



DIVISIONE PRODUZIONE  
INGEGNERIA

**C.le di PIOMBINO (LI)**

**Caratterizzazione acustica del territorio circostante  
l'impianto e verifica del rispetto dei limiti di legge**

## **SUPPORTO TECNICO SPECIALISTICO**

**POLO AMBIENTE, MATERIALI E LABORATORIO CHIMICO**

Accreditamento UNI CEI EN 45001 n° 0113-SINAL  
Certificazione UNI EN ISO 9001 n° 9175-CSQ  
Certificazione BS EN ISO 9001 FS 38408-BSI

PIACENZA  
Via N. Bixio n. 39

**Impianto:** C.le di PIOMBINO (LI)

**Titolo:** Caratterizzazione acustica del territorio circostante l'impianto e verifica del rispetto dei limiti di legge

**Commessa:** 315/98

**Richiedente:** PDT/CEN

**Sommario**

Su richiesta dell'ENEL PDT/CEN, PIN/STS/AML di Piacenza ha effettuato un'indagine di caratterizzazione delle emissioni/immissioni acustiche dell'impianto di Piombino (LI), funzionante con quattro gruppi in diverse condizioni di carico, allo scopo di verificare il rispetto dei limiti previsti dalla vigente normativa in materia di inquinamento acustico.

L'indagine è stata svolta attraverso rilievi in campo ed applicazioni modellistiche secondo la metodologia messa a punto dall'Università di Perugia e approvata dal Ministero dell'Ambiente.

I livelli di emissione e differenziale calcolati dal modello sono risultati ovunque inferiori ai corrispondenti limiti. La proposta di zonizzazione avanzata dal comune di Piombino non risulta ovunque congrua con i livelli di immissione acustica complessiva attualmente presenti, valutati, con modello matematico, sulla base delle emissioni della centrale e del traffico veicolare; peraltro tale situazione non si verifica nei punti "sensibili al rumore", in prossimità delle abitazioni, dove i limiti assoluti di immissione risultano sempre rispettati.

Distribuito a:

Polo AML: Archivio Generale; polo AML: STR;  
PCT CEN – Ing. Magnanini

Descrizione revisione:

0	27/10/99	<i>STR:RZ</i>	<i>MM</i>					<i>STR:RZ</i>
REV	DATA	INCARICATO	RD	INCARICATO	RD	INCARICATO	RD	RC/RG

## 1. PREMESSA E SCOPI

Su richiesta dell'ENEL PDT-CEN (prot. A98001855), PIN/STS/AML di Piacenza ha effettuato un'indagine di caratterizzazione delle emissioni/immissioni acustiche dell'impianto di Piombino (LI), funzionante con quattro gruppi in diverse condizioni di carico, allo scopo di verificare il rispetto dei limiti previsti dalla vigente normativa in materia di inquinamento acustico.

Nella presente relazione tecnica sono riportati i risultati dell'indagine sperimentale svoltasi mediante tre campagne di misura effettuate tra Gennaio e Luglio 1999.

## 2. APPROCCIO METODOLOGICO

La caratterizzazione acustica del territorio circostante una centrale termoelettrica, ai fini della verifica del rispetto dei limiti di legge, viene effettuata sia mediante rilievi sperimentali in punti ubicati all'esterno e sul confine dell'impianto, sia mediante calibrazione e applicazione di modelli matematici previsionali, utilizzati per interpolare i dati sperimentali.

Le modalità di scelta dei punti di misura, di taratura e applicazione dei modelli matematici e i criteri di verifica della correttezza dei risultati sono definite nella metodologia messa a punto dall'Università di Perugia e approvata dal Ministero dell'Ambiente con lettera del 15/9/98 (prot. N. 3544/98/SIAR).

### 2.1. ANALISI DELLA LEGISLAZIONE VIGENTE

Il quadro di riferimento normativo cui si deve far riferimento per le valutazioni di adeguatezza degli impianti termoelettrici comprende:

- la legge quadro sull'inquinamento acustico (legge 447/95);
- il DMA 11/12/96 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo";
- il DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore";
- il DMA 16/03/98 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico" e
- il DPCM 1/3/91 limitatamente a quei Comuni che non hanno ancora effettuato la classificazione del territorio, come previsto dall'art. 6 della legge quadro 447/95.

La legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge 447/95) definisce sia le competenze degli enti pubblici che esplicano le azioni di pianificazione e controllo, sia dei soggetti pubblici o privati che possono essere causa di inquinamento acustico. Essa ha introdotto oltre ai limiti di immissione (assoluti e differenziali), già contemplati nel DPCM 1/3/91, anche i limiti di emissione e i valori di attenzione e di qualità. I valori limite di emissione costituiscono una novità che interessa direttamente le centrali ENEL; essi rappresentano "il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa".

Il DPCM 14/11/97 ha fissato i valori limite assoluti di immissione e i valori limite di emissione, facendo riferimento a 6 zone di destinazione d'uso (Tabelle B e C del decreto). Con riferimento ai limiti di emissione il decreto stabilisce che "i rilevamenti e le verifiche sono effettuati in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità". Le verifiche del rispetto dei limiti di emissione quindi, dovendo essere effettuate in spazi utilizzati da persone e nello stesso tempo nelle immediate vicinanze della sorgente sonora, si intendono riferite unicamente a punti ubicati sul confine di proprietà degli impianti ENEL.

Nello stesso decreto, all'art. 4, sono definiti i valori limite differenziali di immissione pari a 5 dB(A) nel periodo diurno e 3 dB(A) per quello notturno.

Il DMA 11/12/96 esonera le centrali in esercizio dalla verifica del rispetto del criterio differenziale, a patto che siano rispettati i valori assoluti di immissione. Non si applica per gli impianti di nuova costruzione.

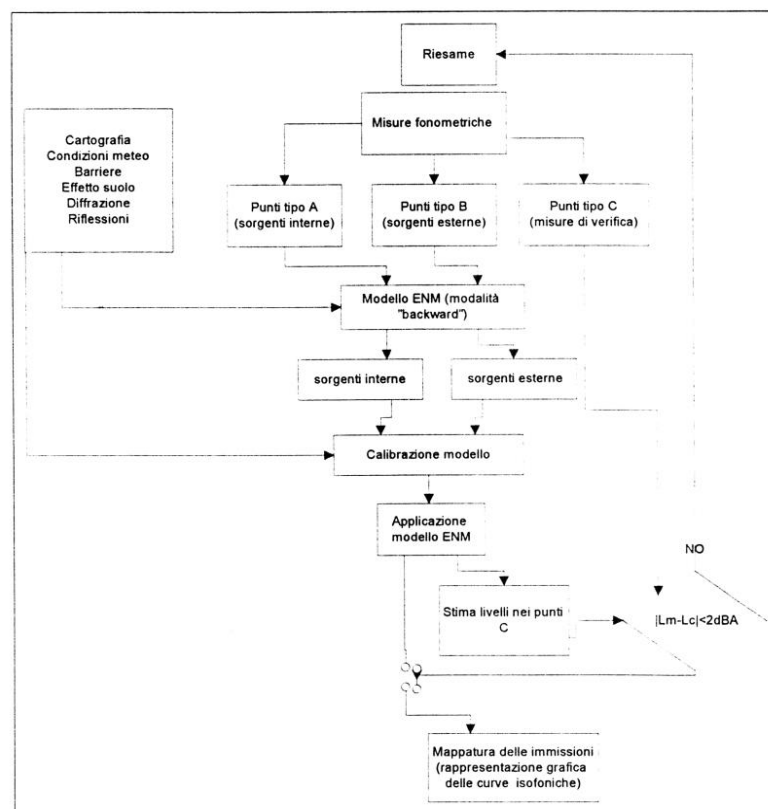
Il DMA 16/03/98 definisce le tecniche di rilevamento da adottare per la misurazione dei livelli di emissione ed immissione acustica, della impulsività dell'evento, della presenza di componenti tonali e/o di bassa frequenza.

Il DPCM 1/03/91 viene ancora applicato nei casi in cui non sia stata ancora realizzata la classificazione acustica del territorio comunale e quindi si debba utilizzare la vecchia suddivisione in 4 zone di cui all'art. 6 del suddetto DPCM e all'art. 2 del DM 02/04/68.

