

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 1 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, n. 50)
FSRU ALTO TIRRENO E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

STUDIO DEI LIVELLI VIBRAZIONALI
(FASE di CANTIERE)

Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale
Gasdotto (tratto a terra)


Marco Compagnino

0	EMISSIONE	dr. Silvia Castellaro, geologo e ingegnere <i>Silvia Castellaro</i>	L. Volpi	M. Compagnino	Marzo 2024
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 2 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

INDICE

LISTA DELLE TABELLE	3
LISTA DELLE FIGURE	3
1 PREMESSA	4
1.1 SOLUZIONE PROPOSTA.....	4
1.2 STRUTTURA DEL DOCUMENTO.....	4
2 INQUADRAMENTO DELL'AREA D'INTERVENTO E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO 6	
2.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO	7
3 IL DISTURBO DA VIBRAZIONE: CARATTERI GENERALI	9
3.1 RACCOMANDAZIONI GENERALI A LIVELLO DI COMUNICAZIONE	12
3.2 RACCOMANDAZIONI GENERALI A LIVELLO DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE	12
4 PREVISIONE DEL DISTURBO DA VIBRAZIONE	13
5 METODI PER LA RIDUZIONE DELLE VIBRAZIONI	18
6 RECETTORI RAPPRESENTATIVI	20
6.1 COMUNE DI VADO LIGURE.....	22
6.2 COMUNE DI QUILIANO - IMPIANTO PDE.....	23
6.3 COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE - IMPIANTO TRAPPOLE E INTERCONNESSIONE FINALE	24
6.4 CANTIERI REALIZZAZIONE LINEA	25
6.5 CANTIERI IN DISMISSIONE.....	33
7 MONITORAGGIO	45
8 CONCLUSIONI	47

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Numero minimo di eventi potenzialmente disturbanti da studiare per poter asserire l'esistenza di un disturbo da vibrazione per le persone.	9
Tabella 4-1: Relazioni tra PPV (Peak Particle Velocity) e distanza dalla sorgente di vibrazioni per diversi tipi di intervento. Valori tratti da BS 5228-2:2009 e Hiller e Crabb (2000).	14
Tabella 4-2: Valori di k_p per diversi tipi di terreno.	15
Tabella 6-1: Riassunto delle distanze di attenzione per possibile superamento dei livelli di vibrazione potenzialmente dannosi per le strutture.	20
Tabella 6-2: Tabella recettori censiti nell'area di connessione offshore/onshore, Comune di Vado Ligure. In arancione è indicato il recettore che sta in parte entro 35 m dalla zona di prevista cantierizzazione e per il quale potrebbe, in funzione delle opere previste, essere necessario un monitoraggio.	22
Tabella 6-3: Tabella recettori censiti dell'area di Impianto PDE, Comune di Quiliano. In questa zona non si individuano recettori potenzialmente soggetti a danno da vibrazioni immesse.	24
Tabella 6-4: Tabella recettori residenziali aree di cantiere lungolinea.	31
Tabella 6-5: Tabella recettori residenziali aree di cantiere lungolinea in dismissione.	43

LISTA DELLE FIGURE

Figura 2-1. Linee principali in progetto: tracciati a terra.	6
Figura 3-1 Valori della velocità particellare di picco per componente del moto (PCPV) ritenuti minimi per ipotizzare danno alle strutture. I valori si applicano alla vibrazione di 'breve durata' e al piano di fondazione (linee continue) o al piano alto dell'edificio (linee a tratteggio).	11
Figura 3-2 Valori della velocità particellare di picco per componente del moto (PCPV) ritenuti minimi per ipotizzare danno alle strutture. I valori si applicano alle vibrazioni di lunga durata e in qualsiasi posizione nell'edificio.	11
Figura 4-1: Rappresentazione grafica della formula empirica riportata in Tabella 4-1: per il caso dei pali vibroinfissi. Si è usato 10.7 kJ come energia nominale del percussore.	16
Figura 4-2 Rappresentazione grafica della formula empirica riportata in Tabella 4-1: per il caso delle attività di tunneling.	16
Figura 4-3: Decadimento della velocità particellare di picco con la distanza dalla sorgente per diversi sistemi di infissione di palancole (a percussione o vibroinfissione, in arancio, vs metodo silente a pressa idraulica, in blu) a confronto con i valori tipici di danno per diverse tipologie di strutture (fonte chimin.it).	17
Figura 6-1: Recettori individuati nell'intorno dell'area di connessione offshore/onshore, Comune di Vado Ligure.	22
Figura 6-2: Recettori individuati nell'intorno dell'area di Impianto PDE, Comune di Quiliano.	23
Figura 6-3: Recettori individuati nell'intorno dell'area dell'Impianto trappole e di interconnessione finale, comune di Cairo Montenotte.	25
Figura 6-4: Recettori residenziali aree di cantiere lungolinea.	30
Figura 6-5: Recettori residenziali aree di cantiere lungolinea in fase di dismissione	42

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 4 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

1 PREMESSA

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art. 5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, Snam FSRU Italia, società controllata al 100% da Snam S.p.A ("Snam"), ha ottenuto in data 25/10/2022 l'autorizzazione unica per la realizzazione di un Terminale di Rigassificazione nel porto di Piombino, tramite l'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) e la realizzazione delle connesse infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente (di seguito l'"Autorizzazione Unica").

L'Autorizzazione Unica, al punto 10, ha prescritto di presentare, entro 45 giorni dalla pubblicazione della Ordinanza medesima sul Bollettino Regionale della Toscana, il progetto integrativo di ricollocazione della FSRU in sito offshore, nonché il progetto relativo agli interventi necessari per la dismissione della FSRU stessa dal porto di Piombino decorso il suddetto termine di tre anni. Con successive Ordinanze di proroga, il già menzionato termine è stato fissato al 26 giugno 2023.

Il Progetto FSRU Alto Tirreno, di cui il presente documento è parte integrante, illustra e analizza la soluzione sviluppata dagli ingegneri e specialisti incaricati da Snam per il ricollocazione della FSRU TUNDRA per i successivi 22 anni una volta lasciato il porto di Piombino. In particolare, gli allegati tecnici riportano le principali caratteristiche del Progetto, analizzano gli aspetti ambientali, paesaggistici ed urbanistici e riportano le valutazioni relative ai temi Seveso ed antincendio.

1.1 Soluzione Proposta

L'analisi ha escluso la possibilità di trovare un ormeggio a lungo termine della FSRU all'interno di un porto diverso da quello di Piombino, non rinvenendosi in nessun altro porto le seguenti caratteristiche peculiari di Piombino, quali: (i) una banchina idonea per geometria e capacità strutturali, (ii) un pescaggio del porto ovunque maggiore di 15 m, (iii) un punto di ingresso nella Rete nazionale Gasdotti ad una distanza ragionevole ed in grado di ricevere l'incremento di portata previsto (i.e., 5 miliardi di metri cubi/anno).

La ricerca della soluzione si è indirizzata verso possibili siti offshore verificando la sussistenza di tre requisiti essenziali: (i) il collegamento in un punto della Rete Nazionale in grado di ricevere la portata prevista, (ii) la fattibilità tecnica, urbanistica ed ambientale del tracciato della condotta a mare ed a terra, (iii) la capacità della FSRU di svolgere con continuità il servizio di rigassificazione rispetto alle condizioni meteomarine attese nel sito prescelto.

I requisiti sopra richiamati hanno portato a selezionare un sito offshore a circa 3 Km dalla costa ligure di ponente di fronte a Vado Ligure (SV) potendo evitare sia le rotte di ingresso/uscita del traffico navale che sfruttare l'approdo a terra in corrispondenza dell'area industriale di Tirreno Power.

1.2 Struttura del Documento

Il presente documento costituisce la relazione di previsione dei livelli vibrazionali generati dalle attività di cantiere, a corredo del progetto, per il tratto a terra. In particolare, viene valutata

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 5 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

qualitativamente la compatibilità delle lavorazioni di cantiere nel contesto territoriale interessato dal progetto e si articola come segue:

- 1 PREMESSA
- 2 INQUADRAMENTO DELL'AREA D'INTERVENTO E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO
- 3 IL DISTURBO DA VIBRAZIONE: CARATTERI GENERALI
- 4 PREVISIONE DEL DISTURBO DA VIBRAZIONE
- 5 METODI PER LA RIDUZIONE DELLE VIBRAZIONI
- 6 RECETTORI RAPPRESENTATIVI
- 7 MONITORAGGIO
- 8 CONCLUSIONI

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 6 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

2 INQUADRAMENTO DELL'AREA D'INTERVENTO E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO

Il tracciato di progetto del "Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti" si può suddividere in due fasi, così articolate:

- Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26"), DP 100 bar;
- Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar;
- Dismissione Metanodotto Cairo Montenotte – Savona DN 300 (12"), MOP 64 bar.

Di seguito in Figura 2-1 si riporta l'inquadramento dell'area di indagine ed il tragitto a terra dei metanodotti in progetto.



Figura 2-1. Linee principali in progetto: tracciati a terra.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 7 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

2.1 Descrizione del Progetto

Il progetto denominato Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti, riguarda il riposizionamento della FSRU dal porto di Vado Ligure ad un punto di ormeggio permanente al largo delle coste di fronte Vado Ligure (SV) in Liguria ed il suo collegamento con la Rete Nazionale Gasdotti (RNG).

La FSRU riceverà gas naturale liquefatto (GNL) dalle navi cisterna che trasferiranno il prodotto in modalità STS (Ship-To-Ship). Il GNL sarà quindi rigassificato a bordo della FSRU e il gas verrà esportato a terra attraverso una nuova condotta DN 650 (26") fino all'impianto PDE, ubicato nel comune di Quiliano (SV), e da qui ai relativi collegamenti fino alla Rete Nazionale Gasdotti.

Il Progetto FSRU Alto Tirreno include le seguenti opere:

Terminale FSRU

- *La FSRU Golar Tundra (Floating Storage and Regasification Unit) avente una capacità nominale di stoccaggio pari a circa 170.000 m³, una capacità massima di rigassificazione di circa 880.000 Sm³/h e dimensioni pari a circa 292,5 m (lunghezza) x 43,4 m (larghezza);*
- *Impianto di filtraggio, regolazione e misura fiscale (PDE e impianto di regolazione DP 100-75 bar).*

E le seguenti Opere Connesse costituite dal metanodotto di collegamento tra il Terminale FSRU e la Rete Nazionale Gasdotti che include:

- *Tratto di condotta sottomarina (sealine) e relativo cavo telecomando DN 650 (26") DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 4,4 km;*
- *Tratto di metanodotto a terra di collegamento tra l'approdo costiero e l'impianto PDE e relativo cavo telecomando, denominato Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) – DN 650 (26") DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 2,7 km;*
- *Impianto PDE contenente le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar e le due stazioni di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato mare e lato terra).*
- *Il collegamento (con sostituzione di una parte dell'attuale condotta DN 300) tra il PDE e la nuova Area Trappole, interconnessione e regolazione in loc. Chinelli con relativo cavo telecomando, denominato Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30") DP 75 di lunghezza pari a circa 24 km che a sua volta include:*
 - *N. 1 Punti di Intercettazione Linea (PIL) e n. 4 Punti di Intercettazione di derivazione importante (PIDI) ubicati lungo il tracciato per intercettare e sezionare il gasdotto in base alla cadenza prescritta dal D.M. 17/04/2008;*
 - *N. 1 Punto di Intercettazione di derivazione importante (PIDI) con interconnessione con il metanodotto "Cairo Montenotte -Savona DN 300 (12") e regolazione della pressione da 75 bar a 64 bar;*
 - *N. 1 un impianto ex-novo dove è previsto sia la trappola di arrivo del nuovo metanodotto "Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar" sia la trappola di partenza a monte del*

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 8 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

*collegamento con il metanodotto "Cairo Montenotte - Savona DN 300 (12");
è altresì prevista anche la interconnessione di entrambi con il metanodotto
Ponti-Cosseria DN 750 (30") e regolazione della pressione da 75 bar a 64.*

Le caratteristiche delle opere di progetto e la descrizione del processo produttivo sono descritti in modo dettagliato nei documenti di progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 9 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

3 IL DISTURBO DA VIBRAZIONE: CARATTERI GENERALI

Nella valutazione dell'impatto conseguente a fenomeni vibratorii prodotti dall'uomo, tipicamente si distinguono e si analizzano in modo diverso le seguenti due classi di potenziale disturbo/danno:

- a. Vibrazioni potenzialmente disturbanti per le persone
- b. Vibrazioni potenzialmente dannose per le strutture

Vibrazioni potenzialmente disturbanti per le persone. Queste sono analizzate, in Italia, secondo le linee descritte nelle UNI-9614 (2017). Tali norme descrivono i criteri per la valutazione delle vibrazioni disturbanti per le persone e distinguono livelli diversi di disturbo in funzione dell'ambiente che ospita le persone (domestico, lavorativo, scolastico, ospedaliero, ecc.). Tali norme prevedono che il segnale vibratorio, acquisito da una terna accelerometrica, sia dapprima filtrato secondo una determinata 'curva di sensibilità umana', successivamente integrato su finestre temporali tipiche per ricavarne una sorta di valore in termini di 'energia' (detta accelerazione efficace ponderata totale) e da ultimo tale valore viene messo a confronto con soglie di disturbo diverse in funzione dell'ambiente, dell'ora (periodo notturno o diurno) e delle giornate (feriali o festive).

La norma UNI-9614 (2017) prevede un'analisi statistica dei segnali disturbanti e stabilisce che possano ritenersi disturbanti solo le attività che implicano un certo numero di superamenti di soglia di disturbo al giorno, come dettagliato in Tabella 3-1:.

Tabella 3-1: Numero minimo di eventi potenzialmente disturbanti da studiare per poter asserire l'esistenza di un disturbo da vibrazione per le persone.

Tipo di vibrazione	Esempio	Numero minimo di cicli da studiare
Elevato numero di eventi distinti	Traffico stradale, ferroviario, attività di cantiere e industriali	15
Attività umane dirette con eventi distinguibili		25
Fenomeni stazionari che non danno luogo ad eventi distinti	Attività umane con eventi non facilmente distinguibili	25
Fenomeni con basso numero di ripetizioni	Esplosioni di mina	5
Eventi molto rari		Non costituiscono disturbo stante la loro sporadicità

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 10 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Poiché le attività di cantiere relative al progetto descritto al capitolo 2, per quanto riguarda le opere a terra, riguarderanno poche giornate di lavoro per sito (il cantiere sarà mobile), non si ritiene che possano generare vibrazioni permanenti o di lunga durata tali da arrecare disturbo alle persone con la significatività statistica prevista dalle norme.

L'eventuale disturbo prodotto in ciascun sito durerà pochi giorni e saranno messe in atto tutte le buone norme per la sua riduzione, indipendentemente dal fatto che superi o meno i limiti normativi.

Vibrazioni potenzialmente dannose per le strutture. Queste sono analizzate, in Italia, secondo le linee descritte nelle UNI-9916 (2014), che si ispirano a loro volta alla ISO-4866, DIN-4150:3 (2016) e BS-7385. Le norme si applicano ad edifici a carattere abitativo, industriale e monumentale ma non a opere quali ponti o strutture sotterranee, gallerie e tubazioni e riguardano le vibrazioni prodotte da diverse sorgenti antropiche, escludendo quindi quelle da terremoto.

Poiché una vibrazione può risultare dannosa per una struttura anche se di breve durata (quali i cantieri 'mobili' previsti per la realizzazione delle opere di cui al capitolo 2), in questo documento ci occuperemo di questo tipo di vibrazioni, dei metodi per la loro stima *ante-operam* e per le loro mitigazione in corso d'opera.

La norma prevede che dal segnale vibratorio al recettore di interesse, acquisito in velocità, si estrarrebbero le epoche (intervalli di tempo superiori a 1 secondo) da analizzare. Ciascuna epoca viene trasformata ed analizzata nel dominio della frequenza e il valore di picco di velocità viene associato alla frequenza dominante nella stessa epoca. Tali coppie (valore di picco, frequenza) vengono rappresentate in grafici che riportano anche i valori di soglia potenzialmente dannosi secondo la norma, per diverse tipologie di struttura. I valori da non superare per vibrazioni di breve durata sono dati in Figura 3-1. I valori da non superare per vibrazioni di lunga durata o permanenti sono dati in Figura 3-2.

Danno alle strutture può aversi anche per valori vibratorii inferiori alle soglie riportate in Figura 3-1 e Figura 3-2, in funzione del tipo (e adeguatezza) delle fondazioni della struttura interessata, della sua età, tipologia costruttiva, delle sue condizioni generali (con particolare riguardo alle fessure pre-esistenti, a modifiche o adeguamenti intervenuti nel tempo e in funzione delle frequenze proprie del fabbricato o delle sue parti rispetto a quelle eccitate dalla sorgente nonché, in ultima analisi, dalla durata dei lavori che comportano immissione di vibrazioni.

Nei capitoli successivi si terrà conto di questa variabilità e incertezza, operando le scelte più cautelative.

