

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO
NEL TERRITORIO COMUNALE DI CAMUGNANO (BO) LOC. TRASSERRA
POTENZA NOMINALE 27 MW

PROGETTO DEFINITIVO - SIA

PROGETTAZIONE E SIA

ing. Fabio PACCAPELO

ing. Andrea ANGELINI

ing. Antonella Laura GIORDANO

ing. Francesca SACCAROLA

COLLABORATORI

ing. Giulia MONTRONE

geom. Rosa Contini

dr. Pietro Paolo Lopetuso

STUDI SPECIALISTICI

GEOLOGIA

geol. Matteo DI CARLO

ACUSTICA

ing. Sabrina SCARAMUZZI

VINCA E STUDIO FAUNISTICO

dr. Luigi Raffaele LUPO

STUDIO BOTANICO VEGETAZIONALE E

PEDO-AGRONOMICO

dr. Gianfranco GIUFFRIDA

ARCHEOLOGIA

NOSTOI S.R.L.

INTERVENTI DI COMPENSAZIONE E VALORIZZAZIONE

arch. Gaetano FORNARELLI

arch. Andrea GIUFFRIDA

SIA.ES. STUDI SPECIALISTICI

ES.3 Valutazione Previsionale di Impatto Acustico

REV.	DATA	DESCRIZIONE
------	------	-------------



INDICE

<i>1. Premessa</i>	2
<i>Quadro normativo</i>	3
1.1. Valutazione dei Livelli di Rumore di Immissione (L. 447/95, art. 2 comma 3).....	5
1.2. Normativa Tecnica Specifica	6
<i>2. Descrizione del progetto ed inquadramento</i>	7
2.1. Schede tecniche delle sorgenti	10
<i>3. Inquadramento acustico</i>	11
<i>4. Analisi delle sorgenti in progetto</i>	12
4.1. Meccanismi di generazione del rumore delle turbine eoliche	12
4.2. <u>Norma ISO 9613-2</u>	15
<i>5. Valutazione dell'inquinamento acustico nella fase di esercizio</i>	17
5.1. Metodologia di studio Ante Operam	17
5.2. Scelta dei Ricettori	18
5.3. Modellazione del Rumore Post Operam.....	23
<i>6. Descrizione dell'area di studio e del monitoraggio acustico ante operam</i>	23
6.1. Strumentazione utilizzata per le Misure Acustiche	24
6.2. Metodologia di misura e valutazione	25
6.3. Risultati delle Misure.....	26
<i>7. Previsione di impatto acustico nello stato post opera</i>	27
<i>8. Valutazione delle emissioni</i>	28
<i>9. Conclusioni</i>	34
<i>10. Valutazione dell'inquinamento acustico nella fase di cantiere</i>	35

ALLEGATI:

1. CARTA DELLE ISOFONICHE



1. Premessa

Il presente studio è stato effettuato secondo i criteri di cui all'art.11 della Legge Quadro sull'inquinamento acustico n°447 del 26/10/1995 e s.m.i, con il quale si intende valutare la compatibilità ambientale della parte del territorio del comune di Camugnano (BO) interessata dal ***“PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO NEL TERRITORIO COMUNALE DI CAMUGNANO (BO) POTENZA NOMINALE 27 MW”***.

La presente relazione previsionale di impatto acustico è relativa all'iniziativa di installazione ed esercizio di un impianto eolico e relative opere accessorie di connessione alla RTN nel comune di Camugnano (BO). Il parco eolico, caratterizzato da potenza complessiva pari a 27 MW, consta di n. 6 aerogeneratori, di potenza unitaria fino a 4,5 MW, con altezza al tip della pala pari a 232 m, altezza al mozzo pari a 150 m e diametro rotorico pari a 163 m.

Più in dettaglio, lo studio acustico si prefigge lo scopo di analizzare, in via previsionale, l'impatto acustico dell'installazione della variante del parco eolico sul territorio circostante, di verificarne la conformità ai disposti normativi previsti dai vigenti strumenti urbanistici ed acustici, e di indicare eventuali e conseguenti misure di prevenzione al fine di rendere compatibile l'impianto al territorio.

A tal fine, partendo dalle elaborazioni grafiche, si sono individuati i ricettori sensibili e si è proceduto:

- alle misure fonometriche sul territorio al fine di definire il clima acustico preesistente all'installazione dell'impianto;
- alla previsione acustica del livello sonoro immesso dal parco eolico nelle stesse aree,
- al confronto tra misure eseguite ante operam, valori previsionali del rumore atteso, e limiti di legge.

Qualora fosse necessario, si indicheranno gli interventi di mitigazione acustica.



Quadro normativo

In Italia sono da alcuni anni operanti specifici provvedimenti legislativi destinati ad affrontare il problema dell'inquinamento acustico nell'ambiente esterno. La disciplina in materia di lotta contro il rumore precedentemente al 1991 era affidata ad una serie eterogenea di norme a carattere generale (art. 844 del Codice Civile, art. 659 del Codice Penale, art. 66 del Testo Unico Leggi di Pubblica Sicurezza), che tuttavia non erano accompagnate da una normativa tecnica che consentisse di applicare le prescrizioni stesse.

Con il DPCM 1° marzo 1991 il Ministero dell'Ambiente, in virtù delle competenze generali in materia di inquinamento acustico assegnategli dalla Legge 249/1986, di concerto con il Ministero della Sanità, ha promulgato una Legge che disciplina i rumori e sottopone a controllo l'inquinamento acustico, in attuazione del DPR 616/1977 e della Legge 833/1978. Attualmente è necessario fare riferimento al DPCM 1/3/91, alla Legge Quadro sul rumore del 26/10/95 n° 447, al DPCM 14/11/97, al D.M. 16/3/1998 sulle tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico, al DPR del 18/11/98 n° 459 sul rumore prodotto dalle infrastrutture ferroviarie.

Il Quadro Normativo di riferimento è sintetizzato di seguito.

- **DPCM 10 agosto 1988, n. 377** *“Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all’art.6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante l’istituzione del Ministero dell’ambiente e norme in materia di danno ambientale”;*
- **DPCM 27 dicembre 1988** *“Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all’art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell’art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377”,* attinenti allo studio di impatto ambientale provocato dalle opere che devono essere realizzate e alla caratterizzazione della qualità dell’ambiente in relazione alle modifiche da queste prodotte;
- **DPCM 1 marzo 1991** *“Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi, e nell’ambiente esterno”* per quanto concerne i limiti di accettabilità dei livelli sonori;
- **Legge 26 Ottobre 1995, n. 447** *“Legge quadro sull’inquinamento acustico”,* per quanto riguarda i principi fondamentali in materia di tutela dell’ambiente esterno e dell’ambiente abitativo dall’inquinamento acustico;
- **D.P.C.M. 14 Novembre 1997** *“Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”;*



- **D.M. 16 marzo 1998** *"Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"* quest'ultimo fissa i criteri del monitoraggio acustico.
- **D.P.R. 18/11/98 n° 459** - *"Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario"*
- **D.M. Ambiente 29/11/00** - *"Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore"*

Nel D.P.C.M. 14/11/1997 e s.m.i. sono indicati la suddivisione in classi del territorio comunale secondo le definizioni del DPCM 1 marzo 1991 e i valori limiti di rumorosità di seguito riportati rispettivamente nelle Tabella 1 e 2.

classe I, aree particolarmente protette: aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione, comprendenti le aree ospedaliere, le aree scolastiche, le aree destinate al riposo e allo svago, le aree residenziali rurali, le aree di particolare interesse urbanistico, le aree di parco;

classe II, aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali;

classe III, aree di tipo misto: aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali e assenza di attività industriali, aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici;

classe IV, aree di intensa attività umana: aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali, artigianali e uffici; aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie, aree portuali, aree con limitata presenza di piccole industrie;

classe V, aree prevalentemente industriali: aree miste interessate prevalentemente da attività industriali, con presenza anche di insediamenti abitativi e attività di servizi;

classe VI, aree esclusivamente industriali: aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Suddivisione del territorio in classi acustiche

CLASSI DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	LEQ [dB(A)] PERIODO DIURNO	LEQ [dB(A)] PERIODO NOTTURNO
I. aree particolarmente protette	50	40
II. aree prevalentemente residenziali	55	45
III. aree di tipo misto	60	50
IV. aree di intensa attività umana	65	55
V. aree prevalentemente industriali	70	60
VI. aree esclusivamente industriali	70	70



Limiti acustici per ogni classe di destinazione (Tab. C -D.P.C.M.14.11.97)

1.1. Valutazione dei Livelli di Rumore di Immissione (L. 447/95, art. 2 comma 3)

Valutazione del livello di rumore rilevato all'esterno in Comuni provvisti di piano di zonizzazione acustica.

Per i rumori rilevati *all'esterno* si fa il confronto con i limiti assoluti della tabella C del D.P.C.M. 14/11/97.

- Si identifica il limite prescritto dalla tabella C del decreto 14/11/97 per la classe di destinazione di uso del territorio cui appartiene il sito in esame.
- Si misura il livello continuo equivalente $L_{Aeq,TR}$ (rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti riferito al tempo di riferimento (T_R), e lo si *confronta con i limiti di legge*.

CLASSI DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	LEQ [dB(A)] PERIODO DIURNO	LEQ [dB(A)] PERIODO NOTTURNO
I. aree particolarmente protette	50	40
II. aree prevalentemente residenziali	55	45
III. aree di tipo misto	60	50
IV. aree di intensa attività umana	65	55
V. aree prevalentemente industriali	70	60
VI. aree esclusivamente industriali	70	70

DPCM 14/11/97 - Tabella C: valori limite assoluti di immissione - Leq in dB(A)

Valutazione del livello di rumore rilevato all'esterno in Comuni sprovvisti di piano di zonizzazione acustica.

In attesa della suddivisione del territorio comunale nelle zone di cui alla tabella su indicata, si applicano per tutte le sorgenti sonore fisse i seguenti limiti di accettabilità:

ZONIZZAZIONE	LIMITE DIURNO Leq in dB(A)	LIMITE NOTTURNO Leq in dB(A)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (D.M. n. 1444/68)	65	55



Zona B (D.M. n. 1444/68)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

Limiti di accettabilità art. 6 D.P.C.M. 1/03/1991

1.2. Normativa Tecnica Specifica

Con riferimento alle disposizioni del Decreto 10.09.2010 “*Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da Fonti rinnovabili*” - Allegato 4: Impianti eolici: elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e territorio – pt. 6: interferenze sonore e elettromagnetiche:

..omissis

“6. INTERFERENZE SONORE ED ELETTRROMAGNETICHE

6.1. Analisi delle sorgenti sonore

Il rumore emesso dagli impianti eolici deriva dalla interazione della vena fluida con le pale del rotore in movimento e dipende dalla tecnologia adottata per le pale e dai materiali isolanti utilizzati.

La distanza più opportuna tra i potenziali corpi ricettori ed il parco eolico dipende dalla topografia locale, dal rumore di fondo esistente, nonché dalla taglia del progetto da realizzare. Anche se studi hanno dimostrato che a poche centinaia di metri il rumore emesso dalle turbine eoliche e' sostanzialmente poco distinguibile dal rumore di fondo e che all'aumentare del vento si incrementa anche il rumore di fondo, mascherando così quello emesso dalle macchine, risulta comunque opportuno effettuare rilevamenti fonometrici al fine di verificare l'osservanza dei limiti indicati nel D.P.C.M. del 14.11.1997 e il rispetto di quanto previsto dalla zonizzazione acustica comunale ai sensi della L.447/95 con particolare riferimento ai ricettori sensibili. E' opportuno eseguire i rilevamenti prima della realizzazione dell'impianto per accertare il livello di rumore di fondo e, successivamente, effettuare una previsione dell'alterazione del clima acustico prodotta dall'impianto, anche al fine di adottare possibili misure di mitigazione dell'impatto sonoro, dirette o indirette, qualora siano riscontrati livelli di rumorosità ambientale non compatibili con la zonizzazione acustica comunale, con particolare riferimento ai ricettori sensibili.”



Pertanto, la valutazione preventiva di impatto acustico come più volte detto ha lo scopo di evidenziare gli effetti della attività umana sull'ambiente e di individuare le misure atte a prevenire gli impatti negativi prima che questi si verifichino, pertanto rappresenta uno strumento di controllo preventivo e globale degli effetti indotti sull'ambiente dalle opere umane.

2. Descrizione del progetto ed inquadramento

Il parco eolico, caratterizzato da potenza complessiva pari a 27 MW, consta di n. 6 aerogeneratori, di potenza unitaria fino a 4,5 MW, con altezza al tip della pala pari a 232 m, altezza al mozzo pari a 150 m e diametro rotorico pari a 163m.

WTG	EST	NORD
CMG1	667700,04	4894365,45
CMG2	669446,62	4893167,11
CMG3	670427,59	4893158,78
CMG4	670441,56	4893655,03
CMG5	670773,98	4894345,93
CMG6	671276,93	4894317,04

Ccoordinate aerogeneratori

L'aerogeneratore converte in energia elettrica l'energia cinetica associata al vento. Questa energia è utilizzata per mettere in rotazione attorno ad un asse orizzontale le pale dell'aerogeneratore, collegate tramite il mozzo al generatore elettrico e quindi alla navicella. Quest'ultima è montata sulla sommità della torre, con possibilità di rotazione su 360 gradi su di un asse verticale, per orientarsi al vento.

L'energia elettrica prodotta in Bassa Tensione (BT) dal generatore di ciascuna macchina è trasferita, tramite cavi elettrici che scendono alla base della torre, dove sono alloggiati i quadri elettrici, mentre il trasformatore per la conversione dell'energia elettrica da Bassa Tensione (380-690 V) al valore della Media Tensione (30 kV) si trova nella navicella.

L'energia elettrica prodotta è poi raccolta e convogliata tramite un cavidotto interrato ed immessa nella rete di Trasmissione Nazionale.

Si tratta di macchine ad asse del rotore orizzontale, in cui il sostegno (torre) porta alla sua sommità la navicella, costituita da un basamento e da un involucro esterno. All'interno di essa sono contenuti il generatore elettrico e tutti i principali componenti elettromeccanici di comando e controllo.



Il generatore è costituito da un anello esterno, detto statore, e da uno interno rotante, detto rotore, che è direttamente collegato al rotore tripala. L'elemento di connessione tra rotore elettrico ed eolico è il mozzo in ghisa sferoidale, su cui sono innestate le tre pale in vetroresina ed i loro sistemi di azionamento per l'orientamento del passo.

La navicella è in grado di ruotare allo scopo di mantenere l'asse della macchina sempre parallelo alla direzione del vento mediante sei azionamenti elettromeccanici di imbardata. Opportuni cavi convogliano l'energia alla base della torre, agli armadi di potenza di conversione e di controllo l'energia elettrica prodotta e trasmettono i segnali necessari per il funzionamento.