## 2.2. METODOLOGIA PREDISPOSTA DALL'UNIVERSITÀ DI PERUGIA

La metodologia predisposta dal CIRIAF (Centro Interuniversitario per la Ricerca sugli Inquinamenti da Agenti Fisici – Università di Perugia) consente di caratterizzare il rumore ambientale nell'area circostante un impianto termoelettrico utilizzando, come richiesto dal Ministero (lettera del 5/6/96 prot. N. 2657/96/SIAR), "oltre ad una serie di misure, anche un modello matematico previsionale". La metodologia è stata applicata per la prima volta nell'estate 1997 alla centrale di Vado Ligure e i risultati dell'indagine (contenuti nella Relazione Tecnica ENEL n. 212VL11699 e nel Rapporto n. 22 dell'Università di Perugia) sono stati inviati al Ministero dell'Ambiente che ne ha approvato i contenuti e ha dichiarato che la metodologia può "essere utilmente impiegata in altre situazioni analoghe".

Essa si articola in cinque fasi (vedi diagramma di flusso seguente):



1. effettuazione di rilievi sperimentali volti a caratterizzare la rumorosità ambientale e le emissioni acustiche delle singole sorgenti;
2. analisi ed elaborazione dei dati per stimare le potenze acustiche delle sorgenti individuate (calibrazione del modello),
3. applicazione del modello matematico calibrato, per calcolare le immissioni acustiche in tutto il territorio circostante,

4. verifica della corretta applicazione della metodologia mediante confronto tra livelli di rumore misurati durante le campagne e livelli calcolati dal modello in un certo numero di punti di controllo non utilizzati in fase di calibrazione del modello stesso,
5. rappresentazione cartografica delle immissioni acustiche mediante mappe isofoniche sovrapposte alla planimetria del territorio.

### **2.3. STIMA DEI LIVELLI DI EMISSIONE, DI IMMISSIONE E DIFFERENZIALE**

I livelli di emissione, immissione e differenziale possono essere calcolati direttamente dal modello matematico o stimati da misure di rumore effettuate in campo. Nel secondo caso si procede come di seguito riportato.

#### **2.3.1. Livelli di emissione**

I punti rappresentativi delle emissioni sono localizzati lungo la barriera antisabotaggio dell'impianto ENEL, in corrispondenza di zone utilizzabili da persone e comunità (DPCM 14.11.97 art.2). Non vengono presi in esame punti localizzati al limite della recinzione confinanti con spazi che, allo stato attuale, non si configurano utilizzabili da persone e comunità come ad esempio luoghi inaccessibili, terreni coltivati, corpi idrici ecc., purché essi non siano oggetto di particolari restrizioni legislative.

Tenuto conto del carattere stazionario del rumore emesso dalle centrali e della vicinanza dei punti di misura al confine e quindi alle sorgenti dell'impianto, il livello  $L_{A95, TM}$  (con TM = tempo di misura) può ritenersi una stima accettabile dell'emissione. Rispetto al  $L_{Aeq}$  il  $L_{A95}$  consente di escludere "eventi sonori di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona"; in particolare consente di escludere il contributo acustico del traffico stradale e ferroviario che è tipicamente non stazionario.

#### **2.3.2. Livelli di immissione**

I livelli di immissione si riferiscono di norma a punti ubicati nelle immediate vicinanze di singole abitazioni o di centri abitati, ma possono riferirsi anche ad aree non edificate, purché frequentate da persone o comunità.

Dato che per legge i livelli di immissione da confrontare con i limiti debbono riferirsi all'intero periodo di riferimento diurno o notturno, la stima viene fatta utilizzando la tecnica detta per campionamento (media logaritmica pesata dei valori di  $L_{Aeq, TM}$  rilevati in alcuni periodi significativi della giornata) o per registrazione continua dei livelli acustici (in questo caso il livello di immissione è dato da  $L_{Aeq, TR}$ ). I livelli globali di immissione così stimati vengono corretti per la presenza di componenti impulsive, tonali e/o di bassa frequenza.

#### **2.3.3. Livelli differenziali**

Non essendo possibile in generale procedere alla misurazione del rumore all'interno di abitazioni private, la stima del rumore differenziale viene effettuato a partire dai livelli di rumore misurati all'esterno, sul lato rivolto verso la sorgente.

Dal valore di rumore ambientale misurato in esterno viene detratta (logaritmicamente) l'immissione dovuta alla centrale, ottenendo il valore di rumore residuo. Il livello differenziale si ottiene quindi per differenza aritmetica tra il livello di rumore ambientale (immissione) e il livello di rumore residuo. La stima viene effettuata sia in periodo diurno che notturno.

## 2.4. VERIFICA DEL RISPETTO DEI LIMITI DI LEGGE

Nei casi in cui il territorio sia già stato zonizzato come previsto dalla Legge 447/95, si procede al confronto tra i valori di immissione, emissione e differenziali, calcolati dal modello matematico o misurati, e i corrispondenti limiti di legge, mentre se il territorio non risulta ancora zonizzato, si applica, in via transitoria, quanto previsto all'art. 6 del DPCM 1.3.91.

In tutti i casi il rispetto dei limiti di immissione rende gli impianti a ciclo produttivo continuo esenti dalla verifica del rispetto del criterio differenziale purché essi siano preesistenti all'entrata in vigore del DMA 11/12/96.

## 3. APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA ALLA CENTRALE DI PIOMBINO

L'impianto di Piombino sorge lungo il litorale tirrenico su di un'area pianeggiante a Sud dell'omonimo centro abitato ed è costituito da quattro gruppi termoelettrici della potenza di 320 MW ciascuno. L'area ENEL è delimitata a Nord dalla strada comunale detta "della base geodetica", a Sud dal litorale, ad Ovest da un canale irriguo denominato "Fosso Cosimo" e ad Est da una strada che consente l'accesso alla spiaggia.

Nel territorio si riscontrano, quali potenziali sorgenti di rumore specifiche:

- l'attività connessa all'esercizio dell'impianto ENEL;
- il traffico stradale sul tracciato della strada comunale detta "della base geodetica";
- le attività antropiche e le lavorazioni agricole presso alcuni insediamenti rurali esistenti nell'area circostante e, in misura meno rilevante;
- gli insediamenti industriali situati a Nord dell'impianto.

Il tracciato della strada comunale corre rettilineo per un lungo tratto frontale all'impianto; il traffico su di essa, di intensità variabile nell'ambito delle 24 ore, è costituito in buona parte da automezzi leggeri. Vi è tuttavia una significativa componente di traffico pesante, anche in periodo notturno, facente capo agli insediamenti industriali situati in direzione di Piombino.

Le abitazioni private sorgono ai lati di tale arteria e risultano notevolmente influenzate dal rumore generato dal traffico.

### 3.1. CAMPAGNE DI MISURA

Nella presente indagine, svoltasi tra Gennaio e Luglio '99, sono state effettuate misure di rumore ambientale secondo le modalità previste dal DMA 16/03/98 "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*".

Per caratterizzare le emissioni delle principali sorgenti acustiche ENEL e per verificare i risultati ottenuti dalla modellazione, sono state effettuate misure di rumore in:

- n° 7 postazioni tipo A (per la caratterizzazione delle sorgenti di rumore interne all'impianto ENEL);
- n° 12 postazioni tipo C (punti di controllo) ed;

Sono stati inoltre effettuati rilievi in n° 1 postazione di tipo B per la caratterizzazione della strada comunale "della base geodetica".

I risultati dettagliati della campagna sono contenuti nel Rapporto di Prova 700E500075 allegato alla presente relazione.

In fig.1 è riportata la mappa del territorio interessato dall'indagine con l'ubicazione di tutti i punti di misura.

Il personale coinvolto nelle prove è accreditato del riconoscimento di "Tecnico competente in acustica ambientale", ai sensi dell'art.2 comma 7 della Legge 447/95.

Le modalità di misura sono descritte nelle procedure tecniche 700QT00332, 700QT00803, 700QT796. Gli strumenti usati (analizzatore B&K 2143, fonometri B&K 2231 e B&K 2260, microfoni B&K 4165 e B&K 4189, calibratore B&K 4231) sono tarati e forniti di certificato SIT.