Si osserva sin da ora che le vibrazioni ritenute dannose per le strutture, sono certamente anche vibrazioni disturbanti per le persone. La posizione più adatta per quantificare le prime è esternamente alle fondazioni (si veda il Capitolo 7), mentre la posizione più adatta per quantificare le seconde è internamente alla struttura.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 11 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

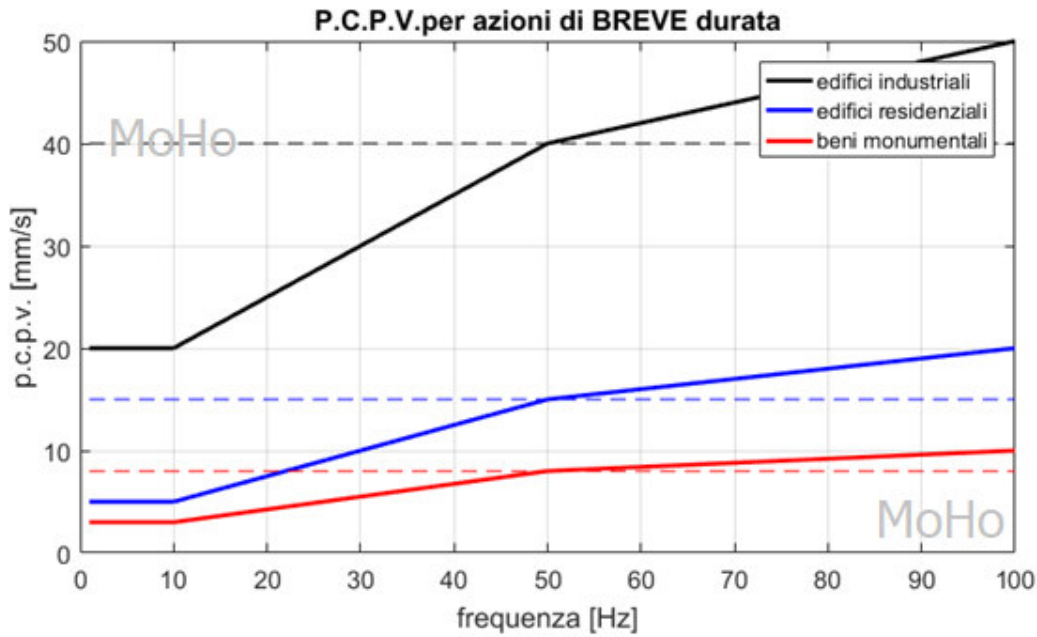


Figura 3-1 Valori della velocità particellare di picco per componente del moto (PCPV) ritenuti minimi per ipotizzare danno alle strutture. I valori si applicano alla vibrazione di 'breve durata' e al piano di fondazione (linee continue) o al piano alto dell'edificio (linee a tratteggio).

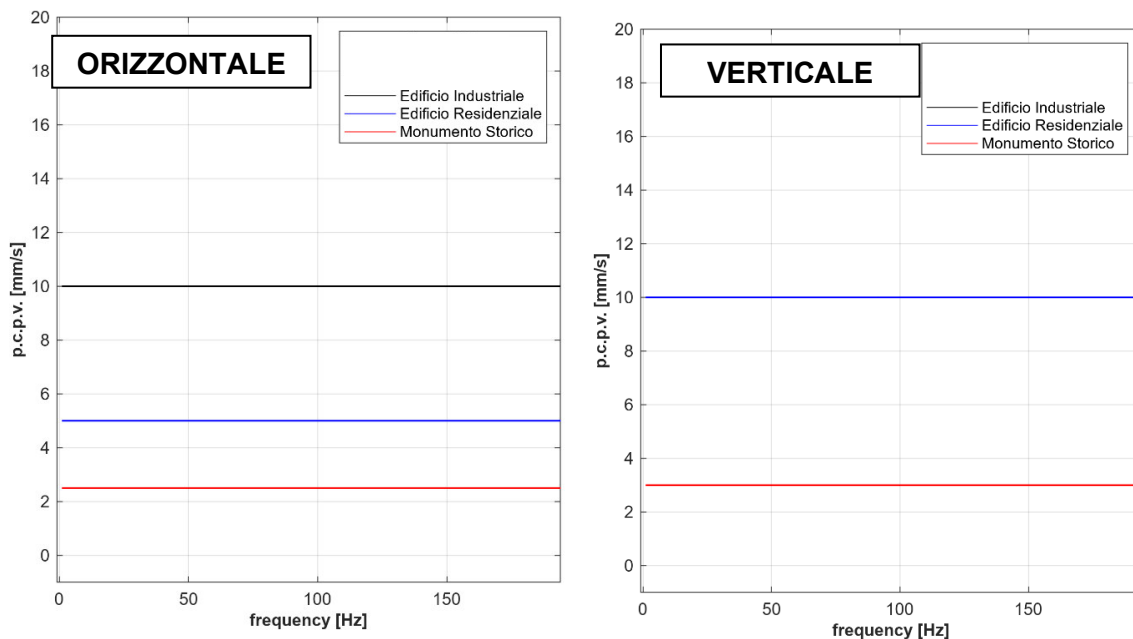


Figura 3-2 Valori della velocità particellare di picco per componente del moto (PCPV) ritenuti minimi per ipotizzare danno alle strutture. I valori si applicano alle vibrazioni di lunga durata e in qualsiasi posizione nell'edificio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 12 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

3.1 Raccomandazioni Generali a Livello di Comunicazione

Maggiore è la durata delle operazioni di cantiere, maggiore la probabilità che le vibrazioni immesse diventino un problema. La comunicazione con il pubblico è pertanto essenziale: i residenti locali saranno più disponibili ad accettare livelli maggiori di vibrazioni se saranno informati del fatto che si protrarranno per breve tempo. E' quindi importante che le operazioni in sito si svolgano secondo il cronoprogramma di progetto e che la comunità locale sia informata della loro durata probabile. Spesso la preoccupazione della popolazione è rivolta ai potenziali danni alle strutture. L'accettazione delle vibrazioni da parte dei residenti sarà maggiore se essi saranno informati del fatto che gli operatori staranno mettendo in pratica tutte le misure per evitare ogni vibrazione non necessaria. Il *contractor* dovrà offrire un canale di comunicazione coi residenti per rispondere alle loro domande o preoccupazioni.

3.2 Raccomandazioni Generali a Livello di Progettazione delle Opere

Il progetto esecutivo delle opere deve prevedere il numero minimo di operazioni che prevedano vibrazioni disturbanti e, dove queste siano necessarie, andranno possibilmente compiute nei luoghi più remoti e adottando le tecnologie di installazione meno disturbanti possibile. Restrizioni in questo senso andranno poste sin dai bandi di gara, che dovranno indicare le posizioni delle sorgenti di vibrazione, il tipo di macchinari da usare o metodi che garantiscano minor disturbo, la posizione delle aree maggiormente sensibili alle vibrazioni (si vedano i Capitoli 4 e 5).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 13 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

4 PREVISIONE DEL DISTURBO DA VIBRAZIONE

L'intensità delle vibrazioni in un punto di interesse dipende da molti fattori:

- energia per colpo o ciclo della sorgente
- distanza sorgente-ricevitore
- condizioni geologiche del sito, posizione della tavola d'acqua
- interazione terreno-struttura
- ubicazione del punto di misura (sulla superficie del terreno, sulla fondazione, su elementi strutturali interni).

A titolo di esempio, nei terreni teneri l'infissione di pali genera usualmente meno vibrazioni che in terreni rigidi. Nel primo caso la maggior parte dell'energia è impiegata per far avanzare il palo mentre nel secondo caso buona parte dell'energia è usata per vincere la resistenza alla penetrazione. Nel primo caso la sperimentazione (BS 5228-2: 2009) mostra che le vibrazioni prodotte sono caratterizzate da frequenze minori rispetto al secondo caso.

In Tabella 4-1: riportiamo alcune relazioni empiriche, proposte da BS 5228-2:2009, a loro volta riprese da Hiller e Crabb (2000), che permettono di stimare PPV¹ (Peak Particle Velocity, velocità massima istantanea raggiunta dall'elemento vibrante rispetto alla posizione di riposo) in funzione della distanza dalla sorgente per alcuni tipi di operazioni di cantiere (pali a percussione, pali a infissione, compattazione dinamica, escavazione di tunnel). Dove possibile è fornito anche una indicazione del livello di probabilità che tali valori siano superati.

Per i due interventi di maggior interesse per il caso in esame (pali vibroinfissi, estendibile a palancole vibroinfisse, e tunneling), delle espressioni empiriche di Tabella 4-1: è dato il relativo grafico in Figura 4-1 e Figura 4-2. Da tali grafici si può osservare quanto segue:

- ✓ nel caso dei pali vibroinfissi ci si può attendere di superare i valori di vibrazione potenzialmente dannosi per strutture storiche entro 35 m di distanza dalla sorgente e per strutture residenziali non storiche entro 15 m dalla sorgente;
- ✓ nel caso delle attività di tunneling la situazione è molto simile al caso precedente: ci si può attendere di superare valori di vibrazione potenzialmente dannosi per strutture storiche entro 32 m di distanza dalla sorgente e per strutture residenziali non storiche entro 15 m dalla sorgente.

Un riassunto in forma tabulare è dato anche in Tabella 6-1: a pagina 20.

Il caso dei recettori industriali, a cui sarebbero applicati limiti tollerabili di vibrazione molto maggiori, non sarà trattato come caso a sé stante in questo rapporto poiché è sempre possibile che all'interno degli impianti industriali si trovino parti maggiormente delicate. Anche in questo caso adotteremo quindi i valori ritenuti tollerabili in ambiente residenziale.

¹ $PPV = \sqrt{V_x(t)^2 + V_y(t)^2 + V_z(t)^2}$ è il valore massimo istantaneo (all'interno di un'epoca di segnale scelto) del vettore velocità. Altre normative (es. l'italiana UNI-9916) fanno riferimento non al modulo del vettore ma alle singole componenti del moto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 14 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Tabella 4-1: Relazioni tra PPV (Peak Particle Velocity) e distanza dalla sorgente di vibrazioni per diversi tipi di intervento. Valori tratti da BS 5228-2:2009 e Hiller e Crabb (2000).

Operazione	Equazione predittiva	Fattori di scala (probabilità che il valore predetto sia superato)	Intervallo del parametro
Vibrocompattazione (fase stazionaria)	$v_{res} = k_s \sqrt{n_d} \left[\frac{A}{x + L_d} \right]^{1.5}$	$k_s = 75$ (50%) $k_s = 143$ (33.3%) $k_s = 276$ (5%)	$1 \leq n_d \leq 2$ $0.4 \leq A \leq 1.72 \text{ mm}$ $2 \leq x \leq 110 \text{ m}$
Vibrocompattazione (fase di avvio e termine)	$v_{res} = k_s \sqrt{n_d} \left[\frac{A^{1.5}}{(x + L_d)^{1.3}} \right]$	$k_t = 65$ (50%) $k_t = 106$ (33.3%) $k_t = 177$ (5%)	$0.75 \leq L_d \leq 2.2 \text{ m}$
Pali a percussione	$v_{res} \leq k_p \left[\frac{\sqrt{W}}{r^{1.3}} \right]$	Per pali a rifiuto: $k_p = 5$ Per pali non a rifiuto: $1 \leq k_p \leq 3$ a seconda del tipo di terreno (vedi Tabella 4-2:)	$1 \leq L \leq 27 \text{ m}$ $1 \leq x \leq 111 \text{ m}$ (dove $r^2 = L^2 + x^2$) $1.5 \leq W \leq 85 \text{ kJ}$
Pali a vibroinfissione Cfr. Figura 4-1	$v_{res} = \frac{k_v}{x^\delta}$	$k_v = 60$ (50%) $k_v = 126$ (33.3%) $k_v = 266$ (5%)	$1 \leq x \leq 100 \text{ m}$ $1.2 \leq W \leq 10.7 \text{ kJ}$ $\delta = 1.3$ (tutte le operazioni) $\delta = 1.2$ (avviamento e spegnimento) $\delta = 1.4$ (funzionamento a regime)
Compattazione dinamica	$v_{res} \leq 0.037 \left[\frac{\sqrt{W_h}}{x} \right]^{1.7}$		$5 \leq x \leq 100 \text{ m}$ $1.0 \leq W_h \leq 12 \text{ MJ}$
Tunneling (vibrazioni trasmesse dal terreno)	$v_{res} \leq \frac{180}{x^{1.3}}$		$10 \leq r \leq 100 \text{ m}$

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 15 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

<i>Cfr. Figura 4-2</i>			
<i>A</i> , massima ampiezza della vibrazione del tamburo (mm) <i>L</i> , profondità della punta del palo (m) <i>L_d</i> , ampiezza del tamburo rotante (m)		<i>v_{res}</i> , velocità particellare di picco (PPV, mm/s) <i>W</i> , energia nominale del percussore (J) <i>W_c</i> , energia per ciclo (kJ) <i>W_h</i> , energia potenziale del tamper sollevato (J) <i>x</i> , distanza lungo la superficie del terreno (m)	

Tabella 4-2: Valori di k_p per diversi tipi di terreno.

Condizioni del terreno	k_p
Tutti i pali a rifiuto	5
La punta del palo attraversa terreni molto coesivi, densi, con trovanti che ostacolano l'attraversamento del palo	3
La punta del palo non attraversa terreni molto coesivi, densi, riempimenti compattati	1.5
La punta del palo attraversa terreni teneri, sciolti, organici	1

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 16 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

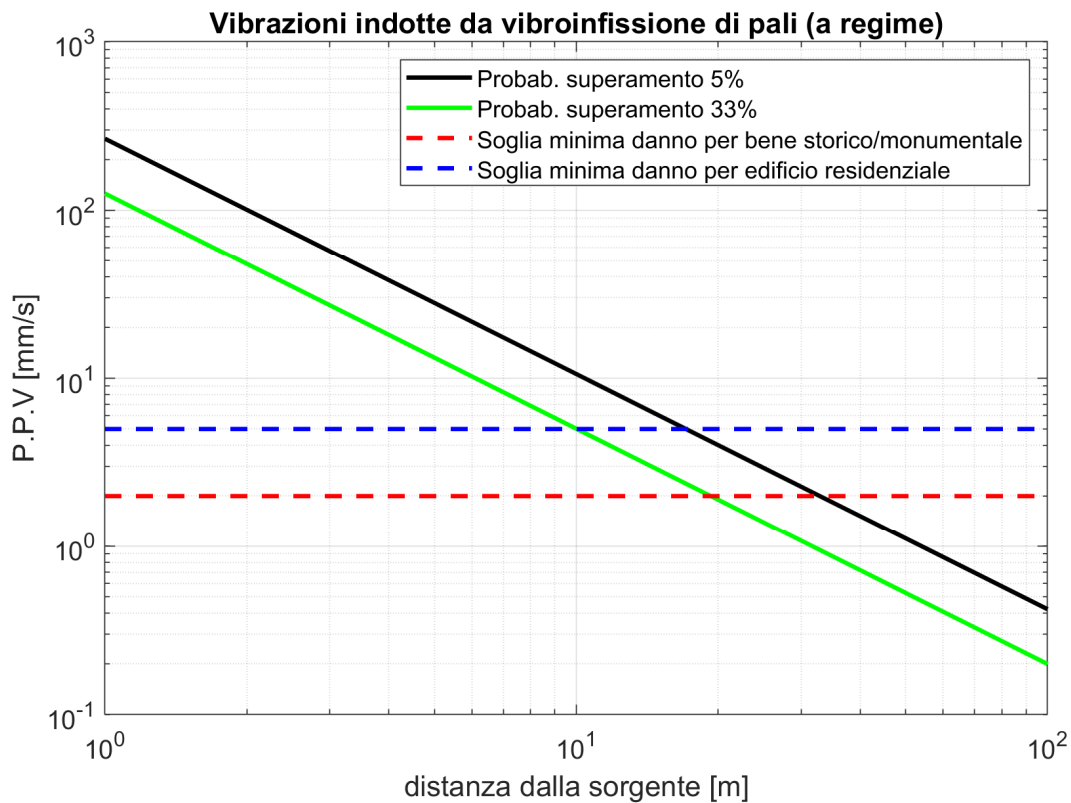


Figura 4-1: Rappresentazione grafica della formula empirica riportata in Tabella 4-1: per il caso dei pali vibroinfissi. Si è usato 10.7 kJ come energia nominale del percussore.

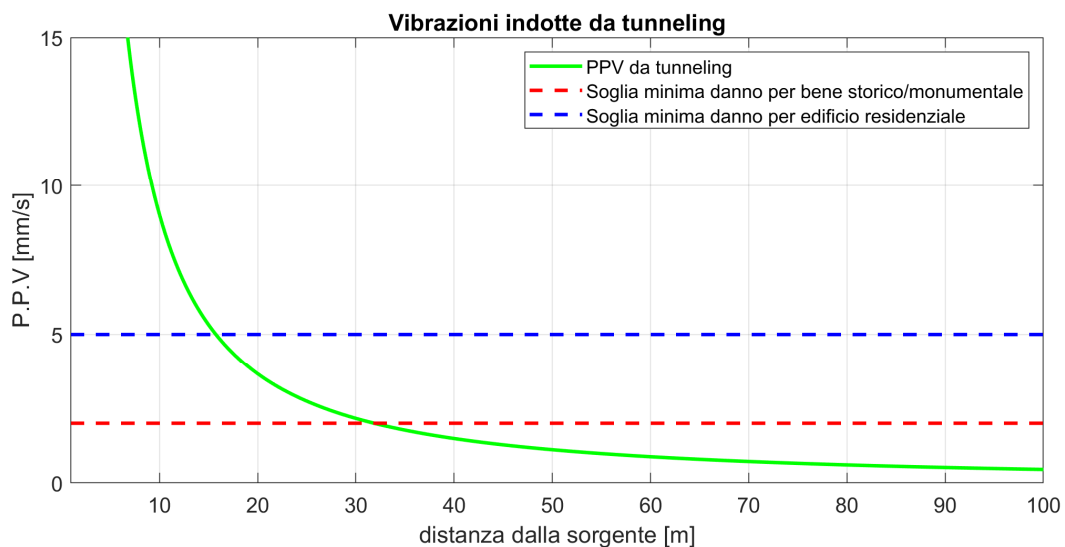


Figura 4-2 Rappresentazione grafica della formula empirica riportata in Tabella 4-1: per il caso delle attività di tunneling.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 17 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Per quanto riguarda le vibrazioni attese durante l'infissione di palancole, queste dipendono chiaramente anche dal tipo di posa in opera che può avvenire per infissione tramite:

- percussore (tramite martelli a caduta libera, martelli diesel ecc.)
- vibro-infissione (il principio è la riduzione dell'attrito palancola-terreno per facilitare l'infissione tramite martello)
- presso-infissione (tramite pressa idraulica, *silent piling*)

Un confronto tra un possibile livello di vibrazioni indotte da sistema a percussione (arancio) contro sistema a presso-infissione (blu), confrontati con le soglie UNI-9916 di danno è dato in Figura 4-3. Si intuisce che il sistema a presso-infissione, ove applicabile, garantisce il minor livello di vibrazioni indotte.

