

## CENTRALE TERMOELETTRICA DEL MINCIO

Recapito: presso A2A S.p.A. Via Lamarmora, 230 - 25124 Brescia  
 Telefono 030 35531 - Telefax 030 3553204

Spettabile MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA  
 DEL TERRITORIO E DEL MARE  
 Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale  
 Divisione VI - Rischio Industriale - IPPC  
 Via C. Colombo, 44 - 00147 ROMA

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e  
 del Mare - Direzione Generale Valutazioni Ambientali

E.prot DVA - 2010 - 0015765 del 21/06/2010

Spettabile ISPRA - Istituto Superiore Protezione Ricerca Ambientale  
 Servizio Interdipartimentale per l'indirizzo, il coordinamento e il  
 controllo delle attività ispettive (ISP)  
 Via V. Brancati, 48 - 00144 ROMA

Da citare nella risposta

ATO/PRO/IMT/CEM/2010/LA/vd 2010-CM-000039-P  
 12/06/2010

DECRETO DSA-DEC-2009-0000969 DEL 03/08/2009 PUBBLICATO SULLA GU N. 201  
 DEL 31/08/2009 - AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE PER L'ESERCIZIO  
 DELLA CENTRALE TERMOELETTRICA DEL MINCIO, SITUATA IN COMUNE DI  
 PONTI SUL MINCIO (MN).  
 VERIFICA DELLA COMPONENTE VIBRAZIONI MEDIANTE MISURE IN CAMPO.

Con riferimento al Decreto in oggetto, articolo 1 - limiti di emissione e prescrizioni per  
 l'esercizio -, comma 5, dove si prevede "... entro un anno dalla data di pubblicazione  
 dell'avviso ... il Gestore deve presentare ... i risultati della verifica della componente  
 vibrazioni mediante misure in campo e/o simulazioni" in allegato si trasmette la relazione dal  
 titolo "Relazione tecnica di misura delle emissioni vibratorie nell'area periferica alla Centrale  
 e valutazione del disturbo" sia su carta, che su supporto informatico compact-disk CD.

Distinti saluti.



A2A S.P.A. - AGSM VERONA S.P.A.  
 CENTRALE TERMOELETTRICA DEL MINCIO  
 IL CAPO CENTRALE  
 Ing. Luciano Meno

Corrispondenza  
 Via Lamarmora, 230 - 25124 Brescia

Telegrammi: A2A S.p.A

Telefono Centrale: - 037688151-2  
 Fax - 037688326

Riferimenti interni



a2a

**CENTRALE  
TERMOELETTRICA  
DEL MINCIO**

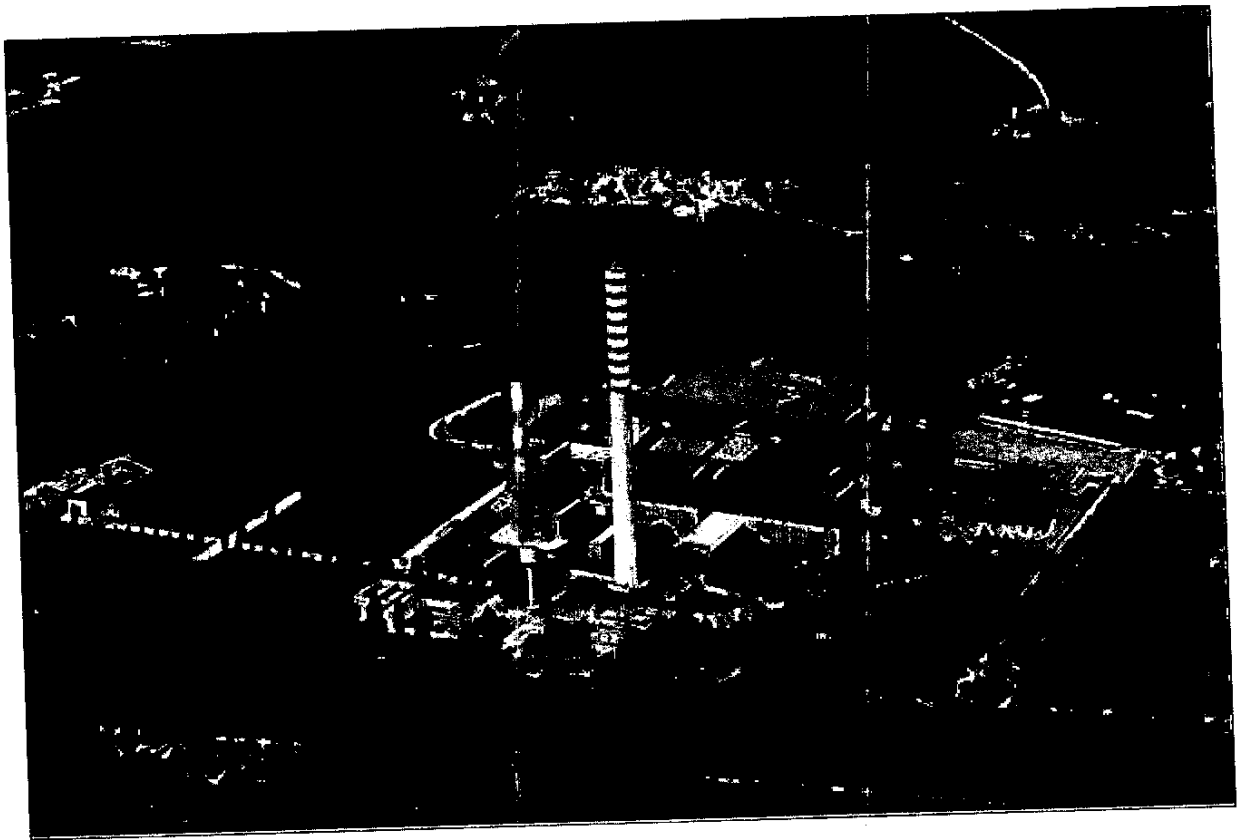


agsm

**RELAZIONE TECNICA DI MISURA DELLE IMMISSIONI  
VIBRATORIE NELL'AREA PERIFERICA ALLA CENTRALE  
E VALUTAZIONE DEL DISTURBO**

(prevista dal Decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale prot. DSA-DEC-2009-969  
del 03/08/2009)

**FEBBRAIO 2010**



**COMMITTENTE:** CENTRALE TERMOELETTRICA DEL MINCIO – via san Nicolò n° 26 – 46040  
Ponti sul Mincio in provincia di Mantova

**OGGETTO:** Misurazione delle immissioni vibratorie nell'area periferica alla centrale e  
valutazione del disturbo

**RIFERIMENTO:** Decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale prot. DSA – DEC – 2009 –  
969 del 03/08/2009

**N. PAGINE:** 46

**DATA:** 9 febbraio 2010

**ELABORATO:** Ing. Cesare Rocco Faustini<sup>1</sup>

## INDICE

	N° Pagina
INTRODUZIONE	2
1. DESCRIZIONE DEI LUOGHI	3
2. DESCRIZIONE DELLA SORGENTE	4
3. DESCRIZIONE DELLE POSIZIONI DI MISURA	6
4. DESCRIZIONE DELLE PROVE E MODALITA' DI CAMPIONAMENTO DELLE VIBRAZIONI	7
5. PRESENTAZIONE DEI VALORI MISURATI	9
6. ALLEGATI	19

*Ing. Cesare Rocco FAUSTINI*  
Albo ingegneri di BRESCIA n° 1787  
Tecnico in Acustica Ambientale  
D.P.G.R. 25.06.1997 n° 2560  
della Regione Lombardia

<sup>1</sup> Ing. Cesare Rocco Faustini iscritto all'Albo degli Ingegneri di BRESCIA n° 1787 e riconosciuto Tecnico Competente in Acustica Ambientale con D.P.G.R. del 25.06.97 n° 2560 della Regione Lombardia

## INTRODUZIONE

Il presente documento illustra sinteticamente, mediante figure ed elaborati grafici, i risultati dell'indagine di misura delle immissioni vibratorie condotta nell'area periferica all'impianto di produzione energia elettrica oggetto della relazione. Le indagini sono state condotte in conformità alle prescrizioni fornite dal Decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale 969 del 03/08/2009 art. 1 - Limiti di emissione e prescrizioni per l'esercizio - comma 5 e contenuto nel Parere Istruttorio al punto 13.6 "Emissioni sonore e vibrazioni" del documento U. prot DSA - DEC - 2009 - 0000969 del 03/08/2009.

L'indagine è stata condotta in periodo di riferimento diurno dall'ing. Faustini Cesare Rocco e geom. Arrivabene Piergiuseppe di A2A S.p.A. in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale Università di Brescia nelle persone dell'ing. Piana Edoardo e dell'ing. Marchesini Anna. Le operazioni di misura si sono articolate su due sedute in cui si è voluto caratterizzare il fenomeno vibratorio, per un tempo di osservazione di circa 4 ore ciascuna. In particolare:

- PRIMA SEDUTA: misura del livello di vibrazione residua (ad impianti di produzione non attivi) eseguita il 07 dicembre del 2009 in occasione della fermata della centrale;
- SECONDA SEDUTA: misura del livello di vibrazione ambientale (con gli impianti di produzione in condizioni normali di esercizio) eseguita il 20 gennaio del 2010 durante un giorno feriale.

I risultati di questa indagine, oltre a permettere il confronto con i valori limite fissati dalla normativa tecnica di settore, possono indirizzare verso una approfondita analisi di un eventuale disturbo verso le abitazioni più prossime e le persone residenti al loro interno.

# 1. DESCRIZIONE DEI LUOGHI

L'area sulla quale insiste la centrale è collocata nel Comune di Ponti sul Mincio, sulla sponda destra del fiume Mincio.

Il territorio che la circonda è destinato ad uso agricolo con scarsa presenza di abitazioni. Nelle immediate vicinanze sono presenti 6 abitazioni di cui 5 sono di proprietà della centrale ed assegnate in affitto ai dipendenti mentre una risulta inserita in un ampio terreno adibito ad allevamento di cani.



Figura 1: area di centrale

L'area di studio scelta per la determinazione dell'entità delle vibrazioni meccaniche trasmesse verso l'ambiente esterno è dislocata lungo il perimetro della centrale.

## 2. DESCRIZIONE DELLA SORGENTE

### 2.1. GENERALITA'

La sorgente di vibrazioni sottoposta a controllo è la centrale termoelettrica del Mincio. Questa può essere considerata sede di più fonti di vibrazioni meccaniche, che vengono trasmesse verso l'esterno, legate al funzionamento continuo di due macchine rotanti a velocità costante di 3.000 giri al minuto per la produzione di energia elettrica che sono situate all'interno di edifici su apposite fondazioni. Da un'accurata analisi dei macchinari principali di centrale sono state individuate come sorgenti significative la TURBINA A GAS e la TURBINA A VAPORE. Data la tipologia di queste fonti di vibrazione la caratteristica nel tempo delle vibrazioni prodotte risulta stazionaria sui tre assi cartesiani. Nella serie di Figure 2 in calce si riporta la registrazione delle accelerazioni, rilevate con curva di ponderazione  $W_m$ , prodotte dal funzionamento della TURBINA A GAS e della TURBINA A VAPORE rilevate sull'asse dominante Y.

Il valore (r.m.s.) dell'accelerazione indicato a destra nel riquadro delle figure rappresenta il valore massimo raggiunto nel corso della misurazione.

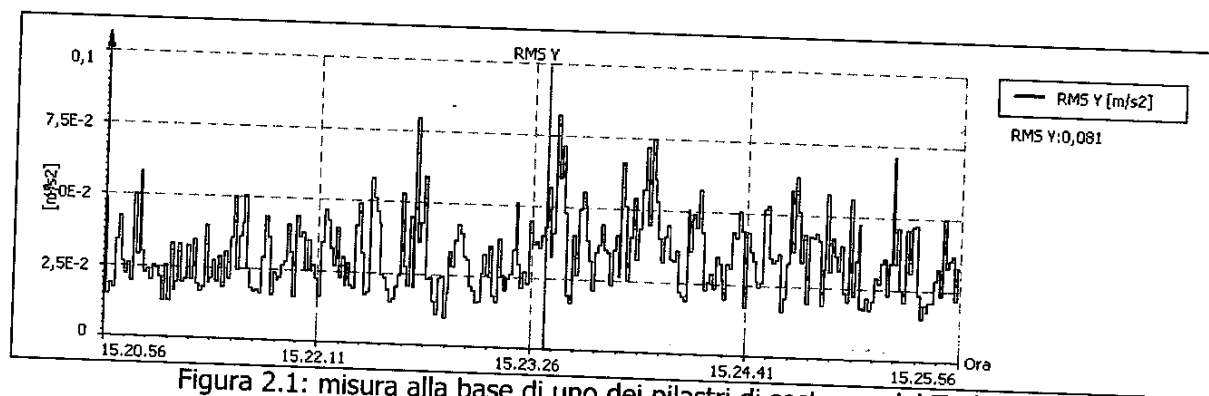


Figura 2.1: misura alla base di uno dei pilastri di sostegno del Turbogas

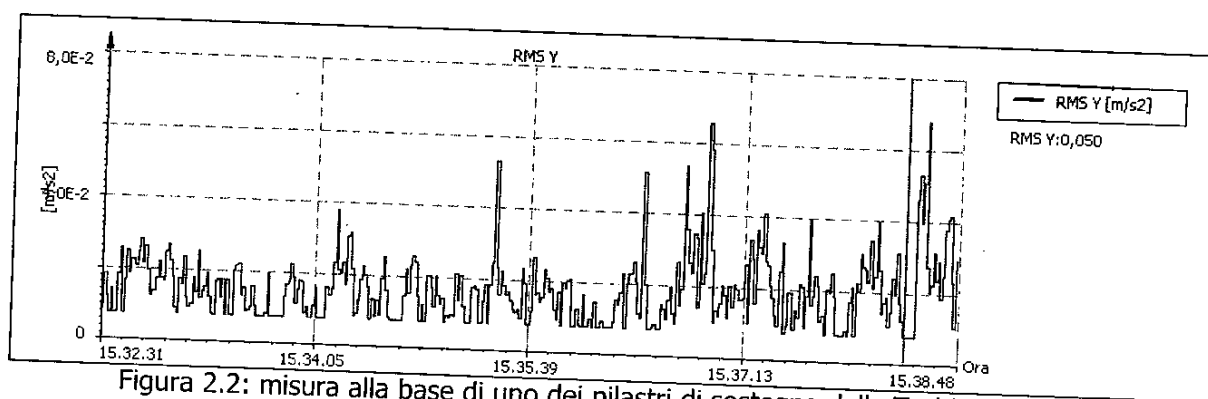


Figura 2.2: misura alla base di uno dei pilastri di sostegno della Turbina a vapore

