

OGGETTO:

Variante al Progetto di coltivazione della cava Serra delle Volte, Comune di Stazzema

**ai sensi della L.R.35/2014, Disciplina del PIT e L.R.10/2010
in conformità al PABE Scheda 8 – Cava Serra delle Volte**



COMMITTENTE:
Carrara Marmi Unipersonale s.r.l. - Massa

PROGETTISTA:
Eurogeologo Vinicio Lorenzoni

TITOLO DELL' ELABORATO:

***Valutazione delle emissioni di polveri
derivanti dall'attività di cava di progetto***



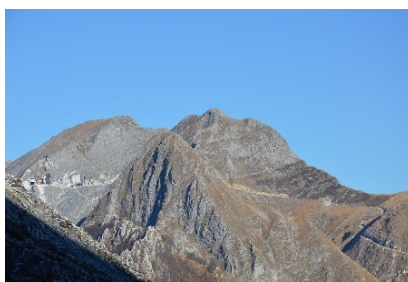
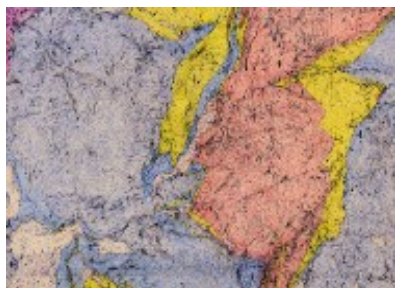
*Data e luogo di
emissione*

Querceta, marzo 2026

*Riferimento
Elaborato*

Emissioni in atmosfera

*Geol. Vinicio Lorenzoni
Studio di geologia tecnica ambientale e mineraria*



Sommario

Premessa	3
1. Attività produttiva	3
1.1 Ciclo produttivo	3
1.2 Depositi.....	3
1.3 Movimentazioni interne	3
2. Schema del ciclo produttivo	4
3. Recettori	5
4. Modalità di emissioni in atmosfera	5
5. Valutazione delle emissioni di polveri	6
5.1. Sorgenti delle emissioni delle polveri.....	6
5.2 Stima dei fattori di emissione	7
6. Compatibilità delle emissioni.....	8
7. Modalità operative per il contenimento delle emissioni diffuse.....	9
8. Conclusioni	9

Premessa

Per la valutazione delle emissioni di polveri ci si è riferiti alle “Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto carico o stoccaggio di materiali polverulenti” emesso da Regione Toscana.

Il suddetto documento che si riferisce essenzialmente al processo di produzione di inerti è stato utilizzato come riferimento generale cercando di adattarlo al processo produttivo specifico della cava Serra delle Volt. Verrà quindi prima definito il ciclo produttivo specifico analizzando le potenziali emissioni in atmosfera.

1. Attività produttiva

1.1 Ciclo produttivo

Il metodo di coltivazione che verrà adottato è analogo a quello utilizzato attualmente che prevede l'utilizzo di macchine a filo diamantato e catene da piazzale per la produzione di blocchi ornamentali.

La coltivazione avverrà con il sistema a gradone unico o per splateamento dopo aver creato la zona di ribasso che sarà costruita con un primo gradone di 3,20 metri, che verrà coltivato su tutta l'area di cava e ribassandolo successivamente per ulteriori 3,20 m ed infine un gradone di 2,60 m così da creare il piazzale di quota finale 1.156 m.s.l.m.,

L'attuale livello del piazzale, 1175,0 m s.l.m. verrà ampliato ed abbassato verso ovest estendendolo verso la zona dei servizi e creando un unico livello. Successivamente si creerà un nuovo ribasso con splateamento completo del piazzale di coltivazione. Per creare i ribassi si creeranno dei piani inclinati o l'asportazione di tasselli di roccia e il successivo allargamento sino ad ottenere la conformazione finale dello scavo. Nello scavo non verranno utilizzati esplosivi, sia come tecnica di coltivazione che come metodo di abbattimento masse instabili, se necessario si farà uso di malte espansive per rompere la roccia senza danneggiare il resto dell'ammasso.

