

# Individuazione di un indicatore di udibilità di un sistema di sirene di emergenza

Giorgio Galli

Arpa Piemonte dipartimento Novara, V.le Roma 7/d, 28100 Novara, [g.galli@arpa.piemonte.it](mailto:g.galli@arpa.piemonte.it)

L. Storzini, G. Berteletti, D. Larotonda Arpa Piemonte - Comune Novara Servizio Ambiente e Protezione Civile  
F. La Ferla Associazione Industriali Novara – G.Leggio, R.Valle ARES S.r.l Torino

*Lo studio nasce dalla necessità di fornire al decisore istituzionale un criterio oggettivo per far fronte all'esigenza di allertare la popolazione in un territorio che risulta vasto (un raggio di circa 1 km) e fortemente antropizzato, sia a livello residenziale sia a livello di insediamenti produttivi e di terziario. È stato quindi individuato un indicatore di udibilità che tenga conto sia del dato strumentale sia della sensazione uditiva di un panel di uditori. Grazie a tale indicatore e ai rilievi fonometrici, si sono successivamente elaborate mappe acustiche finalizzate a garantire un buon grado di udibilità all'interno dell'area di allerta.*

Scopo del presente lavoro è quello di valutare l'udibilità di un sistema di sirene di allarme che, azionate in funzionamento simultaneo a seguito di incidente a rischio rilevante all'interno del polo chimico di Sant'Agabio di Novara, deve essere in grado di allertare le persone presenti in un raggio di circa 1 km dal punto in cui l'incidente è avvenuto.

Tale valutazione risulta necessaria al decisore istituzionale per poter disporre, in assenza di specifiche disposizioni legislative, di un criterio oggettivo per stabilire con sufficiente certezza che in tutta l'area da allertare siano garantite le procedure di sicurezza previste dal Piano di Emergenza Esterna.

## STATO ATTUALE

La porzione di territorio da allertare, così come riportata in allegato 1, risulta essere di circa 5,2 km<sup>2</sup>; si tratta di un'area fortemente antropizzata, sia a livello residenziale sia a livello di insediamenti produttivi e di terziario. Nello specifico i residenti sono circa 6.500 e in particolare sono presenti un centro sportivo, un centro intermodale merci, un supermercato, due hotel, un centro religioso e diverse scuole di ogni ordine e grado (da asilo nido a università).

Attualmente presso le aziende del polo chimico sono installate le sirene riportate nella sottostante tabella:

Tabella 1 – Tipo e caratteristiche sirene installate

Sirena	Caratteristiche tecniche	Altezza
A	Lp (1m)= 128 dB(A) frequenza acustica 475 Hz	+ 21 m dal p.c.
B	Lp (1m)= 131 dB(A) frequenza acustica 430 Hz	+ 29 m dal p.c.
C	Lp (1m)= 128 dB(A) frequenza acustica 475 Hz	+ 26 m dal p.c.
D	Lp (1m)= 128 dB(A) frequenza acustica 475 Hz	+22 m dal p.c.
E	Lp (1m)= 112 dB(A) frequenza acustica 390 Hz	+ 20 m dal p.c.
F	Lp (1m)= 112 dB(A) frequenza acustica 390 Hz	+ 8 m dal p.c.

## RIFERIMENTI TECNICO/NORMATIVI

Considerato che la legislazione italiana non comprende alcuna norma che stabilisca qual è l'indicatore acustico da utilizzare per definire, in casi come quello in esame, l'udibilità di un segnale di allarme, si è ritenuto opportuno utilizzare come riferimento tecnico i seguenti documenti:

- norma tecnica UNI EN ISO 7731:2006 (rev. 2009) "Ergonomia - Segnali di pericolo per luoghi pubblici e aree di lavoro - Segnali acustici di pericolo".
- DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

Nello specifico la norma tecnica definisce che:

- il “rumore ambiente” è “*qualunque suono nell'area di ricezione del segnale non emesso dal trasmettitore del segnale di pericolo*”;
- il segnale di pericolo deve essere chiaramente udibile;
- il livello di pressione sonora ponderato A del segnale di pericolo non deve essere minore di 65 dB per assicurare l'udibilità in ogni punto dell'area di ricezione del segnale. Inoltre, si deve soddisfare almeno uno dei seguenti criteri:
  - a) Per le misurazioni del livello di pressione sonora ponderato A, la differenza tra i due livelli di pressione sonora ponderati A del segnale e del rumore ambiente deve essere maggiore di 15 dB
  - b) Per le misurazioni del livello di pressione sonora in banda di ottava, il livello di pressione sonora del segnale in una o più bande di ottava deve essere maggiore della soglia effettiva di mascheramento di almeno 10 dB nella banda di ottava considerata.

