

21_30_PV_9PE_RMC_AU_DRE_7_00	MARZO 2022	RELAZIONE ACUSTICA E RELATIVI ALLEGATI	dott.M.Ing. Michele Bungaro	Arch. Paola Pastore	Ing. Martina Romeo
N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO

OGGETTO: Progetto dell'impianto agro fotovoltaico denominato "Impianto Agro-Fotovoltaico Giumenta" della potenza di 116.027,10 kWp da realizzare nel comune di Ramacca (CT)	COMMITTENTE:  9PIU' ENERGIA s.r.l. Via Aldo Moro, 28 25043 Breno (BS)
TITOLO: RS06REL0022A0 D. VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE Relazione acustica e relativi allegati	

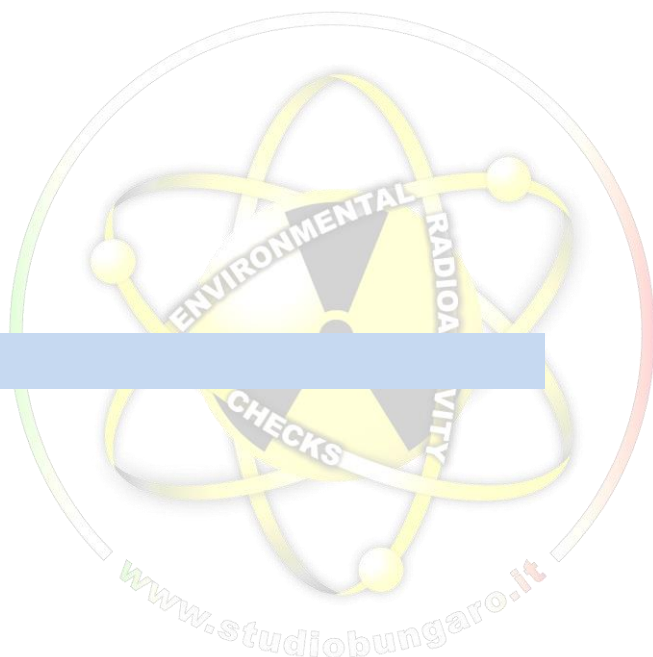
		SOSTITUISCE:	
		SOSTITUITO DA:	
		CARTA: A4	
	NOME FILE 21_30_PV_9PE_RMC_AU_DRE_7_00	SCALA: FS	ELAB. RE.7

Tutti i diritti di autore sono riservati a termine di legge. E' vietata la riproduzione senza autorizzazione.



INDICE

1. Introduzione
2. Riferimenti legislativi e normativi
3. Descrizione dell'opera
4. Ricettori
5. Sorgenti
6. Calcolo
 - 6.1 Procedura di calcolo
 - 6.2 Verifica dei limiti
7. Fase di cantierizzazione
8. Conclusioni





1. INTRODUZIONE

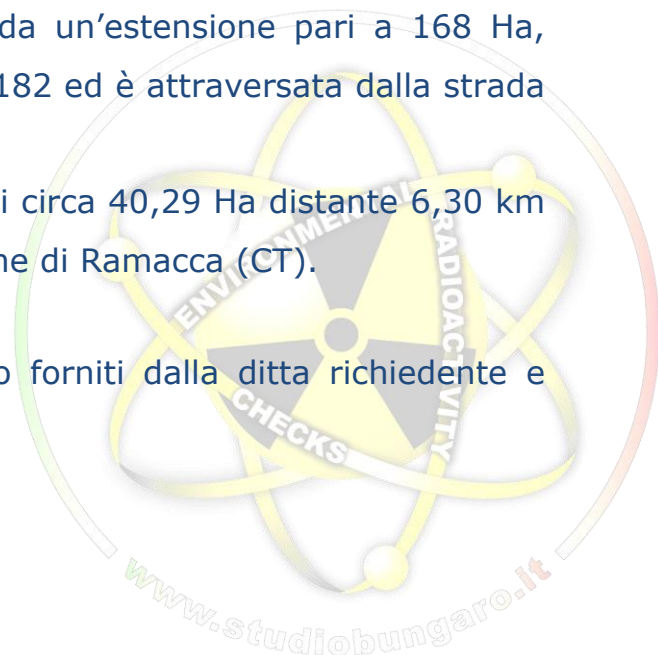
Oggetto del presente documento è la Valutazione d'Impatto Acustico, redatta dal sottoscritto tecnico dott.M.Ing. Michele Bungaro, iscritto ai relativi albi professionali di appartenenza, e analizza il clima acustico in seguito alla realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico denominato "Impianto Agro-Fotovoltaico Giumenta" della potenza di 116.027,10 kWp da realizzare nel comune di Ramacca (CT) .

L'impianto insisterà interamente su aree nelle disponibilità di 9PIU' ENERGIA S.r.l., nel Comune di Ramacca (CT), su una superficie complessiva di $St = 208$ Ha.

L'area ha una estensione complessiva di circa 208 ettari ed è composta da n. 2 sub-aree di impianto. La **prima macroarea** è localizzata in contrada "Giumenta", distante circa 9 km in direzione nord-ovest dal centro abitato del Comune di Ramacca (CT). È caratterizzata da un'estensione pari a 168 Ha, confina ad ovest con la Strada Provinciale SP182 ed è attraversata dalla strada di Bonifica "Montagna Cicero".

La **seconda macroarea** ha una estensione di circa 40,29 Ha distante 6,30 km in direzione nord dal centro abitato del Comune di Ramacca (CT).

Dati prodromici al presente documento sono forniti dalla ditta richiedente e dall'ufficio tecnico di progettazione incaricato.



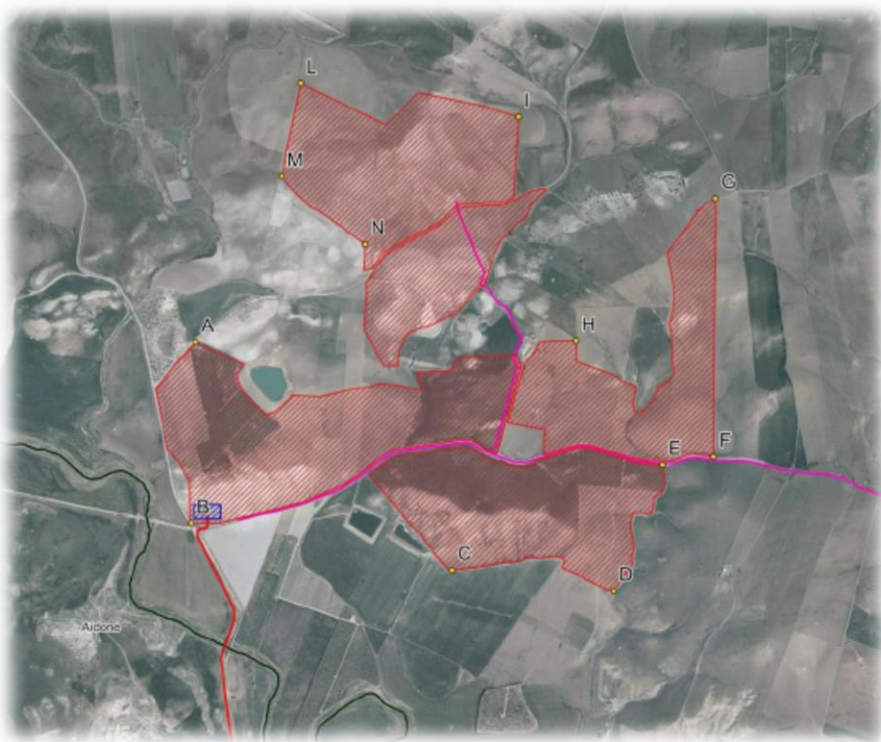


Figura 1 - Area oggetto di intervento

Il presente elaborato è stato redatto al fine di valutare le emissioni sonore legate agli impianti tecnologici a servizio dell'impianto stesso (trasformatore ed inverter) nei ricettori sensibili individuati durante i sopralluoghi effettuati, l'analisi acustica sarà successivamente estesa anche alla cantierizzazione dell'impianto stesso.



Figura 2 - Inserimento impianto fotovoltaico

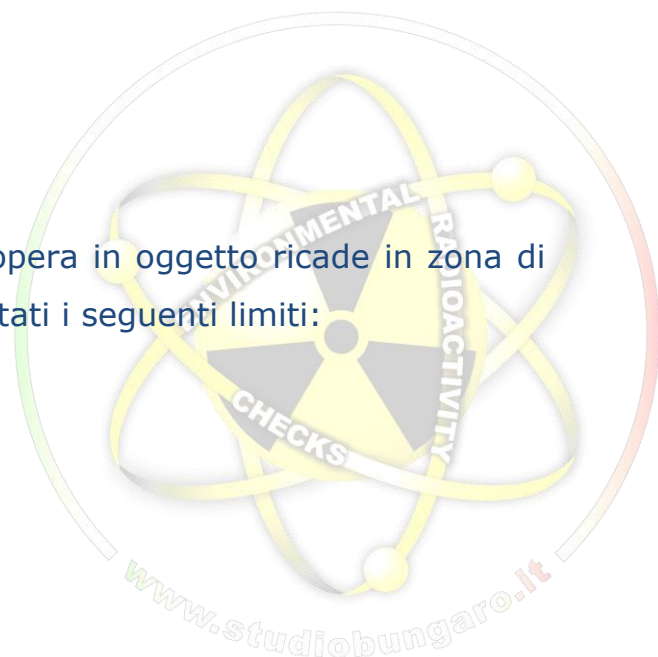


2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

Per la valutazione del clima acustico e per le modalità di esecuzione dei rilievi fonometrici si è fatto riferimento alla normativa seguente:

- Legge n. 447, 26 ottobre 1995, "Legge quadro sull'inquinamento acustico"
- D.P.C.M. 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"
- Decreto Ministro dell'Ambiente 16 marzo 1998, "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"
- UNI 9884 - 31 luglio 1997 "Acustica – Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale"
- UNI 10855 – dicembre 1999 "Acustica – Misurazione e valutazione del contributo acustico di singole sorgenti"
- *Legge Regionale 12 febbraio 2002, N. 3*

Secondo il D.P.C.M. 14 novembre 1997 l'opera in oggetto ricade in zona di tipo misto di classe III e devono essere rispettati i seguenti limiti:





Classi di destinazione d'uso del territorio	Limite diurno (06-22) LAeq [dBA]	Limite notturno (22-06) LAeq [dBA]
III – Aree di tipo misto	55	45

Tabella 1 – Valori limite assoluti di emissione (tab. C del D.P.C.M. 14 novembre 1997)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Limite diurno (06-22) LAeq [dBA]	Limite notturno (22-06) LAeq [dBA]
III – Aree di tipo misto	60	50

Tabella 2 – Valori limite assoluti di immissione (tab. C del D.P.C.M. 14 novembre 1997)

Dalla classificazione ai sensi del DPCM 1 marzo del 1991, non avendo il comune di Castellaneta reso noto i risultati della classificazione acustica del territorio comunale, si applicheranno prudenzialmente i limiti di cui all'art 6, che prescrivono

Classi di destinazione d'uso del territorio	Limite diurno (06-22) LAeq [dBA]	Limite notturno (22-06) LAeq [dBA]
Tutto il territorio Nazionale	70	60

Tabella 3 – Valori limite assoluti di immissione art 6 .

