

## **IDENTIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO**

**I N D I C E**

<b>1</b>	<b>QUADRO NORMATIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA AMBIENTALE .....</b>	<b>10</b>
2.1	UBICAZIONE DELL'IMPIANTO .....	10
2.2	AREA DI INDAGINE .....	12
2.2.1	Punti oggetto di indagine sperimentale .....	13
2.3	STATO DI ATTUAZIONE DELLA ZONIZZAZIONE ACUSTICA .....	14
2.4	CENNI DI CLIMATOLOGIA .....	16
<b>3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>17</b>
3.1	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....	17
3.2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	18
3.3	SORGENTI SONORE PRESENTI .....	20
3.4	FASI DI ESERCIZIO .....	23
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA CAMPAGNA SPERIMENTALE .....</b>	<b>24</b>
4.1	DATI STORICI.....	24
4.2	DEFINIZIONE DEI PUNTI DI MISURA .....	24
4.3	DESCRIZIONE DEI RILIEVI FONOMETRICI .....	26
4.3.1	Punto A.....	28
4.3.2	Punto B.....	29
4.3.3	Punto C.....	30
4.4	CONSIDERAZIONI .....	31
<b>5</b>	<b>VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO .....</b>	<b>32</b>
5.1	IL SOFTWARE PREVISIONALE .....	32
5.2	MODELLAZIONE DELLE SORGENTI .....	38
5.3	CALCOLO DEL LIVELLO SONORO INDOTTO DALL'IMPIANTO.....	40
5.4	CONFRONTO CON I LIMITI DI LEGGE .....	47
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>49</b>

## 1 QUADRO NORMATIVO

Il quadro normativo relativo al rumore risulta essere abbastanza vasto, poiché interessa numerosi settori, quali l'inquinamento acustico nell'ambiente esterno, i trasporti, la sicurezza sul lavoro, le caratteristiche dei macchinari, gli ambienti abitativi, le attività ricreative, ecc. Inoltre, è da tenere presente che oltre alle norme emanate a livello nazionale, esistono le leggi regionali e le direttive europee. La legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico", stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e abitativo, demandando a successivi regolamenti di esecuzione (noti come decreti attuativi) il compito di attuarli. In attesa dell'attuazione degli adempimenti previsti dalla legge quadro vengono conservate, eventualmente anche in maniera parziale, le norme precedentemente esistenti. Di seguito si riporta un elenco in ordine cronologico delle norme attualmente in vigore, ristretto a quelle che risultano di particolare interesse in campo ambientale.

### **Normativa nazionale**

- Decreto Interministeriale 2 aprile 1968, n. 1444: "*Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti, ai sensi dell'art. 17 della legge 6 agosto 1967, n. 765*", G.U. 16 aprile 1968, n. 97;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1° marzo 1991: "*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*", G.U. 8 marzo 1991, n. 57 (Serie generale);
- Legge del 26 ottobre 1995 n. 447: "*Legge quadro sull'inquinamento acustico*" G.U., 30 ottobre 1995, n. 254 (Supplemento ordinario) modificata da L. 9 dicembre 1998, n. 426;
- Decreto del Ministro dell'Ambiente 11 dicembre 1996: "*Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo*"; G.U. 4 marzo 1997, n. 52 (Serie generale);

- Decreto del Ministro dell'Ambiente 31 ottobre 1997: "*Metodologia di misura del rumore aeroportuale*"; G.U. 15 novembre 1997, n. 267;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997: "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*"; G.U. 1° dicembre 1997, n. 280;
- Decreto del Ministro dell'Ambiente 16 marzo 1998: "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*"; G.U. 1° aprile 1998, n. 76;
- Decreto del Presidente della Repubblica 18 novembre 1998, n. 459: "*Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario*", pubblicato nella G.U. 4 gennaio 1999, n. 2 (Serie generale);
- Decreto del Ministro dell'Ambiente 29 novembre 2000: "*Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore*", G.U. 6 dicembre 2000, n. 285 (Serie generale), modificato da DMATT 23 novembre 2001;
- Decreto del Presidente della Repubblica 30 marzo 2004, n. 142 "*Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447*";
- Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 1 aprile 2004: "*Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale*", G.U. 9 aprile 2004, n. 84;
- Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194 "*Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*". G.U. 23 settembre 2005, n. 222

### Normativa Regione Calabria

- Legge Regionale 12 agosto 2002, n. 34, Riordino delle funzioni amministrative regionali e locali. (BUR n. 15 del 16 agosto 2002, suppl. straordinario n. 1) - (Testo coordinato con le modifiche e le integrazioni di cui alle LL.RR. 11 gennaio 2006, n. 1, 24 novembre 2006, n. 15 e 5 gennaio 2007, n. 1);
- Deliberazione di Giunta Regionale n.31 del 1/02/2007, "Applicazione procedure relative al trasferimento delega della LR 34/2002 in materia di inquinamento acustico, atmosferico ed elettromagnetico"

### Normativa Unione Europea

- Direttiva 2002/49/CE del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale;
- Raccomandazione 2003/613/CE del 6 agosto 2003, concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità.

Con la legge quadro n. 447 vengono introdotti i concetti di:

- *valore limite di emissione da parte delle sorgenti fisse e mobili;*
- *valori limite di immissione in ambiente esterno o abitativo da parte di una o più sorgenti;*
- *valore di attenzione, segnalante la presenza di un potenziale rischio per la salute e per l'ambiente;*
- *valore di qualità, come valore da raggiungere nel più breve periodo compatibilmente con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili.*

Tali valori, riportati nella tabella 1/2 sono riferiti a classi di zonizzazione del territorio individuate nel DPCM del 1 marzo 1991, riportate nella seguente tabella 1/1.

<b>Classe di destinazione d'uso del territorio</b>	<b>Descrizione</b>
CLASSE I	aree particolarmente protette
CLASSE II	aree destinate ad uso prevalentemente residenziale
CLASSE III	aree di tipo misto
CLASSE IV	aree di intensa attività
CLASSE V	aree prevalentemente industriali
CLASSE VI	aree esclusivamente industriali

Tabella 1/1 Classificazione del territorio comunale secondo il DPCM 1 marzo 1991

<b>Valori di Leq in dB(A)</b>	<b>Tempi di riferimento</b>	<b>Classi di destinazione d'uso del territorio</b>					
		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
Limiti di emissione	Diurno (6 - 22)	45	50	55	60	65	65
	Notturmo (22 - 6)	35	40	45	50	55	65
Valori limite assoluti di immissione	Diurno (6 - 22)	50	55	60	65	70	70
	Notturmo (22 - 6)	40	45	50	55	60	70
Valori di qualità	Diurno (6 - 22)	47	52	57	62	67	70
	Notturmo (22 - 6)	37	42	47	52	57	70
Valori di attenzione riferiti a 1 h	Diurno (6 - 22)	60	65	70	75	80	80
	Notturmo (22 - 6)	45	50	55	60	65	75
Valori di attenzione riferiti al tempo di riferimento	Diurno (6 - 22)	50	55	60	65	70	70
	Notturmo (22 - 6)	40	45	50	55	60	70

Tabella 1/2 Valori limite di emissione, di immissione, di qualità e di attenzione secondo il DPCM 14 novembre 1997

Qualora i Comuni non abbiano ancora adottato la zonizzazione acustica si fa riferimento alla destinazione d'uso territoriale stabilita con Piano Regolatore, in accordo con i limiti riportati nella seguente tabella 1/3.

Destinazione territoriale		Periodo di riferimento	
		Diurno (6 – 22)	Notturno (22 – 6)
Territorio nazionale		70	60
Zona A	Parte del territorio che riveste carattere storico artistico o di pregio ambientale	65	55
Zona B	Le parti del territorio totalmente o parzialmente edificate diverse dalla zona A	60	50
Zona esclusivamente industriale		70	70

Tabella 1/3 Valori dei limiti massimi di  $Leq$  in dB(A). art. 6 DPCM 1 marzo 1991. Classi di destinazione d'uso del territorio secondo art. 2 del DM n. 1444 del 2 aprile 1968

Sulla base delle classificazioni del territorio sopra citate, per la valutazione del disturbo provocato da rumore, vengono applicati due diversi criteri:

- quello del superamento del limite assoluto (cfr. tab. 1/2);
- quello del superamento del valore differenziale tra il valore del livello  $Leq_{Ambiente}(A)$  con le sorgenti attive ed il livello  $Leq_{Residuo}(A)$  con le sorgenti non in funzione, secondo il prospetto seguente:

Criterio differenziale		
<b>Periodo diurno</b>	$Leq_{Ambiente} - Leq_{Residuo}$	< 5 dB (A)
<b>Periodo notturno</b>	$Leq_{Ambiente} - Leq_{Residuo}$	< 3 dB (A)

Vengono poi fissati i valori dei fattori correttivi in dB(A) dei livelli misurati, introdotti per tenere conto della presenza di rumori con componenti impulsive (+3 dB), componenti tonali (+3 dB), componenti tonali in bassa frequenza (ulteriori 3 dB), presenza di rumore tempo parziale (da applicare solo nel periodo diurno: -3 dB o -5 dB a seconda della durata). Mentre ogni effetto del rumore è da ritenere trascurabile se non è superato ciascuno dei livelli indicati nel prospetto seguente:

	<b>Finestre aperte</b>	<b>Finestre chiuse</b>
<b>Periodo diurno</b>	< 50 dB(A)	< 35 dB(A)
<b>Periodo notturno</b>	< 40 dB(A)	< 25 dB(A)

Il criterio differenziale, adottato nelle zone diverse da quelle esclusivamente industriali per la valutazione del disturbo all'interno dell'ambiente abitativo non è applicabile nelle seguenti situazioni, in cui si fa riferimento alla sola verifica del rispetto dei limiti di zona esistenti (DPCM 14 novembre 1997):

- quando, indipendentemente dalla sorgente, i livelli di rumore generati all'interno degli ambienti abitativi sono inferiori ad una fissata soglia (come da prospetto precedente);
- quando la sorgente sonora è un'infrastruttura stradale, ferroviaria, aeroportuale e marittima (tale disposizione risulta confermata dai decreti attuativi emanati successivamente, relativi a ciascuna infrastruttura);
- quando la sorgente sonora è connessa con attività che non sono produttive, commerciali e professionali;
- quando, negli edifici, la sorgente sonora è costituita da un servizio o impianto fisso adibito ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso (ad esempio centrale termica, sala macchine ascensore, ecc.).

Recentemente il MATT ha emanato la Circolare 6 settembre 2004 "*Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali*", in cui si tenta di fare chiarezza sulle incertezze generate dalle diverse impostazioni delle norme che si sono succedute. In particolare, invocando un atteggiamento di cautela, nella circolare si afferma:

- l'applicabilità dell'analisi differenziale anche nel regime transitorio di assenza di zonizzazione acustica;
- l'applicabilità dell'analisi differenziale per tutte le sorgenti sonore non esplicitamente escluse dal DPCM 14 novembre 1997.



**Prescrizioni Decreto Autorizzativo Ministero Attività Produttive n° 55/088/2004**

*Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio (DEC/DSA/2004/00376 del 30-04-2004)*

- Punto 3 – effettuare rilievi fonometrici con periodicità concordata con ARPA Calabria per la verifica dei limiti da rispettare sia in fase di cantiere che in fase di esercizio;
- Punto 4 – nel caso di superamento dei livelli attuare interventi di mitigazione per attenuare il livello acustico entro i limiti vigenti.

*Regione Calabria*

- Punto 9 – non superare i 70 dB(A) nelle zone ove non c'è presenza continuativa di personale e provvedere all'abbattimento del rumore delle principali sorgenti sonore (spettri di emissione privi di componenti tonali) e rivestire l'edificio turbina con pannelli forati risonanti.