Esternamente, ai piedi della torre, è posizionata la Cabina di Macchina, per il sezionamento elettrico e la trasformazione dell'energia da Bassa Tensione a Media Tensione.

Le caratteristiche principali dell'aerogeneratore da impiegare per la costruzione del parco eolico sono di seguito indicate:

Dati principali:

DATI OPERATIVI	V163-4.5
<i>Potenza nominale</i>	4.5 kW
SUONO	
<i>Velocità di 7 m/s</i>	104.2 dB(A)
<i>Velocità di 8 m/s</i>	107.3 dB(A)
<i>Velocità di 10 m/s</i>	108.4 dB(A)
ROTORE	
<i>Diametro</i>	163 m
<i>Velocità di rotazione</i>	60°/sec
<i>Periodo di rotazione</i>	6,2 sec
TORRE	
<i>Tipo</i>	Torre in acciaio tubolare
<i>Altezza mozzo</i>	150 m

Dati tecnici torre eolica

La tipologia del sistema costruttivo/tecnologico può essere così descritta:

- 1. Torre:** La torre è costituita da un cilindro in acciaio con altezza 150m, formato da più conci da montare in sito, fino a raggiungere l'altezza voluta. All'interno del tubolare saranno inserite la scala di accesso alla navicella ed il cavedio in cui corrono i cavi elettrici necessari al vettoriamento dell'energia.



Alla base della torre, sarà ubicata una porta d'accesso che consentirà l'accesso all'interno, dove, nello spazio utile della base, sarà ubicato il quadro di controllo che, oltre a consentire il controllo da terra di tutte le apparecchiature della navicella, conterrà l'interfaccia necessaria per il controllo remoto dell'intero processo tecnologico.

- 2. Navicella:** La navicella è costituita da un involucro in vetroresina e contiene tutte le apparecchiature necessarie al funzionamento elettrico e meccanico dell'aerogeneratore. In particolare, contiene la turbina, azionata dalle eliche, che con un sistema di ingranaggi e riduttori oleodinamici trasmette il moto al generatore elettrico. Oltre ai dispositivi per la produzione, la navicella contiene anche i motori che consentono il controllo della posizione della navicella e delle eliche. La prima, infatti, può ruotare a 360° sul piano di appoggio navicella-torre, le seconde, invece, possono ruotare di 360° sul proprio asse longitudinale. L'energia prodotta dal generatore è convogliata mediante cavedio ricavato all'interno della torre, ad un trasformatore elettrico, posizionato nella cabina di macchina posta alla base della torre, che porta il valore della tensione a 30 kV, e di qui prosegue verso la sottostazione elettrica 30/150 kV.
- 3. Eliche:** Le eliche o pale sono realizzate in fibra di vetro (resina epossidica) con sistema parafulmini integrato, per assicurare leggerezza e per non creare fenomeni indotti di riflessione dei segnali ad alta frequenza che percorrono l'etere. Nel caso specifico la macchina adotta un sistema a tre eliche calettate attorno ad un mozzo, a sua volta fissato all'albero della turbina. Il diametro del sistema mozzo-eliche è di 136m, sicuramente in funzione della scelta finale del tipo di macchina. Ciascuna pala è in grado di ruotare sul proprio asse longitudinale, in modo da assumere sempre il profilo migliore ai fini dell'impatto del vento. Per garantire la sicurezza durante il funzionamento, in tutti i casi in cui la ventosità rilevata è fuori dal range produttivo, le eliche sono portate in posizione a "bandiera", ovvero tale da offrire la minima superficie di esposizione al vento. In tali condizioni la macchina cessa di produrre energia e rimane in stand-by, fino al ripristino delle condizioni di vento accettabili.
- 4. Sottosistema elettrico:** Il generatore elettrico è un generatore sincrono con dispositivi elettronici per la gestione dei parametri di tensione, frequenza, così per l'immissione in rete.



5. Sottosistema di controllo: Consiste in sistema a microprocessore che costantemente acquisisce dati dai sensori, sia riguardanti i vari componenti, sia relativi alla direzione ed alla velocità del vento. Su questi determina l'ottimizzazione della risposta del sistema al variare delle condizioni esterne o ad eventuali problemi di funzionamento. Le principali funzioni svolte dal controllo sono:

- inseguimento della direzione del vento tramite la rotazione della navicella (imbardata)
- monitoraggio della rete elettrica di connessione e delle condizioni operative della macchina
- gestione dei parametri di funzionamento del sistema e dei relativi allarmi
- gestione di avvio e arresto normali controllo dell'angolo pala
- comando degli eventuali arresti di emergenza.

2.1. Schede tecniche delle sorgenti

La turbina eolica presa in esame per lo studio acustico previsionale ha proprietà di emissione acustica abbastanza complesse in virtù delle caratteristiche geometriche e dimensionali dei componenti. Tuttavia, tali sorgenti vengono in genere schematizzate come sorgenti puntiformi poste ad altezza del mozzo, con modelli di propagazione del suono emisferici.

Si riportano di seguito i valori emissivi certificati e garantiti dalla casa produttrice per una turbina di potenza **4.5MW tipo VESTAS V163-4.5 (50Hz)** con velocità del vento indicata.

Il livello di potenza sonora dichiarato dalla casa costruttrice è variabile con la velocità del vento e si riporta di seguito le specifiche tecniche per le velocità del vento comprese tra 3 e 9 m/s a 10m di altezza.



Sound Curves, Mode S01	
Hub Height - 82m	Lw [dB(A)]
Wind Speed 3 m/s	92.3
Wind Speed 4 m/s	93.3
Wind Speed 5 m/s	96.8
Wind Speed 6 m/s	100.6
Wind Speed 7 m/s	104.2
Wind Speed 8 m/s	107.3
Wind Speed 9 m/s	108.4

Dati di Lw da scheda tecnica

Si allega una planimetria con il tracciamento delle curve di isolivello (isofoniche) che esprimono la potenzialità delle sorgenti in oggetto a tutte le velocità dichiarate.

3. Inquadramento acustico

Tutte le torri costituenti il progetto ricadono nel territorio di Camugnano. Il comune interessato non risulta dotato di Piano di Classificazione Acustica del proprio territorio comunale, pertanto ai sensi dell'art.8 comma 1 del D.P.C.M. 14.11.1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", ricade in base all'effettiva destinazione di uso del territorio nella Zona denominata "Tutto il territorio nazionale" e i valori assoluti di immissione devono essere confrontati con i limiti di accettabilità della tabella di cui art. 6 del D.P.C.M. 01.03.1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", di seguito riportati:

Classe	Tempi di riferimento	
	diurno (06:00 – 22:00)	notturno (22:00 – 06:00)
Tutto il territorio nazionale	70	60



4. Analisi delle sorgenti in progetto

Come indicato, le sorgenti in progetto sono rappresentate da n. 6 aerogeneratori della potenza unitaria di 4.5 MW.

4.1. *Meccanismi di generazione del rumore delle turbine eoliche*

Per quanto riguarda il rumore prodotto dalle turbine eoliche, studi della BWEA (British Wind Energy Association - House of Lords Select Committee on the European Communities, 12th Report, Session 1998-99, Electricity from Renewables HL Paper 78) hanno mostrato che a distanza di qualche centinaia di metri questo è sostanzialmente poco distinguibile dal rumore di fondo; comunque, il vento che si insinua tra le pale del rotore produce un sottofondo che non è più quello naturale, tanto più avvertibile quanto il luogo prescelto è meno antropizzato e quindi molto silenzioso, soprattutto nel corso del periodo notturno.

Il rumore generato da una turbina eolica è dovuto a fenomeni aerodinamici, legati ai fenomeni di interazione tra il vento e le pale, e meccanici, legati ai fenomeni di attrito generati nel rotore e nel sistema di trasmissione del generatore.

Rumori di origine meccanica

I rumori di origine meccanica provengono dal movimento relativo dei componenti meccanici con conseguente reazione dinamica fra loro.

Essi sono causati quindi da:

1. Moltiplicatore di giri
2. Generatore
3. Azionamenti del meccanismo di imbardata (yaw control)
4. Ventilatori
5. Apparecchiature ausiliarie (per esempio, la parte idraulica).

Poiché il suono emesso è associato con la rotazione di materiale meccanico ed elettrico, esso tende ad essere di tipo tonale, anche se può avere una componente a banda larga.

Il mozzo, il rotore e la torre possono fungere da altoparlanti, trasmettendo ed irradiando la vibrazione. Il percorso di trasmissione del rumore può essere di tipo air-borne, nel caso sia direttamente propagato nell'aria dalla superficie o dalla parte interna del componente; oppure di tipo strutturale se è trasmesso lungo altri componenti strutturali prima che sia irradiato nell'aria.



Rumore aerodinamico

Il rumore a banda larga aerodinamico è la componente più importante delle emissioni acustiche di un aerogeneratore ed è generato dall'impatto del flusso di aria con le pale.

Si presentano complessi fenomeni di flusso, ciascuno dei quali in grado di generare uno specifico rumore. Il rumore aerodinamico aumenta generalmente con la velocità del rotore.

I vari meccanismi aerodinamici di generazione dei rumori sono divisi in tre gruppi: [Wagner, ed altri, 1996].

1. Rumore a bassa frequenza: Il rumore aerodinamico nella parte a bassa frequenza dello spettro è generato quando la pala rotante ha dei cedimenti di portanza dovuti alle separazioni di flusso intorno alle torri sottovento oppure a repentini cambiamenti della velocità del vento o ancora a turbolenze di scia delle altre pale.
2. Rumore generato dalle turbolenze: dipende dalla turbolenza atmosferica che provoca fluttuazioni localizzate di pressione intorno alla pala.
3. Rumore generato dal profilo alare: è il rumore generato dalla corrente d'aria lungo la superficie del profilo alare, tipicamente di natura a banda larga, ma possono generarsi anche componenti tonali dovute a spigoli smussati, correnti d'aria su fessure o fori.

Gli infrasuoni

Tale fenomeno riguarda le turbine con i rotori sottovento, ormai sempre più rare, in quanto la soluzione del rotore sopravento si è rivelata molto più vantaggiosa sotto diversi aspetti. I moderni rotori sopravento emettono essenzialmente in banda larga, con un buon contenuto a bassa frequenza e un ridotto contenuto di infrasuoni. Il caratteristico rumore di "swishing" è causato da una modulazione di ampiezza delle alte frequenze generate dalle turbolenze sulla punta della pala, e non contiene frequenze basse come potrebbe sembrare.

In ogni caso, le turbine possono essere progettate e realizzate con una serie di accorgimenti tali da minimizzare il rumore meccanico, ad esempio:

- prevedere una rifinitura speciale dei denti degli ingranaggi,
- progettare la struttura della torre in maniera tale da impedire al massimo la trasmissione,
- utilizzare ventilatori a bassa velocità,
- installare componenti meccanici nella navicella anziché al livello del suolo,
- isolare acusticamente la navicella per mezzo di smorzatori.



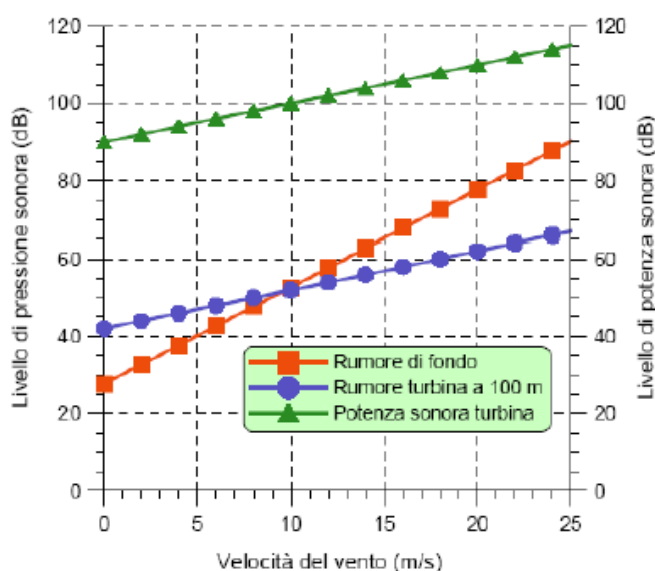
Rumore ambientale e velocità del vento

La capacità di percepire un aerogeneratore in una data installazione dipende dal livello sonoro ambientale. Quando il rumore di fondo e quello della turbina sono dello stesso ordine di grandezza, il rumore della turbina tende a perdersi in quello di fondo.

I livelli sonori del rumore ambientale di fondo dipendono generalmente da attività di tipo antropico quali traffico locale, suoni industriali, macchinari agricoli, abbaiare dei cani, e dall'interazione del vento con l'orografia e i vari ostacoli presenti. Il rumore di fondo è legato quindi all'ora del giorno per la presenza delle suddette attività. Se una turbina eccede il livello sonoro di fondo dipende da come ciascuno di questi livelli varia con la velocità del vento.

Nel nostro caso, le fonti più probabili dei rumori generati dal vento sono le interazioni fra vento e vegetazione e l'entità dell'emissione dipende di più dalla forma superficiale della vegetazione esposta al vento che dalla densità del fogliame o dal suo volume [1999 Fégeant].

La figura che segue mostra, inoltre, che per velocità del vento di circa 10m/s il rumore di fondo è dello stesso ordine di grandezza di quello prodotto dalla turbina eolica (poco meno di 50dB) posta a 100m rispetto ad un ipotetico ricettore.



Lp in funzione della velocità del vento

Pertanto, al limite della velocità del vento di circa 10 m/s il rumore di fondo a 10m di distanza dalla turbina, risulta di circa 50dB, ma comunque non influenzato dalla presenza del parco eolico.



Norma ISO 9613-2

La norma ISO 9613 definisce i metodi di calcolo per la propagazione del rumore in ambiente esterno per attività produttive in genere, il cui modello di calcolo descritto dalle equazioni della ISO 9613-2 è il seguente:

$$L_p(f) = L_w(f) + D_w(f) - A(f)$$

dove:

L_p: livello di pressione sonora equivalente in banda d'ottava (dB) generato nel punto p dalla sorgente w alla frequenza f.

L_w: livello di potenza sonora in banda d'ottava alla frequenza f (dB) prodotto dalla singola sorgente w relativa ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt.

D_w: indice di direttività della sorgente w (dB)

A(f): attenuazione sonora in banda d'ottava (dB) alla frequenza f durante la propagazione del suono dalla sorgente w al recettore p.

Il termine di attenuazione A è espresso dalla seguente equazione:

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

dove:

- **A_{div}**: attenuazione dovuta alla divergenza geometrica.
- **A_{atm}**: attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico.
- **A_{gr}**: attenuazione dovuta all'effetto del suolo.
- **A_{bar}**: attenuazione dovuta alle barriere.
- **A_{misc}**: attenuazione dovuta ad altri effetti.