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera di cui trattasi è composta da due interventi modulari come riportato appresso nei dettagli.

MACROAREA DI INTERVENTO A

Si riportano di seguito le coordinate geografiche dei vertici delle aree secondo il sistema di riferimento UTM -WGS84 33N:

UTM WGS84 33N		
VERTICI	East [m]	North [m]
A	465520,984	4144478,897
B	465505,192	4143815,374
C	466463,006	4143643,836
D	467056,391	4143567,361
E	467236,254	4144029,373
F	467424,032	4144058,597
G	467430,544	4145005,295
H	466918,297	4144483,634
I	466707,227	4145303,506
L	465907,757	4145426,030

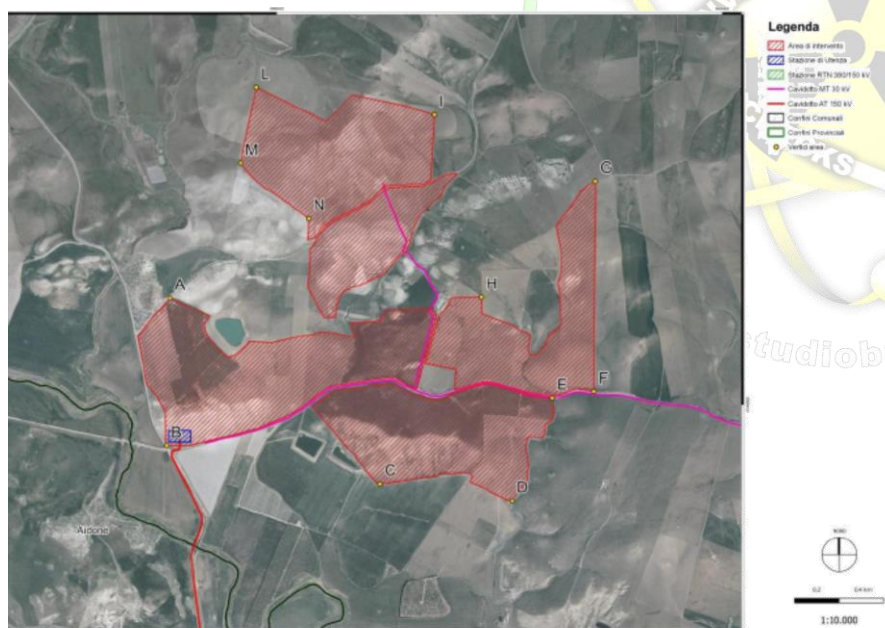


Figura 3 - macroarea di intervento A

MACROAREA DI INTERVENTO B

Si riportano di seguito le coordinate geografiche dei vertici delle aree secondo il sistema di riferimento UTM -WGS84 33N:

UTM WGS84 33N		
VERTICI	East [m]	North [m]
M	465837,330	4145085,786
N	466144,306	4144836,907
O	470115,662	4142949,881
P	469950,600	4142735,816
Q	470136,555	4142398,513
R	470372,889	4142514,729
S	470157,136	4144128,154
T	470843,085	4143529,261
U	470849,504	4143841,865
V	470550,885	4144407,215
Z	470268,085	4144475,237

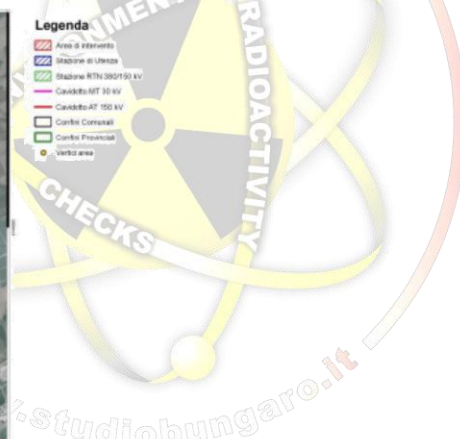


Figura 4 - macroarea di intervento B

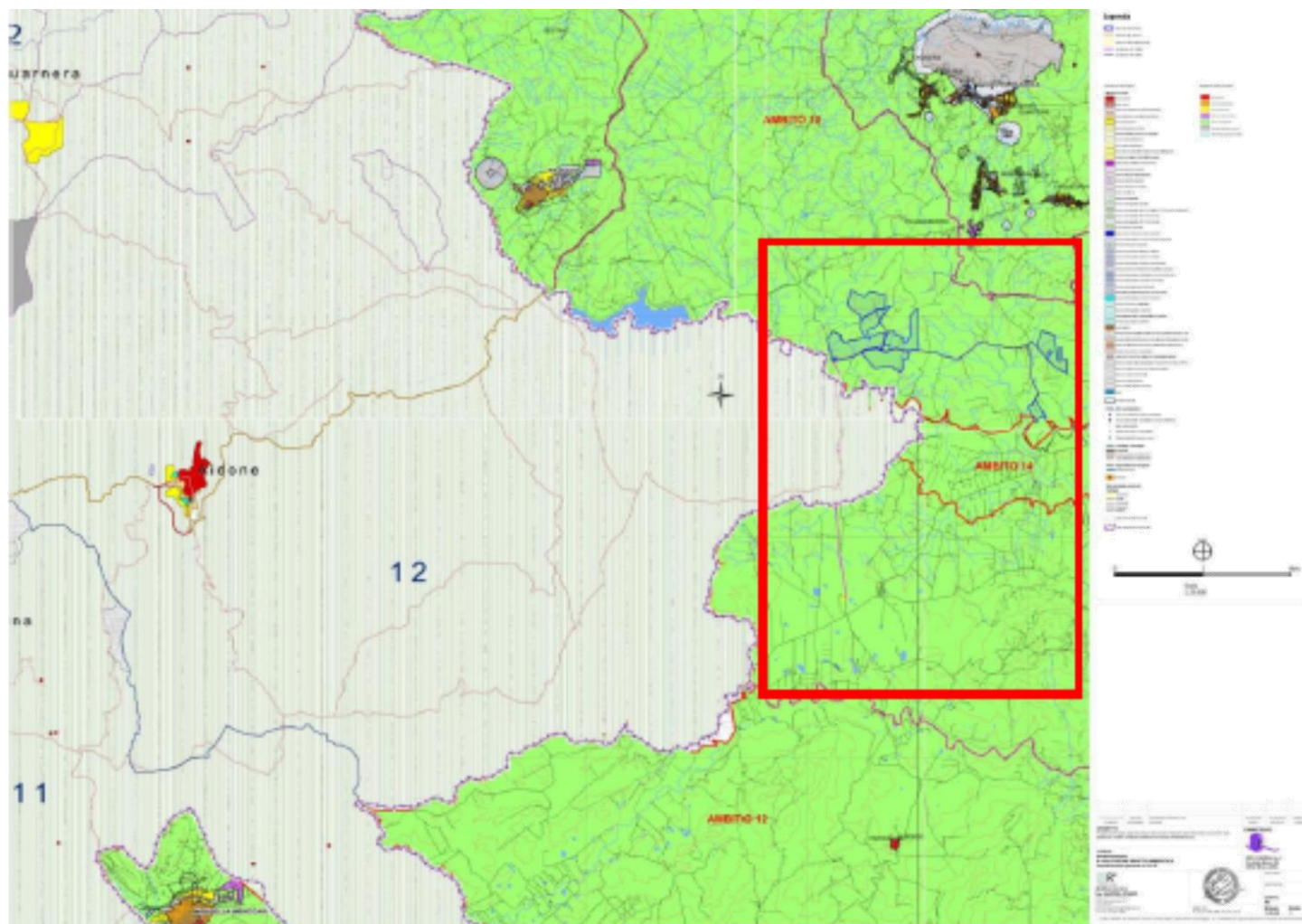


FOTORENDER MACROAREE A e B





Si riporta di seguito una tavola di inquadramento generale delle opere oggetto di intervento su base cartografica del P.R.G. del Comune di Ramacca (CT) e del PRG del Comune di Aidone (EN).



*DETTAGLI DELLA OPERA PROPOSTA*

GENERATORE FOTOVOLTAICO	Potenza nominale	116,0271 MWp
	Tensione di stringa alla massima potenza, Vmp	1071 V
	Tensione (di stringa) massima di circuito aperto, Voc	1275 V
	N° moduli totale	184.170
MODULI FOTOVOLTAICI	Potenza nominale, Pn	630 Wp
	Tensione alla massima potenza, Vmp	35,7 V
	Tensione massima di circuito aperto, Voc	42,5 V
	Corrente alla massima potenza, Im	17,66 A
	Corrente massima di corto circuito, Isc	18,70 A
	Tipo celle fotovoltaiche	monocristalline
STRUTTURE DI SOSTEGNO	Materiale	Acciaio zincato e acciaio inossidabile
	Posizionamento	Terreno
	Integrazione architettonica dei moduli	No
INVERTER	Potenza di picco	500-1000-1250-1500 kVA
	Potenza nominale d'uscita	500-1000-1250-1500 kVA
	Corrente di input max di c.c.	1500 A
	Tensione d'ingresso	910 – 1500 V
	Tensione d'uscita	640 Vac
	Rendimento europeo	98,5 %
TRASFORMATORE	Potenza	500-1000-1250-1500 kVA
	Livello di tensione	0,64/20 kV
	Gruppo di connessione	Dy11y11
	Tipo di raffreddamento	AN

SOTTOCAMPO	POTENZA DC (W)	N. MODULI	N. STRINGHE	N. INVERTER	POTENZA AC (kW)	N. CAB. DI TRASF. / POTENZA TRASF. (kVA)
1	20374200	32340	1078	11	16500	11 / 1500
2	9790200	15540	518	6	8000	5/1.500 + 1/500
3	17860500	28350	945	10	14750	9/1.500 + 1/1250
4	24475500	38850	1295	14	20000	13/1.500 + 1/500
5	23152500	36750	1225	13	19000	12/1.500 + 1/1000
6	15346800	24360	812	9	12500	8/1.500 + 1/500
7	5027400	7980	266	3	4250	2/1.500 + 1/1250

Le stringhe che costituiscono il generatore fotovoltaico sono state ottenute collegando in serie 30 moduli.