In aggiunta, nella medesima norma tecnica, viene definito che “*questi requisiti sono sufficienti ma non sempre necessari ad assicurare un riconoscimento inequivocabile. Infatti se la frequenza e/o la distribuzione temporale del segnale di pericolo differiscono chiaramente dalle caratteristiche corrispondenti del rumore ambiente, può essere sufficiente anche un livello di pressione sonora del segnale minore di 65 dB(A)*”.

Il DPCM 14/11/97 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore” è un decreto che stabilisce i limiti oltre i quali una sorgente sonora è considerata “disturbante”. E’ parso pertanto opportuno mutuare da questa norma l’indicatore acustico del disturbo denominato “limite differenziale di immissione sonora”, definito come la differenza tra il livello di rumore ambientale e il livello di rumore residuo. Nel caso in specie, tale indicatore può pertanto essere utilizzato per rendere evidente quanto sia “disturbante”, pertanto udibile, il suono emesso dalle sirene.





## METODO DI ANALISI DEI DATI

Al fine di stabilire un grado di udibilità a partire dall’analisi dei dati acustici, quest’ultimi sono stati analizzati secondo i criteri sotto riportati:

- ✓ **CRITERIO A:** livello di pressione sonora del segnale di pericolo >65 dB(A).
- ✓ **CRITERIO B:** livello di pressione sonora del segnale in una o più bande di ottava maggiore della soglia effettiva di mascheramento (livello rumore di fondo) di almeno 10 dB nella banda di ottava considerata; nel caso in specie è stata considerata la banda dei 500 Hz in quanto la maggior parte delle sirene emette il segnale sulla frequenza acustica di 475 Hz; oppure, differenza tra i due livelli di pressione sonora ponderati A del segnale e del rumore di fondo maggiore di 15 dB.
- ✓ **CRITERIO C:** superamento del limite differenziale di immissione sonora come definito dal DPCM 14/11/97.

Alla luce dei criteri sopra indicati si è stabilito di associare un grado di udibilità secondo la tabella seguente:

Tabella 2 - Grado di udibilità misure

Icona	Grado di udibilità	Criteri rispettati
	Buono	CRITERIO A B C
	Sufficiente	CRITERIO B C
	Scarsa	CRITERIO C
	Molto scarsa	nessun criterio rispettato

Per ciò che attiene le risultanze fornite dagli uditori, a partire dal valore fornito dagli stessi (scala da 0 a 8) è stato associato un grado di udibilità secondo la tabella seguente:

Tabella 3 – Grado di udibilità scala uditori

Icona	Grado di udibilità	Valore scala
😊	Buono	da 7 a 8
😐	Sufficiente	da 4 a 6
😞	Scarso/Molto scarso	da 0 a 3

Nell'allegato 1 vengono riportate le risultanze fornite dagli uditori rappresentate graficamente con le icone riassunte in tabella 3.

### ANALISI DEI DATI E RISULTATI

Nella sottostante tabella 4 vengono riportati a confronto i risultati ottenuti nei punti nei quali vi erano posizionati sia l'uditore sia il fonometro:

Tabella 4 – Confronto tra icone misure e uditori

Punto di rilievo	Grado di udibilità misure	Voto uditori	Grado di udibilità uditori
ARPA 10	😞 Molto scarso	3	😞 Scarso/molto scarso
ARPA 11	😊 Buono	8	😊 Buono
ARPA 12	😐 Sufficiente	7	😊 Buono
ARPA 13	😐 Sufficiente senza pass camion	6	😐 Sufficiente senza pass camion
	😞 Molto scarso con pass camion	2	😞 Scarso/molto scarso
ARES 1	😐 Sufficiente	6	😐 Sufficiente
ARES 4	😐 Sufficiente	6	😐 Sufficiente
ARES 7	😊 Buono	8	😊 Buono

Dai dati ottenuti si può notare che l'indicatore scelto rappresentato con l'icona fornisce una buona correlazione tra le risultanze oggettive (rilievi fonometrici) e quelle soggettive (voto uditori).