Il valore totale del livello sonoro equivalente ponderato in curva A si ottiene sommando i contributi di tutte le bande d'ottava e di tutte le sorgenti presenti secondo l'equazione seguente:

$$L_{eq} = 10 * \log \left(\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^8 10^{0.1(L_p(i,j) + A(f))} \right) \right)$$

Dove:

n: numero delle sorgenti

j: indica le 8 frequenze standard in banda di ottava da 63 Hz a 8kHz

A(f): indica il coefficiente della curva ponderata A



La Norma ISO riferisce tutte le formule di attenuazione ad una condizione meteorologica standard definita di “*sottovento*”, cioè in condizioni favorevoli alla propagazione, così definita:

- direzione del vento entro un angolo $\pm 45^\circ$ dalla direzione sorgente-ricevitore;
- velocità del vento compresa tra 1m/s e 5m/s, misurata ad un'altezza compresa tra 3 e 11m.



5. Valutazione dell'inquinamento acustico nella fase di esercizio

Scopo di questo studio è la valutazione, in via previsionale, dell'impatto acustico sul territorio circostante dovuto all'installazione del parco eolico. Il parco eolico costituita da 6 torri sorgerà nel territorio di Camugnano (BO).

Lo studio illustrerà:

- le misure fonometriche eseguite sulle aree limitrofe, per definire il clima acustico preesistente all'impianto;
- la previsione acustica del livello sonoro immesso dall'aerogeneratore nelle stesse aree;
- confronto tra le misure effettuate e la previsione acustica nei termini di legge.

Di seguito si descrivono le procedure relative alla valutazione dell'inquinamento acustico prodotto dal parco eolico in progetto, prendendo in considerazione, in primo luogo, la situazione ante operam e successivamente, con l'analisi delle sorgenti e dei ricettori, quella post operam.

5.1. Metodologia di studio Ante Operam

La valutazione preventiva di impatto acustico consiste nella valutazione anticipata dell'influenza delle sorgenti di rumore, di seguito indicate, sul clima acustico dell'area; l'obiettivo è quello di verificare se il parco eolico produrrà un livello di rumore in grado di superare, o di contribuire al superamento, dei limiti imposti dalla normativa e riportati nel paragrafo 2, sono stati eseguiti rilievi fonometrici al fine di determinare il clima acustico della zona, in una situazione ante-operam (rumore di fondo o al tempo zero).

La metodologia di studio, adottata per identificare il clima acustico ante operam, è stata finalizzata al conseguimento dei seguenti obiettivi:

- valutare e qualificare acusticamente il territorio attraverso una campagna di misure acustiche;
- valutare acusticamente le sorgenti sonore presenti sul territorio, come il traffico veicolare o macchine operatrici in genere.



5.2. Scelta dei Ricettori

Il progetto del parco eolico ricade nel territorio del comune di Camugnano, si è provveduto ad effettuare un censimento dei possibili ricettori sia tipologico (es. edificio, fabbricato rurale, industriale, masseria e/o rudere, deposito) sia catastale. Il presente progetto prevede una localizzazione puntuale dell'impianto, occupando quindi aree relativamente ristrette e delimitate. Tale documentazione è allegata al progetto e di rimanda pertanto all'elaborato di riferimento **SIA.ES.8.1 Indivisi duazione ed analisi dei ricettori sensibili**.

L'intervento ricade in un'area rurale, poco antropizzata e lontana da sorgenti di emissione sonora di particolare rilievo. Il territorio circostante è caratterizzato da un uso del suolo quasi esclusivamente agricolo.

Al fine di individuare e classificare i ricettori potenzialmente interessati dall'impatto acustico dell'opera, congiuntamente col proponente è stata effettuata una analisi sulla base della cartografia tematica (Carta Tecnica Regionale, carte del P.R.G. Comunale, Ortofoto) e con un censimento catastale dei fabbricati prossimi all'area di intervento.

I ricettori sensibili, su cui si è concentrato lo studio degli effetti del rumore, sono gli edifici o unità abitative regolarmente censite e stabilmente abitate, così come verificato nel corso dei sopralluoghi e da un'accurata ricerca catastale riportata nella presente relazione.

A scopo cautelativo - per ottenere risultati più accurati e a vantaggio di sicurezza - sono state scelte, come postazioni di misura, i punti più vicini agli insediamenti abitativi (denominati potenziali ricettori) e a una distanza scelta tra la minore rispetto l'aerogeneratore più vicino. Si manterrà per i ricettori la stessa numerazione (identificativo numerico) del documento di progetto già citato. In definitiva il campione di ricettori rappresentativo è stato selezionato in base a:

- Vicinanza all'aerogeneratore (condizione più sfavorevole)
- Tipologia di costruzione (es. abitazione, masseria in buono stato o rudere, azienda agricola/attività industriale)
- Permanenza di persone superiore a 4 ore

Avendo considerato condizioni peggiorative relative al rumore di fondo unitamente alla posizione più ravvicinata rispetto le torri, l'estensione dei risultati agli altri ricettori, posti nelle stesse condizioni ambientali, è sicuramente a vantaggio di sicurezza.



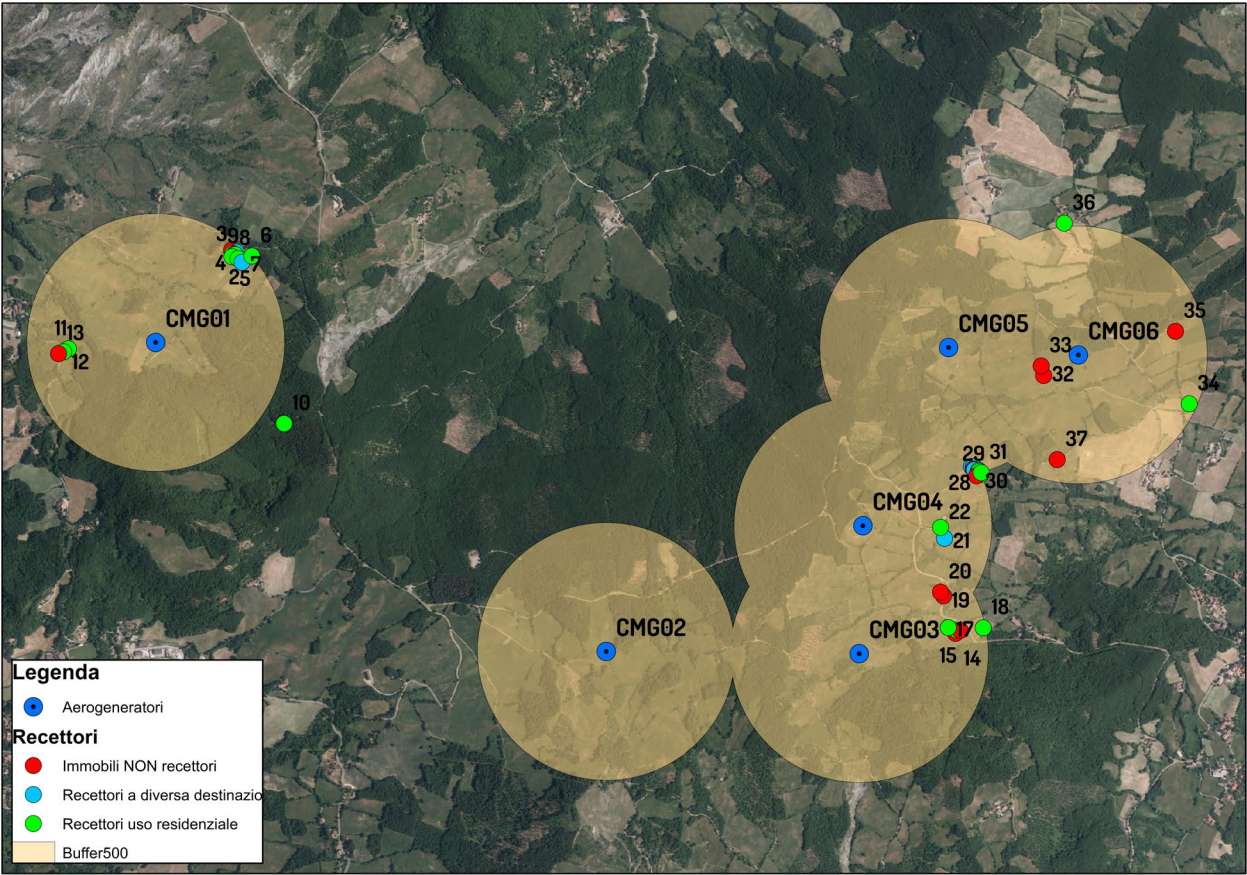




Figura 1: vista possibili ricettori da censire


Ricettore 3:

	Ricettore R3 – Dati catastali		
	Comune	Foglio	Particella
	Camugnano	19	181
	Tipologia	A4	
	Distanza Turbina	459m	


Ricettore 11:

	Ricettore R11 – Dati catastali		
	Comune	Foglio	Particella
	Camugnano	19	101
	Tipologia	A4-C6	
	Distanza Turbina	339m	


Ricettore 16:

	Ricettore R16 – Dati catastali		
	Comune	Foglio	Particella
	Camugnano	39	27
	Tipologia	A3	
	Distanza Turbina	387m	


Ricettore 18:

	Ricettore R18 – Dati catastali		
	Comune	Foglio	Particella
	Camugnano	39	34
	Tipologia	A4-C6	
	Distanza Turbina	491M	


Ricettore 22:

	Ricettore R22 – Dati catastali		
	Comune	Foglio	Particella
	Camugnano	30	96
	Tipologia	A4	
	Distanza Turbina	301m	


Ricettore 29:

	Ricettore R29 – Dati catastali		
	Comune	Foglio	Particella
	Camugnano	30	789
	Tipologia	A4-D10-F1	
	Distanza Turbina	498m	

Ricettore 34:

	Ricettore R34 – Dati catastali		
	Comune	Foglio	Particella
	Camugnano	24	258
	Tipologia	C6-A7	
	Distanza Turbina	470m	

Ricettore 36:

	Ricettore R36 – Dati catastali		
	Comune	Foglio	Particella
	Camugnano	23	286
	Tipologia	A3-C6	
	Distanza Turbina	513m	

Ricettore	Distanza dalla torre
Ricettore 3	459m
Ricettore 11	339m
Ricettore 16	387m
Ricettore 18	491m
Ricettore 22	301m
Ricettore 29	498m
Ricettore 34	470m
Ricettore 36	513m

Recettori sensibili scelti-punti di misura

Considerato che l'impianto teoricamente potrebbe funzionare in continuo (se le condizioni di vento favorevole lo consentono), i rilievi fonometrici, nelle stesse postazioni, sono stati eseguiti anche in periodo notturno convenzionalmente fissato dalla normativa specifica dalle ore 22:00 alle ore 06:00.

5.3. Modellazione del Rumore Post Operam

La metodologia di studio adottata per l'identificazione del clima acustico post operam, si è posta i seguenti obiettivi:

- applicare un modello analitico previsionale dei livelli sonori in grado di simulare la presenza degli aerogeneratori (NORMA ISO 9613-2) come sorgenti puntiformi omnidirezionali.

La previsione di impatto acustico ha altresì avuto lo scopo di verificare il rispetto del “**criterio differenziale**”, così come definito dall'art. 2 comma del D.P.C.M. 1 marzo 1991, in corrispondenza dei ricettori sensibili più prossimi all'installazione degli aerogeneratori.

Il modello previsionale adottato permette di effettuare una serie di operazioni che possono essere così riassunte:

- ottenere, con buona approssimazione, una mappatura acustica attuale e futura delle aree interessate dal progetto;
- valutare l'efficacia degli interventi di mitigazione del rumore, ove presenti;
- ottenere delle rappresentazioni grafiche e/o tabellari per un facile raffronto tra la situazione ante e post-operam.

Il modello, per la valutazione dell'inquinamento acustico, a cui fa riferimento lo studio, si basa su tecniche che tengono conto delle leggi di propagazione del suono, secondo le quali, il livello di pressione sonora in un dato punto, distante da una sorgente rumorosa, lo si può ritenere funzione della potenza acustica della sorgente e dei vari meccanismi di attenuazione del suono e cioè: la divergenza geometrica, l'assorbimento dell'aria, gli effetti del suolo, gli effetti meteorologici e la presenza di ostacoli (edifici, barriere, rilievi, ecc.).

6. Descrizione dell'area di studio e del monitoraggio acustico ante operam

La fase della rilevazione fonometrica, ante operam, è stata preceduta da sopralluoghi, che hanno avuto la finalità di acquisire tutte le informazioni che potessero, in qualche modo, condizionare la scelta delle tecniche e delle postazioni di misura.

Sono state pertanto individuate **n. 8 postazioni di rilievo**, così come di seguito descritte; si precisa che le postazioni sono rappresentative di gruppi di ricettori che distano tra di loro meno di 200m.



I rilievi fonometrici sono stati eseguiti, con la tecnica del campionamento nella giornata del **5 marzo 2024**. I rilievi e sopralluoghi eseguiti hanno avuto inizio dalle ore 10:00 fino alle ore 13:30 (periodo diurno), e sono ripresi alle ore 22:00 per prolungarsi fino alle ore 24:30 (periodo notturno) dello stesso giorno. Ciascun rilievo ha avuto una durata non inferiore a 10 minuti.

L'indicatore acustico, oggetto del rilievo, è stato il livello sonoro equivalente ponderato "A", L_{eq} , in virtù della sua ormai consolidata utilizzazione nel nostro Paese, peraltro confermata dal D.M. dell'Ambiente 16.03.1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

Il comma 2 dell'Allegato C, del Decreto citato, descrive la metodologia di misura del rumore ambientale. Così come previsto dal D.M. il microfono del fonometro è stato posto ad una quota da terra del punto di misura pari a 1.5 m. Il fonometro è stato predisposto per l'acquisizione dei livelli di pressione sonora con costante di tempo "Fast", scala di ponderazione "A" e profilo temporale.

Per ogni postazione sono stati registrati anche i parametri caratteristici e la loro distribuzione statistica:

- livello di pressione sonora massima ponderata "A" (L_{AFmax});
- livello di pressione sonora minima ponderata "A" (L_{AFmin});

Le misure sono state eseguite in una giornata con cielo sereno e con vento a velocità inferiore a 5m/s.

6.1. Strumentazione utilizzata per le Misure Acustiche

Per le tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico, sono stati utilizzati strumenti di misura conformi a quanto richiesto dal Decreto del Ministero dell'Ambiente del 16 marzo 1998: "Tecniche di rilevamento e di misurazioni dell'inquinamento acustico".

Il sistema di misura è stato scelto in modo da soddisfare le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN60651/94 – EN 60804/94 – EN 61260/95 – EN 61094-1/94 – EN 61094-2/93 – EN 61094-3/95 – EN 61094/95.