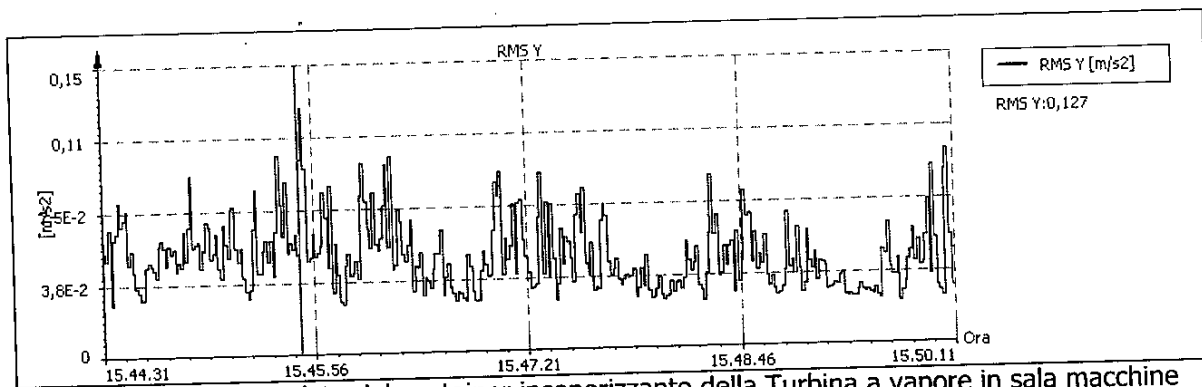


Figura 2.3: misura a lato del container insonorizzante della Turbina a vapore in sala macchine

Il funzionamento della centrale nel suo complesso è di tipo continuo sulle 24 ore con il carico, inteso come produzione di energia elettrica, variabile in funzione delle richieste di mercato con punte di massima in periodo diurno e di minima in periodo notturno.

L'indagine condotta in periodo diurno è quindi rappresentativa del livello massimo di immissioni prodotte verso l'esterno.

Si evidenzia che al variare della potenza prodotta la velocità di rotazione dei macchinari è costante a 3.000 giri al minuto come è costante la frequenza della rete elettrica a 50 Hz. Non sono presenti macchinari a moto alternativo o impattivo quali vagli scuotitori o apparecchiature che basano la propria attività su urti tipo prese, magli, ecc.

## 2.2 DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI DI ESERCIZIO DELLA CENTRALE

Nel presente documento per CENTRALE SPENTA si intende la condizione di NON funzionamento dei principali impianti e loro ausiliari di produzione energia elettrica. In queste condizioni il turbogas e la turbina a vapore sono fermi; non si produce energia e si determina il livello di vibrazioni residue del sito di centrale.

Per CENTRALE ACCESA si intende la condizione normale di esercizio della centrale. In modo specifico la centrale all'atto d'esecuzione della seduta di misurazione produceva 384 MW. In queste condizioni si determina il livello di vibrazioni ambientali trasmesse verso l'esterno.

## 2.3 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI STUDIO

In relazione alle condizioni di esercizio della centrale si identificano:

- SCENARIO 1: fermata degli impianti principali (CENTRALE SPENTA)
- SCENARIO 2: funzionamento degli impianti (CENTRALE ACCESA)

### 3. DESCRIZIONE DELLE POSIZIONI DI MISURA

L'indagine di misura è stata effettuata a seguito di prescrizione in quanto non risultano allo stato attuale lamenti da parte di cittadini sia in termini di disturbo che di danno alle abitazioni per effetto di vibrazioni prodotte dal funzionamento della centrale.

In considerazione di ciò sono state individuate le fonti principali di vibrazioni meccaniche e la seduta di misura è stata condotta in ambiente esterno, in quattro posizioni distribuite lungo il perimetro in corrispondenza dei punti cardinali, in ubicazioni che si trovano allineate (in asse) con gli edifici contenenti sia la TURBINA A VAPORE che la TURBINA A GAS.

In maniera specifica la misura del fenomeno vibratorio è stata eseguita nei 4 punti identificati come:  $P_{EST}$ ,  $P_{NORD}$ ,  $P_{OVEST}$  e  $P_{SUD}$ . In Figura 3 è riportata un'immagine che illustra le posizioni di misura sul perimetro di centrale.

Gli accelerometri usati per le rilevazioni sono stati fissati su un blocco di acciaio del peso di 5 kg circa tramite colla acrilica. Il blocco di acciaio poggiava sul pavimento attraverso 3 punti di contatto.

La posizione precisa del punto di acquisizione rispetto agli edifici principali di centrale e l'orientamento degli assi di riferimento sono esposti nel Rapporto di Misura.

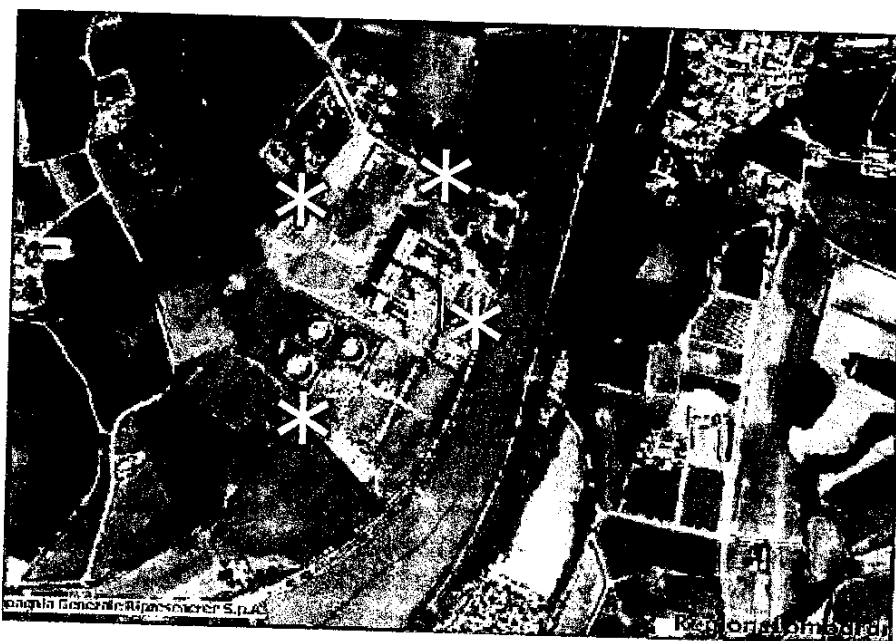


Figura 3: ubicazione punti di misura

(immagine derivata da sito web non aggiornata a seguito di demolizioni interne alla centrale)



## 4. DESCRIZIONE DELLE PROVE E MODALITA' DI CAMPIONAMENTO DELLE VIBRAZIONI

L'intera indagine è stata condotta secondo due sessioni di misura per un tempo di osservazione che va:

- dalle ore 09.00 alle ore 13.00 del 7 dicembre 2009 (centrale spenta);
- dalle ore 14.30 alle ore 17.00 del 20 gennaio 2010 (centrale accesa).

### 4.1. NORMATIVA

Allo stato attuale non è stata emanata alcuna legge nazionale che regolamenti le vibrazioni massime ammissibili in funzione della destinazione d'uso degli edifici e dei locali in essi inseriti. Pertanto le valutazioni che seguono si baseranno sulle seguenti normative tecniche attualmente in vigore a livello nazionale ed internazionale:

- International Standard - ISO 2631-1 (1997):** "Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration" Part 1: General Requirements;
- International Standard - ISO 2631-2 (1989):** "Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration" Part 2: Continuous and shock-induced vibration in buildings (1-80Hz);
- Ente Nazionale Italiano di Unificazione: UNI 9614 (Marzo 1990):** "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo";
- Ente Nazionale Italiano di Unificazione: UNI 11048 (Marzo 2003):** "Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo".

### 4.2. I PARAMETRI MISURATI

Si precisa che è stato misurato il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerazione, espressa in  $m/s^2$ , trasmessa al terreno circostante nel periodo di campionamento stabilito.

Per ogni postazione si è effettuata una misurazione, con un tempo di campionamento del segnale di 1 secondo, per un tempo complessivo di 5 minuti.

#### 4.2.1 Il metodo secondo la norma UNI 9614

Tramite l'analizzatore multicanale sono stati registrati contemporaneamente i segnali degli assi X, Y e Z rilevati dagli accelerometri con pesatura lineare (valore dell'accelerazione non pesato in funzione della frequenza). La pesatura  $W_k$  per l'asse verticale e  $W_d$  per i due assi orizzontali è stata applicata in fase di post-elaborazione dei dati rilevati per ciascuna banda di terzi d'ottava.

#### 4.2.2 Il metodo secondo la norma UNI 11048

La disponibilità del misuratore di vibrazioni 4447 ha permesso l'acquisizione in linea del valore massimo del transiente delle vibrazioni (MTVV). Ciò è stato possibile in quanto lo strumento è predisposto ad una acquisizione diretta del segnale filtrato con curva di pesatura  $W_m$ .

Questo metodo di misurazione affianca quello descritto dalla norma UNI 9614.

#### 4.3. LA STRUMENTAZIONE E I METODI DI MISURA

I campionamenti sono stati eseguiti utilizzando della strumentazione conforme agli standard ISO 8041, IEC 1260. In maniera specifica gli strumenti impiegati sono:

- Analizzatore Bruel & Kjaer tipo PULSE (S/N: 2414035) collegato a tre accelerometri monoassiali Bruel & Kjaer tipo:
  - o 4508 002 (S/N: 1004)
  - o 4508 002 (S/N: 1006)
  - o 4508 002 (S/N: 1008);
  
- Analizzatore di vibrazioni Bruel & Kjaer tipo 4447 (S/N: 2570892) collegato ad un accelerometro triassiale ad alta sensibilità tipo ceramic shear ICP.

La strumentazione di misura è stata calibrata mediante il calibratore per vibrazioni Bruel & Kjaer tipo 4294 (S/N: 2561128) ottenendo uno scarto inferiore a 0,1dB - re  $10^{-6} \text{ m/s}^2$  - tra l'inizio e la fine delle misurazioni.

Gli attestati di taratura della strumentazione impiegata sono riportati a fine Rapporto di Misura.

#### 4.4 LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE

Le misure sono state eseguite in condizioni meteorologiche normali ed in assenza di precipitazioni. In modo specifico:

- PRIMA SEDUTA: con cielo parzialmente coperto ed assenza di vento
- SECONDA SEDUTA: con cielo completamente coperto ed assenza di vento

## 5. PRESENTAZIONE DEI VALORI MISURATI

### 5.1 RACCOLTA VALORI MISURATI

Le caratteristiche descrittive del punto di indagine e gli indicatori principali caratterizzanti il fenomeno vibratorio acquisito sono illustrati nel Rapporto di Misura.

I valori di accelerazione complessiva, ponderata in frequenza, secondo i tre assi principali (X, Y e Z) ed i corrispondenti livelli di accelerazione, misurati con centrale spenta e accesa, sono raccolti in Tabelle riportate di seguito. I parametri contenuti in queste tabelle rappresentano:

- Scenario: condizione di funzionamento della centrale (1: spenta; 2: accesa)
- Posizione: posizione del sito di misura illustrata nel Rapporto di Misura
- Orario di inizio: orario d'inizio del rilievo di vibrazione
- Durata: durata del rilievo di vibrazione
- $\bar{a}_x$ : valore oppure livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza misurato sull'asse di riferimento X
- $\bar{a}_y$ : valore oppure livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza misurato sull'asse di riferimento Y
- $\bar{a}_z$ : valore oppure livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza misurato sull'asse di riferimento Z
- MTVV: valore oppure livello di accelerazione massimo, ponderata in frequenza, raggiunto nel corso della misurazione. E' il valore massimo del transiente delle vibrazioni più elevato dei tre valori MTVV rilevati sui 3 assi di riferimento (X, Y e Z); vale a dire il valore massimo determinato sull'asse dominante.

### 5.1.1 VIBRAZIONI CON CENTRALE SPENTA

(MISURA DEL 7 DICEMBRE 2009)

I valori delle accelerazioni complessive, ponderate in frequenza, rappresentativi del fenomeno vibratorio trasmesso verso l'ambiente esterno determinati in periodo diurno con centrale spenta vengono riportati nella Tabella 1. Nell'ultima colonna della stessa tabella viene mostrato il valore massimo di accelerazione, ponderata in frequenza, raggiunto nel corso della misurazione sull'asse dominante (asse Y).