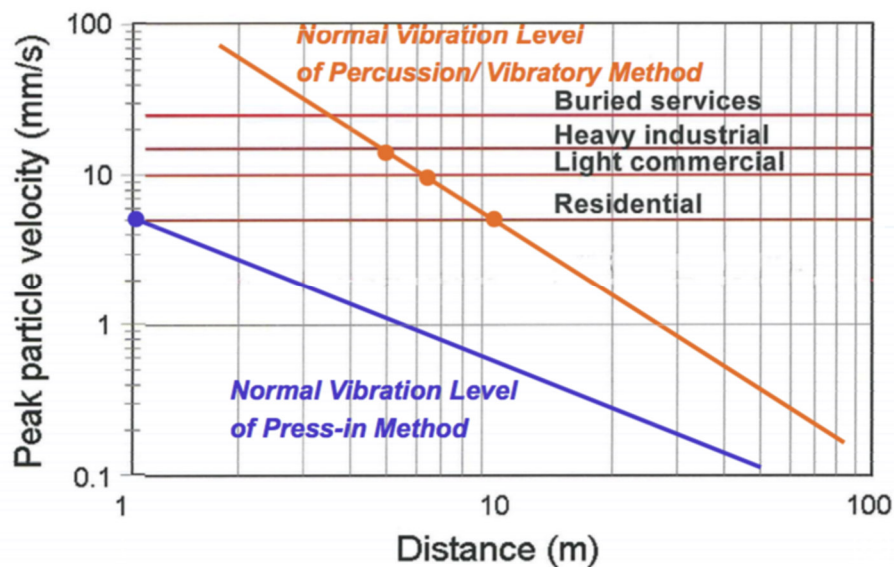


Figura 4-3: Decadimento della velocità particellare di picco con la distanza dalla sorgente per diversi sistemi di infissione di palancole (a percussione o vibroinfissione, in arancio, vs metodo silente a pressa idraulica, in blu) a confronto con i valori tipici di danno per diverse tipologie di strutture (fonte chimin.it).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 18 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

5 METODI PER LA RIDUZIONE DELLE VIBRAZIONI

In questo capitolo riportiamo alcune possibili soluzioni da mettere in pratica per ridurre l'impatto da vibrazioni ove necessario. I suggerimenti elencati nel seguito sono secondari alla cura nella scelta del sistema di avanzamento/infissione, come dettagliato nel Capitolo 4.

Trincee. Una trincea (un taglio nel terreno) interrompe la propagazione diretta delle onde P e S tra la sorgente e il ricevitore. Vi sono tuttavia limiti importanti: la schermatura è efficace solo per vibrazioni in alta frequenza, tali da generare lunghezze d'onda confrontabili o minori con la dimensioni della trincea, e prevalentemente per le onde di superficie (che comunque sono generalmente quelle con maggior ampiezza).

Per essere efficace la trincea dovrebbe essere collocata quanto più possibile in prossimità dei ricevitori e, quando particolarmente profonda, può costituire un pericolo per le persone nel caso di rifluimento, che può essere sostenuto dalle vibrazioni stesse.

Al termine del lavoro la trincea andrà riempita.

Riduzione dell'energia immessa per colpo. Come si desume dalla Tabella 4-1., esiste una dipendenza tra PPV e l'energia immessa da un palo battuto. È pertanto possibile ridurre il livello di vibrazioni immesse diminuendo l'energia al maglio. Per converso saranno necessari un numero maggiore di colpi a energia minore per infiggere i pali alla profondità richiesta. Tale relazione non è necessariamente di tipo lineare.

Si potrà ad esempio iniziare l'infissione a bassa energia e incrementarla progressivamente quando il palo sarà già infisso a profondità superiori. Il compromesso tra numero di colpi e loro energia potrà essere studiato in sito installando un sistema di monitoraggio in prossimità del recettore sensibile o della macchina operatrice.

Riduzione della resistenza alla penetrazione. Quando l'infissione o battitura di un palo rischia di creare eccessive vibrazioni all'intorno, si può valutare la realizzazione di un pre-foro che rimuova parte del terreno che dovrebbe essere, diversamente, spostato nei primi istanti di infissione del palo stesso.

L'uso di fanghi bentonitici, oltre a sostenere il foro, può avere una azione lubrificante e ridurre le vibrazioni immesse nella costruzione dei pali trivellati.

Una modesta quantità di acqua può avere lo stesso effetto su pali infissi.

Uso di vibrator a momento variabile. I vibrator operano per mezzo di masse eccentriche contro-rotanti, disposte in modo che le forze dinamiche generate dalla loro rotazione siano allineate in senso verticale. Durante l'avvio e l'arresto delle operazioni, la frequenza rotazionale varia continuamente e si osserva generalmente che le vibrazioni sono maggiori durante i momenti di avvio e rallentamento che durante la vibrazione stazionaria.

In generale, oltre ad usare dispositivi tali per cui le masse eccentriche diano risultanti opposte in verso durante le fasi di avvio ed arresto, bilanciandosi, è sempre opportuno valutare anche l'intervallo di frequenze prodotto dai sistemi vibranti e confrontarlo con le frequenze caratteristiche dei terreni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 19 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Hiller e Crabb (2000) e Castellaro et al., (2013) hanno infatti mostrato che le armoniche prodotte da una sorgente che siano prossime alle armoniche esaltate dal sottosuolo (frequenze di risonanza) vengono trasmesse a distanze maggiori rispetto alla sorgente delle altre.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 20 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

6 RECETTORI RAPPRESENTATIVI

Per il progetto in esame, oltre alle normali attività di scavo, le attività che potranno generare vibrazioni sono costituite da:

- attività di infissione palancole per la realizzazione dei pozzi di spinta in corrispondenza dei punti di entrata ed uscita dei Microtunnel;
- infissione di paratie di pali e micropali nell'ambito delle opere di sostegno (queste ultime sono attualmente previste solo in alcuni tratti di cresta, isolati e distanti da potenziali recettori),
- attività di perforazione dei Microtunnel;

Nello specifico, i recettori interessati da microtunnel, muovendosi dal mare verso l'entroterra, sono denominati:

- Approdo MT costiero (Comune di Vado Ligure);
- MT SS1 (Comune di Vado Ligure);
- MT Tangenziale (Comuni di Vado Ligure e Quiliano);
- MT FS/Piazzale (Comune di Quiliano);
- MT Throwers (Comune di Quiliano);
- MT Swaami Gitananda (Comune di Altare);
- MT Bragno (Comune di Cairo Montenotte);
- MT SP29 (Comune di Cairo Montenotte);
- MT XXV Aprile (Comune di Cairo Montenotte).

Per questo tipo di attività, come indicato nel Capitolo 4, sono state indicate come distanze di attenzione quelle riassunte in Tabella 6-1:. Per semplicità adotteremo un unico limite cautelativo di 15 m per edilizia residenziale e industriale e 35 m per beni monumentali/storici.

Tabella 6-1: Riassunto delle distanze di attenzione per possibile superamento dei livelli di vibrazione potenzialmente dannosi per le strutture.

Attività	Distanza di attenzione	
	Per bene storico/monumentale	Per edilizia residenziale
Infissione pali e palancole	35 m	15 m
Tunneling	32 m	15 m

Si procede quindi alla valutazione delle aree onshore interessate dal progetto sia nella fase di cantierizzazione e realizzazione dell'opera (inclusa la dismissione del metanodotto esistente "Cairo Montenotte – Savona DN300" a valle della messa in esercizio della nuova linea), sia nella successiva fase di esercizio. Per ciascun recettore ubicato in tali aree verrà evidenziato se si trovi ad una distanza tale da essere potenzialmente impattato dall'opera, in ogni sua fase sia realizzativa sia operativa.

Nell'ambito dell'attività di censimento, è stato inoltre effettuato il confronto con gli strumenti urbanistici disponibili, che ha consentito di verificare l'eventuale presenza di zone di espansione

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 21 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

residenziale e/o di aree destinate a parchi, aree ricreative o ad uso sociale e di aree cimiteriali, all'interno della fascia di analisi individuata.

In parallelo alle analisi da potenziale disturbo acustico, anche in questa analisi si mantiene la classificazione dei recettori censiti anche sulla base della destinazione d'uso e nello specifico:

- ✓ Residenziale e assimilabili: classe rappresentata sia da edifici ad esclusivo uso residenziale, sia da quelli di tipo misto, aventi attività commerciali al piano terra e abitazioni nei restanti piani, nonché da alberghi e/o simili;
- ✓ Sensibile ad uso scolastico (asili, scuole ed istituti impartiti prevalentemente durante l'orario diurno);
- ✓ Sensibile ad uso sanitario (ospedali e case di cura/riposo);
- ✓ Monumentale e religioso (edifici di valenza culturale e storica);
- ✓ Terziario: comprendente attività di commercio, uffici, servizi e ricreative;
- ✓ Produttivo: comprendente attività industriali, artigianali ed attività agricole medio-grandi;

Per le aree di cantiere lungolinea sono stati individuati i recettori residenziali prossimi alle attività di cantiere.

Si procede all'analisi prima delle aree di interconnessione offshore onshore e della aree di impianto, poi delle aree di cantiere.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 22 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

6.1 Comune di Vado Ligure

In Figura 6-1 e Tabella 6-2 sono riportati lo stralcio dell'area di censimento e la tabella di sintesi dei recettori individuati entro una fascia di 100 m dall'area di approdo, punto di connessione tra il metanodotto offshore e onshore della linea di collegamento alla Rete Gas Nazionale, individuata nel comune di Vado Ligure.

In quest'area, se saranno previste opere che prevedono immissione di vibrazioni come descritto al Capitolo 2, che prevedono infissione o scavo mediante vibrazioni, l'unico recettore per il quale andrà eventualmente previsto un monitoraggio sarà l'edificio VAD-2 (in arancione in Tabella 6-2). Questo in funzione delle attività di cantiere che saranno effettivamente progettate nel suo intorno.

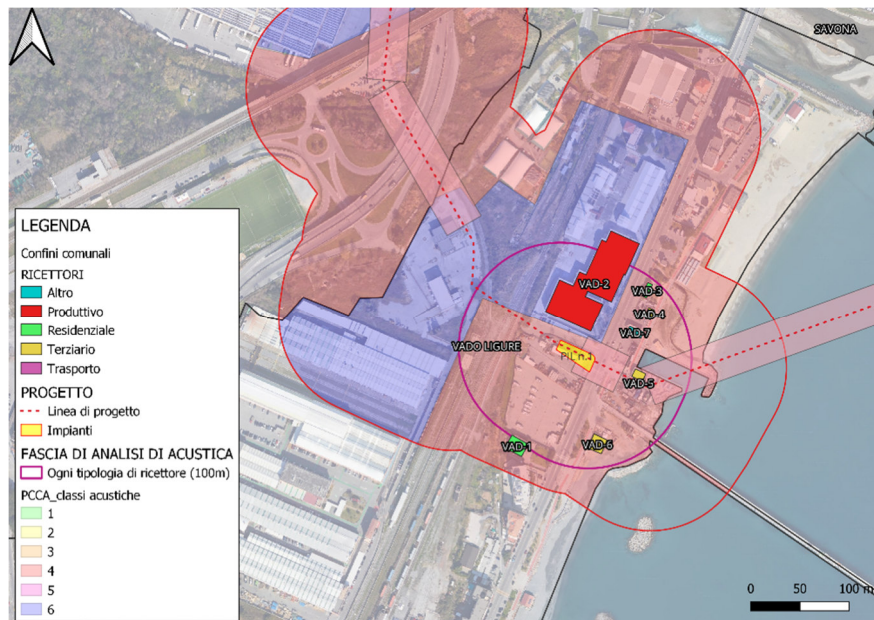


Figura 6-1: Recettori individuati nell'intorno dell'area di connessione offshore/onshore, Comune di Vado Ligure.

Tabella 6-2: Tabella recettori censiti nell'area di connessione offshore/onshore, Comune di Vado Ligure. In arancione è indicato il recettore che sta in parte entro 35 m dalla zona di prevista cantierizzazione e per il quale potrebbe, in funzione delle opere previste, essere necessario un monitoraggio.

Caratteristiche recettore		
Codice ID	Destinazione d'uso	N° Piani
VAD-1	Residenziale	3
VAD-2	Produttivo	2
VAD-3	Residenziale	1

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 23 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Caratteristiche recettore		
Codice ID	Destinazione d'uso	N° Piani
VAD-4	Terziario	1
VAD-5	Terziario	1
VAD-6	Terziario	1
VAD-7	Altro	1

6.2 Comune di Quiliano - Impianto PDE

In Figura 6-2 e Tabella 6-3 sono riportati lo stralcio dell'area di censimento e la tabella di sintesi dei recettori individuati entro una fascia di 100 m dall'impianto PDE, compreso tra il torrente Quiliano, a nord est, aree agricole ed orti ad ovest ed il centro abitato della frazione di Valleggia Superiore a sud.

In quest'area, se saranno previste opere che prevedono immissioni di vibrazioni come descritto al Capitolo 2, che prevedono infissione o scavo mediante vibrazioni, i ricettori per i quali andrà eventualmente previsto un monitoraggio vibrazionale saranno QUI-02; QUI-07; QUI-08 e QUI-10 (residenziali).

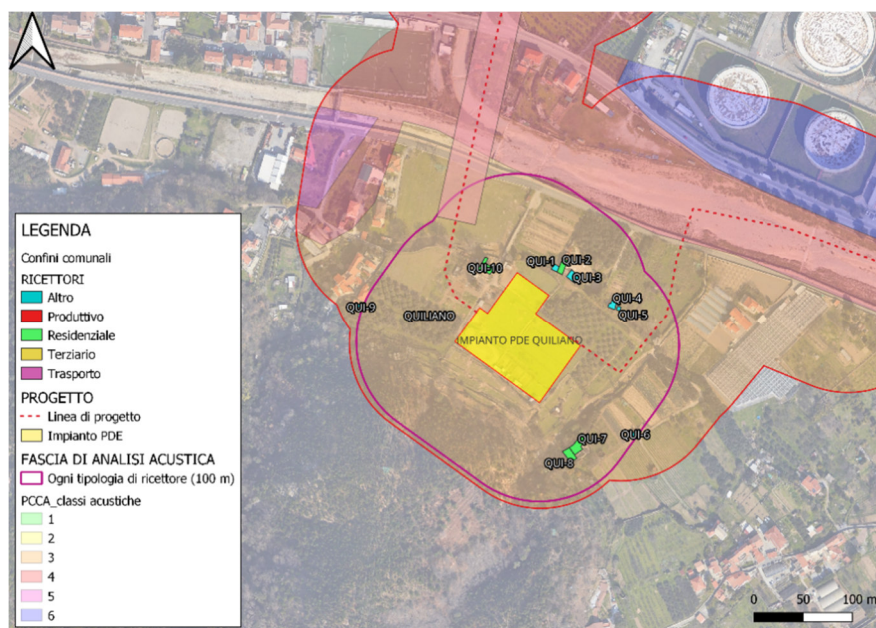


Figura 6-2: Recettori individuati nell'intorno dell'area di Impianto PDE, Comune di Quiliano.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 24 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Tabella 6-3: Tabella recettori censiti dell'area di Impianto PDE, Comune di Quiliano. In questa zona non si individuano recettori potenzialmente soggetti a danno da vibrazioni immesse.

Caratteristiche ricettore			
Codice ID	Comune	Destinazione d'uso	N° Piani
QUI-01	Quiliano	Altro	1
QUI-02	Quiliano	Residenziale	2
QUI-03	Quiliano	Altro	1
QUI-04	Quiliano	Altro	1
QUI-05	Quiliano	Altro	1
QUI-06	Quiliano	Altro	1
QUI-07	Quiliano	Residenziale	2
QUI-08	Quiliano	Residenziale	3
QUI-09	Quiliano	Altro	1
QUI-10	Quiliano	Residenziale	3

6.3 Comune di Cairo Montenotte - Impianto trappole e interconnessione finale

In Figura 6-3 sono riportati lo stralcio dell'area di censimento con evidenza dell'assenza di recettori individuati entro una fascia di 100 m dall'impianto trappole di regolazione e di interconnessione finale sito nel comune di Cairo Montenotte.

In quest'area non risultano recettori, di conseguenza, non vi sono ricettori sensibili entro 35 m di distanza dal previsto cantiere.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 25 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

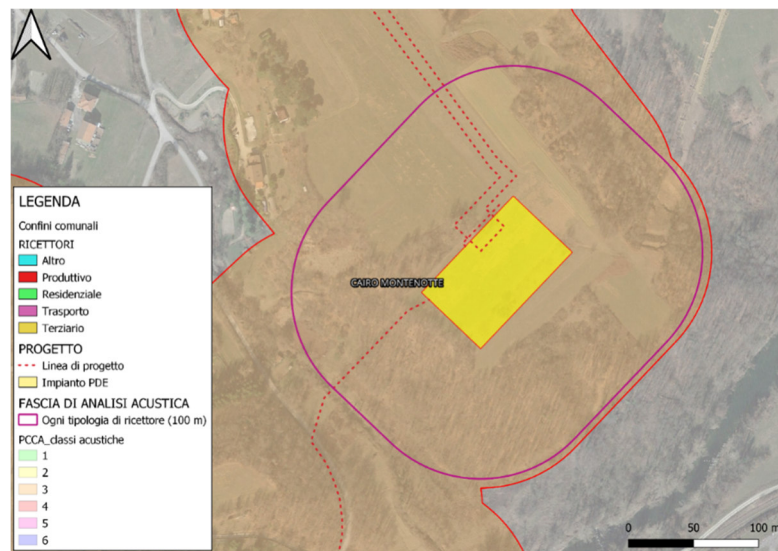


Figura 6-3: Recettori individuati nell'intorno dell'area dell'Impianto trappole e di interconnessione finale, comune di Cairo Montenotte.