## **2 CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA AMBIENTALE**

### **2.1 UBICAZIONE DELL'IMPIANTO**

La Centrale a ciclo combinato di Scandale (cfr. fig. 2/1) è situata nella parte orientale della regione Calabria all'interno del territorio del comune di Scandale (provincia di Crotona), a circa 7 km a Sud-Est del centro cittadino, in località Santa Domenica [1].

Il sito della centrale è ubicato nella porzione pianeggiante in prossimità del limite amministrativo con il comune di Crotona la cui frazione collinare di Papanice si trova ad una distanza di circa 3 Km a Sud, di molto inferiore a quella dell'abitato stesso di Scandale.

L'area di interesse si trova ad una quota media di 40 m s.l.m. circa, circondata da una quinta di rilievi dall'altezza compresa tra i 60 e i 140 m s.l.m.



Figura 2/1 Ubicazione dell'impianto (Elaborata da Microsoft® MapPoint 2004)

I principali centri circostanti l'impianto sono (tra parentesi sono indicate le distanze in linea d'aria) Crotone (8 km) e Catanzaro (44 km).

La principale infrastruttura ricadente nell'area è l'aeroporto Sant'Anna di Crotona, il terzo aeroporto della Calabria, che serve principalmente la provincia di Crotona e la fascia ionica del basso cosentino e parte della provincia di Catanzaro; l'aeroporto presenta un notevole traffico giornaliero e ne sono previsti interventi che, a breve doteranno lo scalo calabrese di una nuova torre di controllo, di installazioni strumentali per l'atterraggio ed il decollo con condizioni di bassa visibilità, del prolungamento della pista di volo e di tecnologie per la sicurezza aeroportuale.

Il traffico stradale si sviluppa prevalentemente lungo la Strada Statale 106 Jonica (SS 106) che è una strada statale che percorre 481 km da Taranto a Reggio Calabria, attraversando tutta la costa jonica di Puglia, Basilicata e, soprattutto, Calabria.

Si tratta di un'arteria fondamentale per i trasporti calabresi, mezzo di comunicazione privilegiato per collegare la parte della regione che si affaccia sullo Ionio, sprovvista di autostrada, con l'A14 adriatica per dirigersi verso il nord della Penisola, oltre che per il trasporto interno fra l'area della Sibaritide, il Crotonese, lo Ionio Catanzarese, la Locride e il versante sud-orientale dell'Aspromonte.

Il territorio si presenta con morfologia collinare con prevalente utilizzo agricolo; le aree produttive si trovano sparse in tutta la zona, con una maggiore concentrazione lungo la costa e le arterie stradali principali.

Con riferimento al sistema cartografico nazionale, l'impianto ricade all'interno del Foglio in scala 1:100.000 n. 238 "Crotona", Quadrante III, Tavoleta NO; le coordinate geografiche (Roma40) indicative sono lat. = 39°06'05.7" e long. = 16°34'53.4" .

Tale area è situata all'interno del comprensorio comunale di Scandale (KR), in corrispondenza della località conosciuta dagli abitanti del luogo con il nome di "Santa Domenica".

## 2.2 AREA DI INDAGINE

Ai fini della caratterizzazione acustica è stata definita un'area di indagine il cui inquadramento è riportato nella figura 2/2.

Il territorio compreso nell'area di indagine appartiene ai Comuni di Scandale e Crotona, entrambi in provincia di Crotona; esso si presenta con morfologia variabile, caratterizzata dalla presenza di rilievi collinari con quote entro i 150 m slmm che degradano verso il corso d'acqua Fosso del Passo Vecchio. L'area occupata dall'impianto si trova alla quota di circa 40 m slmm.

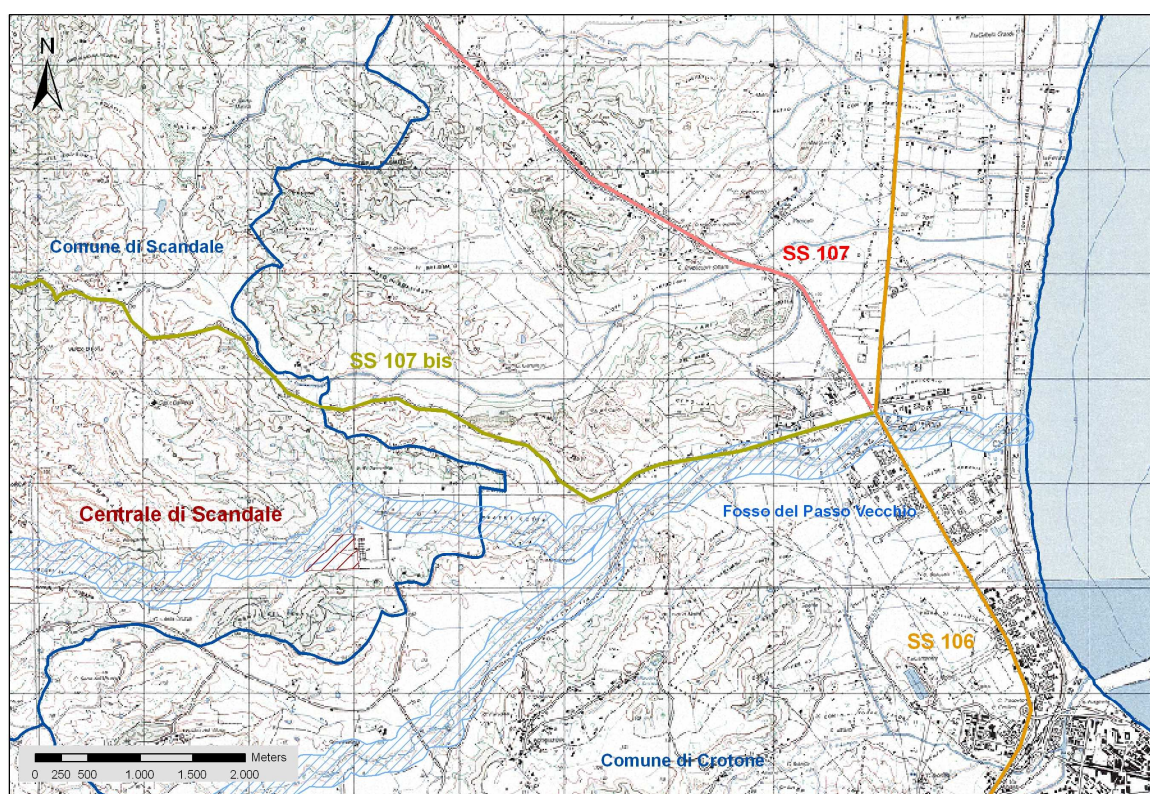


Figura 2/2 Area di indagine relativa all'analisi acustica

Il sistema viario è costituito da strade statali quali:

SS 107 Silana-Crotonese: collega il Tirreno cosentino allo Ionio crotonese, attraversando i monti della Sila. Lunga 138 km, parte da Paola, passa attraverso Cosenza incrociandosi con la A3 Salerno-Reggio Calabria. I principali punti di riferimento sono altresì San Giovanni in Fiore e i paesi della Valle del Neto in provincia di Crotona;



SS 107 bis: variante della SS107 che collega i comuni di Crotona e Scandale;

SS 106 Ionica: percorre 481 km da Taranto a Reggio Calabria, attraversando tutta la costa jonica di Puglia, Basilicata e, soprattutto, Calabria;

A parte l'area di futura ubicazione della centrale termoelettrica e della adiacente stazione di trasformazione (di proprietà Terna), il territorio risulta dedicato interamente all'uso agricolo.

### 2.2.1 Punti oggetto di indagine sperimentale

L'indagine acustica, svolta nel 2003 [2] ha interessato 3 punti di misura così individuati:

- punto **A**: individua le unità abitative più vicine al sito dell'impianto;
- punto **B**: individua una posizione centrale all'interno dell'area interessata dall'impianto in progetto;
- punto **C**: individua la posizione scelta per i rilievi in continuo del traffico veicolare lungo la SP 52.

Nella tabella 2/1 si riportano le coordinate approssimate dei punti ricettori.

punto	Coordinate UTM – WGS84 Fuso 33 (m)	
	E	N
A	676166	4330832
B	675788	4330094
C	677090	4330737

Tabella 2/1 Coordinate dei punti ricettori individuati

Ulteriori dettagli relativi ai suddetti punti ricettori possono trovarsi nel paragrafo 4.3, che descrive i rilievi fonometrici eseguiti nel corso della campagna sperimentale.

## 2.3 STATO DI ATTUAZIONE DELLA ZONIZZAZIONE ACUSTICA

Nel caso in oggetto ci troviamo nella situazione in cui l'autorità competente (Comune) non ha ancora provveduto ad approvare il documento di Zonizzazione Acustica ai sensi della Legge 447/95 e successivo decreto applicativo D.P.C.M. 14/11/1997. In tal caso l'art. 8 "Norme Transitorie" del DPCM 14/11/1997 esplicitamente prevede che venga assegnata la classe acustica sulla base di quanto previsto dal precedente DPCM 01/03/1991 (il quale a sua volta, rimanda, nel caso di assenza di indicazioni da parte dell'autorità competente, al precedente DM 1444 del 1968).

Tali normative prevedono la suddivisione dell'intero territorio nazionale in 6 Classi di Destinazione d'Uso Acustico, caratterizzate da ben precisi limiti acustici **assoluti di immissione** (vedi tabella 1/2).

L'area su cui sorgerà la centrale turbogas è indicata nel vigente PRG come "Zona Industriale di Espansione" [3].

Essa confina ad EST con la presente stazione ENEL che insiste su di un area definita come "Zona Industriale di Completamento).

Al confine NORD invece è presente una vasta "Zona agricola a coltivazioni pregiate". Più a NORD si estende una ulteriore "Zona industriale di Espansione".

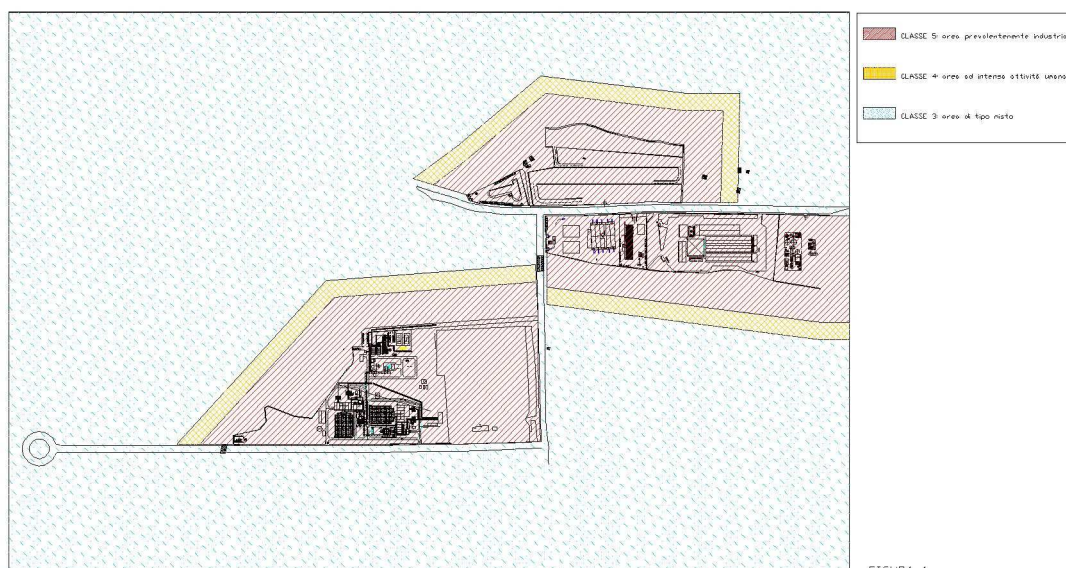


FIGURA 1

Figura 2/3 Ipotesi di zonizzazione acustica del sito in base alla normativa vigente

E' evidente come, ai sensi di quanto previsto dalle citate normative, l'area su cui sorgerà la centrale non potrà che appartenere alla Classe 5 di Destinazione d'Uso Acustico. La Classe 6 è a nostro parere non assegnabile a causa della natura della zona immediatamente adiacente: ci troviamo infatti in presenza di un terreno confinante di tipo agricolo, al quale, salvo casi particolarissimi e comunque ancor più restrittivi, viene ovunque e comunque assegnata la Classe 3 di destinazione d'uso acustico.