Tabella 1: Valori di accelerazione residua

CARATTERISTICHE MISURA				VALORI DI ACCELERAZIONE			
SCENARIO	POSIZIONE	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]	[m/s <sup>2</sup> ]			
				a <sub>x</sub>	a <sub>y</sub>	a <sub>z</sub>	MTVV
1	PEST	12.29:47	00.05:00	1,8E-03	2,8E-03	9,7E-04	3,3E-03
1	PNORD	11.24:11	00.05:00	1,6E-03	2,3E-03	8,8E-04	2,2E-03
1	PSUD	12.06:50	00.05:00	1,2E-03	1,5E-03	6,4E-04	3,1E-03
1	POVEST	11.47:38	00.05:00	2,0E-03	2,2E-03	9,3E-04	3,1E-03

I corrispondenti livelli delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza trasmesse verso l'ambiente esterno vengono presentati in Tabella 2. Nell'ultima colonna della stessa tabella viene mostrato il valore massimo del livello di accelerazione ponderata in frequenza raggiunto nel corso della misurazione sull'asse dominante (asse Y).

Tabella 2: Livelli di accelerazione residua

CARATTERISTICHE MISURA				LIVELLI DI ACCELERAZIONE			
SCENARIO	POSIZIONE	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]	[dB]			
				a <sub>x</sub>	a <sub>y</sub>	a <sub>z</sub>	MTVV
1	P <sub>EST</sub>	12.29:47	00.05:00	64,9	69,0	59,7	70,3
1	P <sub>NORD</sub>	11.24:11	00.05:00	64,2	67,1	58,9	67,0
1	P <sub>SUD</sub>	12.06:50	00.05:00	61,5	63,4	56,1	69,9
1	P <sub>OVEST</sub>	11.47:38	00.05:00	65,8	66,8	59,3	69,8

## 5.1.2 VIBRAZIONI CON CENTRALE ACCESA

(MISURA DEL 20 GENNAIO 2010)

I valori delle accelerazioni complessive, ponderate in frequenza, rappresentativi del fenomeno vibratorio trasmesso verso l'ambiente esterno determinati in periodo diurno con centrale accesa vengono riportati nella Tabella 3. Nell'ultima colonna della stessa tabella viene mostrato il valore massimo di accelerazione, ponderata in frequenza, raggiunto nel corso della misurazione sull'asse dominante (asse Y).

Tabella 3: Valori di accelerazione ambientale

CARATTERISTICHE MISURA				VALORI DI ACCELERAZIONE [m/s <sup>2</sup> ]			
SCENARIO	POSIZIONE	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]	a <sub>x</sub>	a <sub>y</sub>	a <sub>z</sub>	MTVV
1	P <sub>EST</sub>	14.34:58	00.05:00	3,0E-03	3,1E-03	1,2E-03	2,9E-03
1	P <sub>NORD</sub>	14.07:40	00.05:00	3,0E-03	4,1E-03	1,4E-03	3,9E-03
1	P <sub>SUD</sub>	14.52:17	00.05:00	2,4E-03	3,6E-03	1,0E-03	3,4E-03
1	P <sub>OVEST</sub>	15.09:33	00.05:00	2,1E-03	3,9E-03	1,2E-03	3,7E-03

I corrispondenti livelli delle accelerazioni complessive, ponderate in frequenza, trasmesse verso l'ambiente esterno vengono presentati nelle prime tre colonne di Tabella 4. Nell'ultima colonna della stessa tabella viene mostrato il valore massimo del livello di accelerazione, ponderata in frequenza, raggiunto nel corso della misurazione sull'asse dominante (asse Y).

Tabella 4: Livelli di accelerazione ambientale

CARATTERISTICHE MISURA				LIVELLI DI ACCELERAZIONE [dB]			
SCENARIO	POSIZIONE	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]	a <sub>x</sub>	a <sub>y</sub>	a <sub>z</sub>	MTVV
1	P <sub>EST</sub>	14.34:58	00.05:00	69,5	69,8	61,7	69,2
1	P <sub>NORD</sub>	14.07:40	00.05:00	69,5	72,2	62,7	71,8
1	P <sub>SUD</sub>	14.52:17	00.05:00	67,5	71,0	60,2	70,6
1	P <sub>OVEST</sub>	15.09:33	00.05:00	66,4	71,9	61,7	71,4

## 5.2 ELABORAZIONE LIVELLI DI VIBRAZIONE MISURATI

I livelli complessi di vibrazione ponderati in frequenza, trasmessi verso l'esterno con centrale accesa vengono depurati dal contributo di sorgenti estranee (livello misurato con centrale ferma) e successivamente confrontati con i livelli limite prescritti dalla normativa tecnica di settore.

Per completezza di informazione accanto al livello di emissione [dB] viene riportato il corrispondente valore di emissione [ $m/s^2$ ].

Tabella 5: Posizione P<sub>EST</sub>

Assi	Livello Ambientale [Centrale accesa e fondo]	Livello Residuo [Centrale spenta]	Livello di Emissione [Centrale accesa]	
			L [dB]	a [ $m/s^2$ ]
X	69,5	64,9	67,7	2,4E-03
Y	69,8	69,0	62,0	1,3E-03
Z	61,7	59,7	57,3	7,3E-04

Tabella 6: Posizione P<sub>NORD</sub>

Assi	Livello Ambientale [Centrale accesa e fondo]	Livello Residuo [Centrale spenta]	Livello di Emissione [Centrale accesa]	
			L [dB]	a [ $m/s^2$ ]
X	69,5	64,2	68,0	2,5E-03
Y	72,2	67,1	70,6	3,4E-03
Z	62,7	58,9	60,5	1,1E-03

Tabella 7: Posizione P<sub>SUD</sub>

Assi	Livello Ambientale [Centrale accesa e fondo]	Livello Residuo [Centrale spenta]	Livello di Emissione [Centrale accesa]	
			L [dB]	a [ $m/s^2$ ]
X	67,5	61,5	66,2	2,0E-03
Y	71,0	63,4	70,2	3,2E-03
Z	60,2	56,1	58,1	8,0E-04

Tabella 8: Posizione P<sub>OVEST</sub>

Assi	Livello Ambientale [Centrale accesa e fondo]	Livello Residuo [Centrale spenta]	Livello di Emissione [Centrale accesa]	
			L [dB]	a [m/s <sup>2</sup> ]
X	66,4	65,8	57,8	7,7E-04
Y	71,9	66,8	70,3	3,3E-03
Z	61,7	59,3	57,8	7,8E-04

### 5.3 VERIFICA DEL RISPETTO DELLA NORMATIVA

#### 5.3.1 PREMESSA

Secondo il Piano Regolatore Generale del Comune di Ponti sul Mincio l'area in cui è ubicata la centrale risulta essere posta principalmente in zona "impianti tecnologici".

In Figura 4 si riporta un estratto del Piano Regolatore Generale Comunale.

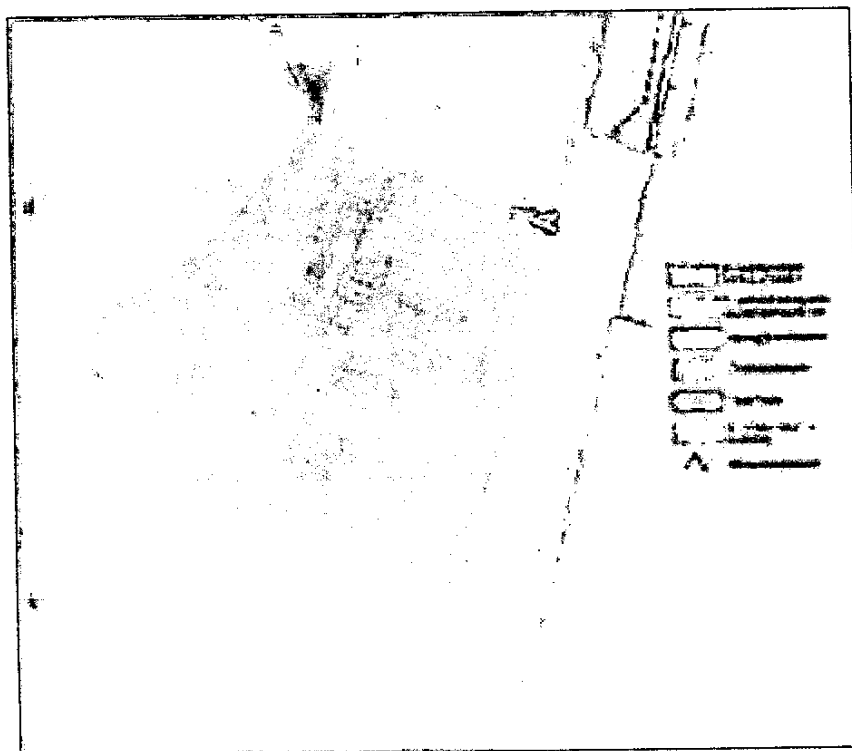


Figura 4: estratto del Piano Regolatore Generale Comunale

Inoltre secondo la classificazione acustica del territorio comunale di Ponti sul Mincio la stessa area è stata inserita in classe V "aree prevalentemente industriali".

In termini di presenza di sorgenti di vibrazioni estranee di rilevante significatività si osserva che l'area di controllo è esposta alle vibrazioni del terreno provocate dal fiume Mincio.

### 5.3.2 I VALORI LIMITE

Fra gli Standard citati, l'unico che suggerisce delle indicazioni che possono essere considerate alla stregua di valori limite di tollerabilità è la norma UNI 9614. Tali valori limite sono forniti nell'Appendice, che non costituisce parte integrante della norma. Inoltre i valori dei livelli limite per le accelerazioni complessive, ponderate in frequenza, vengono diversificati in relazione all'asse di riferimento su cui vengono misurati ed in funzione della destinazione d'uso della zona in cui si trova inserito il recettore (Tabelle 9 e 10).

Tabella 9: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza per l'asse Z

	a [m/s <sup>2</sup> ]	L [dB]
Aree critiche	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (notte)	7,0 10 <sup>-3</sup>	77
Abitazioni (giorno)	1,0 10 <sup>-2</sup>	80
Uffici	2,0 10 <sup>-2</sup>	86
Fabbriche	4,0 10 <sup>-2</sup>	92

Tabella 10: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza per gli assi X e Y

	a [m/s <sup>2</sup> ]	L [dB]
Aree critiche	3,6 10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni (notte)	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (giorno)	7,2 10 <sup>-3</sup>	77
Uffici	1,44 10 <sup>-2</sup>	83
Fabbriche	2,88 10 <sup>-2</sup>	89



Inoltre, nel caso di vibrazioni impulsive, la norma suggerisce altri valori limite delle accelerazioni ponderate, riportati nella Tabella 11.

Tabella 11: Valori limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza per eventi impulsivi

	asse Z [m/s <sup>2</sup> ]	assi X e Y [m/s <sup>2</sup> ]
Aree critiche	5,0 10 <sup>-3</sup>	3,6 10 <sup>-3</sup>
Abitazioni (notte)	7,0 10 <sup>-3</sup>	5,0 10 <sup>-3</sup>
Abitazioni (giorno)	0,3	0,22
Uffici e fabbriche	0,64	0,46

Tali limiti vanno adottati quando il numero di eventi giornalieri è inferiore a 3. Nel caso di un numero di eventi [N] maggiore di 3, i limiti vanno ridotti di un fattore [F] pari a:

$$F = 1,7N^{-0,5}$$

Infine la norma tiene a specificare che gli effetti di vibrazioni impulsive con fattore di cresta maggiore di 6 possono essere sottostimati dai criteri di valutazione riportati.

Proprio per questa considerazione l'UNI ha pertanto deciso di affiancare alla norma 9614 anche la norma UNI 11048 in modo da fornire metodi di misura più adatti alla stima di vibrazioni di tipo impulsivo. Lo scopo è quello di provvedere uno strumento che consenta di stabilire la correlazione fra i dati ed il grado di disturbo in modo da fissare in futuro limiti più restrittivi.

**Per il momento si è deciso di considerare come valori limite di accettabilità quelli proposti dalla norma UNI 9614.**

### 5.3.3 VALUTAZIONE SECONDO IL CRITERIO BASE: UNI 9614

Il criterio base è applicabile nella sua pienezza in quanto il fattore di cresta (si veda Tabella 12) risulta inferiore a 6 e quindi, esclusa la presenza di vibrazioni di tipo impulsivo, gli effetti di queste accelerazioni non risultano sottostimate.

Tabella 12: Calcolo del fattore di cresta per l'asse dominante

POSIZIONE	Valori di picco [m/s <sup>2</sup> ]	Valori r.m.s. [m/s <sup>2</sup> ]	Fattore di cresta - Asse Y [Valori di picco/ Valori r.m.s.]
P <sub>EST</sub>	0,33	0,07	4,7
P <sub>NORD</sub>	0,37	0,09	4,4
P <sub>SUD</sub>	0,28	0,06	4,7
P <sub>OVEST</sub>	0,28	0,06	4,6

I livelli di accelerazione complessivi di emissione, ponderati in frequenza, vengono di seguito messi a confronto con i livelli limite definiti dalla norma di settore in relazione all'asse di riferimento.

Tabella 13: Confronto con i valori limite UNI 9614 – Assi X e Y

Posizione	Livelli di Emissione		Valore limite per Aree critiche L [dB]
	Asse x	Asse Y	
P <sub>EST</sub>	67,7	62,0	71
P <sub>NORD</sub>	68,0	70,6	71
P <sub>SUD</sub>	66,2	70,2	71
P <sub>OVEST</sub>	57,8	70,3	71

I livelli di emissione, seconda e terza colonna di Tabella 13, risultano minori del valore limite fissato per la destinazione d'uso del territorio alla voce "Aree critiche" che rappresenta la classe più tutelata.

