

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. STEFANO BOCCAROSSA

60019 SENIGALLIA (AN) – Via Piave n. 70

Tel./Fax 071-64894 – Cell. 339-4754219

**Geologia,
Geotecnica,
Idrogeologia,
Geologia Ambientale**

C.F. BCCSFN55M08H809X P. IVA 00790430417

OGGETTO:

COMUNE DI FANO – PROVINCIA DI PESARO-URBINO, PIANO DI RECUPERO IN VARIANTE AL PRG, AI SENSI DELL'ART. 27-28 LEGGE 457/1978, DELL'IMMOBILE DENOMINATO "RISTORANTE NUOVA CASACCIA", SITO IN LOCALITA' RONCOSANBACCIO, STRADA COMUNALE TOMBA, N. 70/A.

COMMITTENTE: LIVI AROLDI – LIVI ROBERTO – SALUCCI GIUSEPPINA

1 - RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA e DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO redatta ai sensi del D.M. 17.01.2018

2 - COMPATIBILITA' IDRAULICA L.R. 23 novembre 2011, n. 22 (art.10, comma 4) – Relazione Tecnica Illustrativa -

3 - CALCOLO DELL'INVARIANZA IDRAULICA – Relazione Tecnica Illustrativa

RIFERIMENTO:

Parere art.89 D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 ed accertamenti art. 10 Legge Regionale 23 novembre 2011 n. 22.

Conferenza di Servizi decisoria da effettuarsi in forma semplificata e modalità asincrona, riguardante il Piano di Recupero in variante al PRG, ai sensi dell'art. 27-28 della Legge 457/1978, dell'immobile denominato "Ristorante Nuova Casaccia" sito in Località Roncosanbaccio, Strada Comunale Tomba n.70, nel Comune di Fano. – **Richiesta Integrazioni.**

DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA RICHIESTA

Il Geologo

Dott. Boccarossa Stefano

N. 134 ALBO SEZIONE A

ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

Firmato Digitalmente

Senigallia, lì MARZO/2021

Con riguardo agli aspetti geologici-geomorfologici-geotecnici-sismici

Elaborato punto 1 – RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA ...

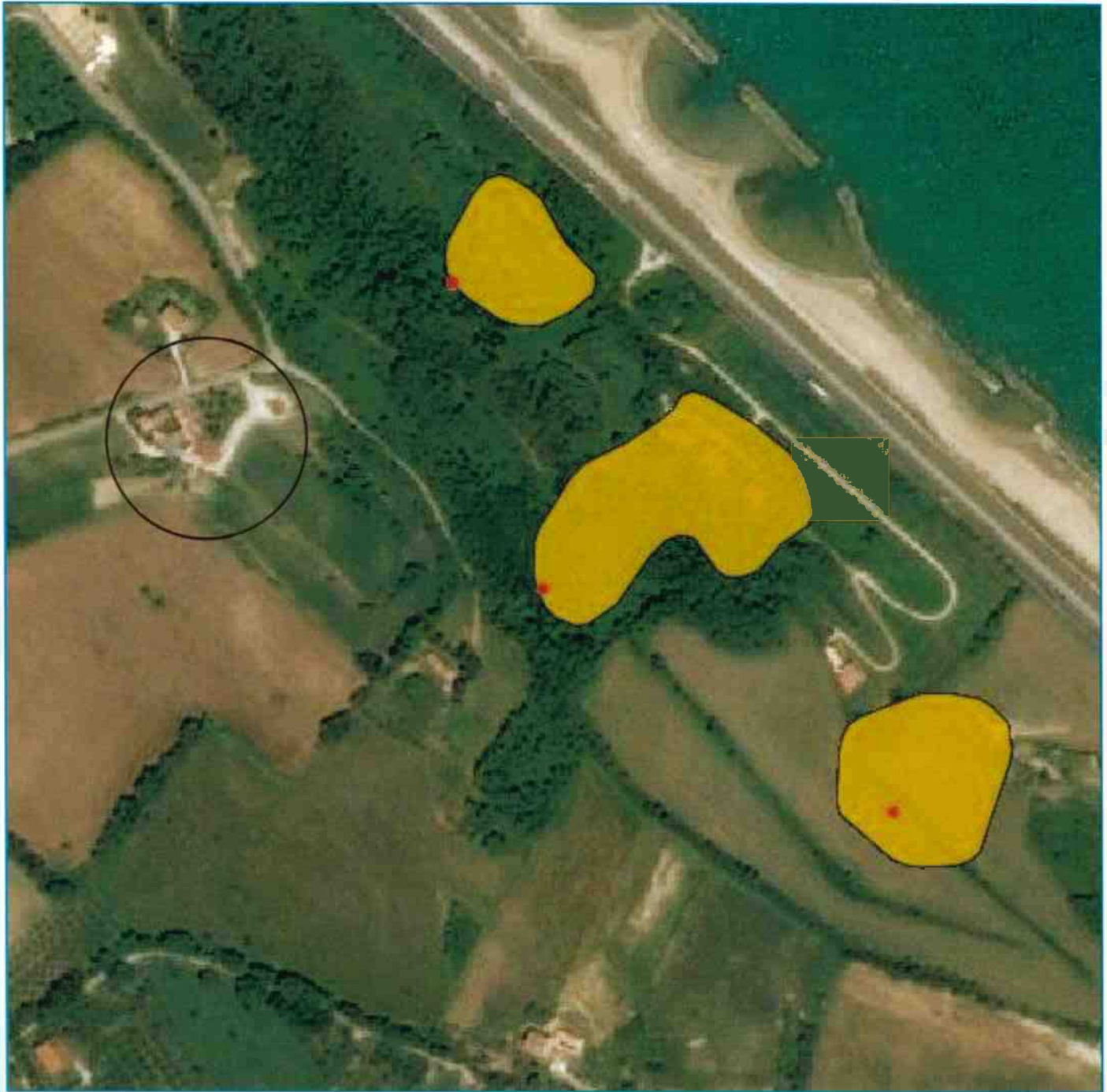
1. Valutazione storico-morfologica dell'area ...

1.1. - Rischio Idrogeologico

Dall'esame della Cartografi IFFI (Stralcio Inventario dei fenomeni franosi in Italia, vedere ***Allegato 1***), risulta che l'area in esame non ricade all'interno di zone cartografate come aree a rischio di frana; aree in frana risultano cartografate sulla falesia a distanza tale da non interferire affatto con l'area in esame.

Dall'esame della Carta Inventario dei Movimenti Franosi della Regione Marche ed Aree Limitrofe, scala 1:100.000 (vedere ***Allegato 2***), risulta che l'area in esame non ricade all'interno di zone cartografate come aree a rischio di frana.

Relativamente alla redazione di una cartografica geomorfologica di sintesi in scala adeguata, il rilevamento geomorfologico di campagna non ha evidenziato forme o processi morfologici rilevanti in un intorno significativo all'area in esame, tranne l'orlo della falesia, pertanto la cartografica geomorfologica di sintesi viene omessa, sostituita da un ingrandimento della Carta Geologica Regionale Edizione CTR – Sez. 268120 - Novilara - Regione Marche, scala 1:5.000 – Ingrandimento (vedere ***Allegato 3***).



Punto Identificativo del Fenomeno Franoso (PIFF)*

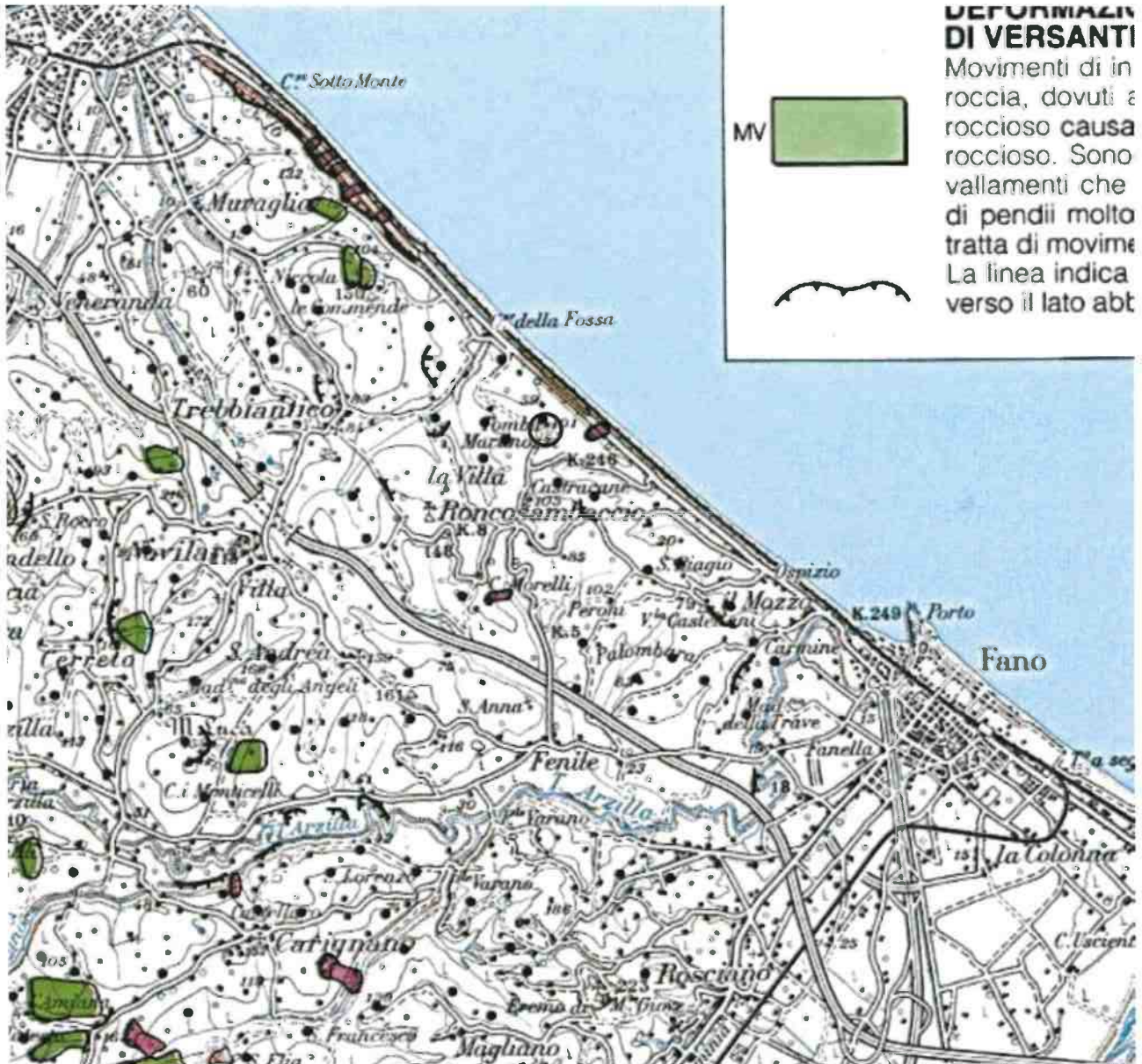
- Scheda frane di 1° Livello
- Scheda frane di 2° Livello
- Scheda frane di 3° Livello

Tipologia di frana

- Frane lineari
- Crollo/Ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslattivo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- Aree con crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree con sprofondamenti diffusi
- Aree con frane superficiali diffuse
- DGPV
- n.d.

IF - Indice di franosità (%)

- $0 < IF \leq 1$
- $1 < IF \leq 5$
- $5 < IF \leq 15$
- $15 < IF \leq 30$
- $IF > 30$





CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DALLE
CATASTROFI IDROGEOLOGICHE

Direttore: L. UBERTINI

Linea 3: VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO, GEOLOGICO E ZONAZIONE

Responsabile: F. SICCARDI

U.O. 3.1 CNR-IRPI (Responsabile: F. MELONE) ed U.O. 3.22 CNR-CIOC (Responsabile: A. CARRARA)

ISTITUTO DI RICERCA PER LA PROTEZIONE IDROGEOLOGICA
NELL'ITALIA CENTRALE

Direttore: L. UBERTINI

Progetto n. 2: DEFINIZIONE E MAPPATURA DEL RISCHIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Responsabile: F. GUZZETTI

CARTA INVENTARIO
DEI MOVIMENTI FRANOSI DELLA
REGIONE MARCHE ED AREE LIMITROFE

SCALA 1:100.000

Coordinatori: M. CARDINALI e F. GUZZETTI, CNR-IRPI, Perugia, Italia

Comitato Scientifico: E.E. BRADB, U.S. Geological Survey, Menlo Park, U.S.A.; A. CARRARA, CNR-CIOC, Bologna, Italia; F. DRAMIS, Università di Camerino, Camerino, Italia

Autori: Guendalina ANTONINI, Mauro CARDINALI, Fausto GUZZETTI, Paola REICHENBACH ed Amalia SORRENTINO

LEGENDA

Il presente inventario è stato realizzato nel corso delle attività svolte nell'ambito del progetto di ricerca "CNR-IRPI ed IRPI, che hanno previsto e realizzato la classificazione dei movimenti di versante sotto la guida di UBERTINI. La classificazione è basata sui dati raccolti nel corso di una indagine condotta da GUZZETTI ed altri. TALE CARTA è REDATTA, SOTTO LA GUIDA DI UBERTINI, DA M. CARDINALI, F. GUZZETTI, G. ANTONINI, M. CARDINALI, F. DRAMIS, U.S. Geological Survey, Menlo Park, U.S.A.; A. CARRARA, CNR-CIOC, Bologna, Italia; F. DRAMIS, Università di Camerino, Camerino, Italia.

Il lavoro è stato possibile grazie al contributo della Regione Marche, dell'Università di Camerino, dell'Università di Perugia, dell'Università di Urbino, dell'Università di Ancona, dell'Università di Macerata, dell'Università di Asolo, dell'Università di Udine, dell'Università di Trieste, dell'Università di Padova, dell'Università di Venezia, dell'Università di Roma, dell'Università di Napoli, dell'Università di Bari, dell'Università di Catania, dell'Università di Palermo, dell'Università di Messina, dell'Università di Cagliari, dell'Università di Sassari, dell'Università di Cagliari, dell'Università di Sassari, dell'Università di Cagliari, dell'Università di Sassari.

COLATE
Frane della forma classica ad alungo, prevalentemente in materiali argillosi e marziali. Se di grandi dimensioni (maggiore di qualche decina di ettari) hanno una superficie di scivolamento profonda, presentano un'area di distacco morfologicamente evidente ad un'area di accumulo superficiale e localmente prevalentemente lungo gli argenti, dove coinvolgono il suolo e le coperture alluviali, presentano generalmente un angolo acuto di rotazione ed un'area di distacco poco frastata.

SCORRIMENTI
Frane per le quali si è verificato un movimento lungo una superficie di rottura anche complessa, di forma arcuata, concava verso l'alto, o piana, anche leggermente ondulata, compattata e disarticolata idraulicamente. Scorrimenti sono presenti localmente come frastazioni d'insieme di più piccoli corpi di frana.

SCORRIMENTI-COLATA
Frane nelle quali sono state riconosciute due tipologie di movimento. Il movimento di distacco avviene in COLATE. Presentano evidenti scarpi nella zona di distacco ed un'area di accumulo laterale dalla topografia morfologica molto diversiva variabile dall'alto a quote inferiori di metri.

FRANE COMPLESSE
Frane generalmente di grande estensione (maggiore di 1 km²), nelle quali sono state riconosciute più tipologie ad generazione di movimenti. Hanno superficie di scivolamento complessa, profondità di movimento profonda. Al loro interno possono essere presenti frastazioni, grandi scorrimenti del tipo SCORRIMENTO o SCORRIMENTO-COLATA.

DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTI (DGPFV)
Movimenti di restringimento ed espansione laterale di grandi volumi di roccia, dovuti ad una deformazione plastica passiva dell'ammasso roccioso. Sono caratterizzati dalla presenza di aree ristrette ed allungate con deformazione prevalentemente di versanti o sulle cinte di pendii molto acclivi. In aree a forte pendenza possono essere presenti tratti di movimenti molto antichi o di grado di attività non noto. La linea indica l'area superiore della scarpata ed i triangoli sono i nuclei verso il lato di scivolamento.

FRANE SUPERFICIALI DIFFUSE
Aree nelle quali sono state riconosciute più generazioni di frane localizzate, superficiali, del tipo COLATA, SCORRIMENTO, o SCORRIMENTO-COLATA di dimensioni troppo ridotte per poter essere cartografate singolarmente.

CRULLI
Singoli blocchi ed ammassi di roccia o di detrito di limitata volumetria sfaldati da pareti rocciose, da scarpate morfologiche o di frane, e che si sono mossi in caduta libera, per salti per rotoloni o per rotolamenti. Sono inclusi in questa classe anche le CADUTE ANCHE ad ALTA ALTITUDINE.

DEBRIS FLOWS
Cataste di detrito, miste di detrito e scorrimenti colata in materiali incoerenti prevalentemente granulari. Di tratto di frane veloci, e generalmente di piccole dimensioni che si muovono nei corsi, lungo versanti coperti da detrito di fondo, nelle aree fortemente tettonizzate, sulle pendici alluviali, nei tratti di frana, e lungo le scarpate morfologiche o di frane. Lasciano caratteristici depositi di forme convesse e di modesta spessore di ghiaie, sabbie e fango.