### **3.1.1. Metodologia di misura e circostanze dei rilievi**

In tutti i punti di misura è stato rilevato il "Livello di rumore ambientale  $L_A$ ": sia con tecnica di campionamento che con integrazione continua (All. B par 2 DMA 16/3/98).

I livelli misurati sono stati quindi corretti per tenere conto delle presenza di rumori con componenti impulsive, tonali o di bassa frequenza (All. A punto 15 DMA 16/3/98).

I rilievi nei punti di calibrazione del modello ed in quelli di verifica sono stati effettuati con i quattro gruppi al carico nominale (320 MW c.a.) in periodo diurno e a carichi medio-bassi (150 MW) in periodo notturno, rispettivamente durante le campagne di Gennaio e Luglio '99.

La rumorosità prodotta dalla strada è invece stata caratterizzata mediante rilievi globali e spettrali a lungo termine in una postazione, denominata B1, ubicata a 50 m dall'asse della strada e a circa 1100 m dall'impianto. Per minimizzare l'influenza dell'impianto alla rumorosità ambientale, i rilievi sono stati effettuati, in occasione del funzionamento di uno o due gruppi.

In particolare durante la prima fase di tali rilievi (26/2÷1/3/99) è risultato in servizio il solo Gr.1, mentre a partire dal giorno 1/3 è stato avviato anche il Gr.3.

### **3.1.2. Risultati dei rilievi**

Durante le campagne di misura non sono mai stati segnalati dagli operatori eventi sonori impulsivi e dall'analisi degli spettri acustici in bande di 1/3 di ottava, non sono riscontrabili componenti tonali e/o di bassa frequenza. I fattori correttivi  $K_i$ ,  $K_T$ ,  $K_B$  (All. A punto 15 DMA 16/3/98) sono quindi tutti uguali a zero.

Durante i rilievi notturni nella campagna di Luglio '99, in special modo nei punti E7, E8, E9 ed E20, situati in vicinanza di distese erbose, è stato riscontrato un intenso e pressoché continuo frinire di grilli, che si evidenzia a livello spettrale, con una forte caratterizzazione della banda a 3150 Hz ed adiacenti sia per quanto riguarda il livello equivalente che i percentili.

#### **3.1.2.1. Punti di tipo A per la taratura delle sorgenti ENEL**

Nella tabella I si riportano sinteticamente i risultati globali (livello equivalente ( $L_{Aeq}$ ) e livello corrispondente al 95° percentile della distribuzione retrocumulata dei livelli sonori ( $L_{A95}$ )) delle misure eseguite nei punti di tipo A (fig. 1). L'altezza microfonica, salvo ove diversamente specificato, è stata posta pari a c.a. 1.5 m dal suolo.

**Tab. I – Livelli globali rilevati nei punti di tipo A**

<i>Punto</i>	PERIODO DIURNO		PERIODO NOTTURNO	
	<i>L<sub>Aeq, 4 minuti</sub></i> (dB)	<i>L<sub>A95</sub></i> (dB)	<i>L<sub>Aeq, 3 minuti</sub></i> (dB)	<i>L<sub>A95</sub></i> (dB)
<b>E1</b>	<b>46.3</b>	43.2	<b>45.1</b>	43.7
<b>E4</b>	-	-	<b>56.1</b>	54.9
<b>E7</b>	<b>47</b>	45.7	<b>57.4</b>	55.8 <sup>1</sup>
<b>E8</b>	<b>46.6</b>	45.7	<b>53.2</b>	52.2 <sup>1</sup>
<b>E18</b>	<b>45.4</b>	44.2	<b>45.3</b>	43.4
<b>E19</b>	<b>53.1</b>	49.2	<b>51.9</b>	50.8
<b>E22</b>	<b>50</b>	48.7	<b>46.1</b>	45.2

**3.1.2.2. Punti di tipo B per la taratura dell'arteria stradale**

Nella seguente tabella vengono riportati i risultati delle misure nel punto B1 (Fig. 1), espressi come  $L_{Aeq}$  ed  $L_{A95}$  medio relativi al periodo diurno e notturno.

**Tab. II – Livelli globali rilevati nei punti di tipo B**

<i>Punto</i>	PERIODO DIURNO		PERIODO NOTTURNO	
	<i>L<sub>Aeq</sub></i> (dB)	<i>L<sub>A95</sub></i> (dB)	<i>L<sub>Aeq</sub></i> (dB)	<i>L<sub>A95</sub></i> (dB)
<b>B1</b>	<b>54.6</b>	43.4	<b>52.6</b>	45.5

**3.1.2.3. Punti di tipo C per la verifica del modello matematico**

Nella tabella III-1 sono riportati i livelli globali rilevati nei punti tipo C con tecnica di campionamento. L'altezza microfonica è da intendersi pari a 1.5 m, salvo ove diversamente specificato.

<sup>1</sup> Frinire di grilli nelle vicinanze



**Tab. III-1 – Livelli globali rilevati nei punti di tipo C con tecnica di campionamento**

Punto	PERIODO DIURNO		PERIODO NOTTURNO	
	$L_{Aeq,4 min.} (dB)$	$L_{A95} (dB)$	$L_{Aeq,3 min.} (dB)$	$L_{A95} (dB)$
E1b	43.5	39.7	-	-
E3	59.5	58.2	59.1	58.1
E5	56.6	55.2	56.1	54.3
E6	58.2	56.7	58.5	56.3
E9	46.1	43.7	45.3	43.0
E10	55.9	46.2	47.2	42.6
E12	68.5	47.7	41.1	38.0
E13	69.1	44.2	44.5	38.9
E17	51	37.7	42.5	39.2
E20	54.4	41.7	48.9	47.1
I2	46.9	43.6	45.4	36.5

Nelle postazioni E10, E12, E13 i livelli misurati sono stati influenzati dal transito di veicoli sulla strada comunale “della base geodetica” e, limitatamente ad E10 ed E12, dalla presenza di un restringimento di carreggiata regolato da segnale semaforico.

Nei punti E17 ed E20 il livello rilevato è influenzato dal transito di un autoveicolo nelle immediate vicinanze del punto su strade locali.

Nella tabella III-2 sono riportati, per ciascun tempo di riferimento, i risultati dei rilievi effettuati nel punto I1 con integrazione continua per la durata di oltre 30 ore. L'altezza microfonica è stata posta pari a di 4 m. I livelli rilevati in periodo diurno risentono dell'attività lavorativa presso l'impianto ittico Falesia. Sono stati esclusi i periodi di misura caratterizzati da fattori inusuali di disturbo.

**Tab. III-2 – Livelli globali rilevati nei punti di tipo C per integrazione continua**

Punto	PERIODO DIURNO		PERIODO NOTTURNO	
	$L_{Aeq,TR} (dB)$	$L_{A95} (dB)$	$L_{Aeq,TR} (dB)$	$L_{A95} (dB)$
I1	48.2	44.7	46.5	44.7

### 3.2. CALIBRAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO

Per “calibrazione” di un modello matematico del rumore ambientale si intende la determinazione degli spettri di potenza acustica da associare alle varie sorgenti considerate, a partire da dati rilevati sperimentalmente. Altri parametri dei modelli (quali in particolare il tipo di terreno e le condizioni atmosferiche di propagazione) sono determinabili a priori.

#### 3.2.1. Modello matematico ENM

Per il calcolo delle emissioni delle centrali è stato utilizzato il modello denominato *ENM WINDOWS* (Environmental Noise Model) della RTA Technology Pty. Ltd. che è basato sull'utilizzo di algoritmi semi-empirici sviluppati dall'esperienza di diversi ricercatori negli ultimi anni.

Sulla base di tali algoritmi il modello effettua il calcolo dei livelli di rumore nell'ambiente circostante le sorgenti in esame, considerando le caratteristiche emissive di queste ultime e le attenuazioni prodotte dall'ambiente stesso per mezzo di orografia e natura più o meno riflettente del terreno, ostacoli e barriere schermanti, nonché della meteorologia locale.

