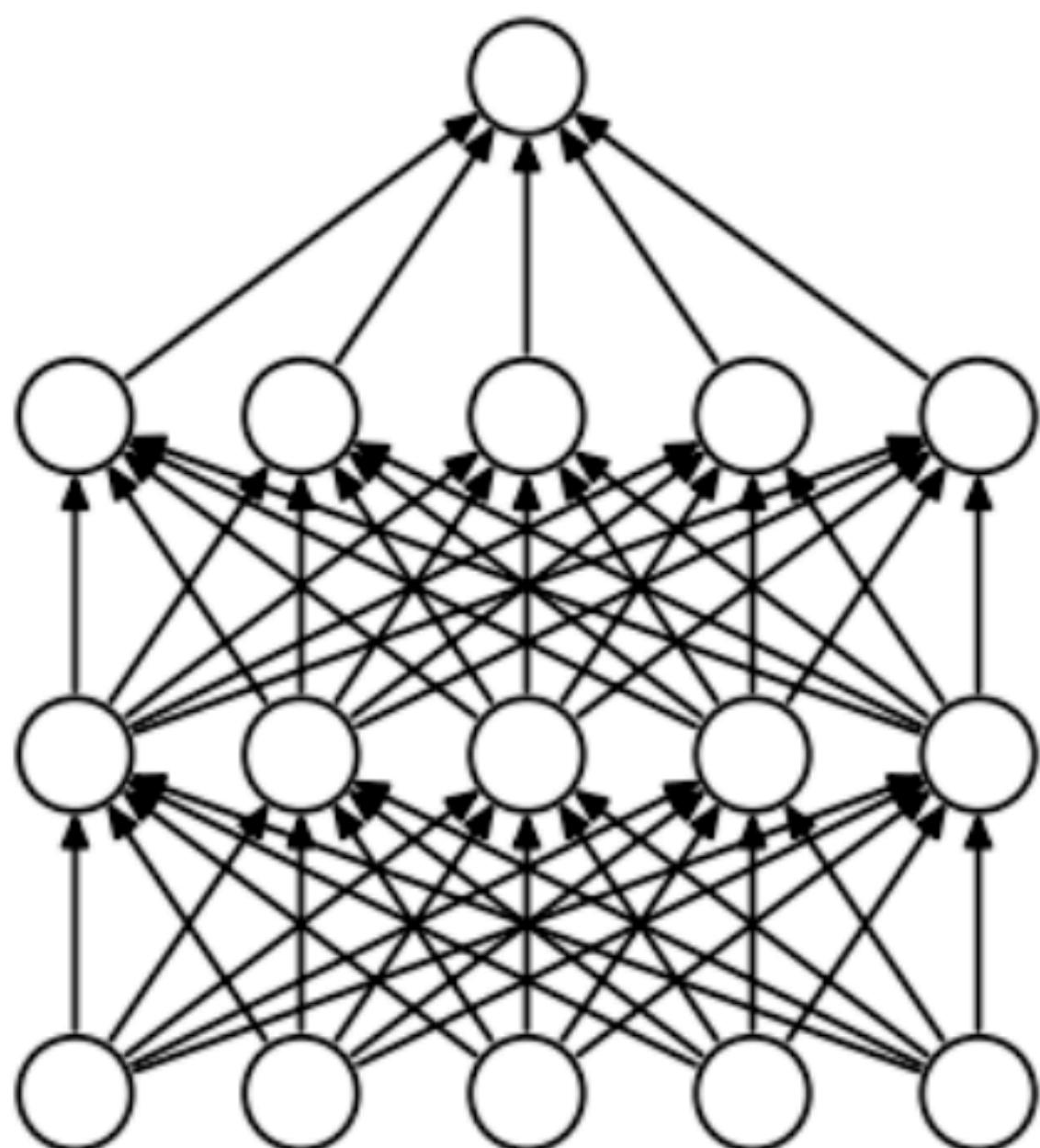
- La **regolarizzazione** è un processo tipicamente usato in machine learning per trattare il problema dell'overfitting, in modo da permette alla rete di generalizzare meglio
- Il **dropout** rientra tra queste tecniche che permettono di semplificare il modello e ridurre l'overfitting operando nella fase di **training**

$$\hat{\mathbf{w}}_j = \begin{cases} \mathbf{w}_j, & \text{with } P(c) \\ \mathbf{0}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

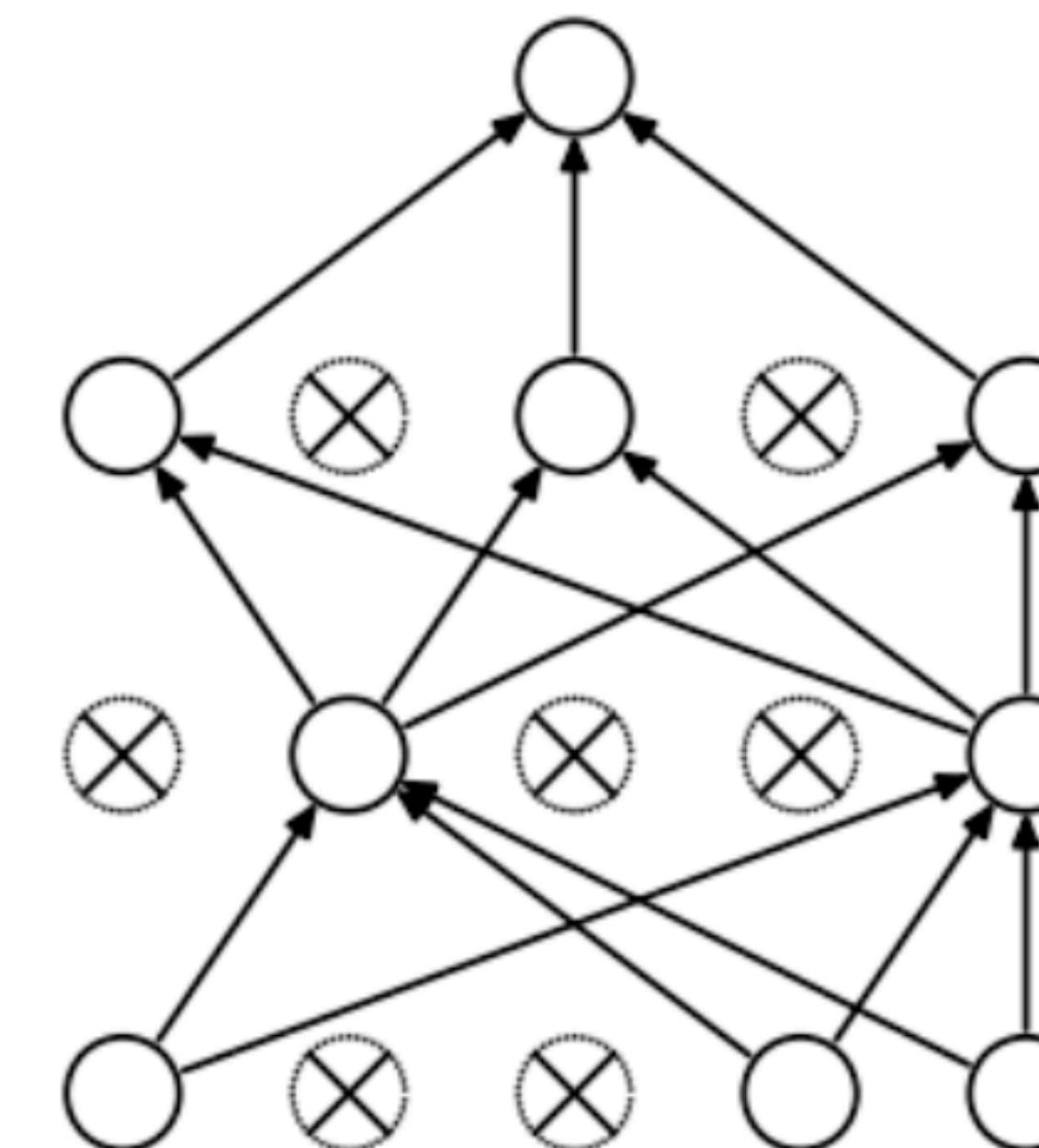
- $P(c)$ – the probability c to keep a row in the weight matrix
- \mathbf{w}_j – real row in the weight matrix before dropout
- $\hat{\mathbf{w}}_j$ – diluted row in the weight matrix