Si ricorda che, per il corpo umano, il limite di sensibilità per gli assi di riferimento X e Y è pari a 71,0 dB ( $3,6 \cdot 10^{-3}$  m/s<sup>2</sup>); pertanto qualunque vibrazione di entità inferiore a tale valore risulta non percepibile.

In via del tutto analoga si ottiene per l'asse Z:

**Tabella 14: Confronto con i valori limite UNI 9614 – Asse Z**

Posizione	Livelli di Emissione	Valore limite per Aree critiche L [dB]
P <sub>EST</sub>	57,3	74
P <sub>NORD</sub>	60,5	74
P <sub>SUD</sub>	58,1	74
P <sub>OVEST</sub>	57,8	74

I livelli di emissione, riportati nella seconda colonna di Tabella 14, risultano minori del valore limite fissato per la destinazione d'uso del territorio alla voce "Aree critiche" che rappresenta la classe più tutelata.

Si ricorda che, per il corpo umano, il limite di sensibilità per l'asse di riferimento Z è pari a 74,0 dB ( $5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ ); pertanto qualunque vibrazione di entità inferiore a tale valore risulta non percepibile.

#### 5.3.4 VALUTAZIONE SECONDO IL CRITERIO SUPPLEMENTARE: UNI 11048

La norma sperimentale UNI 11048, definisce i metodi di misura delle vibrazioni e degli urti trasmessi agli edifici ad opera di sorgenti esterne al fine di valutare il disturbo arrecato ai soggetti esposti. Essa affianca la norma UNI 9614. Si deve però osservare che in questo progetto di norma non sono riportati valori limite o di accettabilità. Infatti questa, come già detto, affianca la UNI 9614; vale a dire che i valori di riferimento devono eventualmente essere dedotti dalla norma UNI 9614 ma nel contempo si rilevano le vibrazioni anche con i parametri definiti nella norma UNI 11048.

**Tabella 15: Calcolo livelli di emissione con il metodo UNI 11048**

#### Asse dominante Y

Posizione	Livelli Ambientali MTVV	Livelli Residui MTVV	Livelli Emissione MTVV	
			L[dB]	a [m/s <sup>2</sup> ]
P <sub>EST</sub>	69,2	68,8	67,0	2,2E-03
P <sub>NORD</sub>	71,8	66,4	70,3	3,3E-03
P <sub>SUD</sub>	70,6	62,7	69,9	3,1E-03
P <sub>OVEST</sub>	71,4	66,3	69,8	3,1E-03

Tabella 16: Confronto con i valori misurati con il metodo UNI 11048 e i valori limite UNI 9614 – Asse dominante Y

Posizione	Livelli Emissione MTVV	Valore limite per Aree critiche
P <sub>EST</sub>	67,0	71
P <sub>NORD</sub>	70,3	71
P <sub>SUD</sub>	69,9	71
P <sub>OVEST</sub>	69,8	71

L'analisi dei valori di Tabella 15, data la stazionarietà delle vibrazioni trasmesse in esterno al sito di centrale, fornisce livelli del tutto confrontabili rispetto ai corrispondenti misurati con il metodo dettato dalla norma UNI 9614.

Inoltre i livelli determinati anche con il parametro MTVV, suggerito dalla UNI 11048, se confrontati con i valori limite fissati dalla norma UNI 9614 (si veda Tabella 16) si dimostrano inferiori al livello per le zone di cui alla voce "Aree critiche" che rappresentano le porzioni di territorio inserite nella classe più tutelata.

#### 5.4 CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati presentati il livello di emissione diurna determinato in prossimità del perimetro di centrale rispetta il valore limite indicato dalle norme tecniche di settore per la destinazione d'uso del territorio più tutelata. Non si ritiene necessario estendere lo studio della propagazione delle vibrazioni verso i recettori abitativi che si trovano comunque a distanza maggiore.

In buona sostanza i livelli di emissione determinati risultano per i tre assi di riferimento X, Y e Z al di sotto dei livelli minimi di percezione per il corpo umano come riportato nelle Tabelle 13 e 14; pertanto si può ritenere trascurabile ogni effetto prodotto da vibrazioni meccaniche trasmesse dalla centrale.

In merito poi all'applicazione dei criteri di misura forniti dalla norma sperimentale UNI 11048 si osserva che i livelli determinati con il parametro MTVV confermano la stazionarietà delle emissioni di vibrazione verso l'ambiente esterno. Altresì questi livelli, confrontati con i valori limite proposti dalla norma UNI 9614, rafforzano la scarsa significatività dell'entità delle vibrazioni trasmesse dalla centrale garantendo appieno il mancato supero della soglia di percezione delle stesse sul perimetro dell'area di centrale.

## 6. ALLEGATI

La presente documentazione è completata con il Rapporto di Misura che è parte integrante della relazione stessa.

### 6.1 RAPPORTO DI MISURA

Il documento illustra sinteticamente la mole di informazioni raccolte in campo durante la fase sperimentale e i risultati delle operazioni di post-elaborazione del segnale acquisito durante la misurazione delle vibrazioni meccaniche trasmesse verso l'ambiente esterno.

L'indagine è stata condotta in periodo di riferimento diurno dall'ing. Faustini Cesare Rocco e geom. Arrivabene Piergiuseppe di A2A S.p.A. in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale Università di Brescia (ingg. Piana Edoardo e Marchesini Anna) e si è articolata mediante rilievi di vibrazione residua ed ambientale nelle giornate del 7 dicembre 2009 e del 20 gennaio 2010.

I rilievi sono stati effettuati in periodo di riferimento diurno sia con centrale spenta che con centrale accesa. E' stata eseguita un'indagine di tipo spaziale della durata di circa 4 ore lungo il perimetro di centrale. In maniera specifica i punti di misura sono distribuiti lungo i punti cardinali in posizioni che si trovano allineate (in asse) con gli edifici contenenti sia la TURBINA A VAPORE che il TURBOGAS.

Gli accelerometri usati per le rilevazioni sono stati fissati su un blocco di acciaio del peso di 5 kg circa tramite colla acrilica. Il blocco di acciaio poggiava sul pavimento attraverso 3 punti di contatto.

I valori oppure i livelli di accelerazione secondo i tre assi principali (X, Y e Z), misurati con centrale spenta e accesa, sono raccolti in tabelle specifiche preparate per ogni punto di controllo.

I parametri contenuti in esse rappresentano:

- Data: il giorno di esecuzione della seduta di misura
- Orario inizio: orario d'inizio del rilievo di vibrazione
- Durata: durata del rilievo di vibrazione
- Numero Banda: numero progressivo da 1 a 20
- Frequenza: centro banda di terzi d'ottava nell'intervallo da 1 a 80 Hz
- Livelli in lineare: livelli di accelerazione, non ponderata in frequenza, misurata sugli assi di riferimento X, Y e Z in banda terzi d'ottava nell'intervallo da 1 a 80 Hz
- Attenuazione: livelli di attenuazione definiti dai filtri di ponderazione per gli assi di riferimento X, Y e Z
- Livelli ponderati: livelli di accelerazione, ponderata in frequenza, misurata sugli assi di riferimento X, Y e Z in banda terzi d'ottava nell'intervallo da 1 a 80 Hz

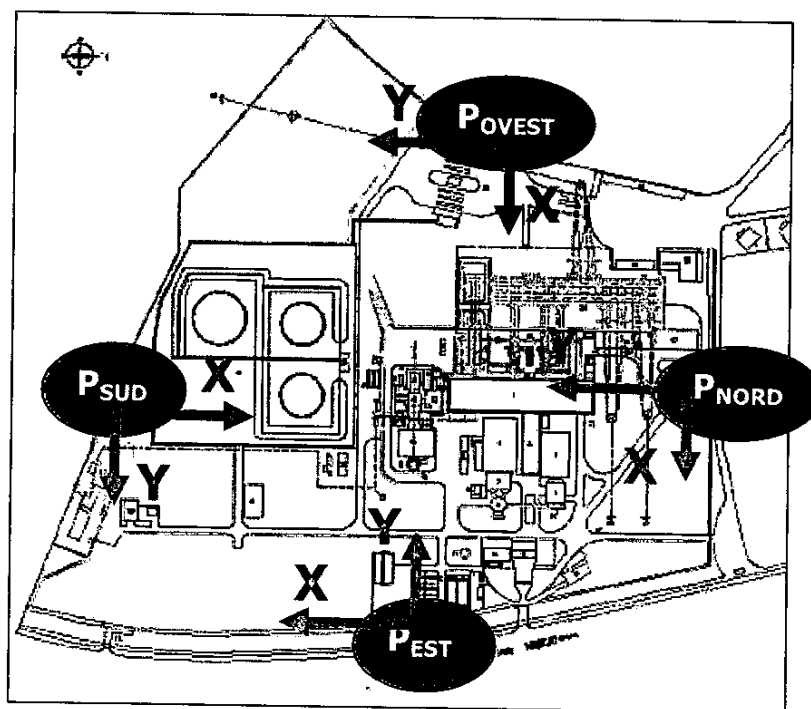
- Complessivo pond: livello oppure valore di accelerazione complessiva, ponderata in frequenza, misurata sugli assi di riferimento X, Y e Z
- MTW: livello oppure valore di accelerazione massimo, ponderata in frequenza, raggiunto nel corso della misurazione. E' il valore massimo del transiente delle vibrazioni determinato sui tre assi di riferimento X, Y e Z.

Tutti i parametri riportati nelle successive tabelle sono privi di arrotondamento e si riferiscono a:

- SCENARIO 1: centrale spenta
- SCENARIO 2: centrale accesa

La Figura 5 in calce illustra l'ubicazione dei punti di misura individuato lungo il perimetro della centrale.

Figura 5: ubicazione dei punti di misura  
(assi di riferimento con Z perpendicolare al foglio)



## PRESENTAZIONE VALORI MISURATI

Il recettore  $P_{NORD}$  si trova collocato sul limite di proprietà della centrale in direzione nord ed è allineato sull'asse dell'edificio che ospita la TURBINA A VAPORE.

Non risultano note fonti estranee di rilevante significatività in termini di trasmissione di vibrazioni meccaniche presenti nelle strette vicinanze del punto di misura.

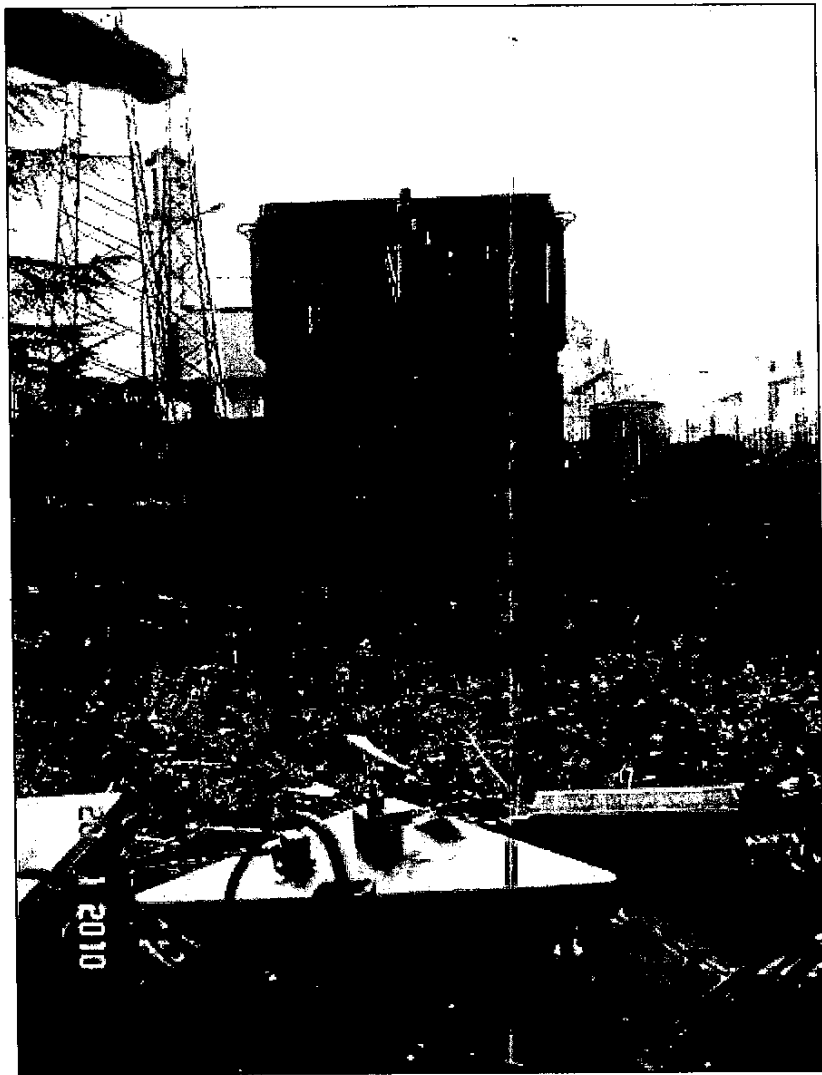


Tabella 17: Caratteristiche della misura – SCENARIO 1

DATA	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]
07.12.2009	11.24:11	00.05:00

Tabella 18: Livelli in lineare di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Livelli in lineare di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z
1	1	59,9	63,2	58,3
2	1,25	58,5	61,6	56,1
3	1,6	57,0	59,1	55,5
4	2	54,7	57,0	52,2
5	2,5	51,7	55,4	50,0
6	3,15	50,7	53,2	48,3
7	4	48,5	49,4	46,3
8	5	46,1	46,7	44,5
9	6,3	45,1	44,9	42,9
10	8	44,0	43,5	41,9
11	10	43,2	42,5	41,1
12	12,5	43,0	42,8	41,7
13	16	43,0	41,8	40,8
14	20	42,6	42,1	40,6
15	25	42,9	42,1	41,1
16	31,5	42,7	42,1	40,6
17	40	42,8	42,6	40,7
18	50	43,8	44,0	41,9
19	63	43,0	42,0	40,8
20	80	43,0	41,8	40,9