In particolare il modello ENM presenta alcune peculiarità che gli consentono di ricostruire fedelmente alcune delle condizioni di propagazione dell'onda acustica:

- possibilità di assegnare 12 diversi gradi di qualità acustica del terreno;
- possibilità di considerare la meteorologia locale inserendo i dati di intensità e direzione di provenienza del vento, temperatura ed umidità relativa dell'aria;
- calcolo dei fenomeni di diffrazione sia sui bordi orizzontali che verticali delle barriere;

Esistono, per contro, alcune limitazioni insite nel codice di calcolo, rappresentate da:

- assenza di riflessione acustica sulle superfici verticali;
- limite nella dimensione superficiale di una sorgente areale.

### 3.2.2. Planimetria del sito

La cartografia utilizzata nella creazione del file contenente l'orografia del territorio e l'ubicazione di edifici ed altri ingombri è costituita da:

- planimetria generale dell'impianto in formato DWG (scala 1:1000) in coordinate locali;
- carte CTR in formato DWG dell'area circostante l'impianto, in coordinate Gauss-Boaga.

Quest'ultima carta è stata adattata eliminando gli elementi grafici non necessari (ombreggiature, simboli e scritte) al fine di renderla compatibile per l'utilizzo modellistico. Il disegno così ottenuto, opportunamente scalato e rototraslato, è stato unito con quello relativo all'impianto, anch'esso precedentemente adattato e semplificato.

Sono stati quindi introdotti i riferimenti altimetrici e le dimensioni verticali dei principali edifici, ostacoli, barriere dell'impianto in modo da ottenere una rappresentazione tridimensionale dell'area in esame.

### 3.2.3. Definizione delle sorgenti incognite

Le sorgenti acustiche dell'impianto ENEL (sorgenti interne) considerate principali ed il cui livello di potenza viene calcolato in fase di calibrazione sono indicate in tab. IV.

Tutte le sorgenti sono considerate ad emissione isotropa.

**Tabella IV – Sorgenti acustiche dell'impianto ENEL utilizzate nella modellazione**

N°	Descrizione	Tipologia sorgente
1	Parete Sala Macchine (lato Nord)	4 sorgenti puntuali
2	Retro Caldaia gruppi 1+4 (lato Sud)	4 sorgenti puntuali
3	Parete sala Macchine (lato Ovest) + Caldaia Gr.4 (lato Ovest)	2 sorgenti puntuali
5	Parete sala Macchine (lato Est) + Caldaia Gr.1 (lato Est)	1 sorgente puntuale

### 3.2.4. Calcolo delle potenze incognite

Per la determinazione della potenza acustica delle sorgenti interne alla centrale sono state utilizzate le immissioni acustiche rilevate nei punti di tipo A in periodo diurno<sup>2</sup>, rappresentate dai

<sup>2</sup> Ad eccezione del punto E4 per quale, in mancanza del dato diurno, è stato utilizzato il notturno

valori del percentile  $L_{A50}$ . Si è scelto di utilizzare tale percentile in luogo di  $L_{A95}$  per tenere conto di eventuali variazioni periodiche del livello sonoro dovute a fenomeni di battimento. Le attenuazioni acustiche sono state calcolate, mediante il modello ENM, relativamente ad ogni punto di taratura.

Il calcolo è stato effettuato per bande di 1/3 d'ottava nel campo 25÷5000 Hz, adottando in *Input* i parametri rappresentativi di condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica riportati in Tab. V.

**Tabella V – Parametri ambientali utilizzati per la modellazione**

Parametro	Unità di misura	Valore
Gradiente termico verticale	°C/100 m	- 0.5
Velocità media del vento	m/s	0
Direzione del vento	°Nord	-
Temperatura dell'aria	°C	10
Umidità relativa	%	50

Al parametro Terrain Category che descrive la morfologia del territorio è stata attribuita la categoria 1 "Flat".

I valori globali di potenza acustica ottenuti per le diverse sorgenti sono riassunti in Tab. V, a fronte delle rispettive postazioni di misura utilizzate per la calibrazione.

**Tabella VI - Valori di potenza acustica delle sorgenti ENEL**

N°	Descrizione	Potenza acustica	Punti di calibrazione
1	Parete Sala Macchine (lato Nord)	109.4 (x 4)	E22
2	Retro Caldaia gruppi 1+4 (lato Sud)	108.7 (x 4)	E4
3	Parete sala Macchine (lato Ovest)+ Caldaia Gr.4 (lato Ovest)	119.7 <sup>3</sup>	E7, E8
4	Parete sala Macchine (lato Est) + Caldaia Gr.1 (lato Est)	118.7	E1, E18, E19

### 3.2.5. Modello RSL-90

I contributi alla rumorosità ambientale dovuti al traffico stradale sono stati dedotti mediante l'utilizzo di un modello matematico descritto nelle norme VDI, denominato *RSL-90* "Direttive per la protezione antirumore lungo le strade".

Il livello acustico medio stradale ( $L_m$ ) ad una certa distanza dall'asse stradale o della corsia è fornito dalla seguente formula:

$$L_m = L_{mE} + D_{S\perp} + D_{Bm\perp}$$

dove:

$L_{mE}$  è il livello di emissione acustica medio a 25 m dall'asse stradale che tiene conto della intensità di traffico, della tipologia dei veicoli, della velocità e delle caratteristiche del manto stradale;

$D_{S\perp}$  è un termine che tiene conto della distanza dall'asse stradale del punto di immissione e della fonoassorbente dell'aria;

<sup>3</sup> Valore relativo a 2 sorgenti della potenza rispettivamente di 114.1 e 118.4 dB(A)

$D_{B_{ML}}$  è un termine che tiene conto dell'attenuazione dovuta al tipo di terreno e alle condizioni atmosferiche.

La formula utilizzata dal modello è la seguente:

$$L_{mE} = 37.3 + 10 \log[M \cdot (1 + 0,082 \cdot p)] + D_v + D_{stro}$$

dove:

M intensità di traffico oraria per strade a una corsia e

p quota % di mezzi pesanti (camion con peso complessivo superiore a 3.5 t)

$D_v$  e  $D_{stro}$  sono fattori di correzione che tengono conto delle velocità dei veicoli e delle caratteristiche del manto stradale.

Il modello consente di tener conto, con l'inserimento di opportuni termini correttivi, anche delle eventuali riflessioni su barriere o schermature.

In presenza di svincoli, incroci o cantieri di lavoro regolati da impianti semaforici, il modello prevede l'introduzione di un termine correttivo che, per distanze da 40 a 70 m è pari a 2 dB(A)

In Tab. VII sono riportati i valori di traffico medio orario nell'arco del periodo di riferimento diurno e notturno ipotizzati per la strada comunale "della base geodetica", unica arteria interessata alla modellazione dello scenario circostante la centrale di Piombino.

**Tabella VII - Valori di traffico medio ipotizzato per la strada "della base geodetica"**

	PERIODO DIURNO	PERIODO NOTTURNO
Traffico orario medio (veicoli / ora)	120	75
% traffico pesante	10	10
Tipologia di manto (0=liscio 1=rugoso)	0	0
Limite velocità auto (Km/h)	90	90
Limite velocità mezzi pesanti (Km/h)	70	70

### 3.3. CONFRONTO CON I DATI SPERIMENTALI

In Tab. IX sono riportati i valori misurati nei punti C in periodo diurno a fronte dei risultati finali della modellazione, ottenuti sommando le immissioni della centrale ENEL, calcolate con ENM, alle immissioni del traffico stradale calcolate con il modello RLS-90.

Il valore riportato nella colonna "Totale" è da porre in confronto con il valore di livello equivalente ivi misurato e riportato nella seconda colonna. Nella colonna  $\delta$  della tabella sono riportati gli scostamenti tra i valori di  $L_{Aeq}$  misurati nei punti C e quelli calcolati (valori negativi indicano un livello calcolato superiore al misurato).