Nel nostro caso ci troveremmo in presenza di un problema in quanto avremmo a diretto contatto due aree la cui classificazione acustica differisce di più di 2 Classi e ciò è esplicitamente indicato come un aspetto da evitarsi (bisogna evitare il contatto di Classi i cui limiti massimi differiscano di più di 5 dB).

La situazione sarebbe però facilmente risolvibile mediante l'introduzione di una "fascia di transizione" avente una profondità indicativa di circa un centinaio di metri; a tale "fascia" andrebbe attribuita la Classe 4 di destinazione d'uso acustico. A titolo esemplificativo riportiamo in Figura 1 un'ipotesi di zonizzazione secondo noi attendibile per l'area in oggetto.

Dall'osservazione di tale figura è evidente come l'assegnazione della Classe 6 di destinazione d'uso per l'area ove sorgerà la centrale turbogas è praticamente impossibile in quanto non esiste spazio a sufficienza per l'inserimento di una seconda "fascia" di transizione (dalla Classe 6 alla Classe 3 sono necessarie 2 fasce di transizione).

Di conseguenza assegneremo all'area in oggetto i limiti assoluti di immissione relativi alla Classe 5 di destinazione d'uso acustico e con essi confronteremo i risultati emersi dai vari round di simulazione numerica [3].

<b><i>Ipotesi di zonizzazione acustica</i></b>	
Classe di Destinazione d'Uso Acustico Assegnata	5
Limite Diurno di Immissione	70 dB(A)
Limite Notturno di Immissione	60 dB(A)

Tabella 2/2 Ipotesi di zonizzazione acustica del sito

## 2.4 CENNI DI CLIMATOLOGIA

Il clima si presenta temperato. L'inverno è generalmente mite, anche se sono possibili temporanee ma repentine diminuzioni di temperatura con occasionali nevicate (1991,1998,2001,2006,2008), in caso di afflusso di aria gelida polare. L'estate è calda ma discretamente ventilata dalla brezza di mare; solo in presenza di onde di calore con venti di scirocco o libeccio, le temperature massime possono attestarsi attorno ai 40°C ma con bassi tassi di umidità relativa. Le precipitazioni si concentrano principalmente in autunno, con massimo secondario invernale; tra la primavera e l'estate può accentuarsi notevolmente la siccità.



### **3 CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELL'IMPIANTO**

#### **3.1 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO**

Il progetto prevede la soluzione a 2 gruppi generatori con architettura 1+1 multialbero, ognuno dei quali costituito da una turbina a gas, un generatore di vapore a recupero (GVR), una turbina a vapore e due generatori elettrici. In questa configurazione ogni turbina è collegata ad un generatore elettrico tramite un proprio albero [1].

Il progetto dell'impianto è sviluppato sulla base delle possibilità offerte dalle nuove tecnologie ai fini della sicurezza, della qualità del servizio, del contenimento dei costi e della tutela dell'ambiente.

La scelta di utilizzare un impianto a ciclo combinato, alimentato a gas, deriva dai seguenti vantaggi sugli impianti convenzionali, alimentati a gas, carbone od olio combustibile:

- minimo impatto ambientale, dal momento che nei fumi non sono praticamente presenti SO<sub>2</sub>, polveri e/o metalli pesanti;
- layout compatto con minimizzazione dello spazio impegnato, gas prelevato in continuo dalla rete nazionale;
- rendimento elettrico elevato (sup. al 55%) e quindi consumi di combustibile minimi ed emissioni in aria più contenute;
- economicità di realizzazione e di esercizio (costi di investimento per kW installato più contenuti e conseguenti riduzioni del costo del kWh prodotto).

L'impianto è inoltre cogenerativo; si preleva infatti vapore da destinare ad usi civili ed industriali nella zona industriale limitrofa.

Gli elevati rendimenti e l'utilizzo del solo gas naturale assicurano inoltre emissioni di CO<sub>2</sub> per kWh prodotto, in linea con la strategia nazionale ed europea di controllo e contenimento dei gas ad effetto serra.

### 3.2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il processo di produzione di energia elettrica ed energia termica per i sistemi di cogenerazione avviene tramite un ciclo combinato, vedi fig.1. In particolare l'impianto di Scandale sarà costituito da due sezioni a ciclo combinato cogenerativo in configurazione "multi-shaft", di potenza elettrica nominale unitaria di 400MW.

Il suddetto processo di produzione è costituito da due cicli termodinamici in cascata.

Nel primo ciclo (ciclo termodinamico a gas) i gas prodotti dalla combustione vengono fatti espandere in una turbina a gas trasformando così l'energia termica in energia meccanica che a sua volta viene convertita in energia elettrica attraverso un alternatore da 300 MVA.

Nel secondo ciclo (ciclo termodinamico a vapore) i gas di combustione in uscita dalla turbina a gas sono inviati in un generatore di vapore a recupero (GVR) dove viene sfruttato il contenuto entalpico degli stessi per produrre vapore surriscaldato. Detto vapore viene fatto espandere all'interno di una turbina a vapore trasformando così l'energia termica in energia meccanica che viene a sua volta convertita in energia elettrica attraverso un alternatore da 185 MVA.

Il processo produttivo dell'impianto è garantito da una serie di sistemi meccanici, elettrici e di automazione. Sono definiti principali quei sistemi che svolgono funzioni che concorrono direttamente alla produzione dell'energia:

- approvvigionamento e trattamento gas naturale
- approvvigionamento e trattamento acqua
- alimentazione gas naturale, alimentazione aria della turbina a gas
- sistema di combustione - turbina a gas
- sistema vapore
- estrazione condensato – acqua alimento
- sistema elettrico di centrale e collegamento alla rete
- automazione – criteri e generalità
- sistemi di contenimento e trattamento degli inquinanti.
- misure e controllo delle emissioni.

I sistemi ausiliari più importanti sono di seguito elencati:

- acqua di raffreddamento in ciclo chiuso del macchinario e delle apparecchiature
- produzione e distribuzione fluidi ausiliari per gli usi di centrale
- aria compressa per servizi e strumenti
- acqua demineralizzata
- acqua potabile
- acqua industriale
- antincendio
- climatizzazione degli edifici.

Le principali apparecchiature che costituiscono il sistema vapore sono il G.V.R., la turbina a vapore, il condensatore e le relative tubazioni di collegamento [4].

Il G.V.R. produce vapore surriscaldato; il vapore viene prodotto sfruttando il calore presente nei gas di scarico del turbogas, che lambiscono i banchi del G.V.R. Il G.V.R. sarà coibentato per limitare lo scambio termico verso l'esterno. Ciascun camino ha un diametro circa 6 m e di lunghezza tale da rilasciare gli effluenti gassosi ad un'altezza di 55 m rispetto al piano di campagna.

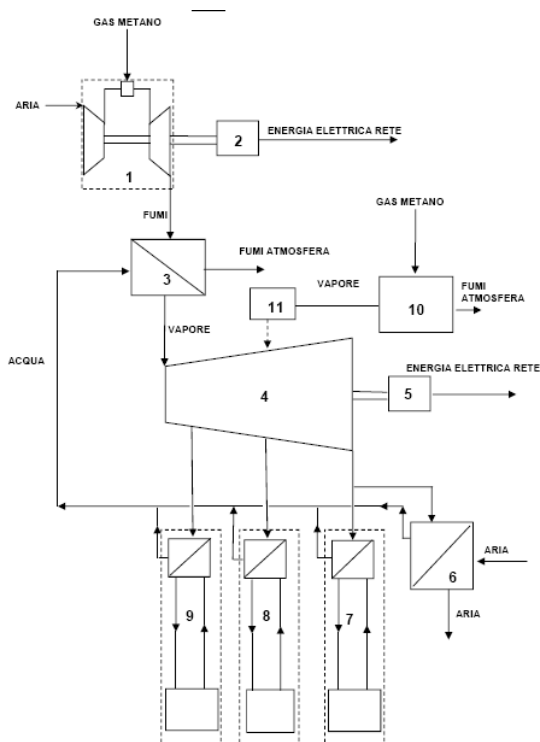


Figura 3/1 Schema semplificato dell'impianto (tratto da [6])

### 3.3 SORGENTI SONORE PRESENTI

Le principali sorgenti sonore presenti sono (tra parentesi è riportato il codice identificativo utilizzato per la compilazione dell'allegato B23\_01):

- Condensatori ad aria del vapore (CAR);
- Camino (EA);
- Caldaia GVR1 e GVR2 (PCO);
- Filtro aspirazione aria (CAC);
- Alternatori Tg e TV (PEEN);
- Turbine a gas e a vapore (PEEN);
- Trasformatori principali (PEEN);
- Trasformatori secondari (PEEN);
- Stazione di decompressione/compressione gas (ASC).

Le caratteristiche di emissione acustica dei componenti principali dell'impianto variano, per macchine analoghe, da costruttore a costruttore [5]

Ai fini della modellazione acustica, per la quale si rimanda al documento di impatto ambientale, possono essere assunti i dati riportati nel seguito, che rappresentano valori attribuibili a componenti di elevato standard qualitativo reperibili sul mercato.

- Camino: si considera l'emissione acustica della sommità, rappresentabile come sorgente puntiforme ( $h=55$  m), di potenza sonora pari a  $L_w=98$  dB(A).
- Edificio caldaia: Comprende il generatore di vapore a recupero e il condotto fumi di scarico della turbina gas: si considera la potenza totale di  $L_w=101$  dB(A).
- Filtro aspirazione aria turbogas: Si considera un'emissione sonora pari a  $L_w=100$  dB(A).
- Edificio macchine: Ospita le turbine e gli alternatori: si considera un'emissione areale dalle superfici perimetrali dell'edificio. L'emissione sonora è comunque trascurabile rispetto alle altre sorgenti considerate, essendosi assunta un'efficace schermatura.
- Stazione compressione / decompressione gas: Si considera un'emissione sonora pari a  $L_w=87$  dB(A).
- Trasformatori elevatori principali: Sono rappresentabili come sorgenti puntiformi a circa di 4 m di altezza dal suolo. Si considera una potenza di  $L_w=102$  dB(A)

per il trasformatore della turbina a gas e di  $L_w=102$  dB(A) per il trasformatore della turbina a vapore. Nell'analisi del rumore si deve tenere conto anche della presenza di una componente tonale centrata intorno a 50 Hz e multiple

- Altri trasformatori: Sono rappresentabili come sorgenti puntiformi di intensità  $L_w=88$  dBA
- Condensatore ad aria: Si considera una potenza totale pari a  $L_w = 114.00$  dB(A), che può essere ripartita sui lati del condensatore; il valore della pressione acustica è pari a 65.28 dB(A) a circa 32 m dalla superficie del condensatore

I principali accorgimenti per minimizzare gli impatti sull'esterno consistono in:

- costruzione di edifici che alloggeranno i generatori, le turbine a gas e vapore;
- silenziatori nel sistema di aspirazione aria del compressore delle turbine a gas;
- impiego di materiali fonoassorbenti, di opportuno spessore, lungo il percorso dei fumi dalla turbina a gas all'uscita del generatore;
- silenziatori nei camini di scarico dei generatori;
- silenziatori su tutti gli scarichi rumorosi in atmosfera utilizzati in avviamento o in esercizio;
- utilizzo di ventilatori a bassa velocità e con particolare profilo delle pale nei condensatori ad aria;

Tutti gli edifici sono tali da garantire un livello sonoro inferiore a 70 dB(A) ad un metro di distanza dalla parete dell'edificio.