Tabella 19: Livelli ponderati di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Attenuazione			Livelli ponderati di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
1	1	0	0	6	59,9	63,2	52,3
2	1,25	0	0	5	58,5	61,6	51,1
3	1,6	0	0	4	57,0	59,1	51,5
4	2	0	0	3	54,7	57,0	49,2
5	2,5	2	2	2	49,7	53,4	48,0
6	3,15	4	4	1	46,7	49,2	47,3
7	4	6	6	0	42,5	43,4	46,3
8	5	8	8	0	38,1	38,7	44,5
9	6,3	10	10	0	35,1	34,9	42,9
10	8	12	12	0	32,0	31,5	41,9
11	10	14	14	2	29,2	28,5	39,1
12	12,5	16	16	4	27,0	26,8	37,7
13	16	18	18	6	25,0	23,8	34,8
14	20	20	20	8	22,6	22,1	32,6
15	25	22	22	10	20,9	20,1	31,1
16	31,5	24	24	12	18,7	18,1	28,6
17	40	26	26	14	16,8	16,6	26,7
18	50	28	28	16	15,8	16,0	25,9
19	63	30	30	18	13,0	12,0	22,8
20	80	32	32	20	11,0	9,8	20,9

Comlessivo ponderato - Livelli in dB	64,2	67,1	58,9
Comlessivo ponderato - Valori in m/s <sup>2</sup>	1,6E-03	2,3E-03	8,8E-04

Tabella 20: Livelli e Valori di MTVV

Valori di MTVV in dB			Valori di MTVV in m/s <sup>2</sup>		
asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
63,6	66,4	61,6	1,5E-03	2,1E-03	1,2E-03

Tabella 21: Caratteristiche della misura – SCENARIO 2

DATA	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]
20.01.2010	14.07:40	00.05:00

Tabella 22: Livelli in lineare di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Livelli in lineare di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z
1	1	66,0	67,7	62,7
2	1,25	62,8	65,8	59,5
3	1,6	61,9	64,9	58,9
4	2	59,9	63,2	56,9
5	2,5	56,9	61,5	53,9
6	3,15	55,4	60,3	52,0
7	4	53,4	58,9	49,9
8	5	51,7	58,2	48,5
9	6,3	49,7	55,2	46,5
10	8	48,0	52,5	44,8
11	10	45,9	52,3	43,5
12	12,5	45,3	51,5	43,5
13	16	44,2	50,8	43,4
14	20	44,6	48,3	42,7
15	25	43,6	46,8	42,9
16	31,5	45,3	46,7	47,7
17	40	52,0	54,8	46,6
18	50	50,2	57,6	56,4
19	63	43,2	44,3	43,7
20	80	46,8	44,5	51,8

Tabella 23: Livelli ponderati di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Attenuazione			Livelli ponderati di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
1	1	0	0	6	66,0	67,7	56,7
2	1,25	0	0	5	62,8	65,8	54,5
3	1,6	0	0	4	61,9	64,9	54,9
4	2	0	0	3	59,9	63,2	53,9
5	2,5	2	2	2	54,9	59,5	51,9
6	3,15	4	4	1	51,4	56,3	51,0
7	4	6	6	0	47,4	52,9	49,9
8	5	8	8	0	43,7	50,2	48,5
9	6,3	10	10	0	39,7	45,2	46,5
10	8	12	12	0	36,0	40,5	44,8
11	10	14	14	2	31,9	38,3	41,5
12	12,5	16	16	4	29,3	35,5	39,5
13	16	18	18	6	26,2	32,8	37,4
14	20	20	20	8	24,6	28,3	34,7
15	25	22	22	10	21,6	24,8	32,9
16	31,5	24	24	12	21,3	22,7	35,7
17	40	26	26	14	26,0	28,8	32,6
18	50	28	28	16	22,2	29,6	40,4
19	63	30	30	18	13,2	14,3	25,7
20	80	32	32	20	14,8	12,5	31,8

Comlessivo ponderato - Livelli in dB	69,5	72,2	62,7
Comlessivo ponderato - Valori in m/s <sup>2</sup>	3,0E-03	4,1E-03	1,4E-03

Tabella 24: Livelli e Valori di MTVV

Valori di MTVV in dB			Valori di MTVV in m/s <sup>2</sup>		
asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
68,8	71,8	65,6	2,7E-03	3,9E-03	1,9E-03

## PRESENTAZIONE VALORI MISURATI

Il recettore  $P_{EST}$  si trova collocato sul limite di proprietà della centrale in direzione est ed è allineato sull'asse dell'edificio che ospita il TURBOGAS.

Come fonte estranea di rilevante significatività in termini di trasmissione di vibrazioni meccaniche presente nelle strette vicinanze del punto di misura si trova il fiume Mincio.

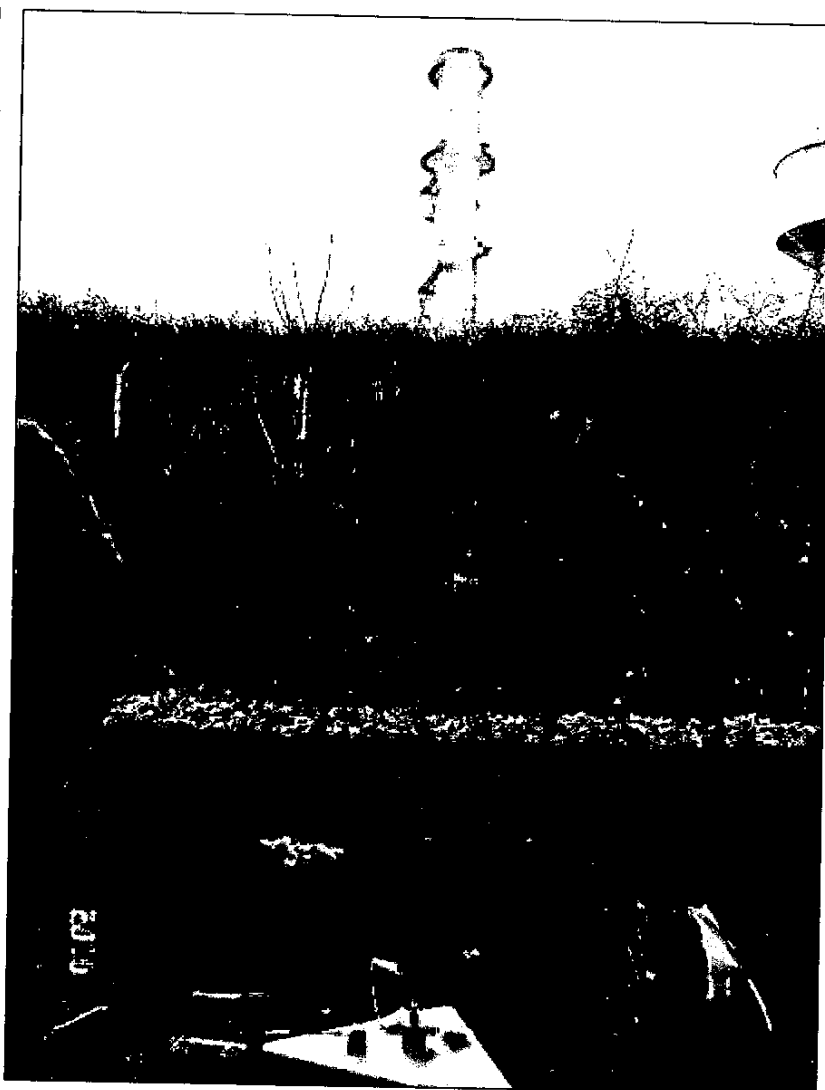
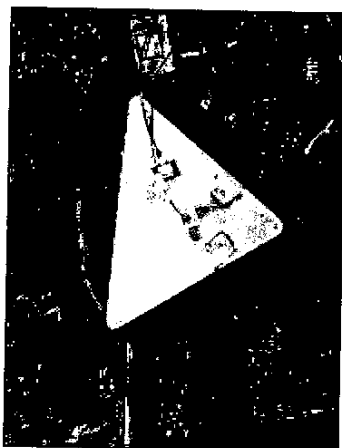


Tabella 25: Caratteristiche della misura – SCENARIO 1

DATA	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]
07.12.2009	12.29:47	00.05:00

Tabella 26: Livelli in lineare di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Livelli in lineare di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z
1	1	60,9	63,0	58,3
2	1,25	58,7	62,6	55,5
3	1,6	57,3	62,5	56,2
4	2	55,5	61,1	53,3
5	2,5	52,9	59,8	51,2
6	3,15	51,5	58,6	50,1
7	4	49,7	56,7	48,4
8	5	48,3	54,6	47,0
9	6,3	46,6	53,7	45,3
10	8	45,5	51,7	43,8
11	10	44,7	49,8	42,7
12	12,5	44,0	48,6	43,2
13	16	43,9	47,2	45,2
14	20	45,9	46,0	47,2
15	25	46,9	45,9	46,7
16	31,5	44,1	43,4	42,2
17	40	43,2	43,1	41,3
18	50	44,0	43,2	41,8
19	63	43,1	42,4	41,0
20	80	43,8	42,5	41,3

Tabella 27: Livelli ponderati di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Attenuazione			Livelli ponderati di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
1	1	0	0	6	60,9	63,0	52,3
2	1,25	0	0	5	58,7	62,6	50,5
3	1,6	0	0	4	57,3	62,5	52,2
4	2	0	0	3	55,5	61,1	50,3
5	2,5	2	2	2	50,9	57,8	49,2
6	3,15	4	4	1	47,5	54,6	49,1
7	4	6	6	0	43,7	50,7	48,4
8	5	8	8	0	40,3	46,6	47,0
9	6,3	10	10	0	36,6	43,7	45,3
10	8	12	12	0	33,5	39,7	43,8
11	10	14	14	2	30,7	35,8	40,7
12	12,5	16	16	4	28,0	32,6	39,2
13	16	18	18	6	25,9	29,2	39,2
14	20	20	20	8	25,9	26,0	39,2
15	25	22	22	10	24,9	23,9	36,7
16	31,5	24	24	12	20,1	19,4	30,2
17	40	26	26	14	17,2	17,1	27,3
18	50	28	28	16	16,0	15,2	25,8
19	63	30	30	18	13,1	12,4	23,0
20	80	32	32	20	11,8	10,5	21,3

Complessivo ponderato - Livelli in dB	64,9	69,0	59,7
Complessivo ponderato - Valori in m/s <sup>2</sup>	1,8E-03	2,8E-03	9,7E-04

Tabella 28: Livelli e Valori di MTVV

Valori di MTVV in dB			Valori di MTVV in m/s <sup>2</sup>		
asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
64,2	68,8	62,1	1,6E-03	2,8E-03	1,3E-03

Tabella 29: Caratteristiche della misura – SCENARIO 2

DATA	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]
20.01.2010	14.34:58	00.05:00

Tabella 30: Livelli in lineare di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Livelli in lineare di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z
1	1	65,9	65,8	61,9
2	1,25	63,3	63,6	58,8
3	1,6	61,8	62,2	57,0
4	2	59,4	60,4	54,6
5	2,5	56,9	58,2	53,1
6	3,15	55,2	56,4	51,0
7	4	54,5	54,7	49,7
8	5	52,5	52,4	47,6
9	6,3	50,6	50,9	46,1
10	8	49,0	48,7	44,6
11	10	47,0	47,3	43,5
12	12,5	47,0	45,7	45,3
13	16	46,0	45,6	46,2
14	20	46,7	49,2	46,4
15	25	46,7	46,9	45,3
16	31,5	50,3	50,8	44,5
17	40	56,0	55,8	47,3
18	50	62,4	57,6	48,9
19	63	45,9	44,2	41,9
20	80	45,2	46,6	42,9

Tabella 31: Livelli ponderati di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Attenuazione			Livelli ponderati di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
1	1	0	0	6	65,9	65,8	55,9
2	1,25	0	0	5	63,3	63,6	53,8
3	1,6	0	0	4	61,8	62,2	53,0
4	2	0	0	3	59,4	60,4	51,6
5	2,5	2	2	2	54,9	56,2	51,1
6	3,15	4	4	1	51,2	52,4	50,0
7	4	6	6	0	48,5	48,7	49,7
8	5	8	8	0	44,5	44,4	47,6
9	6,3	10	10	0	40,6	40,9	46,1
10	8	12	12	0	37,0	36,7	44,6
11	10	14	14	2	33,0	33,3	41,5
12	12,5	16	16	4	31,0	29,7	41,3
13	16	18	18	6	28,0	27,6	40,2
14	20	20	20	8	26,7	29,2	38,4
15	25	22	22	10	24,7	24,9	35,3
16	31,5	24	24	12	26,3	26,8	32,5
17	40	26	26	14	30,0	29,8	33,3
18	50	28	28	16	34,4	29,6	32,9
19	63	30	30	18	15,9	14,2	23,9
20	80	32	32	20	13,2	14,6	22,9

Comlessivo ponderato - Livelli in dB	69,5	69,8	61,7
Comlessivo ponderato - Valori in m/s <sup>2</sup>	3,0E-03	3,1E-03	1,2E-03

Tabella 32: Livelli e Valori di MTVV

Valori di MTVV in dB			Valori di MTVV in m/s <sup>2</sup>		
asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
68,8	69,2	64,5	2,8E-03	2,9E-03	1,7E-03



## PRESENTAZIONE VALORI MISURATI

Il recettore  $P_{SUD}$  si trova collocato sul limite di proprietà della centrale in direzione sud ed è allineato sull'asse dell'edificio che ospita il TURBOGAS. Non risultano note fonti estranee di rilevante significatività in termini di trasmissione di vibrazioni meccaniche presenti nelle strette vicinanze del punto di misura. Il fiume Mincio passa a circa 50 m di distanza.