All'interno delle aree interessate dal generatore fotovoltaico saranno presenti:

- n. 66 cabine di conversione e trasformazione MT/BT 20/0,64 kV;
- n. 1 cabina di controllo;
- n. 14 cabine di stoccaggio;
- n. 28 cabine di raccolta MT 20 kV.

Il cavidotto seguirà in generale la viabilità principale e interpoderale.

La potenza nominale totale del generatore fotovoltaico, è pari a 116.027,10 kWp, intesa come sommatoria delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni standard (STC).

È prevista la messa in opera di tracker monoassiali con asse orientato in direzione nord – sud, di due differenti dimensioni (2x15 o 2x30 moduli) a seconda delle necessità progettuali e di strutture di sostegno di tipo fisso (2x15 moduli).

I fabbricati tecnici previsti sono:

- n. 66 cabine di conversione e trasformazione equipaggiate con inverter e trasformatore MT/BT. Le apparecchiature di trasformazione saranno ospitate in un apposito locale chiuso e ventilato per smaltire la potenza dissipata
- n. 28 cabine di raccolta, ospitanti i quadri di Media Tensione, dislocate in corrispondenza dei sottocampi
- n. 14 container adibito ad uso magazzino di dimensione 6,00 x 2,60 m
- n.1 edificio di controllo contenente locali adibiti ad uso ufficio e le apparecchiature di monitoraggio e gestione dell'impianto fotovoltaico in progetto

Per la simulazione si sono "clusterizzate" 11 sorgenti lineari composte da 6 cabine di conversione ognuno, con emissioni lineari normalizzate, oltre all'edificio di controllo e scambio.

I recettori sono invece identificati in maniera sequenziale e corrispondono, sui visual progettuali, a posizioni in corrispondenza di abitazioni, comunità, attività commerciali e comunque antropiche.

Per i dettagli tecnici si rimanda alla progettazione generale redatta, prodromica al presente documento.



4. INQUADRAMENTO DELL'AREA



Figura 4 - Inquadramento dell'area



5. RICETTORI

I ricettori sensibili individuabili nella zona ove sorgerà l'impianto fotovoltaico sono i seguenti, identificati nella seguente tabella e graficamente nel modello di simulazione:

name	x	y	z	Global (dBA)
campo volo R 16	141,67	-2009,23	1,00	27,12
Ricettore 1	-888,92	-291,37	1,00	38,56
Ricettore 2	-889,35	77,89	1,00	38,01
Ricettore 3	-2243,30	493,49	1,00	35,65
Ricettore 4	-62,97	671,06	1,00	31,74
Ricettore 5	-1278,42	2224,97	1,00	28,90
Ricettore 6	-692,15	2678,55	1,00	26,73
Ricettore 7	-415,99	2370,54	1,00	27,53
Ricettore 8	310,39	2424,80	1,00	26,22
Ricettore 9	832,47	2144,75	1,00	25,99
Ricettore 10	939,43	1288,82	1,00	27,26
Ricettore 11	898,86	2951,59	1,00	24,48
Ricettore 12	1074,63	3373,17	1,00	23,69
Ricettore 13	-160,81	2010,37	1,00	28,38
Ricettore 14	-215,61	-1545,03	1,00	29,22
Ricettore 15	-1567,07	-1541,61	1,00	32,23
Ricettore 17	241,02	-2191,44	1,00	26,57
Ricettore 18	-2223,65	-1387,27	1,00	32,55
Ricettore 18	-254,06	-2558,76	1,00	26,30
Ricettore 19	-2419,57	-1053,77	1,00	34,10
Ricettore 20	-5201,48	13,61	1,00	24,04
Ricettore 21	2473,39	-915,11	1,00	30,32
Ricettore 22	2754,10	-1184,66	1,00	35,08
Ricettore 23	3201,24	-766,76	1,00	28,98
Ricettore 23	2675,06	-2123,08	1,00	31,07
Ricettore 24	2760,92	-683,11	1,00	29,75
Ricettore 26	2828,39	-66,48	1,00	35,36
Ricettore 27	2160,07	521,76	1,00	32,06
Ricettore 27	3665,35	-457,64	1,00	27,44
Ricettore 28	2100,12	162,95	1,00	31,61
Ricettore 29	2301,33	-14,55	1,00	32,82
Ricettore 30	2089,48	27,64	1,00	31,02
Ricettore 31	2229,70	-32,36	1,00	31,95
Ricettore 32	2173,05	23,99	1,00	31,77
Ricettore 33	2133,77	-59,82	1,00	30,97
Ricettore 34	2167,65	-381,09	1,00	29,58
Ricettore 35	2071,95	-123,98	1,00	30,24



6. VISUAL GRAFICO DEI RECETTORI SENSIBILI

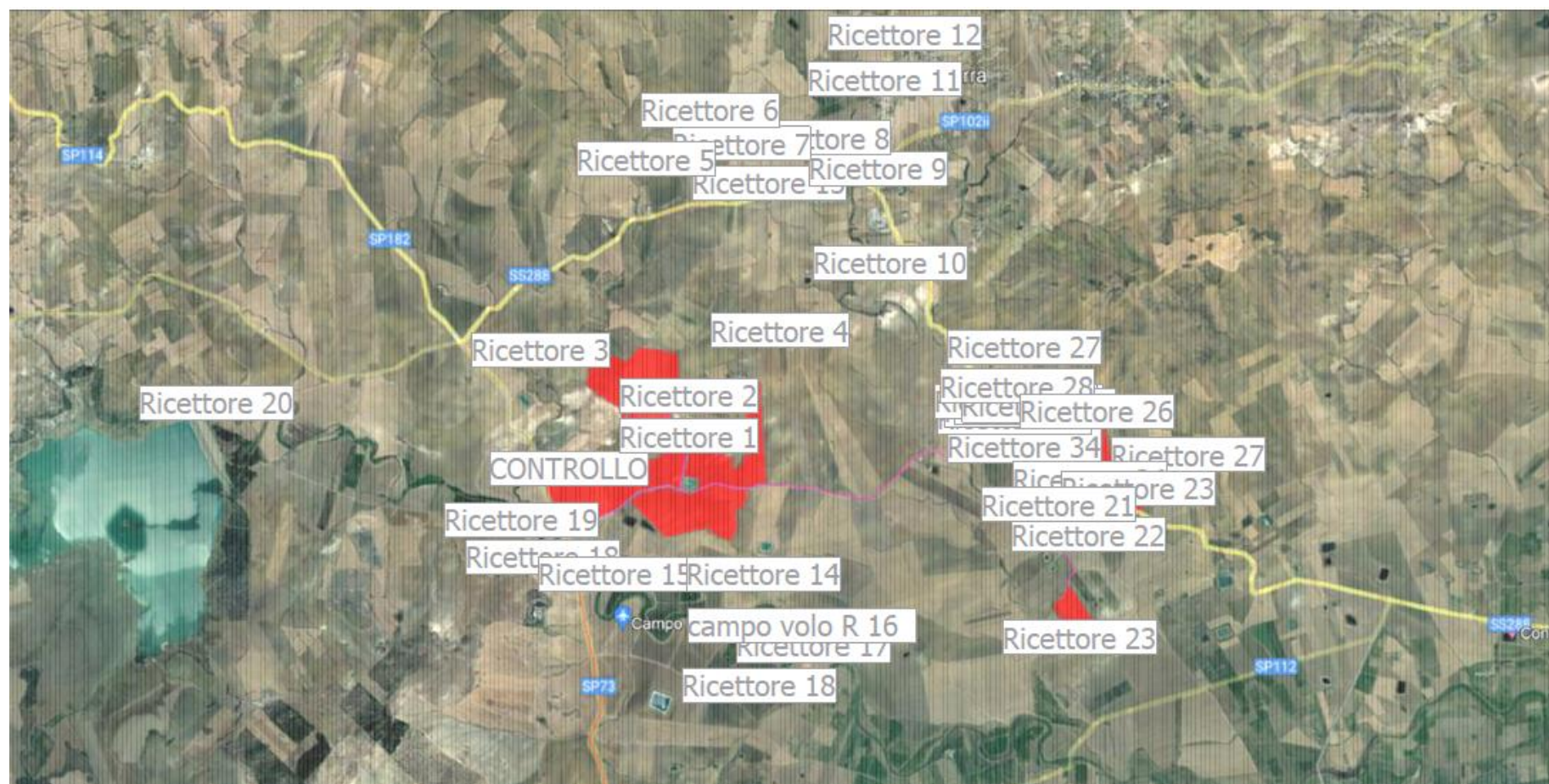


Figura 5 - Inquadramento dell'area con individuazione dei ricettori sensibili



A seguito di sopralluogo e verifiche puntuali in campo con idonea strumentazione conforme agli standard normativi, in valido periodo di taratura ed a completa disposizione del tecnico incaricato, non si è reputato necessario procedere ad ulteriori sessioni fonometriche tenuto conto della scientifica constatazione della preesistente presenza di sorgenti poco emettitive e distanze tra sorgenti e ricettori assai considerevoli.

7. Descrizione del modello matematico di simulazione acustica:

La determinazione dei contributi ai livelli acustici attuali è stata eseguita con l'ausilio del modello previsionale di calcolo SoundPLAN della soc. Braunstein + Bernt GmbH.

La scelta di applicare tale software di simulazione è stata effettuata in considerazione delle caratteristiche del modello, del livello di dettaglio che è in grado di raggiungere e, inoltre, della sua affidabilità ampiamente garantita dalle applicazioni in industriale, già effettuate in altri studi analoghi. SoundPLAN è un modello previsionale ad "ampio spettro" in quanto permette di studiare fenomeni acustici generati da rumore stradale, ferroviario e industriale utilizzando di volta in volta gli standard internazionali più ampiamente riconosciuti.

Nel caso specifico si utilizza come riferimento la norma ISO 9613 "dedicata" al problema della propagazione in ambiente esterno.

Tale metodo è indicato quale riferimento dalla bozza di direttiva europea in materia di inquinamento acustico ambientale.

Vengono di seguito descritte le modalità con le quali è stato effettuato l'inserimento dei dati nel modello di simulazione, nonché i dati delle sorgenti ed i parametri acustici adottati nell'applicazione del SoundPLAN.

Come base cartografica è stata utilizzata la Cartografia digitale relativa al progetto, attraverso la quale sono state caricate nel modello tutte le informazioni relative alle sorgenti ed ai ricettori.



