



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DIEF**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
INDUSTRIALE

# ANNUARIO DEI DATI AMBIENTALI DELLA TOSCANA 2021 QUALE CONTRIBUTO PER LA TRANSIZIONE ECOLOGICA?

**STATO DELL'ARTE DELLE SOLUZIONI SOSTENIBILI E  
ATTUABILI NEL BREVE E LUNGO TERMINE PER LA  
RIDUZIONE DEL RUMORE**

**PROF. MONICA CARFAGNI**

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

19 Novembre 2021

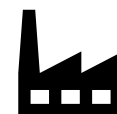
# IL RUMORE: UN PROBLEMA DIFFUSO E «SILENZIOSO»

- Problematica ambientale spesso **sottovalutata** (monitoraggi, prevenzione, progettazione, ...) che ha forti **ripercussioni anche sulla salute**
- Ogni anno a causa dell'inquinamento acustico vengono **persi oltre 1,6 milioni di anni di vita in buona salute**
- **Rumore: secondo onere di malattia ambientale** in Europa dopo l'inquinamento atmosferico
- I livelli di rumore in Europa **superano di gran lunga quelli raccomandati dall'OMS**, senza alcun progresso significativo negli ultimi 10 anni, e sono destinati ad aumentare
- La **diminuzione di 3 dB entro il 2032** ridurrebbe di 2,4 milioni il numero di persone cronicamente infastidite e di quasi 800.000 quelle che sono fortemente private del sonno



# IL RUMORE: UN PROBLEMA DIFFUSO E «SILENZIOSO»

- In Europa circa 113 milioni di persone sono esposte a rumore da **traffico stradale** diurno e notturno, per livelli pari ad almeno 55 decibel (dB) o superiori
- 22 milioni di persone sono esposte ad alti livelli di rumore derivante dal **traffico ferroviario**
- 4 milioni sono esposte al rumore da **traffico aereo**, meno di 1 milione sono i soggetti esposti ad alti livelli di rumore generato da **insediamenti industriali**
- Tendenza a spostare l'attenzione dalle misure che **mitigano** il rumore a quelle che lo **prevengono**, come il sostegno alla mobilità sostenibile
- Adozione nel 2021, dello «**Zero pollution action plan**» da parte della CE. La bozza dell'European Green Deal menzionava il rumore come parte della strategia di inquinamento zero, mentre la comunicazione finale no



# ANNUARIO DEI DATI AMBIENTALI DELLA TOSCANA 2021

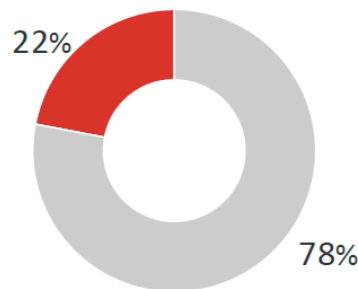
## IL CLIMA ACUSTICO

In riferimento alla componente **Clima Acustico** le problematiche evidenziate in base agli esposti dei cittadini ed ai risultati dei numerosi controlli ambientali riguardano principalmente:

### ✓ Rumore da **Infrastruttura Stradale**



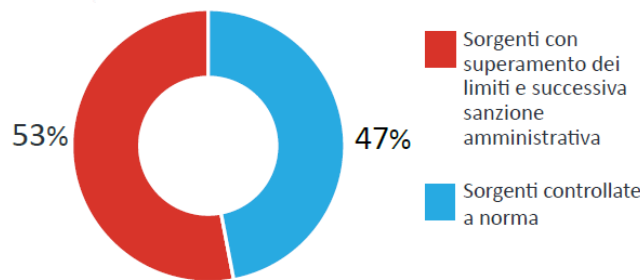
**9** tratti di infrastrutture di trasporto stradale controllati nel 2020