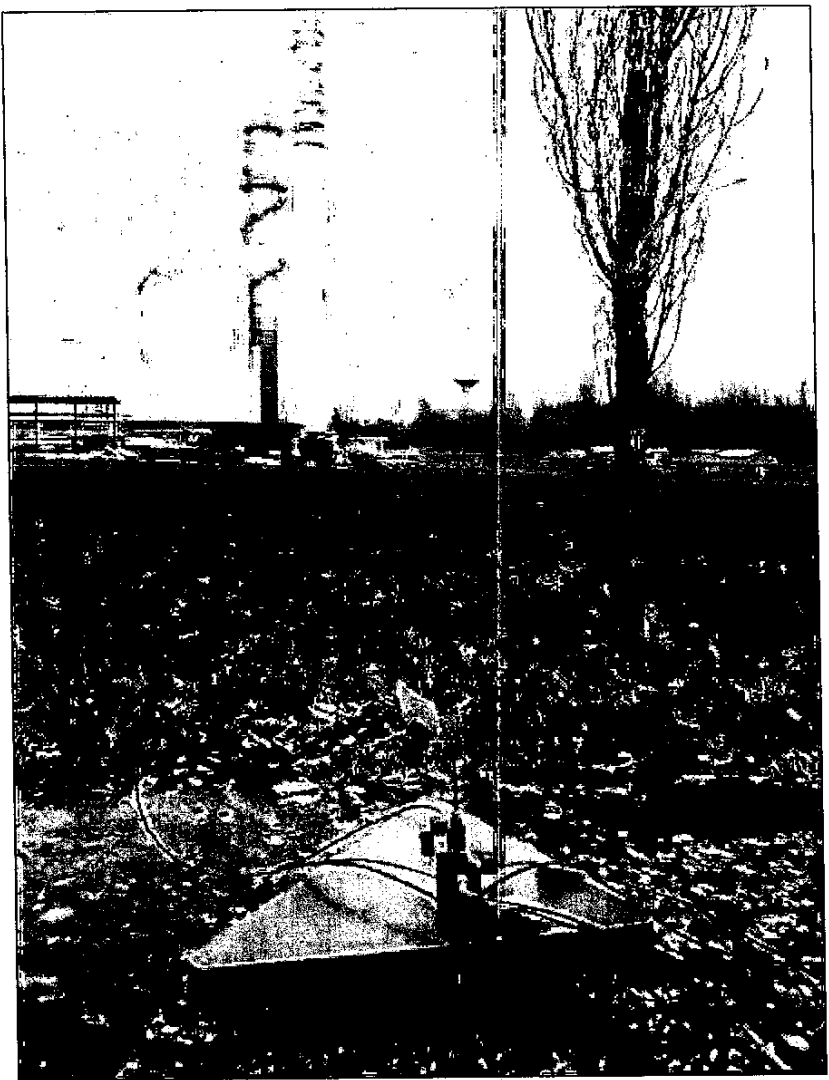


Tabella 33: Caratteristiche della misura – SCENARIO 1

DATA	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]
07.12.2009	12.06:50	00.05:00

Tabella 34: Livelli in lineare di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Livelli in lineare di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z
1	1	57,3	59,5	54,0
2	1,25	55,1	57,2	53,6
3	1,6	54,2	55,2	51,5
4	2	52,1	54,3	49,5
5	2,5	50,8	52,3	48,0
6	3,15	48,8	49,8	46,1
7	4	46,5	47,6	44,2
8	5	45,1	45,4	43,5
9	6,3	44,5	43,8	42,6
10	8	43,4	42,7	41,5
11	10	42,9	42,5	40,8
12	12,5	42,9	42,1	40,6
13	16	42,6	41,6	40,5
14	20	42,3	41,8	40,3
15	25	42,5	42,0	40,1
16	31,5	42,5	41,6	40,1
17	40	42,5	41,6	40,2
18	50	42,7	41,9	40,5
19	63	42,6	41,6	40,5
20	80	44,4	42,7	40,8

Tabella 35: Livelli ponderati di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Attenuazione			Livelli ponderati di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
1	1	0	0	6	57,3	59,5	48,0
2	1,25	0	0	5	55,1	57,2	48,6
3	1,6	0	0	4	54,2	55,2	47,5
4	2	0	0	3	52,1	54,3	46,5
5	2,5	2	2	2	48,8	50,3	46,0
6	3,15	4	4	1	44,8	45,8	45,1
7	4	6	6	0	40,5	41,6	44,2
8	5	8	8	0	37,1	37,4	43,5
9	6,3	10	10	0	34,5	33,8	42,6
10	8	12	12	0	31,4	30,7	41,5
11	10	14	14	2	28,9	28,5	38,8
12	12,5	16	16	4	26,9	26,1	36,6
13	16	18	18	6	24,6	23,6	34,5
14	20	20	20	8	22,3	21,8	32,3
15	25	22	22	10	20,5	20,0	30,1
16	31,5	24	24	12	18,5	17,6	28,1
17	40	26	26	14	16,5	15,6	26,2
18	50	28	28	16	14,7	13,9	24,5
19	63	30	30	18	12,6	11,6	22,5
20	80	32	32	20	12,4	10,7	20,8

Comlessivo ponderato - Livelli in dB	61,5	63,4	56,1
Comlessivo ponderato - Valori in m/s <sup>2</sup>	1,2E-03	1,5E-03	6,4E-04

Tabella 36: Livelli e Valori di MTVV

Valori di MTVV in dB			Valori di MTVV in m/s <sup>2</sup>		
asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
61,0	62,7	58,4	1,1E-03	1,4E-03	8,3E-04

Tabella 37: Caratteristiche della misura – SCENARIO 2

DATA	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]
20.01.2010	14.52:17	00.05:00

Tabella 38: Livelli in lineare di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Livelli in lineare di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z
1	1	62,8	66,1	59,6
2	1,25	61,6	64,7	57,7
3	1,6	59,7	63,7	56,1
4	2	59,1	62,5	54,2
5	2,5	56,2	61,0	51,7
6	3,15	54,9	60,1	49,6
7	4	53,8	57,6	47,6
8	5	52,8	56,2	45,7
9	6,3	51,3	54,0	44,3
10	8	49,2	51,7	43,0
11	10	47,7	49,5	42,1
12	12,5	46,4	48,0	41,4
13	16	44,9	45,3	40,8
14	20	44,6	44,3	41,2
15	25	44,5	43,3	41,0
16	31,5	46,7	42,9	42,7
17	40	48,6	43,6	43,3
18	50	54,6	56,1	54,5
19	63	44,3	43,5	42,9
20	80	54,5	55,2	44,6

Tabella 39: Livelli ponderati di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Attenuazione			Livelli ponderati di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
1	1	0	0	6	62,8	66,1	53,6
2	1,25	0	0	5	61,6	64,7	52,7
3	1,6	0	0	4	59,7	63,7	52,1
4	2	0	0	3	59,1	62,5	51,2
5	2,5	2	2	2	54,2	59,0	49,7
6	3,15	4	4	1	50,9	56,1	48,6
7	4	6	6	0	47,8	51,6	47,6
8	5	8	8	0	44,8	48,2	45,7
9	6,3	10	10	0	41,3	44,0	44,3
10	8	12	12	0	37,2	39,7	43,0
11	10	14	14	2	33,7	35,5	40,1
12	12,5	16	16	4	30,4	32,0	37,4
13	16	18	18	6	26,9	27,3	34,8
14	20	20	20	8	24,6	24,3	33,2
15	25	22	22	10	22,5	21,3	31,0
16	31,5	24	24	12	22,7	18,9	30,7
17	40	26	26	14	22,6	17,6	29,3
18	50	28	28	16	26,6	28,1	38,5
19	63	30	30	18	14,3	13,5	24,9
20	80	32	32	20	22,5	23,2	24,6

Comlessivo ponderato - Livelli in dB	67,5	71,0	60,2
Comlessivo ponderato - Valori in m/s <sup>2</sup>	2,4E-03	3,6E-03	1,0E-03

Tabella 40: Livelli e Valori di MTVV

Valori di MTVV in dB			Valori di MTVV in m/s <sup>2</sup>		
asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
67,0	70,6	63,0	2,2E-03	3,4E-03	1,4E-03

## PRESENTAZIONE VALORI MISURATI

Il recettore  $P_{OVEST}$  si trova collocato sul limite di proprietà della centrale in direzione ovest ed è allineato sull'asse dell'edificio che ospita il TURBINA A VAPORE. Non risultano note fonti estranee di rilevante significatività in termini di trasmissione di vibrazioni meccaniche presenti nelle strette vicinanze del punto di misura.

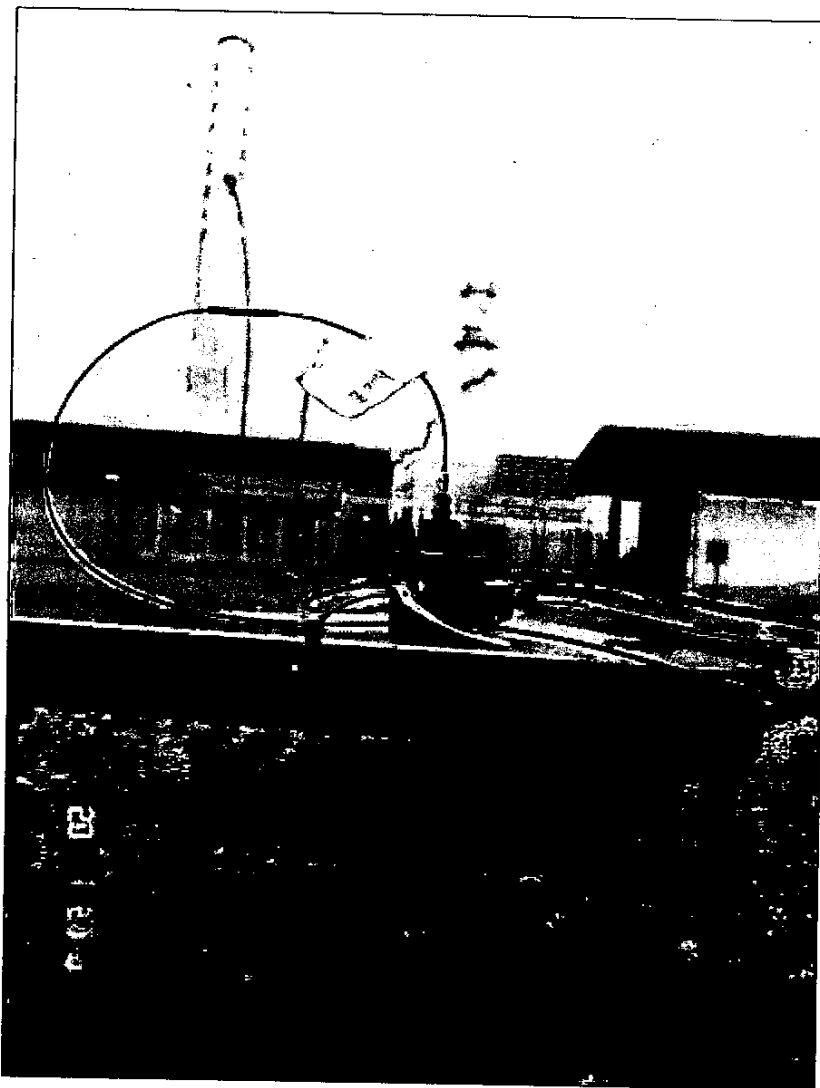


Tabella 41: Caratteristiche della misura – SCENARIO 1

DATA	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]
07.12.2009	11.47:38	00.05:00

Tabella 42: Livelli in lineare di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Livelli in lineare di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z
1	1	61,1	62,0	58,4
2	1,25	59,8	60,6	56,6
3	1,6	58,6	59,6	55,1
4	2	56,9	57,8	53,3
5	2,5	55,0	56,7	51,1
6	3,15	54,1	55,1	49,3
7	4	51,8	52,8	47,1
8	5	50,3	50,4	45,6
9	6,3	48,1	48,7	44,0
10	8	46,4	46,8	42,8
11	10	44,9	44,9	41,7
12	12,5	44,1	44,2	41,9
13	16	43,2	42,9	41,0
14	20	43,0	42,2	40,5
15	25	43,0	42,2	40,5
16	31,5	42,7	41,7	40,5
17	40	42,6	41,4	40,3
18	50	42,8	41,8	40,9
19	63	42,7	41,7	40,9
20	80	42,7	41,6	41,3

Tabella 43: Livelli ponderati di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Attenuazione			Livelli ponderati di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
1	1	0	0	6	61,1	62,0	52,4
2	1,25	0	0	5	59,8	60,6	51,6
3	1,6	0	0	4	58,6	59,6	51,1
4	2	0	0	3	56,9	57,8	50,3
5	2,5	2	2	2	53,0	54,7	49,1
6	3,15	4	4	1	50,1	51,1	48,3
7	4	6	6	0	45,8	46,8	47,1
8	5	8	8	0	42,3	42,4	45,6
9	6,3	10	10	0	38,1	38,7	44,0
10	8	12	12	0	34,4	34,8	42,8
11	10	14	14	2	30,9	30,9	39,7
12	12,5	16	16	4	28,1	28,2	37,9
13	16	18	18	6	25,2	24,9	35,0
14	20	20	20	8	23,0	22,2	32,5
15	25	22	22	10	21,0	20,2	30,5
16	31,5	24	24	12	18,7	17,7	28,5
17	40	26	26	14	16,6	15,4	26,3
18	50	28	28	16	14,8	13,8	24,9
19	63	30	30	18	12,7	11,7	22,9
20	80	32	32	20	10,7	9,6	21,3