**Tabella VIII - Punti C: comparazione tra valori misurati e valori calcolati [dB(A)]**

Punto di Misura	Livello Misurato	Livello calcolato			$\delta$
		Centrale	Strade	Totale	
I1	48.2	45.2	41.4	46.7	+ 1.5
I2	46.9	37.2	48.5	48.8	- 1.9
E1b	43.5	42.8	30.9	43.1	+ 0.4
E3	59.5	57.3	trasc.	57.3	- 2.2
E5	56.6	57.6	trasc.	57.6	- 1.0
E6	58.2	59	trasc.	59	- 0.8
E9	46.1	43	40.7	45.0	+ 1.1
E10	55.9	39.7	55.0	55.1	+ 0.8
E12	67.2	42.4	69.3	69.4	- 2.2
E13	69.1	43.3	69.3	69.4	- 0.3
E17	39.7(*)	40.9	37.3	42.5	+ 2.8
E20	45.2(*)	45.3	45.1	48.2	- 3.0

(\*) Nei punti E17 ed E20 in luogo del valore di  $L_{Aeq}$ , influenzato dal transito di traffico locale, è stato utilizzato, per il confronto, il livello  $L_{A50}$ .

L'analisi della tabella mostra scostamenti misurato/calcolato sostanzialmente compresi tra  $\pm 2$  dB(A); fanno eccezione i punti E17+E20 in cui il livello misurato non è rappresentativo della reale rumorosità delle sorgenti modellate.

L'applicazione risulta quindi verificata secondo quanto previsto nella metodologia validata dall'Università di Perugia.

### 3.4. APPLICAZIONE DEL MODELLO CALBRATO

Disponendo a questo punto del modello calibrato e verificato, si può generare la mappa delle immissioni acustiche delle sorgenti (centrale + strada), in tutto il territorio circostante e/o calcolarne il contributo acustico in punti particolarmente significativi.

La mappa delle immissioni acustiche è stata ottenuta, per quanto riguarda la centrale con il programma ENM applicato in modalità *Contour calculation* e, per quanto riguarda la strada comunale, mediante gli algoritmi del modello RLS-90 trasferiti su foglio elettronico.

Il calcolo è stato effettuato ad una altezza dal suolo di 1.5 metri, utilizzando per ENM i parametri riportati in tab. IV, su un reticolo di punti avente passo 20 m; i contributi di centrale e strada sono stati quindi sommati logaritmicamente e rappresentati, attraverso curve isofoniche, mediante il pacchetto *Surfer32*.

In Fig. 2 sono riportate, sulla planimetria del sito, le curve isofoniche calcolate, relative al tempo di riferimento diurno e valide, in prima approssimazione, anche per il notturno.

Nella tabella seguente sono invece riportati i contributi alla rumorosità ambientale dovuti alla centrale ENEL ed alla strada "della base geodetica" calcolati dai modelli, in una serie di punti (fig. 2) ubicati:

- lungo la barriera antisabotaggio dell'impianto (punti A+L);
- in prossimità delle prime abitazioni (punti M+R).

Il calcolo è stato effettuato simulando condizioni tipiche del periodo diurno (vedi tab. V per i parametri ambientali e tab. VII per i dati di traffico) e notturno (gradiente termico verticale = 0 °C/100 m, umidità relativa = 80%, temperatura dell'aria 5 °C, brezza di terra con velocità pari a 1 m/s e dati di traffico di tab. VII).

**Tab. IX**

Punto	Livello calcolato					
	Centrale ENEL		Strade		Totale	
	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
A	52.6	53.9	31.2	29.1	52.6	53.9
B	49.9	50.4	33.3	31.3	50.0	50.5
C	46.8	45.6	35.3	33.3	47.1	45.9
D	46.0	42.6	37.8	35.8	46.6	43.4
E	53.5	52.1	37.8	35.8	53.6	52.2
F	54.3	53.5	35.1	33.2	54.4	53.5
G	49.5	49.0	33.0	31.0	49.6	49.1
H	63.2	64.5	31.3	29.3	63.2	64.5
I	58.1	60.0	29.8	27.8	58.1	60.0
L	58.7	60.0	30.5	28.5	58.7	60.0
M	41.9	39.8	55.2	53.2	55.4	53.4
N	39.0	37.2	53.8	51.8	54.0	51.9
O	35.7	34.7	52.4	50.3	52.5	50.5
P	39.6	38.1	56.2	54.1	56.3	54.2
Q	42.9	40.8	48.3	46.3	49.4	47.4
R	37.2	36.1	53.3	51.4	53.5	51.5

#### 4. VERIFICA DEL RISPETTO DEI LIMITI DI LEGGE

##### 4.1. ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO

Il comune di Piombino ha effettuato, nel Novembre 1994, la zonizzazione acustica del proprio territorio ai sensi dell'allora vigente DPCM 1/3/91.

L'area su cui insiste l'impianto è stata attribuita alla classe VI "aree esclusivamente industriali" (tabella A del DPCM 14.11.97), mentre alla strada comunale "della base geodetica" con le relative zone di pertinenza è stata attribuita la classe IV "aree di intensa attività umana".

Il territorio che fiancheggia l'impianto è stato inserito in parte nella classe III "aree di tipo misto" a cui vengono ascritte le "aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici" ed in parte nella classe I "aree particolarmente protette", in considerazione della presenza di zone di oasi di tutela faunistica gestite dal WWF. Il litorale è stato invece ascritto nella classe II "aree prevalentemente residenziali".

Tale zonizzazione non tiene conto di quanto indicato dalla legge quadro sull'inquinamento acustico (legge 447/95) che vieta il contatto di zone con limiti che si discostano per più di 5 dB(A). In particolare, in questo caso si può notare come sussistano, adiacenti all'impianto (classe VI), zone di classe I, II e III.

In fig. 3 è riportata la mappa del territorio circostante l'impianto con l'indicazione delle zone citate e le curve isofoniche calcolate.

#### **4.2. VERIFICA DEL LIMITE DI EMISSIONE**

In tutti i punti ubicati lungo la barriera antisabotaggio dell'impianto il limite di emissione corrispondente alla classe VI (zone industriali), pari a 65 dB(A) in periodo diurno e notturno, viene rispettato.

#### **4.3. VERIFICA DEI LIMITI DI IMMISSIONE**

Le curve isofoniche di fig. 3 individuano le aree all'esterno delle quali il contributo alla rumorosità ambientale di strada ed impianto è minore di un certo livello.

L'isofona 50 dB(A) delimita un'area, all'esterno della quale la rumorosità ambientale calcolata è inferiore a 50 dB(A). Affinché siano rispettati i limiti assoluti di immissione è necessario che tale isofona non intersechi in alcun punto aree a cui, nella proposta di zonizzazione comunale, sia stata attribuita la classe III o inferiore. Allo stesso modo l'isofona 45 dB(A) non deve mai intersecare aree a cui è stata attribuita la classe II e l'isofona 55 dB(A) aree di classe IV.

Dall'osservazione di fig. 3 si può notare che:

- la zona di tutela faunistica antistante l'impianto, allocata parte in classe I e parte in classe IV, è intersecata dalle isofone a 50, 55, 60 dB(A);
- il litorale, allocato in classe II, è interessato dalle isofone 45, 50, 55 dB(A);
- l'area agricola circostante l'impianto (classe III) è interessata dalle isofone 45 e 50 dB(A);
- nella fascia di rispetto ai lati della strada "della base geodetica" insistono le isofone a 55 e 60 dB(A).

Nei punti M+R, ubicati in prossimità delle abitazioni, i limiti assoluti di immissione risultano sempre rispettati.

#### **4.4. VERIFICA DEL LIMITE DIFFERENZIALE**

Nei punti prossimi alle abitazioni è stato calcolato il livello di rumore ambientale dovuto alle sorgenti modellate; da esso è stata detratta (logaritmicamente) l'immissione dovuta alla centrale, ottenendo il valore di rumore residuo. Il livello differenziale è stato ottenuto quindi per differenza aritmetica tra il livello di rumore ambientale (immissione) e il livello di rumore residuo. La stima è stata effettuata sia in periodo diurno che notturno. Nella seguente tabella si riportano i risultati del calcolo con i livelli differenziali stimati.