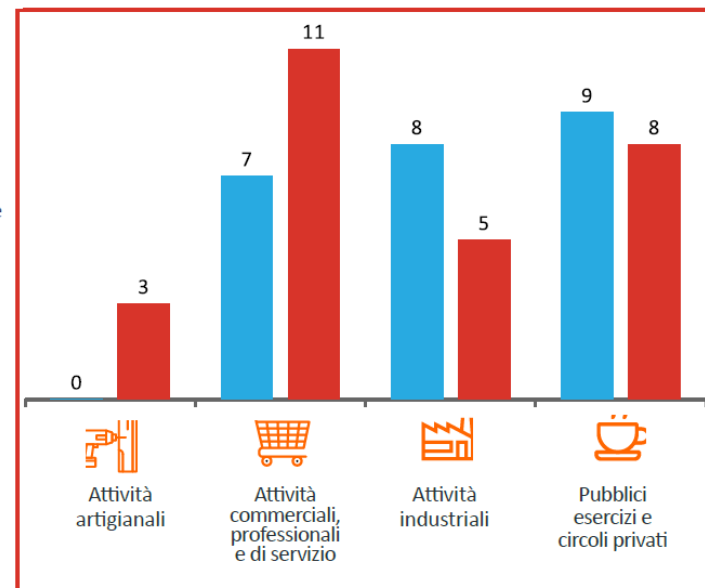
Infrastrutture di trasporto stradale senza superamento dei limiti

Infrastrutture di trasporto stradale con superamento dei limiti

### ✓ Rumore da **Attività Commerciali Artigianali industriali**



**51** sorgenti controllate nel 2020



# RUMORE DA INFRASTRUTTURA STRADALE: ANALISI DELLA SORGENTE

In rumore da traffico stradale può essere suddiviso in due sorgenti principali di rumore:

- ✓ **Rumore da propulsione:** componente dominante in condizioni di accelerazione e per ridotte velocità.



**Soluzione:** è intrinseca nel graduale aggiornamento del parco auto con passaggio graduale a **motori elettrici (attuabile nel medio-lungo periodo)**

- ✓ **Rumore di rotolamento:** componente dominante in condizioni di elevata velocità del veicolo o comunque per condizioni di velocità media con traffico fluido



**Soluzione:** ottimizzazione sia del **pneumatico** che dello strato di usura della **pavimentazione (attuabile nel breve-medio periodo)**

**Soluzione:** per entrambi le sorgenti si può intervenire sulla via di propagazione mediante **barriere antirumore**

# RUMORE DI ROTOLAMENTO: INTERVENTI SULLA PAVIMENTAZIONE

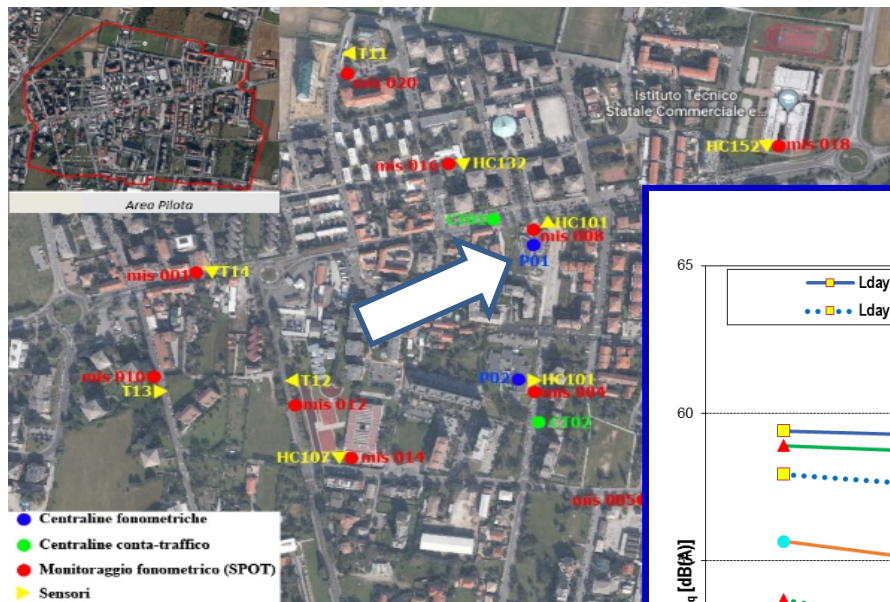
- ✓ **LEOPOLDO:** ricerca di particolare interesse a livello regionale per la predisposizione di Linee Guida per la progettazione ed il controllo delle pavimentazioni stradali per la viabilità ordinaria. Effettuata a partire dal 2005, nel 2013 la Giunta Regionale (Delibera del 11/03/2013 n. 157) ha preso atto dei risultati della prima fase del progetto volto alla **progettazione di manti di usura a tessitura ottimizzata** tali da **minimizzare il rumore di rotolamento per strade extraurbane**
- ✓ **Life MONZA:** intervento pilota progettato e realizzato su Viale Libertà a Monza, ha mostrato come le tessiture ottimizzate studiate nel progetto Leopoldo siano di fatto applicabili con successo anche **in ambito urbano, su strade con condizioni di traffico fluido anche se a velocità medie non elevate**



