



**Politecnico  
di Torino**

## **Tesi Meritoria**

---

**Corso di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città**

**Validazione algoritmo previsionale controllo assemblamenti nei luoghi chiusi:  
simulazione in ambiente Mensa Circoop Politecnico di Torino**

**Relatrice**

**Prof.ssa Arianna Astolfi**

**Prof. Pasquale Bottalico**

**Ph.D. Giuseppina Emma Puglisi**

**Ph.D. Fabrizio Riente**

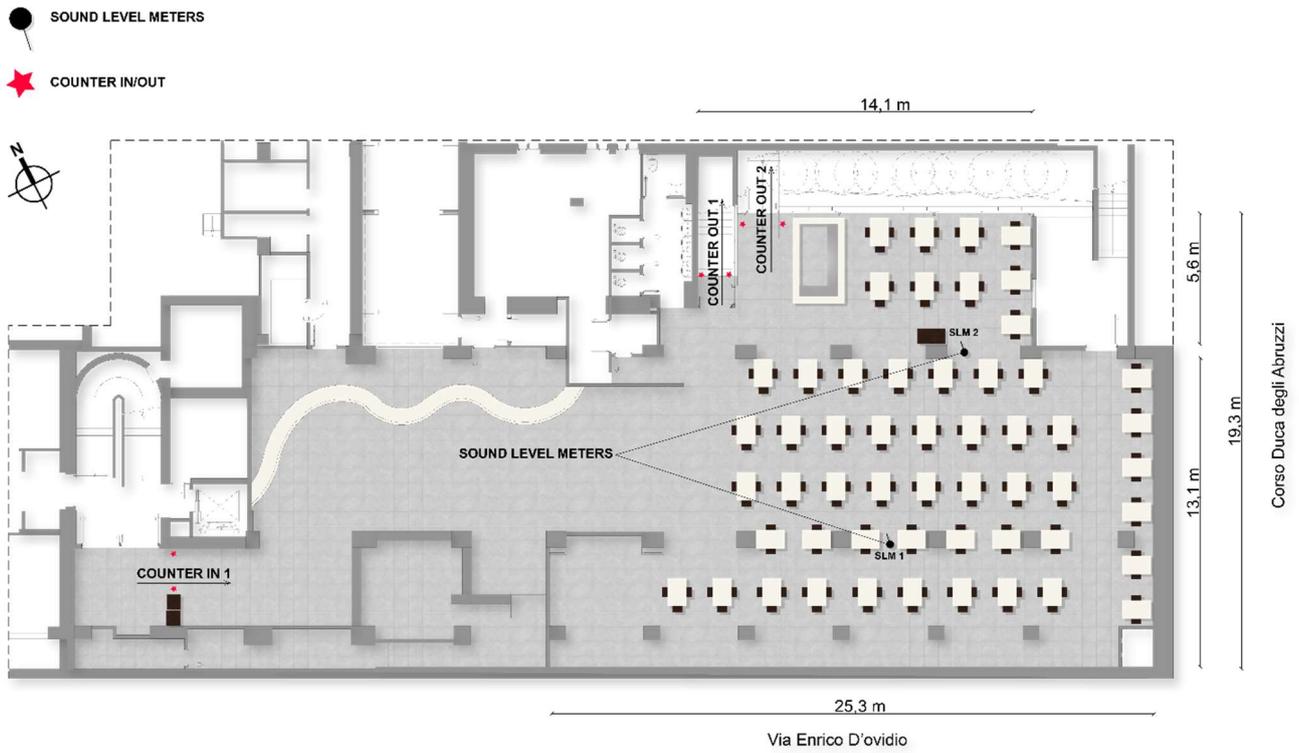
**Candidata**

**Giulia Calia**

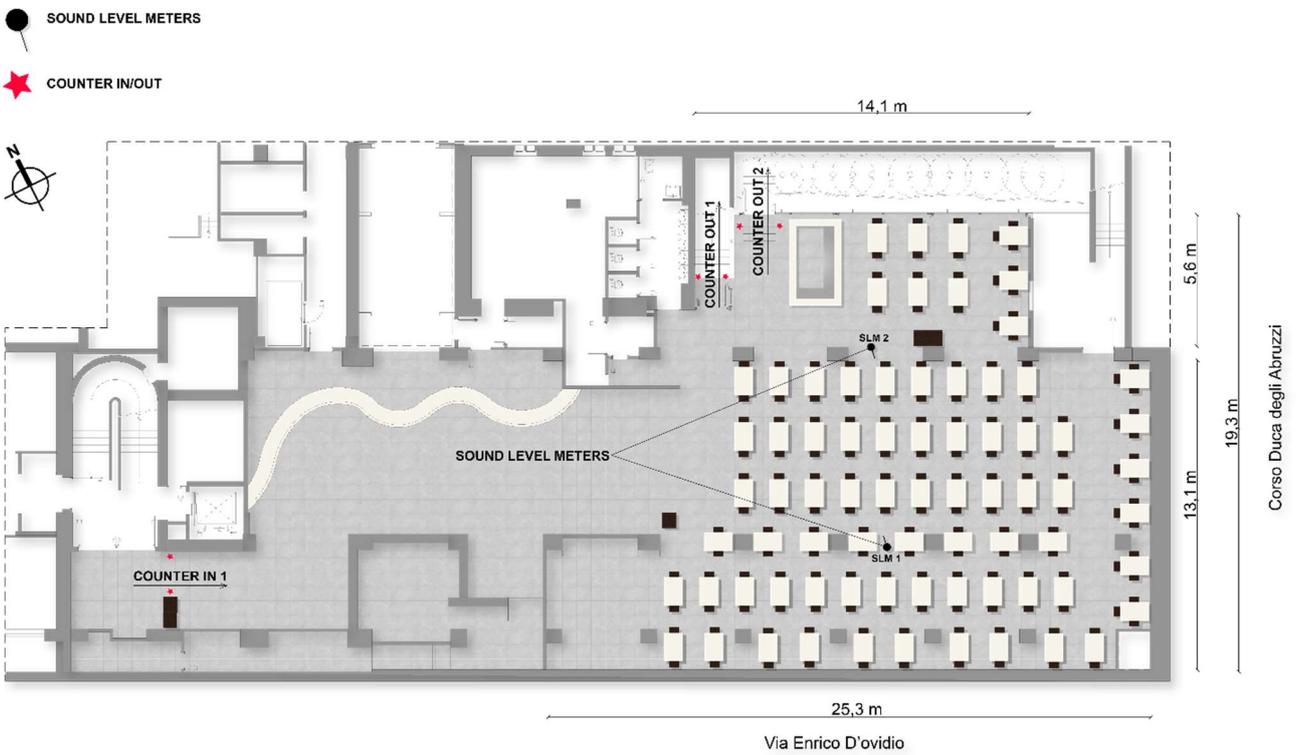
**Luglio 2021**

---

Durante la prima e seconda ondata della pandemia di Sars Covid-19 è stato ipotizzato che la trasmissibilità del virus aumentasse notevolmente in ambienti chiusi in cui non è possibile garantire una corretta e frequente areazione, sia essa naturale o forzata, o nei casi in cui non è possibile mantenere una distanza interpersonale di almeno 1-1,5 metri. A partire da queste considerazioni, in Italia il governo ha provveduto al contenimento della pandemia da Covid-19 attuando numerosi decreti tra cui il D.P.C.M. del 26 ottobre 2020 n. 265 denominato “misure urgenti di contenimento del contagio sull’intero territorio nazionale” con cui si delineano le principali restrizioni e linee guida da seguire negli ambienti considerati ad alto rischio contagio, tra cui i più interessanti per la presente tesi sono gli ambienti di ristorazione come le mense scolastiche/universitarie. In ambito acustico la gran parte della letteratura accademica si è basata sull’indagare come migliorare i livelli di rumore antropico  $L_{N,A}$  prodotti