Tale affermazione è avvalorata anche dai risultati riscontrati nel punto ARPA 13. Infatti, come si può notare dal grafico in fig. 1, tale punto di misura è fortemente influenzato dal transito dei mezzi pesanti, che presenta una forte componente energetica sulla banda di ottava di 500 Hz cioè la medesima banda di ottava sulla quale le sirene emettono il loro segnale acustico.

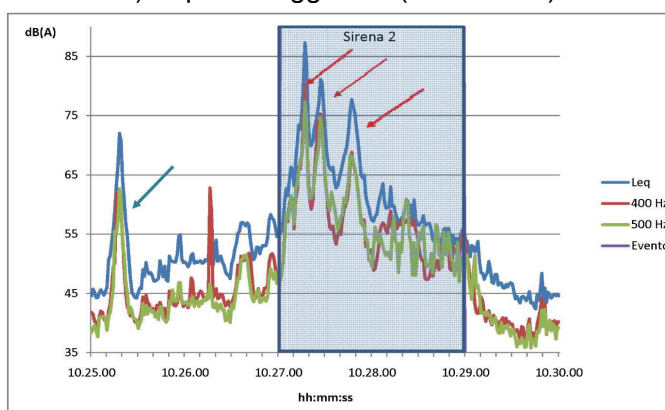


Fig.1 – Analisi spettrale confronto evento sirena passaggio camion

## **MODELLO DI CALCOLO – VERIFICA STATO ATTUALE E PREVISIONE SCENARIO FUTURO**

A partire dai dati acustici rilevati si è esaminata la possibilità di migliorare le prestazioni acustiche dell'attuale sistema tramite la ricollocazione di alcune sirene già attive presso le aziende, nonché l'aggiunta di nuove sirene all'interno dell'area di attenzione; a tale scopo si è proceduto a studiare previsionalmente una nuova configurazione del sistema capace di rispondere ai requisiti di udibilità precedentemente citati.

Per la previsione si sono sfruttate le potenzialità del software Bruel & Kjaer "Predictor v.4.02" in accordo con gli algoritmi di calcolo indicati dalla direttiva europea 2002/49/CE del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

In particolare, per le sorgenti sonore industriali fisse (sorgenti che meglio approssimano il suono del sistema di allarme), viene utilizzato il metodo di calcolo indicato nella norma ISO 9613-2: «Acoustics — Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation».

Il modello matematico integrato nel software calcola il campo del livello di pressione sonora equivalente ponderata in curva A, generato da sorgenti fisse su un reticolo di calcolo bidimensionale, e permette la valutazione dei numerosi effetti descritti dagli algoritmi contenuti nella ISO 9613. A tale scopo, si è partiti dalle seguenti ipotesi semplificative, di cautela o di approssimazione:

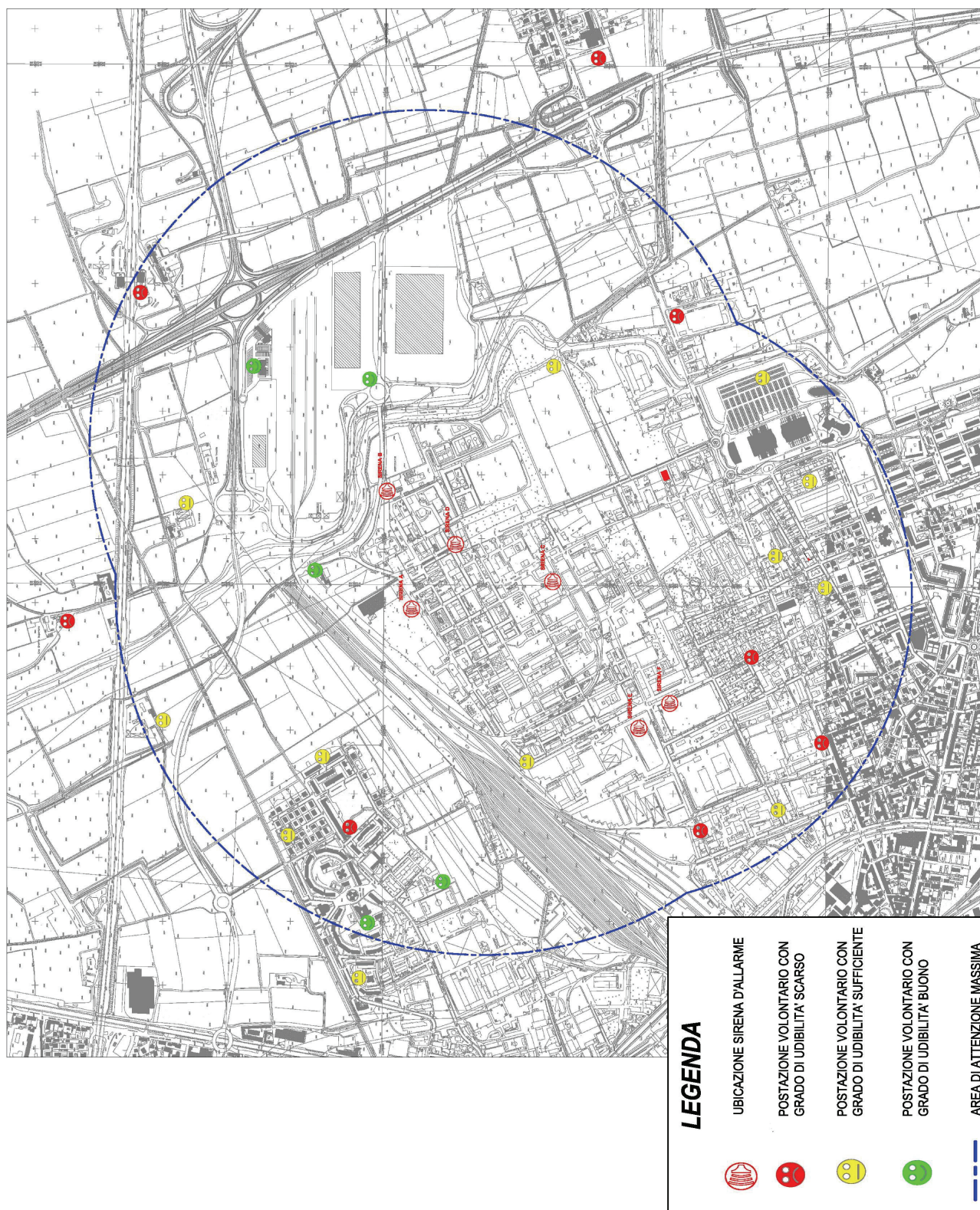
- tutti gli oggetti passivi inseriti nel modello, in conformità alle possibilità grafiche del software, sono stati rappresentati da corpi a forma di parallelepipedo; nel caso di edifici con tetti a spiovente, la dimensione verticale del tetto non è stata considerata;
- in fase di taratura del modello revisionale, si è empiricamente verificato che per migliorare la confrontabilità della simulazione ai dati misurati è necessario ipotizzare, per tutti gli edifici, un coefficiente di riflessione pari a 0 per le frequenze sino a 500 Hz e pari a 0,6 per le frequenze superiori. Sempre per avvicinare la simulazione alla realtà misurata, si è adottato, come metodo di calcolo della attenuazione provocata dalle aree di terreno non occupate da specifici elementi passivi (edifici, strutture in cemento, ...), il metodo alternativo in accordo con la norma ISO;
- per migliorare la confrontabilità del modello con la realtà misurata, si è dovuto considerare una attenuazione di 3 dB(A) alla frequenza di emissione caratteristica (500 Hz) delle sirene poste all'interno del tessuto urbanizzato. Tale criterio di cautela è stato applicato anche per le sirene di futura installazione previste nel tessuto urbano di Novara.

I risultati delle simulazioni (stato attuale e futuro) sono riportati in forma grafica rispettivamente negli allegati 2 e 3. Le mappe acustiche raffigurate rappresentano l'andamento delle curve isofoniche prodotte alla quota di 2 metri dal piano di calpestio nell'ipotesi di funzionamento congiunto di tutte le sirene installate nell'area d'interesse. In allegato 4 viene riportata l'indicazione sull'andamento dei livelli differenziali (livello sonoro riscontrabile in fase di allarme sottratto del rumore residuo di fondo) riscontrabili nell'intera area oggetto di indagine nel futuro scenario del sistema di allarme. Come si evince dagli elaborati grafici è possibile sostenere che l'aggiunta di 4 sirene nell'area di attenzione e la sostituzione e/o il riposizionamento di alcune sirene già attualmente installate presso le aziende a rischio di incidente rilevante, permette di rispettare tutti i criteri di udibilità definiti precedentemente.