Dropout: Come funziona?

- Viene definita una probabilità di **dropout** (e.g. 0.5). Questo numero indica la probabilità che un neurone sia acceso **durante la fase di training**



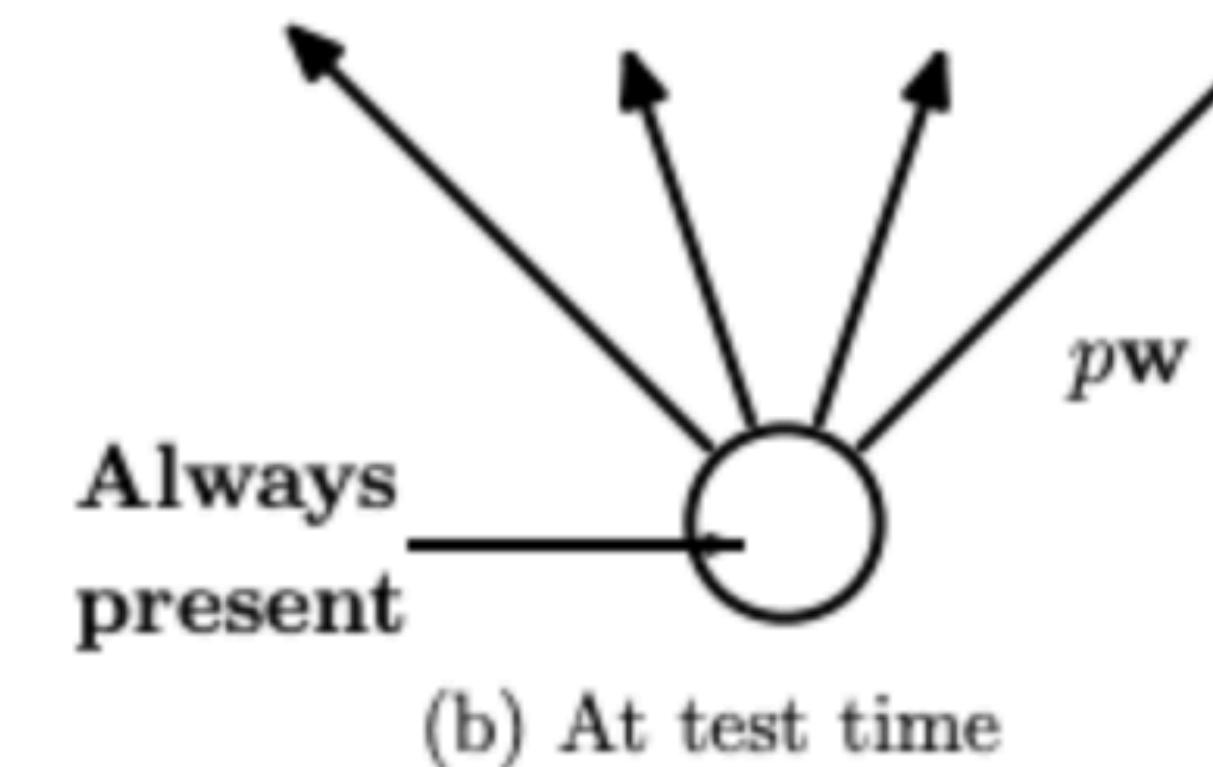
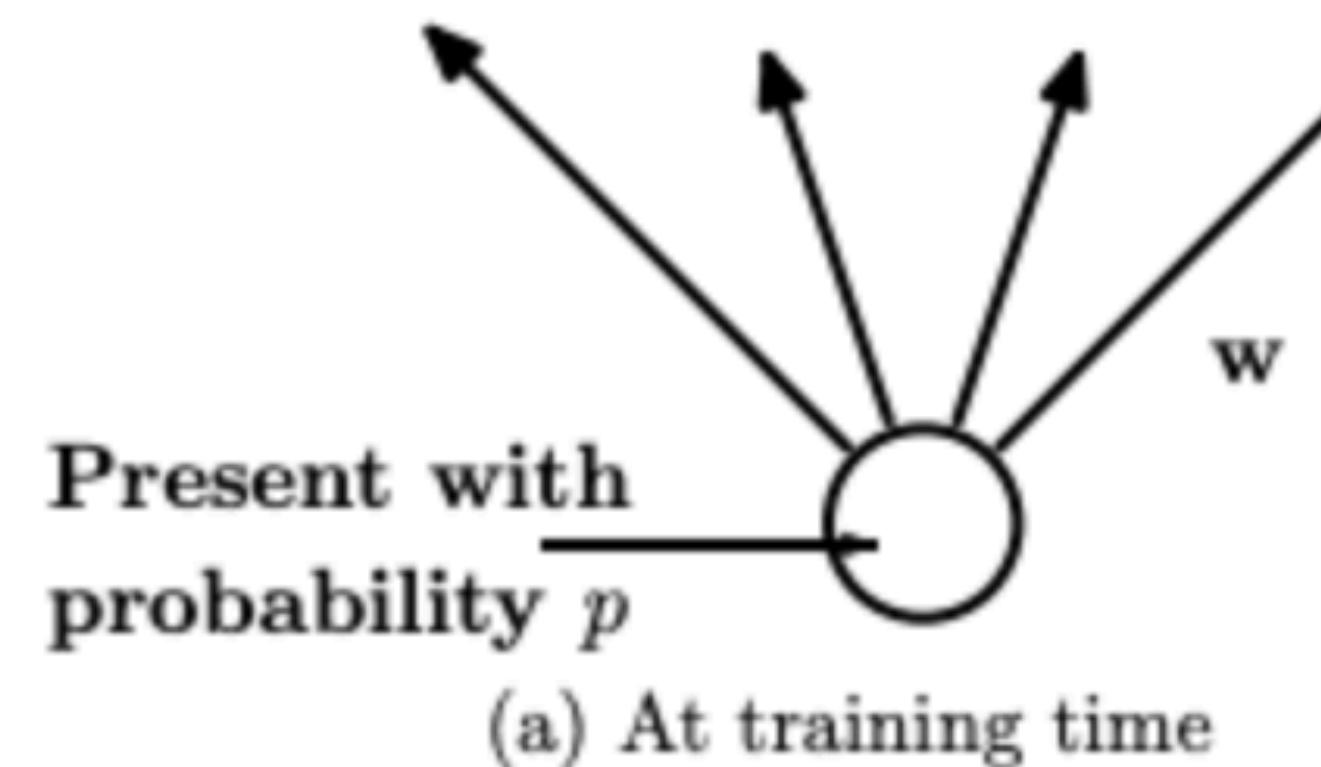
(a) Standard Neural Net