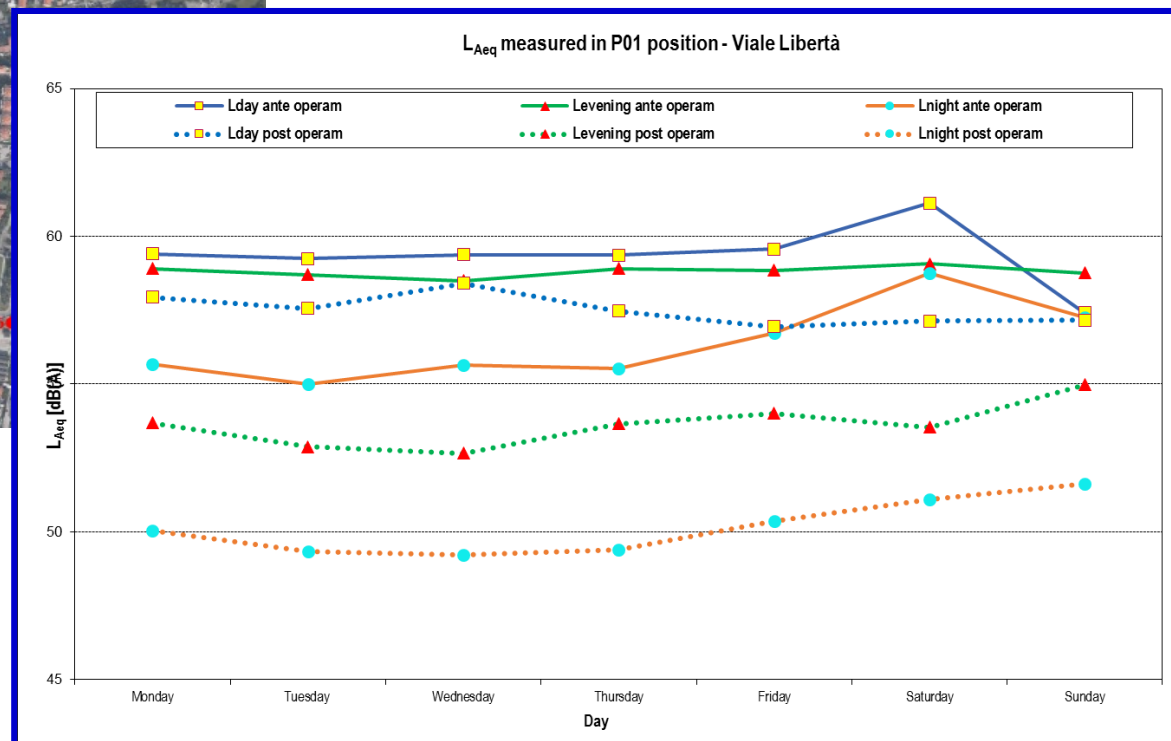


# RUMORE DI ROTOLAMENTO: ESPERIENZA LIFE MONZA

Confronto **ante** (novembre 2017) – **post** (gennaio 2019):  
postazione fissa P01 su Viale della Libertà