In fase di primo avvio della CCGT e successivamente durante le fasi di flussaggio delle tubazioni, uso dei by-pass in casi di emergenza ed altre situazioni anomale, saranno possibili emissioni sonore temporanee, ma di potenza relativamente elevata.

Tali situazioni, sebbene di per sé rilevanti, non saranno causa di fastidio a causa del carattere di eccezionalità che esse rivestono. Saranno inoltre, per quanto possibile, limitate alle ore diurne, programmando opportunamente le fasi di flussaggio e riavvio [4].

Nella tabella 3/1 si riportano alcune caratteristiche acustiche delle principali sorgenti sonore individuate, con particolare riferimento ai sistemi di abbattimento del rumore utilizzati.

Sotrgenti di rumore	Potenza sonora Lw dB(A)	Sistemi di contenimento della sorgente	Capacità di abbattimento
Camino	98	silenzianti dissipativi	5-10 dB
Edificio caldaia	101	cabina fonoassorbente per le pompe alimento	5-10 dB
Filtro aspirazione aria turbogas	100	silenzianti dissipativi	5-10 dB
Stazione compressore/decompressione gas	87	cabina insonorizzante per il compressore	5-10 dB
Trasformatori elevatori principi turbina a gas	102	cabina insonorizzante	--
Trasformatori elevatori principi turbina a vapore	102	cabina insonorizzante	--
Altri trasformatori	88	cabina insonorizzante	--
Condensatore ad aria	114	silenzianti dissipativi	5-10 dB
Turbina gas e vapore	114	sileziatori a valle della turbina	--
Alternatori TG e TV	114	cabina insonorizzante	--

Tabella 3/1 Caratteristiche delle sorgenti sonore individuate

### 3.4 FASI DI ESERCIZIO

L'impianto opera a ciclo produttivo continuo ai sensi del D.M. 11 dicembre 1996; e può trovarsi in una delle seguenti condizioni:

- produzione pianificata, in base al programma redatto dal GRTN;
- produzione in emergenza, in caso di guasti sul altri impianti;
- impianto in manutenzione.

#### **4**            **DESCRIZIONE DELLA CAMPAGNA SPERIMENTALE**

Nei giorni del 17/04/2003 e 06/05/2003, nonché del 28/04/2003 e 05/05/2003, sono state effettuate una serie di rilievi fonometrici sperimentali per il monitoraggio acustico dell'area di indagine, con i seguenti obiettivi:

- rilievo diretto dei livelli sonori presenti presso i principali punti ricettori individuati;
- rilievi fonometrici in continuo per la valutazione del traffico veicolare.

##### **4.1**            **DATI STORICI**

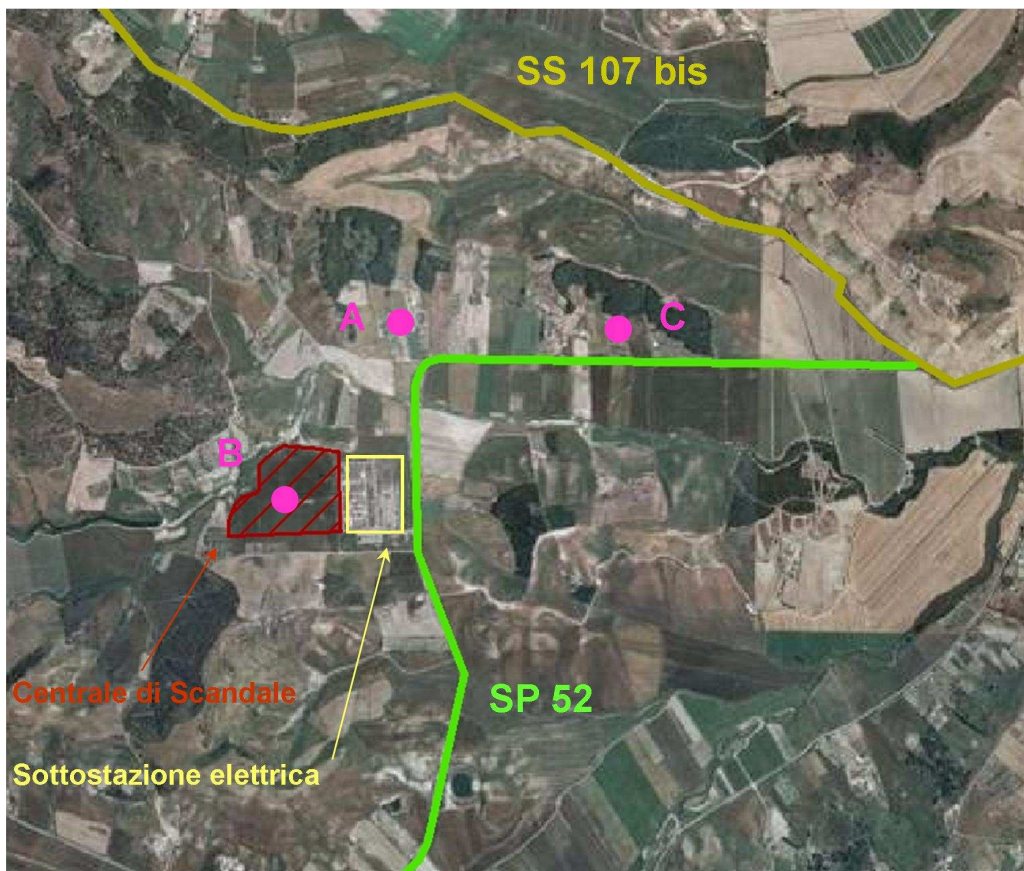
L'area di impianto non è stata oggetto di ulteriori campagne di misura del rumore.

##### **4.2**            **DEFINIZIONE DEI PUNTI DI MISURA**

Allo scopo di caratterizzare il clima acustico presente nella zona in studio, tenendo conto dei dati storici disponibili e dell'ubicazione dei punti ricettori individuati come descritto nel paragrafo 2.2.1, nel corso di un sopralluogo sono stati presi in considerazione una serie di punti di misura.

Nella figura 4/1, si riportano i punti di misura individuati, unitamente alle loro coordinate (sistema di riferimento UTM-WGS84 Fuso 33) ed alla classe acustica di appartenenza, desunta dall'analisi riportata nel paragrafo 2.3.





punto di rilievo	E	N	Classe acustica	nota
A	676166	4330832	5	esterno
B	675788	4330094	area impianto	interno
C	677090	4330737	3	esterno

Figura 4/1 Punti di misura individuati

### 4.3 DESCRIZIONE DEI RILIEVI FONOMETRICI

Al fine di avere un quadro generale del clima acustico presente durante tutto l'arco della giornata sono stati eseguiti rilievi acustici sia nel periodo di riferimento diurno (06.00-22.00) sia nel periodo di riferimento notturno (22.00-06.00).

In accordo con l'attuale quadro normativo, in ognuno dei punti di misura sono stati effettuati rilievi del livello equivalente ambientale (indicato con  $L_{eq}$ ), ponderato in base alla curva A che simula la risposta dell'orecchio umano e pertanto misurato in dB(A). Per l'esecuzione delle prove spot nei punti A e B il valore  $L_{Aeq}$  è stato calcolato come media del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A relativo all'intervallo di tempo di osservazione  $T_0$  pari a 20 minuti.

Per quanto riguarda il punto C, invece, avendo il traffico stradale un carattere di casualità, il monitoraggio del rumore deve essere eseguito per tempo di misura non inferiore ad una settimana, pertanto in tale periodo è stato rilevato il livello continuo equivalente ponderato A per ogni ora su tutto l'arco delle 24 ore ottenendo così:

- per ogni giorno della settimana i livelli equivalenti diurni e notturni;
- i valori medi settimanali diurni e notturni.

In entrambi i casi, misure spot e misure in continuo, il microfono è stato montato su apposito sostegno e collegato al fonometro con cavo di lunghezza tale da consentire agli operatori di porsi almeno alla distanza di 3 m. il microfono è stato posizionato in modo che nessun ostacolo si frapponesse tra lo strumento e le potenziali sorgenti e collocato su di una superficie solida a 4 m dal piano campagna e comunque in ottemperanza al regolamento di esecuzione previsto all'art.11 della Legge 447/1995.

Le misure sono state effettuate utilizzando la strumentazione elencata nella seguente tabella 4/2, tutta classificata di precisione, rispondente in particolare alla prescrizione delle norme EN 60651 gruppo I e EN 60804 gruppo I, ANSI S 1.4, ANSI S 1.25, Norme CEI 94 e risponde alle specifiche richieste dal D. Lgs 477/95.

Tutta la strumentazione è stata sottoposta a regolare taratura dal centro SIT Delta Ohm srl e controllata prima e dopo l'intervento.

Strumento	Marca	Modello	Numero di serie	Taratura
Fonometro analizzatore sonoro modulare di precisione	BrueI & KJaer	2260	--	17/03/2003
Microfono	BrueI & KJaer	4189	--	17/03/2003
Calibratore 114 dB	BrueI & KJaer	4226	--	--

Tabella 4/2 Strumentazione utilizzata durante la campagna di monitoraggio

Tutte le misure si sono svolte in condizioni atmosferiche ottimali, più specificatamente in assenza precipitazioni atmosferiche e con venti con velocità inferiore a 5 m/s.

Il microfono è stato comunque equipaggiato con cuffia antivento in accordo con le norme CEI 29/10 e EN 60804/1994 [2].

Le misure effettuate sono da considerarsi soggette ad un errore compreso in un range di +/- 0.5 dB. La calibrazione del fonometro è stata verificata sia prima che dopo il ciclo di misure in oggetto.

Il range di rappresentazione è stato fissato tra 30 dB e 110 dB, l'intervallo di misura è stato fissato in 20 inuti per le prove spot e 1 ora per la prova in continuo.

Di seguito per ciascun punto di misura viene presentata una scheda riassuntiva dei dati che risulta essere così strutturata:

- descrizione del punto di misura, delle principali sorgenti acustiche presenti ed individuazione della destinazione d'uso e della classe acustica;
- elenco dei rilievi effettuati e descrizione dei risultati ottenuti relativi sia al periodo di riferimento diurno che a quello notturno (i livelli sono arrotondati a 0.5 dB);

#### 4.3.1 Punto A

Il punto si trova nel comune di Scandale vicino la SS 107 bis (circa 150 m dall'asse stradale) lungo la direttrice NE a circa 800 m dall'impianto (coordinate UTM-WGS84 Fuso 33: E = 676166, N = 4330832). Le principali sorgenti sonore sono rappresentate dallo scarso traffico veicolare e dalle attività agricole.

Il punto, secondo la zonizzazione ipotizzata, si trova in un'area prevalentemente industriale con i limiti di immissione pari a 70 dB<sub>A</sub> nel periodo di riferimento diurno e 60 dB<sub>A</sub> in quello notturno.

Nel corso della campagna di indagine sono stati effettuati i seguenti rilievi, elencati in ordine cronologico (i valori di livello equivalente sono arrotondati a 0.5 dB<sub>A</sub>):

Denominazione	Data	Durata	Leq
notturna	17/04/2002	20'	32.0
diurna	17/04/2002	20'	39.0

Vista la distanza tra impianto e punto di misura, i rilievi fonometrici eseguiti presso tale punto risultano rilevanti ai fini della caratterizzazione del livello residuo, in assenza dell'impianto.

#### 4.3.2 Punto B

Il punto si trova nel comune di Scandale all'interno dell'area di impianto (coordinate UTM-WGS84 Fuso 33: E = 675788, N = 4330094). Le principali sorgenti sonore sono rappresentate dallo scarso traffico veicolare lungo la SP52 e dalla sottostazione elettrica limitrofa.