(b) After applying dropout.

Dropout: Come funziona?

- Sebbene il dropout venga applicato solo durante il **training**, secondo l'approccio classico in fase di **test** è necessario scalare i pesi per il tasso del dropout in modo da compensare il fatto che durante il training solo una parte dei neuroni era attiva. In questo caso **p** indica la **keep probability**.
- Un altro approccio che permette di mantenere l'output medio dei neuroni costante prevede di moltiplicare l'output dei neuroni attivi per $1/(1-p)$, dove **p** è la **dropout probability (inverted dropout)**.



Progetto

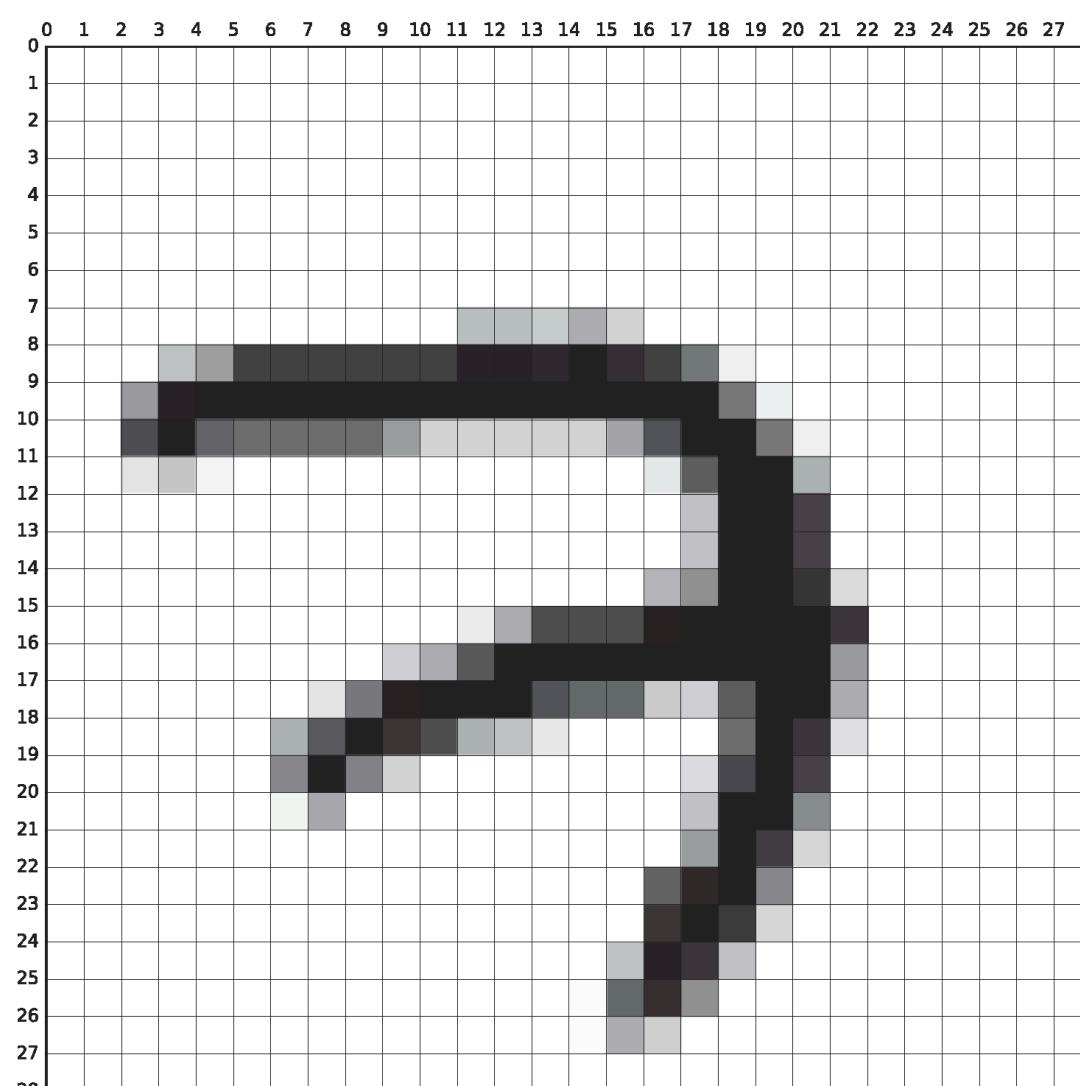
Per il progetto è stata implementata una rete neurale multi-strato (**MLP**) configurabile. I parametri sono i seguenti:

- **input_size**
- **hidden_sizes**: e.g. [512, 128, 256]
- **num_classes**
- **dropout_prob**

```
# Crea il modello parametrico con dropout
model = MLPFlexible(
    input_size=28*28,
    hidden_sizes=hidden_sizes,
    num_classes=10,
    dropout_prob=dropout_prob
).to(device)
```

Dataset

- Il **dataset** utilizzato è **MNIST**, una base di dati di cifre scritte a mano in **scala di grigio** tipicamente utilizzata come insieme di addestramento e di test per l'elaborazione di immagini.
- La dimensione delle immagini è **28x28 pixel**, e vengono rappresentate tramite vettore da **784 valori (flattened)**. Essendo in scala di grigio ogni pixel è rappresentato da un unico valore di intensità.