1.2 Depositi

Nel piazzale di cava avremo quindi dei depositi temporanei di pietra ornamentale e degli inerti che in entrambi i casi saranno collocati nella parte orientale del piazzale, ma entrambi per periodi limitati, mancando lo spazio per un loro accumulo superiore al mese. Date la ristrettezza degli spazi i materiali inerti saranno trasportati con regolarità dopo la loro produzione. I cumuli di inerti verranno contenuti verso est dalla scarpata su cui è costruita la viabilità per il Passo Sella, mentre verso ovest saranno delimitati da una fila di blocchi di scarto. La zona di accumulo è aperta verso sud per consentire il prelievo e carico sui camion telonati per il trasporto ai centri di produzione degli inerti. La delimitazione dei detriti servirà a contenere le acque dilavanti e separare questa area dalla zona di coltivazione, per non avere interferenze con il ciclo produttivo.

1.3 Movimentazioni interne

Le movimentazioni interne saranno limitate allo spostamento degli inerti e dei blocchi con pala meccanica e al transito di camion a 4 assi per il carico dei blocchi e degli inerti.

Il materiale inerte verrà trasportato dalla pala meccanica alla zona di stoccaggio provvisorio percorrendo un tragitto inferiore a 50 m. I blocchi di pietra ornamentale, caricati sul piazzale verranno trasportati a valle lungo la viabilità bianca, di comparto, in collegamento con la strada asfaltata comunale di Arni, per proseguire sulla provinciale SP 13 in direzione Seravezza, per arrivare al deposito dell'azienda ubicato nel Comune di Carrara, lo stesso percorso verrà seguito dai camion con terre ed inerti, con destinazione finale gli impianti di frantumazione della Versilia, Cemenbit srl o Pedrini e Mortali srl.

2. Schema del ciclo produttivo

Nello schema seguente sono riepilogate le operazioni del ciclo produttivo previsto nel progetto di coltivazione.

SCHEMA DEL CICLO LAVORATIVO

a- Produzione blocchi ornamentali

- Taglio al monte, con filo diamantato e catena, preceduta da perforazione con fondo foro

Preparazione di letto in detriti alla base delle bancate

Ribaltamento bancate

Sezionatura bancate in blocchi di dimensione commerciale

Carico blocchi e detriti con pala gommata e trasporto alla zona di stoccaggio temporaneo

Carico blocchi su camion per trasporto a destino

b- rimozione del ravaneto

Rimozione del detrito con pala gommata ed escavatore

Trasporto nella zona di accumulo

Eventuale spaccatura con martellone del pezzame grossolano in scaglie da 400/700 mm

Carico delle terre e scaglie su camion

Trasporto a valle con camion telonati

3. Recettori

I recettori più prossimi sono rappresentati nella tavola 1 e costituiti dalle abitazioni del paese di Arni che dista in linea d'aria circa 980 m dal punto di emissione delle polveri, riportando nella tabella successiva le valutazioni di probabilità, la Vulnerabilità ed il rischio che questi recettori possono subire in conseguenza delle emissioni di polveri prodotte nel ciclo produttivo.

Recettore	Distanza m	esposizione	P	V	R
Paese di Arni	980	Il recettore si trova ad una quota altimetrica di 900 m, mentre la fonte di emissione è situata a circa 1185 m. Tra la fonte ed il recettore, a bassa quota, è presente un crinale secondario in prevalenza boscato.	2	3	3

I valori di Probabilità, Vulnerabilità e Rischio definiti nel modo seguente:

- Probabilità che le polveri raggiungano il paese di Arni:

0= nessuna possibilità

1=altamente improbabile

2=possibile, ma trascurabile

3=possibile per quantitativi molto contenuti

4= possibile per quantitativi significativi

5=molto probabile

6= certo

- Per quanto riguarda la vulnerabilità possiamo indicare i seguenti valori:

1= edificio diroccato

2=abitazione

3= nucleo abitato

4=centro urbano

- Per quanto attiene al Rischio R che deriva dalla matrice combinando P/V alla probabilità che un evento accada, abbiamo usato la seguente scala di valori:

0= nullo

1=molto basso

2=basso

3=medio

4= elevato

5=molto elevato

P/V	1	2	3	4
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	1	1	2
3	0	2	2	3
4	1	3	3	4
5	2	4	4	5
6	3	5	5	5

Dalla combinazione matriciale il Rischio risulta molto basso, tuttavia bisognerebbe a nostro giudizio utilizzare un valore di rischio nullo, in quanto la distanza è superiore a 900 m e la propagazione e diffusione delle polveri in assenza di ostacoli non supera in genere il centinaio di metri.