Nel corso della campagna di indagine sono stati effettuati i seguenti rilievi, elencati in ordine cronologico (i valori di livello equivalente sono arrotondati a 0.5 dB<sub>A</sub>):

Denominazione	Data	Durata	Leq
notturna	6/05/2003	20'	42.5
diurna	6/05/2003	20'	43.0

### 4.3.3 Punto C

Il punto si trova nel comune di Scandale lungo la SS 107 bis lungo la direttrice NE a circa 900 m dall'impianto (coordinate UTM-WGS84 Fuso 33: E = 677090, N = 4330737). Le principali sorgenti sonore sono rappresentate dallo scarso traffico veicolare lungo la SS 107 bis e dalle attività agricole.

Il punto, secondo la zonizzazione ipotizzata, si trova in un'area di tipo misto con i limiti di immissione pari a 60 dB<sub>A</sub> nel periodo di riferimento diurno e 50 dB<sub>A</sub> in quello notturno.

Nel corso della campagna di indagine sono stati effettuati i seguenti rilievi, elencati in ordine cronologico per il livello Leq orario (i valori di livello equivalente sono arrotondati a 0.5 dB<sub>A</sub>):

ore diurne	giorni							
	28-apr-03	29-apr-03	30-apr-03	01-mag-03	02-mag-03	03-mag-03	04-mag-03	05-mag-03
6.00-7.00		34.9	52.5	6.9	38.7	31.9	29	41.7
7.00-8.00		42.3	35	35.4	37.1	20	28.9	30.7
8.00-9.00		51.2	51.7	48.9	43.7	39.5	43.4	47.3
9.00-10.00		57	51.7	51.1	49.4	48	47.5	49.1
10.00-11.00		51.4	51.2	50.1	50	48.7	49.4	49.3
11.00-12.00		50.9	53	50.2	50.8	50.5	46.4	49.9
12.00-13.00		56.6	53.6	51.4	52	48.7	49.5	55.5
13.00-14.00		49.1	52.2	49.9	50.6	51.5	55.6	51.4
14.00-15.00		70.1	51.4	50.2	50.6	51.3	49.3	51
15.00-16.00		50.3	48.5	54	49.6	49.3	51.2	48.3
16.00-17.00	44.6	50.6	49.2	50.4	48.6	50.4	47.3	
17.00-18.00	52.3	49.6	51.2	46.5	46.7	48.3	47.6	
18.00-19.00	53.8	53.6	51.9	50.3	48.6	51.9	72.9	
19.00-20.00	50.7	50.3	68.2	47.9	49.5	47.8	49.3	
20.00-21.00	51.7	51	52.1	46.3	46.3	47.6	68.1	
21.00-22.00	52	50.5	49.1	58.2	50.7	47.1	49.2	
ore notturne	giorni							
	28-apr-03	29-apr-03	30-apr-03	01-mag-03	02-mag-03	03-mag-03	04-mag-03	05-mag-03
22.00-23.00	51.1	49.1	49.6	49.5	46.1	45	45.3	
23.00-24.00	47.4	45	48.2	41.8	46.4	44.9	45.2	
24.00-1.00		49	48.7	45.6	46.5	43	46.5	53.4
1.00-2.00		42.2	37.7	44.5	40.1	43.9	44	51.6
2.00-3.00		44	44	35.9	34.9	44.4	36.4	40.1
3.00-4.00		41	38	33.1	33.6	35.2	34.5	39.7
4.00-5.00		33.9	33.9	31.9	30.8	37.6	31.7	37.2
5.00-6.00		26.2	44.1	38.3	29.2	22.6	31.9	29.5

I rilievi fonometrici eseguiti presso tale punto risultano rilevanti ai fini della definizione dell'effetto del traffico veicolare.

#### 4.4 CONSIDERAZIONI

Relativamente ai dati riguardanti l'effetto della strada (SP52) si è rilevato un traffico distribuito tra le 8.00 e le 24.00.

Il periodo di massima rumorosità è compreso tra le 12.00 e le 14.00, mentre i valori minimi, al di sotto dei 30 dB, sono rilevabili tra le 24.00 e le 8.00.

Nella prova in continuo si è determinato un valore medio settimanale diurno di 43.1 dB e notturno di 38.2 dB; tali valori risentono sia delle sorgenti naturali relative alle attività agricole, sia dell'attività della sottostazione elettrica.

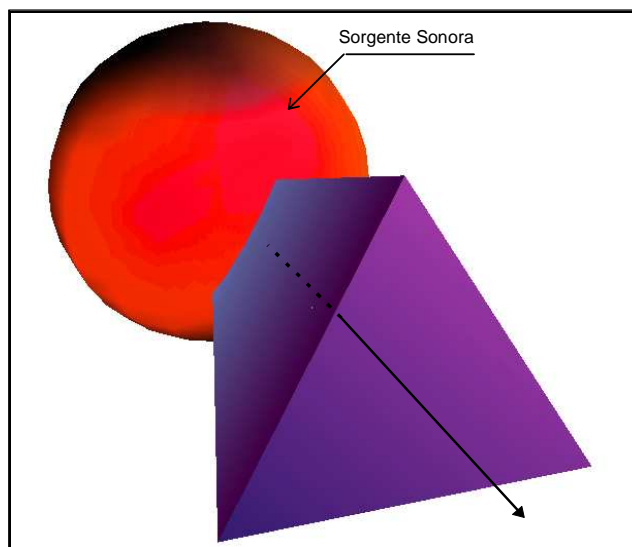
In prossimità del punto di misura A sono stati rilevati valori diurni compresi tra 36.7 e 38.7 dB e valori notturni compresi tra 32.4 e 37.8 dB, evidenziando come sia meno sensibile all'effetto del traffico stradale.

Per quanto riguarda i valori al punto di misura B, all'interno dell'impianto, misurati in prossimità del traliccio di alta tensione collegato alla sottostazione esistente, si sono rilevati valori compresi tra 39.2 e 46.1, derivanti principalmente dal ronzio continuo della sottostazione.

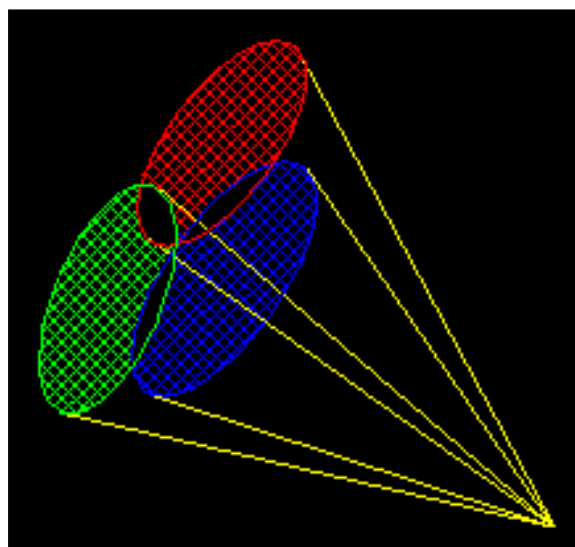
## 5 VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO

### 5.1 IL SOFTWARE PREVISIONALE

Nel caso in oggetto, la soluzione dell'equazione della propagazione dell'onda viene affrontata mediante lo studio della propagazione dei raggi normali ai fronti d'onda; a tale tipo di approccio fanno capo i programmi di simulazione numerica utilizzando la tecnica nota come Ray Tracing e derivate (Cone Tracing e Pyramid-Tracing). Essi prevedono l'emissione, da parte della sorgente acustica, di coni o piramidi di angolo solido variabile e fissato dall'utente; la progressiva "apertura" della base del solido tiene conto automaticamente dell'attenuazione dell'energia acustica con la distanza.



**Pyramid Tracing**



**Cone Tracing**

A frequenze sufficientemente elevate (oltre i 100 Hz) è conveniente considerare, anziché la propagazione del fronte d'onda sonoro, il percorso dei raggi vettori normali al fronte stesso; in particolare poi per ambienti aperti, dove non esiste la problematica dei modi normali di risonanza, ciò è sempre vero, anche a frequenze inferiori. Ogni qualvolta un raggio (che, ricordiamolo, rappresenta un'onda) incontra un ostacolo, l'interazione con l'ostacolo modifica le proprietà fisiche del raggio stesso (e quindi dell'onda).

Il fenomeno fisico dell'urto può essere descritto in termini analitici, ma, in questo caso, la trattazione risulta troppo lunga e complessa per rientrare nei nostri scopi. Qui diremo



semplicemente che l'approssimazione che viene utilizzata da tutti i programmi di simulazione che utilizzano la propagazione dei raggi acustici è quella nota come "approssimazione dell'Ottica Geometrica".

Nel nostro caso per effettuare le stime acustiche – i cui risultati sono di seguito riportati in forma grafica e tabellare – si è utilizzato un software di simulazione, commercialmente noto come RAMSETE™.

Tale software utilizza la tecnica computazionale già descritta precedentemente del "pyramid tracing", simile concettualmente al ray-tracing classico ma maggiormente efficace, soprattutto per quanto riguarda i tempi di calcolo.

Sostanzialmente il programma è suddivisibile in due blocchi logici: una parte di CAD grafico e una di calcolo numerico. A scopo esplicativo alleghiamo anche in questo caso un diagramma di flusso del programma.

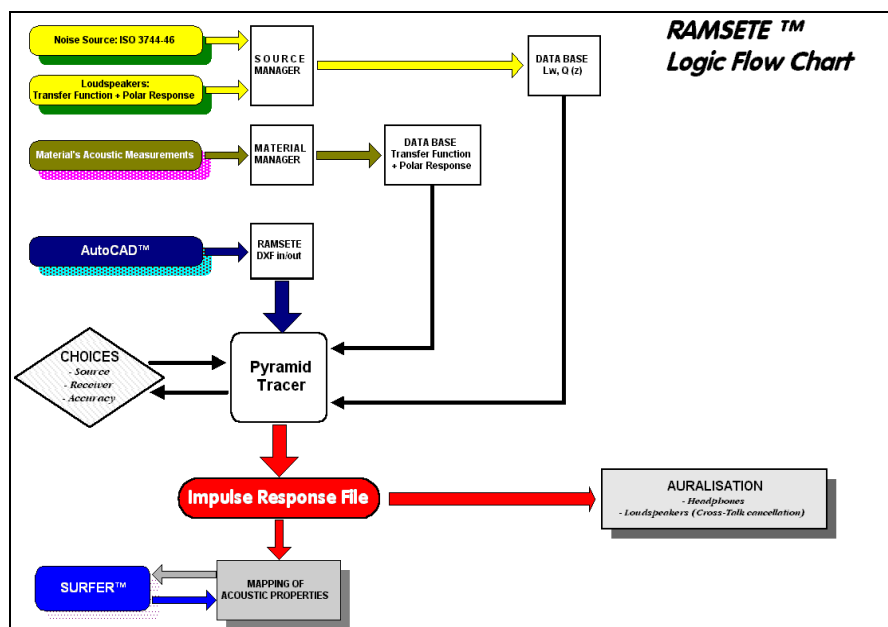


Figura 5/1 - Flow-Chart di RAMSETE™

La sezione CAD consente all'utente di costruire un modello "virtuale" 3D dell'ambiente assegnando ad ogni elemento precise caratteristiche acustiche desumibili dall'ampio database contenuto all'interno del programma stesso. In tale database sono contenuti

oltre 350 materiali standard e specifici e ognuno di essi è caratterizzato da un ben preciso andamento, in funzione della frequenza, del coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha$  e del fonoisolamento: tali valori sono desunti da prove dirette in laboratorio o dai dati riportati dalla letteratura ufficiale.

Una volta completato il modello 3D è possibile introdurre una o più sorgenti sonore facendo accesso ad un altro database specifico contenente oltre 100 tra altoparlanti e sorgenti di rumore, nonché un numero selezionabile dall'utente, e comunque virtualmente illimitato, di "ricevitori". Terminata questa fase si passa alla sezione di calcolo numerico. Ogni sorgente è caratterizzata dal proprio "balloon", cioè dal suo sferoide di emissione; la sorgente è cioè caratterizzata completamente sia per quanto riguarda le sue proprietà di emissione sonora in funzione della frequenza, sia per quanto riguarda la sua tipologia di emissione spaziale.