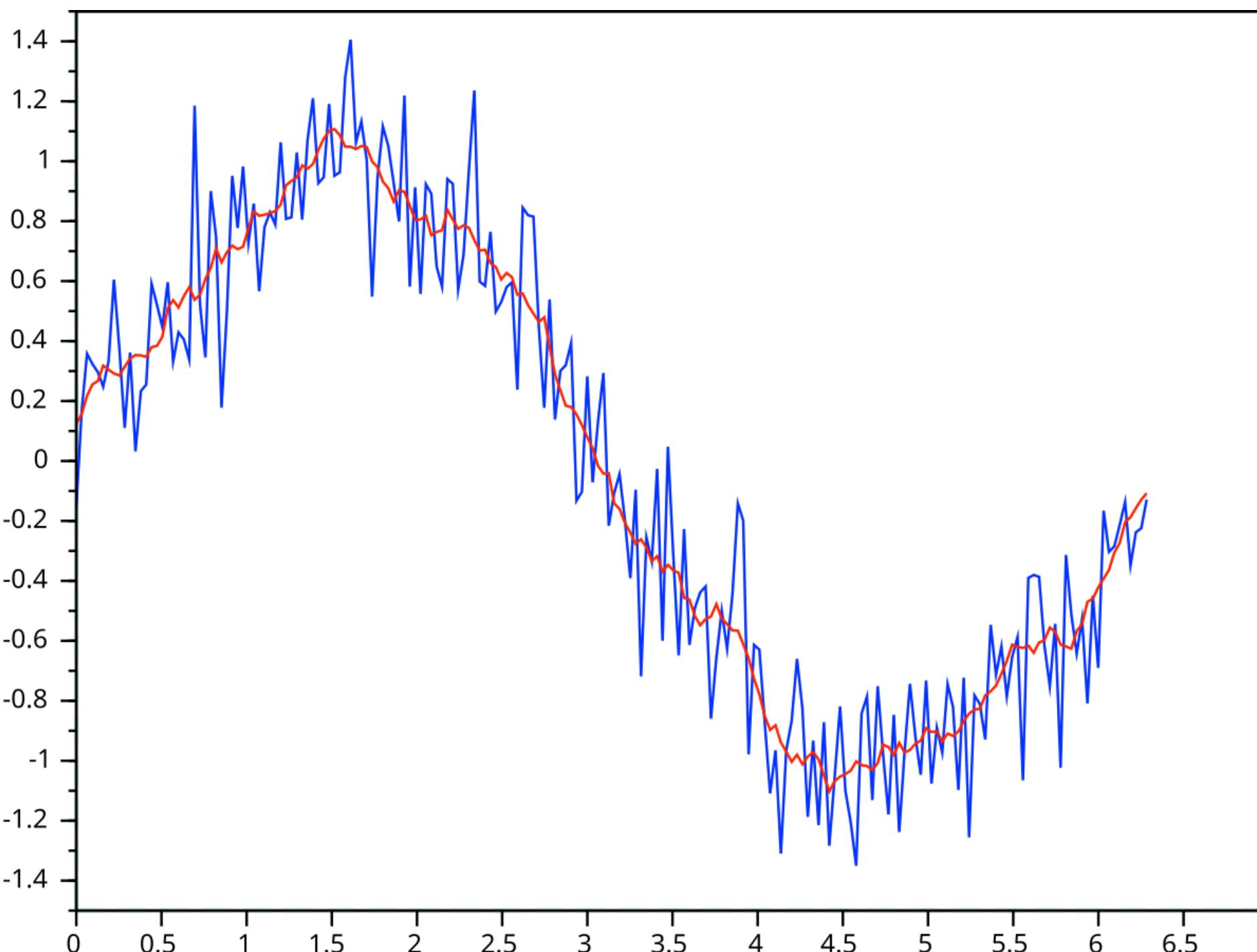
(a) MNIST sample belonging to the digit '7'.