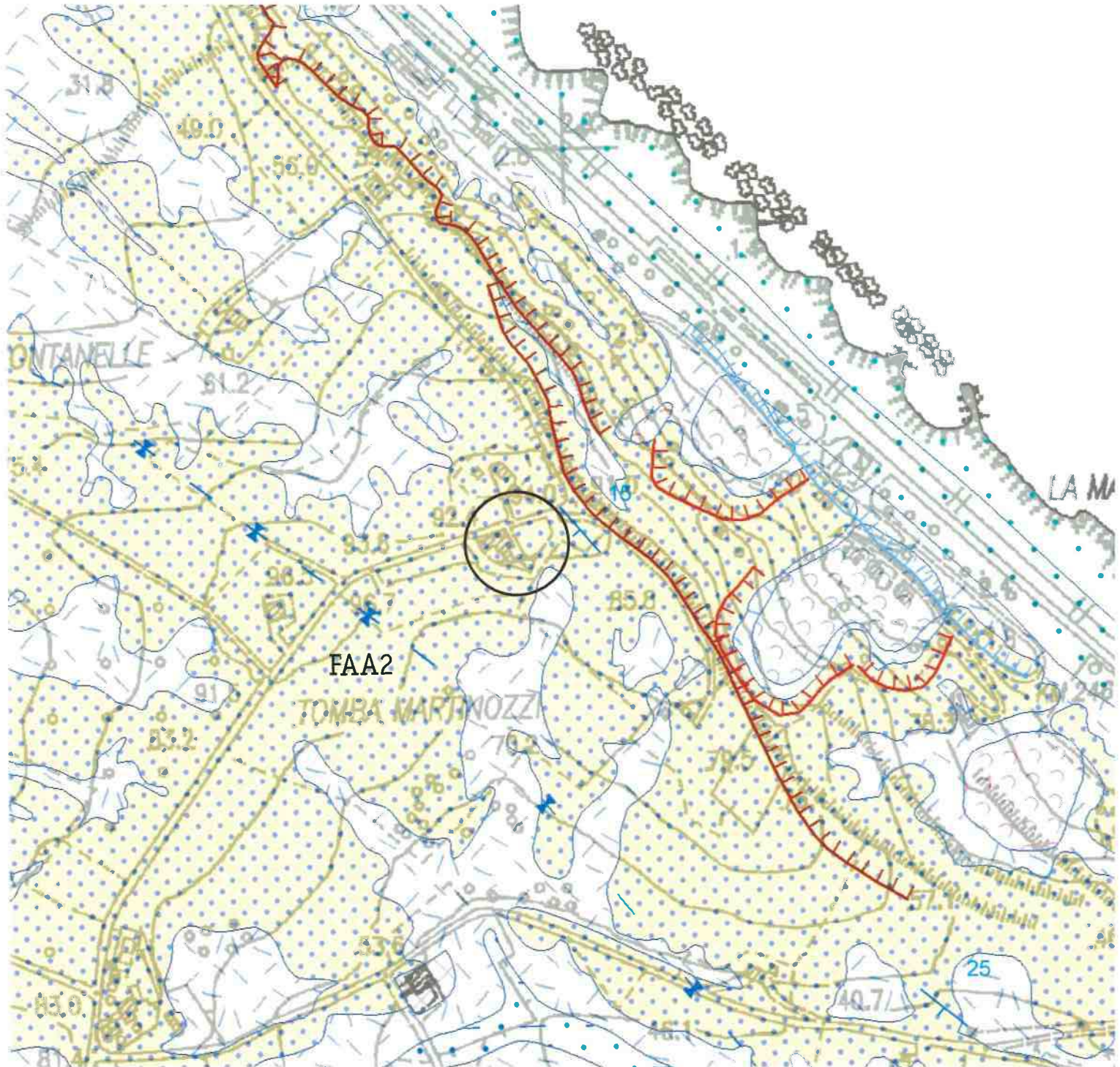
CONCHI DETRITICI ED ALLUVIONALI
Deposit di ghiaie, sabbie e fango di versanti e delle superfici convesse. Sono localizzati alle estremità di un corso d'acqua, anche di fondo, su di una valle principale. Su di essi sono comuni dei processi tipicamente localizzati (scorrimenti di massa) di tipo PLACID.

AREE IN EROSIONE
Se di vasta estensione generalizzata sono a conchi. Sono caratterizzate dalla morfologia di suolo e di superficie regolate in forme grossa lentamente instabile-argilla. È di maggior e evidente, denudato sub-pendice, e la densità di drenaggio è fortemente elevata. Costituiscono i sovrapposti di sedimenti lungo gli incavi costano essere presenti colate superficiali di dimensioni troppo ridotte per poter essere cartografate, sono comprese in questa classe anche frane sono caratterizzate da attività prevalentemente all'interno del complesso carbonato.

Scarpe di frane da principale che secondarie, scarpate morfologiche maggiori. La linea indica l'area superiore della scarpata ed i triangoli sono i nuclei verso il lato di scivolamento.

**Ingrandimento della Carta Geologica Regionale Edizione CTR – Sez. 268120 -
Novilara - Regione Marche, scala 1:5.000**

Per Carta Geomorfológica di Dettaglio



Area in esame

Legenda Allegato 3



Orlo di scarpata di frana



Orlo di terrazzo fluviale



Orlo di falesia



Orlo di scarpata di cava



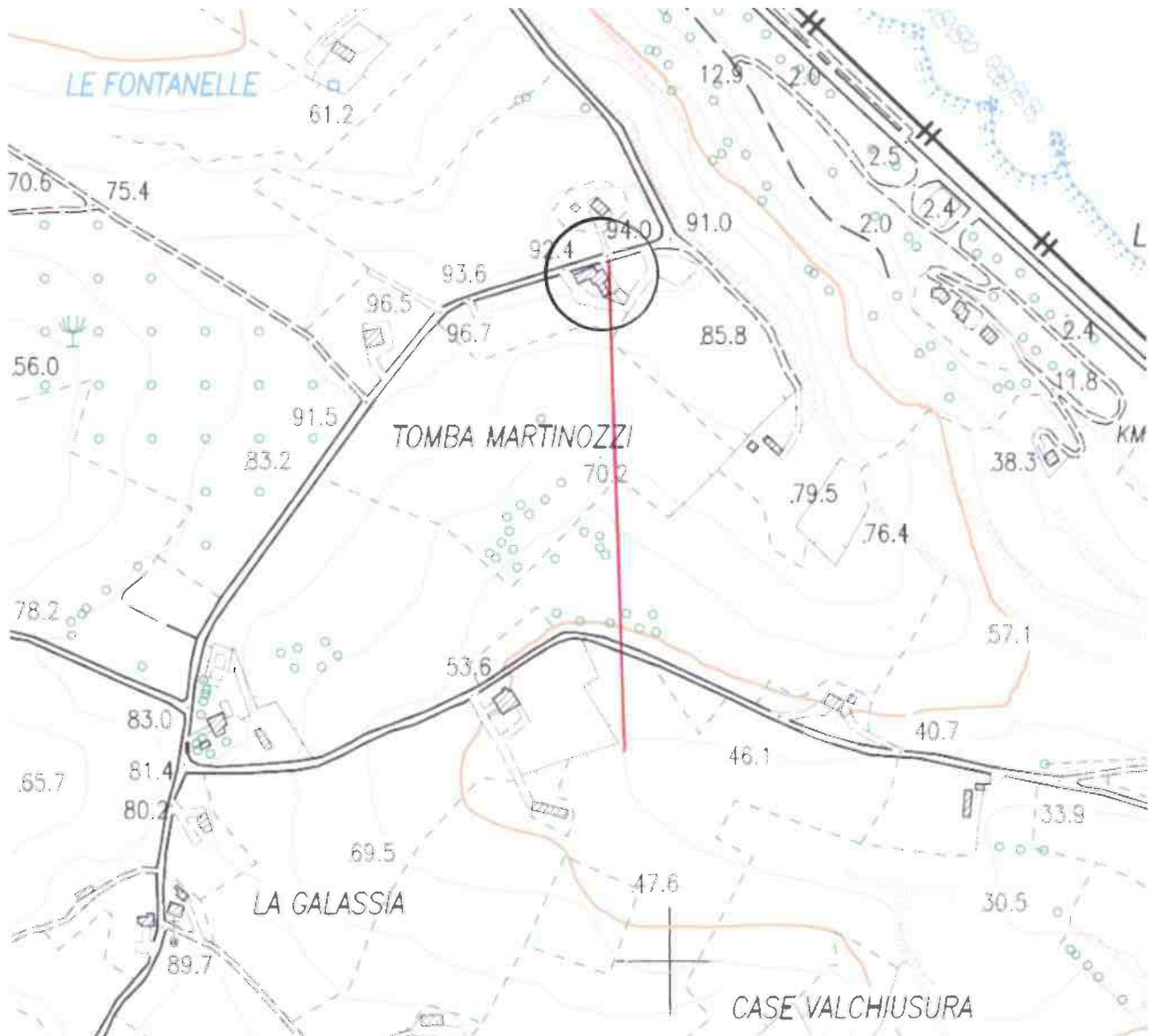
Orlo di scarpata antropica

2. Considerazioni in merito all'assetto e alla condizione di stabilità del versante esposto a Sud, sottostante all'area di intervento.

Relativamente alla stabilità del versante esposto a Sud rispetto all'area in esame, il rilevamento geomorfologico di superficie non ha evidenziato alcun segno di dissesto idrogeologico in atto o potenziale, sia per le modeste pendenze che caratterizzano il versante (Energia di Versante Nulla), in quanto le pendenze rilevate sulla base della cartografia CTR – Regione Marche (vedere **Allegato 4**), evidenziano inclinazioni tra 6° e 7° circa, con pendenza media del 12%, sia per la natura della Formazione in posto caratteristica della zona rappresentata dalla Formazione Pliocenica delle Argille Azzurre – Membro delle Arenarie di Borello, in litofacies arenitico – pelitica, costituita da sabbie ed arenarie debolmente cementate con talvolta intercalazioni argilloso – marnose, con ottime caratteristiche geomeccaniche.

L'insieme dei suddetti fattori conferiscono al versante in esame con esposizione Sud, condizioni di naturale stabilità.

**Stralcio da CTR Regione Marche, Sez. 268120 NOVILARA, sc. 1:5.000
(ingrandimento)**



Area in esame



Traccia della sezione per la stima delle pendenze

3. Analisi sui potenziali fenomeni di liquefazione ...

3.1. Stabilità nei confronti della Liquefazione

Il fenomeno della liquefazione dei sedimenti durante un terremoto interessa in genere sedimenti di natura granulare (in genere sabbiosi e/o sabbioso-limosi, sostanzialmente sciolti a granulometria uniforme e saturi).

Con il termine liquefazione si indica una repentina perdita di resistenza al taglio e rigidità del terreno, causata da carichi ciclici dinamici indotti da un terremoto, a seguito della propagazione delle onde sismiche verso la superficie.

Le vibrazioni sismiche inducono nel terreno un incremento delle pressioni interstiziali con conseguente caduta drastica e talvolta annullamento della resistenza al taglio del terreno e conseguente perdita della capacità portante del terreno.

Il base all'esperienza si è potuto dimostrare che il fenomeno si manifesta quando sono verificate simultaneamente alcune condizioni che riguardano la predisposizione del terreno al verificarsi del fenomeno (*fattori predisponenti*) e alcune condizioni che riguardano la caratteristica della condizione sismica (*fattori scatenanti*).

La probabilità che in un deposito si verifichi il fenomeno della liquefazione, dipende dalla composizione granulometrica, dalle proprietà geotecniche e dalle condizioni di drenaggio dei terreni.

Si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi di terreni sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- Granulometricamente rappresentati da sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- Sempre sotto falda, con falda prossima al p.c.;
- Da poco a mediamente addensati;
- Si trovano a profondità relativamente basse (generalmente inferiori ai 10 – 15 metri).

La suscettibilità di un terreno alla liquefazione va comunque rapportata a quello che potrebbe essere l'evento scatenante.

La probabilità infatti che un deposito di terreno granulare raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dalle caratteristiche delle vibrazioni sismiche, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Con riferimento al Capitolo 7.11.3.4. delle NTC 2018, la verifica alla liquefazione del terreno viene omessa in quanto sussistono più di una delle condizioni di esclusione, ovvero sia nella zona non si rileva la presenza della falda idrica, perlomeno a livelli superficiali e non sono presenti nel sito depositi costituiti da sabbie pulite, ma i terreni presenti appartengono alla Formazione in posto Pliocenica delle Argille Azzurre – Membro delle Arenarie di Borello, che nella zona di interesse sono presenti in litofacies arenitico – pelitica, costituiti da sabbie ed arenarie debolmente cementate con talvolta intercalazioni argilloso – marnose nella parte superficiale della formazione, caratterizzati da un grado di sovra consolidazione $OCR > 20$ (valore minimo da CPT eseguita nel sito di interesse) (materiale estremamente sovra consolidato) (da Relazione Geologica-Tecnica ecc. in oggetto), classificabili secondo la Classificazione USCS come SM, SC – sabbie limose, sabbie argillose, che non rientrano nel fuso granulometrico dei terreni suscettibili di liquefazione.

4. Implementazione dell'indagine sismica passiva HVSR eseguita, con indagine sismica attiva con metodologia MASW.

Si allegano di seguito la relazione di Indagine Geofisica mediante procedura MASW, eseguita e redatta dallo Studio Geco S.r.l. Di Falconara Marittima (AN) (***Allegato 5***) e la Relazione di Analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) (***Allegato 6***), redatta dal sottoscritto, dalla quale risulta che l'area è soggetta a fenomeni di amplificazione sismica, vedere paragrafo 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE del suddetto *Allegato 6*.

Geco Srl Servizi Geologici & Indagini Sismiche

Via Osoppo, 38 / 60015 Falconara Marittima (AN)

P. IVA 02541280422 tel e fax 071 9156126

 www.gecogeologia.com

 info@gecogeologia.com

 328.02.82.743 / 328.20.40.857



Servizi Geologici & Indagini Sismiche



**INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE IN LOCALITA' RONCOSANBACCIO,
STRADA COMUNALE TOMBA N.70 NEL COMUNE DI FANO (PU)**


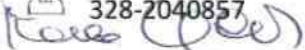
Oggetto: Indagine Geofisica

Committente: Dott. Geol. Stefano Boccarossa

Commessa: 151-21

Falconara M.ma, lì 01 Marzo 2021

Il Responsabile GECO srl
Dott. Marco Gaggiotti

 328-2040857


La presente relazione è ad uso esclusivo della pratica in oggetto. La pubblicazione integrale o di una sua parte è vietata senza il consenso dell'Autore.

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 GEOFISICA.....	3
2. INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).....	3
2.1 <i>Strumentazione impiegata</i>	3
2.2 <i>Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti</i>	3
2.3 <i>Descrizione dei risultati</i>	6
3. INDAGINE SISMICA TIPO MASW.....	6
3.1 <i>Strumentazione utilizzata</i>	6
3.2 <i>Indagine MASW: metodologia ed acquisizione</i>	6
3.3 <i>Analisi ed elaborazione dei sismogrammi acquisiti</i>	7
4. CONCLUSIONI.....	9

Planimetria ubicazione indagini



Coordinate UTM WGS 84 indagini geofisiche		
HVSR	LAT: 43.871792°	LONG: 12.970737°
M.A.S.W. (inizio)	LAT: 43.871826°	LONG: 12.970527°
M.A.S.W. (fine)	LAT: 43.871790°	LONG: 12.971107°

1. PREMESSA

Su incarico del Dott. Geol. Stefano Boccarossa ai sensi del DD.MM. del 17 Gennaio 2018, è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche in Località Roncosambaccio, Strada Comunale Tomba n.70 nel Comune di Fano (PU).

1.1 GEOFISICA

- esecuzione di n°1 indagine sismica tipo MASW con acquisizione delle onde di Rayleigh (componente verticale ZVF);
- reperimento di n°1 indagine sismica tipo HVSR;

n°	Stesa	Lunghezza (m)	N° Scoppi	Data
1	Masw	46,00	6	24/02/21

Tab.1 – Elenco indagini geofisiche eseguite.

2. INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del microtremore sismico ambientale. La prova a stazione singola, consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Il risultato di questa prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione.

2.1 Strumentazione impiegata

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo 24 bit GEOBOX prodotto dalla ditta Sara Instruments Srl (frequenza di risonanza propria 4.5 Hz) digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento (GeoBox – Sara Intrument) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni Verticale, NS, EW, ad alta definizione, alimentato a batterie, senza cavi esterni.

2.2 Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

I risultati delle analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software *winMASW® Academy 2018*, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore, misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, l'acquisizione

del rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 s), per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto.

I risultati parziali ottenuti, durante le fasi di elaborazione delle curve H/V, sono stati iterativamente controllati andando a valutare la direttività e la stabilità nel tempo della curva HVSR. Un buon valore di direttività e cioè un'uniformità spaziale del segnale, ed una sua buona persistenza nel tempo, sono indice della validità stratigrafica del segnale sismico elaborato.

La validità delle curve HVSR, calcolate per ciascun sito, è stata verificata, secondo i criteri di ammissibilità del progetto *SESAME*, che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti.

Di seguito si riportano gli spettri di ampiezza di ciascuna componente, le curve HV ottenute e i relativi risultati ottenuti applicando i criteri *SESAME*.

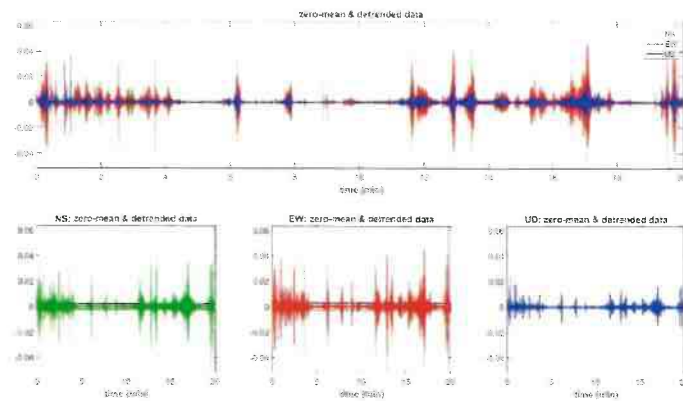


Fig.1 - Visualizzazione dei dati dopo la rimozione di eventi transienti, cumulata delle tracce in alto, in basso traccia NS in verde, Traccia EW in rosso e Traccia verticale in blu.

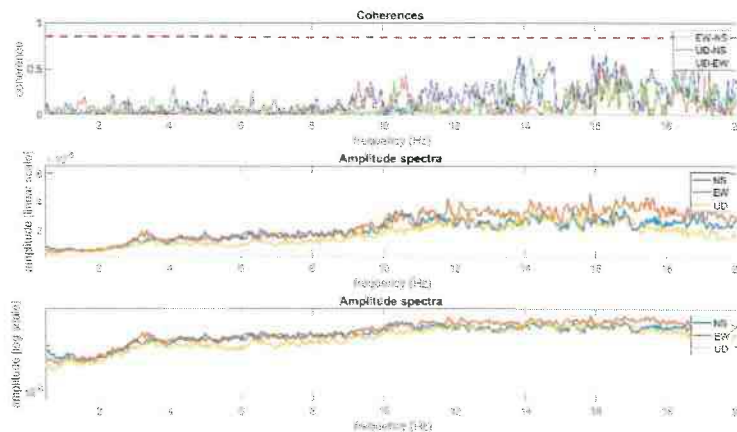


Fig.2 - Spettri di ampiezza delle tre componenti con scale delle frequenze lineari (scala di ampiezza sia log che lineare) e le coerenze tra le varie coppie di sensori (EW versus NS, EW versus UD e NS versus UD).

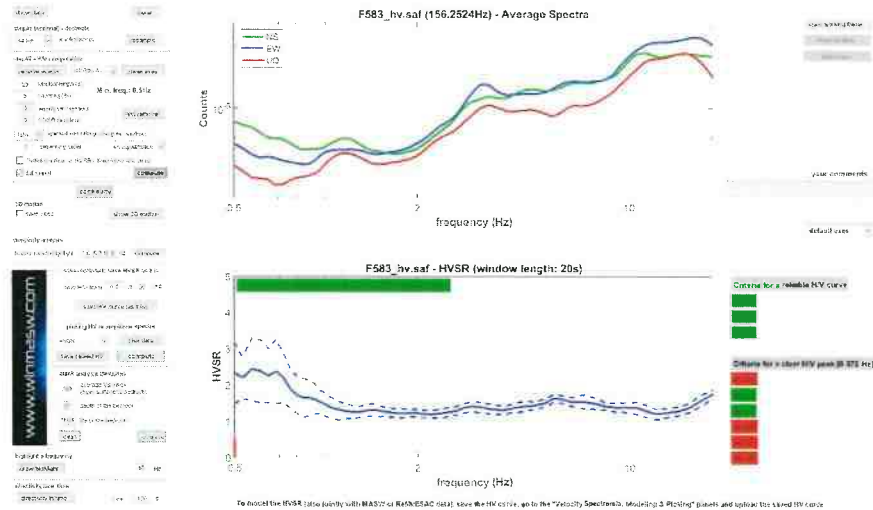


Fig.3 - Spettri delle tre componenti e rapporto H/V.