Comlessivo ponderato - Livelli in dB	65,8	66,8	59,3
Comlessivo ponderato - Valori in $m/s^2$	2,0E-03	2,2E-03	9,3E-04

Tabella 44: Livelli e Valori di MTVV

Valori di MTVV in dB			Valori di MTVV in $m/s^2$		
asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
65,3	66,3	62,0	1,8E-03	2,1E-03	1,3E-03



Tabella 45: Caratteristiche della misura – SCENARIO 2

DATA	ORARIO INIZIO [hh.mm:ss]	DURATA [hh.mm:ss]
20.01.2010	15.09:33	00.05:00

Tabella 46: Livelli in lineare di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Livelli in lineare di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z
1	1	62,4	67,1	59,7
2	1,25	60,6	66,1	58,7
3	1,6	59,0	64,7	57,2
4	2	56,3	63,0	55,4
5	2,5	54,5	60,8	52,7
6	3,15	52,5	59,7	51,0
7	4	50,3	58,2	49,2
8	5	50,4	56,7	51,1
9	6,3	49,3	54,7	50,6
10	8	48,1	53,0	43,7
11	10	46,4	51,2	42,6
12	12,5	45,6	49,3	42,6
13	16	44,9	47,8	42,8
14	20	45,0	46,3	41,0
15	25	44,3	44,9	41,2
16	31,5	48,6	44,9	42,3
17	40	45,1	43,3	44,1
18	50	54,9	50,2	58,8
19	63	43,4	42,1	43,1
20	80	43,2	41,5	43,4

Tabella 47: Livelli ponderati di accelerazione

Numero Banda	Frequenza	Attenuazione			Livelli ponderati di accelerazione in dB		
		asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
1	1	0	0	6	62,4	67,1	53,7
2	1,25	0	0	5	60,6	66,1	53,7
3	1,6	0	0	4	59,0	64,7	53,2
4	2	0	0	3	56,3	63,0	52,4
5	2,5	2	2	2	52,5	58,8	50,7
6	3,15	4	4	1	48,5	55,7	50,0
7	4	6	6	0	44,3	52,2	49,2
8	5	8	8	0	42,4	48,7	51,1
9	6,3	10	10	0	39,3	44,7	50,6
10	8	12	12	0	36,1	41,0	43,7
11	10	14	14	2	32,4	37,2	40,6
12	12,5	16	16	4	29,6	33,3	38,6
13	16	18	18	6	26,9	29,8	36,8
14	20	20	20	8	25,0	26,3	33,0
15	25	22	22	10	22,3	22,9	31,2
16	31,5	24	24	12	24,6	20,9	30,3
17	40	26	26	14	19,1	17,3	30,1
18	50	28	28	16	26,9	22,2	42,8
19	63	30	30	18	13,4	12,1	25,1
20	80	32	32	20	11,2	9,5	23,4

Complessivo ponderato - Livelli in dB	66,4	71,9	61,7
Complessivo ponderato - Valori in $m/s^2$	2,1E-03	3,9E-03	1,2E-03

Tabella 48: Livelli e Valori di MTWV

Valori di MTWV in dB			Valori di MTWV in $m/s^2$		
asse X	asse Y	asse Z	asse X	asse Y	asse Z
65,8	71,4	63,9	2,0E-03	3,7E-03	1,6E-03

## ATTESTATI DI TARATURA STRUMENTAZIONE MISURA

La misura delle vibrazioni meccaniche trasmesse al terreno confinante è stata eseguita utilizzando:  
un analizzatore multicanale della Bruel & Kjaer tipo PULSE (S/N: 2414035) collegato a tre  
accelerometri monoassiali della Bruel & Kjaer tipo 4508

# Calibration Chart for DefaTron<sup>®</sup> Accelerometer Type 4508 002



Serial No.: 10004

Reference Sensitivity <sup>1</sup> at 169.2 Hz:  $\pm 1000 \pm 1$  g ms<sup>-2</sup> RMS  
 4 mA supply current and 23.3%  
 Frequency Range: 9.3 g ms<sup>-2</sup> (1000) 9.31 mV/g  
 Mounted Resonance Frequency: 0.4 Hz to 8 kHz  
 Transverse Sensitivity: 2 Hz to 5 kHz  
 Rectangular (at 2.5 Hz, 3 ms<sup>-1</sup>): Phase (± 5%)

Calculated values for TEDS %:  
 Resonance Frequency: 23.3 kHz  
 Quality factor  $Q_{max}$ : 122  
 Amplitude slope: -1.6%/decade  
 High pass cut-off frequency: 0.06 Hz  
 Low pass cut-off frequency: 69 kHz

Measuring Range:  $\pm 70 \text{ ms}^{-2}$  peak (± 7 g peak)  
 Polarity of the electrical signal is positive for an acceleration in the direction of the arrow on the drawing.

## Electrical:

Bias Voltage: at full temperature and current range:  $\pm 12 \text{ V} \pm 2 \text{ V}$   
 Power Supply Requirements: Constant Current:  $\pm 20$  to  $\pm 200 \text{ mA}$   
 Unloaded Supply Voltage:  $\pm 24 \text{ V}$  to  $\pm 30 \text{ V}$

Output Impedance:  $< 2 \Omega$   
 Start-up time (to final bias  $\pm 10\%$ ): 5 s

Inherent Noise (RMS): corresponding to  $< 0.0015 \text{ ms}^{-2}$  ( $\approx 150 \mu\text{g}$ )  
 Broadband (1 Hz to 8 kHz): 870 $\mu\text{g}$  rms/√Hz (100 Hz)  
 Spectral: 2210 $\mu\text{g}$  ms<sup>-2</sup>/√Hz (2 Hz)  
 1210 $\mu\text{g}$  ms<sup>-2</sup>/√Hz (1 Hz)

Ground Loops can introduce error signals. These can be avoided by installing the accelerometer from the mounting surface (see Mounting Technique).  
 Recommended cables: AD 1382  
 AD 0531  
 AD 0036  
 and other cables see Product Dim Sheet

## Environmental:

Temperature Range:  $-54$  to  $+100^\circ\text{C}$  ( $-65$  to  $+212^\circ\text{F}$ )  
 Temperature Coefficient of Sensitivity:  $+0.12\%/^\circ\text{C}$

Temp. Transient Sensitivity (3 Hz Low Lim. Freq. (3.46), 6 dB/oct):  $0.3 \text{ ms}^{-2}/^\circ\text{C}$   
 Magnetic Sensitivity (50 Hz, 0.038 T):  $3 \text{ ms}^{-2}/\text{T}$

Base Strain Sensitivity (at 250  $\mu\text{m}$  in base plane):  $0.005 \text{ ms}^{-2}/\mu\text{m}$   
 Mounted on adhesive tape 0.05 mm thick:  $50 \text{ ms}^{-2}$  peak (5000 g peak)  
 Max. Non-destructive Shock:  $100 \%$  RH non-condensing

Humidity:  $0.005 \text{ ms}^{-2}/\mu\text{m}$

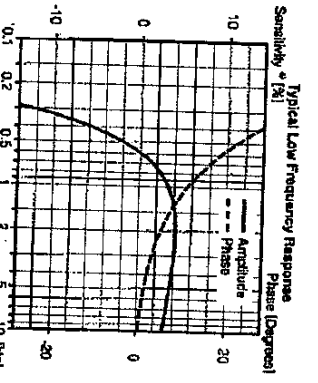
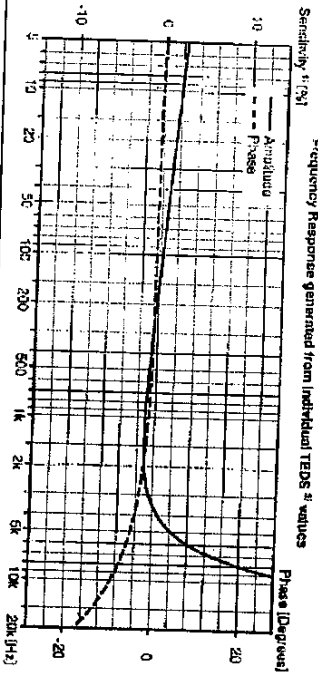
## Mechanical:

Case Material: Titanium ASTM Grade 2  
 Sensing Element: Piezoelectric, Type PZ 27  
 Construction: Thin Shear<sup>®</sup>

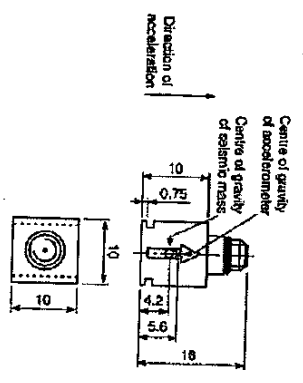
Sealing: Hermetic  
 Weight: 4.8 gram (0.17 oz)  
 Electrical Connector: 10 - 32 UNF-2A  
 Mounting Surface Flatness:  $< 3 \mu\text{m}$



<sup>1</sup> This calibration is obtained on a vertical force & Mass Calibration System Type 8011 System No. 10722. The force is measured on the National Institute of Standards and Technology. Under the responsibility of the Technology Department, Ottawa, Canada.  
 The repeatability is  $\pm 0.2\%$  (standard deviation) in accordance with EN 4500. A coverage factor  $k=2$  is used. This corresponds to a coverage probability of 95% for a normal distribution.  
 \* Traceable to DefaTron Data Sheet mounted to IEC 61461-4 and to Distribution and Individual Deviation from Reference Sensitivity.  
 † Deviation from Reference Sensitivity.  
 Priced at £1000, UK 0203 7951, or 528 2834 and 6K 163535.  
 For further information, please contact: DefaTron Ltd, 10004, 10004, 10004.



**Mounting Technique:**  
 The accelerometer can be fastened directly to the measuring object by glue e.g. hot glue. However, if a reduced frequency range can be accepted, it is recommended to use one of the special mounting clips (see below) which is glued to the measuring object. In any case the mounting surface must be clean and smooth.  
 Four types of mounting clips are available: UA 1407 (set of 100) is a low profile clip recommended for mounting on plane surfaces. UA 1476 (set of 100) is a clip with a high temperature clip. UA 1478 (set of 100) is a semi-rigid clip for use where the accelerometer is to be aligned according to a given co-ordinate system (see Product Data Sheet BP 1841).  
 Apply a little grease to the mounting surface of the accelerometer as well as the clip will improve the frequency response.  
 See also ISO 6346.



All dimensions in millimetres

Date: 21. Sept. 2003 Operator: SX  
 Specifications obtained in accordance with AWSI 02.11-1809 and parts of ISO 6347.  
 All values are typical at 25°C (77°F) unless measurement uncertainty is specified.  
 BC 0386-14  
 Serial No.: 10004

**Calibration Chart for  
DeltaTron® Accelerometer  
Type 4508 002**



**Briel & Kjaer**

Serial No.: 10006

Reference Sensitivity <sup>1</sup> at 158.2 Hz ( $\omega = 1000 \text{ s}^{-1}$ ): 5  $\text{ms}^{-2}$  (pk/5)  
 4 mA supply current and 2.3 °C: 97.6  $\text{mV/m}^2$  ( )  
 Frequency Range: 0.4 Hz to 8 kHz  
 Amplitude (100%): 2 Hz to 5 kHz  
 Phase (±5°): 25 Hz

Mounted Resonance Frequency: < 5% in Reference Sensitivity  
 Transverse Sensitivity: > 18 dB  
 Minimum (at 8.25 Hz, 3  $\text{ms}^{-2}$ ): 24.2 kHz  
 Transverse Resonance Frequency: 310

Calculated values for TEDS <sup>2</sup>: Resonance frequency: 310  
 Quality factor Q: 1.6% (depends on amplitude)  
 Amplitude ratio: 0.19 Hz  
 High pass cut-off frequency: 6 kHz  
 Low pass cut-off frequency: 1.6 kHz

Measuring Range: ± 70  $\text{m}^2/\text{s}^2$  peak (± 7 g peak)  
 Polarity of the electrical signal is positive for an acceleration in the direction of the arrow on the drawing.