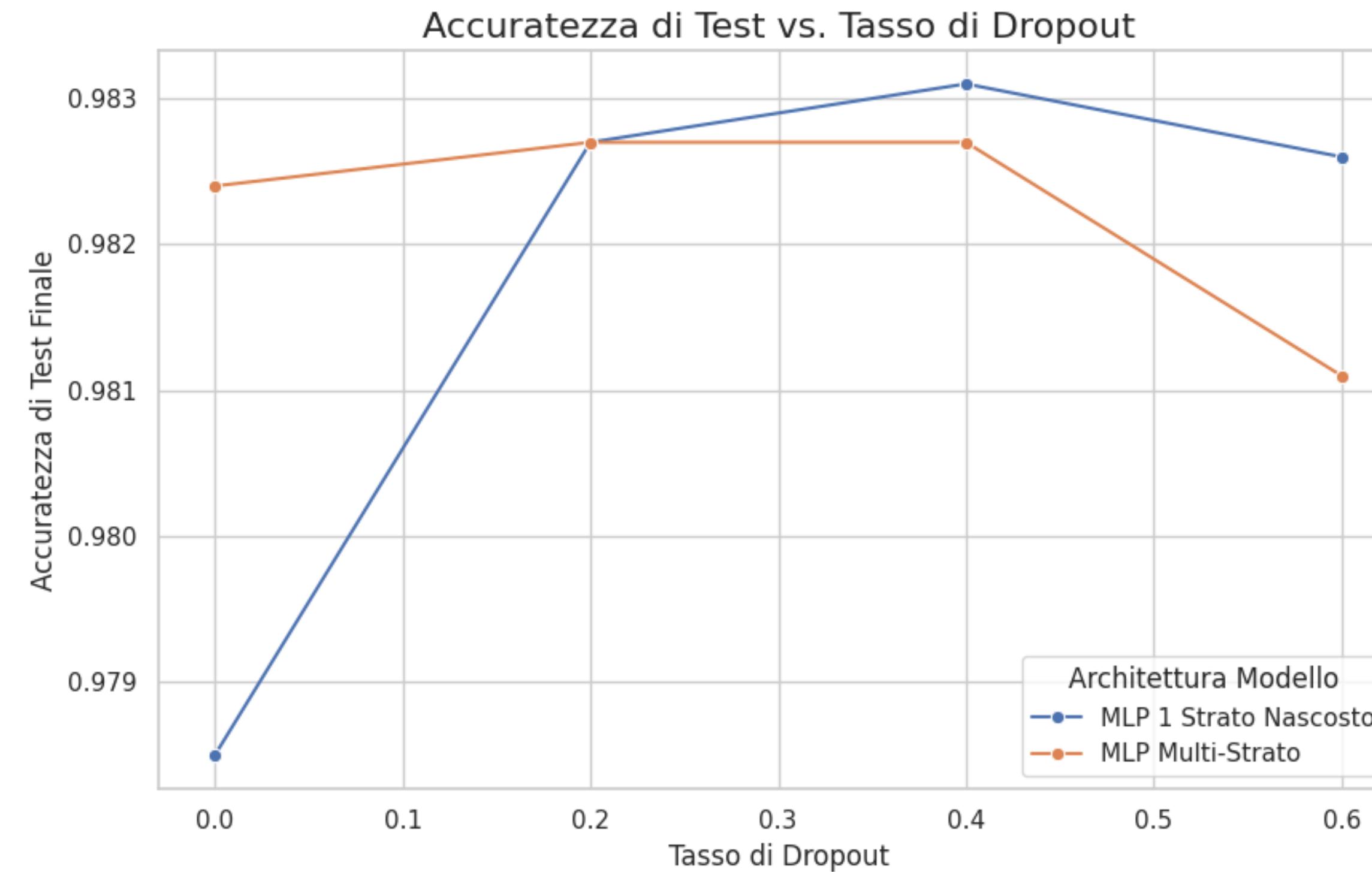
(b) 100 samples from the MNIST training set.

Risultati

- I **plot** dei grafici sono stati fatti sfruttando la **moving average**, in modo da avere cure più stabili e