Strumentazione	Tipo, marca e modello
Fonometro integratore classe 1	Analizzatore sonoro in tempo reale 01dB-METRAVIB mod. BLACK SOLO O1dB matricola 65836, corredato di: preamplificatore 01dB – Metravib mod. PRE 21 S serie n. 16580, capsula microfonica GRAS mod. MCE 212 serie n. 175386, Cavo microfonico di 10 m; Asta telescopica per microfono.
Calibratore classe 1	01dB mod. Cal 21, serie 35054893, classe 1 (conforme alle norme CEI 29-4).
Anemometro misuratore di umidità	FLIR modello EM54 con sonda anemometrica a ventolina e sonda umidità/ temperatura a filo caldo.

Tabella 1: strumenti di misura

La calibrazione è stata eseguita prima e dopo il ciclo di misura senza riscontrare significative differenze di livello. Di seguito si riportano gli estremi dei certificati di taratura dell'analizzatore e calibratore per le due distinte giornate di misura.

Le tarature dell'analizzatore e calibratore sono state eseguite presso il Centro Accredia n.146 il con certificato LAT 146 14056 del 26/01/2022 e certificato LAT 146 41058 del 26/01/2022.

La restituzione e l'analisi dei dati rilevati è stata effettuata con software dedicato e specifico per la strumentazione in questione dBTRAIT32.

6.2. Metodologia di misura e valutazione

I valori fonometrici, rilevati nelle postazioni su descritte, sono stati oggetto di analisi atta a caratterizzare l'entità del rumore di fondo presente in zona. Esso è stato valutato in prossimità del ricettore scelto per essere successivamente confrontato con i valori dei livelli previsionali, derivanti dalla simulazione, e con quelli limiti previsti dalla legislazione.

Infine, così come indicato dalla normativa, si verificherà il livello differenziale all'interno degli ambienti abitativi. Per quest'ultimo punto si rimanda al successivo paragrafo 7.3.

L'individuazione dei singoli eventi, manifestatisi nel corso della misura, è stata eseguita manualmente, per avere una diretta osservazione dei fenomeni acustici, escludendo quei profili sonori caratterizzati da eventi accidentali (rumori antropici, presenza di cani/animali ecc).



Per ogni postazione è stata predisposta una tabella in cui sono stati annotati i parametri caratteristici:

- livello di pressione sonora ponderata "A" (L_{Aeq})
- livello di pressione sonora massima e minima ponderata "A" (L_{Amax} , L_{Amin});
- l'inizio, la durata e la fine dell'evento ove presente.

Tutti i rilievi sono stati eseguiti con le seguenti condizioni metereologiche:

- assenza di precipitazioni;
- assenza di nebbia;
- velocità del vento inferiore a 5 metri / sec.

6.3. Risultati delle Misure

Nelle tabelle 12 e 13, che seguono, si riportano i risultati dei rilievi effettuati, in periodo di riferimento diurno e notturno. Le posizioni di misura sono indicate nel report di misure con l'indice R e un numero progressivo.

Postazione di misura	N. Ricettore	Ora	Livello acustico in dB(A)	Note
R3	3	10:13	46,5	
R11	11	10:37	50,5	Gruppo di case
R16	16	11:04	51	
R18	18	11:15	49	Gruppo di case
R22	22	11:32	51	
R29	29	11:46	48,5	
R34	34	12:02	49,5	
R36	36	12:25	47	

Rilievi nel periodo di riferimento diurno

Postazione di misura	N. Ricettore	Ora	Livello acustico in dB(A)	Note
R3	3	22:04	43	
R11	11	22:30	45,5	Gruppo di case
R16	16	22:58	46	
R18	18	23:08	44,5	Gruppo di case
R22	22	23:26	47,5	
R29	29	23:41	46	
R34	34	23:58	45	
R36	36	00:26	43,5	



Rilievi nel periodo di riferimento notturno

Tutti i valori numerici ed i diagrammi sono stati ottenuti direttamente dai dati memorizzati dello strumento. La restituzione e l'analisi dei dati rilevati, è stata effettuata con software dedicato e specifico per la strumentazione in questione:

- software per lettura ed elaborazione dati dBTRAIT32.

I rilievi fonometrici ante operam sono stati eseguiti, così come la normativa tecnica prescrive, ad una velocità del vento inferiore ai 5m/s.

7. Previsione di impatto acustico nello stato post opera

La valutazione preventiva di impatto acustico consiste nella valutazione anticipata dell'influenza delle sorgenti di rumore di seguito indicate sul clima acustico delle aree confinanti il progetto in oggetto.

Nelle turbine eoliche le problematiche legate all'impatto acustico si sono fortemente ridotte nel tempo, in quanto il livello di emissione acustica risulta notevolmente contenuto rispetto al passato. Alla pari di qualunque sorgente sonora ciascuna turbina eolica è caratterizzata da un livello di potenza sonora espresso dalla seguente relazione:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

Dove W è la potenza sonora della sorgente e W_0 è il suo valore di riferimento (10^{-12} W). Le due grandezze sono legate tra di loro attraverso fenomeni fisici che riguardano la propagazione delle onde acustiche negli spazi aperti. Infine, la propagazione sonora in campo libero viene espressa dalla seguente espressione di previsione:

$$L_p = L_w - (20 \log D + 8) - \sum A_i$$

Dove il termine entro parentesi rappresenta l'Attenuazione Sonora per effetto della divergenza geometrica (nell'ipotesi di una propagazione semisferica) legata alla distanza D tra la sorgente in esame ed il ricevitore.

Le A_i sono i fattori di attenuazione del livello di pressione sonora dovuti all'assorbimento da parte dell'aria (che a sua volta è funzione delle condizioni locali di pressione, temperatura e umidità relativa dell'aria), del suolo, della presenza di barriere fonoassorbenti (alberi, siepi, ecc.), e di superfici che riflettono la radiazione sonora.



L'effetto di attenuazione più consistente è quello legato alla divergenza geometrica, in quanto al crescere della distanza D l'energia sonora si distribuisce su superfici sempre più grandi, diminuendo così il livello di pressione sonora. **A vantaggio di sicurezza nei calcoli di previsione, che seguono, non si terrà conto delle attenuazioni sonore A_i , pertanto i livelli sonori simulati risulteranno superiori di qualche dB rispetto la realtà.**

Nel caso in cui si valuti l'impatto acustico prodotto da un *parco eolico*, bisogna tenere conto del contributo di tutte le N macchine, a partire dal livello di pressione sonora di ciascuna turbina:

$$L_{p,j} = \frac{P_j}{P_0}$$

$$L_p = 20 \log \left(\frac{P_1}{P_0} + \frac{P_2}{P_0} + \dots + \frac{P_N}{P_0} \right)$$

In relazione alla distanza di ciascuna turbina dal ricevitore analizzato, la pressione sonora complessiva in un determinato punto della zona esaminata è data dalla somma dei contributi prodotti da ogni singola turbina, ove presenti più di una.

In ogni caso quando la differenza tra il livello più elevato e quello più basso è superiore a 10dB, il livello maggiore non viene incrementato dalla combinazione con quello minore.

8. Valutazione delle emissioni

Gli aerogeneratori vengono modellati come sorgenti puntuali ubicate ad una altezza dal suolo pari a quella del mozzo, punto in cui risulta concentrabile l'emissione del rotore e dei componenti meccanici interni. Al fine di caratterizzare i livelli di rumore ambientali nel territorio allo stato di progetto, è stata quantificata l'immissione acustica dovuta al solo contributo dell'aerogeneratore, nei punti rilevati all'interno di una fascia di 1000m, ove vi è permanenza di persona, ossia il più possibile nei pressi delle masserie e/o edifici e punti di osservazione indicati. Si analizzeranno i risultati della simulazione per tutti i valori di velocità dichiarati dalla casa costruttrice e riportati in precedenza.



Inoltre, si effettuerà la verifica del rispetto del limite differenziale nella postazione di riferimento. Poiché non è stato possibile accedere agli ambienti abitativi dei ricettori, si è proceduto nel seguente modo. Come indicato dalla normativa di riferimento (D.P.C.M. 14/11/1997 art. 4) per i rumori rilevati all'interno degli ambienti abitativi si fa il confronto con i limiti differenziali, e si andranno a verificare le condizioni più svantaggiose tra quelle di seguito indicate.

Valore Limite Differenziale: si esprime come la differenza aritmetica dei due livelli di rumore ambientale e rumore residuo:

$$L_D = (L_A - L_R)$$

tale differenza non deve superare 5 dB per il periodo diurno (ore 06.00-22.0) e 3 dB per il periodo notturno (ore 22.00-06.00), all'interno degli ambienti abitativi.

In primo luogo si verificherà l'applicabilità del limite differenziale, infatti la legge (D.P.C.M. 14/11/97-art.4.2) dice che i valori limite differenziali si applicano nei seguenti casi: se il rumore misurato a finestre aperte è superiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno e se il rumore misurato a finestre chiuse è superiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno; nel caso in cui il rumore fosse inferiore a tali limiti, il rumore risulta accettabile.

In caso di applicabilità, il rumore ambientale e quello residuo (misure all'interno) vengono misurati come livelli equivalenti riferiti al tempo di misura T_M . I tempi di misura devono essere rappresentativi del fenomeno rumoroso che si vuole valutare e possono essere anche molto brevi, dovendo rappresentare la situazione più gravosa (cioè massimo di rumore ambientale e minimo di rumore residuo).

Non avendo avuto accesso agli immobili, la verifica del criterio differenziale sarà eseguita in facciata all'edificio, e se è congruente ai limiti di legge a maggior ragione lo sarà all'interno dell'ambiente abitativo ove si ha comunque un'attenuazione di qualche dB nella condizione a finestra chiusa (in genere il potere fonoisolante R_w di una parete è dell'ordine di 30dB, data dal potere fonoisolante della parete ed infisso, e a finestra aperta, che rappresenta la condizione critica, a favore di sicurezza si può considerare che non vi sia alcuna attenuazione).

Caso studio: $L_w = 108,4$ dB(A) degli aerogeneratori con velocità massima del vento prevista di 9m/s (condizione di maggiore potenzialità)



I livelli acustici previsti generati dalle torri ai ricettori considerati sono riassunti nella tabella seguente. Nella Prima colonna sono indicati gli ID dei ricettori rappresentati nelle mappe di simulazione riportate in allegato.

ID	Ricettore	Livello di pressione sonora simulato	
		Tr. DIURNO	Tr. NOTTURNO
A	3	42,5	42,5
B	11	44,4	44,4
C	16	45,5	45,5
D	18	44,0	44,0
E	22	47,2	47,2
F	29	46	46
G	34	42,9	42,9
H	36	43,3	43,3

Tabella 2: Livelli di pressione sonora simulati a $v > 9 \text{ m/s}$ dell'aerogeneratore in dB(A)

Tali valori sono stati calcolati in facciata ai ricettori indicati, nella condizione post operam.

Al fine di valutare i livelli di rumore ambientale complessivo nello stato di progetto all'esterno degli edifici dei ricettori si esegue la somma energetica dei livelli attuali, valutati mediante i rilievi fonometrici (Tabella 12 e 13), con i livelli simulati generati dall'impianto in progetto (Tabella 14). Si ipotizza, a vantaggio di sicurezza, un funzionamento in continuo degli aerogeneratori nel tempo di riferimento diurno e notturno.



ID	Punto	Livello di pressione risultante	
		DIURNO	NOTTURNO
A	3	48,0	45,8
B	11	51,5	48,0
C	16	52,1	48,8
D	18	50,2	47,3
E	22	52,5	50,4
F	29	50,4	49,0
G	34	50,4	47,1
H	36	48,5	46,4

Livelli di pressione sonora previsti in dB(A) nei punti indicati all'esterno

Dall'analisi dei risultati simulati si può chiaramente evincere come l'immissione sonora dovuta al funzionamento dell'impianto risulti contenuta in tutta l'area di studio ed in corrispondenza dei ricettori considerati.

Ad ogni buon conto per ottemperare a quanto richiesto dalla normativa, si è effettuato lo stesso calcolo utilizzando un software previsionale commerciale WindPRO versione 3.6.361 che, che tiene conto delle attenuazioni ambientali nella propagazione del suono (quali divergenza, assorbimento atmosferico, effetti del terreno, ostacoli, ed effetti meteorologici) trascurate nel primo calcolo. Le simulazioni riportate nell'Allegato 3 alla presente relazione, rendono i livelli conformi ai limiti di legge.

Si rimanda all'allegato 3 per la restituzione dei calcoli nel tempo di riferimento diurno e notturno e al tracciamento delle mappe isofoniche.



Di seguito si riporta il calcolo del criterio differenziale, così come richiesto dalla normativa specifica in materia di acustica.

ID	Punto	DIFFERENZIALE	
		DIURNO ≤5	NOTTURNO ≤3
A	3	1,46	2,8
B	11	0,95	2,5
C	16	1,08	2,8
D	18	1,19	2,8
E	22	1,51	2,9
F	29	1,94	3,0
G	34	0,86	2,1
H	36	1,54	2,9

Verifica del livello differenziale in dB(A)

Il criterio differenziale è soddisfatto in facciata all'edificio di riferimento (ricettore) nel periodo di riferimento diurno e notturno, pertanto lo sarà sicuramente all'interno degli ambienti abitativi, come richiesto dalla normativa nazionale e dalle linee guida regionali. Si ricorda che non sono state considerate le attenuazioni dei tompagni verticali a vantaggio di sicurezza.



Tali dati dimostrano come i livelli complessivi di immissione “post-operam” all’interno dell’area di studio, a causa del livello del rumore residuo per la vicinanza delle infrastrutture stradali e di altri impianti eolici esistenti (rilievi stato attuale) e dell’entità molto contenuta della rumorosità prodotta dall’impianto in progetto (simulazione numerica per valori di velocità del vento dichiarati), risultano alterati in maniera quasi trascurabile dal contributo dovuto al funzionamento degli aerogeneratori, mantenendosi sotto i limiti di legge nel periodo di riferimento diurno e notturno come accade allo stato attuale.

Il criterio differenziale, invece, risulta rispettato nel periodo di riferimento diurno e notturno.

Successivamente al completamento dell’opera risulta comunque opportuno progettare ed eseguire una analisi strumentale fonometrica, che possa verificare effettivamente quanto previsto in tale sede, evidenziando la condizione post operam.



9. Conclusioni

La valutazione di impatto acustico è stata eseguita applicando il **metodo assoluto di confronto**.

Tale metodo si basa sul confronto del livello del rumore ambientale “previsto” con il valore limite assoluto di zona (in conformità a quanto previsto dall’art. 6 comma 1-a della legge 26.10.1995 e dal D.P.C.M. 14.11.1997).