**Electrical:**

Bias Voltage: at full temperature and current range: +12 V ± 2 V  
 + 2 to + 20 mA  
 Power supply requirements: Constant Current: + 24 V to + 30 V  
 Unloaded Supply Voltage: < 2.0

Output Impedance: 5 s  
 Start-up time for full bias ± 10%: < 150  $\mu\text{s}$   
 Inherent Noise (RMS): 20  $\mu\text{V}$  (0.4  $\text{m}^2/\text{s}^2$ )  
 Bandwidth (1 Hz to 8 kHz): 24  $\mu\text{V}$  (0.4  $\text{m}^2/\text{s}^2$ )  
 Special: 10 Hz: corresponding to < 0.0015  $\text{m}^2/\text{s}^2$  (150  $\mu\text{g}$ )  
 100 Hz: 24  $\mu\text{V}$  (0.4  $\text{m}^2/\text{s}^2$ )  
 1000 Hz: 14  $\mu\text{V}$  (0.2  $\text{m}^2/\text{s}^2$ )

Ground Leads can introduce error signals. These can be avoided by insulating the accelerometer from the mounting surface (see Mounting Technique).  
 Recommended cables: AO 1382  
 AO 0531  
 AO 0038  
 and other cables see Product Data Sheet

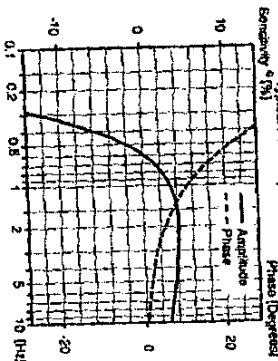
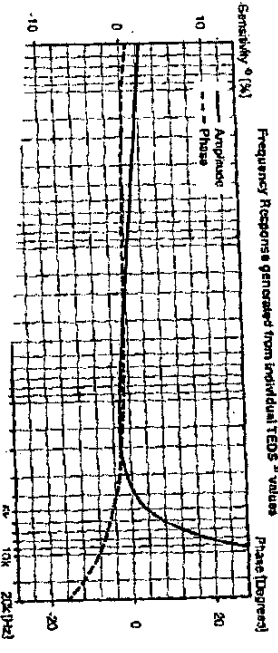
**Environmental:**

Temperature Range: -54 to + 100°C (-65 to + 212°F)  
 Temperature Coefficient of Sensitivity: + 0.12%/°C  
 Temp. Transient Sensitivity (3 Hz Low, Lin. Freq. (3 dB, 6 dB/oct)): 0.3  $\text{ms}^{-2}/\text{°C}$   
 Magnitude Sensitivity (50 Hz, 0.020 T): 3  $\text{ms}^{-2}$

Base Strain Sensitivity (at 250  $\mu\text{e}$  in base plate): 0.005  $\text{ms}^{-2}/\mu\text{e}$   
 Mounted on adhesive (see 0.28 mm thick): 50  $\text{ms}^{-2}$  peak (5000 g peak)  
 Max. Non-destructive Shock: 100 % RH non-condensing  
 Humidity: 100 % RH non-condensing

**Mechanical:**

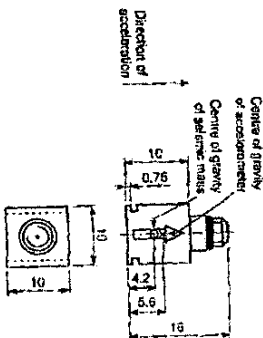
Case Material: Titanium ASTM Grade 2  
 Sealing Element: Pyramonic® Type PZ 37  
 Theil Seal®  
 Sealing: Hermetic  
 Weight: 4.8 gram (0.17 oz)  
 Electrical Connector: 10 - 32 UNF-2A  
 Mounting Surface Features: ± 2  $\mu\text{m}$



**CE**

1) This calibration is obtained on a modified fixed 8 type Calibration System Type 8010 System No.: 8010. The calibration is performed in the National Institute of Standards and Technology (NIST) and is traceable to the International Bureau of Weights and Measures, Geneva.  
 2) The reported sensitivity is 1.2% (measured) in accordance with EA-402, a reciprocity laser 4.5 m used. This corresponds to a coverage probability of 99% for a normal distribution.  
 3) Transducer Resonance Data Sheet according to IEC 61451, a Delta D Information not included.  
 4) Calibration from Reference Sensitivity.  
 5) Precision limited US (Gates), JF 5035261 and UK (18)1554.  
 For further information, please see [www.bk.dk](http://www.bk.dk) and Product Data Sheet DP 1641.

**Mounting Technique:**  
 The accelerometer can be fastened directly to the measuring object by glue e.g., but the glue should be applied to the measuring object. However, if a reduced frequency range can be applied, it is recommended to use one of the special mounting techniques (see below) which is glued to the measuring object, in any case the mounting surface must be clean and smooth.  
 Four types of mounting clips are available: UA 1407 (set of 100) is a low profile clip recommended for mounting on flat curved mounting surfaces; UA 1475 (set of 100) is a clip with a high temperature clip; UA 1478 (set of 100) is a swivel base clip for use where the accelerometer is to be clipped according to a given coordinate system (see Product Data Sheet DP 1641).  
 Using a fine groove in the mounting surface of the accelerometer as well as the clip will improve the frequency response. See also ISO 5348.



All dimensions in millimeters

Date: 23 SEP 2003 Operator: SK  
 Specifications defined in accordance with ANSI E3.11-1999 and parts of ISO 5341.  
 All values are typical at 23°C (77°F) unless manufacturing standard is provided.  
 EC 098/14

Serial No.: 10006

**Calibration Chart for  
DeltaTron® Accelerometer  
Type 4508 002**



**Briel & Kjaer**

Serial No.: 10008  
 Reference Sensitivity:  $1 \text{ g}$ ,  $159.2 \text{ Hz}$  ( $\epsilon = 1000 \text{ g}$ ),  $5 \text{ mg}^2/\text{ms}^2$   
 Frequency Range:  $23 \text{ Hz}$  to  $92.7 \text{ kHz}$   
 Resonance Frequency:  $903 \text{ Hz}$  (mV/g)  
 Transverse Resonance Frequency:  $0.4 \text{ Hz}$  to  $8 \text{ kHz}$   
 Measuring Range:  $\pm 5 \text{ g}$  (Reference Sensitivity)  
 Polarity of the electrical signal is positive for an acceleration in the direction of the arrow on the drawing.  
 Measuring Range:  $1.70 \text{ m/s}^2$  peak ( $\pm 7.9 \text{ g}$  peak)

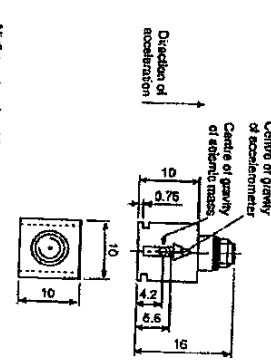
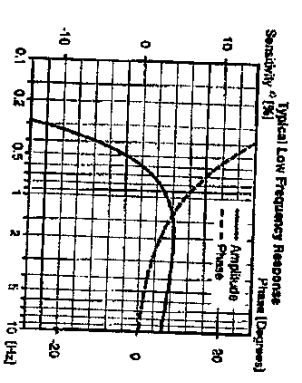
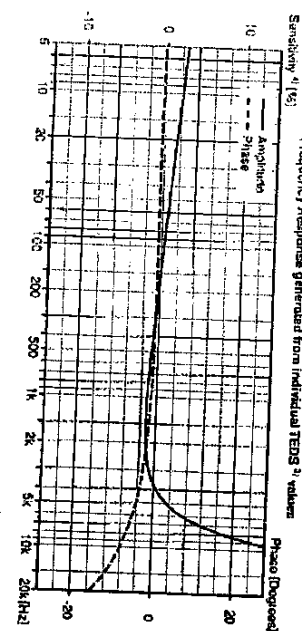
**Electrical:**  
 Bias Voltage: at full temperature and current range:  $\pm 12 \text{ V} \pm 2 \text{ V}$   
 Power Supply requirements: Constant Current:  $\pm 20 \text{ mA}$   
 Unloaded Supply Voltage:  $\pm 24 \text{ V}$  to  $\pm 30 \text{ V}$   
 Output Impedance:  $< 2 \Omega$   
 Start-up time (to final bias  $\pm 10\%$ ):  
 Inherent Noise (RMS):  $< 150 \mu\text{V}$   
 Bandwidth (1 Hz to 8 kHz):  
 Frequency:  $10 \text{ Hz}$  to  $1000 \text{ Hz}$   
 Amplitude:  $80.0 \text{ mg}^2/\text{Hz}$  to  $1.0 \text{ mg}^2/\text{Hz}$   
 Recommended cables:  $\text{AO 1392}$ ,  $\text{AO 0531}$ ,  $\text{AO 0038}$  and other cables see Product Data Sheet

**Environmental:**  
 Temperature Range:  $-54$  to  $+100^\circ\text{C}$  ( $-65$  to  $+212^\circ\text{F}$ )  
 Temperature Coefficient of Sensitivity:  $\pm 0.12\%/^\circ\text{C}$   
 Temp. Transient Sensitivity (3 Hz Low, Lin. Freq. (3 dB, 6 dB/oct)):  $0.3 \text{ ms}^2/\text{g}^\circ\text{C}$   
 Magnitude Sensitivity (60 Hz, 0.03g T):  $3 \text{ ms}^2/\text{T}$   
 Base Seismic Sensitivity (at 250  $\mu\text{m}$  in base point):  $0.005 \text{ ms}^2/\text{g}$   
 Mounted on adhesive tape 0.08 mm thick:  $50 \text{ kgms}^2$  peak (5000 g peak)  
 Max. Non-detransverse Shock:  $100 \text{ g}$  RH non-condensing  
 Humidity:  $< 5 \mu\text{m}$

**Mechanical:**  
 Case Material: Titanium ASTM Grade 2  
 Sealing Element: Piezoelectric, Type PZ 27  
 Construction: Thiele Shell®  
 Sealing: Hermetic  
 Weight:  $4.8 \text{ gram}$  (0.17 oz)  
 Electrical Connector: 10 - 32 UNH-2A  
 Mounting Surface Finish:  $< 8 \mu\text{m}$

The calibration is obtained on a modified Sine Wave Calibration System Type 80 to System No. 13217.7 and is traceable to the International System of Units (SI) through the Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany.  
 The dynamic response is 10% over-damped; resonance with 0.4 g. A resonance meter 4-3 is used for conversion to a device sensitivity of 90% for a normal distribution.  
 Transducer Electrical Data Sheet according to IEEE P-451.4, Part 10 Information not included:  
 \* Conversion from Newtons Unitarity.  
 \* Materials: Invar, 40000001, 2P 5000250, and PC 10003A.  
 For further information, please see [www.briel.com](http://www.briel.com) and Product Data Sheet PZ 1941.

**Mounting Features:**  
 The accelerometer can be fastened directly to the measuring object by glue (e.g., hot glue). However, if a reduced frequency range can be accepted, it is recommended to use one of the four mounting clips (see below) which is glued to the measuring object. In any case the mounting surface must be clean and smooth.  
 Four types of mounting clips are available: UA 1407 (cut of 100) is a low profile clip thick base which can be fixed to a thin base; UA 1475 (cut of 100) is a clip with a high temperature clip, UA 1478 (cut of 100) is a normal base clip for use where the accelerometer is to be aligned according to a given coordinate system (see Product Data Sheet GP 1941).  
 Applying a thin grease to the mounting surface of the accelerometer as well as the one of the ISO Studs.



All dimensions in millimeters  
 Date: 21. Sep. 2023 Operator: SW  
 Specifications detailed in accordance with ANSI Z39.18-1959 and parts of ISO 1347.  
 All values are typical at 25°C (77°F) unless measurement uncertainty is specified.  
 80 0204-14  
 Serial No.: 10008

un analizzatore di vibrazioni della Bruel & Kjaer tipo 4447-B (S/N: 2570892) collegato ad un accelerometro triassiale della Bruel & Kjaer tipo 4506


## MANUFACTURER'S CERTIFICATE OF CONFORMANCE

We certify that Bruel & Kjaer ~~4447-B~~ Serial No 2570892  
has been tested and passed all production tests, confirming compliance with the  
manufacturer's published specification at the date of the test.

The final test has been performed using calibrated equipment, traceable to National or  
International Standards or by ratio measurements.

Bruel & Kjaer is certified under ISO 9001:2000 assuring that all calibration data for test  
equipment are retained on file and are available for inspection upon request.

Nærum 14-dec-2006

  
Torben Bjørn  
Vice President  
Operations

Please note that this document is not a calibration certificate. For information on our calibration services please  
contact your nearest Bruel & Kjaer Service Center.

BA-0236-1

**Brüel & Kjær**

La strumentazione di misura è stata calibrata mediante il calibratore Bruel & Kjaer tipo 4294 n° 2561128.

# Certificate for Calibration Exciter Type 4294 Serial No. 2561128

Type 4294 Serial No.: 2561128



## Specifications for Type 4294

From Serial No. 1166933

### Vibration System

Electromagnetic exciter  
with internal feedback  
piezoelectric accelerometer  
(class type) for sine  
reproduction of vibration amplitude

**Frequency:** 150 Hz ± 0.02% (1000 rpm)  
**Acceleration:** 10 ms<sup>-2</sup> (RMS) ± 3%  
**Velocity:** 10 cm/s (RMS) ± 3%  
**Displacement:** 10 μm (RMS) ± 0.1%

**Transverse amplitude:** less than 5% of main axis amplitude  
**Distortion:** less than 2% for 10 to 70 Hz  
less than 7% for 0 to 10 Hz

**Warm-up Time:** 100 ± 10 s with automatic ramp  
**Signal distortion:** better than 1% per year for acceleration,  
velocity and displacement  
**Long Term Stability:** better than 0.1 mm per year for frequency

### Transducer Mounting

**Maximum Load:** 70 g  
**Mounting Torque:** max. 0.5 Nm  
**Mounting Thread:** 10-32 UNF

### Temperature Range:

+ 10 to + 40°C (50 to 104°F) @ 10 ms<sup>-2</sup>  
reference within ± 3%  
- 10 to + 55°C (14 to 131°F) @ 10 ms<sup>-2</sup>  
reference within ± 5%  
up to 20% RH non-condensing at 20°C

### Humidity:

**Power Requirements:** One 5V Alkaline Battery BR 0016 (IEC type 61, 6A11)  
Approximately 60 calibrations, each taking  
approximately 10 s with automatic switching  
off at the end of each calibration

### Dimensions:

**Length:** 155 mm (6.1 in)  
**Diameter:** 50 mm (2.05 in)  
**Weight:** 200 g including battery and shock case

**Calibration Conditions:** Temperature: 23 ± 1°C  
Load Mass: 10 g  
Positioning: Vertical

**Calibration Result:** Acceleration Level:  ms<sup>-2</sup>  
Uncertainty: 0.07 confidence level (less than 2%)

U.S. Bureau of Standards  
Date of Calibration: \_\_\_\_\_



This measurement is traceable to:  
NIST - National Institute of Standards and Technology  
U.S.A.  
and PTB - Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Germany