leggibili, riducendo le fluttuazioni locali e mettendo in evidenza l'andamento generale delle metriche nel tempo come si può vedere nell'esempio

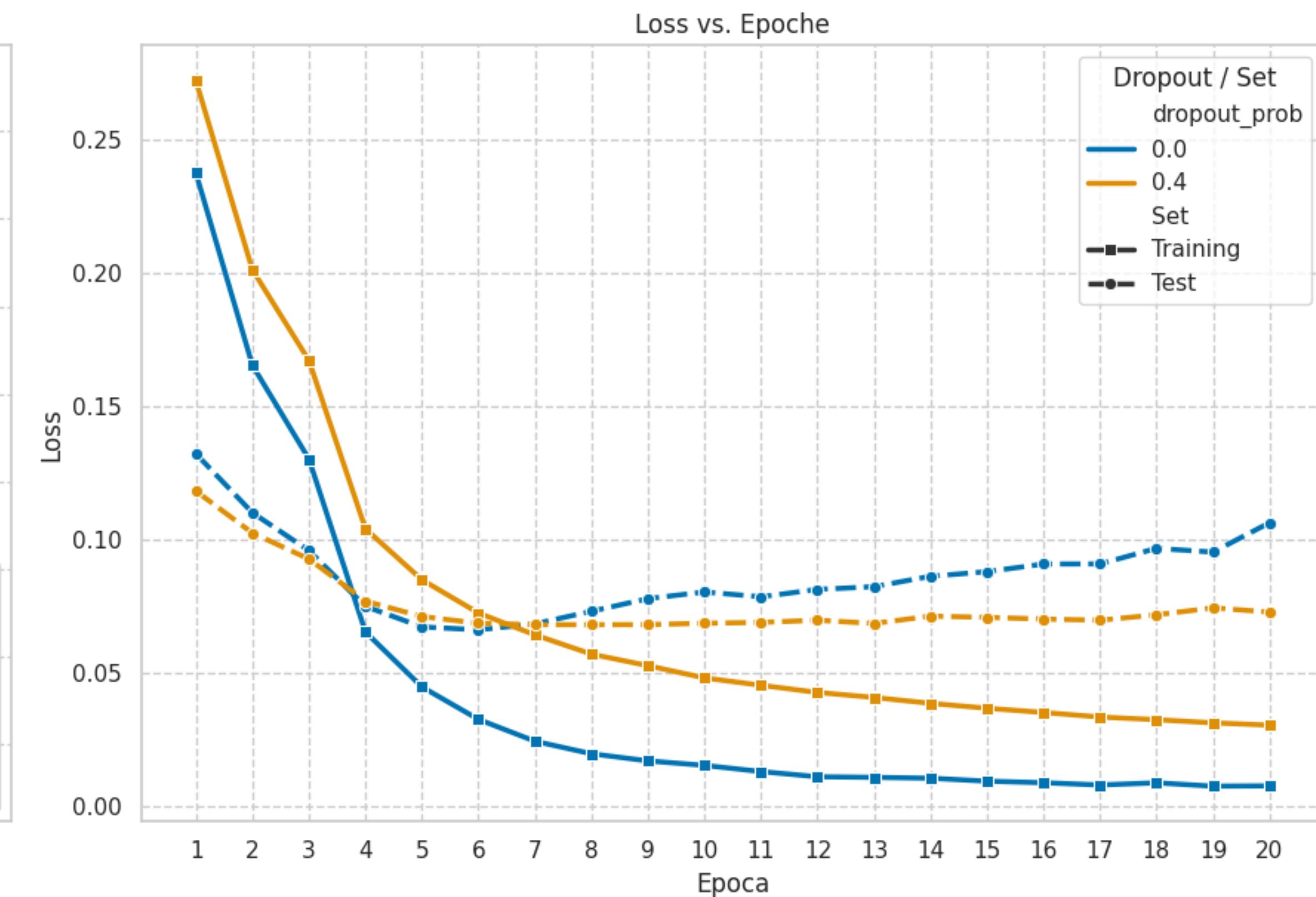
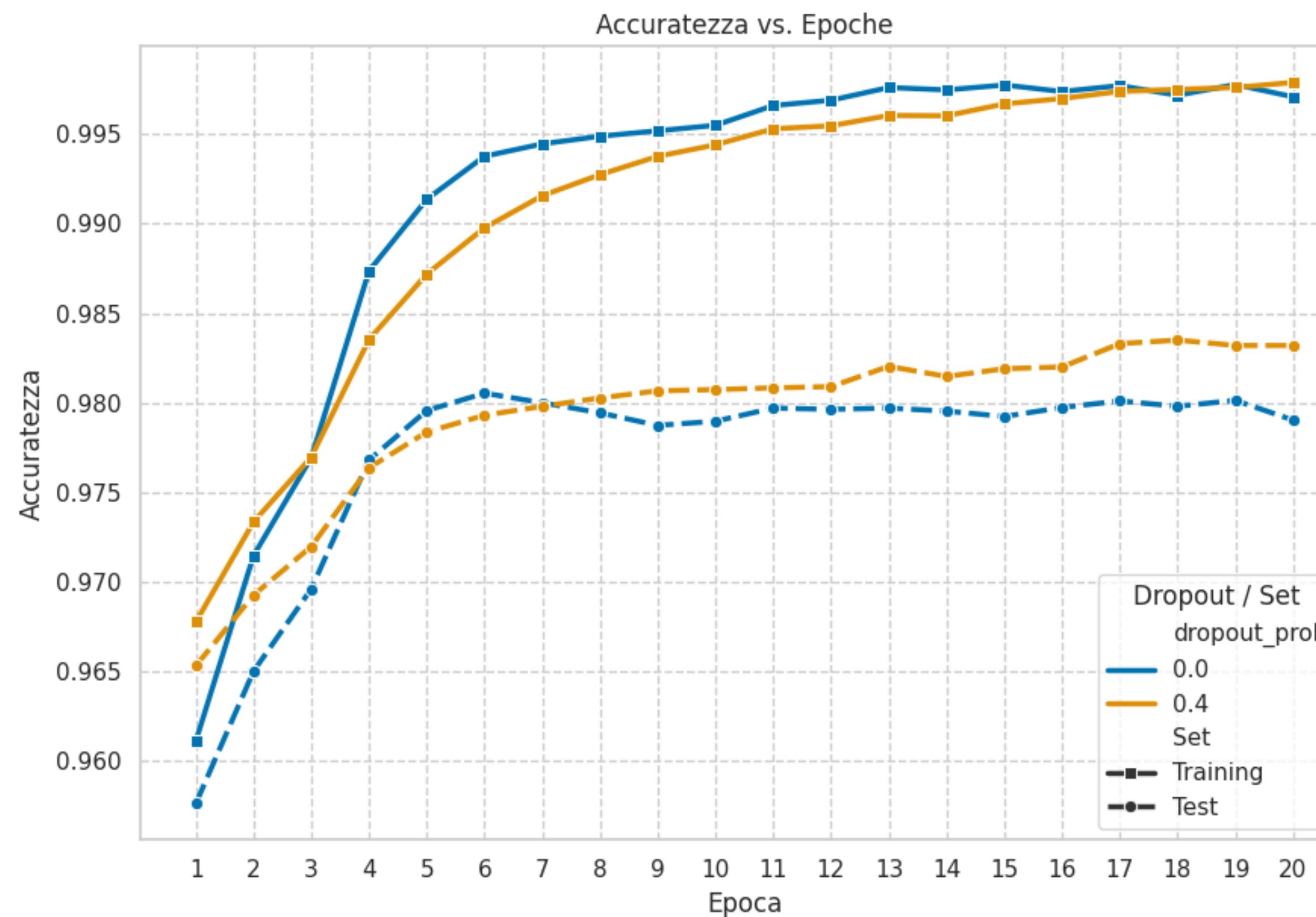