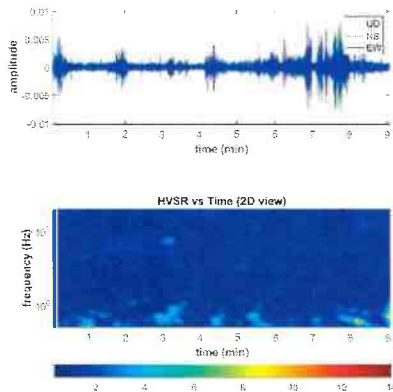


Fig.4 - Persistenza del segnale.

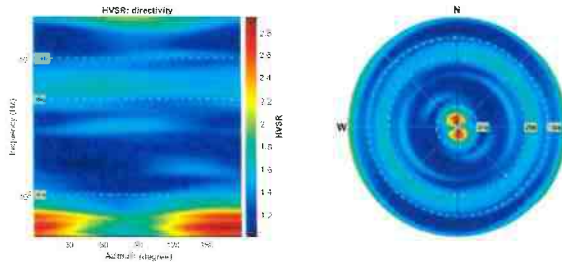


Fig.5 - Direzionalità del segnale.

Dataset: EqualizedFile.saf

DATA ACQUISITION Date and time: 2019/10/25

DATA PROCESSING Date: 24/02/2021

Sampling frequency (Hz): 156

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.1

Tapering (%): 5 Smoothing (%): 15

SESAME criteria the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range: NO

Criteria for a reliable H/V curve

1. $[f_0 > 10/Lw]$: $0.572 > 0.5$ (OK)
2. $[nc > 200]$: $630 > 200$ (OK)
3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

2.3 Descrizione dei risultati

Nel caso in esame la curva non individua una frequenza di risonanza significativa nel range di frequenza 0.5-20 Hz.

3. INDAGINE SISMICA TIPO MASW

3.1 Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione di onde superficiali e di volume;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali con frequenza di 4.5 Hz;
- sistema di acquisizione dati: Sismografo Ambrogeo (modello ECHO 2010) con memoria dinamica a 32 bit, dotato di hard disk, in grado di memorizzare i dati acquisiti in formato SEG2 e SEGY, n° 2 cavi sismici telemetrici di 60 m ciascuno;
- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra metallica), in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

3.2 Indagine MASW: metodologia ed acquisizione

La tecnica di indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) non è invasiva e permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

L'acquisizione utilizzata è di tipo "attivo" **ZVF** (componente verticale delle onde di Rayleigh) e consiste nella registrazione simultanea di più ricevitori (geofoni verticali in questo caso), di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva, posta ad una data distanza dal primo ricevitore.

Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software *winMASW® Academy 2018*.

L'acquisizione è stata eseguita posizionando i 22 geofoni da 4.5 Hz, secondo la seguente configurazione spaziale e temporale: i) lunghezza stendimento ricevitori: 42 m; ii) n. geofoni: 24; iii) distanza intergeofonica: 2m; iv) n. punti di energizzazione: 6; v) offset sorgenti: 3m, 5m e 8m; vi) durata acquisizione: 2048ms; vii) intervallo di campionamento: 0.956 ms.

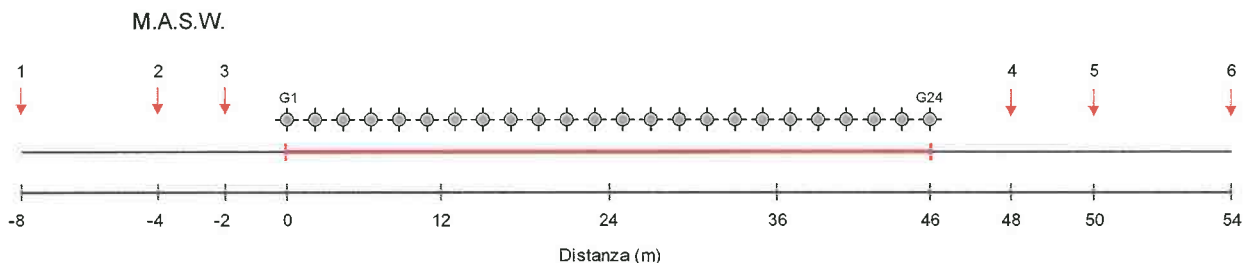


Fig.6: Geometria di acquisizione ed ubicazione punti di energizzazione.

3.3 Analisi ed elaborazione dei sismogrammi acquisiti

La stima dell’andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale, è ottenuta tramite l’analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase. Viene impiegato lo spettro di velocità in quanto è il dominio che permette di comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto i sismogrammi più idonei, quelli con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* al dominio *frequenza/velocità* (Fig.7).

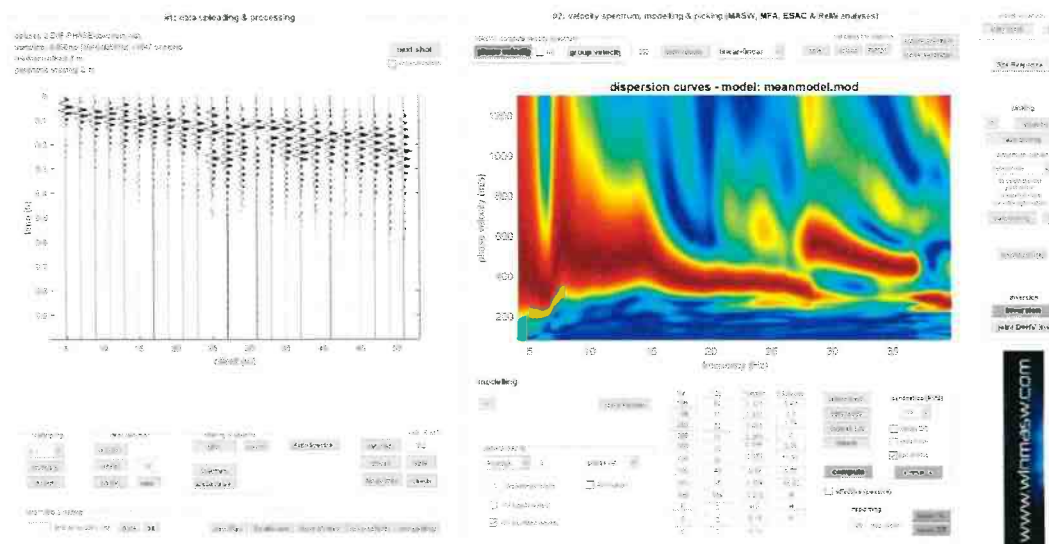


Fig.7: Sismogramma acquisito (sx) e relativo spettro di dispersione (dx) della componente verticale delle onde di Rayleigh.

Dall’analisi delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, è stato ricostruito il modello di distribuzione verticale delle V_s , ricavando il profilo del sottosuolo che ha determinato il dato di campagna (sismogramma). Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali e studiando l’andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (Fig.8)

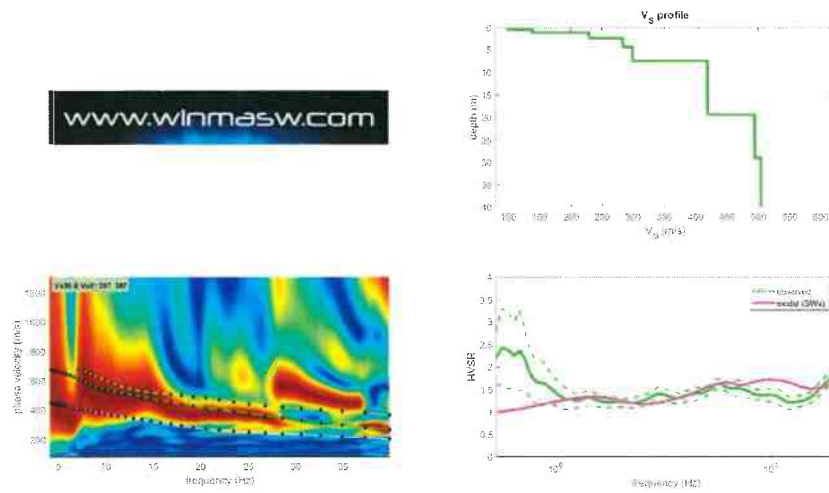


Fig.8: Analisi curve dispersion Rayleigh (FVS) figura riassuntiva: in alto a sx lo spettro osservato; a dx il profilo Vs con il best model ed il mean model; in basso a sx grafico “misfit-generazione” indica miglioramento modello al procedere delle generazioni.

Dall’analisi delle curve di dispersion delle onde di Rayleigh sono stati ricostruiti i modelli responsabili di quelle curve che hanno determinato il dato di campagna (sismogramma).

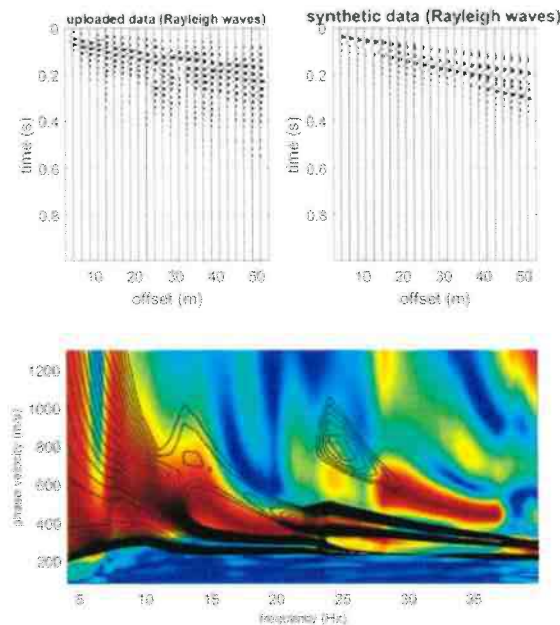


Fig.9: Sismogrammi originali e sintetici: a sx i sismogrammi originali e sotto il relativo spettro di velocità; a dx il sismogramma sintetico e relativo spettro di velocità, mediante individuazione del modo fondamentale e dei modi superiori che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh.

Alla fine dell’operazione di inversione congiunta si otterranno una serie di modelli, due dei quali presentati come soluzione: il “modello migliore” (in termini di minor misfit, cioè discrepanza

tra curva osservata e calcolata) ed il "modello medio" calcolato secondo un'operazione statistica nota come MPPD (Marginal Posterior Probability Density, vedi l'articolo "Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation" – Dal Moro et al., 2006).

4. CONCLUSIONI

Per l'elaborazione ed interpretazione dei dati si è tenuto conto, delle evidenze dei segnali acquisiti e delle conoscenze stratigrafiche dell'area di indagine. Nella seguente tabella (Tab.2) vengono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un modello geofisico medio, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia MASW.

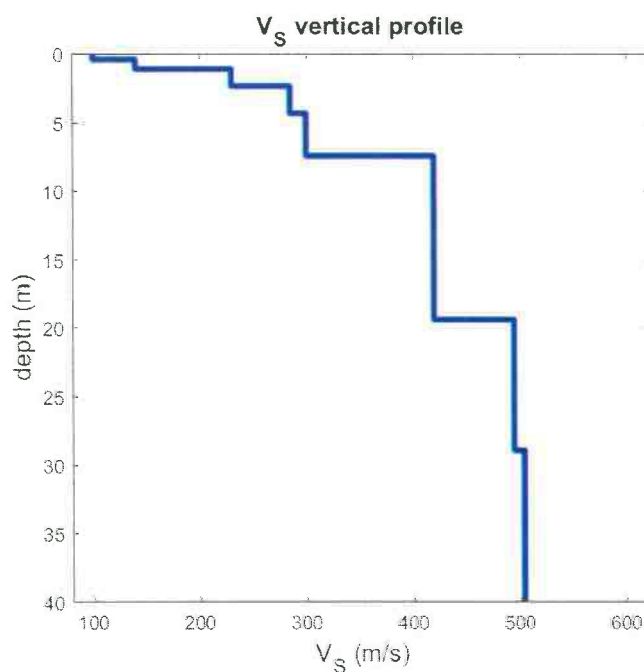


Fig.10: Andamento delle Vs fino alla profondità di 35m, Mean Model (rosso) e Best Model (blu).

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)
1	100	0.43	0.43
2	140	0.70	1.13
3	230	1.24	2.37
4	285	2.0	4.37
5	300	3.09	7.46
6	420	11.97	19.43
7	495	9.57	29.00
8	505	11.0	40.0

Tab.2 - Modello sismostratigrafico individuato in termini di Vs – **Best Model**.

È stato quindi possibile calcolare la $V_{s,eq}$, tramite la formula:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i – esimo (m)

V_s = valore di velocità delle onde di taglio (m/s)

N = numero strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Nel caso in oggetto non avendo riscontrato il substrato sismico >800 m/sec nei primi 30 m dal p.c. il valore del V_{seq} è assimilabile al valore V_{s30} .

- | | |
|--|---------------------------------------|
| • Calcolo da piano campagna | $V_{s30} = 367$ m/s |
| • Calcolo da -1 m da piano campagna | $V_{s30} = 397$ m/s |
| • Calcolo da -2 m da piano campagna | $V_{s30} = 413$ m/s |

- La velocità delle onde "Vseq" è stata calcolata dall'attuale piano campagna, non conoscendo la profondità esatta del piano di posa delle fondazioni.

Falconara M.ma, lì 01 Marzo 2021

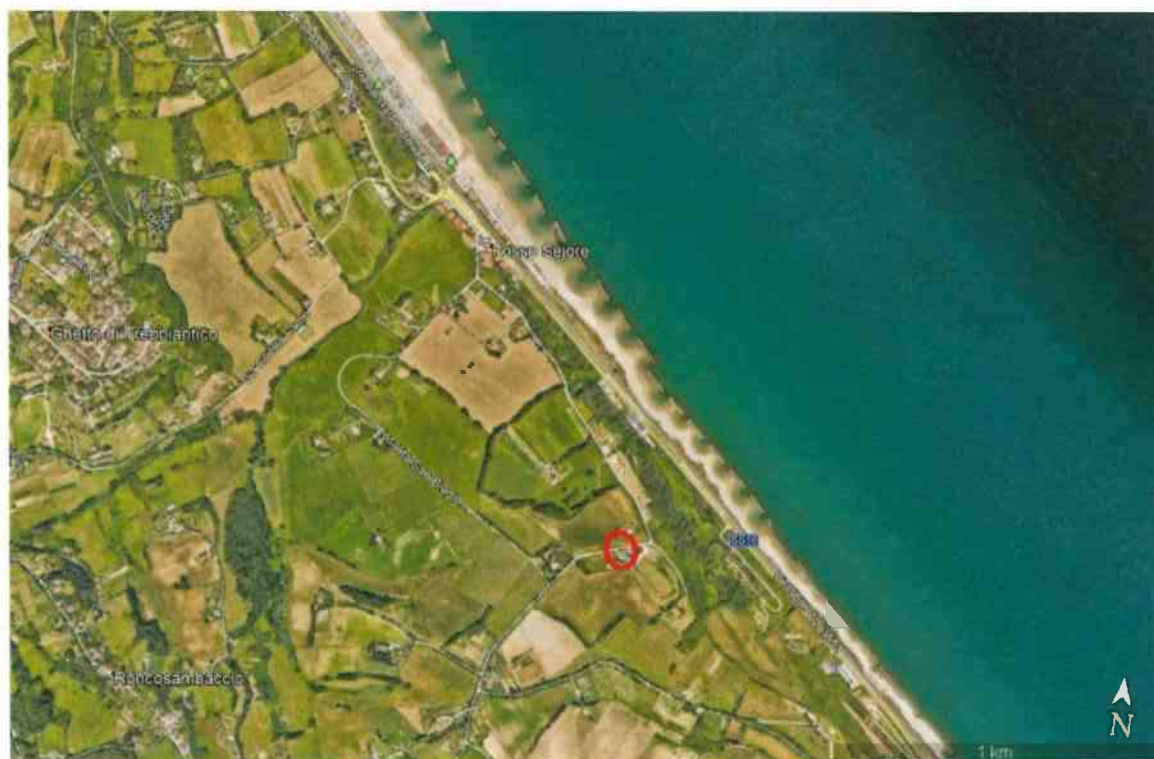
GECO srl

Il Responsabile

Dott. Geol. Marco Gaggiotti

GECO srl
 Via Osoppo 38 - Tel/Fax 071/506
 60015 FALCONARA M.MA (AN)
 P. IVA 02110410422





**ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) ESEGUITA PER IL PIANO
DI RECUPERO IN VARIANTE AL PRG, AI SENSI DELL'ART. 27-28 LEGGE
457/1978, DELL'IMMOBILE DENOMINATO "RISTORANTE NUOVA
CASACCIA", SITO IN LOCALITA' RONCOSANBACCIO,
STRADA COMUNALE TOMBA, N. 70/A
NEL COMUNE DI FANO (PU)**

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 <i>Procedure di calcolo</i>	3
2. RISPOSTA SISMICA LOCALE	4
2.1 <i>Definizione di input sismico e dei parametri sismici</i>	4
2.2 <i>Definizione input sismico e dei dati di disaggregazione</i>	8
2.3 <i>Determinazione accelerogrammi di input</i>	11
2.4 <i>Analisi risposta sismica parametri generali di input</i>	12
3. STATO LIMITE VITA (SLV) -1.0m da p.c. (ipotizzato piano fondale)	15
4. STATO LIMITE DANNO (SLD) -1.0m da p.c. (ipotizzato piano fondale)	17
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	20

1. PREMESSA

Ai sensi del DD.MM. del 17 Gennaio 2018 ed a seguito della campagna geognostica e geofisica, si è proceduto all'esecuzione di un'analisi di risposta sismica locale (**RSL**), sui terreni di sedime dell'immobile denominato "Ristorante Nuova Casaccia" sito in località Roncosanbaccio, Strada Comunale Tomba n.70 nel Comune di Fano (PU).

Tale analisi costituisce uno studio di "riferimento" del sito in esame, i cui risultati sono stati conseguiti opportunamente nei confronti degli stati limite (di seguito elencati), con classe d'uso II, ovvero per Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica. Nel caso specifico, come richiesto dalla normativa a riguardo, è stata condotta la modellazione considerando la classe di vita nominale VN pari a 50 anni:

- SLV (Stato limite ultimo per la salvaguardia della vita)
- SLD (Stato limite di Danno),

L'informazione di maggior interesse, offerta dall'analisi di risposta sismica locale è lo spettro di risposta in accelerazione del moto del terreno (strumento dinamico più utilizzato per la progettazione di manufatti), che mette in evidenza gli effetti di sito.