4. Modalità di emissioni in atmosfera

Le polveri che si originano nel processo produttivo della cava Serra delle Volte sono definibili per granulometria come limi sabbiosi o sabbie arrivando nel caso delle frazioni tagliate con catena diamantata all'ordine dei 2/3 mm, quindi raggiungendo in questo caso anche la classe definita come ghiaia (tra 2mm e 60 mm). I processi che producono le polveri sono i seguenti:

- Perforazione a secco (attività saltuaria e limitata);
- Frammentazione della roccia nel caso di rottura con martellone o legata al passaggio dei mezzi meccanici, in particolare escavatore cingolato;
- Assenza di acqua nel processo di taglio (occasionale e limitato alla fase di avvio dei tagli);
- Carico dei camion con scaglie e terre;
- Spostamento dei detriti e delle terre.

Il sollevamento della polvere è invece provocato dai seguenti agenti, in ordine di importanza e frequenza:

- Spostamenti d'aria in occasione del carico e movimentazione delle scaglie e terre;
- Vento;
- Aria compressa circolante nei fori di perforazioni;
- Pulizia dei piazzali con bobcat e accumulo delle terre.

Il processo produttivo e di trasformazione dei prodotti in cava non comporta emissioni continue e concentrate e quindi la necessità di disporre di camini o di autorizzazione alle emissioni concentrate e ciò ci consente di omettere ogni analisi relativa a impianti di trasformazione e movimentazione puntuale dei prodotti e quindi delle relative emissioni di materiali pulverulenti, quali tramogge, silos di accumulo, aree di stoccaggio di prodotti pulverulenti ecc.

5. Valutazione delle emissioni di polveri

La valutazione delle emissioni di polveri in atmosfera è stata eseguita seguendo, per quanto attinente al ciclo produttivo le "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri e provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti" proposte da Regione Toscana, e derivate dai modelli della US-EPA (AP-42 Compilation of Air Emission Factors). La metodica è riferita alla produzione di inerti e non specificatamente alla coltivazione di pietre ornamentali e quindi la metodologia è stata adattata al ciclo produttivo per quanto possibile e ritenuto corretto dallo scrivente.

5.1. Sorgenti delle emissioni delle polveri

Le sorgenti di polvere diffusa individuate nelle linee guida, non corrispondono esattamente alla metodologia estrattiva dell'area in oggetto, in quanto si tratta di una cava con produzione di blocchi di marmo e non di inerti, in cui non è presente il processo di frantumazione e macinazione della roccia, ed essendo una cava attiva da molti anni non è presente neppure lo "*scotico e sbancamento superficiale*".

Le sorgenti di emissioni delle polveri per il ciclo produttivo della cava Serra delle Volte e corrispondenti e quelle delle *Linee guida* sono le seguenti:

- Formazione e stoccaggio di cumuli (AP-42 13.2.4)
- Erosione del vento dei cumuli (AP-42 13.2.5)
- Transito di mezzi su strade non asfaltate (AP-42 13.2.2)

A queste sorgenti si aggiunge con le dovute differenze di metodo estrattivo:

- Perforazione per preparazione dei tagli in roccia
- Frantumazione con martellone dei blocchi di maggiore dimensione e produzione di blocchi con dimensioni >500 mm

Per quanto possibile si sono adottati i codici SCC (Source Classification Codes) relativo alle sorgenti di emissioni delle AP-42.

Il processo produttivo, come detto in precedenza, ha come obiettivo la produzione di blocchi di geometria e dimensioni che rientrano nei parametri delle Pietre Ornamentali e per le quali viene impiegato un metodo di coltivazione che non prevede l'uso di esplosivo né la perforazione come metodologia di estrazione. La perforazione eseguita per il passaggio del filo diamantato è marginale e per fare un esempio rappresenta su un banco di 10x7x3,2 m, ovvero circa 600 tonnellate, un valore di 0,378 ton a tonnellata che rapportato alla singola tonnellata dà un valore di $6,3 \times 10^{-4}$ kg/Mg.