Risultati



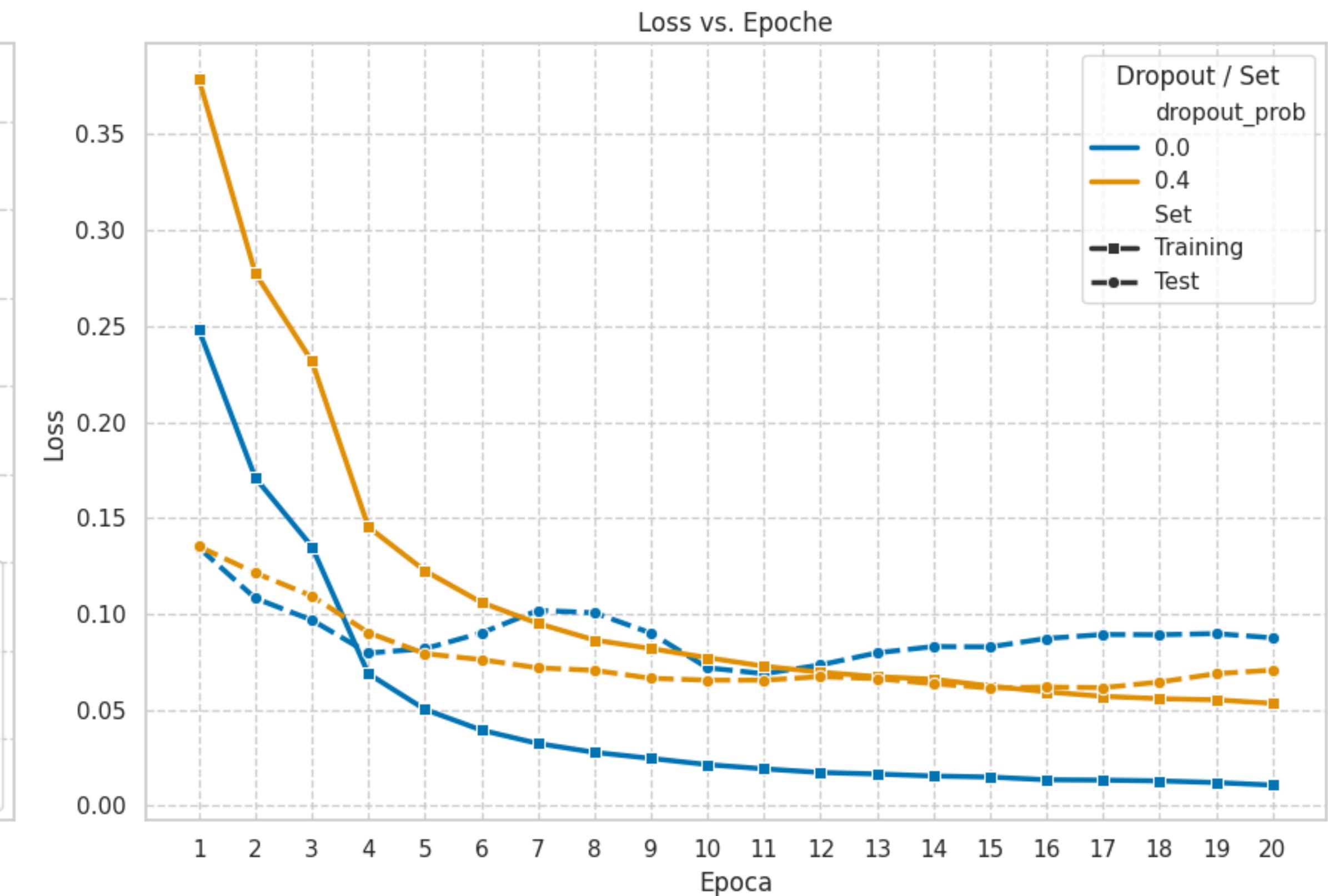
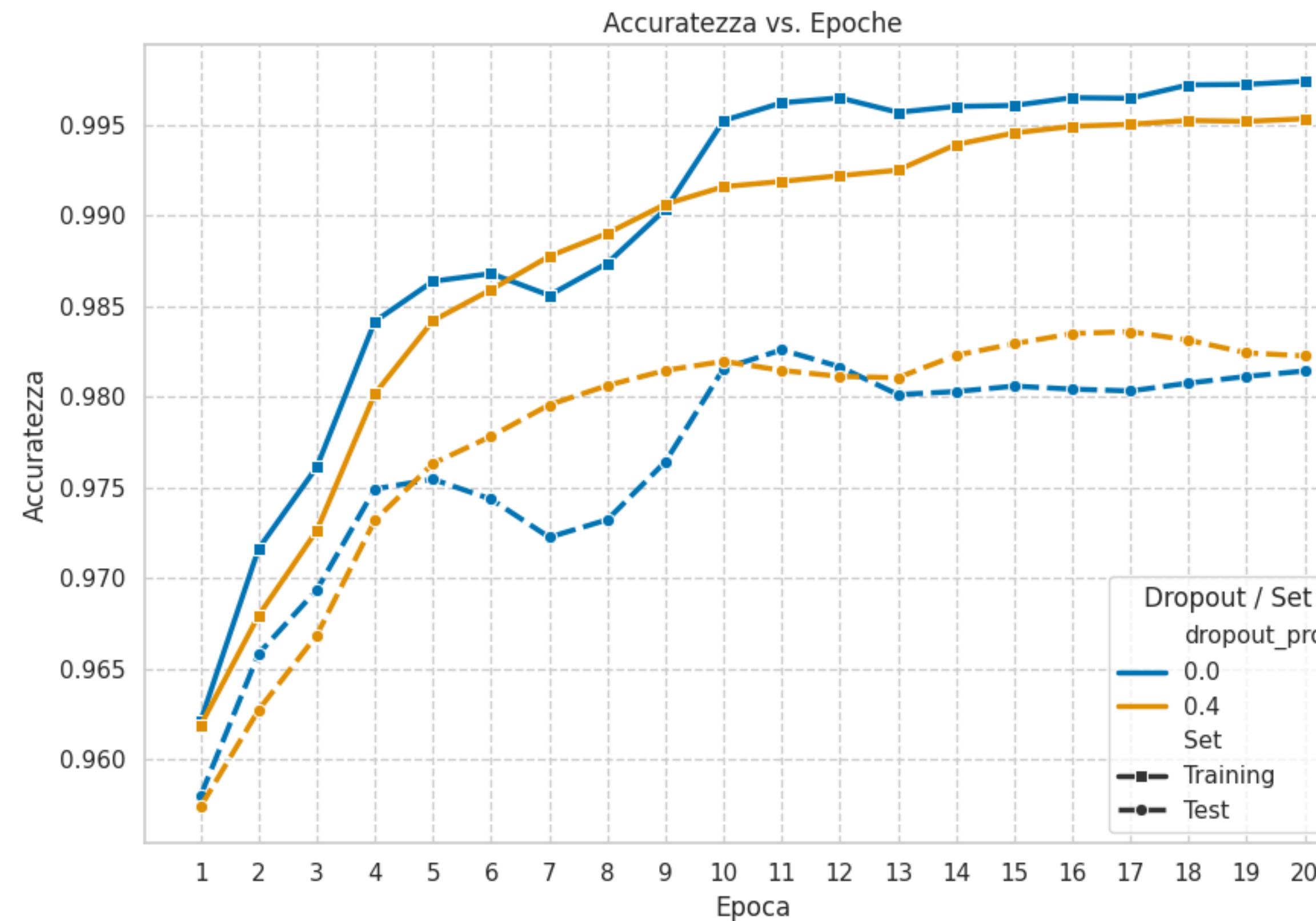
Risultati