in ambienti chiusi con differente destinazione d’uso, siano essi scuole, mense, auditorium etc, adottando strumenti per il controllo del rumore, come nel caso del semaforo acustico SEM (speech and sound SEMaphore) progettato dal DENERG del Politecnico di Torino ed adoperato in ambienti scolastici in cui è stato possibile limitare i livelli di rumore  $L_{90}$  attraverso dei feedback visivi, o ancora proponendo dei modelli previsionali per il calcolo dei livelli di  $L_{N,A}$  attesi a partire dalle caratteristiche fisiche note degli ambienti analizzati, come il Volume, il tempo di riverberazione  $t_0$  ad ambiente inoccupato, la densità di occupazione massima  $N_{max}$  per garantire un buon segnale-rumore SNR e così via. L’obiettivo della presente tesi magistrale è stato quello di presentare un algoritmo previsionale, che a partire dai livelli di rumore antropico  $L_{N,A}$  misurati mediante dei fonometri, sia in grado di restituire un valore attendibile di  $N$ =numero di persone, realmente presenti nell’ambiente chiuso analizzato. Per validare l’algoritmo previsionale è stato necessario monitorare in 4 giornate, il 25-26 novembre 2020 ([figura 1](#)) e il 14-16 aprile 2021 ([figura 2](#)), i reali livelli di rumore antropico  $L_{N,A}$  generati all’interno della Mensa CIRCOOP del Politecnico di Torino e simulare l’ambiente analizzato attraverso il software acustico Odeon versione 16 Combined e l’applicativo Grasshopper di Rhinoceros 7 per ricavare alcuni parametri non noti a priori ma necessari ad una corretta applicazione dell’algoritmo previsionale.