**Tabella X - Livelli di rumore ambientale, residuo e differenziale stimati in periodo diurno e notturno [dB(A)]**

Punto	PERIODO DIURNO		
	Rumore ambientale	Rumore residuo	Differenziale
M	55.4	55.2	0.2
N	54.0	53.8	0.2
O	52.5	52.4	0.1
P	56.3	56.2	0.1
Q	49.4	48.3	1.1
R	53.5	53.4	0.1

Punto	PERIODO NOTTURNO		
	Rumore ambientale	Rumore residuo	Differenziale
M	53.4	53.2	0.2
N	51.9	51.8	0.1
O	50.5	50.3	0.1
P	54.2	54.1	0.1
Q	47.4	46.3	1.1
R	51.5	51.4	0.1

In tutti i punti il livello differenziale risulta minore di 5 dB(A) in periodo diurno e minore di 3 dB(A) in periodo notturno.

## 5. CONCLUSIONI

I livelli di *emissione*, calcolati dal modello tarato lungo la barriera antisabotaggio dell'impianto, risultano, in periodo diurno e notturno, minori dei limiti previsti dal DPCM 14/11/97, per le zone industriali. Il limite differenziale, calcolato sia in periodo diurno che notturno in punti prossimi alle abitazioni circostanti la centrale, risulta ovunque rispettato.

La proposta di zonizzazione avanzata dal comune di Piombino non risulta ovunque congrua con i livelli di immissione acustica complessiva attualmente presenti, valutati con modello matematico, sulla base delle emissioni della centrale e del traffico veicolare; peraltro tale situazione non si verifica nei punti "sensibili al rumore", in prossimità delle abitazioni, dove i limiti assoluti di immissione risultano sempre rispettati.



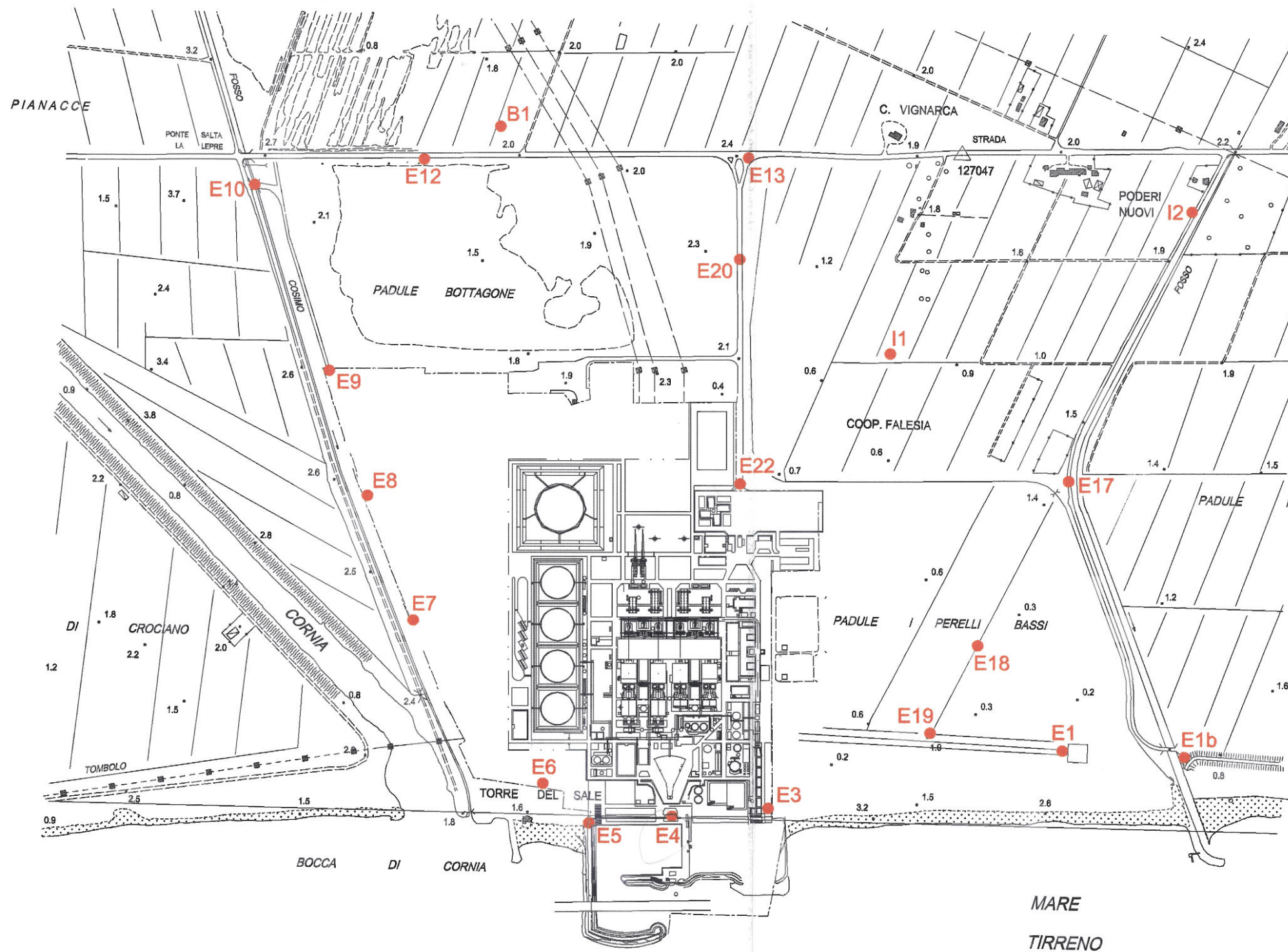


Fig. 1 - C.le di Piombino: ubicazione dei punti di misura del rumore ambientale

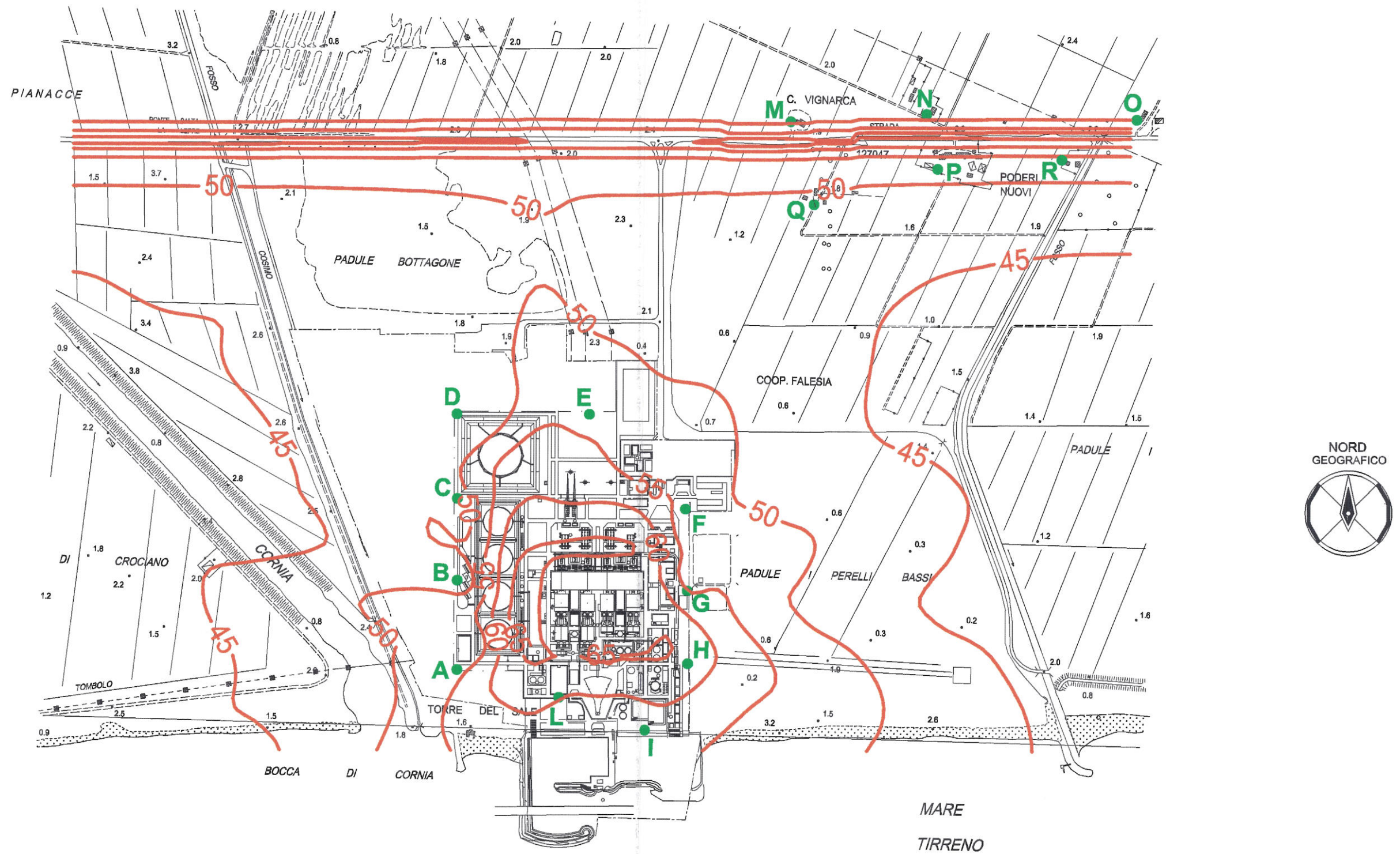


Fig. 2 - C.le di Piombino: curve isofoniche e punti di calcolo delle immissioni acustiche