Mese-anno	Descrittore acustico		
	D	E	N
Nov-17	59.5	58.8	56.5
Jan-19	57.5	53.7	50.3
Differenza	2.0	5.1	6.2



# RUMORE DI ROTOLAMENTO: INTERVENTI SULLA PAVIMENTAZIONE

Sono stati sviluppati e sono in corso numerosi altri progetti di ricerca nei quali si studiano e si progettano pavimentazioni a tessitura ottimizzata con l'utilizzo, nel bitume, del polverino di gomma proveniente dal riutilizzo di pneumatici esausti.



Il progetto **LIFE NEREIDE** (LIFE15 ENV/IT/000268) vuole testare l'impiego di nuove pavimentazioni stradali porose a bassa emissione sonora composte da asfalto riciclato e polverino di gomma riciclata da Pneumatici Fuori Uso.

## LIFE E-VIA

Electric Vehicle noise control by Assessment and optimisation of tyre/ road interaction

[www.life-evia.eu](http://www.life-evia.eu)



**Life SNEAK** "optimized surfaces against noise and vibrations produced by tramway track and road traffic"



# RUMORE DA TRAFFICO STRADALE: INTERVENTI SULLA VIA DI PROPAGAZIONE

L'intervento con **BARRIERE ANTIRUMORE** viene ipotizzato qualora siano presenti superamenti dei limiti imposti superiori a 4 dB(A). L'intervento in generale raggiunge un'efficacia di almeno 7-8 dB(A) per i ricettori nella zona d'ombra della barriera.

## Esperienza barriere acustiche sulla S.G.C. FI-PI-LI

**INTERVENTI DI RISANAMENTO ACUSTICO SULLA S.G.C. FI-PI-LI  
NEI COMUNI DI FIRENZE - SCANDICCI E LASTRA A SIGNA  
STRALCIO "B" - dal Km 0+000 al Km1+170 e dal Km 2+400 al Km 7+500**

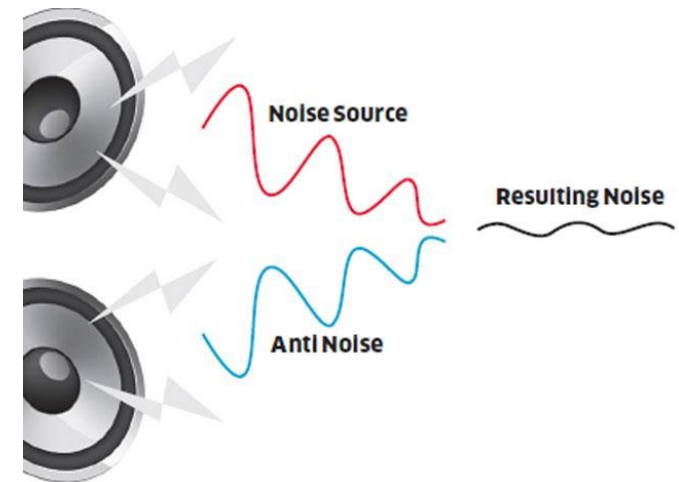


# RUMORE DA ATTIVITÀ COMMERCIALI/ARTIGIANALI/INDUSTRIALI

Per quanto riguarda le problematiche legate al rumore dovuto a sorgenti commerciali/artigianali/industriali, si rileva come le criticità siano spesso **collegate alle emissioni stazionarie nel tempo dei macchinari.**

Possibili **interventi**:

- ✓ **alla sorgente**, agendo sul meccanismo di generazione del rumore attraverso: interventi di regolazione del macchinario, oppure chiusura della sorgente in box insonorizzati, oppure applicazione di **tecniche di controllo attivo del rumore** (attuabile nel medio-lungo periodo)
- ✓ **sulla via di propagazione** (es. barriere acustiche)
- ✓ **al ricettore** (es. sostituzione infissi)