L'analisi di risposta sismica locale condotta si basa su un profilo sismico MASW, un'indagine sismica passiva HVSR, ricostruito in sito mediante l'esecuzione di n.2 prove penetrometriche Statiche (CPT) e dinamiche (DPSH) spinte ad una profondità di circa 4,4 m dal piano campagna locale.

Con la presente analisi è stato valutato il moto sismico cosiddetto "free field" (condizioni di "campo libero" ossia in assenza di manufatto). In sintesi i paragrafi che seguono riportano l'articolazione della analisi dinamiche atte a definire le modifiche che il segnale sismico subisce, a causa delle condizioni locali, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di tipo A).

1.1 Procedure di calcolo

Come noto lo scopo principale dell'analisi di risposta sismica locale è quello di prevedere come e quanto il movimento del suolo superficiale sia influenzato dal movimento del bedrock in profondità. Ricordando le ipotesi alla base, nel caso di analisi monodimensionale:

1. la stratigrafia del suolo sia orizzontale;
2. le onde sismiche si propagano dal basso verticalmente;
3. le deformazioni del suolo sono funzione delle proprietà dinamiche dei litotipi;

Per l'analisi è stato utilizzato il software STRATA, il cui funzionamento può essere sintetizzato come segue:

1. Legge il sismogramma al bedrock costituito da ognuno dei 7 accelerogrammi;
2. Con una Trasformata di Fourier (FFT) calcola lo Spettro di Fourier (FASbedrock) sempre al bedrock.
3. Calcola la Funzione di Trasferimento (TF) nel sito (quest'ultima è semplicemente pari al rapporto tra l'ampiezza dell'onda incidente sullo strato in direzione verticale verso l'alto "upward" e la sua riflessa in direzione verticale verso il basso "downward"). La Funzione di trasferimento dà immediatamente, grazie alla sua forma, informazioni importanti sul modo di vibrazione del suolo.
4. Calcola lo Spettro di Fourier (FASsuolo) stavolta in superficie, moltiplicando lo Spettro di Fourier al bedrock per la Funzione di Trasferimento con la formula:

$$FAS_{suolo} = FAS_{bedrock} \times TF$$

5. Tramite una Trasformata inversa di Fourier (IFFT), calcola l'accelerazione al suolo; questo è il risultato la cui utilità è l'immediata applicazione nelle soluzioni progettuali ingegneristiche.

Tale calcolo computazionale è un processo iterativo, infatti, dato che il comportamento dei suoli alle sollecitazioni dinamiche è di tipo "non - lineare", il che vuol dire che le proprietà dinamiche dei suoli quale il Modulo di Taglio G e il Dumping D variano con il variare delle deformazioni applicate allo stesso, STRATA riesegue lo stesso calcolo decine di volte, variando di volta in volta progressivamente solo le proprietà dinamiche, fino a una convergenza di progetto, raggiunta la quale il calcolo si interrompe: è una soluzione "equivalente" ad un calcolo "non lineare", e per questo motivo viene chiamata "Analisi Equivalente Lineare".

Particolare importanza hanno le proprietà non lineari dei materiali, in particolare il rapporto G/Gmax e D, rispettivamente modulo di taglio "normalizzato" e dumping.

2. RISPOSTA SISMICA LOCALE

2.1 Definizione di input sismico e dei parametri sismici

Per la definizione dell'input sismico di modellazione della RSL, è necessario individuare e definire almeno 7 accelerogrammi di riferimento, con caratteristiche compatibili con il sito in esame. È necessario quindi definire i seguenti parametri:

1. Coordinate del sito;
2. Vita di riferimento Vr, pari al prodotto delle Vita nominale Vn per il coefficiente d'uso Cu di indirizzo progettuale;
3. Stati limite di progetto di riferimento, SLV e SLD.

Per la determinazione dei parametri di partenza sono state utilizzate le seguenti applicazioni:

- <http://www.geostru.com/geoapp/parametrisismici.aspx> per la determinazione delle coordinate ED50;
- Spettri-NTCver.1.0.3 per la determinazione dei valori di A_g , F_0 e T^*c in funzione dei diversi tempi di ritorno.

Coordinate del sito (sistema di riferimento WGS84)	Latitudine = 43.871640°
	longitudine = 12.970202°
Coordinate del sito (sistema di riferimento UTM)	Latitudine = 4859618.87 m N
	Longitudine = 336910.91 m E
Scelta della strategia di progettazione	Vita Nominale (V_n) = 50 anni
	Coefficiente d'uso (C_u) classe II = 1,0
	Stati limite di riferimento = SLV Stati limite di riferimento = SLD
Dati di disaggregazione SLV	Magnitudo (M) compresa tra 4,0 e 6,5
	Distanza (R) compresa tra 0 e 30 Km
Dati di disaggregazione SLD	Magnitudo (M) compresa tra 4,0 e 6,0
	Distanza (R) compresa tra 0 e 60 Km

Tabella 1 - Dati sito specifici necessari per l'estrapolazione degli input sismici sismocompatibili e spettrocompatibili.

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento P_{VR} (Tabella 2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Tabella 2 - Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR .

Fissati **VR** e **PVR** associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica **TR**, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC18:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tale relazione tra **PVR** (probabilità) e **TR** (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.1

Poiché è **VR** = 50 anni, il tempo di ritorno **TR** sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	TR = 30
Stato limite di esercizio: danno	SLD	TR = 50
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	TR = 475
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	TR = 975

Tabella 3 - Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR.

VR 50 anni e Coefficiente d'uso 1.0				
Stato limite	Tr	ag	F0	Tc*
	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	30	0.047	2.425	0.275
SLD	50	0.061	2.581	0.276
SLV	475	0.182	2.472	0.296
SLC	975	0.236	2.513	0.309

Tabella 4 - Parametri di pericolosità sismica per TR previsti nelle NTC18, per il sito in oggetto (VR 50 anni classe uso II).



Figura 1- Spettri NTC vers 1.0.3 - definizione dei parametri sismici

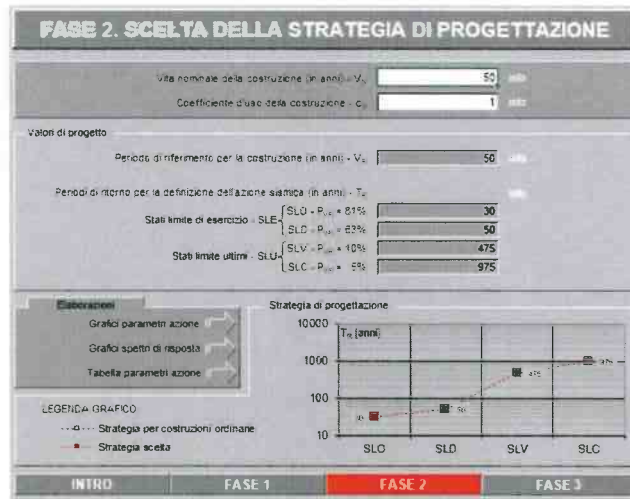


Figura 2 - Spettri NTC. Vers. 1.0.3 - definizione dei parametri progettuali.

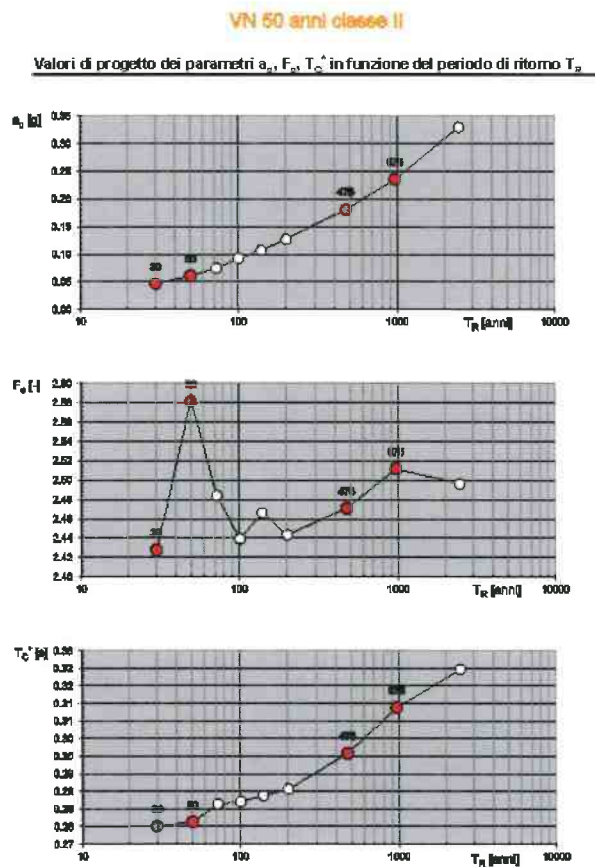


Figura 3 - Valori di progetto dei parametri a_g , F_0 e T_c in funzione del periodo di ritorno T_R .

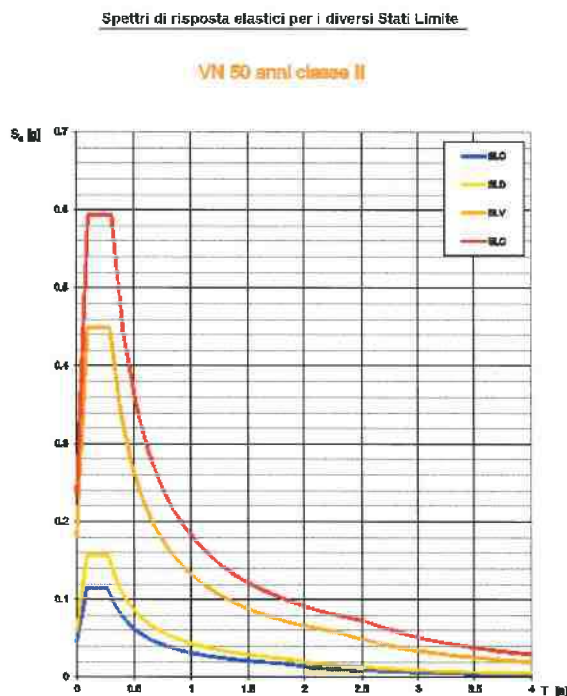


Figura 4 - Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite NTC18.

2.2 Definizione input sismico e dei dati di disaggregazione

L'estrazione degli accelerogrammi di input sismo-compatibili prevede la determinazione di altri parametri sismologici, oltre a quelli precedentemente definiti.

In particolare devono essere definiti i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'INGV al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

Per **SLV** si sono determinati i parametri M (magnitudo) e R (distanza) di disaggregazione

- M (magnitudo) compresa tra $M_{min} = 4.0$ e $M_{max} = 6.5$
- R (raggio distanza) compresa fra $R_{min} = 0$ Km e $R_{max} = 30$ Km

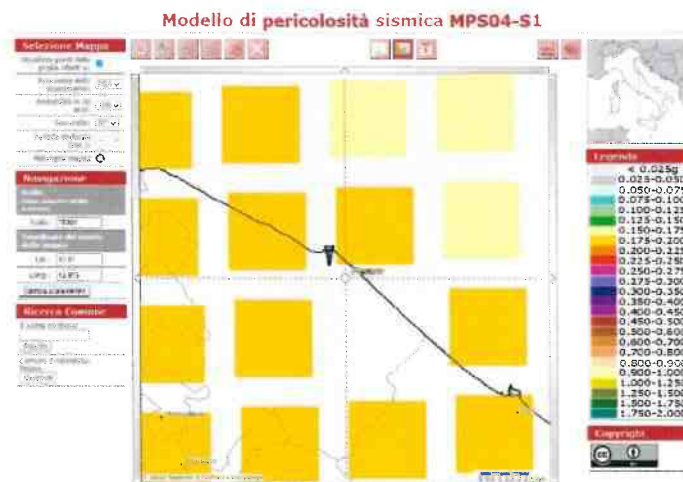


Figura 5 -Grafico di disaggregazione M-R per il territorio comunale di Gagliole.

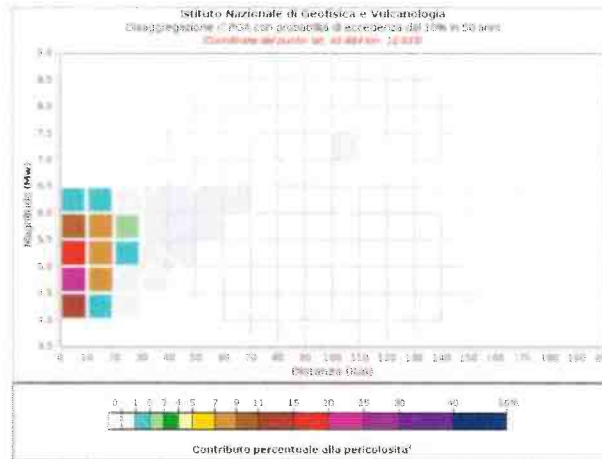


Figura 6 - Disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni per il sito in oggetto.

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.884 lon. 12.935)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	11.1000	24.3000	17.4000	10.7000	1.4700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.9700	7.0500	8.8800	6.7100	1.8700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0105	0.4270	1.4400	2.3200	0.9450	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0005	0.1400	0.6050	0.4170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.1210	0.1670	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0098	0.0481	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.13	9.16	0.764

Tabella 5 - Tabella valori di disaggregazione con sintesi dei valori medi.

Per **SLD** si sono determinati i parametri M (magnitudo) e R (distanza) di disaggregazione

- M (magnitudo) compresa tra Mmin = **4.0** e Mmax= **6.0**
- R (raggio distanza) compresa fra Rmin= **0** Km e Rmax = **60** Km

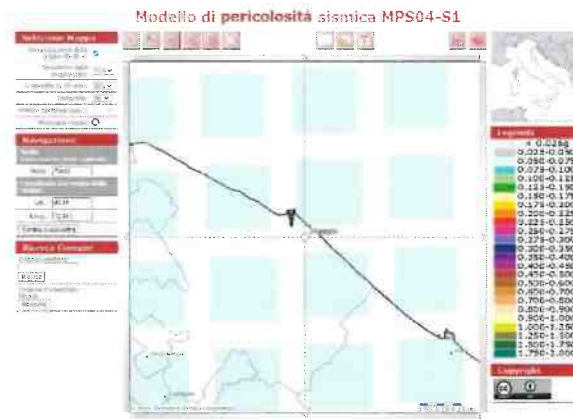


Figura 7 -Grafico di disaggregazione M-R per il territorio comunale di Gagliole.

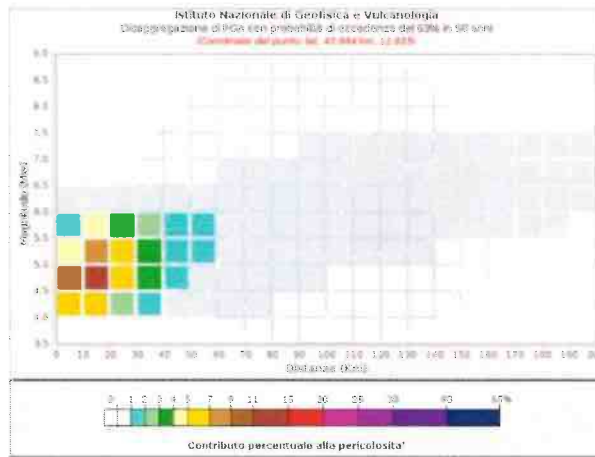


Figura 8 - Disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni per il sito in oggetto.

Disaggregazione di PCA con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.884 lon. 12.933)											
Distanza (km)	Magnitudo (Mw)										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0,0000	5,8480	9,1900	4,1490	1,7800	0,2010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10-20	0,0000	5,8480	13,4900	8,0300	4,1500	0,5700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20-30	0,0000	2,7200	8,5900	5,2900	3,4700	0,8710	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
30-40	0,0000	1,0200	3,9300	3,1000	2,5200	0,8810	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
40-50	0,0000	0,3680	1,4300	1,8100	1,7800	0,7640	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
50-60	0,0000	0,1180	0,5710	1,1000	1,2800	0,6490	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
60-70	0,0000	0,0179	0,3070	0,7320	0,9120	0,1170	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
70-80	0,0000	0,0005	0,0869	0,3960	0,5880	0,3810	0,0051	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
80-90	0,0000	0,0000	0,0171	0,1920	0,3410	0,2430	0,0060	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
90-100	0,0000	0,0000	0,0024	0,0716	0,1800	0,1210	0,0056	0,0016	0,0000	0,0000	0,0000
100-110	0,0000	0,0000	0,0001	0,0285	0,0370	0,0924	0,0270	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000
110-120	0,0000	0,0000	0,0000	0,0087	0,0617	0,0679	0,0407	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000
120-130	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0132	0,0500	0,0458	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000
130-140	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0100	0,0259	0,0444	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
140-150	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0208	0,0349	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000
150-160	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0139	0,0285	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
160-170	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0089	0,0193	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000
170-180	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0043	0,0145	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
180-190	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0024	0,0108	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
190-200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0077	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Valori Medi									
		Magnitudo		Distanza		Fattore					
		5,06		24,8		0,25					

Tabella 6 - Tabella valori di disaggregazione con sintesi dei valori medi.

2.3 Determinazione accelerogrammi di input

Al fine di estrapolare gli accelerogrammi di input per la modellazione di sito è stato utilizzato il database online ESM8 Engineering Strong-Motion database) e RexeLite (Orfeus <http://esm.mi.ingv.it>) una versione online semplificata del programma per computer REXEL (Iervolino et al., 2009), sviluppato da Iunio Iervolino e Carmine Galasso, dell'Università Federico II di Napoli, e che consente di cercare una combinazione di forme d'onda compatibili con un target spectrum, generato secondo EUROCODE 8.

Request number	34571		
Session title	Località Roncosambaccio - Fano (PU)		
Latitude [degrees]	43.671726	Longitude	12.970486
Site classification (EC8)	A		
Topography	T1 - flat surfaces, isolated cliffs and slopes with average slope angle not greater than 15°		
Nominal life [years]	50 years - ordinary structures		
Building functional type	2 - ordinary structures (Cu=1.0)		
Limit state probability	Life safety (P=10%)		
Ground motion components	One horizontal component		
Station site classification criteria	A.A.		
Focal mechanism	Not selected		
Magnitude (Ml or Mw)	min 4.0	max	6.5
Epicentral distance [km]	min 0.0	max	30.0
Period range [s]	lower 0.15	upper	2.0
Tolerance [%]	lower 10.0	upper	30.0
Scaled records	No		

Figura 13 - Parametri di input inseriti nella finestra REXELite per SLV classe II VN 50 anni.

Nel caso specifico, l'input sismico è stato vincolato al substrato geologico rigido con $V_s > 800$ m/sec, di conseguenza gli accelerogrammi estrapolati per la modellazione si riferiscono a registrazioni reali su suolo di tipo "A".