Si sottolinea che, per quanto riguarda la stima del grado di confidenza del modello con la reale situazione futura di allarme, è ragionevole sostenere un errore simile a quanto riscontrato in fase di "taratura" del modello di simulazione dell'attuale situazione di allarme; tale stima (+/- 3,5 dB(A)) porta a concludere che anche nelle postazioni più critiche i criteri B e C sono sempre rispettati fornendo in tutti i casi un grado di udibilità sempre sufficiente.

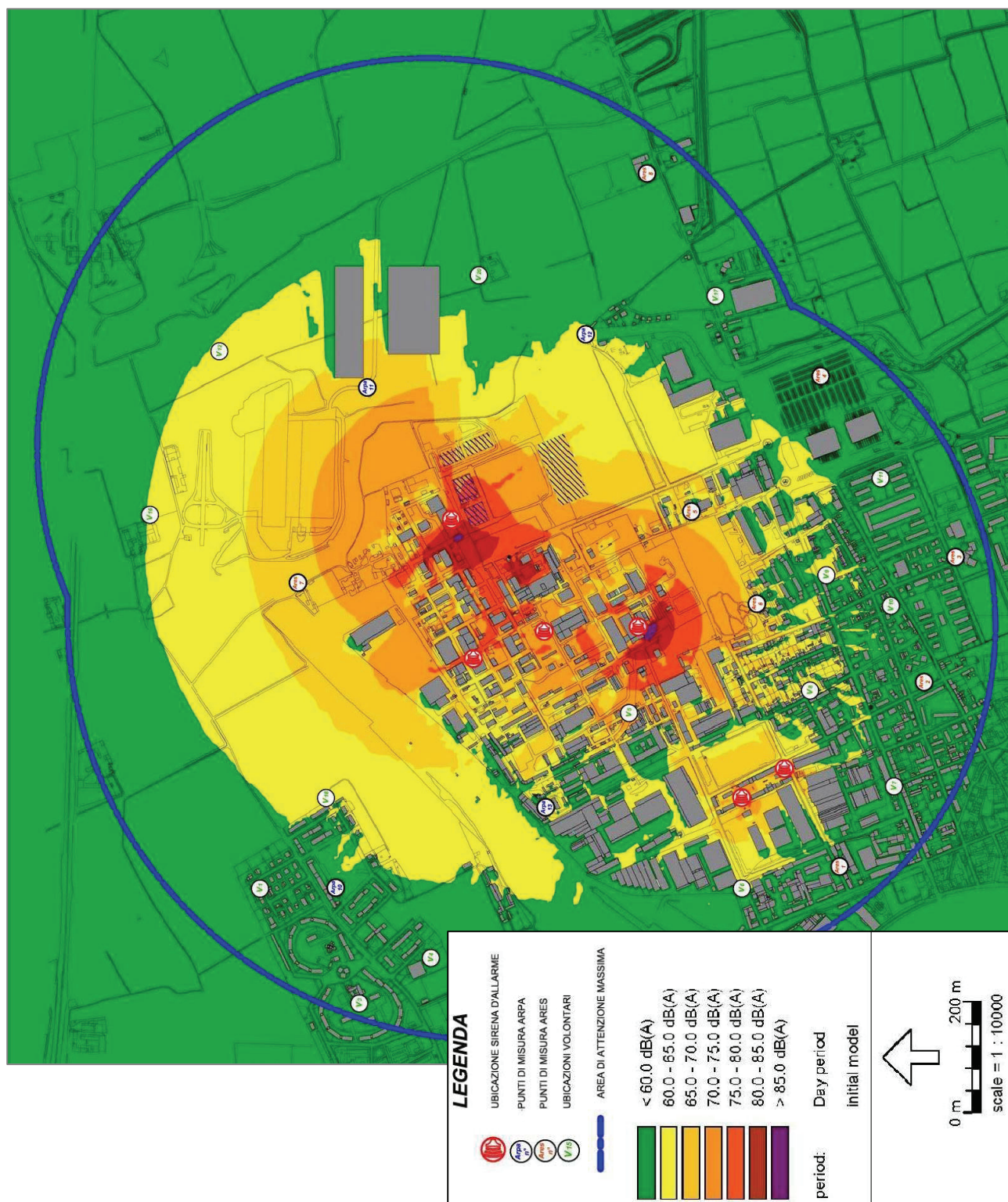


## Allegato 1 – Area di indagine e indicatore uditori



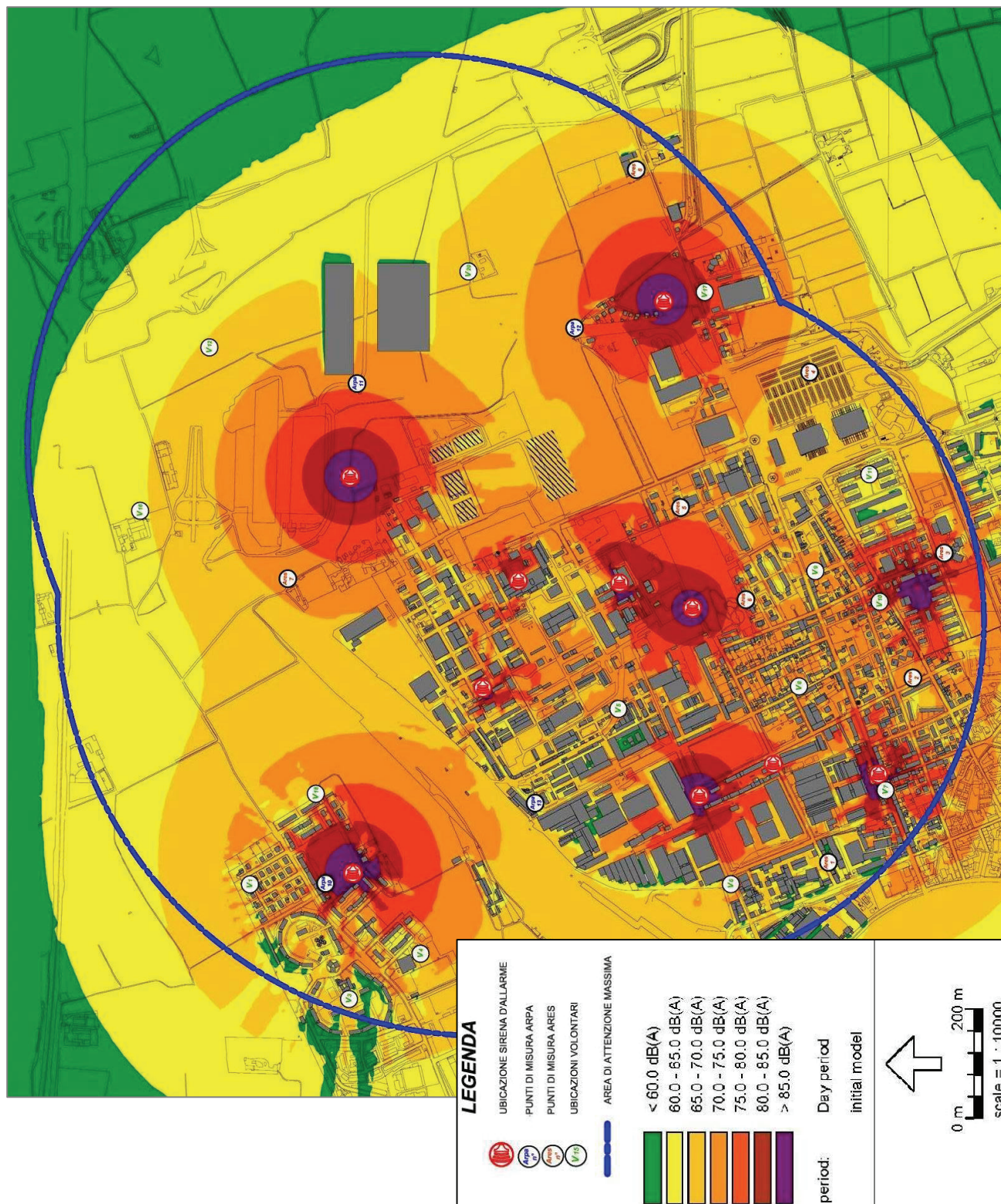


Allegato 2 – Mappa acustica stato attuale





Allegato 3 – Mappa acustica scenario futuro





Allegato 4 – Mappa acustica criterio differenziale scenario futuro