Note quindi la potenza sonora, la funzione di trasferimento e la direzionalità, la sorgente risulta univocamente specificata. A questo punto la sorgente inizia ad emettere un certo numero - specificabile dall'utente - di raggi, o meglio, piramidi acustiche: queste rappresentano la propagazione dei fronti d'onda sonori emergenti dalla sorgente e propagantisi nello spazio. Ogni fronte d'onda - o meglio ogni piramide - viene seguito per un tempo o per un numero di riflessioni specificabile dall'utente; ad ogni riflessione del raggio acustico contro qualche elemento dell'ambiente viene calcolato sia l'angolo di uscita sia l'energia acustica residua (determinata dal valore di  $\alpha$  del materiale su cui il raggio acustico incide e/o dal potere fonoisolante **R** nel caso venga richiesta dall'utente anche una previsione di isolamento acustico) e questo avviene per ogni banda frequenziale di ottava. Ogni volta che un raggio acustico intercetta la sfera di influenza di un ricevitore (microfono), viene registrato sia il tempo di arrivo che l'energia di tale fronte d'onda.

Al termine della procedura di tracciamento, per ogni ricevitore è noto - con precisione anche questa selezionabile dall'utente - l'ecogramma, cioè la Risposta all'Impulso Energetica. Dalla teoria dei Sistemi Lineari Temporalmente Invarianti (LTI) è noto come la Risposta all'Impulso (o IR) contenga tutta la descrizione del sistema LTI sotto osservazione. Da essa è possibile, mediante operazioni matematiche, estrarre tutti i descrittori acustici: Livello di Pressione Sonora (SPL), Intelligibilità del Parlato (STI),

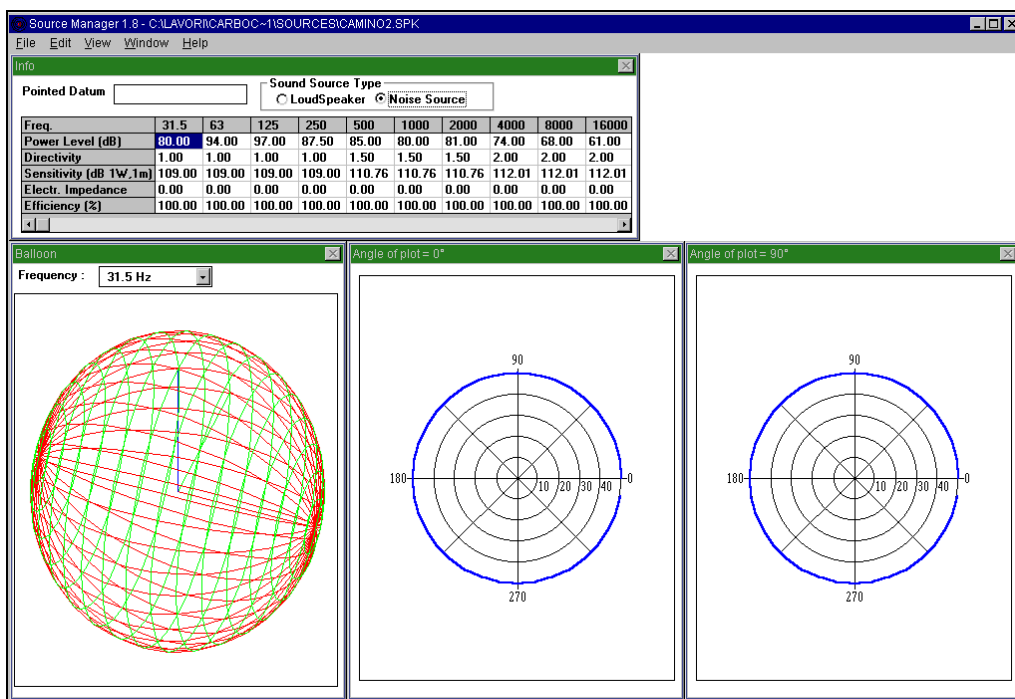
Indici di Chiarezza, Rapporto Campo Riverberato/Campo Diretto, Tempi di Riverbero, ecc. Uno degli aspetti fondamentali del software impiegato è che esso è in grado di dominare i fenomeni di diffrazione acustica dovuti alla presenza di barriere o altro, mediante applicazione del modello di Maekawa. In tal modo introducendo una barriera o schermo acustico, aventi dimensioni finite, viene calcolata l'attenuazione reale, che, come è noto, differisce di molto da quella desumibile dal solo indice di fonoisolamento del materiale costituente la barriera. Il programma è in grado di computare la diffrazione anche al 2° ordine, nel caso di barriere o schermi di spessore non trascurabile.

Infine il programma contempla la possibilità di introdurre un contributo diffusivo; nella realtà infatti, l'approssimazione tipica dell'ottica geometrica che considera le riflessioni come puramente speculari rappresenta una semplificazione eccessiva. Il fenomeno della diffusione è sempre ben presente e per tener conto di ciò il programma fornisce all'utilizzatore uno strumento con cui poter parzialmente dominare e tener conto di tale fenomeno attraverso una procedura di randomizzazione dei raggi acustici uscenti da una determinata riflessione.

Completano il programma sezioni devolute alla mappatura grafica bi e tri-dimensionale e alla gestione dei materiali e delle sorgenti.

Nel nostro caso, una volta entrati in possesso delle informazioni acustiche necessarie, si è proceduto a costruire il modello acustico virtuale precedentemente descritto.

Le simulazioni sono state eseguite creando dapprima il modello 3d virtuale dell'ambiente in esame e successivamente introducendo le sorgenti sonore numeriche equivalenti a quelle reali. Nella figura successiva è mostrata a titolo di esempio la caratterizzazione di una generica sorgente acustica virtuale, avente caratteristiche di emissione spaziale di tipo omnidirezionale.



Per quanto riguarda “l'impronta” spettrale del rumore, come detto, a seguito dell'analisi dei dati in nostro possesso, si sono costruite le sorgenti equivalenti e successivamente sono state introdotte nel Source Manager del programma di simulazione, come illustrato dalla precedente figura.

Chiaramente – come già affermato - il programma si limita a simulare la singola sorgente come se agisse in regime stazionario, trascurando tutte le fluttuazioni temporali nonché le eventuali correzioni dovute a particolari fenomeni fisici quali: effetto Doppler, presenza di forti gradienti termici, vento, ecc.

I risultati delle simulazioni sono commentati nel seguito e riportati in forma grafica in Appendice: essi si riferiscono ad un reticolo di circa 40000 ricevitori, distribuiti in modo uniforme su tutta l'area interessata alla quota di 4 m dal suolo.

L'area analizzata e su cui sono state eseguite le stime teoriche è limitata ad un rettangolo di dimensioni pari a circa 1200 (L) X 900 (W) m circa. Le ragioni di tale limitazione sono molteplici e così riassumibili:

- La validità delle stime teoriche e dei calcoli eseguiti dal software di simulazione è affetta, giocoforza, da una serie di errori dovuti alla presenza di variabili non quantificabili e non prevedibili: fenomeni atmosferici, gradienti

di pressione e/o temperatura, ecc. che possono fortemente influenzare l'attendibilità del calcolo, in misura tanto maggiore quanto più la distanza dalle sorgenti di rumore aumenta.

- Aumentando la distanza dalle sorgenti sonore oggetto del presente studio, cresce la probabilità di sottostimare il contributo dovuto alla presenza di altre sorgenti di rumore non considerate nel presente studio e non a priori trascurabili, es.: rumori provenienti da altre zone e/o sorgenti, rumori antropici ecc.
- I ricettori più sensibili sono tutti contenuti all'interno dell'area utilizzata per le simulazioni e, visti i valori assoluti in gioco, si può senz'ombra di dubbio sostenere che oltre tale area l'influenza delle sorgenti acustiche esaminate può ritenersi del tutto trascurabile.

## 5.2 MODELLAZIONE DELLE SORGENTI

Le sorgenti acustiche virtuali sono state “modellate” sulla base sia dei dati in nostro possesso, sia di quanto da noi elaborato in numerose e precedenti esperienze, soprattutto per quanto riguarda il traffico veicolare.

Di seguito diamo un elenco di valori, espressi in forma tabellare, che rappresentano i Livelli di Potenza Sonora delle principali sorgenti acustiche della futura centrale turbogas, divisi in bande frequenziali di ottava.

	Frequenza in banda di ottava [Hz]									
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Caldaia – Lw = 101 dB	93	97	95	92	89	85	83	80	75	70
Camino – Lw = 98 dB	96	94	92	90	86	80	72	68	60	50
Condensatori – Lw = 109 dB	104	106	100	96	93	86	80	75	70	55
Filtro – Lw = 96 dB	88	92	89	87	85	80	75	73	70	67
Stazione compressione e decompressione - Lw = 87 dB	76	79	82	79	78	76	72	65	65	60
Trasformatore principale Lw = 102 dB	91	98	95	94	91	87	83	81	80	75
Turbina e Alternatore* Lw = 114 dB	100	104	106	110	107	100	98	88	85	85

\* *Turbine e alternatori sono collocati all'interno dell'edificio macchine che sarà opportunamente coibentato ed insonorizzato. Di conseguenza il “peso” acustico di queste sorgenti è in realtà del tutto trascurabile rispetto alle altre presenti all'esterno.*

Tabella 5/1 Livello di Potenza Sonora e Frequenza delle Sorgenti Acustiche Principali per la Centrale Turbogas

Oltre a tali sorgenti sono state introdotte anche le seguenti sorgenti presenti sulla porzione di territorio analizzata.

	Frequenza in banda di ottava [Hz]									
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Sottostazione ENEL Lw = 99 dB	89	94	91	93	88	84	80	78	75	70
Traffico Veicolare Lw = 87 dB	77	80	83	80	77	73	68	61	56	50

Tabella 5/2 Principali Sorgenti Acustiche Presenti Attualmente  
Livello di Potenza Sonora vs. Frequenza

Infine sono state introdotte, nella medesima modalità, altre sorgenti acustiche minori che caratterizzeranno l'attività delle futura centrale turbogas:

- Altri trasformatori:  $L_w = 75 \text{ dB(A)}$
- Valvole e compressori:  $L_w = 85 \text{ dB(A)}$

Si sottolinea che, rispetto ai valori riportati in tale elaborato [5], i Livelli di Potenza Sonora di alcune sorgenti (Condensatori e Filtro) sono inferiori a quelli ipotizzati nel progetto e sono perfettamente compatibili con lo stato attuale della tecnologia.

### 5.3 CALCOLO DEL LIVELLO SONORO INDOTTO DALL'IMPIANTO

Dopo aver provveduto a creare il modello 3D di tutto l'ambiente esaminato, è stata eseguita la taratura del modello confrontando quanto emergente dalla simulazione dello stato attuale con quanto emerso dai rilievi sperimentali.

La taratura ha richiesto n. 5 round di simulazioni con approssimazioni successive (procedura di *trial and error*). I risultati di tale simulazione sono riprodotti in forma grafica nelle Figure 2-3 (Periodo Diurno e Notturno, rispettivamente).

In tali figure il Livello Continuo Equivalente in dB(A) (o  $L_{eq,A}$ ) è visualizzato sotto forma di scala cromatica; per una maggior comprensione e agilità di lettura sono state sovrapposte alla mappatura cromatica le principali curve isofoniche.

L'ottenimento di tale mappatura richiede una breve digressione di natura teorica.

All'interno del modello 3D, nell'area di nostro interesse, è stata posizionata una griglia costituita da un numero elevato di punti di ricezione (185).

Una volta che il software ha determinato il Livello di Pressione Sonora per ciascuno di essi, si è proceduto a creare una matrice di rango 185x3, dove le 3 colonne rappresentano rispettivamente la coordinata X e Y del punto di ricezione, mentre alla coordinata Z è stato assegnato il valore previsto del Livello di Pressione in dB(A).