Curve di Apprendimento - MLP 1 Strato Nascosto

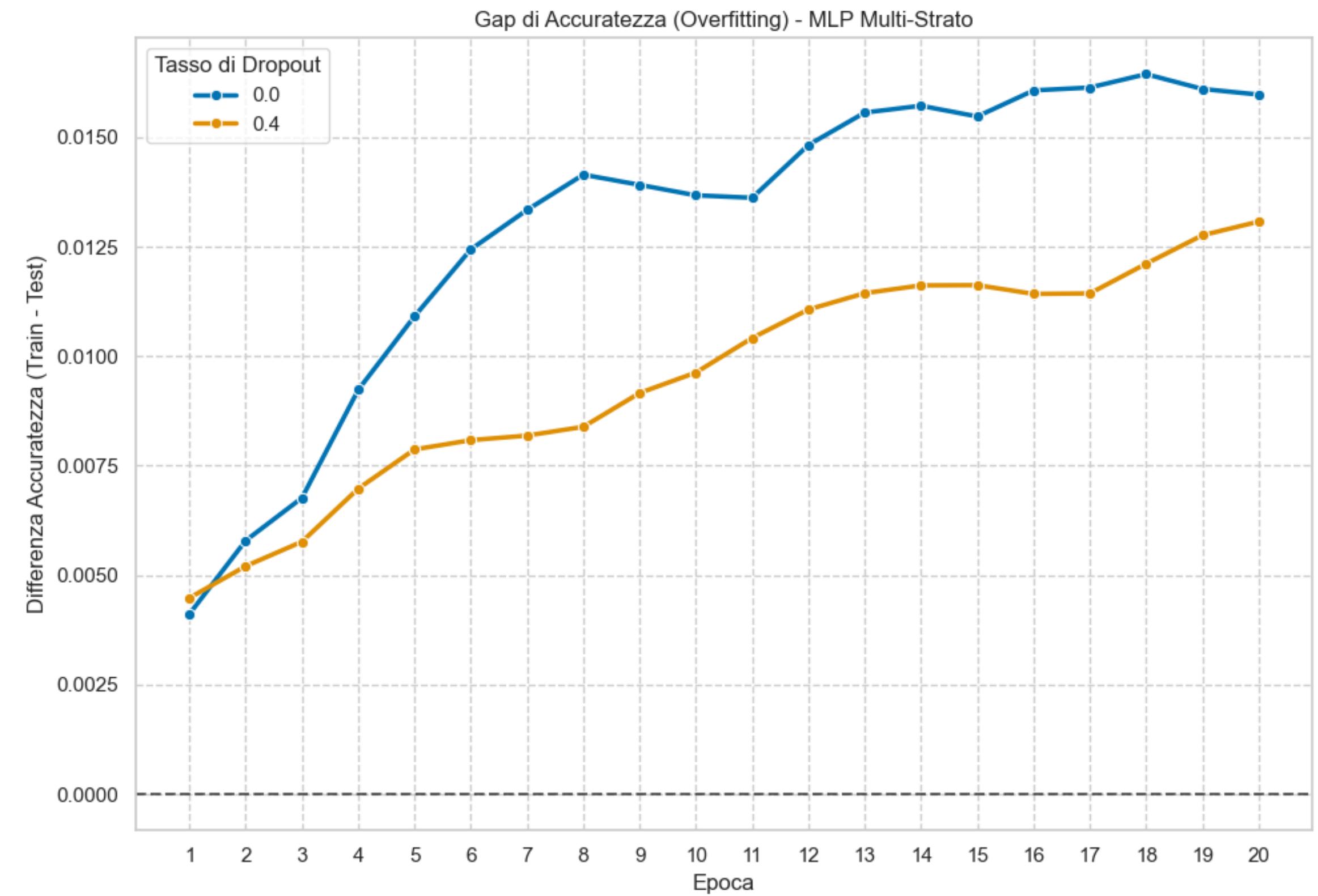
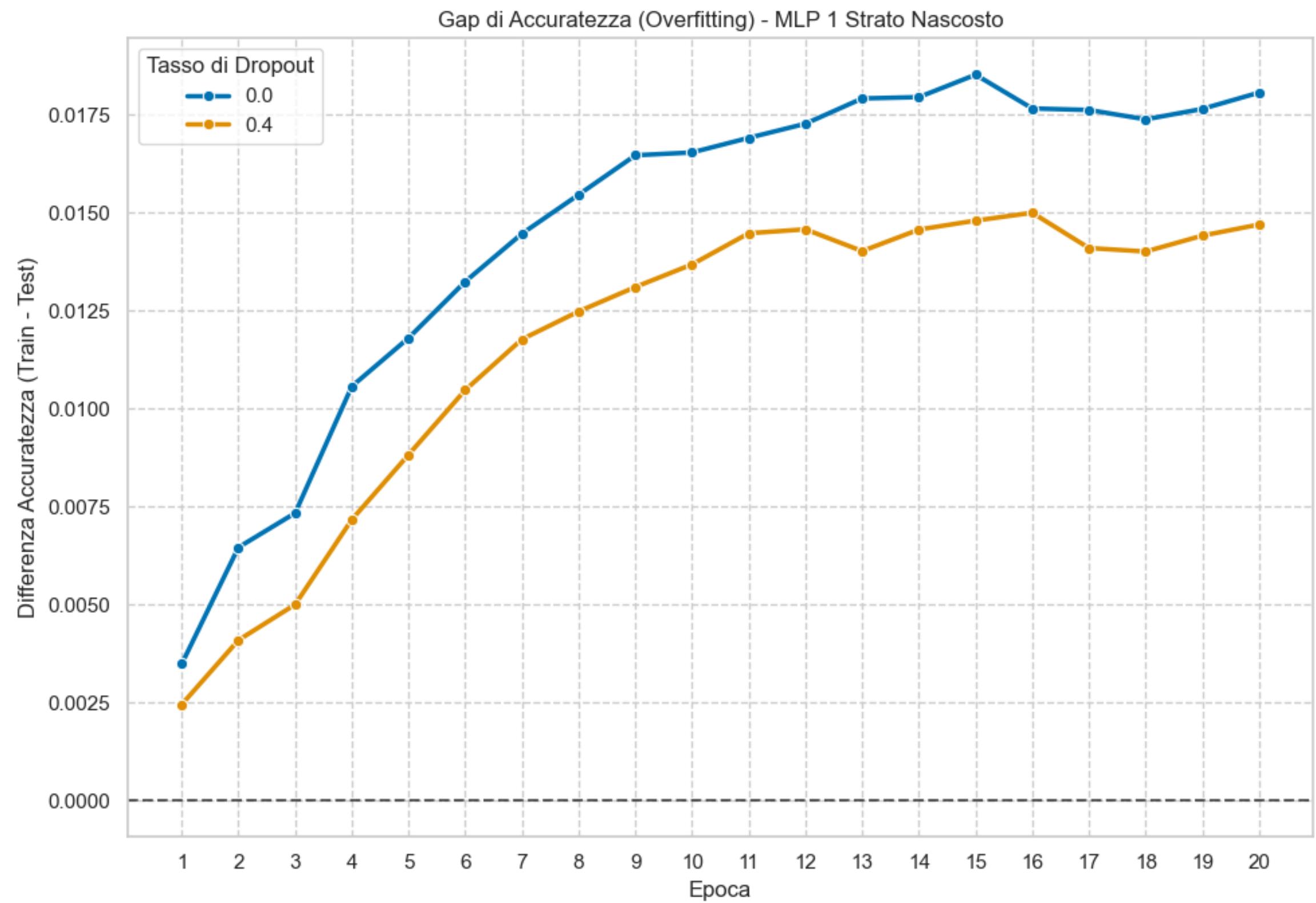


Risultati

Curve di Apprendimento - MLP Multi-Strato



Risultati: Overfitting



Considerazioni finali

Osservazioni:

- Dai risultati si evince che il dropout ha un impatto positivo nel ridurre l'**overfitting**
- Il valore di **dropout** ideale sia rivelato intorno a **0.3-0.4**

Sviluppi futuri:

- Estensione a Dataset più complessi
- Sperimentare con diverse funzioni di attivazione e ottimizzatori



Analisi dell'Impatto del Dropout sull'Apprendimento delle Reti MLP

Corso di Fondamenti dell'Intelligenza Artificiale
A.A. 2024/2025

GRAZIE PER L'ATTENZIONE