6.4 Cantieri Realizzazione linea

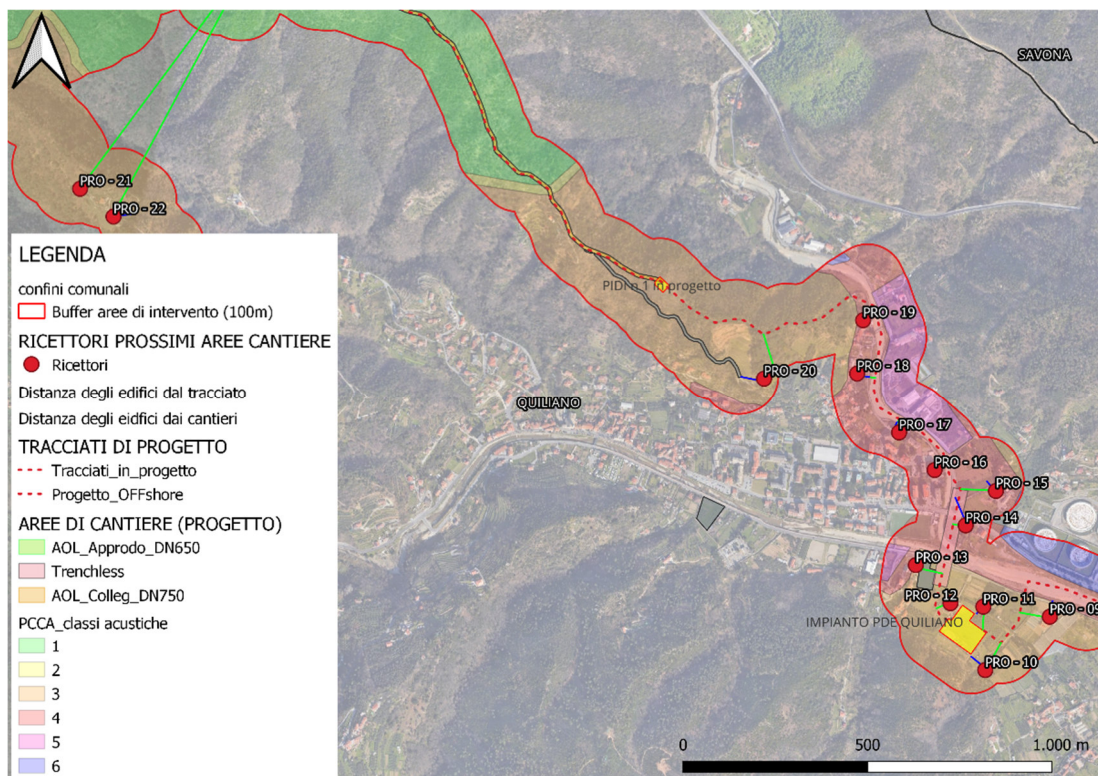
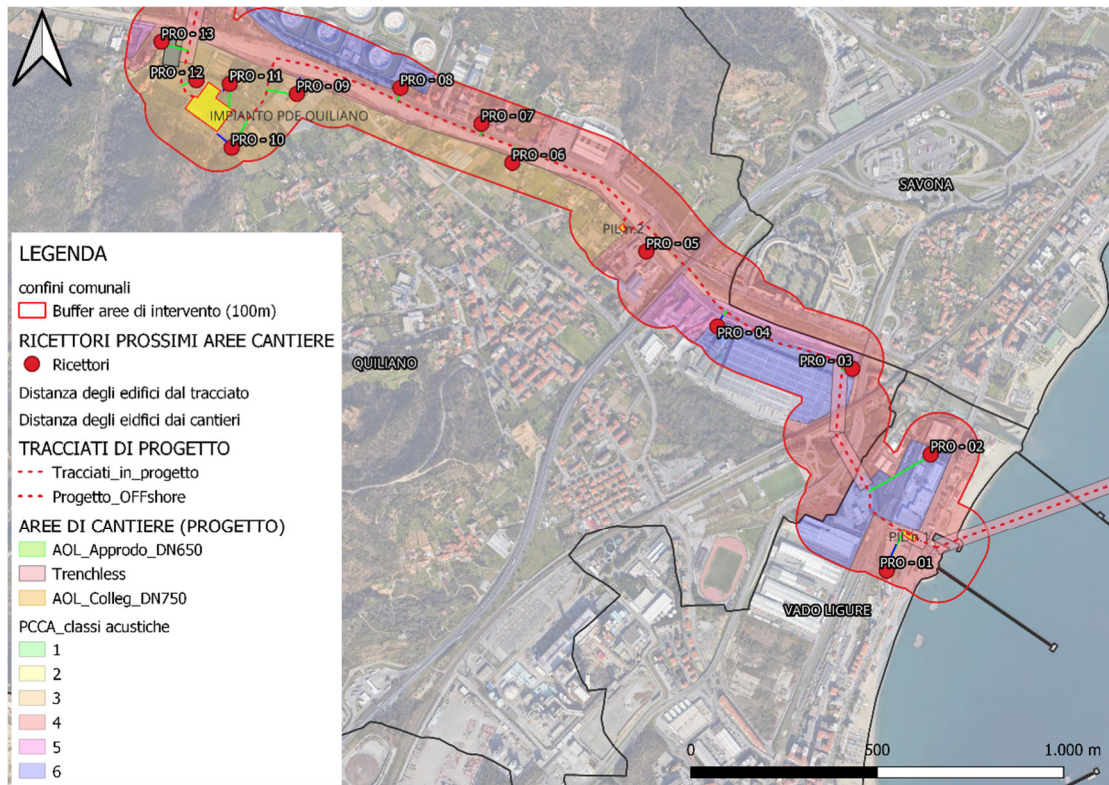
In Figura 6-4 e Tabella 6-4 sono indicati i recettori residenziali più vicini alle aree di cantiere.

I recettori entro 15 m dalla linea di cantiere sono evidenziati in rosso e sono da tutelare e/o monitorare durante le lavorazioni di cantiere, qualora queste prevedano produzione di vibrazioni da infissione, compattazione o scavi come dettagliato nel Capitolo 2.

In arancio sono evidenziati i recettori tra 16 e 35 m di distanza dall'area di cantiere di lungolinea, in quanto rientrano in una fascia di vulnerabilità immediatamente inferiore a quella precedente, come secondo Tabella 6-1:

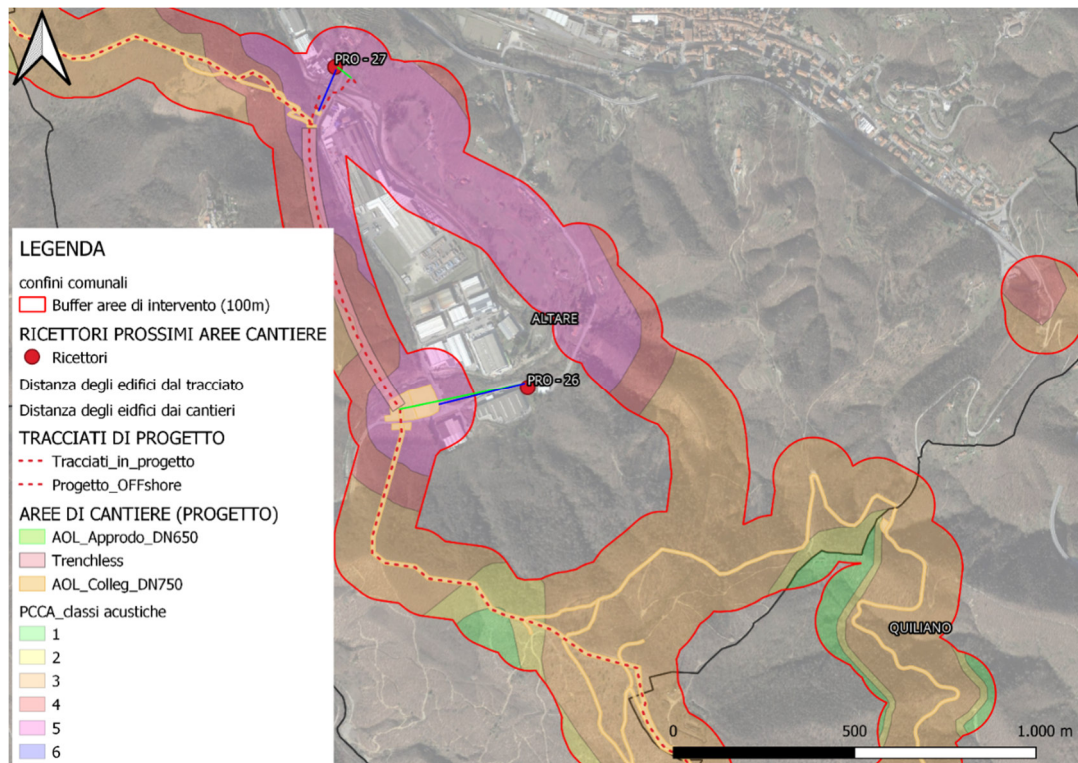
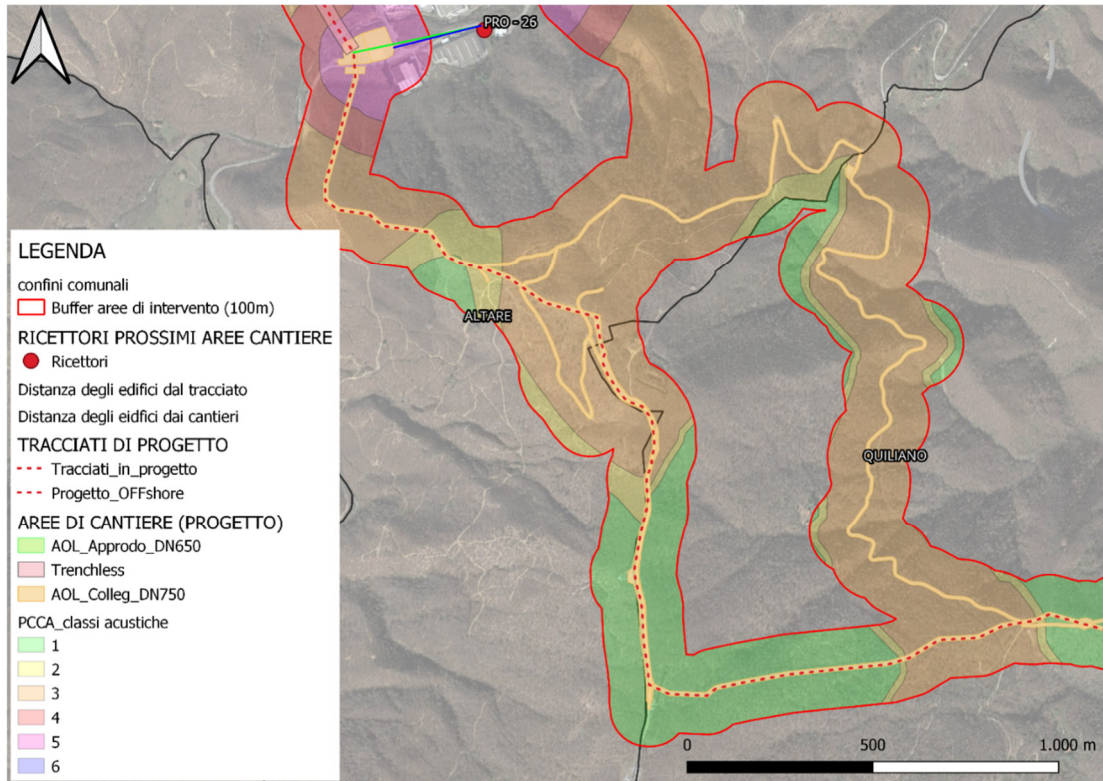
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 26 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



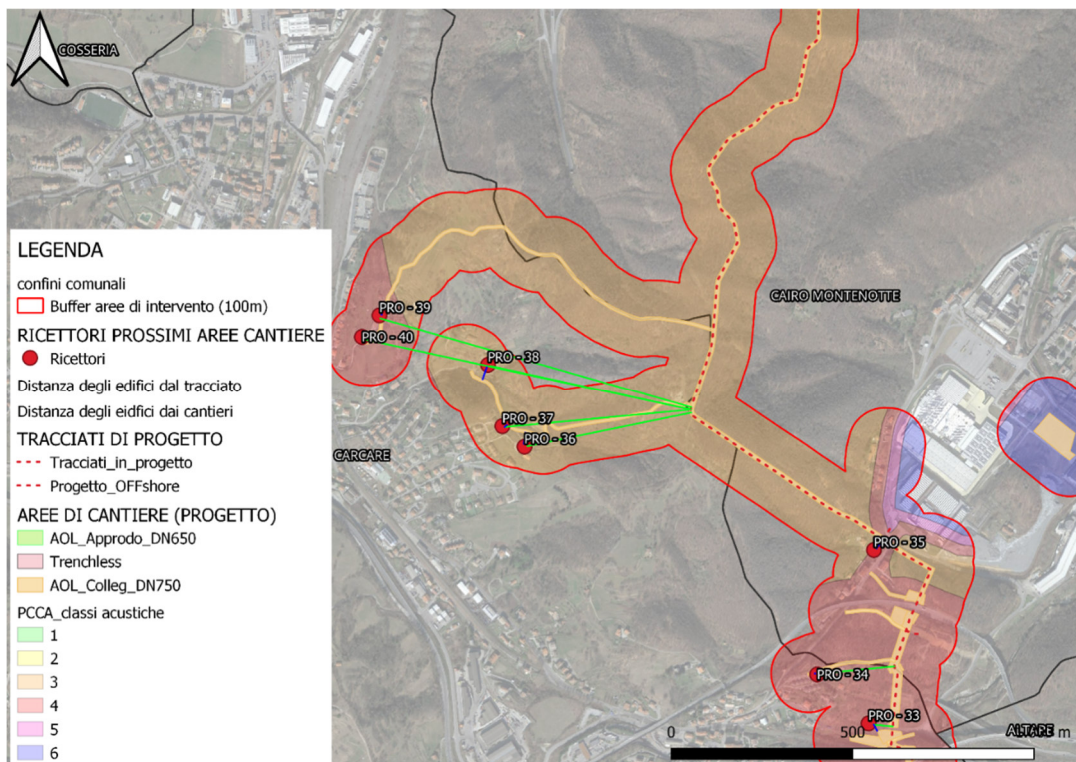
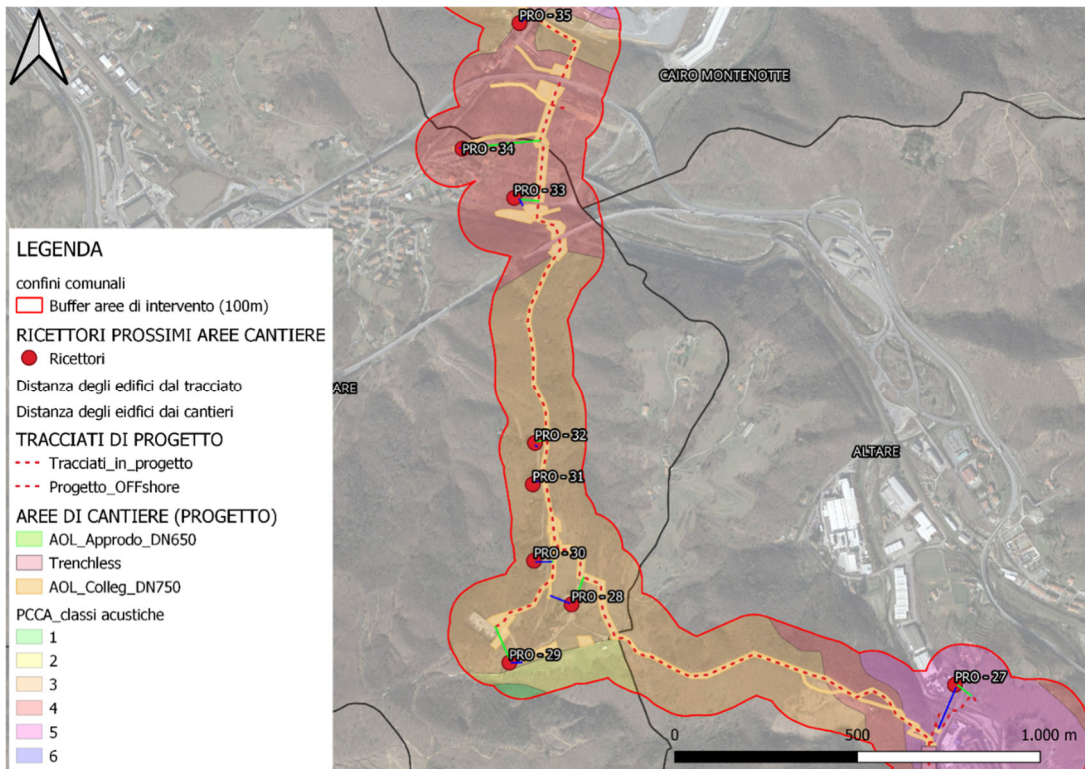
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 27 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