**FIGURA 1** - Layout Mensa CIRCOOP Politecnico di Torino durante la campagna di misurazione dei giorni 25-26 Novembre 2020.

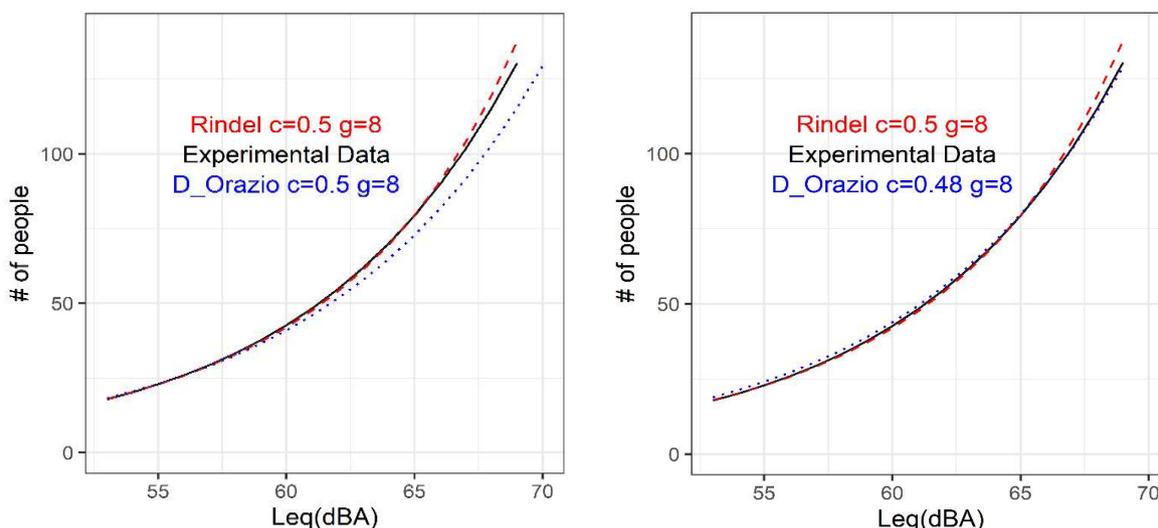


**FIGURA 2** - Layout Mensa CIRCOOP Politecnico di Torino durante la campagna di misurazione dei giorni 14-16 Aprile 2021.

L'algoritmo previsionale si basa su 2 modelli elaborati da J. H. Rindel e D. D'Orazio al cui interno è necessario inserire valori noti come il tempo di riverberazione dell'ambiente, il Volume, l'assorbimento per capite; gli unici valori non noti a priori sono il valore  $g$ =group size e il  $c$ =Lombard slope che dipendono fortemente dalla tipologia di ambiente in cui si intende applicare il modello previsionale. Nel caso della Mensa CIRCOOP in cui sono stati monitorati i livelli di  $L_{N,A,dt_{eq}}$  e i corrispondenti  $N(t)$  durante le 4 giornate della campagna di monitoraggio, si è verificato che i valori che più si avvicinano al modello generalizzato di distribuzione di Poisson sono:

- $c=0.50$  rientra nel range di valori trovati da J. H. Rindel per l'applicazione del modello previsionale nelle caffetterie scolastiche, in cui è stato adottato un  $c=0.4-0.5$  dB/dB;
- $g=8$  è un valore superiore rispetto al range di valori trovati da J. H. Rindel, di fatti nei suoi studi condotti nelle caffetterie scolastiche si ha solitamente un  $g=2-4$ .

Applicando questi valori di  $g$ =group size e  $c$ =Lombard slope ai modelli previsionali per il controllo degli assembramenti è possibile notare che il modello di J. H. Rindel si approssima meglio ai dati realmente misurati, mentre il modello di D. D'Orazio ha una buona approssimazione per i dati fino a 60 dB(A) corrispondenti a circa 45 persone parlanti simultaneamente all'interno dell'ambiente chiuso, mentre oltre tale valore i dati restituiti dal modello previsionale così impostato tendono a discostarsi dai dati realmente misurati (figura 3).



**FIGURA 3** - Comparazione tra i modelli previsionali di J. H. Rindel e D. D'Orazio con i dati realmente rilevati durante le campagne di misurazione.