Successivamente, per assegnare l'elevazione ad ognuno degli oggetti presenti sulla mappa è stato creato un modello digitale del terreno DGM che definisce una superficie sull'intera area di calcolo attraverso una triangolazione che unisce tutti i punti dei quali è nota la quota.

La mappa è stata calcolata ad un'altezza da terra pari a 1 metri, corrispondente al primo piano degli edifici circostanti.

Modello ISO 9613-2

La norma internazionale ISO 9613 è dedicata alla modellizzazione della propagazione acustica nell'ambiente esterno, ma non fa riferimento alcuno a sorgenti specifiche di rumore (traffico, rumore industriale...), anche se è invece esplicita nel dichiarare che non si applica al rumore aereo (durante il volo dei velivoli) e al rumore generato da esplosioni di vario tipo. L'Unione Europea ha scelto tale norma come riferimento per la modellizzazione del rumore industriale.

E' dunque una norma di tipo ingegneristico rivolta alla previsione dei livelli sonori sul territorio, che prende origine da una esigenza nata dalla norma ISO 1996 del 1987, che richiedeva la valutazione del livello equivalente ponderato "A" in condizioni meteorologiche "favorevoli alla propagazione del suono¹"; la norma ISO 9613 permette, in aggiunta, il calcolo dei livelli sonori equivalenti "sul lungo periodo" tramite una correzione forfettaria.

La prima parte della norma (ISO 9613-1:1993) tratta esclusivamente il problema del calcolo dell'assorbimento acustico atmosferico, mentre la seconda parte (ISO 9613-2:1996) tratta in modo complessivo il calcolo dell'attenuazione acustica dovuta a tutti i fenomeni fisici di rilevanza più comune, ossia:

- la divergenza geometrica;
- l'assorbimento atmosferico;
- l'effetto del terreno: le riflessioni da parte di superfici di vario genere;
- l'effetto schermante di ostacoli;
- l'effetto della vegetazione e di altre tipiche presenze (case, siti industriali).

La norma ISO, come abbiamo già rimarcato, non si addentra nella definizione delle sorgenti, ma specifica unicamente criteri per la riduzione di sorgenti di vario tipo a sorgenti puntiformi.



In particolare, viene specificato come sia possibile utilizzare una sorgente puntiforme solo qualora sia rispettato il seguente criterio:

$$d > 2 H_{\max}$$

dove d è la distanza reciproca fra la sorgente e l'ipotetico ricevitore, mentre $H_{\max}$ è la dimensione maggiore della sorgente.

L'equazione che permette di determinare il livello sonoro $L_{AT}(DW)$ in condizioni favorevoli alla propagazione in ogni punto ricevitore è la seguente:

$$L_{AT}(DW) = L_w + D_c - A$$

dove L_w è la potenza sonora della sorgente (espressa in bande di frequenza di ottava) generata dalla generica sorgente puntiforme, D_c è la correzione per la direttività della sorgente e A l'attenuazione dovuti ai diversi fenomeni fisici di cui sopra, espressa da:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

con

A_{div} attenuazione per la divergenza geometrica,

A_{atm} attenuazione per l'assorbimento atmosferico,

A_{gr} l'attenuazione per effetto del terreno,

A_{bar} l'attenuazione di barriere,

A_{misc} l'attenuazione dovuta agli altri effetti non compresi in quelli precedenti.

La condizione di propagazione ottimale, corrispondente alle condizioni di "sottovento" e/o di moderata inversione termica (tipica del periodo notturno), è definita dalla ISO 1996-2 nel modo seguente:

Direzione del vento compresa entro un angolo di $\pm 45^\circ$ rispetto alla direzione individuata dalla retta che congiunge il centro della sorgente sonora dominante alla regione dove è situato il ricevitore, con il vento che spira dalla sorgente verso il ricevitore;

Velocità del vento compresa fra 1 e 5 m/s, misurata ad una altezza dal suolo compresa fra 3 e 11 m.

Allo scopo di calcolare un valore medio di lungo-periodo $L_{AT}(LT)$, la norma ISO 9613 propone di utilizzare la seguente relazione:

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{met}$$

dove C_{met} è una correzione di tipo meteorologico derivante da equazioni approssimate che richiedono una conoscenza elementare della situazione locale.

$$C_{met} = 0 \quad \text{per } d_p < 10 (h_s + h_r)$$

$$C_{met} = C_0 [1 - 10(h_s + h_r)/d_p] \quad \text{per } d_p > 10 (h_s + h_p)$$



dove

h_s è l'altezza della sorgente dominante,

h_r è l'altezza del ricevitore

d_p la proiezione della distanza fra sorgente e ricevitore sul piano orizzontale.

C_0 è una correzione che dipende dalla situazione meteo locale e può variare in una gamma limitata (0–5 dB): la ISO consiglia che debba essere un parametro determinato dall'autorità locale.

A_{div} : attenuazione dovuta alla divergenza geometrica

La divergenza sferica comporta una diminuzione di 6 dB per raddoppio della distanza s - o

$$\Delta = 10 \cdot \log_{10} 4\pi r^2$$

La divergenza emisferica comporta una diminuzione di 3 dB per raddoppio della distanza s - o

$$\Delta = 10 \cdot \log_{10} 2\pi r^2$$

A_{atm} : attenuazione dovuta all'assorbimento da parte dell'atmosfera

$$A_{atm} = \alpha d / 1000$$

Calcolo del coefficiente di attenuazione dovuto all'assorbimento atmosferico α

Il coefficiente di attenuazione α , in dB / metro, dovuto all'assorbimento atmosferico può essere calcolato dalla:

$$\alpha = C_1 \cdot f^2 \cdot \left\{ \left(C_2 \cdot \frac{P_s}{P_{s0}} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}} \right) + \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{5}{2}} \cdot \left[C_3 \cdot \frac{e^{\frac{\theta_0}{T}}}{f_{rO} + \left(\frac{f^2}{f_{rO}} \right)} + C_4 \cdot \frac{e^{\frac{\theta_N}{T}}}{f_{rN} + \left(\frac{f^2}{f_{rN}} \right)} \right] \right\}$$

con

C_1, C_2, C_3, C_4 : costanti disponibili in letteratura

θ_0 e θ_N temperature caratteristiche

f : frequenza del suono in esame [Hz]

T_0 : temperatura atmosferica di riferimento 293,15 K

T : temperatura atmosferica [K] (253,15 ÷ 323,15 K; -20 ÷ +50 °C)

P_{s0} : pressione atmosferica di riferimento 101,325 Kpa

P_s : pressione atmosferica [Kpa] (< 200 Kpa; 2 atmosfere)

h : concentrazione molare del vapor d'acqua [%] (0,05 ÷ 5 %)

f_{rO} : frequenza di rilassamento dell'ossigeno [Hz]

f_{rN} : frequenza di rilassamento dell'azoto [Hz]

 **A_{gr} l'attenuazione per effetto del terreno: metodo completo**

Nelle condizioni meteorologiche di propagazione del suono previste dalla norma l'attenuazione dovuta all'interferenza del suono si realizza principalmente in due aree limitate una vicina alla sorgente e una vicina al recettore. Queste due aree hanno rispettivamente estensione massima pari a trenta volte l'altezza della sorgente sul suolo e trenta volte l'altezza del recettore sul suolo.

L'equazione utilizzata è la seguente:

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m$$

dove :

A_s , attenuazione calcolata nella regione della sorgente

A_r : attenuazione calcolata nella regione del recettore

A_m : attenuazione calcolata nella regione di mezzo (che può anche non esserci)

Nella tabella seguente è riportato lo schema di calcolo descritto nella norma

Hz	A_s, A_r (dB)	A_m (dBI)
63	-1,5	-3q
125	$-1,5 + G \cdot a(h)$	$-3q(1-Gm)$
250	$-1,5 + G \cdot b(h)$	$-3q(1-Gm)$
500	$-1,5 + G \cdot c(h)$	$-3q(1-Gm)$
1000	$-1,5 + G \cdot d(h)$	$-3q(1-Gm)$
2000	$-1,5(1-G)$	$-3q(1-Gm)$
4000	$-1,5(1-G)$	$-3q(1-Gm)$
8000	$-1,5(1-G)$	$-3q(1-Gm)$

Dove:

$$a(h) = 1,5 + 3 \cdot e^{-0,12(h-5)^2} (1 - e^{-d/50}) + 5,7 \cdot e^{-0,09h^2} (1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} d^2})$$

$$b(h) = 1,5 + 8,6 \cdot e^{-0,09h^2} (1 - e^{-d/50})$$

$$c(h) = 1,5 + 14 \cdot e^{-0,46h^2} (1 - e^{-d/50})$$

$$d(h) = 1,5 + 5 \cdot e^{-0,9h^2} (1 - e^{-d/50})$$

h : nel calcolo di A_s rappresenta l'altezza sul suolo in metri della sorgente, nel calcolo di A_r rappresenta l'altezza sul suolo in metri del recettore

d : è la proiezione sul piano della distanza in metri tra sorgente e recettore

q : se $d \leq 30 \times (h_s + h_r)$ il termine q vale 0 altrimenti vale

$$q = 1 - \frac{30(h_s + h_r)}{d}$$



G : Ground factor, fattore che descrive le proprietà acustiche del terreno compreso tra 0 (Hard ground) e 1 (Porous Ground)

Questo metodo è applicabile solo in caso di terreno pianeggiante; per applicare questo metodo è necessario fornire in ogni punto del reticolo di calcolo il valore del coefficiente G.

In caso di terreno non piatto la ISO 9613-2 fornisce un metodo semplificato che calcola l'attenuazione dovuta al terreno ponderata in curva A (e non quindi in banda d'ottava):

$$A_{gr} = 4,8 - (2h_m / d)(17 + 300 / d) \quad dB$$

dove:

h_m : altezza media del raggio di propagazione in metri

d : distanza tra la sorgente e il recettore in metri

questo metodo è applicabile solo quando la propagazione del suono avviene su terreni porosi o prevalentemente porosi.