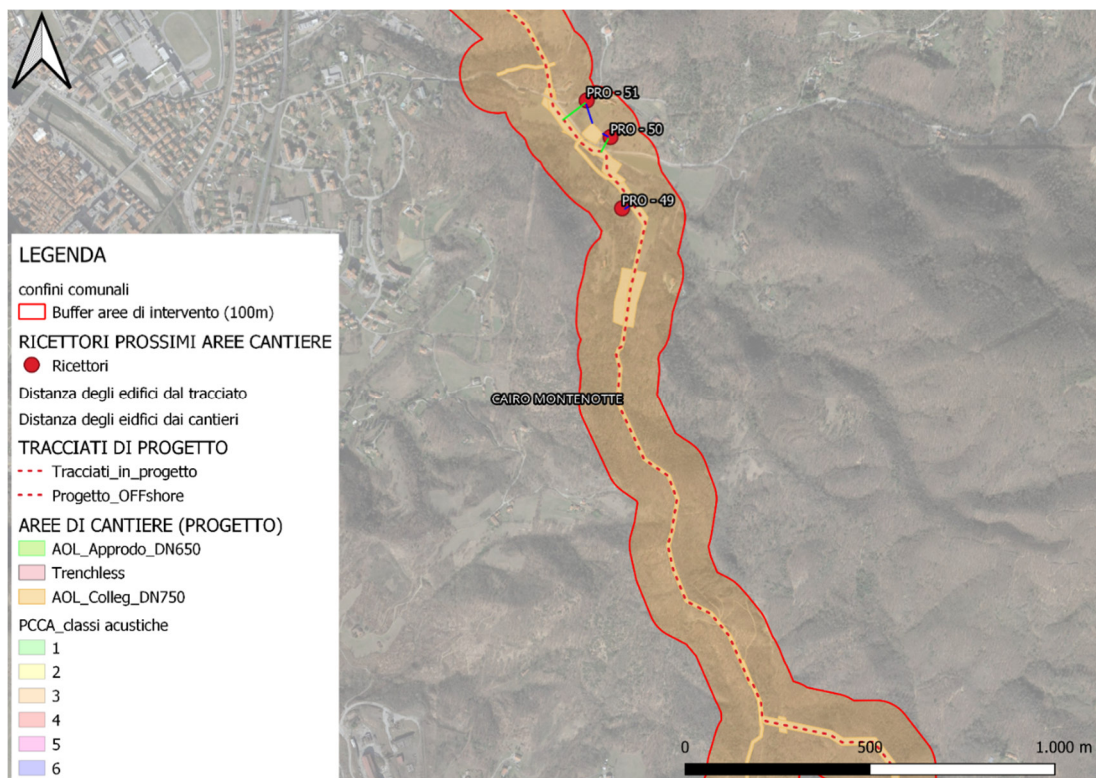
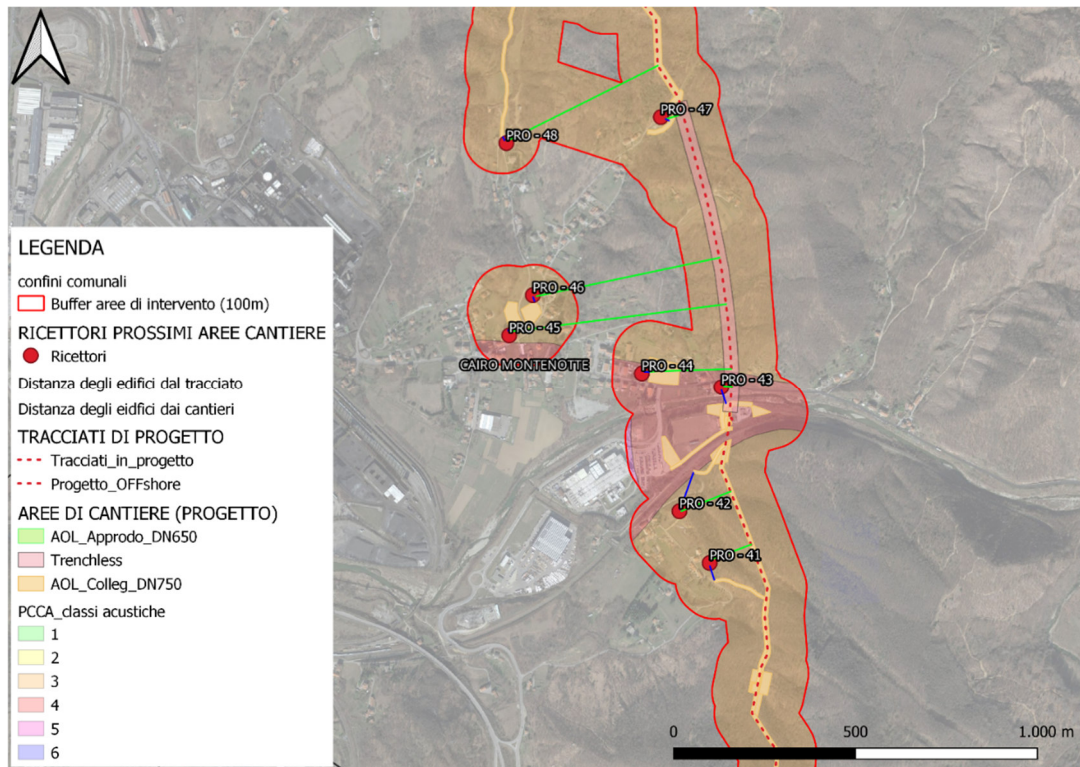
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 28 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 29 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 30 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

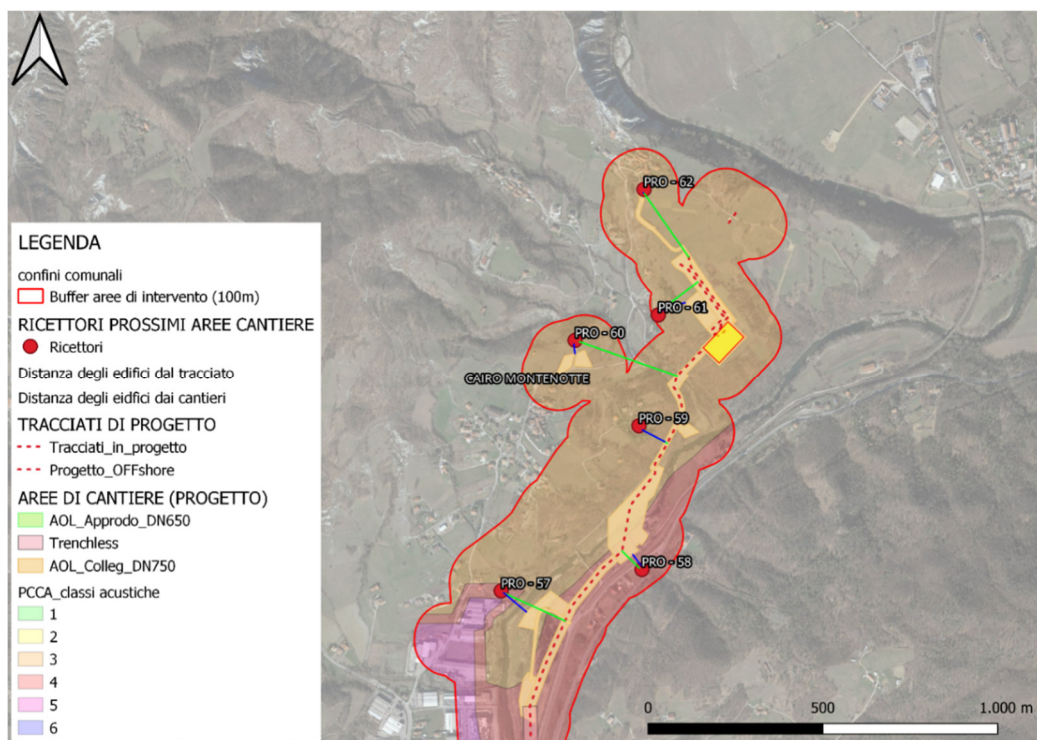
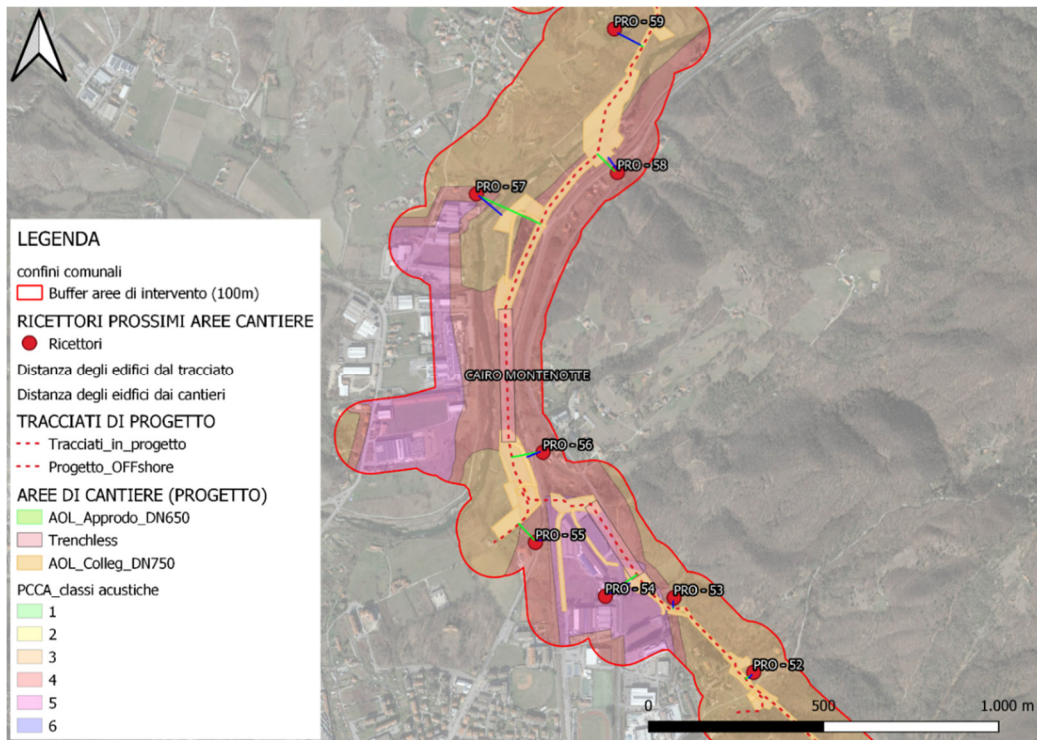


Figura 6-4: Recettori residenziali aree di cantiere lungolinea.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 31 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Tabella 6-4: Tabella recettori residenziali aree di cantiere lungolinea.

Caratteristiche ricettore			
Codice ID	Destinazione d'uso	Distanza dalla linea di progetto (m)	Comune
PRO - 01	Residenziale	104,36	Vado Ligure
PRO - 02	Residenziale	183,21	Vado Ligure
PRO - 03	Residenziale	20,75	Quiliano
PRO - 04	Residenziale	34,26	Quiliano
PRO - 05	Residenziale	41,47	Quiliano
PRO - 06	Residenziale	36,34	Quiliano
PRO - 07	Residenziale	22,54	Quiliano
PRO - 08	Residenziale	28,77	Quiliano
PRO - 09	Residenziale	73,64	Quiliano
PRO - 10	Residenziale	74,05	Quiliano
PRO - 11	Residenziale	55,79	Quiliano
PRO - 12	Residenziale	29,51	Quiliano
PRO - 13	Residenziale	67,95	Quiliano
PRO - 14	Residenziale	31,17	Quiliano
PRO - 15	Residenziale	89,9	Quiliano
PRO - 16	Residenziale	27,2	Quiliano
PRO - 17	Residenziale	23,77	Quiliano
PRO - 18	Residenziale	41,6	Quiliano
PRO - 19	Residenziale	33,54	Quiliano
PRO - 20	Monumentale-Religioso	89,28	Quiliano
PRO - 21	Residenziale	760,86	Quiliano
PRO - 22	Residenziale	775,14	Quiliano
PRO - 26	Residenziale	350,12	Altare
PRO - 27	Residenziale	44,48	Altare
PRO - 28	Residenziale	69,79	Carcare
PRO - 29	Residenziale	98,85	Carcare
PRO - 30	Residenziale	46,06	Carcare
PRO - 31	Residenziale	33	Carcare
PRO - 32	Residenziale	26,06	Carcare
PRO - 33	Residenziale	52,39	Carcare

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 32 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Caratteristiche ricettore			
Codice ID	Destinazione d'uso	Distanza dalla linea di progetto (m)	Comune
PRO - 34	Residenziale	206,65	Carcare
PRO - 35	Residenziale	30,21	Cairo Montenotte
PRO - 36	Residenziale	459,3	Carcare
PRO - 37	Residenziale	515,84	Carcare
PRO - 38	Residenziale	564,5	Carcare
PRO - 39	Residenziale	891,24	Carcare
PRO - 40	Residenziale	923,84	Carcare
PRO - 41	Residenziale	120,49	Cairo Montenotte
PRO - 42	Residenziale	145	Cairo Montenotte
PRO - 43	Residenziale	21,71	Cairo Montenotte
PRO - 44	Residenziale	238,47	Cairo Montenotte
PRO - 45	Residenziale	591,92	Cairo Montenotte
PRO - 46	Residenziale	513,28	Cairo Montenotte
PRO - 47	Residenziale	48,89	Cairo Montenotte
PRO - 48	Residenziale	458,53	Cairo Montenotte
PRO - 49	Residenziale	24,15	Cairo Montenotte
PRO - 50	Residenziale	38,32	Cairo Montenotte
PRO - 51	Residenziale	73,08	Cairo Montenotte
PRO - 52	Residenziale	20,12	Cairo Montenotte
PRO - 53	Residenziale	20,93	Cairo Montenotte
PRO - 54	Residenziale	98,12	Cairo Montenotte
PRO - 55	Residenziale	62,27	Cairo Montenotte
PRO - 56	Residenziale	81,31	Cairo Montenotte
PRO - 57	Residenziale	192,55	Cairo Montenotte
PRO - 58	Residenziale	68,16	Cairo Montenotte

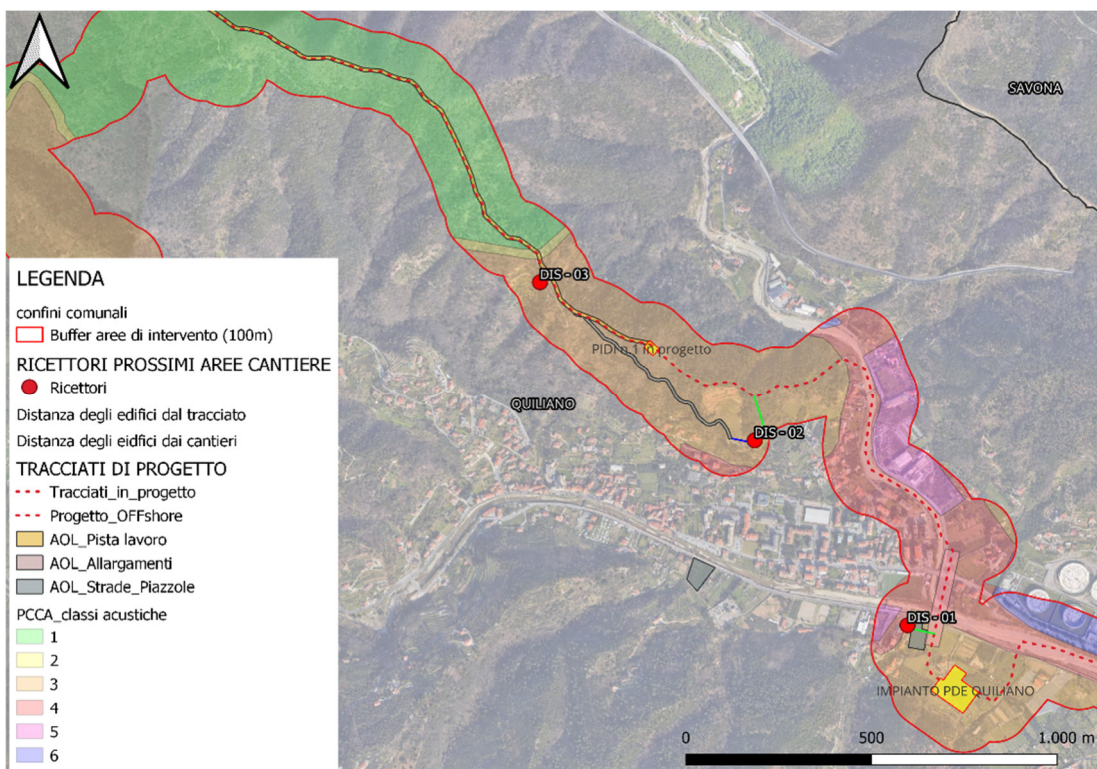
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 33 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Caratteristiche ricettore			
Codice ID	Destinazione d'uso	Distanza dalla linea di progetto (m)	Comune
PRO - 59	Residenziale	79,68	Cairo Montenotte
PRO - 60	Residenziale	295,87	Cairo Montenotte
PRO - 61	Residenziale	137,13	Cairo Montenotte
PRO - 62	Residenziale	222,54	Cairo Montenotte

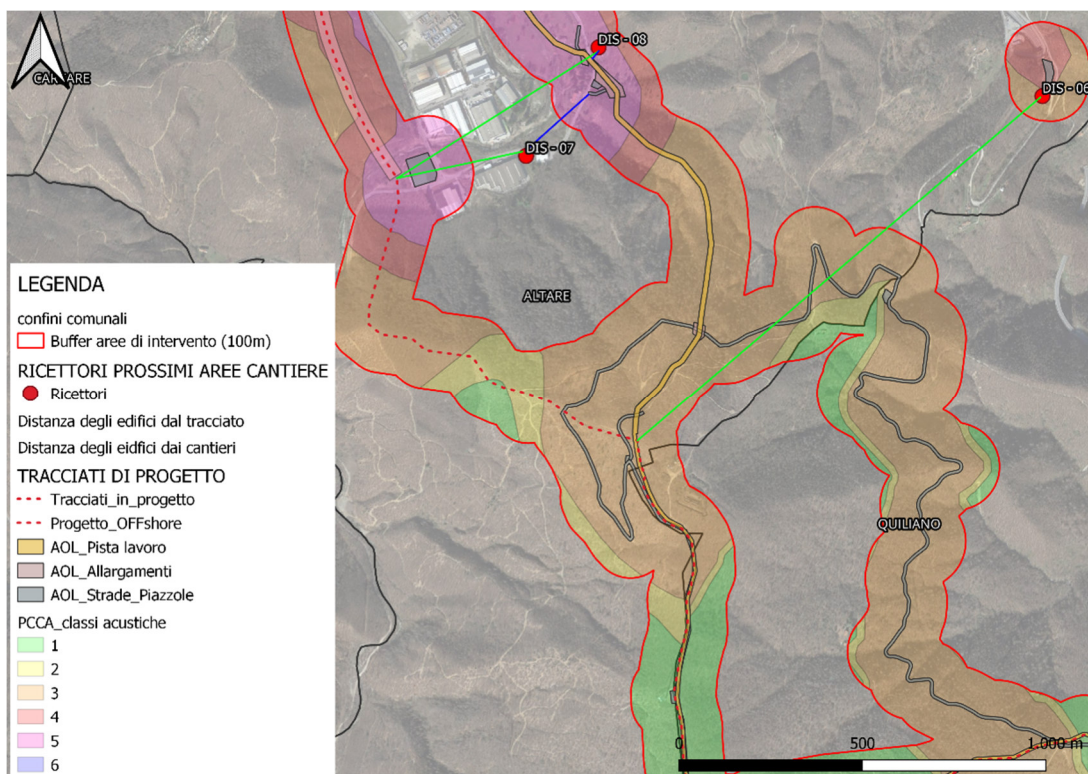
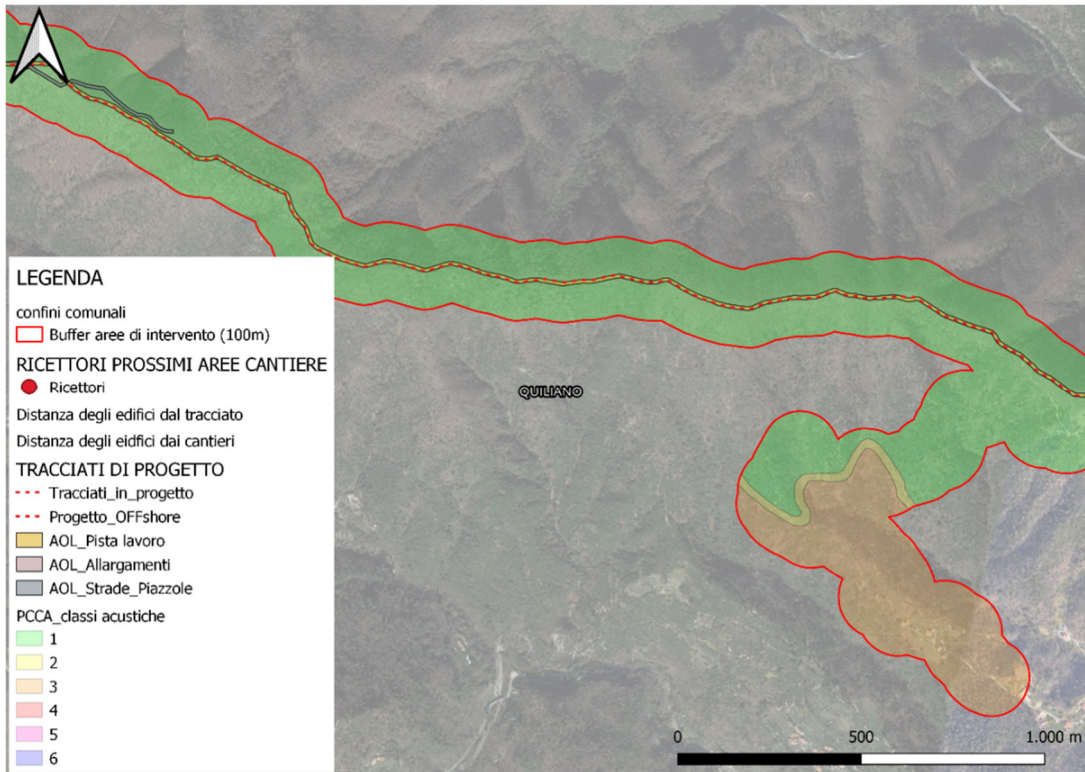
In sintesi, vi sono 16 recettori ubicati tra 20 e 35 m dalle aree di cantiere lungolinea di progetto.