# INTERVENTI ALLA SORGENTE

## CASO STUDIO: I REATTORI DELLE STAZIONI ELETTRICHE

**Tecniche di ANC** sono state applicate per la riduzione dell'impatto acustico dovuto a sorgenti stazionarie con emissione in bassa frequenza, riconosciute come particolarmente disturbanti in termini di benessere della persona, quali i **reattori elettrici**, utilizzati nelle sottostazioni elettriche per la correzione del fattore di potenza. L'interazione tra le componenti AC delle tensioni di linea e il reattore stesso provoca un rumore con un tono puro in bassa frequenza che ha la **componente principale a 100 Hz**.

Questo tipo di rumore spesso non è accettabile se la sorgente è posta vicino alle zone abitate.

Rumore a  
banda stretta





# INTERVENTI ALLA SORGENTE

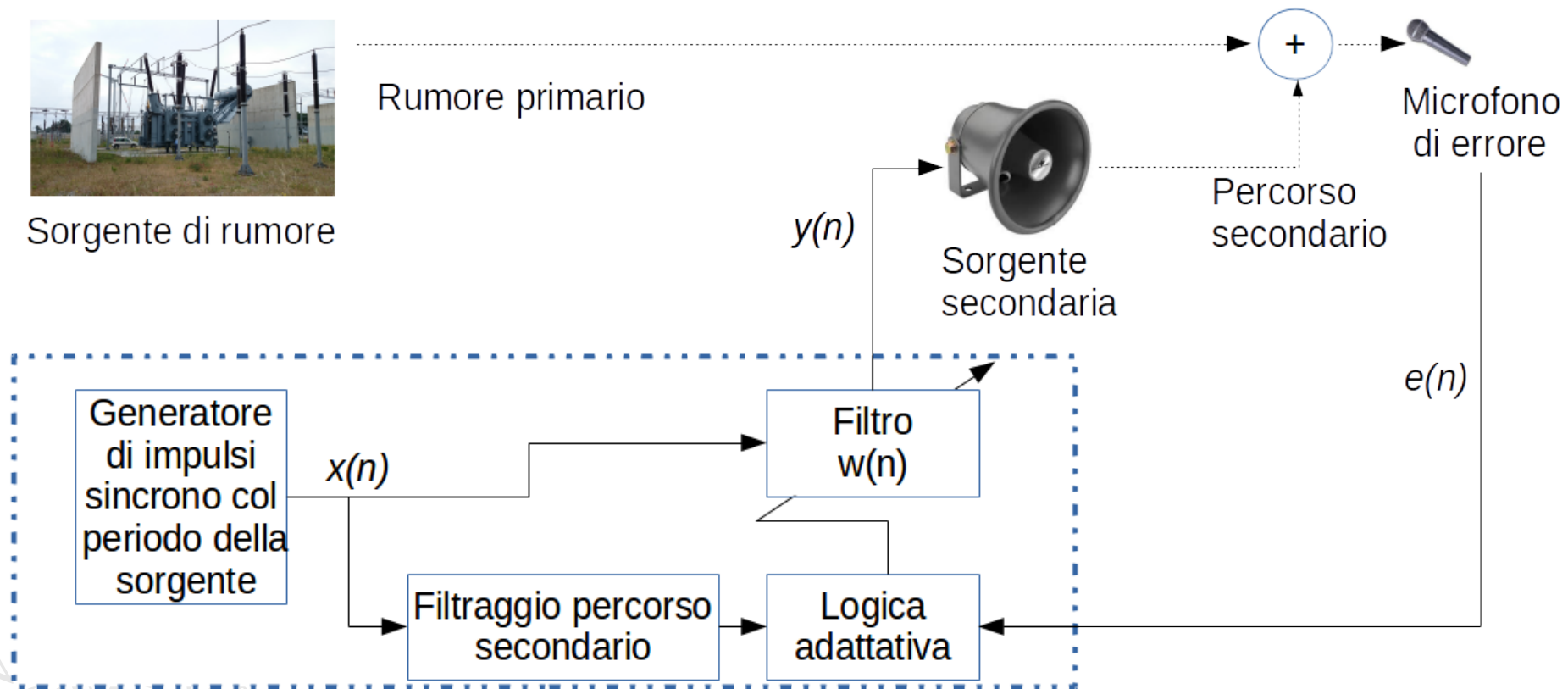
## CASO STUDIO: I REATTORI DELLE STAZIONI ELETTRICHE

Le attività sperimentali hanno riguardato la progettazione, realizzazione e assemblaggio del sistema ANC.



Sorgente di rumore

Rumore primario



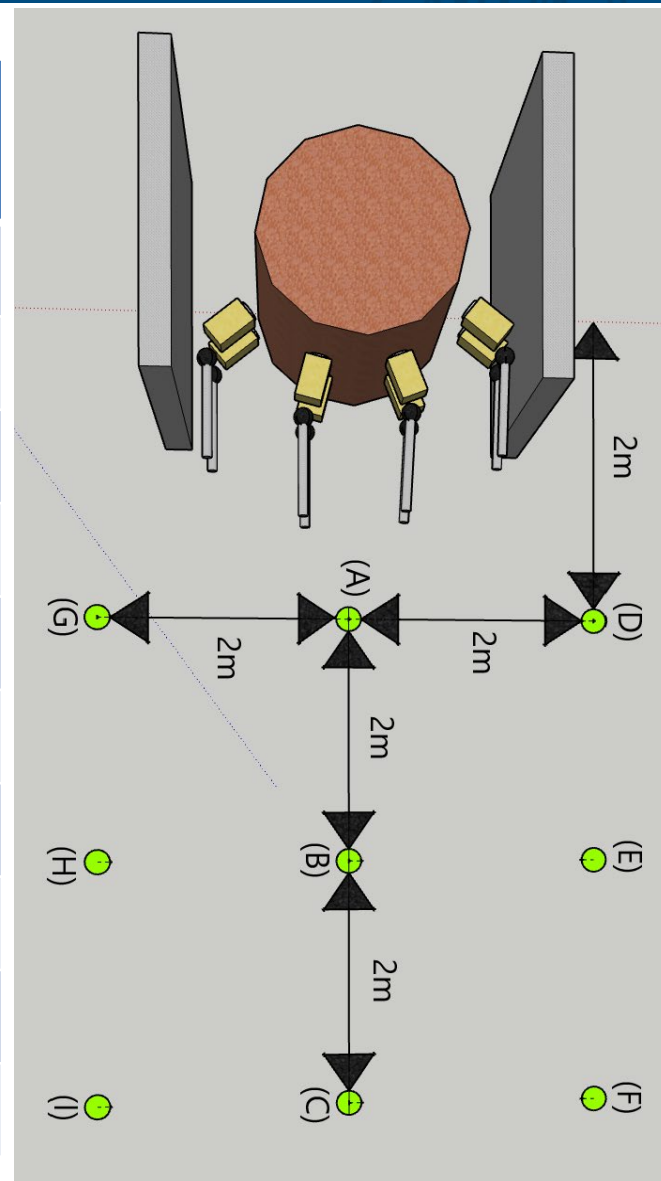
Waveform Synthesis based Active Noise Control system

# INTERVENTI ALLA SORGENTE

## CASO STUDIO: I REATTORI DELLE STAZIONI ELETTRICHE

## Reiezione disturbo reattore, componente a 100Hz - 8 altoparlanti 8 microfoni

Posizione di Misura	Sistema ANC spento	Sistema ANC acceso	Attenuazione (dB)
A	87	77	10
B	85	78	7
C	82,6	79.5	3.1
D	77	82	-5
E	83	81	2
F	75	78.5	-3.5
G	75	71.5	3,5
H	80	70	10
I	77	68	8.5