A_{bar} l'attenuazione di barriera

Le condizioni per considerare un oggetto come schermo sono le seguenti:

- la densità superficiale dell'oggetto è almeno pari a 10Kg/m²
- l'oggetto ha una superficie uniforme e compatta (si ignorano quindi molti impianti presenti in zone industriali)
- la dimensione orizzontale dell'oggetto normale al raggio acustico è maggiore della lunghezza d'onda della banda nominale in esame

Il modello di calcolo valuta solo la diffrazione dal bordo superiore orizzontale secondo l'equazione:

$$A_{bar} = D_z - A_{gr}$$

dove:

D_z : attenuazione della barriera in banda d'ottava

A_{gr} : attenuazione del terreno in assenza della barriera



- L'attenuazione provocata dalla barriera tiene conto dell'effetto del suolo: quindi in presenza di una barriera non si calcola l'effetto suolo
- Per grandi distanze e barriere alte il calcolo di seguito illustrato non è attendibile
- Si considera solo il percorso principale

L'equazione che descrive l'effetto dello schermo è la seguente:

$$D_z = 10 \log(3 + (C_2 / \lambda) \cdot C_3 \cdot z \cdot K_{met})$$

dove:

C_2 : uguale a 20

C_3 : vale 1 in caso di diffrazione semplice mentre in caso di diffrazione doppia vale :

$$C_3 = (1 + (5\lambda / e)^2) / (1/3 + (5\lambda / e)^2)$$

λ : lunghezza d'onda nominale della banda d'ottava in esame

z : differenza tra il percorso diretto del raggio acustico e il percorso diffratto

K_{met} : correzione meteorologica data da:

$$K_{met} = \exp(-(1/2000) \sqrt{d_{ss} d_{sr} d / (2z)})$$

e : distanza tra i due spigoli in caso di diffrazione doppia



In caso di barriere multiple la ISO 96113-2 suggerisce di considerare solo le due barriere più significative

Il calcolo per ogni banda d'ottava viene comunque limitato a 20 dB in caso di diffrazione singola e a 25 dB in caso di diffrazione doppia

Si ricorda che l'orografia è considerata dal modello come una serie di barriere.

L'inserimento dell'orografia nel modello è critico visto che non sempre è possibile approssimare l'orografia come schermi discreti.

A_{misc} l'attenuazione dovuta agli altri effetti non compresi in quelli precedenti



Per quanto riguarda le attenuazioni aggiuntive dovute alla presenza di vegetazione, di siti industriali o di gruppi di case, la ISO 9613 propone alcune relazioni empiriche per il calcolo, che pur avendo una limitata validità possono essere utili in casi particolari.

L'attenuazione dovuta alla vegetazione è molto limitata e si verifica solo se la vegetazione è molto densa al punto da bloccare la vista.

L'attenuazione si verifica solo nei pressi della sorgente e nei pressi del recettore secondo la tabella seguente:

Attenuazione in dB

Per valori di $d > 200$ metri si prende comunque tale valore come massimo

m	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$10 \leq d \leq 20$	0	1	1	1	1	1	2	3
$20 \leq d \leq 200$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.12

Attenuazione dovuta a propagazione attraverso siti industriali

L'attenuazione non deve superare 10 dB

non bisogna inserire barriere in una zona acustica

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
dB/m	0	0.015	0.025	0.025	0.02	0.02	0.015	0.015

Attenuazione dovuta a propagazione attraverso siti edificati

$$A_{\text{hous}} = 0,1 \cdot B \cdot d$$

dove:

B : densità degli edifici nella zona data dal rapporto tra la zona edificata e la zona libera

d : lunghezza del raggio curvo che attraversa la zona edificata sia nei pressi della sorgente che nei pressi del recettore, calcolato come descritto in precedenza

il valore dell'attenuazione non deve superare i 10 dB

Se il valore dell'attenuazione del suolo calcolato come se le case non fossero presenti fosse superiore dell'attenuazione calcolata con l'equazione precedente, allora questa viene trascurata.

Per quanto riguarda l'incertezza associata alla previsione la ISO ipotizza che, in condizioni favorevoli di propagazione (sottovento, DW) e tralasciando l'incertezza con cui si può determinare la potenza sonora della sorgente sonora, nonché problemi di riflessioni o schermature, l'accuratezza associabile alla previsione di livelli sonori globali sia quella presentata nella tabella sottostante.

Altezza media di ricevitore e sorgente [m]	Distanza 0 < d < 100 m	Distanza 100 m < d < 1000 m
0 < h < 5	± 3 dB	± 3 dB
5 < h < 30	± 1 dB	± 3 dB



8. SORGENTI

Per la simulazione si sono "clusterizzate" 11 sorgenti lineari composte da 6 cabine di conversione ognuno, con emissioni lineare normalizzata, oltre all'edificio di controllo e scambio.

Le sorgenti considerate nel presente impianto sono essenzialmente rappresentate dalle :

- Cabine di campo
- Inverter asserviti all'impianto.

Si rimanda alla relazione tecnica prodromica al presente documento la trattazione analitica delle stesse. Si riporta appresso il contributo acustico delle stesse come simulato .

name	name	Global (dBA)
CONTROLLO	CONTROLLO	88,0309
SET 1	SET 1	75,0309
SET 2	SET 2	75,0309
SET 3	SET 3	75,0309
SET 4	SET 4	75,0309
SET 5	SET 5	75,0309
SET 6	SET 6	75,0309
SET 7	SET 7	6,98713
SET 8	SET 8	6,98713
SET 9	SET 9	75,0309
SET 10	SET 10	75,0309
SET 11	SET 11	75,0309



9. CALCOLO

9.1 Procedura di calcolo

A seguito delle considerazioni precedenti, per poter determinare il livello di pressione acustica nei ricettori A, B e C, si utilizza la seguente formula

$$L_p = L_w - 20 \log(d) - 8$$

Dove:

L_p = livello di Pressione alla distanza d

L_w = livello di Potenza della sorgente

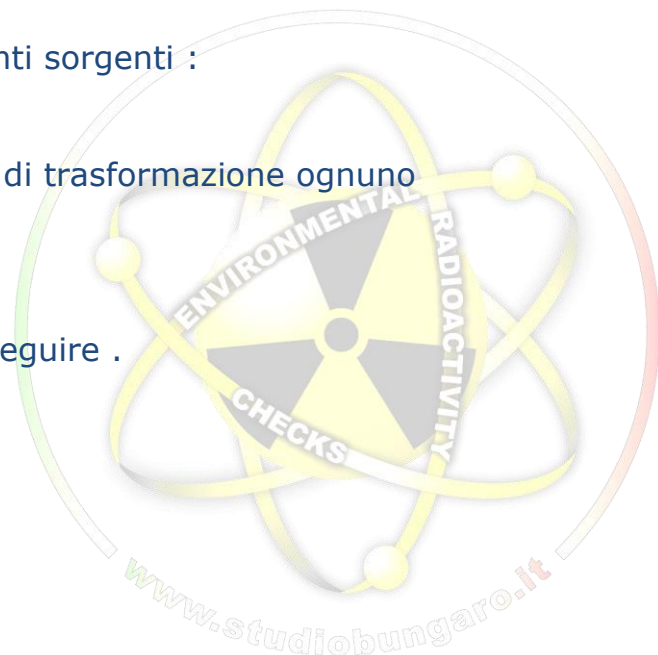
d = distanza dalla sorgente

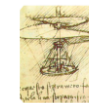
9.2 Sorgenti

Nel modello vengono identificate le seguenti sorgenti :
edificio di controllo e scambio

- Sorgenti clusterizzate da n. 6 cabine di trasformazione ognuno
- Cabina di conferimento generale

Con emissioni spettrali come da tabella a seguire .



**10. Analisi acustica delle sorgenti (con simulazione completa dello spettro acustico)**

name	63Hz (dBA)	125Hz (dBA)	250Hz (dBA)	500Hz (dBA)	1kHz (dBA)	2kHz (dBA)	4kHz (dBA)	8kHz (dBA)	Global (dBA)
CONTROLLO	79	79	79	79	79	79	79	79	88,0309
SET 1	66	66	66	66	66	66	66	66	75,0309
SET 2	66	66	66	66	66	66	66	66	75,0309
SET 3	66	66	66	66	66	66	66	66	75,0309
SET 4	66	66	66	66	66	66	66	66	75,0309
SET 5	66	66	66	66	66	66	66	66	75,0309
SET 6	66	66	66	66	66	66	66	66	75,0309
SET 7	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	6,98713
SET 8	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	6,98713
SET 9	66	66	66	66	66	66	66	66	75,0309
SET 10	66	66	66	66	66	66	66	66	75,0309
SET 11	66	66	66	66	66	66	66	66	75,0309

**11. Risultati analitici ai recettori (con simulazione completa dello spettro acustico)**

NAME	x	y	z	63Hz (dBA)	125Hz (dBA)	250Hz (dBA)	500Hz (dBA)	1kHz (dBA)	2kHz (dBA)	4kHz (dBA)	8kHz (dBA)	Global (dBA)
campo volo R 16	141,67	-2009,23	1,00	23,40	14,48	12,40	14,49	17,54	18,44	18,18	16,08	27,12
Ricettore 1	-888,92	-291,37	1,00	33,90	27,43	22,72	21,38	26,54	26,52	21,52	16,11	38,56
Ricettore 2	-889,35	77,89	1,00	33,52	26,59	22,28	20,93	25,93	25,70	20,55	16,09	38,01
Ricettore 3	-2243,30	493,49	1,00	31,53	23,61	20,18	19,01	23,45	22,87	18,81	16,08	35,65
Ricettore 4	-62,97	671,06	1,00	27,96	19,30	16,53	16,32	19,89	19,70	18,23	16,08	31,74
Ricettore 5	-1278,42	2224,97	1,00	25,16	16,34	13,96	15,07	18,29	18,77	18,19	16,08	28,90
Ricettore 6	-692,15	2678,55	1,00	22,93	14,03	12,13	14,46	17,55	18,45	18,18	16,08	26,73
Ricettore 7	-415,99	2370,54	1,00	23,78	14,90	12,78	14,64	17,75	18,52	18,18	16,08	27,53
Ricettore 8	310,39	2424,80	1,00	22,40	13,48	11,72	14,35	17,43	18,42	18,18	16,08	26,22
Ricettore 9	832,47	2144,75	1,00	22,15	13,23	11,54	14,30	17,38	18,41	18,18	16,08	25,99
Ricettore 10	939,43	1288,82	1,00	23,55	14,64	12,53	14,53	17,59	18,45	18,18	16,08	27,26
Ricettore 11	898,86	2951,59	1,00	20,38	11,46	10,51	14,13	17,25	18,39	18,18	16,08	24,48
Ricettore 12	1074,63	3373,17	1,00	19,37	10,47	10,04	14,07	17,21	18,38	18,18	16,08	23,69
Ricettore 13	-160,81	2010,37	1,00	24,66	15,80	13,50	14,88	18,05	18,64	18,18	16,08	28,38
Ricettore 14	-215,61	-1545,03	1,00	25,55	16,69	14,21	15,11	18,25	18,69	18,18	16,08	29,22
Ricettore 15	-1567,07	-1541,61	1,00	28,42	19,79	17,01	16,64	20,32	19,98	18,24	16,08	32,23
Ricettore 17	241,02	-2191,44	1,00	22,80	13,88	11,96	14,38	17,43	18,41	18,18	16,08	26,57
Ricettore 18	-2223,65	-1387,27	1,00	28,68	20,14	17,29	16,84	20,62	20,25	18,27	16,08	32,55
Ricettore 18	-254,06	-2558,76	1,00	22,50	13,58	11,76	14,34	17,40	18,41	18,18	16,08	26,30
Ricettore 19	-2419,57	-1053,77	1,00	30,06	21,95	18,71	17,89	22,07	21,63	18,53	16,08	34,10
Ricettore 20	-5201,48	13,61	1,00	19,81	10,92	10,27	14,10	17,23	18,38	18,18	16,08	24,04