6.5 Cantieri in dismissione



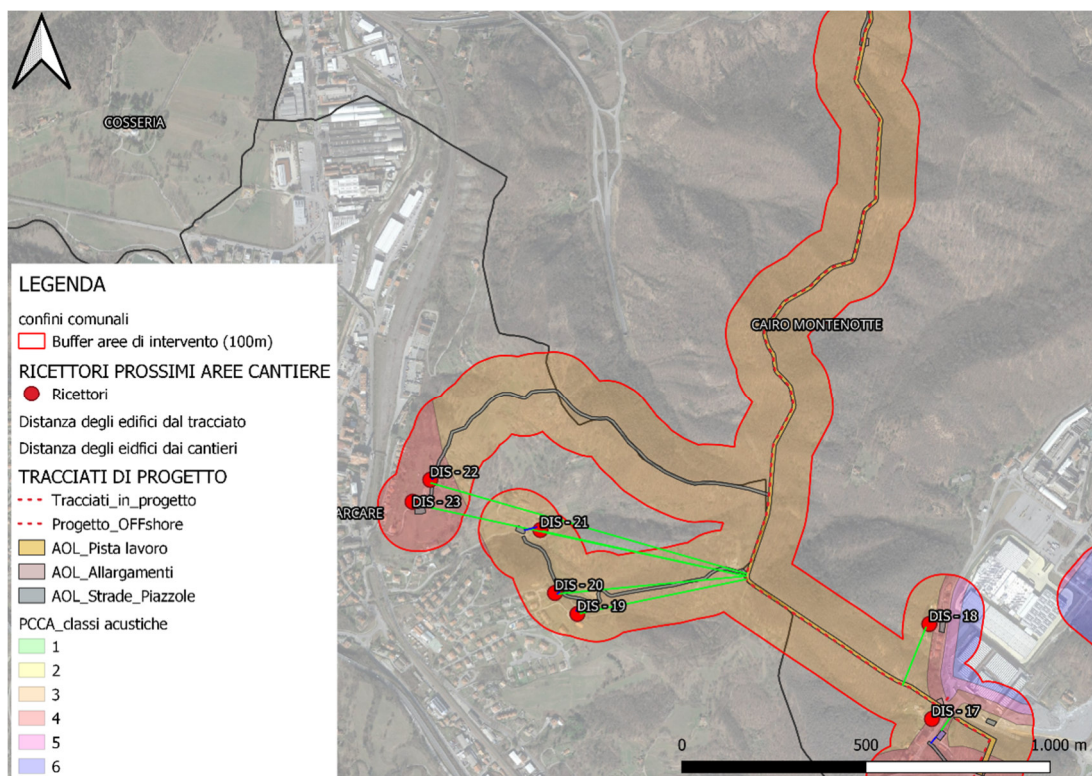
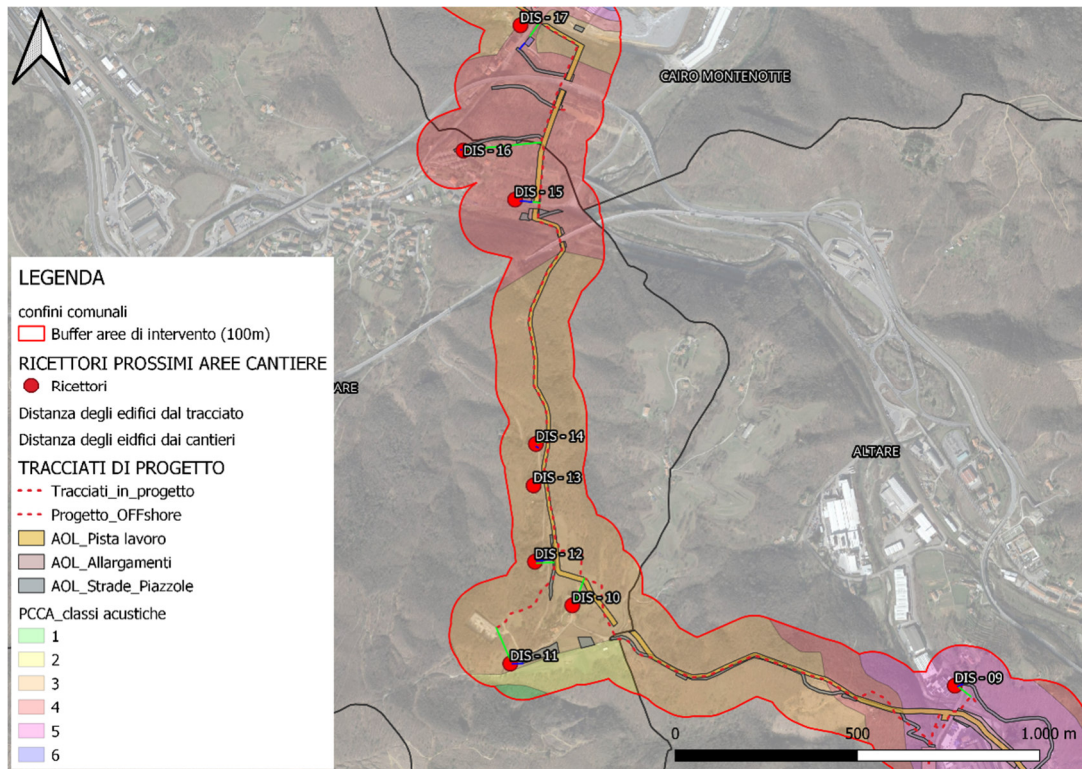
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 34 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



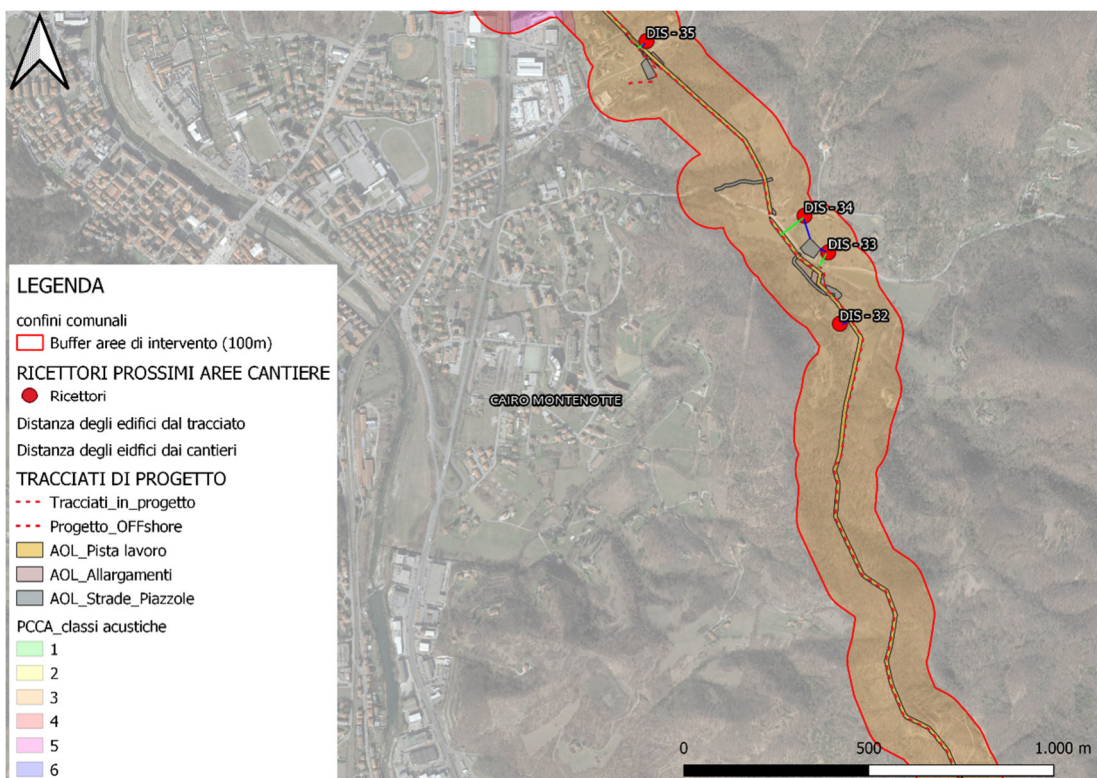
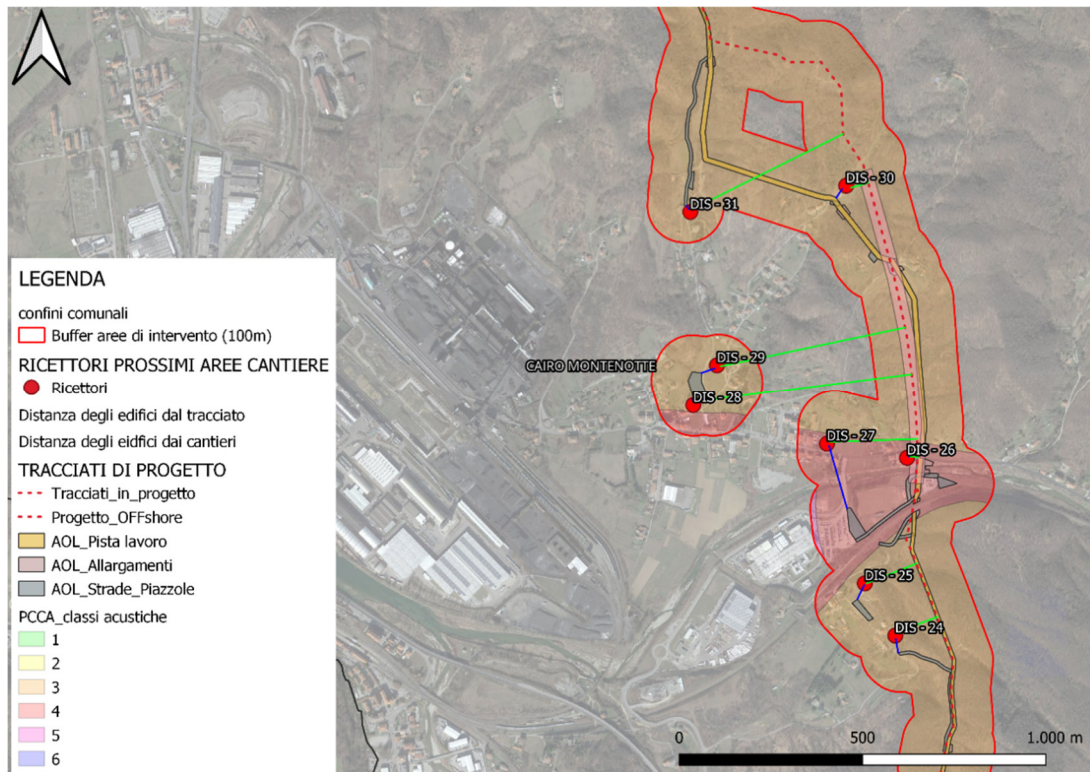
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 35 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



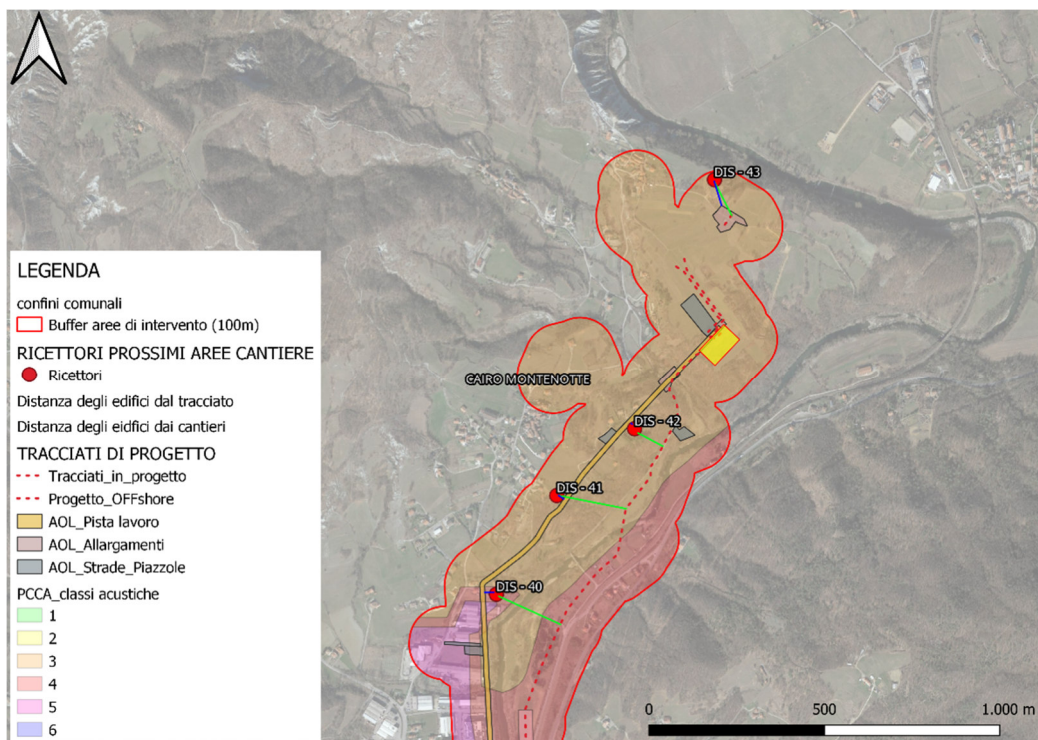
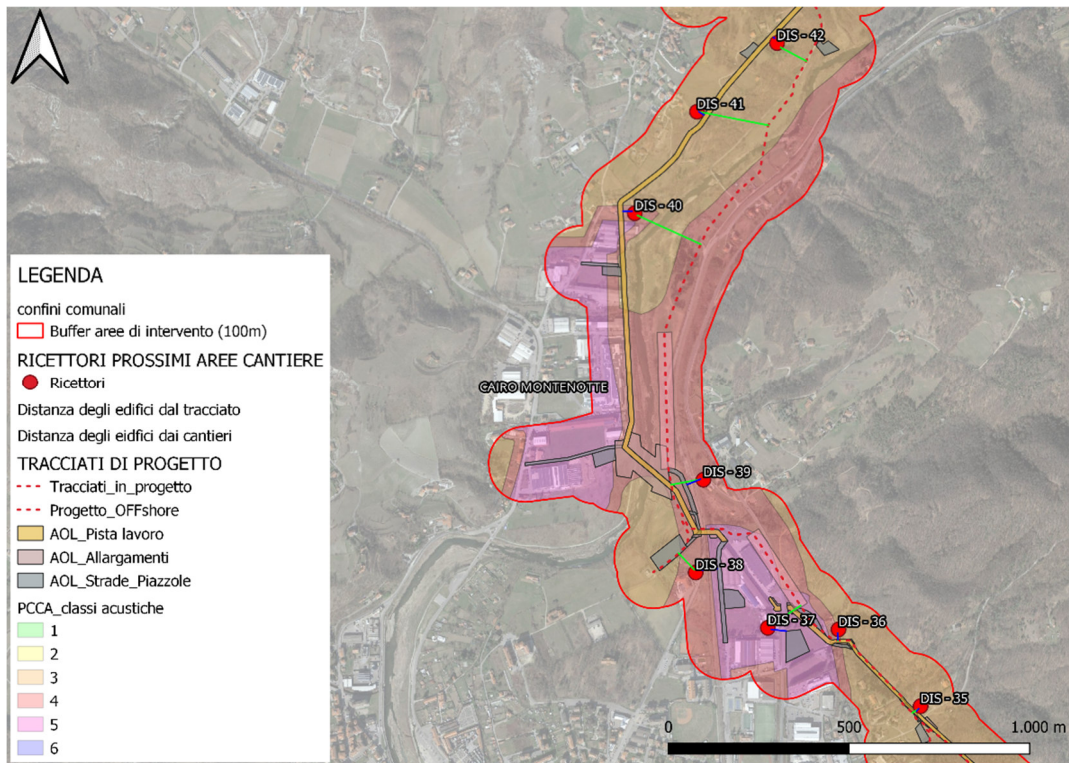
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 36 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 37 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