Tutte le torri costituenti il progetto ricadono nel territorio di Camugnano. Il comune interessato non risulta dotato di Piano di Classificazione Acustica del proprio territorio comunale, pertanto ai sensi dell’art.8 comma 1 del D.P.C.M. 14.11.1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”, ricade in base all’effettiva destinazione di uso del territorio nella Zona denominata “Tutto il territorio nazionale” e i valori assoluti di immissione devono essere confrontati con i limiti di accettabilità della tabella di cui art. 6 del D.P.C.M. 01.03.1991 “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”, di seguito riportati:

Classe	Tempi di riferimento	
	diurno (06:00 – 22:00)	notturno (22:00 – 06:00)
Tutto il territoio nazionale	70	60

Dall’analisi delle considerazioni fin qui fatte, e dall’applicazione del metodo assoluto sopra richiamato, si evince che il valore del livello di pressione sonora stimato nell’ambiente esterno e in facciata ai ricettori individuati in questa fase progettuale, risulta conforme ai valori previsti dalla legislazione vigente, avendo considerato in maniera peggiorativa l’aerogeneratore sempre in funzione alla massima velocità del vento, nel tempo di riferimento diurno e notturno, tale condizione non è mai verificata, data la variabilità delle condizioni atmosferiche.

Per quanto riguarda la rumorosità in ambiente abitativo ed il rispetto del limite differenziale, dallo studio effettuato si evince che i valori complessivi previsionali di rumorosità in ambiente abitativo sono risultati nei limiti legislativi sia per il periodo di riferimento diurno che notturno, ciò significa che non si dovranno prevedere delle opere di mitigazione al fine di ottemperare a tale condizione.



10.Valutazione dell'inquinamento acustico nella fase di cantiere

Per una completa analisi dell'impatto acustico e per adempiere appieno alla legge quadro sull'inquinamento acustico 447/95, è necessario valutare la rumorosità prodotta in fase di cantiere e valutare anche in tale circostanza il rispetto dei valori limite.

Dal punto di vista normativo l'attività di cantiere per la realizzazione delle opere oggetto di questo studio può essere inquadrata ed assimilata come attività rumorosa temporanea.

Nella presente analisi del rumore in fase di cantiere, che risulterà attivo solamente durante le normali ore lavorative diurne, si sono considerate le condizioni maggiormente critiche relative alla fase di costruzione delle opere civili ed alla fase di montaggio e realizzazione delle aree attrezzate previste dal progetto.

Per ogni aerogeneratore si prevedono le seguenti attività:

- scavo
- sistemazione della messa a terra
- posizionamento e preparazione delle armature per fondazione
- messa in opera fondazione a pali e getto di cls
- preparazione della piazzola
- montaggio delle componenti (torre, navicella e rotore)
- sistemazione interna elettrica ed elettronica.

I livelli di emissione sonora prodotti da ogni singolo macchinario presente in cantiere durante le diverse fasi lavorative, nell'ambito delle simulazioni prodotte, sono stati derivati dalla letteratura di settore e sono esposti nella seguente tabella:

macchina/attrezzatura	Livello di Potenza Sonora in dB(A)	Livello di pressione sonora in dB(A) [dist. 1m riferimento]
escavatore	107.4	96.4
Pala cingolata	113.0	102.0
Gru	-	80.0
Escavatore con pali da trivellare	112.2	101.2
Autocarro	96.2	85.2



Betoniera	99.6	88.6
Rullo compressore	106.9	95.9
mini escavatore	96.0	85.0
flessibile	-	98.0
Assemblaggio manuale (attrezzature portatili)	-	65.0

Si ipotizza una distribuzione spaziale ed uniforme delle sorgenti all'interno della perimetrazione del cantiere (ipotesi cautelativa) in genere identificabile con l'area all'intorno della posizione della torre, di una centinaia di metri.

Per semplificare la trattazione si è supposto un utilizzo contemporaneo delle macchine di movimentazione e sollevamento, e delle attrezzature portatili nelle tre fasi di cantierizzazione principali ossia di realizzazione delle opere civili e montaggio delle strutture, calcolando il livello medio a distanze predefinite, ossia 100m, 200m e 300m dal centro del cantiere.

Fase di realizzazione delle fondazioni		
lavorazione	macchine	Somma dei Livelli
Scavo	escavatore autocarro	96.7
Fondazione e getto	escavatore con pali da trivellare betoniera	101.4
Reinterro	escavatore	96.4
Fase di realizzazione piazzole e strade di accesso		
lavorazione	macchine	Somma dei Livelli
Sterro	pala meccanica cingolata autocarro autocarro	102.0
riporto	pala meccanica cingolata autocarro rullo compressore	103.0
geotessuto	mini escavatore autocarro	88.2
Montaggio componenti torre		
lavorazione	macchine	Somma dei Livelli
Montaggio	autocarro gru	86.3

Per conoscere il livello emesso dalle sorgenti codificate in precedenza, si fa ricorso al modello di simulazione della propagazione in campo libero, ossia:



$$L_{p1}-L_{p2}=20 \log (r_2/r_1)$$

Livello di pressione sonora previsto immesso dal cantiere			
Fasi di cantiere	Distanza 100m	Distanza 200m	Distanza 300m
Scavo	56,7	50.6	47.0
Fondazione e getto	61,4	55.0	52.0
Reinterro	56,4	50.0	47.0
Sterro	62.0	55.9	52.5
Riporto	63.0	56.9	56.5
Geotessuto	48.0	42.0	38.5
Montaggio	46.0	40.0	36.5

Per quanto concerne la realizzazione del cavidotto di collegamento in Mt e At lo scavo, la posa dei cavi elettrici e la ricopertura avvengono in rapida successione con una velocità media di avanzamento stimabile in circa 80/100 metri al giorno. Si tratta pertanto di un vero e proprio cantiere stradale, il cui tracciato segue quello delle strade presenti, limitando l'interferenza nei lotti agricoli il più possibile.

Le principali macchine previste e utilizzate alternativamente sono le seguenti:

Fase di realizzazione cavidotto interrato		
lavorazione	macchine	Livello di pressione sonora in dB(A) [dist.1m]
Scavo	Mini escavatore	85.0
Ripristino	Rullo compressore	95.9
Posa cavi	Attrezzature manuali	65.0

In un raggio di 50m dal cantiere stradale il livello previsto sarà:

Livello di pressione sonora previsto immesso dal cantiere	
lavorazione	Distanza 50m
Scavo	51.0
Ripristino	62.0
Posa cavi	31.0

Anche in questo caso i limiti da rispettare sono quelli previsti dall'art. 17 della legge n. 3/2002. I risultati sono al di sotto dei limiti di legge.



ALLEGATI



ALLEGATO 1 – CARTA DELLE ISOFONICHE

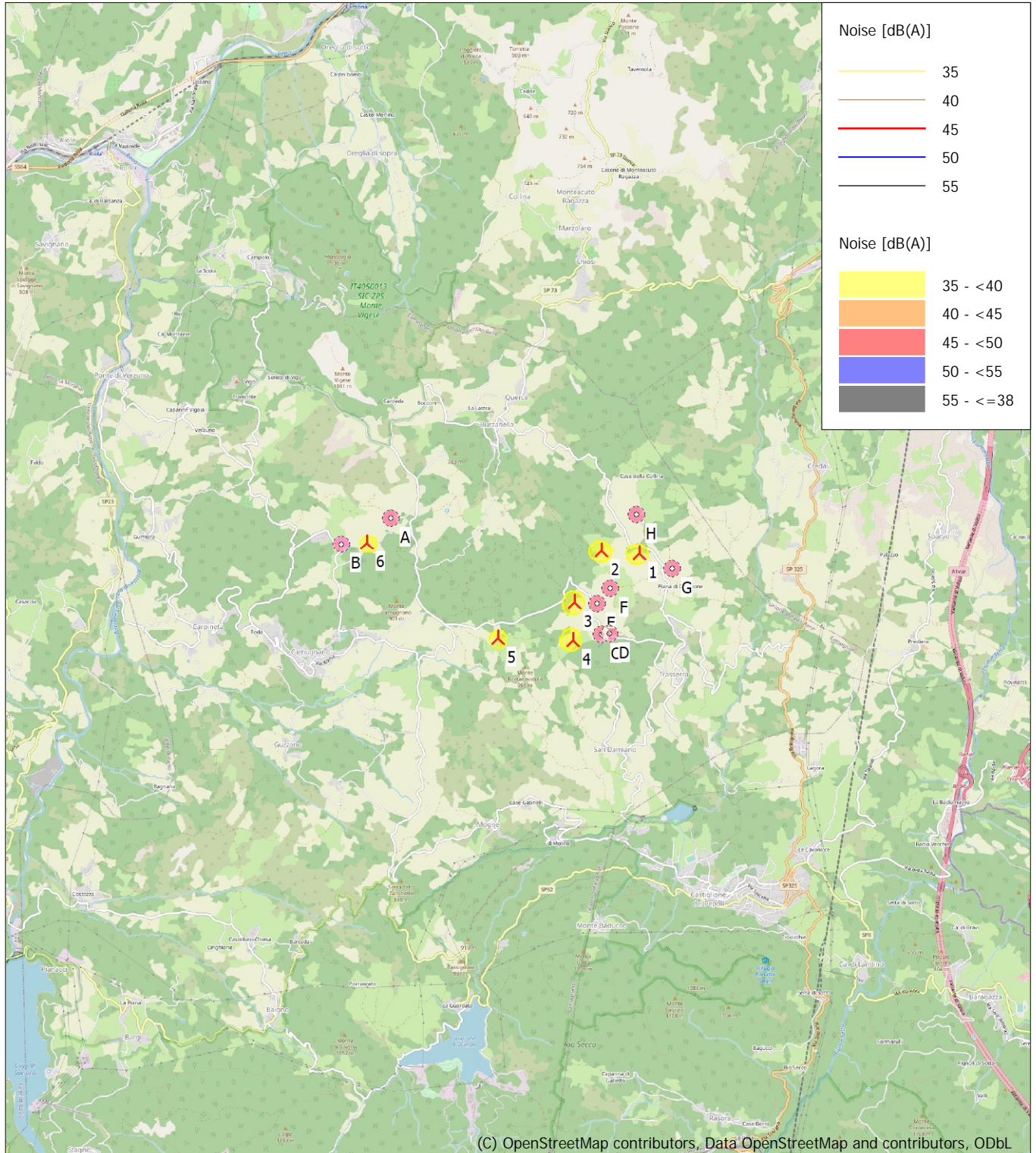


Project:
WON033

Licensed user:
Iron solar s.r.l.
via Lanzone, 31
IT-20122 Milano
+393487125089
Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it
Calculated:
14/03/2024 10:43/3.6.377

DECIBEL - Map 3.0 m/s

Calculation: WON033_ReportGiorno



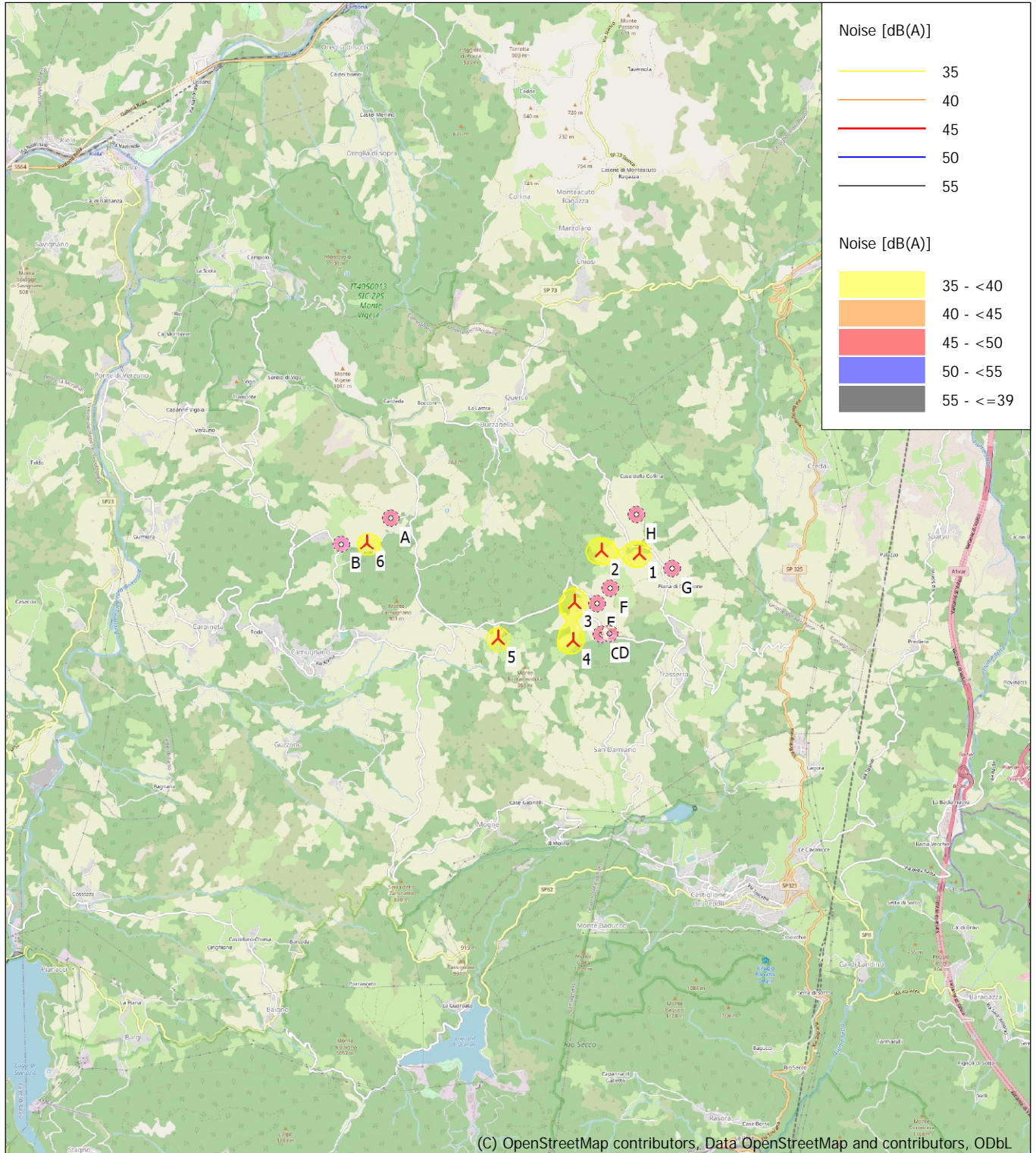
New WTG

Noise sensitive area

Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 3.0 m/s
Height above sea level from active line object