NAME	x	y	z	63Hz (dBA)	125Hz (dBA)	250Hz (dBA)	500Hz (dBA)	1kHz (dBA)	2kHz (dBA)	4kHz (dBA)	8kHz (dBA)	Global (dBA)
Ricettore 21	2473,39	-915,11	1,00	26,06	18,31	15,15	15,90	19,82	20,16	18,42	16,08	30,32
Ricettore 22	2754,10	-1184,66	1,00	29,78	24,67	18,99	18,65	23,83	24,56	21,37	16,19	35,08
Ricettore 23	3201,24	-766,76	1,00	24,88	16,47	14,11	15,37	19,00	19,38	18,24	16,08	28,98
Ricettore 23	2675,06	-2123,08	1,00	26,37	19,72	15,64	16,32	20,64	21,14	18,85	16,08	31,07
Ricettore 24	2760,92	-683,11	1,00	25,64	17,35	14,74	15,66	19,41	19,69	18,27	16,08	29,75
Ricettore 26	2828,39	-66,48	1,00	30,19	24,83	19,34	18,88	24,05	24,66	21,14	16,14	35,36
Ricettore 27	2160,07	521,76	1,00	27,48	20,67	16,54	16,76	21,16	21,55	18,95	16,08	32,06
Ricettore 27	3665,35	-457,64	1,00	23,39	14,71	12,88	14,87	18,25	18,85	18,19	16,08	27,44
Ricettore 28	2100,12	162,95	1,00	27,16	20,02	16,18	16,51	20,75	21,10	18,74	16,08	31,61
Ricettore 29	2301,33	-14,55	1,00	28,14	21,61	17,19	17,20	21,77	22,16	19,25	16,09	32,82
Ricettore 30	2089,48	27,64	1,00	26,70	19,20	15,71	16,20	20,27	20,60	18,54	16,08	31,02
Ricettore 31	2229,70	-32,36	1,00	27,45	20,45	16,48	16,70	21,04	21,38	18,85	16,08	31,95
Ricettore 32	2173,05	23,99	1,00	27,30	20,21	16,32	16,60	20,88	21,22	18,78	16,08	31,77
Ricettore 33	2133,77	-59,82	1,00	26,66	19,11	15,67	16,17	20,23	20,55	18,52	16,08	30,97
Ricettore 34	2167,65	-381,09	1,00	25,54	17,18	14,55	15,52	19,17	19,52	18,26	16,08	29,58
Ricettore 35	2071,95	-123,98	1,00	26,08	18,12	15,08	15,81	19,66	19,99	18,37	16,08	30,24

** i dati aberranti/trascurabili vengono trattati, come da letteratura scientifica, assimilabili al livello di pressione sonora residuo, cosiddetto “di fondo”*

12. FASE DI CANTIERIZZAZIONE

La tecnologia utilizzata per la realizzazione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici è del tipo denominati "inseguitori" (tracker), che permettono di seguire il percorso del sole durante le ore della giornata e durante il corso delle stagioni, adeguando, automaticamente, l'inclinazione dei pannelli fotovoltaici rispetto alla direzione dei raggi solari.

La struttura è di tipo "ad inseguitori monoassiali" e sarà ancorata al terreno tramite infissione di pali, su ognuna di tali strutture verranno fissate 2 o 3 stringhe ciascuna delle quali composta da 26 moduli fotovoltaici disposti in configurazione doppia sull'asse in posizione verticale.

I limiti di rotazione delle strutture saranno $\pm 55^\circ$ e orientamento azimutale a 0° .

L'interfaccia con il terreno della struttura di sostegno del campo fotovoltaico sarà realizzata con un minimo impatto ambientale, non prevedendo strutture complesse e/o particolarmente invasive, trattandosi di pali metallici infissi nel terreno, a cui i montanti saranno idoneamente fissati.

Trattandosi di attività c.d. "statiche", e riservando le attività di cantiere ai limiti di cui alla legge Regionale 3 del febbraio 2002, ed affermando il verosimile rispetto degli stessi limiti per le attività connesse, le altre lavorazioni non comportano un livello di pressione sonora rilevante, pertanto dal punto di vista acustico questa fase non pone alcuna criticità.

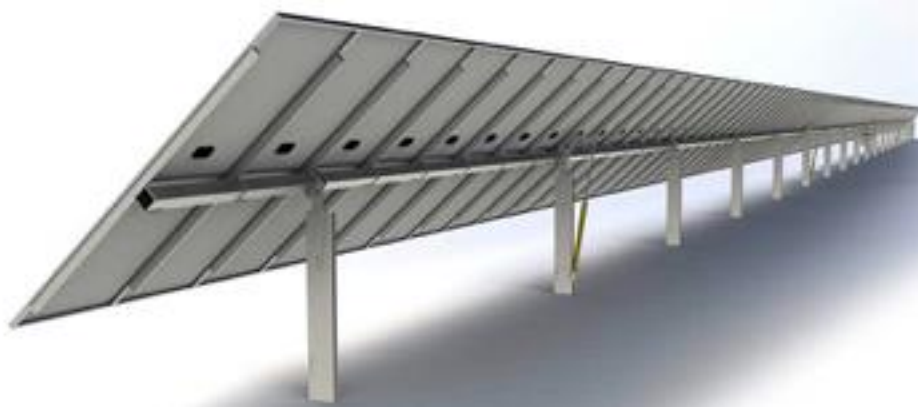


Figura 6 - Schema costruttivo struttura di supporto moduli fotovoltaici



13. CONCLUSIONI

Alla luce delle analisi effettuate, si deduce che le emissioni acustiche prodotte dall'esercizio dell'impianto da progetto, tenuto conto dei vincoli di progetto, delle macchine ed attrezzature dichiarate al tecnico acustico e nella fase di progetto, risultano essere **compatibili** con la zona **acustica** di **riferimento** e **rispettano i limiti legislativi**.

Tale documento, seppur redatto secondo i canoni della buona tecnica vigenti e considerando le verosimili variabili interessate, rappresenta fase previsionale di impatto acustico che si ritiene consigliabile verificare con misura in opera .

Taranto, marzo 2022

In fede

Dott. M. Ing. Michele Bungaro

Tecnico Competente in
Acustica Ambientale della
Regione Puglia

Dr. M. Ing. Michele Bungaro
Tecnico competente in acustica
Specialista ASSOACUSTICI
n° 10148 del 14/1/19
E.N.T.E.C.A.

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO	
Dott. Ing. BUNGARO Michele n° 2849	Sezione A Settore: Industriale



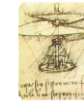


StudioBungaro

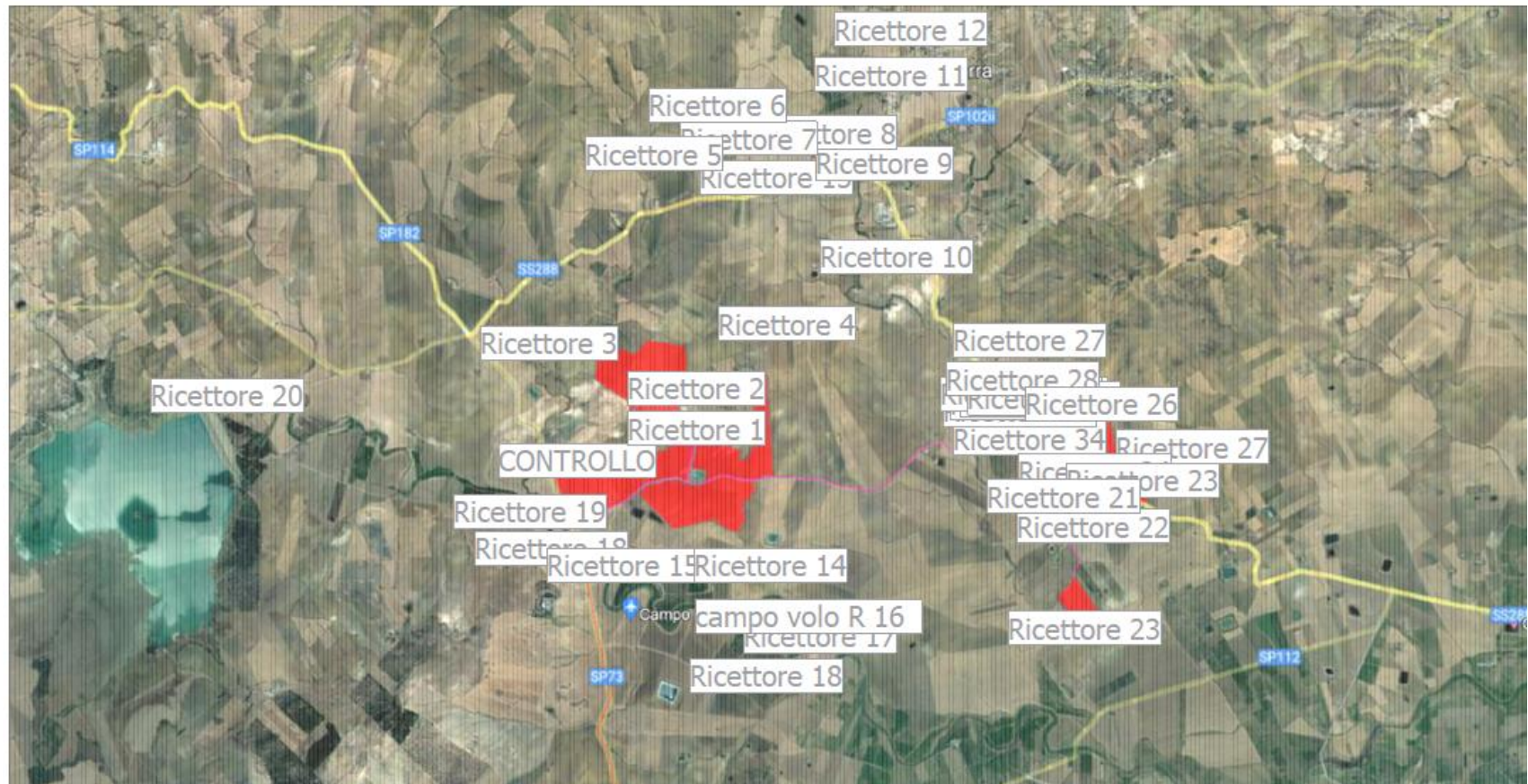
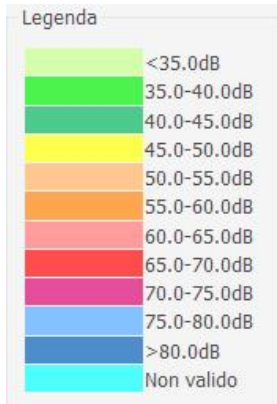
Sicurezza e Ambiente