Tale matrice è stata poi introdotta in un apposito software di visualizzazione dati (SURFER™) e da essa è stata ricavata una griglia densa di 200 X 200 = 40.000 punti, ottenuti interpolando statisticamente i valori ottenuti mediante applicazione del modello di simulazione numerica.

Il metodo di interpolazione utilizzato è noto come metodo di Kriging. Senza voler entrare nel dettaglio di questa metodologia, diremo che questo metodo introduce, in un determinato insieme di N dati, quel valore stimato che è in grado di minimizzare la varianza del nuovo insieme contenente ora N + 1 dati; il processo viene ripetuto e iterato fino all'introduzione dell'ultimo valore.

Questo processo di interpolazione tra i valori dei vari punti, per quanto potente, non è indenne da approssimazioni: infatti, se da un lato esso permette l'esecuzione di



mappature che, oltre ad un innegabile pregio grafico, consentono di apprezzare in modo semplice e rapido, grazie alla scelta di opportune scale cromatiche, la presenza e l'ubicazione di eventuali zone critiche; dall'altro comporta inevitabilmente modifiche (anche se minime) ai valori originali dei punti di ricezione.

Di conseguenza il confronto tra i dati previsti e quelli misurati sperimentalmente non va mai eseguito sulla base del confronto delle mappature, ma esclusivamente sulla comparazione dei dati puntuali.

Di seguito vengono riportate le mappature cromatiche risultato della simulazione e i dati assoluti per i punti critici in forma tabellare.

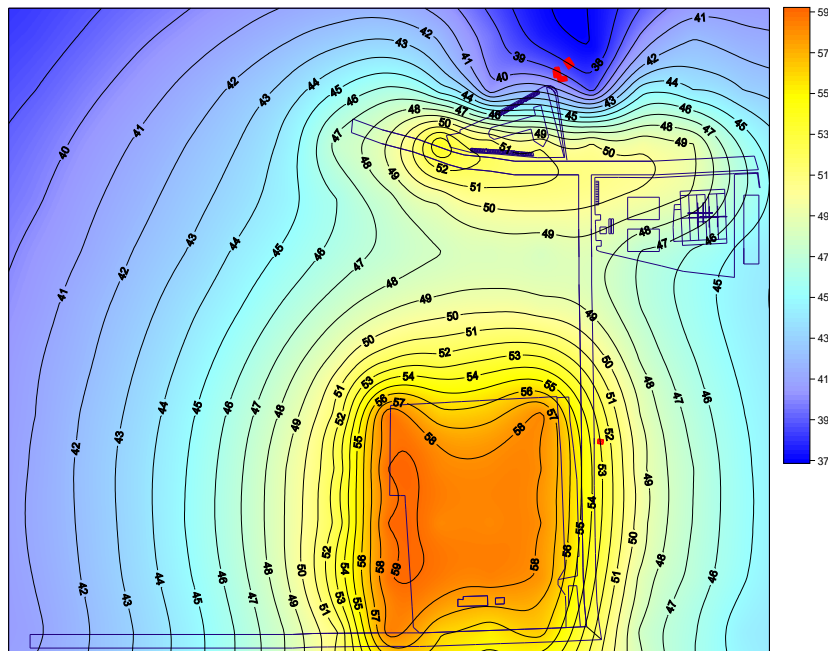
La figura 5/2 rappresenta la distribuzione spaziale del Livello di Equivalente nello stato attuale e nel Periodo Diurno (**Rumore Ambientale Diurno Attuale**).

La figura 5/3 rappresenta la distribuzione spaziale del Livello di Equivalente nello stato attuale e nel Periodo Notturno (**Rumore Ambientale Notturno Attuale**).

La figura 5/4 rappresenta la distribuzione spaziale del Livello di Equivalente rilevabile nell'area interessata dovuto alla sola attività acustica della futura centrale turbogas. In altre parole la mappatura rappresenta la visualizzazione del solo ed esclusivo contributo acustico della futura centrale.

La scala cromatica riportata di fianco alla mappatura pone in relazione i vari colori con i rispettivi  $L_{eq,A}$ .

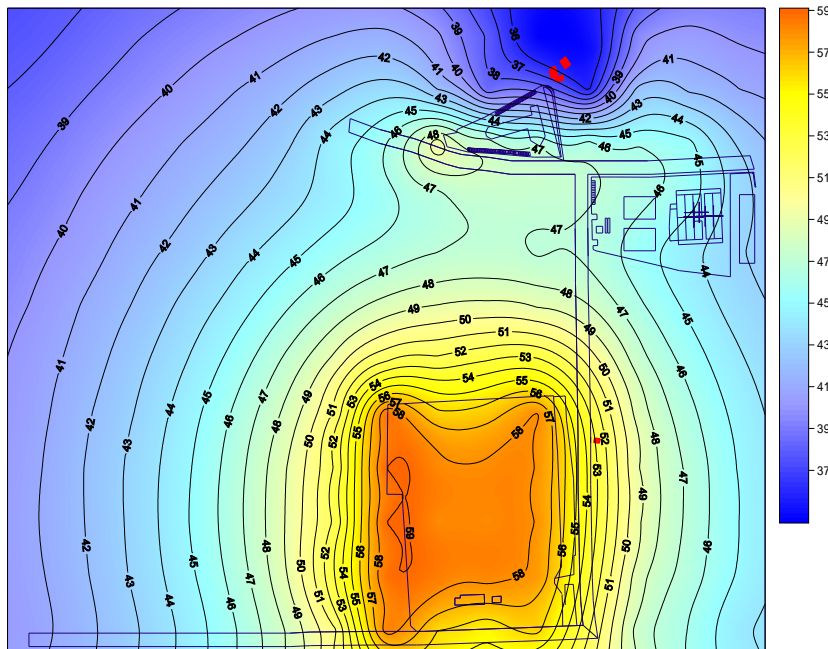
Alla mappatura cromatica è sovrapposto l'insieme delle curve isofoniche (curve di ugual livello di pressione sonora).



**TURBOGAS SCANDALE**  
Stato Attuale - Periodo Diurno.  
Mappatura della distribuzione spaziale del Leq,A.

Figura 2

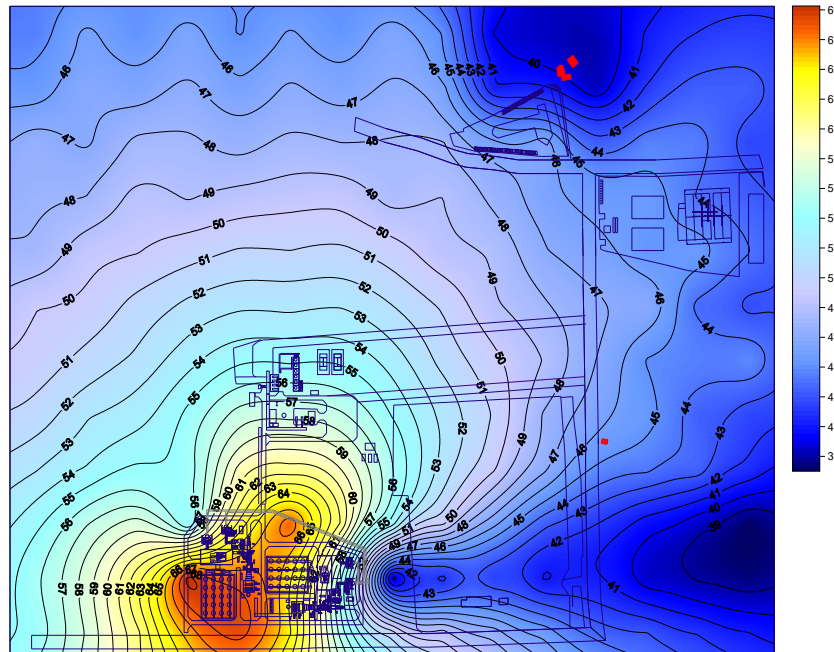
Figura 5/2 Livello equivalente nello stato attuale – periodo diurno



**TURBOGAS SCANDALE**  
Stato Attuale - Periodo Notturno.  
Mappatura della distribuzione spaziale del Leq,A.

Figura 3

Figura 5/3 Livello equivalente nello stato attuale – periodo notturno



**TURBOGAS SCANDALE**  
 Previsione della Rumorosità dovuta alla sola Centrale.  
 Mappatura della distribuzione spaziale del Leq,A.

Figura 4

Figura 5/4 Livello equivalente dovuto all'esercizio della CTE nello stato futuro

Le figure 5/5 e 5/6 rappresentano la distribuzione spaziale del Livello di Rumore Ambientale **nello stato futuro a centrale operativa, rispettivamente nei due Periodi: Diurno e Notturno.**

Tale livello di rumore è dato dalla somma del Rumore Ambientale Attuale (cioè del futuro rumore residuo – Figure 5/2 e 5/3) e del contributo acustico della centrale (Figura 5/4).

Le figure 5/7 e 5/8 rappresentano la distribuzione spaziale dello **Incremento Differenziale di Rumore Ambientale osservabile in futuro nell'area in questione, a seguito attivazione della centrale turbogas.**

Le figure si riferiscono ai due Periodi Diurno e Notturno, rispettivamente.

L'incremento differenziale mappato è ottenibile come semplice differenza algebrica tra il valore del Rumore Ambientale Futuro (Figure 5/5 e 5/6) e il Livello di Rumore Ambientale Attuale (Figure 5/2 e 5/3)

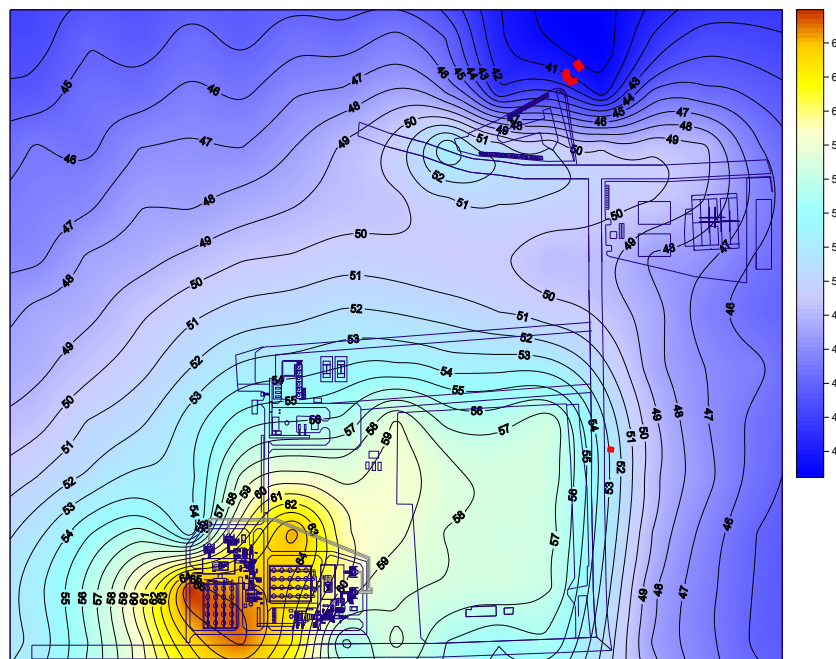
**TURBOGAS SCANDALE**Stato Futuro - Rumore Ambientale - Periodo Diurno.  
Mappatura della distribuzione spaziale del Leq,A.