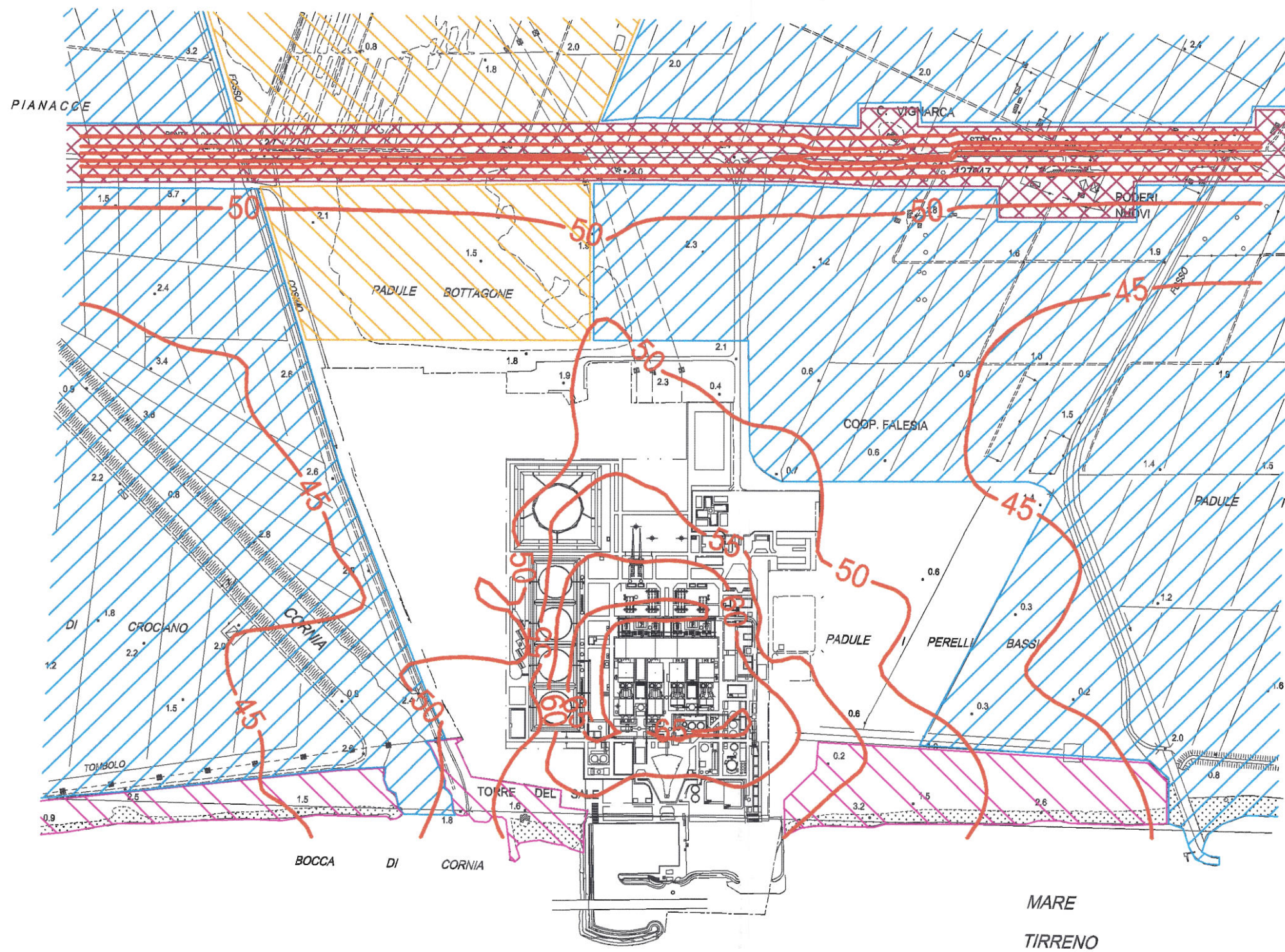


Fig. 3 - C.le di Piombino: zonizzazione acustica e curve isofoniche

# **ALLEGATO**

Rapporto di Prova n° 700E500075

**Laboratorio di prova: Rumore, vibrazioni e microclimaLV**

**Oggetto: C.LE DI PIOMBINO  
Misure di rumore nell'area circostante l'impianto**

**Committente: PDT Centro**

**Ordine: Prot. 003405**

**Commessa di lavoro: 315/98**

**Periodo di conservazione di questo documento: 5 anni.**

**VINCOLI DI RISERVATEZZA**

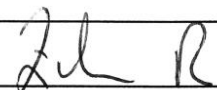
Ogni riproduzione parziale del presente Rapporto di Prova, deve essere esplicitamente autorizzata da ENEL – Polo AML .

I risultati riportati nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente ai campioni in oggetto.

Estrapolazioni dei suddetti risultati esulano dallo scopo di questo documento.

**27/8/99**

**ZILIANI ROBERTO**



**DATA**

**RESPONSABILE DEL LABORATORIO DI PROVA**

**FIRMA**

Il PGS della commessa 315/98 (richiesta PDT CEN prot. A98001855) prevede l'effettuazione di prove di rumore ambientale presso la centrale di Piombino (LI).

Il presente Rapporto contiene i risultati di 5 prove di livello equivalente e della distribuzione statistica del livello sonoro globale e per bande di frequenza eseguite, con diversi assetti impiantistici, in 20 postazioni di misura ubicate nell'intorno dell'impianto. Nel presente rapporto sono altresì riportate le relative informazioni al contorno rilevanti ai fini della garanzia di qualità.

L'indagine, effettuata in tre fasi nei periodi 17-18/1, 26/2+3/3 e 6+8/7/99, è stata condotta nelle postazioni elencate nel seguito<sup>1</sup> (vedi fig. 1):

- E1,E1b,E3+E10,E12,E13,E17,E18,E20,E22, situate all'interno del confine di proprietà ENEL e oggetto di precedenti rilievi (prove 315/98-1, 315/98-2 e 315/98-4);
- B1, all'interno dell'area adibita ad oasi faunistica del WWF, a 50 metri dall'asse della strada comunale prospiciente l'impianto (prova 315/98-3) con altezza microfonica pari a 3 metri;
- I1, lungo la recinzione dell'impianto ittico Falesia (prova 315/98-5), con altezza microfonica pari a 3 metri;
- I2, in corrispondenza dell'abitazione privata sita in strada Perelli (prova 315/98-4);

I rilievi nei punti E ed I1, I2 sono stati effettuati con i quattro gruppi al carico nominale (320 MW) in periodo diurno e a carico medio (150 MW c.a.) in periodo notturno.

Nel corso dei rilievi nel punto B1 il gr. 1 è risultato costantemente in servizio a carichi maggiori di 150 MW; a partire dal giorno 1/3 è stato avviato anche il Gr.3.

Si sono avute condizioni meteorologiche caratterizzate, in generale, da cielo sereno ed assenza di precipitazioni rilevanti. Specie nelle ore centrali della giornata si è registrata la presenza di vento, di intensità compatibile con l'effettuazione delle misure.