Le attività che producono polvere nel precesso produttivo e che valuteremo sono quindi le seguenti :

N	Attività	Descrizione
1	Perforazione	La perforazione è limitata ai fori laterali delle bancate per il passaggio del filo diamantato. I tagli orizzontali sono dati con catena diamantata, che utilizzando acqua di abbattimento e non produce polvere.
2	Scarico	Scarico degli inerti dalle pale meccaniche nella zona di accumulo temporaneo
3	Formazione di cumuli	Formazione temporanea dei cumuli di tutto il materiale detritico
4	Frantumazione	Spaccatura delle rocce più grosse in scaglie >500 mm
5	Caricamento degli inerti	Il caricamento degli inerti avviene con pala gommata o escavatore.
5	Trasporto	Per la movimentazione dei detriti dalla cava alla zona di stoccaggio saranno utilizzate pala meccanica ed escavatore.. Per il trasporto dei detriti a valle saranno utilizzati camion trazionati a 4 assi che percorrono la strada bianca di comparto sino al paese di Arni.
6	Vento	Il vento può causare il sollevamento della polvere dai piazzali, dalle strade e dai depositi.
7	Stesa del materiale	Il materiale per i rinterri finali viene steso con escavatore e pala meccanica sul piazzale principale.

Come detto in precedenza si trascurano le attività occasionali e secondarie, come la perforazione di fori per la infissione di barre di consolidamento.

5.2 Stima dei fattori di emissione

In base alla tipologia di attività ed in base alle volumetrie di produzione previste nel progetto di coltivazione, nella tabella che segue vengono analizzate e quantificate le emissioni in atmosfera emesse dalle precedenti sorgenti.

N	Azione	Codice o Nota	EF per PM ₁₀
1	Perforazione	Non si utilizzerà il codice SCC 3-05.010-33 che si riferisce ad altro tipo di perforazione, per produzione di inerti e con metodo di coltivazione principale. La valutazione delle emissioni della perforazione è stata anticipata nel paragrafo precedente	$6,3 \times 10^{-4}$ kg/Mg
2	Scarico degli inerti	Si adotta il parametro codice 3-05-020-31 delle Linee Guida, che si riferisce allo scarico di materiale da camion alla griglia quindi da materiale con granulometrie e quantità di polvere superiore a quelle effettivamente emesse nella cava, senza abbattimento, quindi nelle condizioni più penalizzanti.	8×10^{-6} kg/mg
3	Formazione dei cumuli	Si riferisce alla voce AP-42, per il calcolo si è considerata una velocità del vento di 5m/s ed una umidità derivata dal paragrafo 13.2.4 per "vari prodotti calcarei" avente un valore medio di umidità di 2,1%. Sostituendo i valori nella formula 3 delle Linee guida risulta un valore di emissione pari Ef pari a 0,0015	$1,5 \times 10^{-3}$ kg/mg
4	Frantumazione	Riduzione con martellone blocchi di grosse dimensioni si è considerata la frantumazione primaria 75/300 anche se quella effettuata è molto più grossolana, codice 3-05-020-02	$4,3 \times 10^{-3}$ kg/mg
5	Carico degli inerti su camion	Si adotta anche in questo caso il codice 3-05-020-32 delle Linee Guida senza utilizzo di un sistema di bagnatura fissa dei cumuli, quindi in condizioni peggiorative	5×10^{-5} kg/mg
6	vento	Utilizzando la tabella 7 delle Linee Guida che indica dei valori di emissioni in funzione delle superfici ed a seconda delle tipologie di cumuli. Nel caso in oggetto si considerano cumuli alti in rapporto alle superfici pari a $7,9 \times 10^{-6}$ kg/m ² e considerando una superficie massima di accumulo, relativa alla zona di accumulo temporaneo dei detriti sul piazzale di cava di circa 350 mq e di 4 movimentazione per ogni ora di lavoro, 220 gg lavorativi di 8 ore ciascuno in cui saranno gestiti 8000 (39.600/5) m ³ , le emissioni in atmosfera che risulta dalla formula $E_f = 7,9 \times 10^{-6} \times 350 \times 4 \text{ mov} / \text{gx} 220 / 8000 \times 2.0 \text{ Mg/m}^3 = 7,4 \times 10^{-4}$	$6,08 \times 10^{-4}$ kg/Mg
7	Trasporto	L'emissione del particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si valuta secondo la formula indicata al punto 1.5 delle Linee Guida, ossia $E_{Fi}(\text{kg/km}) = k_i(s/12)^{a_i} (W/3)^{b_i}$, dove i = particolato (PTS, PM10; Pm2,5) s= contenuto in limo del suolo in %, W = peso medio del veicolo in ton, k_{1a_i} e b_i sono costanti empiriche che variano a seconda del tipo di particolato, come indicato nella tabella 8 delle Linee Guida. Il peso del mezzo W deve essere calcolato sulla base del peso a pieno carico e a vuoto e la relazione è valida per veicoli con peso medio inferiore a 260Mg e velocità inferiore a 69 km/h. Per la determinazione dell'emissione finale si deve	0,19 kg/h