Figura 5

Figura 5/5 Livello equivalente nello stato futuro – periodo diurno

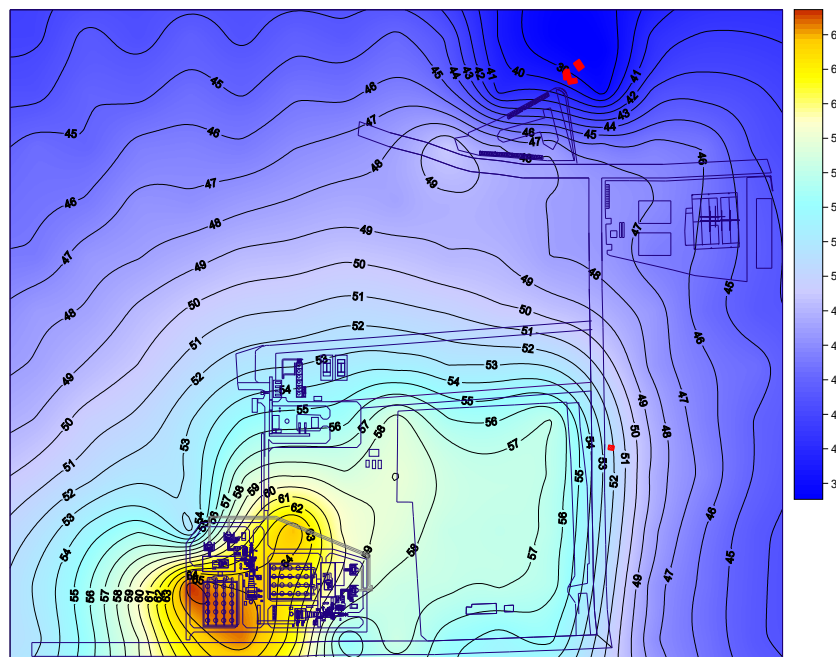
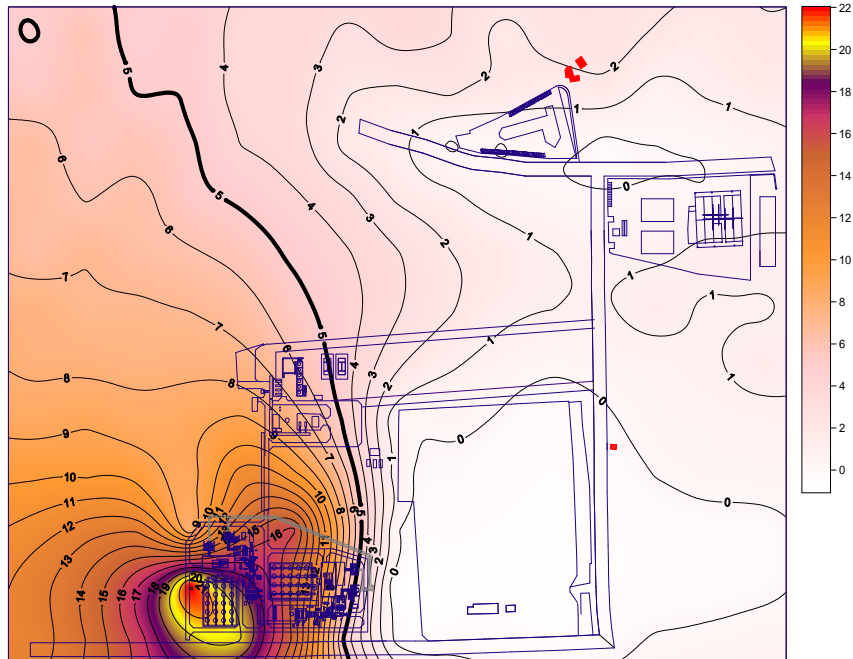
**TURBOGAS SCANDALE**Stato Futuro - Rumore Ambientale - Periodo Notturno.  
Mappatura della distribuzione spaziale del Leq,A.

Figura 6

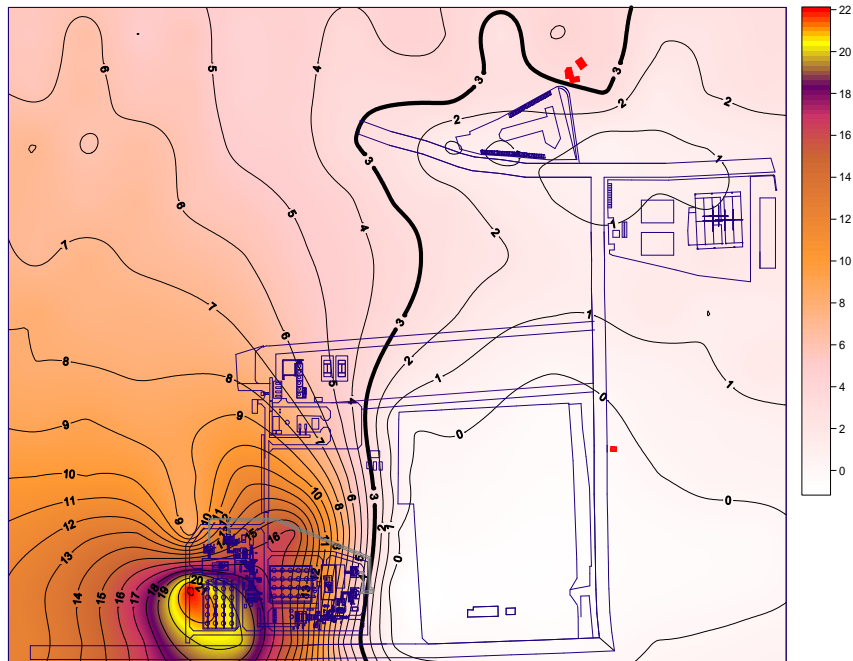
Figura 5/6 Livello equivalente nello stato futuro – periodo notturno



**TURBOGAS SCANDALE**  
Stato Futuro - Incremento Differenziale - Periodo Diurno.  
Mappatura della distribuzione spaziale dell'incremento in dB(A).

Figura 7

Figura 5/7 Incremento differenziale nello stato futuro – periodo diurno



**TURBOGAS SCANDALE**  
Stato Futuro - Incremento Differenziale - Periodo Notturno.  
Mappatura della distribuzione spaziale dell'incremento in dB(A).

Figura 8

Figura 5/8 Incremento differenziale nello stato futuro – periodo notturno

Dall'analisi della figura 5/8 si nota però la presenza di un valore critico dell'incremento differenziale, in quanto la curva di isolivello dei **3 dB** (limite massimo notturno) risulta tangente al Ricettore.

Poiché, come abbiamo già avuto modo di sottolineare, il procedimento di interpolazione che porta all'ottenimento delle mappature cromatiche può comportare sensibili variazioni nei valori puntuali, diventa indispensabile eseguire un esatto confronto numerico sulla base dei risultati relativi al Ricettore Sensibile esaminato [punto (A)], confrontando i valori acustici attuali con quelli futuri previsti.

Ricordando che il Criterio Differenziale è applicabile **solo in prossimità dei Ricettori sensibili** e non alle rimanenti porzioni di territorio, è riportiamo nella tabella successiva il necessario confronto.

Rumore Ambientale Stato Attuale		Rumore Ambientale Stato Futuro	Differenziale dB(A)
Valore Medio Sperimentale Leq in dB(A)	Valore Medio Simulato Leq in dB(A)	Valore Medio Previsto (simulazioni) Leq in dB(A)	
----	38.3	40.9	+ 2.6

Tabella 5/3 Confronto tra il Rumore Ambientale Attuale e quello Futuro (previsto)  
in prossimità del Ricettore Sensibile (A) – Periodo Notturno

L'impressione iniziale avuta nell'osservazione delle mappature NON trova quindi conferma nel reale dato numerico emerso dalle simulazioni numeriche: l'introduzione della centrale turbogas non comporta pertanto un eccesso di innalzamento della rumorosità ambientale futura rilevabile nei pressi del Ricettore Sensibile (A).



#### 5.4 CONFRONTO CON I LIMITI DI LEGGE

L'analisi delle figure 5/5 e 5/6 mostra che i livelli assoluti di immissione rispetteranno ovunque i limiti imposti dalla vigente normativa, a patto che valga ovviamente la zonizzazione acustica da noi ipotizzata (che peraltro rappresenta l'unica scelta possibile vista la destinazione d'uso della zona).

A conclusione della presente valutazione possiamo quindi esprimere la seguente valutazione complessiva:

1. La centrale turbogas di Scandale si inserisce in un contesto acustico caratterizzato da una rumorosità ambientale attuale modesta. Le uniche sorgenti significative presenti nella zona risultano infatti individuabili nel rumore continuo e stazionario generato dalla sottostazione ENEL e nel rumore casuale generato dall'esiguo traffico veicolare circolante sulla strada.
2. La futura centrale turbogas si insedierà in un'area che risulta inseribile nella Classe 5 di Destinazione d'Uso Acustico "Aree prevalentemente Industriali", prevista dal DPCM 14.11.1997. A tale classe competono due distinti limiti massimi assoluti di immissione: 70 dB(A) per il Periodo Diurno 60 dB(A) per il Periodo Notturno
3. Le simulazioni hanno evidenziato che la rumorosità generata dall'attività della futura centrale sarà di entità tale che il Futuro Rumore Ambientale rispetterà ovunque i Limiti Assoluti di Immissione
4. Le simulazioni hanno altresì evidenziato che in prossimità del Ricettore Sensibile (A) la rumorosità generata dalla futura attività della centrale comporterà un innalzamento del Rumore Ambientale stimabile in + 1.3 dB nel Periodo Diurno e + 2.6 dB nel Periodo Notturno, valori entrambi al di sotto della soglia massima stabilita dalle vigenti normative.

Ne consegue quindi che l'insediamento della centrale turbogas nella zona in questione non comporterà un eccesso di incremento della attuale Rumorosità Ambientale e pertanto si può sostenere la sua compatibilità sotto il profilo dell'impatto acustico

## 6 CONCLUSIONI

L'identificazione e la quantificazione dell'impatto acustico dell'esercizio della centrale a ciclo combinato di Scandale sono stati supportati da una campagna sperimentale di rilievi fonometrici appositamente eseguita nel periodo aprile-maggio 2003 e dall'utilizzo di software per l'acustica previsionale.

Dopo aver definito l'area di indagine, ne sono state evidenziate le principali caratteristiche (uso del territorio, orografia, presenza di centri abitati, infrastrutture, ecc.). In assenza di zonizzazione acustica da parte del comune di Scandale, sono state considerate le destinazioni d'uso previste dai documenti urbanistici (PRG).

Dopo aver riportato una sintetica descrizione dell'impianto, è stata effettuata la caratterizzazione delle principali sorgenti sonore presenti, i cui parametri acustici sono stati calibrati utilizzando un codice di calcolo in modo da riprodurre con un buon grado di approssimazione la situazione oggetto di indagine sperimentale.

In tale fase è stato messo a punto un modello matematico che ha permesso di valutare il contributo dell'impianto nelle diverse condizioni di esercizio.

Con riferimento alla zonizzazione acustica ipotizzabile in base alla normativa vigente, presso i punti ricettori i limiti di legge risultano rispettati con ampio margine, senza necessità di interventi di mitigazione.



## 7 BIBLIOGRAFIA

- 1) Eurovilippo industriale spa - Studio di Impatto Ambientale per Centrale Termoelettrica a Ciclo Combinato in Localita' Santa Domenica Scandale (KR) - sintesi non tecnica, gennaio 2003;
- 2) Ing. N. Carone, Indagine fonometrica - localita' Santa Domenica, Scandale (KR), 12 maggio 2003;
- 3) Centrale termoelettrica a ciclo combinato in localita' Santa Domenica - Scandale (KR) procedimento unico di autorizzazione ai sensi della legge 9 aprile 2002, n. 55 – indagine acustica;
- 4) Eurovilippo industriale spa - Studio di Impatto Ambientale per Centrale Termoelettrica a Ciclo Combinato in Localita' Santa Domenica Scandale (KR), gennaio 2003;
- 5) Technological Engineers and Architects (TEA) – Progetto definitivo per la Centrale a ciclo combinato di Scandale, gennaio 2003;
- 6) Centrale di Scandale Progetto di Realizzazione dei Moduli 1 E 2 in Ciclo Combinato – Cogenerativo, Descrizione funzionale – Dati caratteristici sistemi di contabilizzazione d'energia, dicembre 2007.