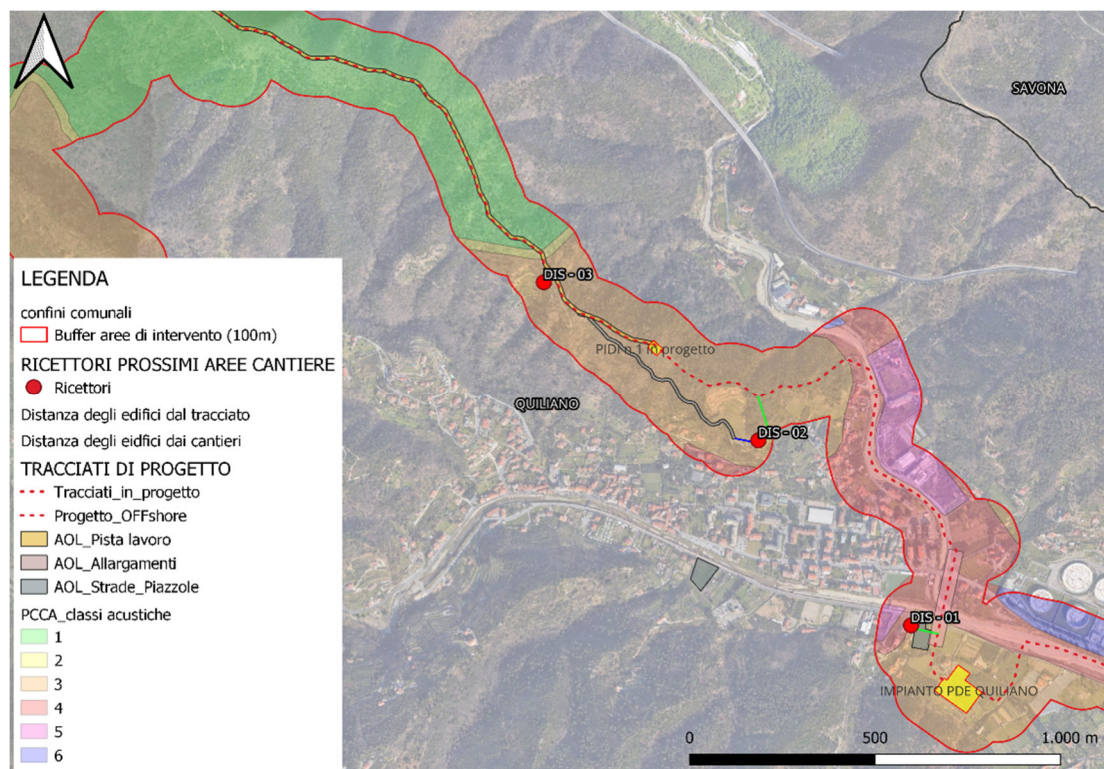
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 38 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Figura 6-5 e Tabella 6-5 sono indicati i recettori residenziali più vicini alle aree di cantiere previste in fase di dismissione. In Tabella 6-5 tali recettori sono indicati congiuntamente alla distanza dal cantiere.

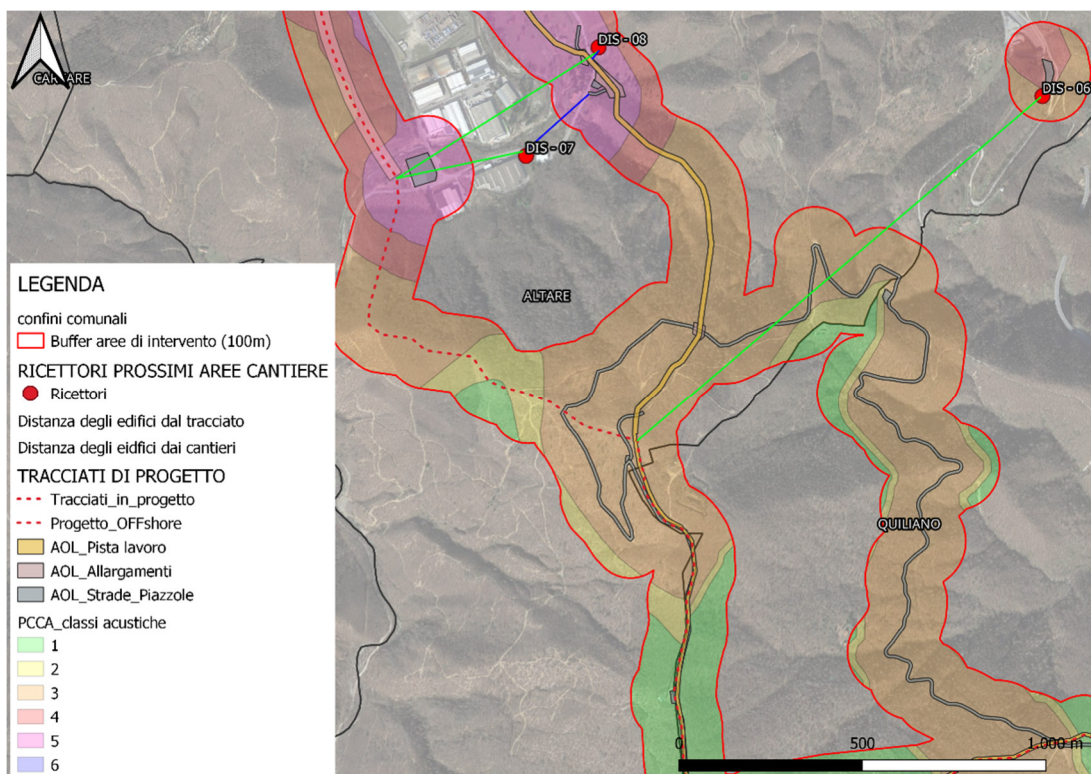
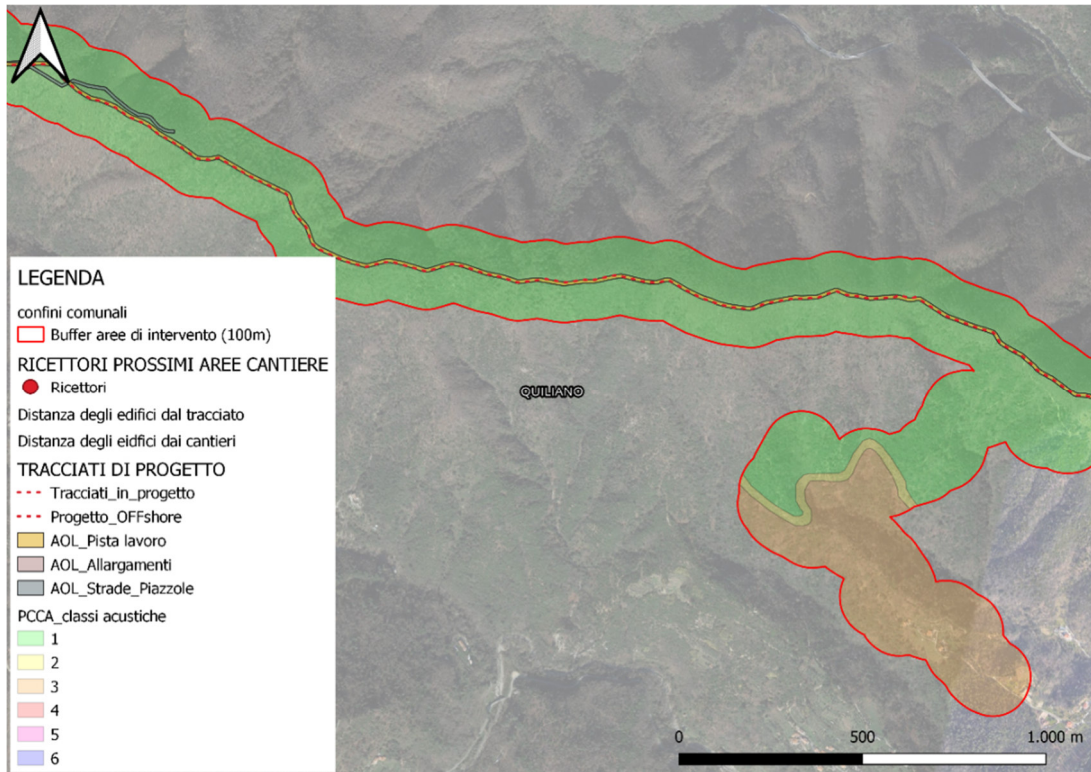
I recettori entro 15 m dalla linea di cantiere sono evidenziati in rosso e sono da tutelare e/o monitorare durante le lavorazioni di cantiere, qualora queste prevedano produzione di vibrazioni da infissione, compattazione o scavi come dettagliato nel Capitolo 2.

In arancio sono evidenziati i recettori tra 16 e 35 m di distanza dalla linea di cantiere, in quanto rientrano in una fascia di vulnerabilità immediatamente inferiore a quella precedente, come secondo Tabella 6-1:



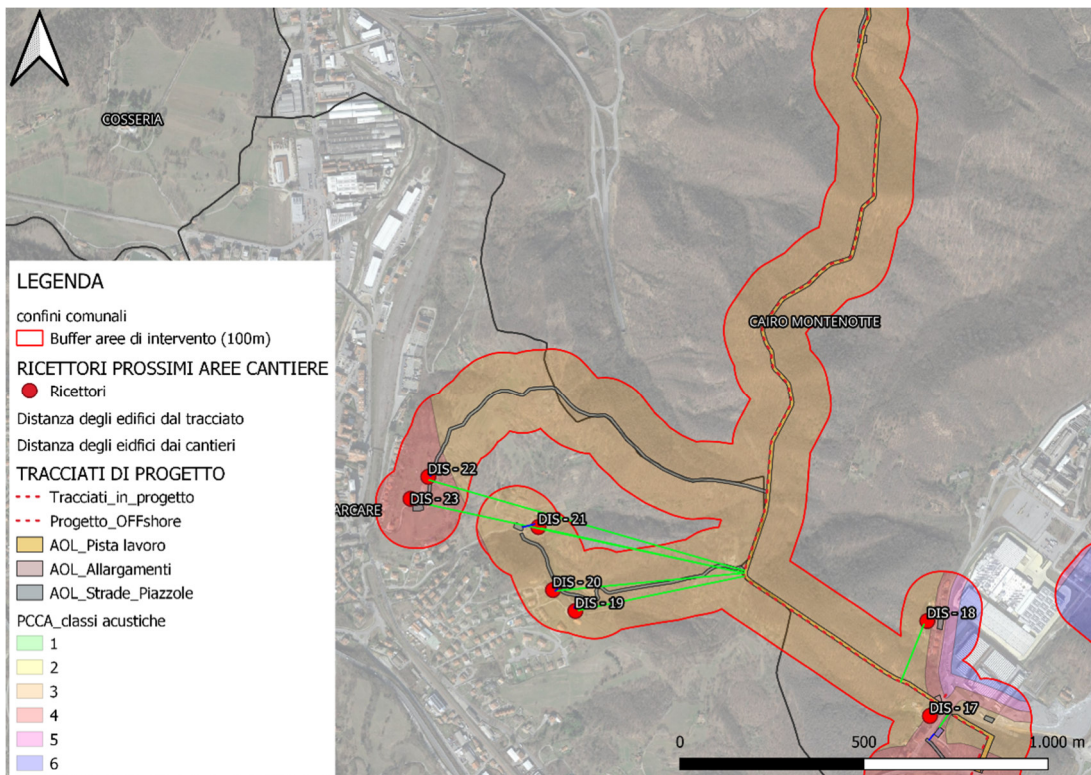
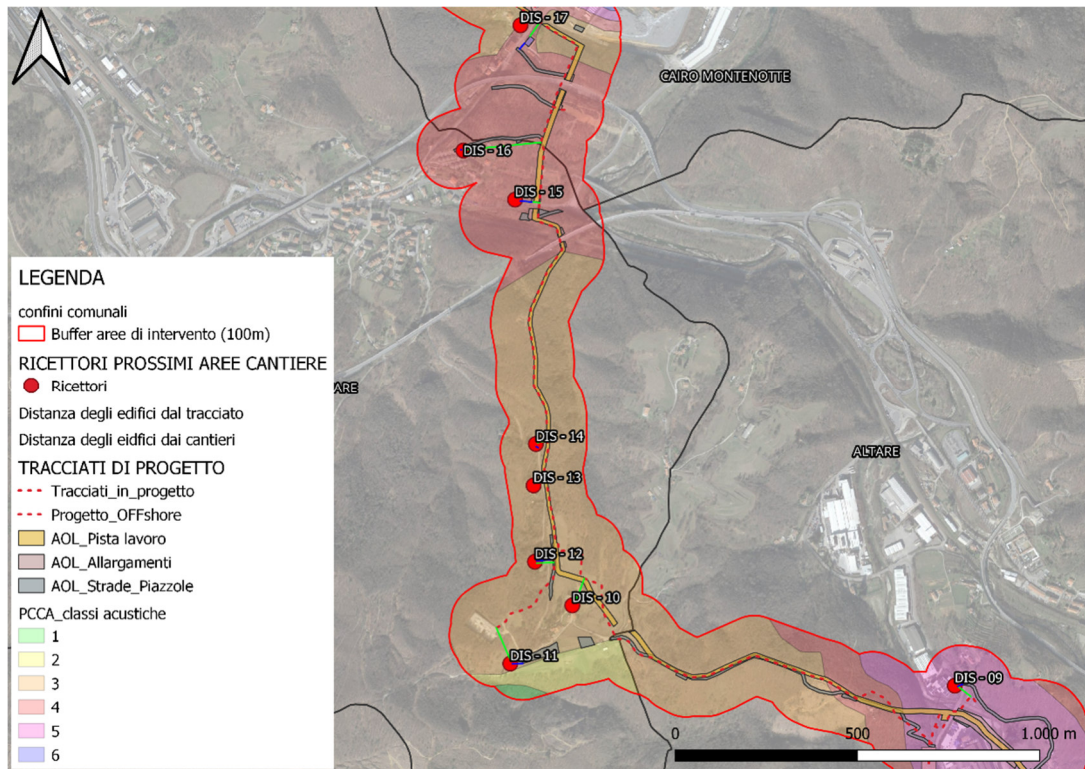
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 39 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



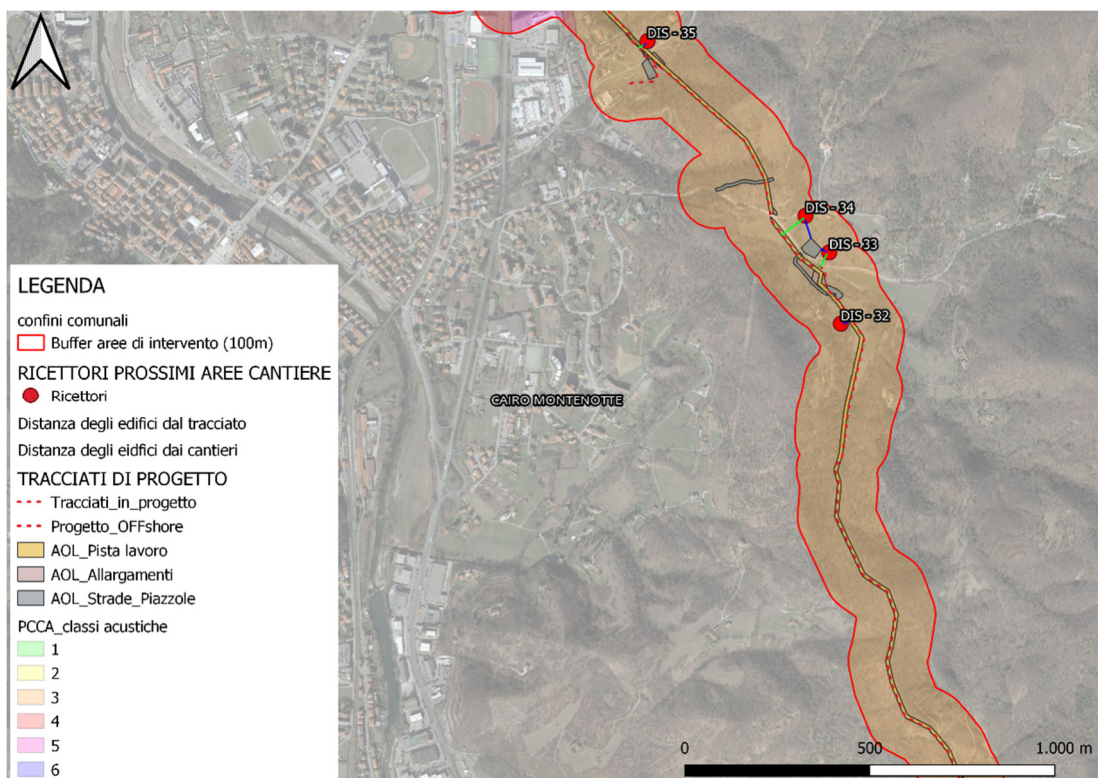
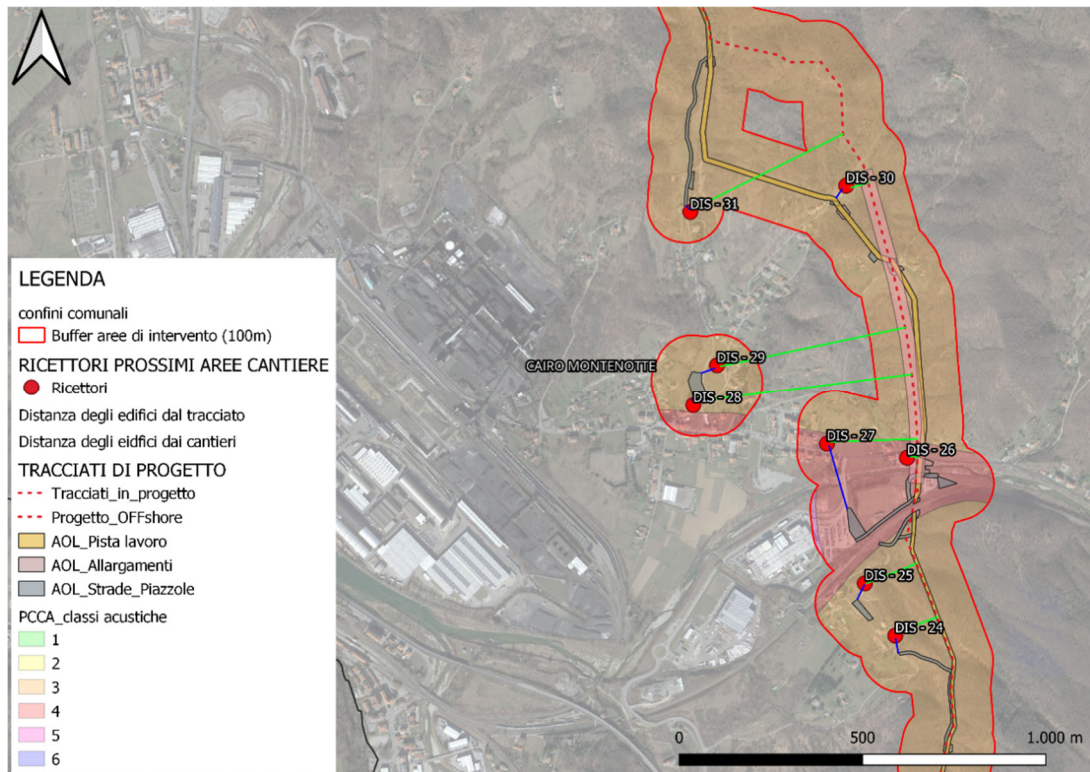
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 40 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 41 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 42 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