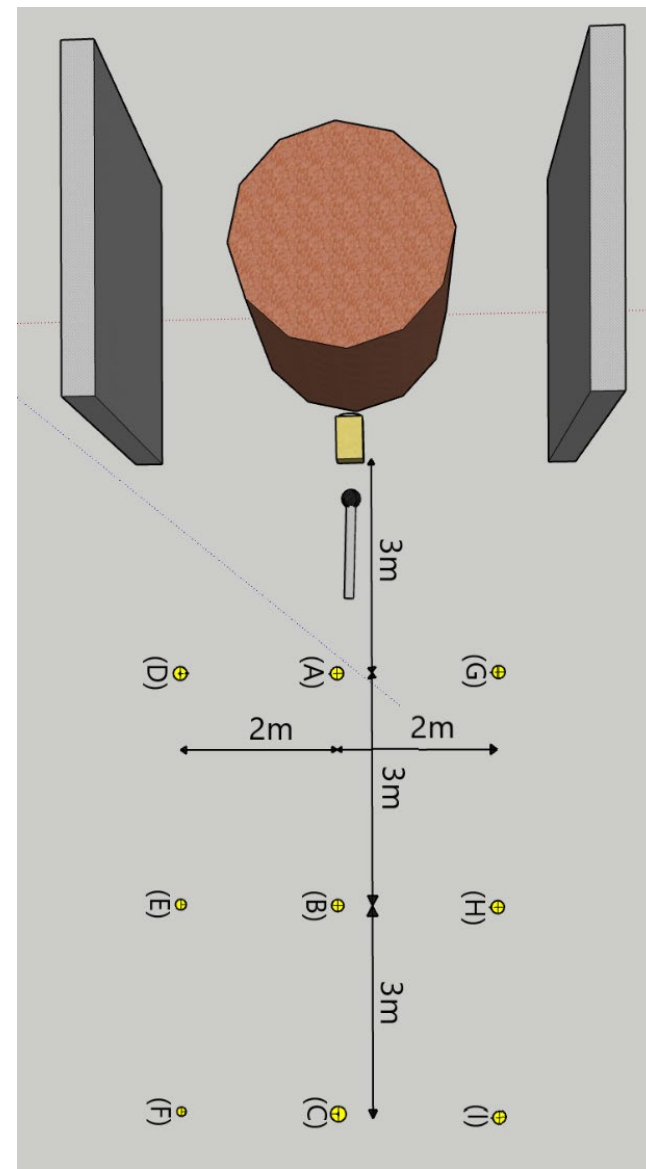


# INTERVENTI ALLA SORGENTE

## CASO STUDIO: I REATTORI DELLE STAZIONI ELETTRICHE

### Reiezione disturbo reattore, componente a 100Hz - 1 altoparlante 1 microfono

Posizione di Misura	Sistema ANC spento	Sistema ANC acceso	Attenuazione (dB)
A	84	76	8
B	83.8	73	11
C	81	76	5
D	77	73	4
E	81	71	10
F	70	73	-3
G	74	69	5
H	78.5	76	2.5
I	74	72	2





# INTERVENTI AL RICETTORE FINESTRE A CONTROLLO ATTIVO

Sono in corso attività di ricerca che studiano soluzioni ANC applicate alle finestre.





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DIEF**

DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
INDUSTRIALE

# ANNUARIO DEI DATI AMBIENTALI DELLA TOSCANA 2021 QUALE CONTRIBUTO PER LA TRANSIZIONE ECOLOGICA?

## STATO DELL'ARTE DELLE SOLUZIONI SOSTENIBILI E ATTUABILI NEL BREVE E LUNGO TERMINE PER LA RIDUZIONE DEL RUMORE



**PROF. MONICA CARFAGNI**

[monica.carfagni@unifi.it](mailto:monica.carfagni@unifi.it)

19 Novembre 2021