DECIBEL - Map 4.0 m/s

Calculation: WON033_ReportGiorno



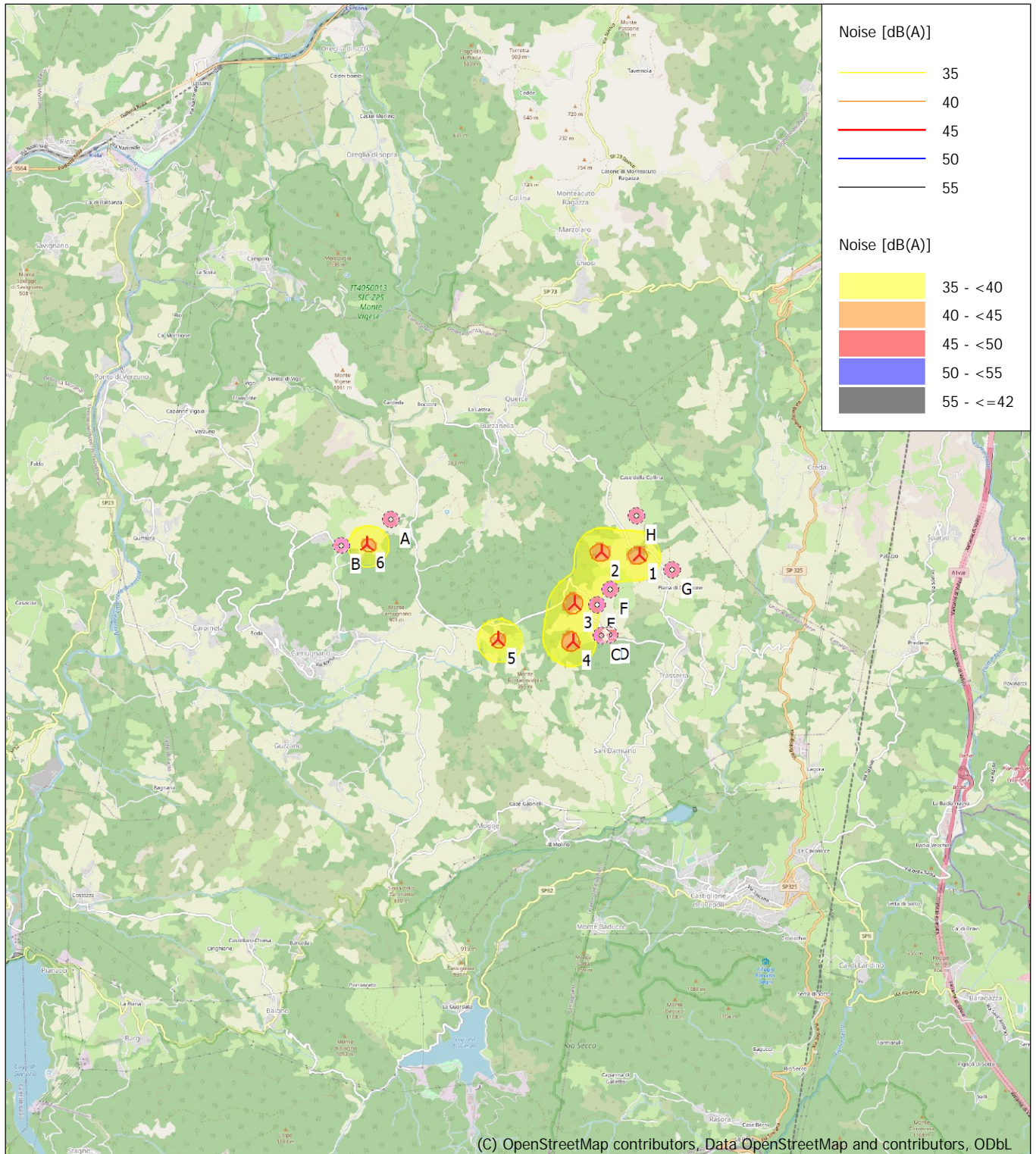
Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762

New WTG Noise sensitive area

Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 4.0 m/s
Height above sea level from active line object

DECIBEL - Map 5.0 m/s

Calculation: WON033_ReportGiorno



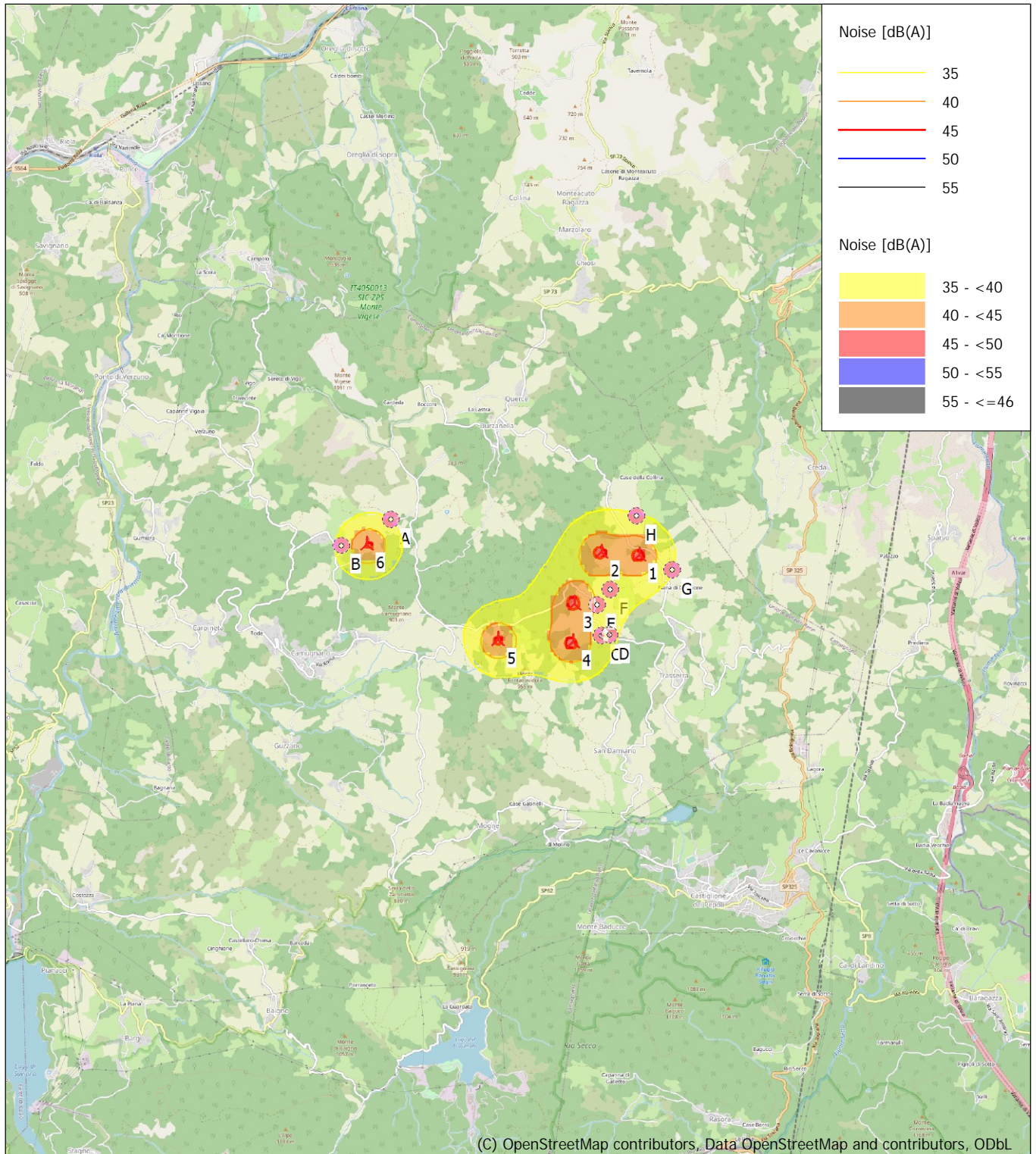
Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762

New WTG Noise sensitive area

Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 5.0 m/s
Height above sea level from active line object

DECIBEL - Map 6.0 m/s

Calculation: WON033_ReportGiorno



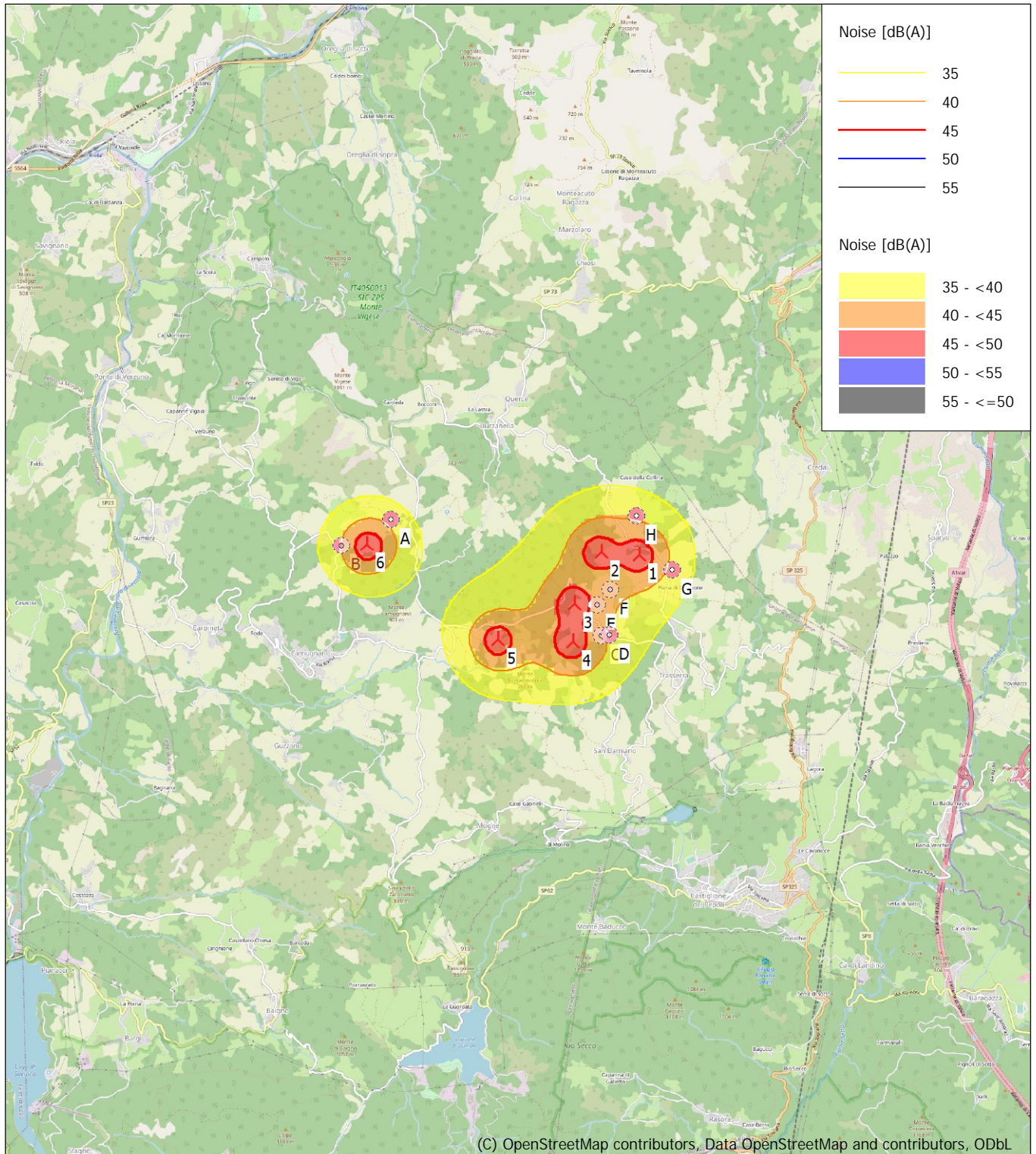
Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762

New WTG Noise sensitive area

Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 6.0 m/s
Height above sea level from active line object

DECIBEL - Map 7.0 m/s

Calculation: WON033_ReportGiorno



Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762

New WTG Noise sensitive area

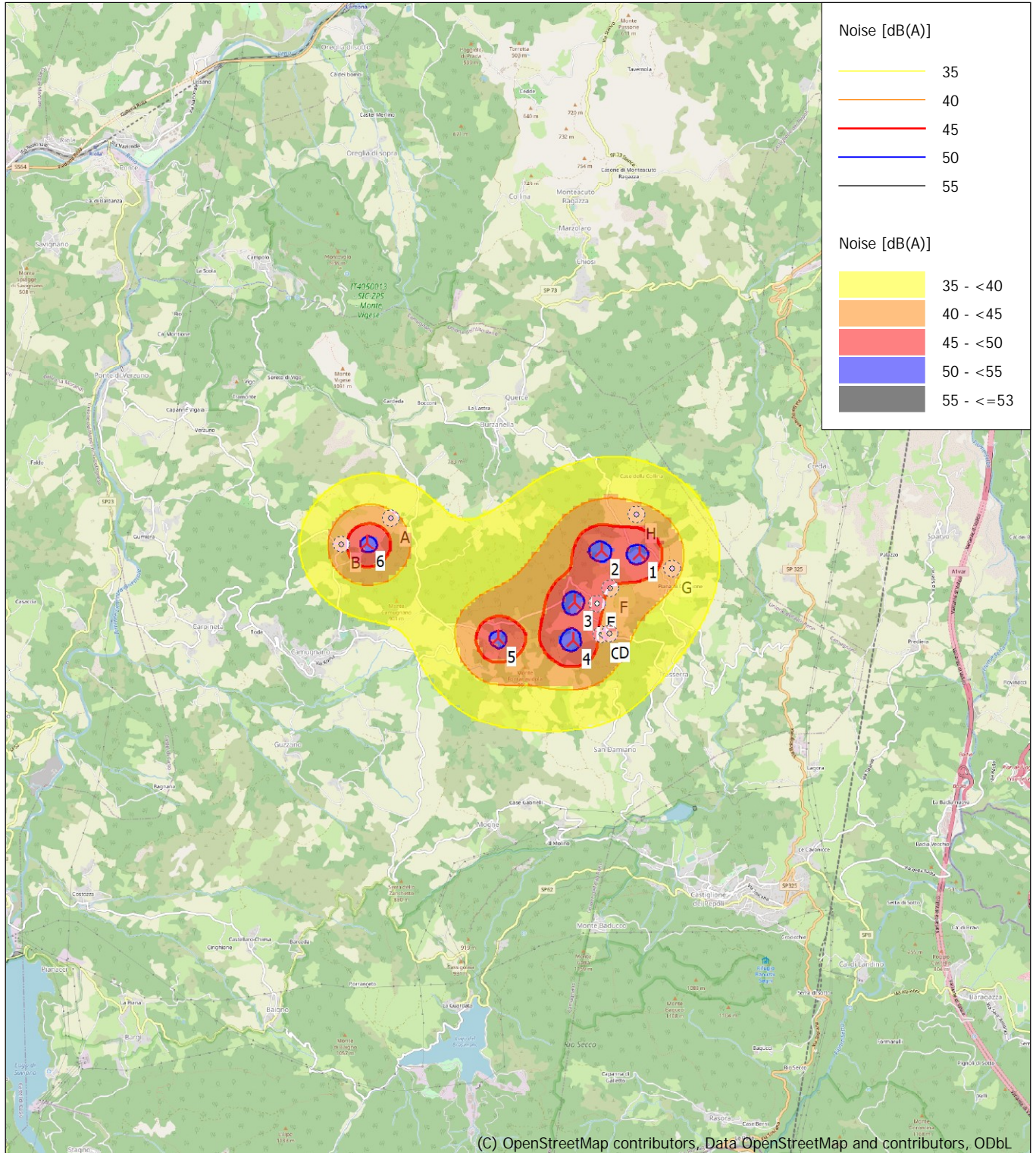
Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 7.0 m/s
Height above sea level from active line object