Le prove sono state eseguite applicando le seguenti procedure tecniche PIN UST AML:

Tipologia di prova	Procedura Tecnica
Determinazione di spettro di rumore in posizioni ed intervalli di tempo definiti	700QT00332
Prova di livello equivalente e distribuzione statistica del livello sonoro in termini globali e spettrali in intervalli di tempo e posizioni definiti	700QT00796
Prova della distribuzione statistica del livello sonoro ponderato A e del livello equivalente in intervalli di tempo e posizioni definiti	700QT00803

Tutte le prove sono state eseguite in ottemperanza a quanto riportato nel DMA 16/3/98 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico", da personale accreditato del riconoscimento di "tecnico competente in acustica ambientale", ai sensi dell'art.2 comma 7 della Legge 447/95.

Nelle tabelle successive sono riportati i livelli  $L_{Aeq}$  (livello continuo equivalente ponderato 'A') ed  $L_{A95}$  (95° percentile della distribuzione retrocumulata del livello sonoro ponderato 'A') rilevati nelle varie postazioni indagate e nelle varie fasi operative dell'impianto.

<sup>1</sup> Salvo ove diversamente specificato, è stata adottata l'altezza microfonica di 1.5 metri

**Tab. I – Valori di  $L_{Aeq}$  e di  $L_{A95}$  rilevati nei punti ubicati all'intero dell'area Enel**

Punto	PERIODO DIURNO		PERIODO NOTTURNO <sup>4</sup>	
	$L_{Aeq, 4\text{ minuti}}$ (dB)	$L_{A95}$ (dB)	$L_{Aeq, 3\text{ minuti}}$ (dB)	$L_{A95}$ (dB)
E1	46.3	43.2	45.1	43.7
E1b	43.5	39.7	-	-
E3	59.5	58.2	59.1	58.1
E4	-	-	56.1	54.9
E5	56.6	55.2	56.1	54.3
E6	58.2	56.7	58.5	56.3
E7	47	45.7	57.4	55.8 <sup>2</sup>
E8	46.6	45.7	53.2	52.2 <sup>2</sup>
E9	46.1	43.7	45.3	43.0 <sup>2</sup>
E10	55.9	46.2	47.2	42.6
E12	68.5	47.7	41.1	38.0
E13	69.1	44.2	44.5	38.9
E17	51	37.7	42.5	39.2
E18	45.4	44.2	45.3	43.4
E19	53.1	49.2	51.9	50.8
E20	54.4	41.7	48.9	47.1
E22	50	48.7	46.1	45.2

**Tab. II – Valori di  $L_{Aeq}$  e di  $L_{A95}$  medio rilevati nei punti esterni all'area Enel**

Punto	PERIODO DIURNO		PERIODO NOTTURNO	
	$L_{Aeq}$ (dB)	$L_{A95}$ (dB)	$L_{Aeq}$ (dB)	$L_{A95}$ (dB)
B1 <sup>3</sup>	54.6	43.4	52.6	45.5
I1 <sup>4</sup>	53.7	44.7	46.5	44.7
I2 <sup>4</sup> (t. di misura: 5 min.)	46.9	43.6	45.4	36.5

In allegato 1 sono riportati i Fogli Raccolta Dati delle prove effettuate recanti gli estremi della strumentazione utilizzata, le circostanze dei rilievi ed eventuali annotazioni degli operatori.

In allegato 2 si riportano i tabulati dei carichi orari dei gruppi.

Vengono di seguito riportati i risultati dettagliati di tutte le misure effettuate.

U:\ST\STRIZILIANI\ELABORATI\500075.doc

<sup>2</sup> Frinire di grilli nelle vicinanze

<sup>3</sup> Rilievo effettuato nel Marzo '99

<sup>4</sup> Rilievo effettuato nel Luglio '99

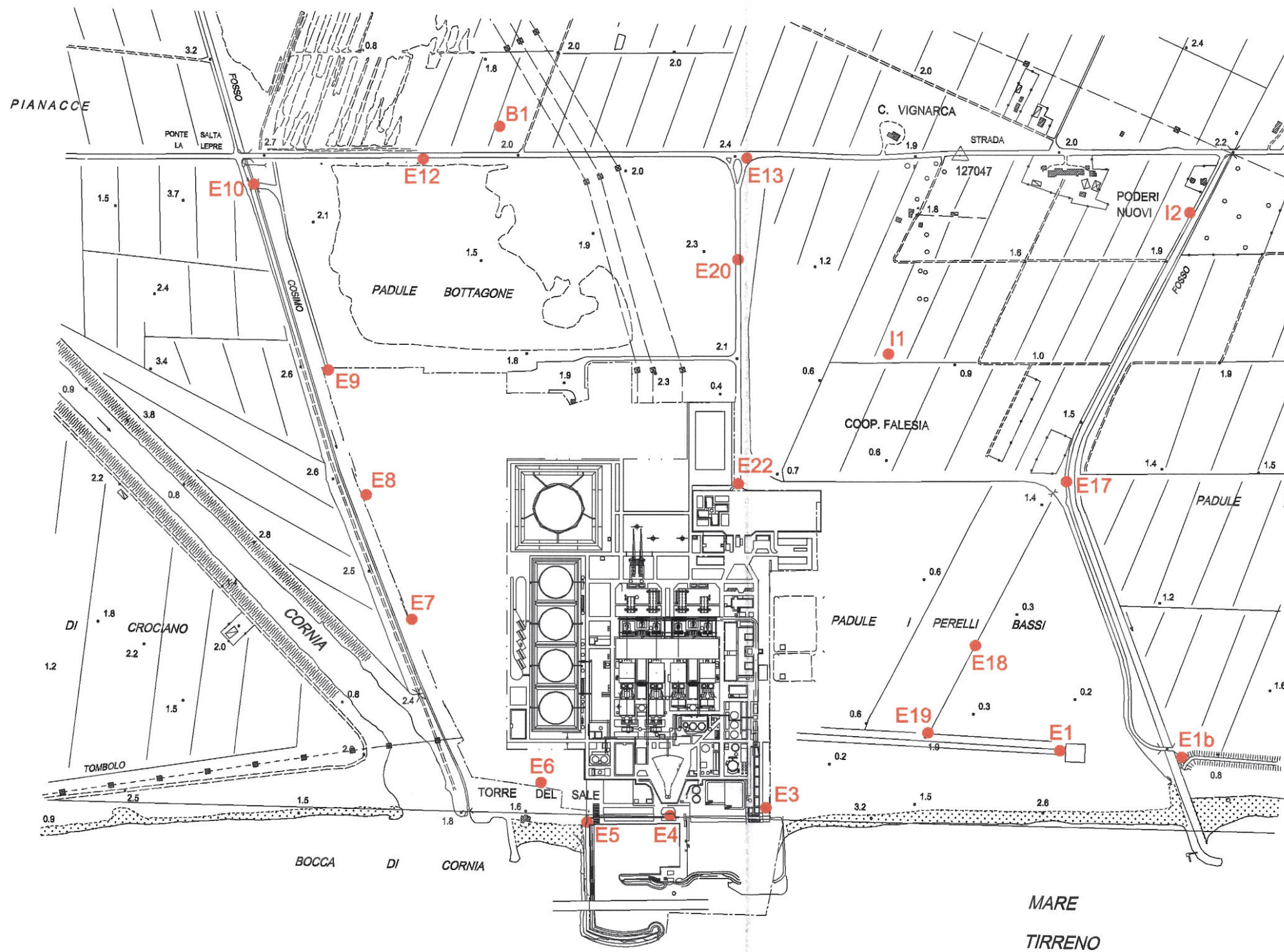


Fig. 1 - C.le di Piombino: ubicazione dei punti di misura del rumore ambientale



## RISULTATI DETTAGLIATI

Prova 315/98-1	punti E1,E1b,E3+E10,E12,E13,E17,E18,E20,E22
Prova 315/98-2	punti E1,E1b,E3+E10,E12,E13,E17,E18,E20,E22
Prova 315/98-3	punto B1
Prova 315/98-4	punti E1,E3+E10,E12,E13,E17,E18,E20,E22,I2
Prova 315/98-5	punto I1

pag. 5

pag. 7

pag. 25

pag. 31

pag. 41

} **OMISSIS**