	considerare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo è quindi richiesto il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero delle ore lavorate. Per il contenuto del limo nel sottofondo stradale si considera il valore del 17%, anche se in genere si utilizza prevalentemente pietrisco pulito, mentre il peso medio dei camion è di circa 12 ton a vuoto e 38 ton a pieno carico considerando un peso medio di 25 ton (media tra blocchi e derivati). Sostituendo i valori si ottiene $EF_1=0,23 \text{ kg/Km}$. Per il calcolo delle emissioni abbiamo considerato il numero dei viaggi indicati nel progetto di coltivazione, la lunghezza del percorso su strada bianca di 2,0 km riferita all'unità di tempo km/h. Utilizzando la formula $E_i = EF_i \times \text{Km/h} \times \text{veicolo}$. Come chiaramente indicato dalle Linee Guida, si può utilizzare come mitigazione l'effetto delle precipitazioni secondo l'espressione $EF(\text{EXT}, i(\text{kg/h})) = EF_i((365-\text{gp})/365)$, essendo gp il numero di giorni all'anno con almeno 0,245 mm di precipitazione. Utilizzando le stime pluviometriche contenute nell'Elaborato delle AMD nel caso in oggetto abbiamo 120 giorni di pioggia all'anno (gp); pertanto la mitigazione delle piogge risulta la seguente $EF_i((365-120)/365 = 0,67 \text{ kg/Km}$, da cui deriva $EF_i=0,19 \text{ kg/km}$.	
--	---	--

In base alle considerazioni della tabella precedente possiamo stimare le emissioni complessive in atmosfera derivanti dalle attività della cava Serra delle Volte per l'intero progetto di coltivazione calcolando e quelle emesse nel singolo anno di attività, come valore medio.

Per il calcolo dei chilometri percorsi dai camion per l'allontanamento dei detriti abbiamo considerato i singoli tragitti percorsi dai camion di 25 Mg/viaggio, considerando un peso medio tra andata e ritorno come riportato nella tabella successiva, ed un volume di 5 m³ per i trasporti interni.

Tabella calcolo dei km percorsi dai camion

Descrizione	Tragitto km	Viaggi annui	Totale km
Inerti inviati a valle	2,55	1295	3.302
Trasporti interni derivati	0,05	6920	346
Stesa materiale	0,15	442	66
Totale km camion/Pala meccanica			3.714

Tabella emissioni ciclo attività del progetto di coltivazione

N	Attività	EF per PM ₁₀	Unità mis.	Quantità	Emissioni
1	Perforazione	$6,3 \times 10^{-4}$	kg/Mg	3460	2,17
2	Scarico inerti	$8,0 \times 10^{-6}$	kg/Mg	34.600	0,27
3	Formazione cumuli	$1,5 \times 10^{-3}$	kg/Mg	32389	48,58
4	Frantumazione	$4,3 \times 10^{-3}$	Kg/Mg	8650	37,19
5	Caricamento inerti	5×10^{-5}	kg/Mg	32389	1,61
6	vento	$6,08 \times 10^{-4}$	kg/Mg	32389	19,69
7	trasporto	0,19	Kg/km	3714	705
Totale					814,51 Kg/anno

Le emissioni si riferiscono alle emissioni in atmosfera dell'intero ciclo di produzione di 1 anno, che calcolato per i giorni di lavoro, 220 gg, ci porta ad un valore di 3,70 kg/g, ossia 3.700 g/g che per ogni ora di lavoro significano 462,50 g/h.