Project:
WON033

Licensed user:
Iron solar s.r.l.
via Lanzone, 31
IT-20122 Milano
+393487125089
Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it
Calculated:
14/03/2024 10:43/3.6.377

DECIBEL - Map 8.0 m/s

Calculation: WON033_ReportGiorno



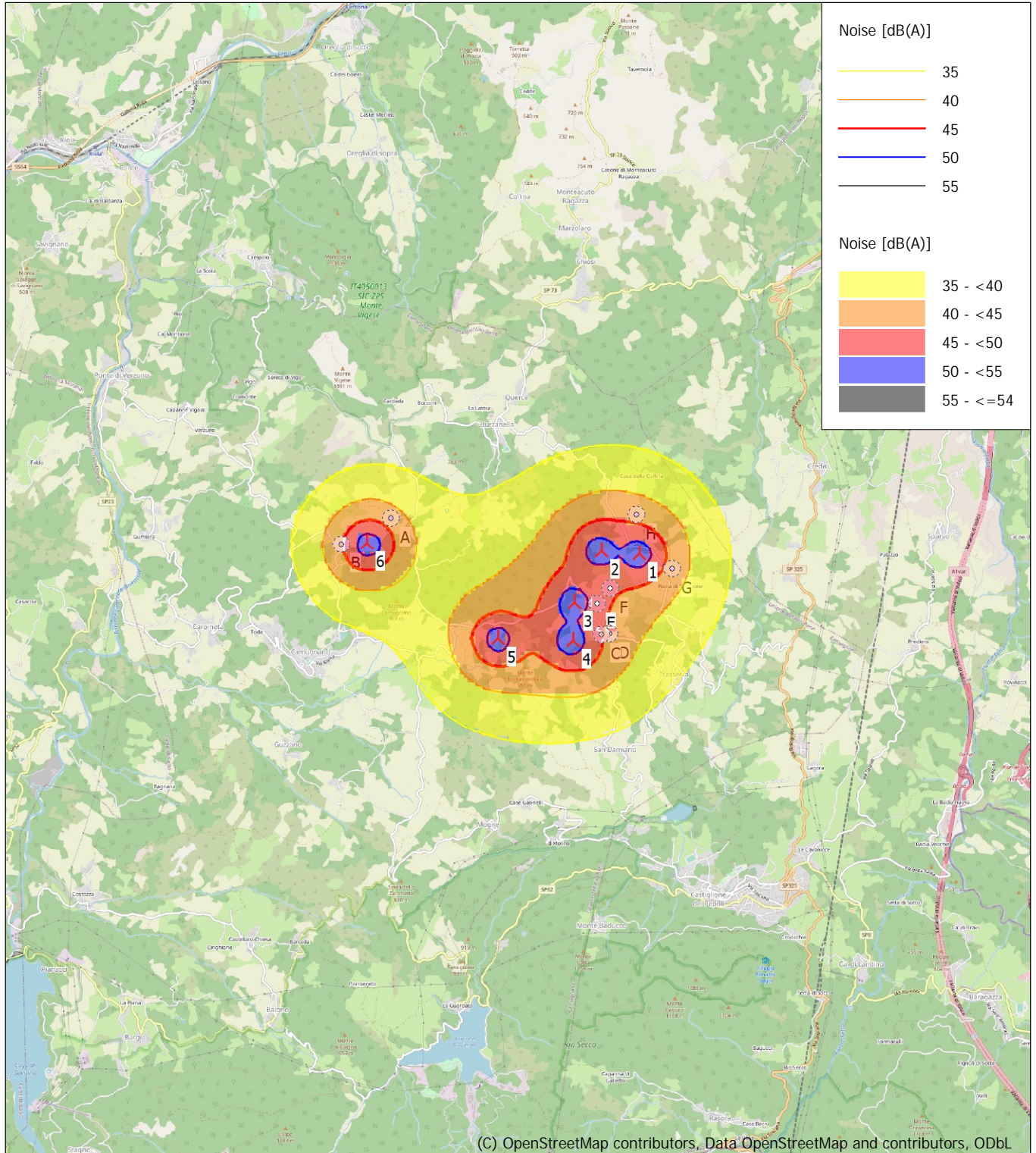
Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762
New WTG Noise sensitive area
Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 8.0 m/s
Height above sea level from active line object

Project:
WON033

Licensed user:
Iron solar s.r.l.
via Lanzone, 31
IT-20122 Milano
+393487125089
Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it
Calculated:
14/03/2024 10:43/3.6.377

DECIBEL - Map 9.0 m/s

Calculation: WON033_ReportGiorno



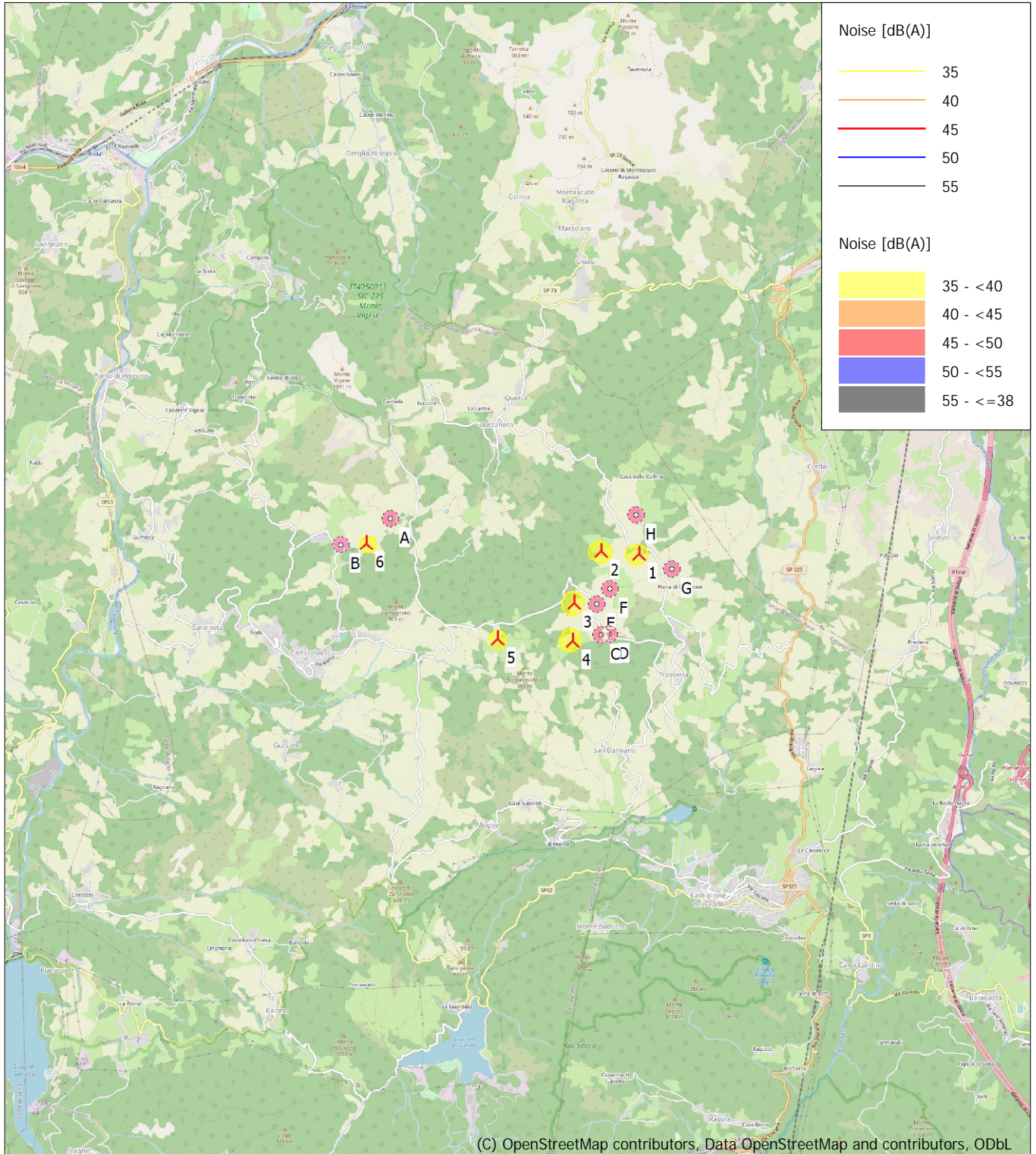
0 1 2 3 4 km

Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762
New WTG Noise sensitive area

Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 9.0 m/s
Height above sea level from active line object

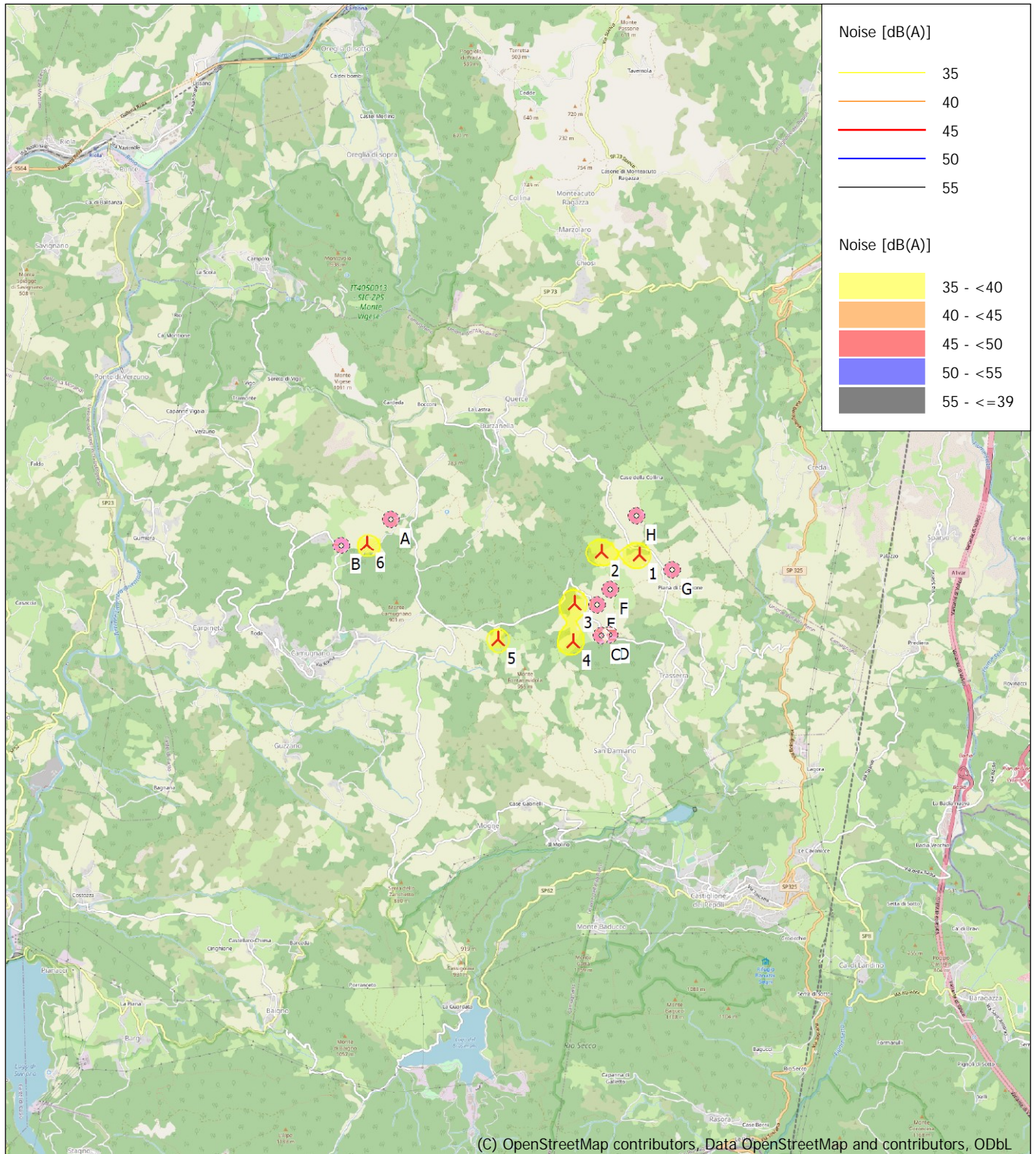
DECIBEL - Map 3.0 m/s

Calculation: WON033_ReportNotte



DECIBEL - Map 4.0 m/s

Calculation: WON033_ReportNotte



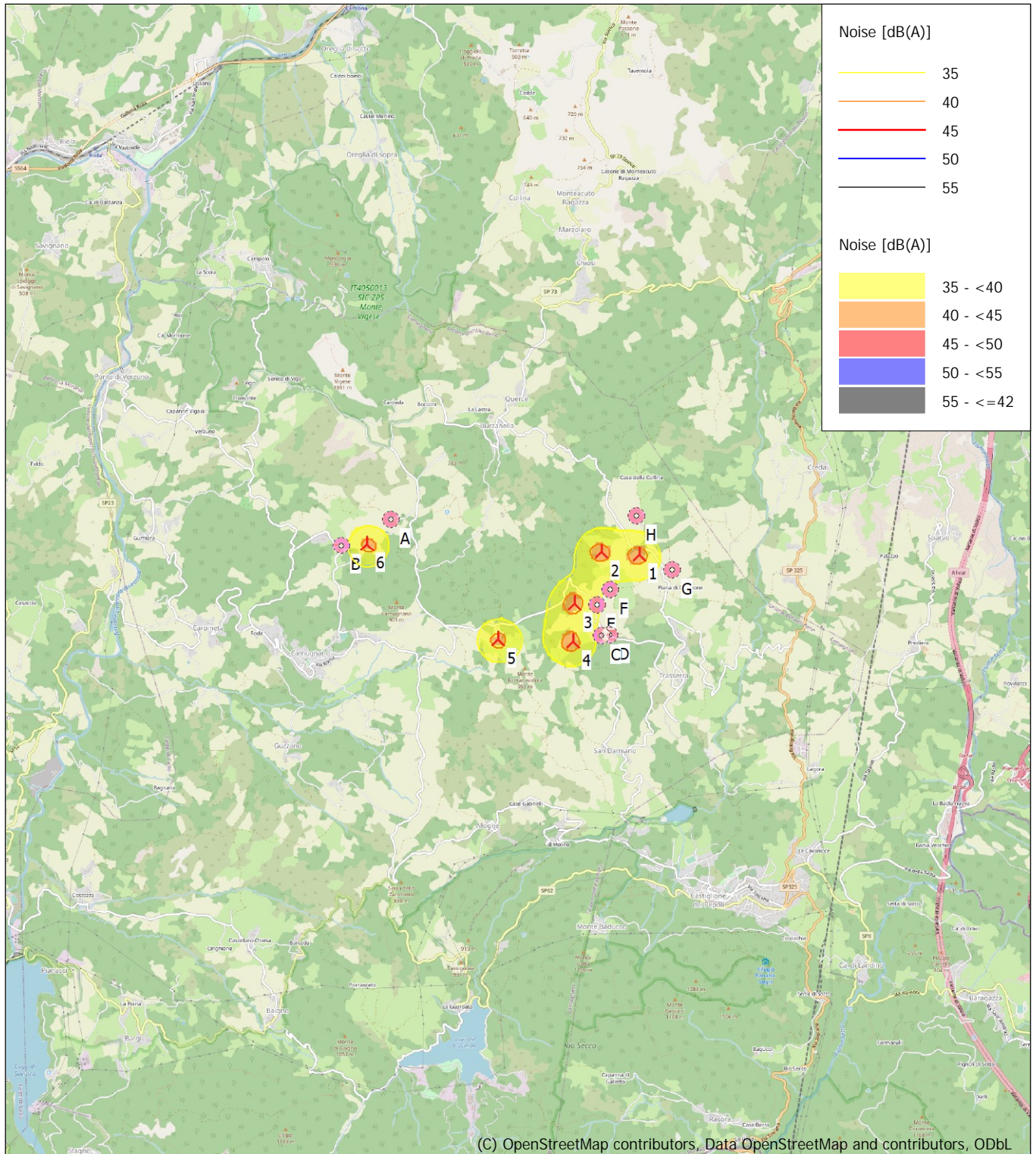
Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762