Sicurezza, prevenzione e protezione industriale – Acustica Ambientale – Radioprotezione

Modello e Simulazioni Grafiche



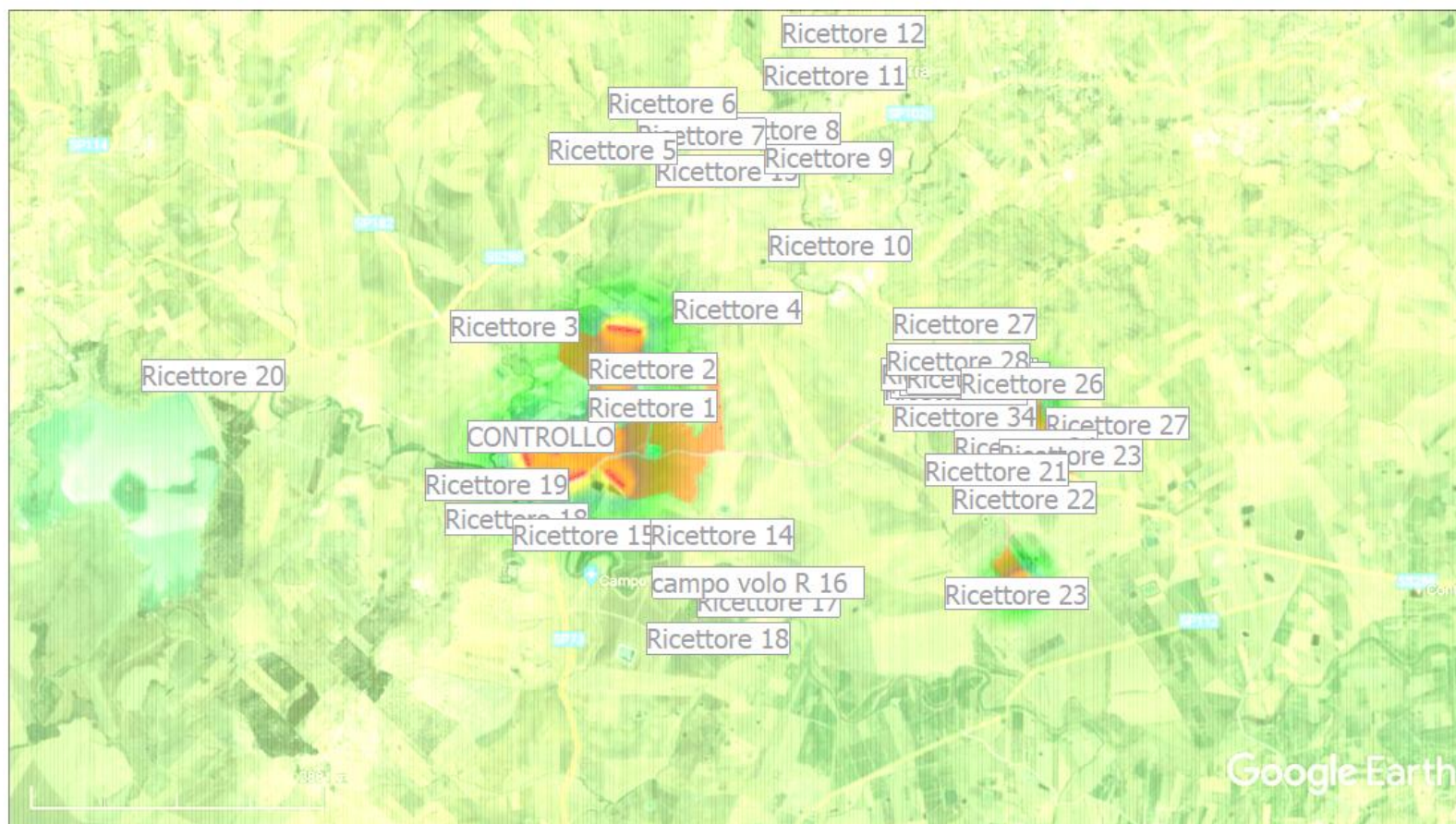
Modello Globale





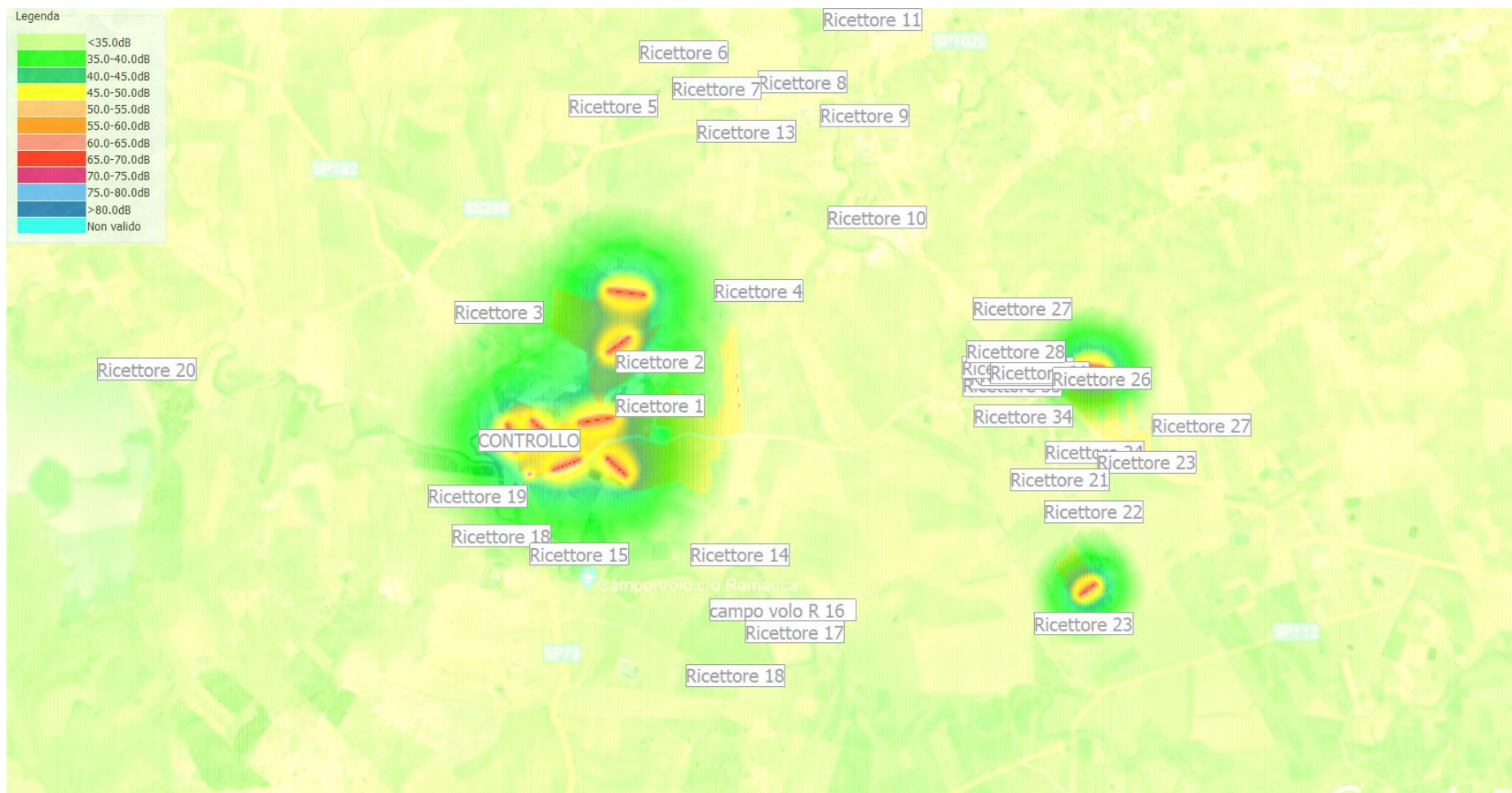
Simulazione Globale

Legenda



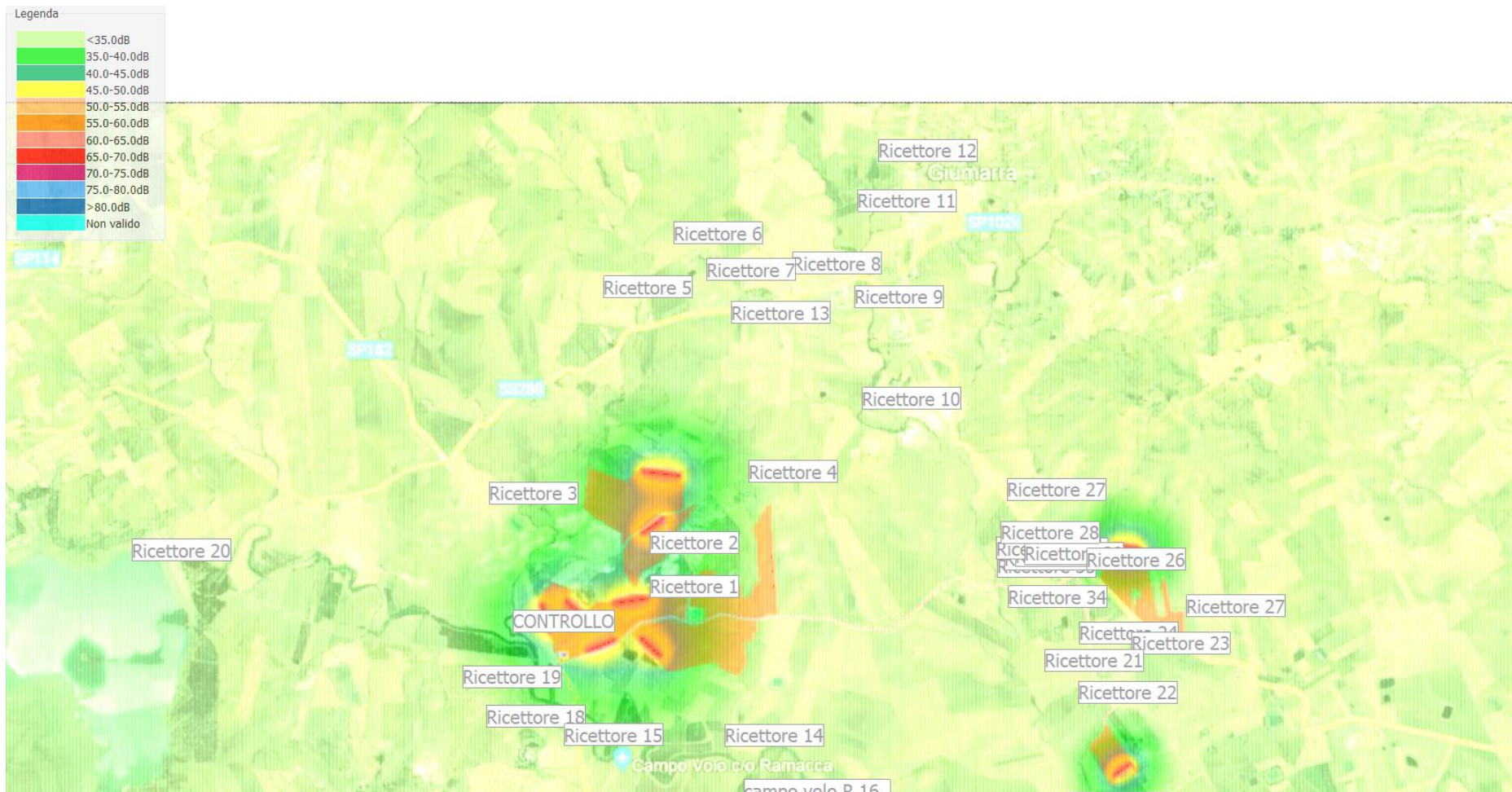


Dettaglio Della Simulazione



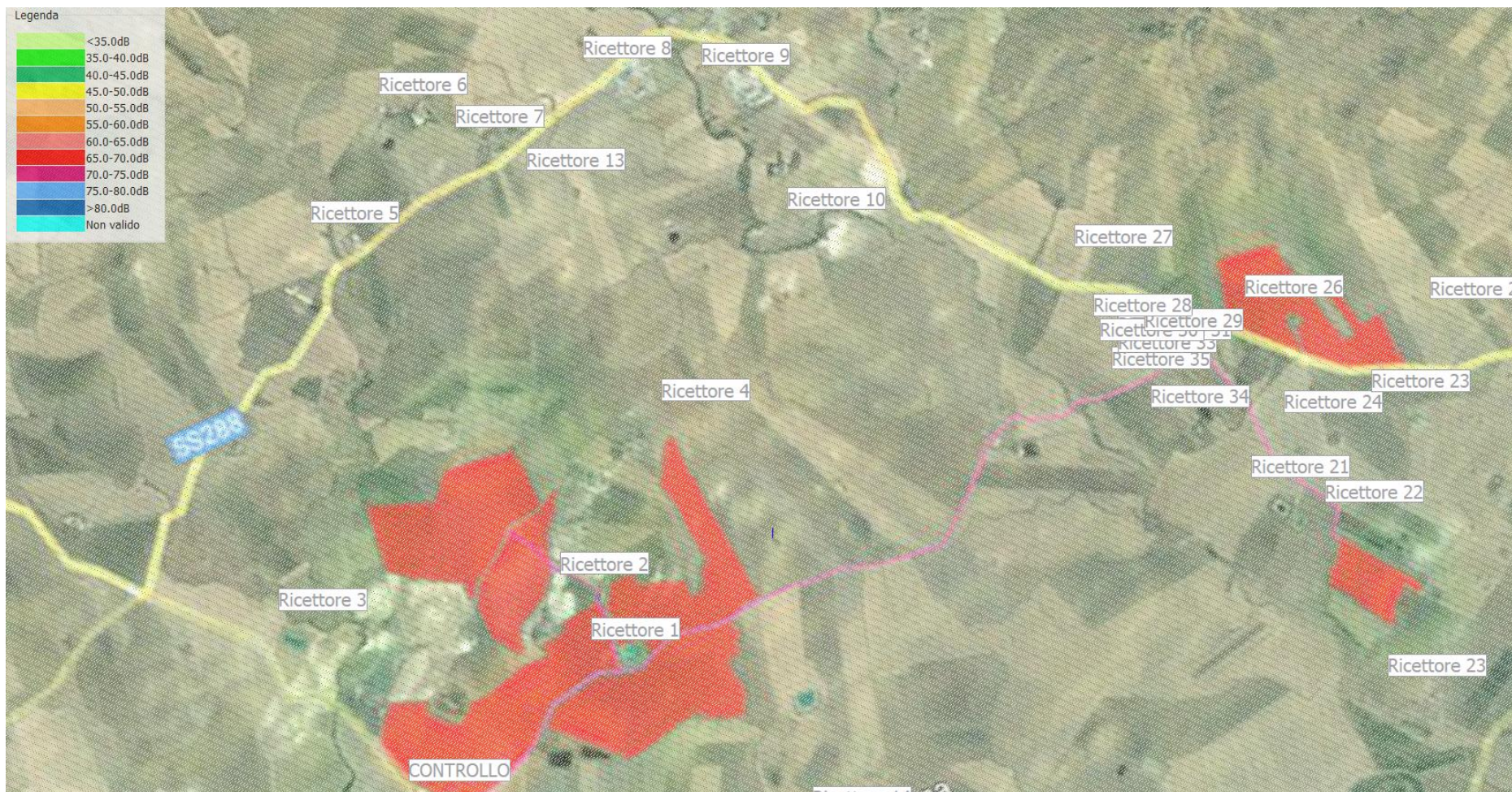


Dettaglio Della Simulazione





Dettaglio Della Simulazione





StudioBungaro

Sicurezza e Ambiente