Station	Station code	Epicent time	Scale factor	Usable Bandwidth [Hz]	Orientation	Response spectrum
SA - Centro di microlocalizzazione sismica Network 2016 Central Italy seismic sequence	MZ11	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.96	HNE	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	CLO	2016-10-26 19:18:06	1.0	39.93	HGE	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	CLO	2016-10-26 19:18:06	1.0	39.93	HGN	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MMO	2016-10-30 06:40:18	1.0	59.95	HGE	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MMO	2016-10-30 06:40:18	1.0	59.95	HGN	
IV - Italian National Seismic Network (INGV)	EV RN	2016-12-26 02:19:17	1.0	39.96	HNE	
IV - Italian National Seismic Network (INGV)	EV RN	2016-12-26 02:19:17	1.0	39.96	HNN	

Tabella 8- Sintesi degli accelerogrammi selezionati rispettivamente per SLV.

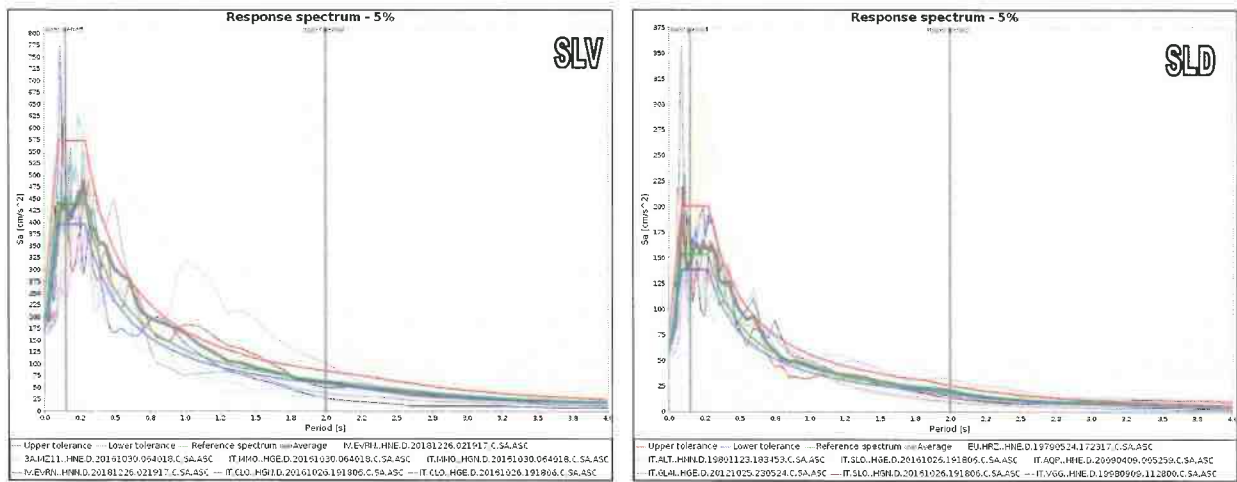


Figura 14 - Spettri accelerometrici sismo-compatibili selezionati per SLV e SLD classe II VN50 anni.

Gli accelerogrammi della combinazione opportunamente creata non sono stati scalati e normalizzati in ragione dello stato limite SLV e SLD.

2.4 Analisi risposta sismica parametri generali di input

Per l’analisi condotta con il software STRATA sono stati inseriti i seguenti parametri generali. In prima fase sono stati identificati i vari strati litologici attribuendogli i valori di densità in KN/m³ stimati dalle indagini effettuate in sito (sondaggio geognostico) e dalle modellazioni sismiche effettuate.

Site Profile

Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
0.00	0.43	Argille sabbiose	100.00
0.43	0.70	Argille sabbiose	140.00
1.13	1.24	Argille marnose e sabbie addensate (sub. alterato)	230.00
2.37	2.00	Argille marnose e sabbie addensate (sub. alterato)	285.00
4.37	3.09	Argille marnose e sabbie addensate (sub. alterato)	300.00
7.46	11.97	Argille marnose e sabbie addensate (sub. alterato) 1	420.00
19.43	9.57	Argille marnose e sabbie addensate (sub. alterato) 1	495.00
29.00	11.00	Argille marnose e sabbie addensate (sub. alterato) 1	505.00
40.00	50.00	Argille marnose e sabbie addensate (sub. alterato) 1	550.00
90.00	Half-Space	Bedrock	800.00

Figura 15 – Identificazione dei sismostrati con attribuzione delle velocità delle onde di taglio

Per quanto riguarda il Bedrock sismico (riferibile in sito al substrato geologico con Vs >800 m/sec) è stato considerato un valore di peso di volume pari a 23.0 KN/m³; il substrato è stato imposto alla profondità di circa 94.20 m dal p.c.

Soil Types

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G _{max} Model	Damping Model
1	Argille sabbiose	18.80	Seed & Idriss, Sand Mean	Seed & Idriss, Sand Mean
2	Argille marnose e sabbie addensate (sub. alterato)	20.50	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay
3	Argille marnose e sabbie addensate (sub. alterato) 1	21.00	Substrato alterato	Substrato alterato

Figura 16 - Profondità e velocità degli strati individuati.

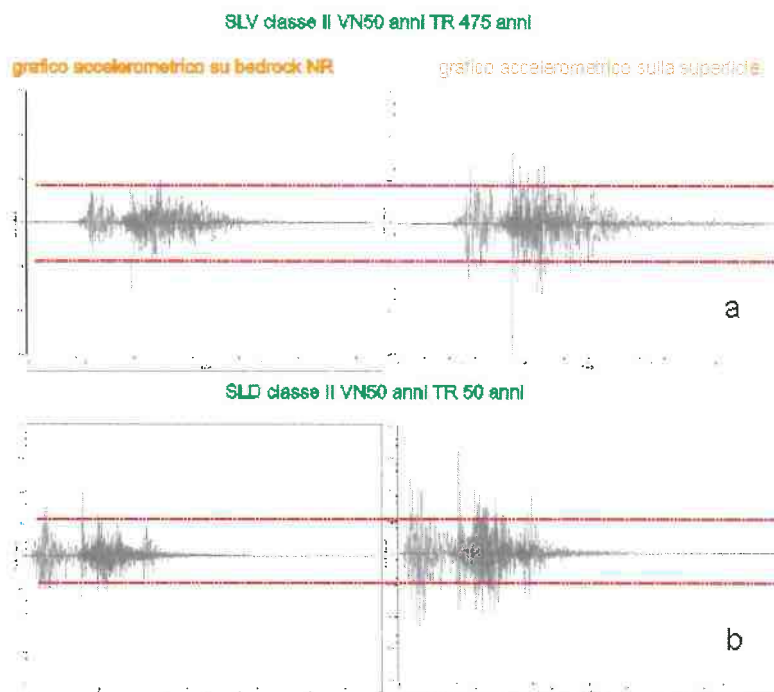


Figura 17a/17b- Grafici accelerometrici su suolo rigido e modellazione al suolo per SLV classe II VN50 anni TR 475 anni, SLD classe II VN50 anni TR 50 anni.

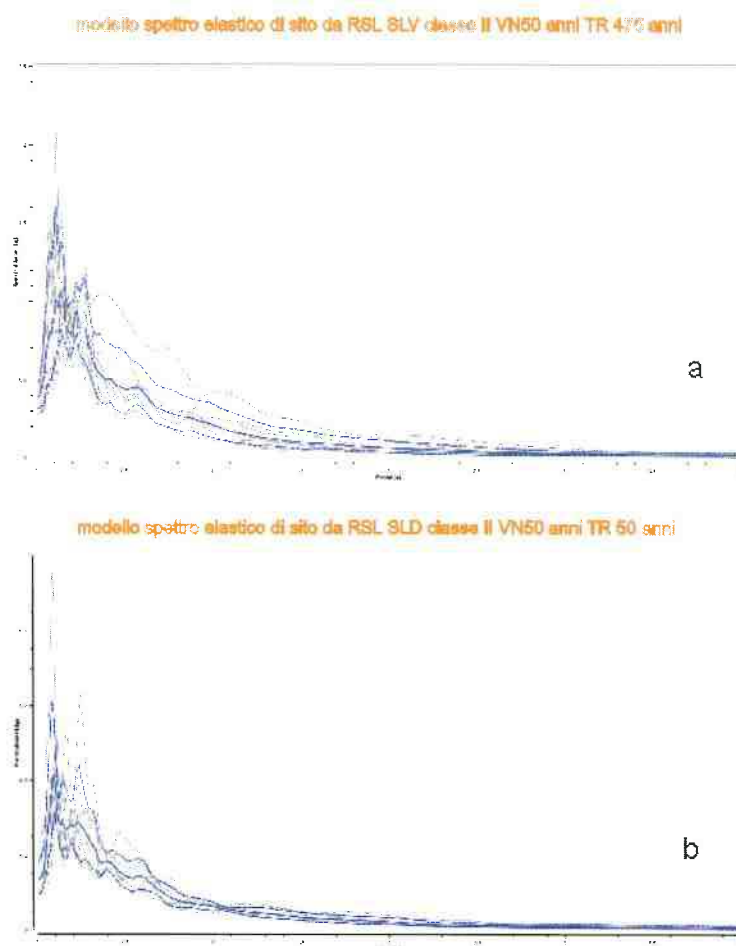


Figura 18a/18b - Spettro elastico di sito ottenuto dalla modellazione con software STRATA dove si evidenzia lo spettro elastico ottenuto in termini di valori medi e di intervallo di confidenza superiore e inferiore per SLV classe II VN50 anni TR 475 anni, SLD classe II VN50 anni TR 50 anni.

La procedura di regolarizzazione (Newmark e Hall, 1982, Romeo, 2007, Liberatore e Pagliaroli, 2014), permette di trasformare lo spettro, risultato delle simulazioni numeriche nell'ambito degli studi di MS3 o di RSL, in uno spettro con forma standard (secondo le vigenti norme tecniche per le costruzioni), cioè costituito da un ramo con accelerazione crescente lineare, un ramo ad accelerazione costante, un ramo in cui l'accelerazione decresce con $1/T$ e, quindi, a velocità costante.

Alla fine della procedura saranno disponibili anche tutti i parametri per l'inserimento dello spettro elastico in codici di calcolo per la progettazione e la verifica delle costruzioni (a_g , a_{max} , TB, TC, TD, TC*, F0, ξ , η , SS, ST).

3. STATO LIMITE VITA (SLV) -1.0m da p.c. (ipotizzato piano fondale)

LOCALITA'	Fano - Loc. Roncosambaccio				lon.WGS84	43.871640	lat.WGS84	12.970202
					lon.ED50	43.872581	lat.ED50	12.971147
CATEGORIA DI SUOLO COME SPETTRO DI RIFERIMENTO:							SUOLO	B
	S_S	S_T	S	CC	TB	TC	TD	a_g
B	1.200	1.000	1.200	1.403	0.138	0.415	2.328	0.218

Tabella 9- Localizzazione sito SLV.

PARAMETRI NTC	
ξ	= 5%
η	= 1.0000
a_g	= 0.1820
F_0	= 2.4720
T^*_c	= 0.2960
S_T	= 1.0000
$a_{g,pl}$	= 0.5399

Tabella 10- Parametri input NTC.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.01000	0.38526	0.04540	0.52319	0.20614	0.81546	0.93596	0.23217
0.01062	0.38564	0.04824	0.54667	0.21901	0.89741	0.99435	0.21133
0.01129	0.38607	0.05125	0.56955	0.23267	0.94335	1.05639	0.18549
0.01199	0.38656	0.05444	0.61880	0.24718	0.83555	1.12230	0.16472
0.01274	0.38711	0.05784	0.66674	0.26261	0.83620	1.19232	0.14880
0.01353	0.38773	0.06145	0.69308	0.27899	0.83714	1.26670	0.13016
0.01438	0.38851	0.06528	0.71511	0.29640	0.74538	1.34573	0.11791
0.01528	0.38958	0.06935	0.73908	0.31489	0.64611	1.42969	0.10606
0.01623	0.39034	0.07368	0.78056	0.33453	0.58249	1.51889	0.09580
0.01724	0.39136	0.07828	0.80976	0.35540	0.54576	1.61365	0.09077
0.01832	0.39309	0.08316	0.79791	0.37758	0.51282	1.71432	0.08271
0.01946	0.39418	0.08835	0.78391	0.40113	0.49792	1.82127	0.07098
0.02067	0.39356	0.09386	0.83004	0.42616	0.50524	1.93490	0.06408
0.02196	0.39514	0.09972	0.86133	0.45275	0.46268	2.05562	0.05927
0.02333	0.39939	0.10594	0.92849	0.48099	0.44973	2.18386	0.05210
0.02479	0.40397	0.11255	1.01444	0.51100	0.43509	2.32011	0.04571
0.02634	0.41050	0.11957	0.98724	0.54288	0.44414	2.46486	0.03953
0.02798	0.41489	0.12703	0.95873	0.57675	0.45227	2.61864	0.03342
0.02972	0.42134	0.13495	1.01136	0.61274	0.41794	2.78201	0.03033
0.03158	0.43504	0.14337	1.06319	0.65096	0.35904	2.95558	0.02867
0.03355	0.44381	0.15232	1.02552	0.69158	0.31420	3.13998	0.02675
0.03564	0.45365	0.16182	0.94922	0.73472	0.29800	3.33587	0.02428
0.03786	0.47389	0.17192	0.84651	0.78056	0.27784	3.54400	0.02194
0.04023	0.50596	0.18264	0.80625	0.82926	0.25972	3.76510	0.01993
0.04274	0.52036	0.19404	0.79556	0.88100	0.25480	4.00000	0.01769

Tabella 11- Valori spettro RSL non normalizzato.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.00000	0.31977	0.04540	0.61710	0.21901	0.89619	1.05639	0.22402
0.01000	0.38526	0.04824	0.63565	0.23267	0.89619	1.12230	0.21087
0.01062	0.38934	0.05125	0.65535	0.24718	0.89619	1.19232	0.19848
0.01129	0.39369	0.05444	0.67629	0.26261	0.89619	1.26670	0.18683
0.01199	0.39830	0.05784	0.69853	0.27899	0.89619	1.34573	0.17586
0.01274	0.40320	0.06145	0.72216	0.29640	0.79845	1.42969	0.16553
0.01353	0.40840	0.06528	0.74727	0.31489	0.75156	1.51889	0.15581
0.01438	0.41393	0.06935	0.77394	0.33453	0.70742	1.61365	0.14666
0.01528	0.41980	0.07368	0.80227	0.35540	0.66588	1.71432	0.13805
0.01623	0.42604	0.07828	0.83238	0.37758	0.62678	1.82127	0.12994
0.01724	0.43267	0.08316	0.86436	0.40113	0.58997	1.93490	0.12231
0.01832	0.43972	0.08835	0.89619	0.41536	0.55532	2.05562	0.11513
0.01946	0.44720	0.09386	0.89619	0.45275	0.52271	2.18386	0.10837
0.02067	0.45515	0.09972	0.89619	0.48099	0.49202	2.32011	0.10200
0.02196	0.46360	0.10594	0.89619	0.51100	0.46312	2.32800	0.10166
0.02333	0.47257	0.11255	0.89619	0.54288	0.43593	2.61864	0.08034
0.02479	0.48210	0.11957	0.89619	0.57675	0.41033	2.78201	0.07118
0.02634	0.49223	0.12703	0.89619	0.61274	0.38623	2.95558	0.06307
0.02798	0.50299	0.13495	0.89619	0.65096	0.36355	3.13998	0.05588
0.02972	0.51442	0.13845	0.89619	0.69158	0.34220	3.33587	0.04951
0.03158	0.52656	0.15232	0.89619	0.73472	0.32210	3.54400	0.04386
0.03355	0.53946	0.16182	0.89619	0.78056	0.30319	3.76510	0.03886
0.03564	0.55317	0.17192	0.89619	0.82926	0.28538	4.00000	0.03443
0.03786	0.56773	0.18264	0.89619	0.88100	0.26862		
0.04023	0.58320	0.19404	0.89619	0.93596	0.25285		
0.04274	0.59964	0.20614	0.89619	0.99435	0.23800		

Tabella 12- Valori spettro RSL normalizzato.

PARAMETRI NORMALIZZATI			
$\xi =$	5%	$S_T =$	1.0000
$\eta_H =$	1.0000	$TB_H =$	0.0880
$a_{gH} =$	0.3198	$TC_H =$	0.2641
$a_{g,pl,H} =$	0.8962	$TD_H =$	2.3280
$F_{\theta H} =$	2.8026	$S_{SN} = a_{gN}/a_g =$	1.7570
		$a_{g,pl,N}/a_{g,pl} =$	1.6600

Tabella 13 - Parametri da spettro normalizzato della risposta sismica locale confronto normativa VN 50 anni classe II -SLV.

Effettuata la normalizzazione dello spettro elastico di sito ricavato dalla modellazione si è proceduto al confronto grafico e numerico con gli spettri di normativa previsti.

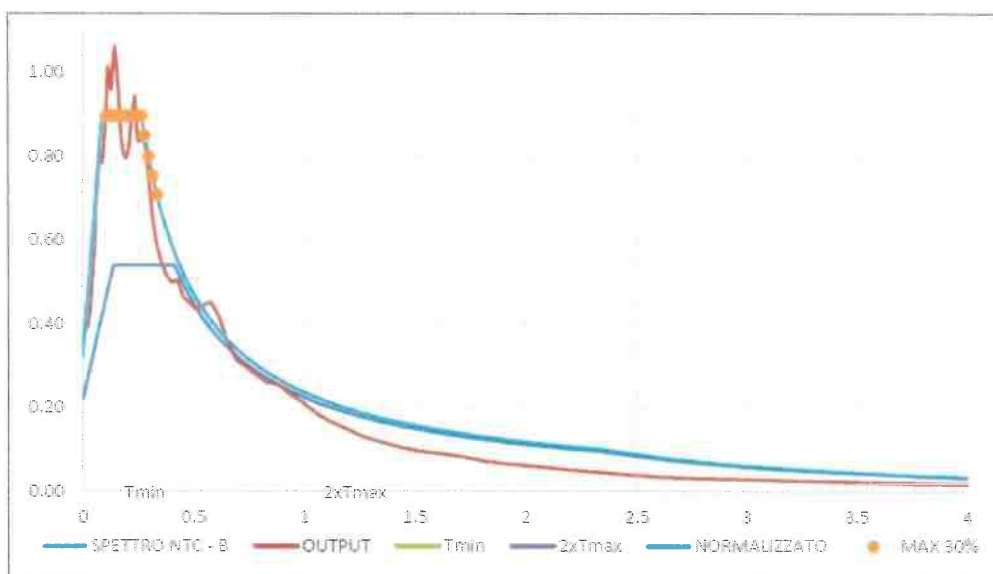


Figura 19 - Confronto fra spettri elastici di sito da RSL e di normativa NTC18 per suolo di tipo B classe II SLV (TR 475y) categoria topografica T1.

4. STATO LIMITE DANNO (SLD) -1.0m da p.c. (ipotizzato piano fondale)

LOCALITA'	Fano - Loc. Roncosambaccio				lon.WGS84	43.871640	lat.WGS84	12.970202
					lon.ED50	43.872581	lat.ED50	12.971147
CATEGORIA DI SUOLO COME SPETTRO DI RIFERIMENTO:							SUOLO	B
	S_S	S_T	S	CC	TB	TC	TD	a_g
B	1.200	1.000	1.200	1.423	0.131	0.393	1.844	0.073

Tabella 14- Localizzazione sito SLD.