New WTG Noise sensitive area

Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 4.0 m/s
Height above sea level from active line object

DECIBEL - Map 5.0 m/s

Calculation: WON033_ReportNotte



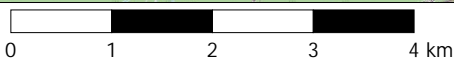
Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762

New WTG Noise sensitive area

Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 5.0 m/s
Height above sea level from active line object

Licensed user:
Iron solar s.r.l.
via Lanzzone, 31
IT-20122 Milano
+393487125089
Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it
Calculated:
14/03/2024 10:36/3.6.377

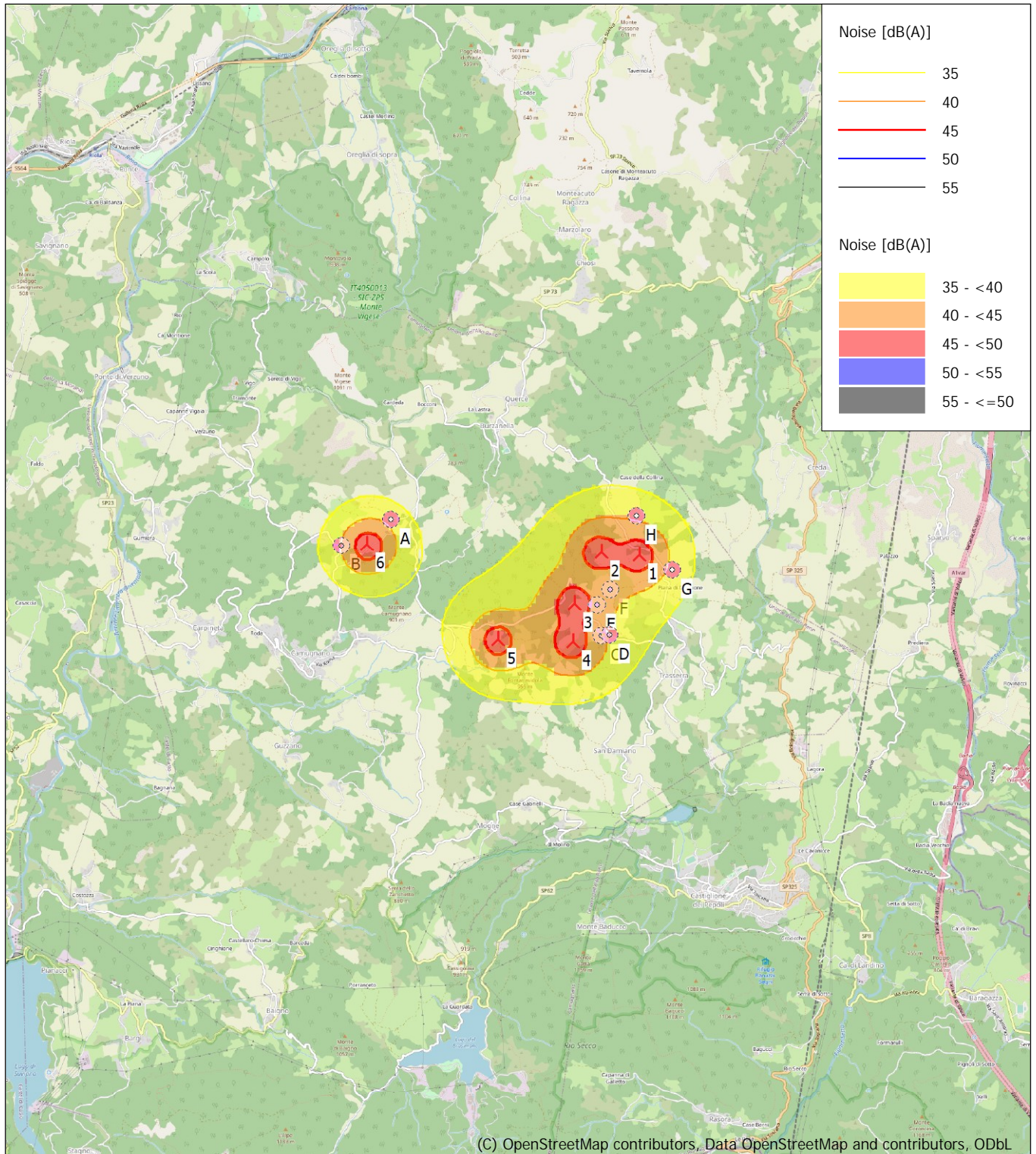
Calculation: WON033_ReportNotte



Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 6.0 m/s
Height above sea level from active line object

DECIBEL - Map 7.0 m/s

Calculation: WON033_ReportNotte



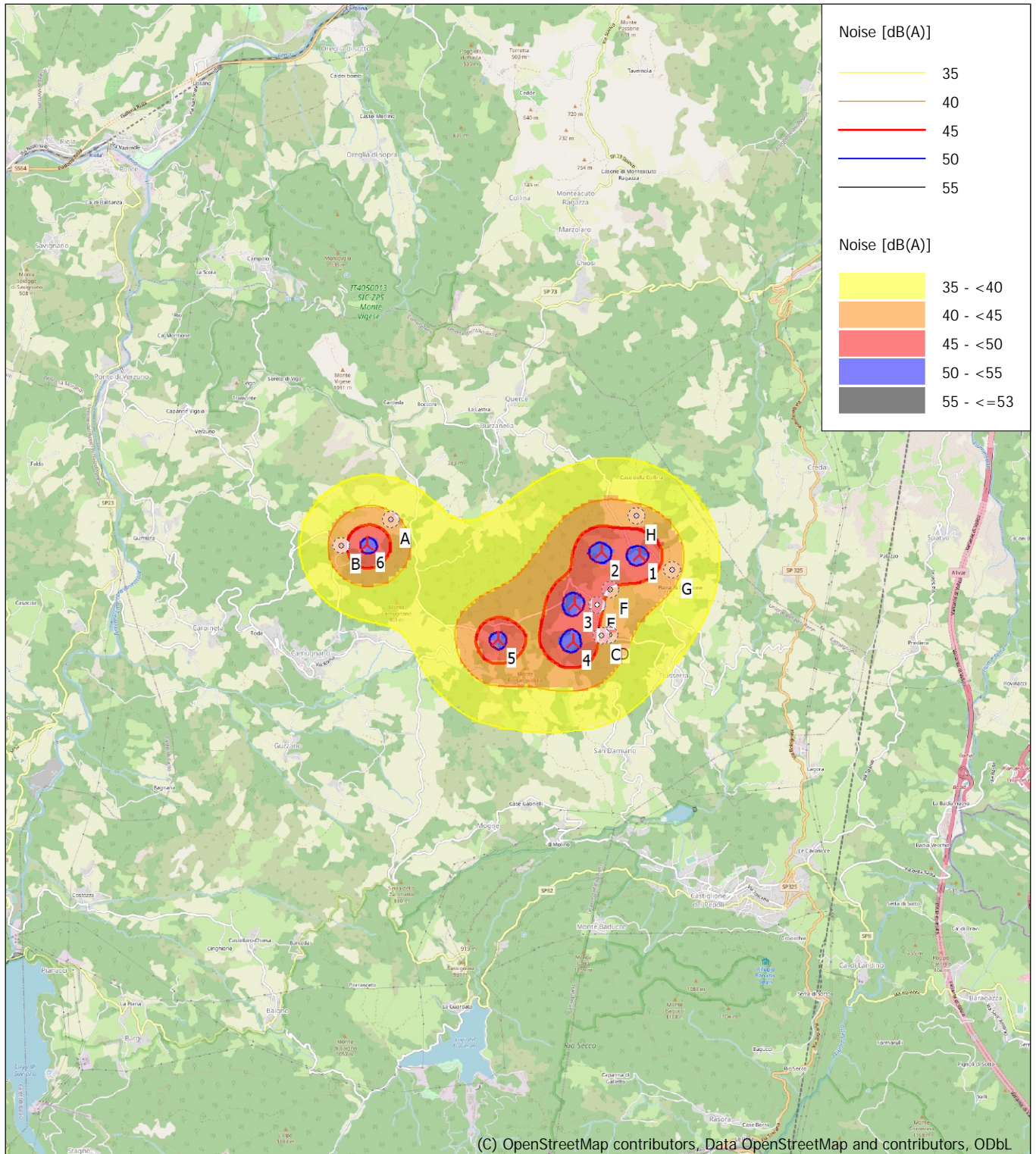
Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762



New WTG Noise sensitive area

Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 7.0 m/s
Height above sea level from active line object

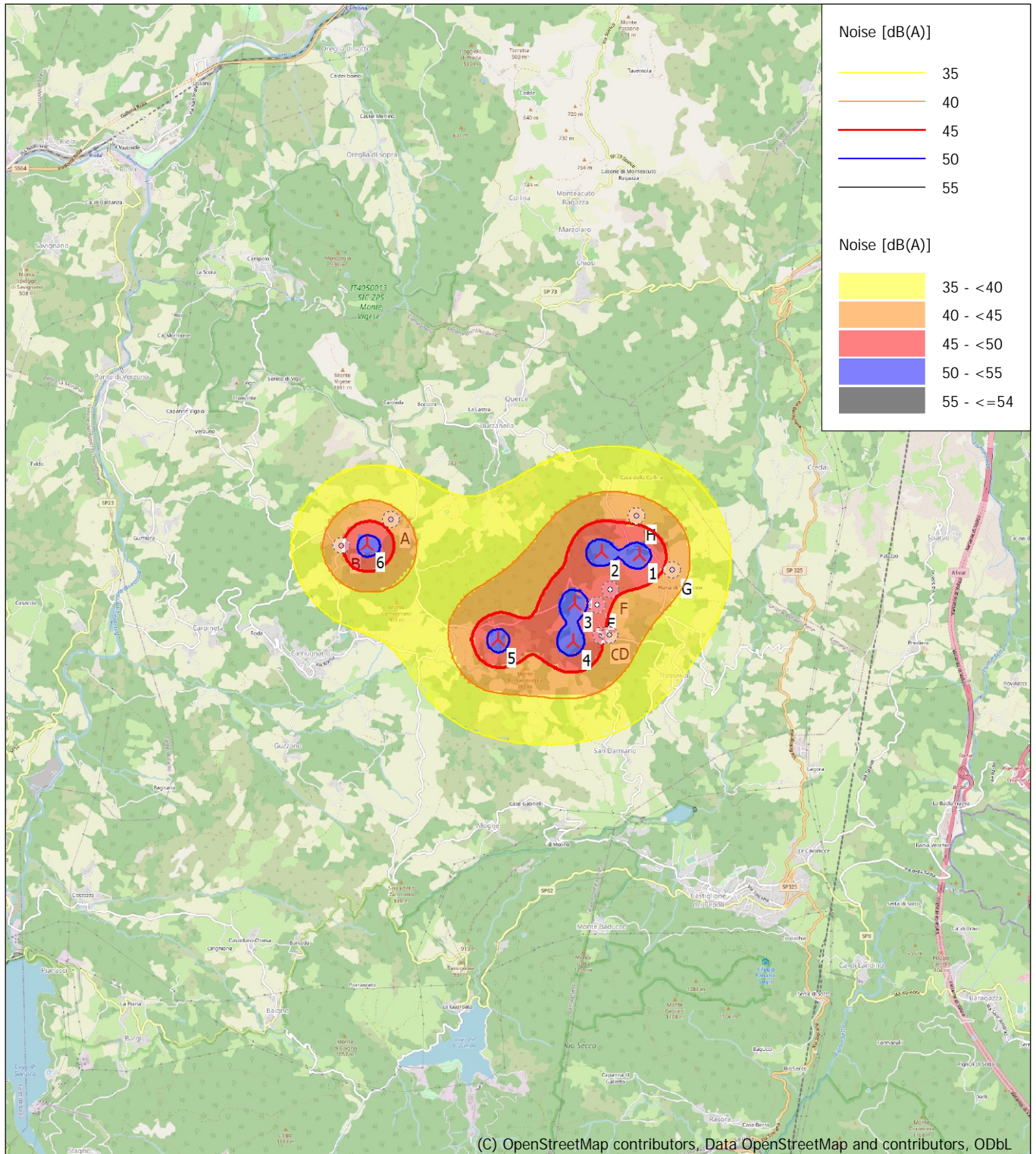
DECIBEL - Map 8.0 m/s
Calculation: WON033_ReportNotte



Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762
New WTG Noise sensitive area
Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 8.0 m/s
Height above sea level from active line object

DECIBEL - Map 9.0 m/s

Calculation: WON033_ReportNotte



Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75,000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 32 East: 669,488 North: 4,893,762

New WTG Noise sensitive area

Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 9.0 m/s
Height above sea level from active line object