Sicurezza, prevenzione e protezione industriale – Acustica Ambientale – Radioprotezione



Dettaglio Della Simulazione





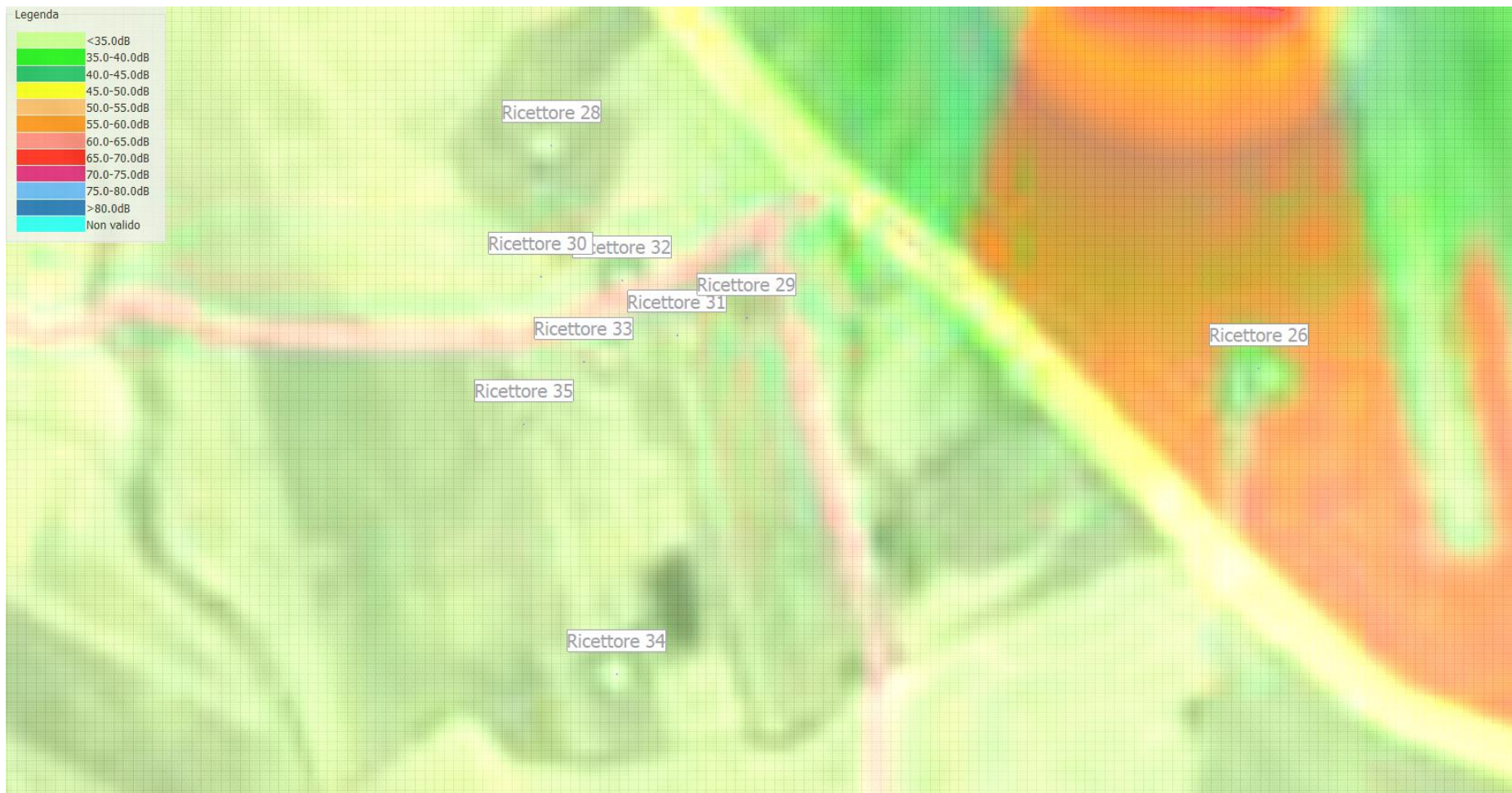
StudioBungaro

Sicurezza e Ambiente

Sicurezza, prevenzione e protezione industriale – Acustica Ambientale – Radioprotezione



Dettaglio Della Simulazione





StudioBungaro

Sicurezza e Ambiente

Sicurezza, prevenzione e protezione industriale – Acustica Ambientale – Radioprotezione



Dettaglio Della Simulazione