PARAMETRI NTC	
ξ	= 5%
η	= 1.0000
a_g	= 0.0610
F_0	= 2.5810
T_c^*	= 0.2760
S_T	= 1.0000
$a_{g,pl}$	= 0.1889

Tabella 15 – Parametri input NTC.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.01000	0.13375	0.04540	0.18545	0.20614	0.27569	0.93596	0.06760
0.01062	0.13387	0.04824	0.21392	0.21901	0.27872	0.99435	0.06268
0.01129	0.13401	0.05125	0.21805	0.23267	0.29114	1.05639	0.05746
0.01199	0.13417	0.05444	0.21774	0.24718	0.28170	1.12230	0.05254
0.01274	0.13434	0.05784	0.22488	0.26261	0.26921	1.19232	0.04809
0.01353	0.13455	0.06145	0.25004	0.27899	0.25875	1.26670	0.04579
0.01438	0.13481	0.06528	0.27420	0.29640	0.24312	1.34573	0.04173
0.01528	0.13511	0.06935	0.28338	0.31489	0.22533	1.42969	0.03832
0.01623	0.13535	0.07368	0.29267	0.33453	0.21380	1.51889	0.03393
0.01724	0.13571	0.07828	0.33769	0.35540	0.18037	1.61365	0.03099
0.01832	0.13619	0.08316	0.36798	0.37758	0.18090	1.71432	0.02831
0.01946	0.13690	0.08835	0.39660	0.40113	0.18343	1.82127	0.02497
0.02067	0.13762	0.09386	0.40447	0.42616	0.17737	1.93490	0.02296
0.02196	0.13789	0.09972	0.41518	0.45275	0.16349	2.05562	0.02016
0.02333	0.13929	0.10594	0.38750	0.48099	0.15079	2.18386	0.01668
0.02479	0.13943	0.11255	0.34823	0.51100	0.14136	2.32011	0.01417
0.02634	0.13943	0.11957	0.31111	0.54288	0.13658	2.46486	0.01259
0.02798	0.14223	0.12703	0.28416	0.57675	0.14310	2.61864	0.01072
0.02972	0.14737	0.13495	0.28080	0.61274	0.14074	2.78201	0.00973
0.03158	0.14914	0.14337	0.29084	0.65096	0.12261	2.95558	0.00918
0.03355	0.15274	0.15232	0.27997	0.69158	0.10913	3.13998	0.00868
0.03564	0.15842	0.16182	0.26849	0.73472	0.09336	3.33587	0.00779
0.03786	0.16238	0.17192	0.26770	0.78056	0.08254	3.54400	0.00678
0.04023	0.16462	0.18264	0.27645	0.82926	0.07391	3.76510	0.00586
0.04274	0.16896	0.19404	0.28424	0.88100	0.07177	4.00000	0.00492

Tabella 16- Valori spettro RSL non normalizzato.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.00000	0.10805	0.04540	0.22474	0.21901	0.31734	1.05639	0.07339
0.01000	0.13375	0.04824	0.23202	0.23267	0.31734	1.12230	0.06908
0.01062	0.13535	0.05125	0.23975	0.24718	0.31734	1.19232	0.06503
0.01129	0.13706	0.05444	0.24797	0.26261	0.29523	1.26670	0.06121
0.01199	0.13887	0.05784	0.25670	0.27899	0.27790	1.34573	0.05761
0.01274	0.14079	0.06145	0.26597	0.29640	0.26158	1.42969	0.05423
0.01353	0.14283	0.06528	0.27582	0.31489	0.24622	1.51889	0.05104
0.01438	0.14500	0.06935	0.28629	0.33453	0.23176	1.61365	0.04805
0.01528	0.14731	0.07368	0.29741	0.35540	0.21815	1.71432	0.04523
0.01623	0.14976	0.07828	0.30922	0.37758	0.20534	1.82127	0.04257
0.01724	0.15236	0.08316	0.31734	0.39275	0.19328	1.84400	0.04204
0.01832	0.15512	0.08835	0.31734	0.42616	0.18193	2.05562	0.03383
0.01946	0.15806	0.09386	0.31734	0.45275	0.17124	2.18386	0.02998
0.02067	0.16118	0.09972	0.31734	0.48099	0.16119	2.32011	0.02656
0.02196	0.16449	0.10594	0.31734	0.51100	0.15172	2.46486	0.02353
0.02333	0.16801	0.11255	0.31734	0.54288	0.14281	2.61864	0.02085
0.02479	0.17176	0.11957	0.31734	0.57675	0.13443	2.78201	0.01847
0.02634	0.17573	0.12703	0.31734	0.61274	0.12653	2.95558	0.01637
0.02798	0.17995	0.13092	0.31734	0.65096	0.11910	3.13998	0.01450
0.02972	0.18444	0.14337	0.31734	0.69158	0.11211	3.33587	0.01285
0.03158	0.18921	0.15232	0.31734	0.73472	0.10552	3.54400	0.01138
0.03355	0.19427	0.16182	0.31734	0.78056	0.09933	3.76510	0.01009
0.03564	0.19965	0.17192	0.31734	0.82926	0.09349	4.00000	0.00894
0.03786	0.20536	0.18264	0.31734	0.88100	0.08800		
0.04023	0.21143	0.19404	0.31734	0.93596	0.08284		
0.04274	0.21788	0.20614	0.31734	0.99435	0.07797		

Tabella 17 - Valori spettro RSL normalizzato.

PARAMETRI NORMALIZZATI			
$\xi =$	5%	$S_T =$	1.0000
$\eta_N =$	1.0000	$TB_N =$	0.0814
$a_{gN} =$	0.1080	$TC_N =$	0.2443
$a_{g-pl,N} =$	0.3173	$TD_N =$	1.8440
$F_{gN} =$	2.9371	$s_{SN} = a_{gN}/a_g =$	1.7713
		$a_{g-pl,N}/a_{g-pl} =$	1.6797

Tabella 18 -Parametri da spettro normalizzato della risposta sismica locale confronto normativa VN 50 anni classe II -SLD.

Effettuata la normalizzazione dello spettro elastico di sito ricavato dalla modellazione si è proceduto al confronto grafico e numerico con gli spettri di normativa previsti.

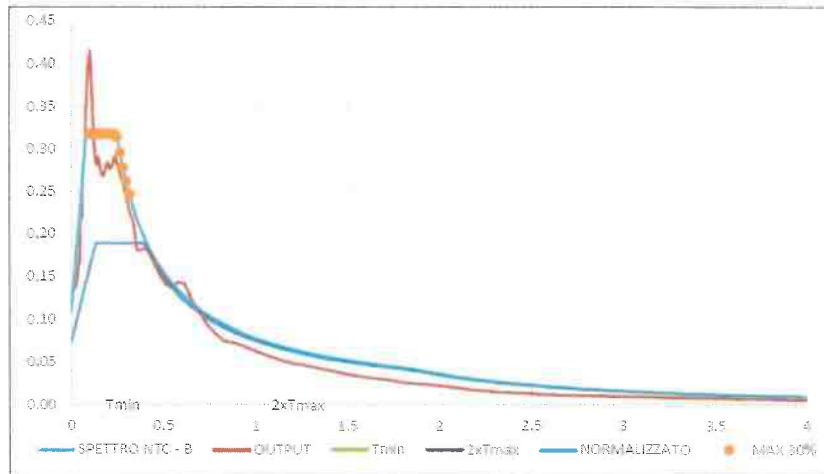


Figura 20 - Confronto fra spettri elastici di sito da RSL e di normativa NTC18 per suolo di tipo C classe II SLD (TR 50 y) categoria topografica T1.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi di Risposta Sismica Locale monodimensionale è stata condotta con il software STRATA, dove ciascuno dei 7 accelerogrammi è stato applicato al substrato rigido ($V_s > 800$ m/sec) e propagato attraverso il profilo di terreno caratterizzante il punto individuato.

Nel presente lavoro per Risposta Sismica Locale si intende fornire gli accelerogrammi di output e i relativi spettri elastici di risposta in accelerazione nonché i parametri sito dipendenti (lo spettro di risposta in accelerazione costituisce lo strumento base per la verifica in campo dinamico dell'opera). L'analisi della Risposta Sismica Locale è stata calcolata da -1.00m dal piano campagna, ovvero alla profondità del piano fondazioni.

Il primo importante risultato è costituito dalla ricostruzione degli accelerogrammi ricavati in cui è possibile notare l'effetto del filtraggio ad opera dei terreni costituenti il sottosuolo nei confronti del segnale di input derivante dal bedrock (il bedrock sismico considerato è riferibile a velocità di onde di taglio > 800 m/sec posto ad una profondità di circa 90.0 m dal p.c.). Dai confronti mostrati dalle figg.19-20, tra spettro medio di output e spettro di normativa calcolato su suolo B e categoria topografica T1, si osserva quanto segue:

- Il confronto per la SLV classe II (VN50 anni) TR 475 anni, lo spettro elastico di sito ricavato dall'analisi di RSL risulta, al di sopra dello spettro di normativa con il plateau da RSL ($T_b - T_c$) pari a 0.8962 g, mentre il plateau previsto da NTC18 per classe di suolo tipo C e categoria topografica T1, è pari a 0.5399 g.

- il confronto per la SLD classe II (VN50 anni) TR 50 anni, lo spettro elastico di sito ricavato dall'analisi di RSL risulta, al di sopra dello spettro di normativa con il plateau da RSL (Tb-Tc) fino a 0.3173 g, mentre il plateau previsto da NTC18 per classe di suolo tipo C e categoria topografica T1, è pari a 0.2760 g.

5. Stabilità dei fronti di scavo previsti da progetto ...

Dall'esame degli elaborati grafici progettuali, è previsto uno sbancamento di terreno per la realizzazione dell'ampliamento del livello seminterrato di circa 3.00 m rispetto al p.c., pertanto come richiesto è stata eseguita una verifica dell'altezza ammissibile in sito per gli scavi previsti e per la natura dei terreni interessati, rappresentati a partire dal piano campagna da un coltre di copertura di terreno di riporto e vegetale di natura sabbioso – argillosa (**Litotipo R-TV**) dello spessore di 0.60 m circa (non significativo), seguito dalla formazione in posto parzialmente alterata in litofacies argilloso – marnosa e sabbiosa, in strati variamente intercalati tra loro con le argille che risultano generalmente di colore nocciola o grigio – nocciola e la sabbia generalmente nocciola ed ocrea (**Litotipo AMS**), in assenza della falda idrica (da Relazione Geologica-Tecnica ecc.. in oggetto – Punto 1).

La verifica viene eseguita nel breve tempo, più consona al caso in quanto le opere edili seguiranno immediatamente lo sbancamento di terreno e per parete verticale, data la modesta altezza prevista da progetto.

La parametrizzazione geotecnica del **Litotipo AMS**, è riferita alla litofacies argilloso – marnosa, più cautelativa (da Relazione Geologica-Tecnica ecc.. in oggetto – Punto 1).

Formula e diagramma di Taylor (Figura 1) adottati per il calcolo:

$$H_c = N_s \times C_u / \gamma \quad \text{in cui :}$$

H_c = altezza critica

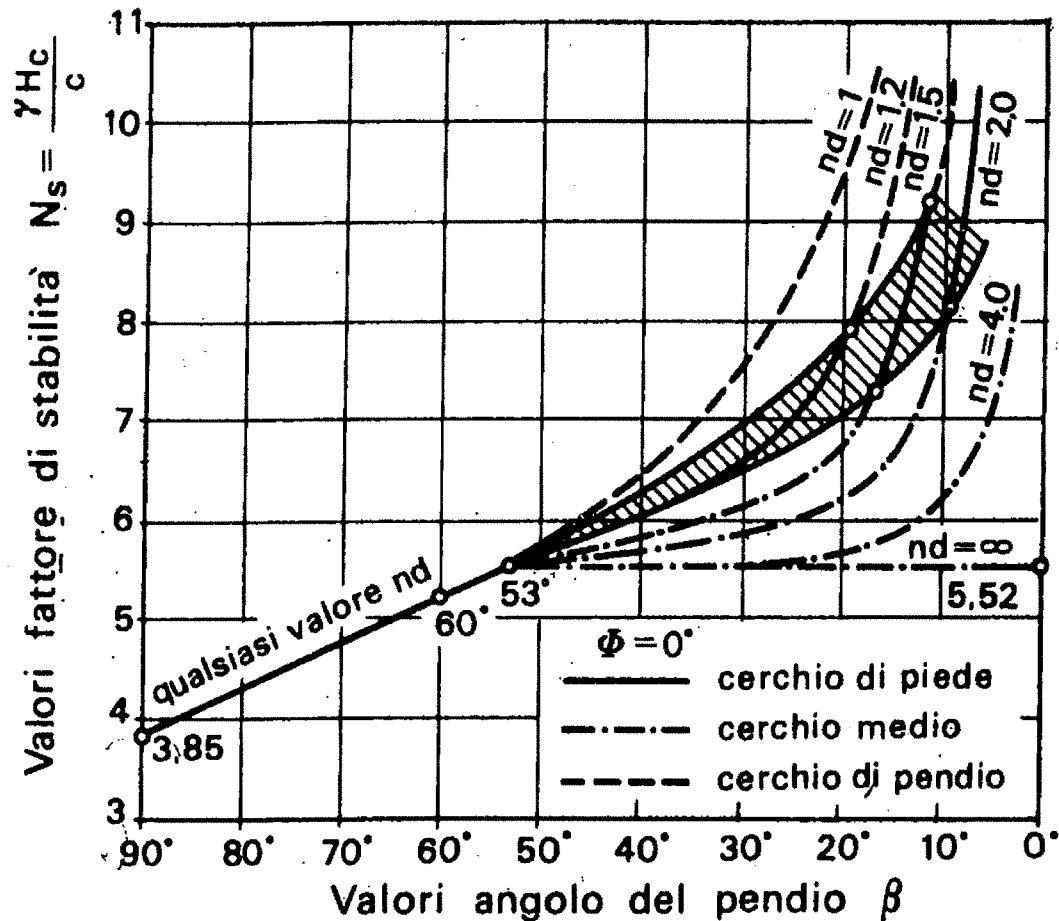
N_s = fattore di stabilità dipendente da β e nd

C_u = coesione non drenata (condizione a breve termine, utilizzando il valore caratteristico $C_{uk} = 1.10 \text{ Kg/cm}^2$), sostituita nel calcolo un valore cautelativo di coesione ridotta $C_r = 1/2$ di C_{uk} .

Il Valore di C_{uk} adottato nel calcolo è pari a $1.10 \text{ Kg/cm}^2 = 11.0 \text{ t/m}^2$
 $C_r = 1/2 \times C_{uk} = 1/2 \times 11.0 \text{ t/m}^2 = 5.5 \text{ t/m}^2$

γ = peso di volume del terreno = 2.05 t/m^3

Figura 1



Con $\beta = 90^\circ$ (parete verticale), N_s è indipendente da nd ed assume un valore pari a 3.85 (vedere Figura 1), per cui:

$$H_c = 3.85 \times 5.5 \text{ t/mq} / 2.05 \text{ t/mc} = 10.3 \text{ m}$$

Per ottenere l'altezza ammissibile (H) della parete verticale, si adotta un ulteriore fattore di sicurezza $F = 1.5$ per il valore ottenuto, che tiene conto anche dell'importanza dello scavo, per cui:

$$H = H_c / 1.5 = 10.3 \text{ m} / 1.5 = 6.86 \text{ m}$$

Pertanto il valore di altezza ammissibile nel breve tempo ed in parete verticale, derivato adottando nel calcolo parametri geotecnici cautelativi è pari a:
H = 6.86 m

Per il valore di altezza ammissibile ottenuto, saranno garantiti i tempi tecnici minimi necessari alla costruzione della parete in c.a. di contenimento del fronte di scavo, senza adottare particolari interventi ed / o opere di protezione temporanea.

In via precauzionale, per garantire ulteriore sicurezza al cantiere, nell'esecuzione dello scavo di sbancamento si può procedere per tratti, immediatamente seguito dalla costruzione dell'opera di contenimento opportunamente dimensionata in base alle esigenze progettuali e spinta delle terre, dotata di drenaggio a tergo, prevedendo temporanei interventi di copertura con teli impermeabili del fronte di sbancamento a protezione dall'azione del sole o delle piogge.

Relativamente alla sistemazione sterna dell'area non si prevedono movimenti terra significativi, rimanendo pertanto invariato l'assetto geomorfologico del sito in esame.

Con riguardo agli aspetti idrologici-idraulici

Elaborato punto 2 – COMPATIBILITA' IDRAULICA ...

6. A completamento della verifica di compatibilità idraulica (rappresentazione del reticolo idrografico superficiale)

La rappresentazione del reticolo idrografico superficiale presente in un intorno significativo all'area di intervento è derivato dall'esame della cartografia Monitoraggio delle Criticità, Città di Fano, Settembre 2007 (vedere ***Allegato 7***).

Dall'esame della suddetta cartografia, nella zona risulta la presenza di un corso d'acqua significativo di fondovalle detto Rio della Galassa ed una serie di fossi non nominati (probabilmente fossi interpoderali), tributari del suddetto Rio.





Tra l'area d'intervento ed il tratto di testa del Rio della Galassa, su base plano-altimetrica si rileva un dislivello esistente di circa 50 / 55 metri, tale da escludere qualsiasi interferenza tra l'area in esame ed il corso del Rio della Galassa e suoi tributari.

La criticità nel Rio della Galassa è individuata solamente nel tratto di attraversamento della S.S. Adriatica a seguito di intasamenti (Punto 35).



○ **Area in esame**



-  Punto critico
-  criticità segnalate da ASET
-  Bacini imbriferi
-  Aree nuova previsione

Elaborato punto 3 – INVARIANZA IDRAULICA ...

7. Determinazione dei volumi di accumulo ai fini dell'invarianza idraulica

E' stato richiesto di eseguire il suddetto calcolo dei volumi mediante specifico foglio di calcolo (<http://www.autoritabacino.marche.it/invidr/default.asp>), vedere ***Allegato 8***, dal quale risulta il valore di $W = 9,24$ mc rappresentato nell'Elaborato punto 3.