6. Compatibilità delle emissioni

Le linee guida di Arpat forniscono al punto 2 le soglie di valutazione delle emissioni di PM₁₀ al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero dei giorni, come riportato nella tabella successiva, ripresa dalle Linee Guida Arpat (tab.15).

Per il calcolo delle emissioni si è considerata la distanza dal centro del paese di Arni, 900 m circa, quindi valori >150 m ed il periodo di emissioni compreso tra 250/200 gg, essendo 220 gg il periodo di lavorazione indicato nel progetto di coltivazione.

Tabella soglie di emissione PM10 (tab.16 paragrafo 2 Linee Guida regionali)

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM ₁₀ (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<79	Nessuna azione
	79 ÷ 158	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 158	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<174	Nessuna azione
	174 ÷ 347	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici

100 ÷ 150	> 347	Non compatibile (*)
	<360	Nessuna azione
	360 ÷ 720	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 720	Non compatibile (*)
>150	<493	Nessuna azione
	493 ÷ 986	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 986	Non compatibile (*)

Da quanto sopra, essendo il valore delle emissioni stimato in 462,5g/h, quindi al di sotto della soglia non compatibile e compreso nella soglia di emissione che non necessita del monitoraggio presso il recettore.

Non abbiamo considerato volutamente le riduzioni possibili, che derivano dalla velocità dei mezzi in uscita dal cantiere che data la condizione di pendenza della viabilità sono inferiori a 20km/h. Applicando un abbattimento della polvere con una bagnatura di circa 0,5 l/m² si ottiene un abbattimento del 50% delle emissioni con bagnatura con intervalli di circa 8 ore per traffico superiore a 5 viaggi giorno.

7. Modalità operative per il contenimento delle emissioni diffuse

Le emissioni più significati derivano dalla perdita di polveri per la circolazione dei mezzi lungo la viabilità non asfaltata ed in subordine alla formazione dei cumuli ed alla possibile frantumazione della roccia. Essendo le due voci quelle maggiormente significative la società adotterà le seguenti mitigazioni:

- a- Utilizzo di pietrisco per il rifacimento del manto stradale;
- b- Bagnatura dei piazzali e cumuli di materiale inerte con spruzzatori mobili;
- c- Utilizzo di camion telonati per il trasporto dei detriti;
- d- Protezione dei cumuli di terre con blocchi per evitare l'azione erosiva del vento;
- e- Lavaggio delle gomme dei camion in arrivo sulla viabilità asfaltata.
- f- Imposizione del limite di velocità di 10km/h nel cantiere e 20km/h sulla strada di accesso;
- g- Bagnatura e contestuale posa delle terre in fase di ripristino ambientale, con successiva compattazione del materiale detritico.

8. Conclusioni

La valutazione delle emissioni in atmosfera della cava Serra delle Volte è compatibile con i valori soglia indicati da Arpat per le PM₁₀, al recettore principale costituito dall'abitato di Arni. I valori delle Pm10 annuali risultano pari a 375g/h, non considerando le misure di mitigazione per le piogge e quelle che l'azienda adotterà per la manipolazione e gestione degli inerti. Sono proposte delle misure di mitigazione che portano ad una sensibile riduzione delle emissioni. Il valore più importante delle emissioni è legato al trasporto dei detriti ed al vento che può erodere i cumuli, piazzali e strade, indicando le misure di mitigazione necessarie per la loro riduzione/abbattimento. I valori delle PM₁₀ calcolati indicano dei valori soglia compatibili con l'ambiente circostante che si riduce per effetto delle mitigazioni.

Querceta Marzo 2026

Eurogeologo Dott. Vinicio Lorenzoni



Tavola 1 – punto di emissione e recettore sensibile più prossimo