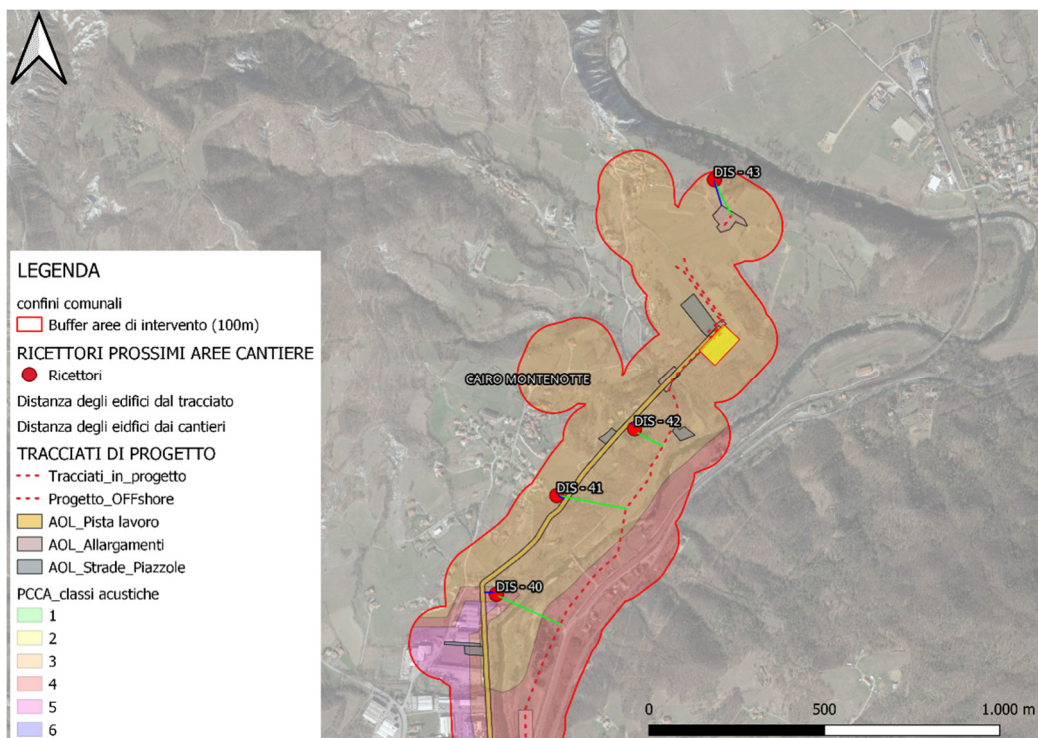
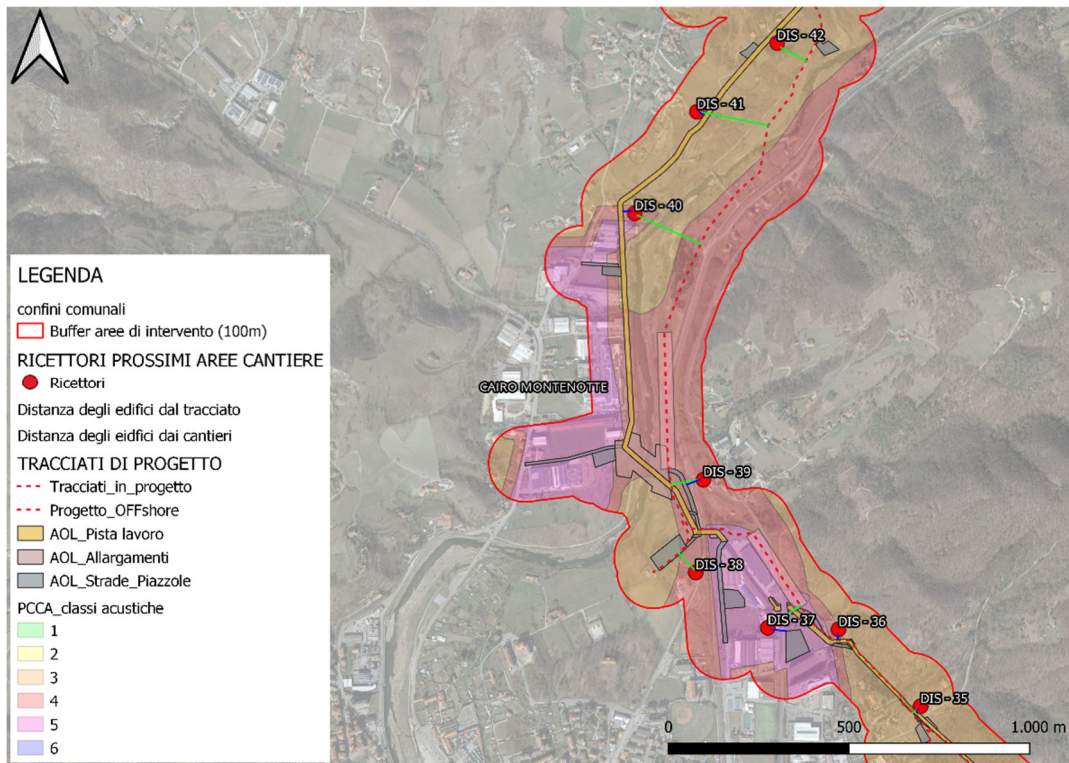


Figura 6-5: Recettori residenziali aree di cantiere lungolinea in fase di dismissione

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 43 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Tabella 6-5: Tabella recettori residenziali aree di cantiere lungolinea in dismissione.

Caratteristiche ricettore			
Codice ID	Destinazione d'uso	Distanza dalla linea di progetto (m)	Comune
DIS - 01	Residenziale	67,95	Quiliano
DIS - 02	Monumentale-Religioso	89,28	Quiliano
DIS - 03	Residenziale	26,61	Quiliano
DIS - 06	Residenziale	1440,59	Altare
DIS - 07	Residenziale	350,12	Altare
DIS - 08	Residenziale	649,11	Altare
DIS - 09	Residenziale	44,48	Altare
DIS - 10	Residenziale	69,79	Carcare
DIS - 11	Residenziale	98,85	Carcare
DIS - 12	Residenziale	46,06	Carcare
DIS - 13	Residenziale	33	Carcare
DIS - 14	Residenziale	26,06	Carcare
DIS - 15	Residenziale	52,39	Carcare
DIS - 16	Residenziale	206,65	Carcare
DIS - 17	Residenziale	30,21	Cairo Montenotte
DIS - 18	Residenziale	167,2	Cairo Montenotte
DIS - 19	Residenziale	459,3	Carcare
DIS - 20	Residenziale	515,84	Carcare
DIS - 21	Residenziale	564,5	Carcare
DIS - 22	Residenziale	891,24	Carcare
DIS - 23	Residenziale	923,84	Carcare
DIS - 24	Residenziale	120,49	Cairo Montenotte
DIS - 25	Residenziale	145	Cairo Montenotte
DIS - 26	Residenziale	21,71	Cairo Montenotte
DIS - 27	Residenziale	238,47	Cairo Montenotte
DIS - 28	Residenziale	591,92	Cairo Montenotte

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 44 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

Caratteristiche ricettore			
Codice ID	Destinazione d'uso	Distanza dalla linea di progetto (m)	Comune
DIS - 29	Residenziale	513,28	Cairo Montenotte
DIS - 30	Residenziale	48,89	Cairo Montenotte
DIS - 31	Residenziale	458,53	Cairo Montenotte
DIS - 32	Residenziale	24,15	Cairo Montenotte
DIS - 33	Residenziale	38,32	Cairo Montenotte
DIS - 34	Residenziale	73,08	Cairo Montenotte
DIS - 35	Residenziale	20,12	Cairo Montenotte
DIS - 36	Residenziale	20,93	Cairo Montenotte
DIS - 37	Residenziale	98,12	Cairo Montenotte
DIS - 38	Residenziale	62,27	Cairo Montenotte
DIS - 39	Residenziale	81,31	Cairo Montenotte
DIS - 40	Residenziale	192,55	Cairo Montenotte
DIS - 41	Residenziale	195,3	Cairo Montenotte
DIS - 42	Residenziale	79,68	Cairo Montenotte
DIS - 43	Residenziale	108,03	Cairo Montenotte

In sintesi, vi sono 8 recettori ubicati tra 20 e 35 m dalle aree di cantiere lungolinea in dismissione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 45 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

7 MONITORAGGIO

Il monitoraggio dei recettori posti entro la distanza di attenzione rispetto al cantiere andrà eseguito per mezzo di terne velocimetriche (solo in subordinate accelerometriche) da disporre in prossimità del recettore stesso, all'altezza del piano campagna e preferibilmente nell'immediato intorno del piano di fondazione.

Le fondazioni, più rigide del terreno circostante, hanno la caratteristica di attenuare il moto che si registra al di sopra di esse (Castellaro et al., 2022 e referenze ivi contenute), pertanto è preferibile eseguire il monitoraggio nell'immediato intorno delle fondazioni stesse.

Qualora non sia possibile disporre i sensori in prossimità del recettore, sarà possibile disporli nel punto più periferico del cantiere e più prossimo al recettore stesso. Il non superamento delle soglie di attenzione in questo punto, sarà garanzia che con ogni probabilità la vibrazione non supererà le soglie di attenzione nemmeno in corrispondenza del recettore.

Le vibrazioni sono infatti determinate da onde sismiche (in massima parte onde di superficie, di tipo Rayleigh e Love, che si propagano secondo fronti cilindrici lungo la superficie della Terra) che attenuano con la distanza in ragione di fenomeni anelastici e dell'espansione del fronte d'onda (quindi per ragioni geometriche).

In presenza di brusche variazioni geologiche e in particolare se le onde passano dall'attraversare strati molto rigidi ad attraversare strati molto teneri (es. transizione roccia → sedimento), le onde rallentano ed aumentano l'ampiezza del loro moto (ossia la velocità particellare e di conseguenza anche la PPV, la velocità particellare di picco). Pertanto, laddove non sia possibile monitorare direttamente il recettore ma solo la vibrazione prodotta in prossimità del cantiere, un raffronto con le carte geologiche locali o altra informazione geologica disponibile potrà suggerire se ci si trovi in un caso di questo tipo.

L'installazione delle terne velocimetriche dovrà evitare ogni tipo di interfaccia sensore-terreno non necessaria, inclusi blocchetti di ancoraggio, mensole o altri dispositivi che alterano la misura, modificando l'altezza del baricentro del sensore, tipicamente amplificando le velocità particellari registrate o deamplificandola quando le piastre di accoppiamento sono molto larghe e di piccolo spessore (analogamente all'effetto fondazione sopra descritto).

Il monitoraggio delle vibrazioni andrà predisposto per tutta la durata delle attività entro la distanza di attenzione e potrà essere corredato di segnalazioni acustiche/visive/via notifiche su smartphone o simili, per avvenuto superamento di soglia, in modo che gli operai e/o il direttore lavori possano immediatamente sospendere le attività potenzialmente dannose e mettere in atto strategie di mitigazione quali quelle descritte al Capitolo 5 o altre, adatte agli specifici macchinari in uso in quel tratto.

Poiché l'intervallo di frequenza di interesse per la valutazione del danno strutturale è normalmente inteso tra 1 e 100-200 Hz (Figura 3-1, Figura 3-2), il monitoraggio andrà condotto con una frequenza

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 46 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

di campionamento dei segnali di almeno 400 Hz (teorema di Nyquist). La norma UNI-9916 raccomanda 1500 Hz ma ammette diverse modalità operative se opportunamente argomentate. A tal proposito si può argomentare che molto difficilmente il segnale sopra qualche centinaio di Hz non sarà contaminato dalle autofrequenze proprie dei sensori (intese come frequenze del contenitore dei sensori) e che in ultima analisi se l'intervallo di frequenze disturbanti arriva sino a 200 Hz, dal punto di vista dell'analisi dei segnali campionare a poco più di 400 Hz è sufficiente. Oltre queste frequenze si ricade nel disturbo di tipo acustico, che è trattato in altri rapporti tecnici.

Le frequenze maggiormente attivate nell'infissione di pali/palancole si attestano normalmente attorno a 10-100 Hz. Frequenze maggiori di 200 Hz corrispondono a lunghezze d'onda di pochi metri o frazione di metro, in funzione della velocità di propagazione nei terreni, che tendono quindi ad attenuare rapidamente con la distanza.

Tutti questi elementi possono essere valutati rapidamente in sito da operatori esperti, che adatteranno pertanto i dettagli del monitoraggio alla specificità geologica e cantieristica locale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 47 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

8 CONCLUSIONI

È stata condotta una analisi preliminare del potenziale impatto delle vibrazioni indotte dalle attività di cantiere inerenti al progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti.

L'analisi ha riguardato la tratta onshore ed in particolare l'impatto previsto durante le seguenti fasi di cantiere:

- Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26"), DP 100 bar;
- Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar;
- Dismissione Metanodotto Cairo Montenotte – Savona DN 300 (12"), MOP 64 bar

Nella tratta in esame sono previste, oltre alle normali attività di scavo, le seguenti attività che potrebbero generare vibrazioni disturbanti:

- infissione palancole per la realizzazione dei pozzi di spinta in corrispondenza dei punti di entrata ed uscita dei microtunnel;
- infissione di paratie di pali e micropali nell'ambito delle opere di sostegno (queste ultime sono attualmente previste solo in alcuni tratti di cresta, isolati e distanti da potenziali recettori),
- perforazione dei microtunnel.

Non essendoci ancora – a questo stadio – dati di progetto quantitativi sulle opere sopra elencate, è stata svolta una analisi dei dati di letteratura relativi a monitoraggi di vibrazioni a distanza crescente dalla sorgente, per le sorgenti sopra menzionate.

Tale analisi ha portato all'identificazione delle formule empiriche riassunte in Tabella 4-1:, che includono anche, dove possibile, una indicazione sulla loro incertezza.

Sulla base di tali espressioni, si è compilata la Tabella 6-1: che riassume le distanze dal cantiere entro le quali è opportuno procedere:

- o con accorgimenti in sede di lavoro per ridurre le vibrazioni (es. lavorando a presso-infissione o adottando altri accorgimenti quali quelli suggeriti nel Capitolo 4)
- e/o monitorando i livelli di vibrazione presso i recettori per sincerarsi che rimangano sotto i valori di soglia (Figura 3-1, Figura 3-2).

In estrema sintesi, le strutture che ricadono entro 15 m dall'area di cantiere saranno oggetto, ove possibile, di tutela/monitoraggio.

Le strutture che ricadono tra 15 e 35 m sono ugualmente da tutelare/monitorare, qualora si tratti di beni storici/monumentali. Diversamente, esse vanno ritenute comunque come ricadenti in una fascia di attenzione e sorveglianza e andranno messi in opera tutti le possibili risorse per la riduzione delle vibrazioni in uscita dal cantiere.

Con questa ottica, lungo la tratta in esame sono stati individuati:

- 16 recettori ubicati tra 15 (estremo escluso) e 35 m dalle aree di cantiere lungolinea di progetto;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 48 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

- 8 recettori ubicati tra 15 (estremo escluso) e 35 m dalle aree di cantiere lungolinea in dismissione.

Per tali edifici, si andrà ad incrociare la posizione delle strutture potenzialmente vulnerabili identificate con la posizione effettiva dei siti in cui sono previste opere di costruzione che producano vibrazioni consistenti, anche alla luce delle litologie locali su cui si interverrà e ove ritenuto necessario e attuabile, si potrà procedere con dedicati monitoraggi.

Si specifica che, trattandosi di cantieri itineranti, che sosterranno nei singoli siti per pochi giorni continuativi, si è data priorità all'analisi delle vibrazioni potenzialmente dannose per le strutture, più che alle vibrazioni potenzialmente disturbanti per le persone, stante la loro transitorietà.

Sono quindi riportati nel Capitolo 5 alcuni suggerimenti per la riduzione delle vibrazioni e nel Capitolo 7 le indicazioni per il monitoraggio degli edifici sensibili.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 49 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

APPENDICE 1

NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00014	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 50 di 50	Rev. 0

Rif. RINA: P0039549-1-H11_00

BS 5228-2 (2009). Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites, Part 2: Vibration.

BS 7385-2 (1993). Evaluation and measurement for vibration in buildings. Guide to damage levels from groundborne vibration,

Castellaro S., Alessandrini G., Musinu G., 2022. Seismic Station Installations and Their Impact on the Recorded Signals and Derived Quantities, *Seismological Research Letters*, 93(6), 3348–3362.

Castellaro S., Mulargia F., L.A Padron Hernandez, 2013. The different response of apparently identical structures: a far-filed lesson from the Mirandola 20th May 2012 earthquake, *Bull. Earthq. Eng.*, 12, 2481-2493, DOI 10.1007/s10518-013-9505-9.

DIN 4150:3 (1999). Erschütterungen in Bauwesen – Einwirkungen auf baulichen Anlagen.

Hill D.R. e Crabb G.I., 2000. *Groundborne vibration caused by mechanised construction works*, trL report 429., Wokingham.

ISO 4866 (2010). Mechanical vibration and shock. Vibration of fixed structures. Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures.

UNI 9614 (2017). Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.

UNI 9916 (2014). Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.