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014

Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:

$$w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 l - w^{\circ} P$$

$$\phi^{\circ} = 0.9 Imp^{\circ} + 0.2 Per^{\circ} \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$$

$w^{\circ} = 50$ mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione

ϕ = coefficiente di deflusso post trasformazione ϕ° = coefficiente di deflusso ante trasformazione

$n = 0.48$ I e P espressi come frazione dell'area trasformata

Imp e Per espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice^o) o dopo (se non c'è l'apice^o)

VOLUME RICAVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento

Oggetto:

(INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTORNATI)

ANTE OPERAM	Superficie fondiaria-lotto (mq) =	2123,00	mq	Inserire la superficie totale dell'intervento
	Superficie impermeabile esistente =	789,79	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Imp ^o =	0,37		
	Superficie permeabile esistente (mq) =	1333,21	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Per ^o =	0,63		
	Imp ^o + Per ^o =	1,00		

POST OPERAM

Superficie impermeabile trasformata o di progetto =	909,18	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Imp =	0,43		
Superficie permeabile di progetto =	1213,82	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Per =	0,57		
Imp + Per =	1,00		

INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA

Superficie trasformata/livellata =	2123,00	mq	superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola
I =	1,00		
Superficie agricola inalterata =	0,00	mq	superficie inalterata
P =	0,00		
I + P =	1,00		

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM

ϕ°	$0,9 \times Imp^{\circ} + 0,2 \times Per^{\circ} =$	0,9	x	0,37	+	0,2	x	0,63	=	0,46				
ϕ	$0,9 \times Imp + 0,2 \times Per =$	0,9	x	0,43	+	0,2	x	0,57	=	0,50				
W	$w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 l - w^{\circ} P =$	50	x	1,17	-	15	x	1,00	-	50	x	0,00	=	43,54 mc/ha
W°	50 mc/ha													
$(\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)}$	$1,09$													
	$1,92$													

VOLUME MINIMO DI INVASO

$$43,54 \times 10.000,00 \times 2.123,00 = 9,24 \text{ mc}$$

Q	Portata ammissibile sul corpo riceettore 20 l/s/ha	4,25	l/sec
----------	--	------	-------

8. Il dispositivo idraulico individuato ...

Per il dispositivo idraulico individuato (vasca), vedere elaborato grafico del Tecnico Progettista Arch. Pietro Broccoli, TAV.10 – STATO DI PROGETTO – SCHEMA FOGNARIO.

9. Nel caso non siano possibili canalizzazioni delle acque bianche defluenti dall'area in esame verso corpi idrici recettori o collettori fognari: redazione di Studi Specifici ...

Dato che nella zona non è presente un corpo idrico ricettore delle acque bianche defluenti dall'area, al fine di prevederne lo smaltimento delle suddette acque per infiltrazione nel sottosuolo attraverso un sistema funzionale per adeguati tempi di ritorno TR 30 anni, si è redatto uno Studio Idraulico con verifica della volumetria per piogge con TR 30 anni e durata di 2 ore (vedere **Allegato 9**) ed una relazione per il dimensionamento di trincea drenante prescelta per lo smaltimento delle acque bianche (vedere **Allegato 10**).

Dall'esame dell'elaborato **Allegato n.9** si fa evidenziare che lo studio richiesto dall'Ente relativo ad una verifica di maggiore dettaglio, di norma lo si richiede per casi di "significativa impermeabilizzazione", mentre l'area di interesse ricade nel caso di "Modesta Impermeabilizzazione Potenziale".

Le linee guida della Regione Marche (punto B.3) consigliano di dimensionare le luci di invaso e i tiranti idrici ammessi negli invasi "in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dell'area di trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni".

Di conseguenza il calcolo eseguito dei volumi da garantire ai fini dell'invarianza idraulica determinati con il metodo dell'invaso per una precipitazione di riferimento di durata 2 ore e tempo di ritorno 30 anni, conferma che il volume di laminazione $W = 9.24$ mc (ottenuto con la formula del w riportata nell'Elaborato Punto 3 – Invarianza Idraulica), garantisce ampiamente il Volume da laminare per evento TR 30 d 2 ore risultato negativo, $V_e - V_u = -158.13$ mc, a significare che la vasca di

accumulo prevista con il calcolo dell'Invarianza Idraulica è sovradimensionata per evento TR 30 d 2 ore.

Il tutto a garanzia della conservazione dell'equilibrio geomorfologico, idrogeologico ed idraulico dell'ambito territoriale in cui ricade l'area in esame.

Dall'esame dell'elaborato **Allegato 10**, al fine di smaltire le acque bianche nel sottosuolo si prevede la realizzazione di una trincea drenante.

Considerando che la stima del volume da laminare secondo il calcolo dell'invarianza idraulica risulta pari a 9,24 mc, e che il sistema dovrà essere in grado quindi di smaltire l'intero volume della vasca di laminazione, verrà realizzata una trincea drenante della lunghezza complessiva pari a 10 ml, che oltre a disperdere l'acqua in ingresso nel terreno, sarà in grado di contenere ulteriori volumi a favore della sicurezza, in particolare ogni metro lineare di trincea sarà in grado di contenere 0,437 mc.

La trincea sarà in grado di disperdere i reflui nel terreno in un tempo pari a circa **9 ore**.

$$0.0286 \text{ l/s} * \text{ml} = 102.96 \text{ l/ora} * \text{ml} = 0,103 \text{ m}^3/\text{ora} * \text{ml} * 10,0 \text{ m} = 1,03 \text{ m}^3/\text{ora}$$

$$9.24 \text{ m}^3 / 1,03 \text{ m}^3/\text{ora} = 8,97 \text{ ore}$$

La trincea non avrà interferenza alcuna con il livello della falda che se presente in zona è stata rilevata alla profondità di -27 metri rispetto al p.c.; misurazione effettuata in pozzo presente (Marzo/2021), rappresentato nell'elaborato grafico del Tecnico Progettista Arch. Pietro Broccoli, TAV.10 – STATO DI PROGETTO – SCHEMA FOGNARIO.

STUDIO IDRAULICO CON TEMPI DI RITORNO (TR 30 ANNI) - RELAZIONE

1.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

- [N. 1] **L.R. n.22 del 23/11/2011**– Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico e modifiche alle Leggi regionali 5 agosto 1992, n. 34 "Norme in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio" e 8 ottobre 2009, n. 22 "Interventi della regione per il riavvio delle attività edilizie al fine di fronteggiare la crisi economica, difendere l'occupazione, migliorare la sicurezza degli edifici e promuovere tecniche di edilizia sostenibile".
- [N. 2] **D.G.R. n. 53 del 27/01/2014** - L.R. 23 novembre 2011 n. 22 – Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico. – Art. 10 comma 4 – Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali.
- [N. 3] **LINEE GUIDA:** "A" - Sviluppo della verifica di compatibilità idraulica
"B" - Sviluppo della verifica per l'invarianza idraulica
"C" - Accorgimenti tecnico-costruttivi per la mitigazione del rischio idraulico in aree inondabili

2 ANALISI IDROLOGICA – IDRAULICA

2.1 ANALISI IDROLOGICA: ELABORAZIONE STATISTICA DELLE PRECIPITAZIONI

2.1.1 DATI STATISTICI

La piovosità di un'area può essere descritta attraverso le *curve segnalatrici di possibilità climatica*, riferite ad un dato tempo di ritorno ed espresse nella forma:

$$h = a \cdot T^n$$

dove h è l'altezza di pioggia in mm, t è la durata dell'evento in ore, a ed n sono i parametri caratteristici della curva determinabili attraverso un'elaborazione statistica delle precipitazioni nell'area oggetto di studio.

I valori delle altezze idrometriche massime annuali, relative alle precipitazioni orarie, sono registrati sugli *annali idrologici*, pubblicazioni dello Stato che riportano tutti gli eventi meteorici dell'anno.

Al fine di caratterizzare l'andamento delle precipitazioni dell'area in questione sono stati elaborati i dati relativi alla stazione pluviometrica più vicina (Candelara prima, in seguito Fano ed infine Lucrezia) registrati dal 1951 al 2009 e costituenti la cosiddetta *serie annuale*, un campione significativo per l'elaborazione statistica.

Nella tabella seguente sono riportati i valori a cui si è fatto riferimento.

ANNO	PIOGGEORARIE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1951	22.4	33.8	33.8	43.8	60.4
1952	20.6	20.8	23.6	31.4	40.4
1953	17	25.2	36.8	59	67.2
1954	23.4	25.6	35	51.4	57.6
1955	21.6	28.4	45.4	56.6	77.2
1956	19	37.2	43.6	44	56.6
1957	18.2	22	32	52.6	59.2
1958	20.6	24.6	39.4	39.4	59
1959	24.4	30.8	46.4	64.2	64.8
1960	50.2	55.4	55.4	55.4	55.4
1961	10.4	18.2	24	32.2	40.6
1963	24.4	40.2	43.2	46.2	61.8
1965	37.6	42.6	42.6	43.4	51.6
1966	18.2	28	38.8	48.8	50.2
1967	15.4	18.4	19.2	24	36.2
1968	33.8	34	34.2	39.6	46.4
1969	31	83	86	91.2	91.2
1970	34.2	57.4	61.8	70.2	85
1971	13.2	15	22.8	35.8	55.2
1972	32	32.6	38.6	41.2	47.2
1973	33.8	38.2	49.6	60.6	85.8
1974	19.4	35.8	45.4	46.8	49.2
1975	46	55	71	85.4	109
1976	34	42	49.2	49.2	75
1977	26.8	50	52	53.4	68.8
1978	15.2	19.6	21.4	32.6	47.4
1979	35.2	41.8	47.4	55.4	90
1980	39	55.8	57	57	67.2
1981	23	37.6	45.6	51.4	58.4
1982	23.4	25.8	37.2	48	59.8
1983	32.6	67.6	91.4	91.4	97.8
1984	14.8	26.2	28.2	31	41.6
1985	14.2	22	36	50.6	55
1986	33.4	48	48.4	49	57
1987	26	35.4	37.8	46	50.2
1988	24.4	26.8	27	29.2	33.6
1989	22.8	33.6	49.8	50.6	60.8
1990	28.0	38.6	38.6	40.2	40.2
1991	23.8	34.8	46.2	57.2	69.0
1992	10.2	17.4	24.8	26.8	31.6
1993	21.8	33.6	36.0	36.6	36.6
1994	13.0	27.0	42.2	58.2	66.4
1995	23.8	39.8	49.8	51.8	59.2
1996	40.6	56.2	74.6	87.4	98.8
1997	21.0	32.8	40.8	53.0	54.6
1998	20.2	38.6	55.0	66.8	84.0
1999	24.6	45.4	47.4	48.6	75.8
2000	27.2	40.6	46.2	85.0	85.6
2001	29.8	31.0	39.8	48.2	49.0
2002	21.6	35.6	37.0	37.0	37.0
2003	22.6	23.0	23.2	32.8	33.4
2004	22.4	25.2	29.2	37.2	39.8
2005	46.4	80.8	117.6	138.4	141.8
2006	37.4	43.8	59.2	87.2	110.0
2007	23.4	24.0	24.4	40.0	40.0
2008	23.6	38.2	41.4	42.0	59.6
2009	21.4	28.6	32.6	32.6	42.8

2.1.2 ELABORAZIONE STATISTICA DI GUMBEL

Disponendo di una lunga serie di osservazioni, si può determinare il cosiddetto *tempo o periodo di ritorno* (T_r): ovvero il numero di anni nel quale un determinato evento è, mediamente, uguagliato o superato. Può essere utile precisare che il tempo di ritorno non rappresenta una scadenza fissa per il prodursi di un evento, ma solo il valore medio del suo verificarsi, quindi considerare un tempo di ritorno, ad esempio, di 5 anni, significa trovare l'equazione che fornisce l'altezza idrometrica di un evento che si può mediamente verificare ogni 5 anni.

Analiticamente il tempo di ritorno ha espressione:

$$T_r = \frac{1}{1 - P(h^*)}$$

dove $P(h^*)$ è la probabilità di non superamento di h : $P(h) = P(h < h^*)$.

T_r può anche essere espresso con $T_r = \frac{N+1}{i}$, con N numero dei dati ed i la posizione in colonna organizzata in modo decrescente.

I metodi statistico-probabilistici consentono di allargare il campo delle previsioni oltre il periodo di osservazione, benché l'attendibilità si riduca all'aumentare del periodo di ritorno, in rapporto specialmente all'estensione del periodo di osservazione.

Alle precipitazioni massime annue della durata di ore intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi tra loro indipendenti, può applicarsi una descrizione statistica.

La distribuzione di probabilità più usata è quella doppio-esponenziale detta di Gumbel, di espressione:

$$P(y) = e^{-e^{-y}}$$

e presuppone il verificarsi di due ipotesi:

- $y > 0$ sempre
- y non limitata superiormente.

La massima precipitazione relativa ad una durata può essere espressa come:

$$X(T_R) = \bar{X} + F \cdot S_X$$

dove: $X(T_R)$ = l'evento massimo caratterizzato da un certo tempo di ritorno

F = fattore di frequenza

\bar{X} = valore medio degli eventi considerati

S_X = scarto quadratico medio della variabile in esame

Considerando:

$$\text{media: } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N h_i}{N}$$

$$\text{scarto quadratico medio: } S_X = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (h_i - \bar{X})^2}$$

Secondo la distribuzione doppio esponenziale di Gumbel, F assume il valore:

$$F = \frac{Y(T_R) - \bar{Y}_N}{S_N}$$

dove: $Y(T_R)$ = variabile ridotta, funzione del tempo di ritorno T_R

\bar{Y}_N, S_N : rispettivamente media e scarto quadratico medio della variabile ridotta, funzioni solo del numero delle osservazioni N .

Alcuni semplici passaggi consentono di legare il fattore di frequenza F al tempo di ritorno T_R tramite la variabile ridotta Y .

$$P(y) = e^{-e^{-y}}$$

$$y = -\ln(-\ln(P(y)))$$

$$y = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T_r}\right)\right)$$

utilizzando anche la definizione di tempo di ritorno, fissato il quale è possibile trovare il valore della variabile ridotta:

$$T_r = \frac{N+1}{i}$$

con indice i dal massimo al minimo; quindi

$$y(T_r) = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{i}{N+1}\right)\right)$$

ma allora $y = y(i)$ e dunque

$$\bar{y}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

\bar{y}_N è perciò solo relativo alla dimensione N -esima del campione, poiché ruotando i (essendo $y = y(i)$) e operando la sommatoria su i da 1 ad N , l'indice scompare.

Alla stessa maniera ci comportiamo con la varianza:

$$S_N = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_N)^2}$$

Sostituendo F nell'espressione di $X(T_R)$ si ha:

$$X(T_R) = \bar{X} - \frac{S_X}{S_N} \cdot \bar{Y}_N + \frac{S_X}{S_N} \cdot Y(T_R)$$

dove: $\bar{X} - \frac{S_X}{S_N} \cdot \bar{Y}_N = \text{MODA} = \text{valore con massima frequenza probabile}$

$$\frac{S_X}{S_N} = \text{ALPHA}$$

Da questa espressione, fissato il T_R , è possibile calcolare $X(T_R)$.

I valori di \bar{Y}_N e di S_N sono tabulati in funzione di N .

4.1.1 EQUAZIONI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

L'applicazione del metodo di Gumbel alle nostre serie di dati ha fornito le equazioni di possibilità pluviometrica per piogge di durata superiore o uguale all'ora, relative ai diversi tempi di ritorno considerati. I dettagli del calcolo sono qui sotto riportati. Per quanto riguarda le piogge orarie si ottiene:

<i>Applicazione del metodo di Gumbel alle piogge orarie</i>						
ore	$Y_{med,N}$	S_N	h_{med}	S_h	moda	alpha
1	0.5511	1.1708	25.5158	8.9281	21.3133	7.6257
3	0.5511	1.1708	36.3053	14.4023	29.5260	12.3013
6	0.5511	1.1708	35.4714	17.7607	27.1114	15.1697
12	0.5511	1.1708	52.0175	20.1158	42.5490	17.1813
24	0.5511	1.1708	61.8421	22.1262	51.4272	18.8983

numero delle osservazioni $N = 57$

variabile ridotta $Y(T_r) = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T_r}\right)\right) = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{j}{N+1}\right)\right)$

media di $Y(T_r)$ (tabulato in fun. di N) $Y_{med,N} = 0.5511$

scarto quadratico medio di $Y(T_r)$ (tabulato in fun. di N) $S_N = 1.1708$

altezza media di pioggia $h_{med} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i$

deviazione standard $S_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (h_i - h_{med})^2}{N-1}}$

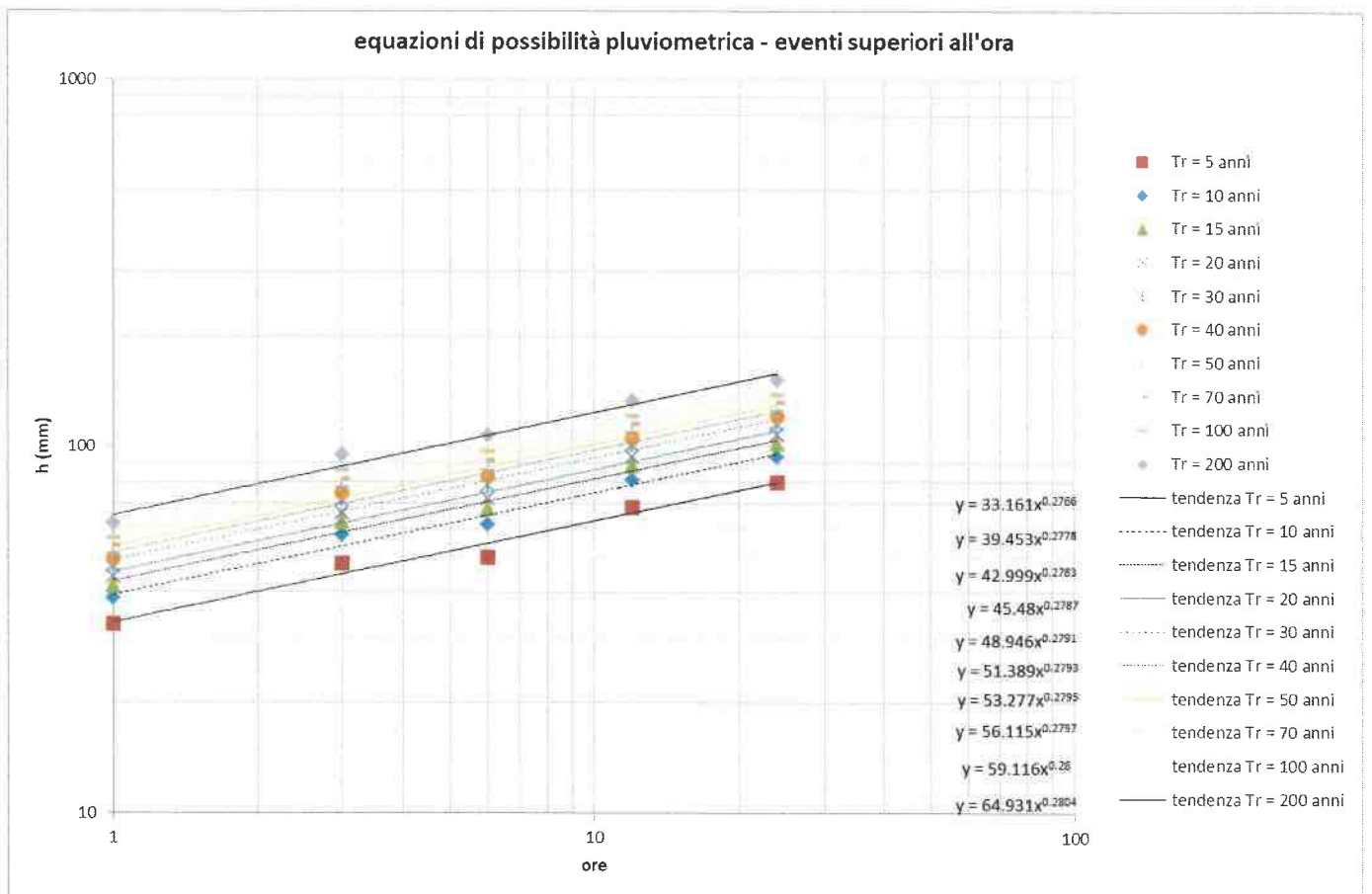
moda = $h_{med} - \frac{S_h}{S_N} Y_{med,N}$

alpha = $\frac{S_h}{S_N}$

altezza di pioggia in funzione del T_r $h(T_r) = moda + alpha \cdot Y(T_r)$

T_r	5	10	15	20	30	40	50	70	100	200
$Y(T_r)$	1.500	2.250	2.674	2.970	3.384	3.676	3.902	4.241	4.600	5.296

$h(T_r)$	1	32.8	38.5	41.7	44.0	47.1	49.3	51.1	53.7	56.4	61.7
	3	48.0	57.2	62.4	66.1	71.2	74.7	77.5	81.7	86.1	94.7
	6	49.9	61.2	67.7	72.2	78.5	82.9	86.3	91.5	96.9	107.4
	12	68.3	81.2	88.5	93.6	100.7	105.7	109.6	115.4	121.6	133.5
	24	79.8	94.0	102.0	107.6	115.4	120.9	125.2	131.6	138.4	151.5



Si riportano le equazioni di possibilità climatica delle piogge orarie, una per ciascun tempo di ritorno:

$$h = 64.93 \cdot T^{0.28} \quad \text{Tr} = 200 \text{ anni}$$

$$h = 59.11 \cdot T^{0.28} \quad \text{Tr} = 100 \text{ anni}$$

$$h = 56.11 \cdot T^{0.279} \quad \text{Tr} = 70 \text{ anni}$$

$$h = 53.27 \cdot T^{0.279} \quad \text{Tr} = 50 \text{ anni}$$

$$h = 51.38 \cdot T^{0.279} \quad \text{Tr} = 40 \text{ anni}$$

$$h = 48.94 \cdot T^{0.279} \quad \text{Tr} = 30 \text{ anni}$$

$$h = 45.48 \cdot T^{0.278} \quad \text{Tr} = 20 \text{ anni}$$

$$h = 42.99 \cdot T^{0.278} \quad \text{Tr} = 15 \text{ anni}$$

$$h = 39.45 \cdot T^{0.277} \quad \text{Tr} = 10 \text{ anni}$$

$$h = 33.16 \cdot T^{0.276} \quad \text{Tr} = 5 \text{ anni}$$

2.2 VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGIE CON TR 30 ANNI E DURATA DI 2 ORE

Per il sito oggetto di studio è stato richiesto da parte dell'ente una verifica di maggior dettaglio richiesta di norma per casi di "significativa impermeabilizzazione". Le linee guida della Regione Marche (punto B.3) consigliano di dimensionare le luci di invaso e i tiranti idrici ammessi negli invasi "in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dell'area di trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni".

Di conseguenza si riporta di seguito il calcolo dei volumi da garantire ai fini dell'invarianza idraulica determinati con il metodo dell'invaso per una precipitazione di riferimento di durata 2 ore e tempo di ritorno 30 anni. I coefficienti della curva di probabilità climatica per $Tr = 30$ anni sono stati desunti dalle analisi condotte nei paragrafi precedenti

Parametri curva segnalatrice Tr 30 anni

a= 48.94

n= 0.28

Superficie fondiaria	0.21 ha	superficie totale dell'intervento
TR	30 anni	
a	49	
n	0.28	
tp	2.00 ore	durata di pioggia
ϕ	0.50	coeff. di deflusso dopo la trasformazione
h	59.42 mm	altezza pioggia in tp
Vp	126.15 mc	Volume piovuto in tp
Ve	63.05 mc	Volume effluente in vasca in tp
Qu	30.72 l/sec	Portata scaricabile dalla strozzatura adottata
Vu	221.18 mc	Volume scaricato dalla vasca nel ricettore in tp
Ve-Vu	-158.13 mc	Volume da laminare per evento TR 30 d 2 ore
W	9.24 mc	Volume di laminazione (formula del w)

VERIFICATO

Si osserva come tale verifica dia un valore di volume da laminare inferiore a quello determinato con la formula del "w", che viene quindi assunto come riferimento a favore di sicurezza.

1 DIMENSIONAMENTO TRINCEA DRENANTE PER SMALTIMENTO ACQUE**1.1 Calcolo trincea drenante**

Per quanto riguarda il principio dell'invarianza idraulica in linea generale le misure compensative sono da individuare nella predisposizione di volumi di invaso che consentano la laminazione delle piene.

Come esplicitamente enunciato nella L.R. n.22 2011, laddove sussistano le condizioni idrogeologiche vanno favoriti i processi di infiltrazione delle acque nel sottosuolo oggetto di trasformazione o comunque in suo intorno significativo.

Per il sito in oggetto verrà predisposta una vasca di laminazione per invarianza idraulica del volume totale pari a 13.26 mc.

Le acque di uscita del sistema, verranno smaltite mediante una trincea drenante negli strati superficiali del terreno. In ottemperanza a quanto previsto dal D.L. 152/06 (Disposizioni sulla tutela delle acque da inquinamento) e dalla Delibera del Comitato Interministeriale per la tutela delle acque dall'inquinamento del 04.02.1977 e s.m.i., si è verificato che sono rispettate le distanze minime che sono di un intorno inferiore ai 30 m per le opere private e 200 m per le opere pubbliche da captazioni di acque destinate al consumo umano; sono inoltre rispettate le distanze di 30 m da altri sistemi di smaltimento.

La trincea drenante verrà posizionata su terreno non interessato da interventi edilizi ed a debita distanza dagli edifici e dal confine; si sottolinea inoltre che il campo adiacente confinante ha destinazione agricola e che comunque date le caratteristiche litologiche ed idrogeologiche dei terreni si esclude la possibilità di fenomeni di impaludamento.

Al fine di determinare la permeabilità dello strato superficiale del sottosuolo e successivamente dimensionare la trincea drenante si è presa in considerazione una prova sperimentale in campo eseguita su terreni simili. La prova eseguita è consistita in n.1 prova in pozzetto superficiale a base quadrata a carico variabile secondo le "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" (AGI – giugno 1977 e ristampa 1997; punto 6.2 – Prove in pozzetto superficiale): si è quindi utilizzato il fondo di una trincea esplorativa, sistemato manualmente con piccola pala, per svolgere la prova di permeabilità. Il terreno di fondo della trincea è stato preventivamente saturato: si è successivamente riempito d'acqua il pozzetto, posto sul fondo della trincea, e misurata la velocità di abbassamento del livello d'acqua in funzione del tempo (prova a carico variabile) [la falda si trova ad una profondità tale da non aver influenzato la prova]. Il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente formula empirica:

$$k = [h_2 - h_1 / t_2 - t_1] \times \{[1 + (2 h_m / b)] / [(27 h_m / b) + 3]\}$$

dove

- k = coefficiente di permeabilità [m/s]
- b = lato della base del pozzetto a base quadrata [m]
- (h₂ - h₁) = variazione del livello dell'acqua nell'intervallo (t₂ - t₁) [m]
- (t₂ - t₁) = intervallo di tempo [s]
- h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto (h_m > ¼ b) [m]

Dalla prova eseguita in sito è risultato un coefficiente di permeabilità, per la parte superficiale del sottosuolo caratterizzato da limi sabbiosi pari a:

$$k = 2,86 \times 10^{-5} \text{ [m/s]}$$

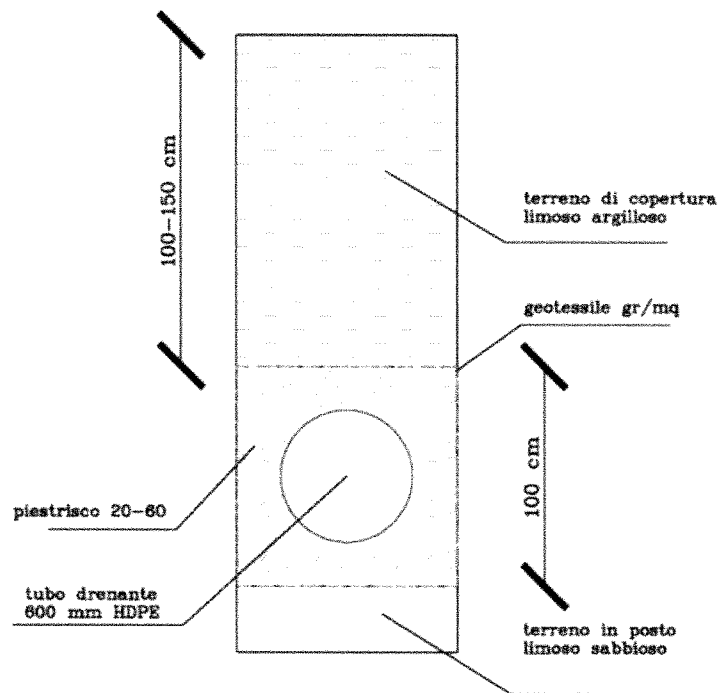
Il coefficiente di permeabilità calcolato risulta di poco superiore a 10⁻⁵ m/s. Utilizzando la classificazione dei terreni in base alla permeabilità, tratta da "Elementi di geotecnica" (Colombo e Colleselli – 1996 – seconda edizione Zanichelli), si ottiene per la litologia in questione limi sabbiosi e sabbie addensate con livelli pelitici un grado di permeabilità medio-basso:

<i>Grado di permeabilità</i>	<i>Valore di k (m/s)</i>
alto	superiore a 10 ⁻³
medio	10 ⁻³ ÷ 10 ⁻⁵
basso	10 ⁻⁵ ÷ 10 ⁻⁷
molto basso	10 ⁻⁷ ÷ 10 ⁻⁹
impermeabile	minore di 10 ⁻⁹

Tab. Classificazione dei terreni secondo il valore di permeabilità K

La trincea disperdente (all'interno della parte superficiale del sottosuolo costituito da sabbie addensate e livelli pelitici) è assimilabile ad un impianto a subirrigazione semplice:

- trincea di altezza 1 m e larghezza 1 m;
- la condotta disperdente costituita da tubi in HDPE fessurati, di diametro da 60 cm, viene posta all'interno dello strato di pietrisco (2-6 cm). La pendenza della condotta non deve superare lo 0,5%: la trincea deve essere avvolta da apposito tessuto non tessuto geotessile (300 gr/mq), per evitare che il terreno intasi il corpo disperdente;
- il materiale drenante (pietrisco) dovrà essere di tipo lavato, senza componente "polverulenta", la quale, oltre ad occludere gli interstizi tra granulo e granulo, origina dei fenomeni di "cementazione"; tutto questo a scapito della funzionalità dell'impianto.



La portata di filtrazione per metro lineare della trincea disperdente viene stimata assimilandola ad un pozzo perdente. La portata di filtrazione di un pozzo perdente viene valutata utilizzando la normativa tedesca ITWH.

Se si compara 1 ml di trincea, sopra descritta, con un pozzo perdente di diametro $D = 1$ m ed altezza $H = 1$ m, con una permeabilità media del terreno $K = 2,86 \times 10^{-5}$ m/s = $1,72 \times 10^{-3}$ m/min, si ha:

$$Q(\text{fondo}) = (\pi \times 1^2/4) \times (1,72 \times 10^{-3}/2) = 6,74 \times 10^{-4} \text{ mc/min} = 0,0112 \text{ l/s}$$

$$Q(\text{sup. later.}) = (\pi \times 1 \times 1) \times (1,72 \times 10^{-3}/4) = 1,35 \times 10^{-3} \text{ mc/min} = 0,0225 \text{ l/s}$$

Le portate sono calcolate rispetto alle superfici del pozzo perdente considerato e quindi su:

$$\text{area di fondo} = (D/2)^2 \times \pi = (1/2)^2 \times \pi = 0,785 \text{ mq}$$

$$\text{area laterale} = (D \times \pi) \times H = (1 \times \pi) \times 1 = 3,14 \text{ mq}$$

Le superfici di 1 ml di trincea, che presenta altezza $H = 1$ m e larghezza $B = 1$ m, sono invece:

$$\text{area di fondo} = \text{lunghezza} \times B = 1 \text{ ml} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ mq}$$

$$\text{aree laterali} = (\text{lunghezza} \times H) \times 2 = (1 \text{ ml} \times 1) \times 2 = 2 \text{ mq}$$

Rapportando, con semplici equazioni, le portate calcolate per le aree del pozzo perdente con le aree di 1 ml di trincea disperdente, si hanno:

[pozzo perdente] 0,0112 l/s : 0,785 mq = x : 1 mq [1 ml di trincea disperdente]

$$x = Q (\text{fondo} - 1 \text{ ml trincea disperdente}) = (0,0112 \times 1) / 0,785 = 0,0143 \text{ l/s}$$

[pozzo perdente] 0,0225 l/s : 3,14 mq = y : 2 mq [1 ml di trincea disperdente]

$$y = Q (\text{sup. lat.} - 1 \text{ ml trincea disperdente}) = (0,0225 \times 2) / 3,14 = 0,0143 \text{ l/s}$$

La portata di filtrazione totale di **1 ml di trincea disperdente** viene quindi stimata in:

$$Q \text{ tot (1 ml trincea disperd.)} = x + y = Q (\text{fondo}) + Q (\text{sup. lat.}) = 0,0143 + 0,0143 = 0.0286 \text{ l/s}$$

Il volume di invaso d'acqua della trincea disperdente viene calcolato considerando il vuoto creato dal tubo di diametro $D = 60 \text{ cm}$ e i vuoti presenti all'interno del materiale drenante (pietrisco, di tipo lavato e senza componente "polverulenta"). La trincea presenta altezza $H = 1 \text{ m}$ e larghezza $B = 1 \text{ m}$.

L'area totale della trincea (in sezione) è pari a: $A_{\text{tot}} = H \times B = 1 \times 1 = 1 \text{ mq}$.

L'area, in sezione, del tubo drenante interno alla trincea (diametro $D = 60 \text{ cm}$) è:

$$A_{\text{tubo}} = (D/2)^2 \times \pi = (0,6/2)^2 \times \pi = 0,283 \text{ mq} \quad A_{\text{tubo est.}} = (D/2)^2 \times \pi = (0,70/2)^2 \times \pi = 0,385 \text{ mq}$$

L'area, in sezione, rimanente ed occupata dal materiale drenante (pietrisco, di tipo lavato e senza componente "polverulenta"), è pari a: $A_{\text{esterna tubo}} = A_{\text{tot}} - A_{\text{tubo est.}} = (1 - 0,385) = 0,615 \text{ mq}$

Nella tabella riportata qui di seguito sono riportati i valori tipici dell'indice dei vuoti (e):

<i>tipo di terra</i>	<i>n (%)</i>	<i>e</i>	<i>w (%)</i>	<i>γ_d (kN/m³)</i>	<i>γ_{sat} (kN/m³)</i>
ghiaia	20 ÷ 40	0,25 ÷ 0,67	/	14 ÷ 21	19 ÷ 24
sabbia	25 ÷ 50	0,33 ÷ 1,00	/	13 ÷ 18	18 ÷ 21
limo	30 ÷ 55	0,43 ÷ 1,22	/	13 ÷ 18	18 ÷ 21
argilla molle	50 ÷ 70	1,00 ÷ 2,33	40 ÷ 100	7 ÷ 13	14 ÷ 18
argilla consistente	30 ÷ 50	0,43 ÷ 1,00	20 ÷ 40	13 ÷ 18	18 ÷ 21

Fig. Tabella valori tipici dell'indice dei vuoti (e) (tratta da "Elementi di geotecnica" - Colombo e Colleselli - 1996 - seconda edizione Zanichelli).

Non avendo riscontro da prove in sito e/o analisi specifiche dei materiali viene considerato un indice dei vuoti (o porosità di riempimento) della ghiaia pari al 25% del volume complessivo della trincea e/o vespaio.

Il volume occupato dal materiale drenante su 1 ml di trincea disperdente è pari a:

$$\text{Vesterno tubo} = \text{Aesterna tubo} \times 1 \text{ ml} = 0,615 \text{ mq} \times 1 \text{ ml} = 0,615 \text{ mc}$$

da cui si ricava il volume dei vuoti presenti esternamente al tubo della trincea disperdente:

$$\text{Vv (esterno tubo)} = \text{Vesterno tubo} \times 25\% = 0,615 \times 0,25 = 0,154 \text{ mc}$$

Il volume dei vuoti totali in 1 ml di trincea disperdente è:

$$\begin{aligned} \text{Vvt/ml} &= \text{Vv (interno tubo)/ml} + \text{Vv (esterno tubo)/ml} = (\text{Atubo} \times 1 \text{ ml}) + \text{Vv/ml (esterno tubo)} \\ &= 0,283 + 0,154 = \mathbf{0,437 \text{ m}^3 \text{ [per ml]}} \end{aligned}$$

1.2 Dimensionamento trincea e considerazioni conclusive

Considerando che la stima del volume da laminare secondo il calcolo dell'invarianza idraulica risulta pari a $9,24 \text{ m}^3$, e che il sistema dovrà essere in grado quindi di smaltire l'intero volume della vasca di laminazione.

La trincea così dimensionata sarà in grado quindi oltre che di disperdere l'acqua in ingresso nel terreno, di contenere ulteriori volumi a favore della sicurezza, in particolare ogni metro lineare di trincea sarà in grado di contenere $0,437 \text{ m}^3$.

Al fine della realizzazione del sistema di dispersione nel terreno verrà realizzata una trincea drenante della lunghezza complessiva pari a 10 ml .

La trincea sarà in grado di disperdere i reflui nel terreno in un tempo pari a circa **9** ore.

$$\mathbf{0,0286 \text{ l/s} * \text{ml} = 102,96 \text{ l/ora} * \text{ml} = 0,103 \text{ m}^3/\text{ora} * \text{ml} * 10,0 \text{ m} = 1,03 \text{ m}^3/\text{ora}}$$

$$\mathbf{9,24 \text{ m}^3 / 1,03 \text{ m}^3/\text{ora} = 8,97 \text{ ore}}$$

10. Piano di manutenzione – opere drenanti

Relativamente alla esecuzione delle opere drenanti, data la natura dei terreni caratteristici del sito di interesse rappresentati da limi sabbiosi, sabbie e sabbie addensate con livelli pelitici, si escludono fenomeni di impaludamento e per la loro collocazione lontano dalle strutture ed infrastrutture esistenti e di progetto, si escludono interferenze.

Sarà comunque compito della Committenza provvedere ad una idonea manutenzione periodica del sistema di smaltimento, al fine di evitare qualsiasi inconveniente ambientale.

11. Elaborato Tavola Grafica schema fognario ...

Vedere elaborato grafico del Tecnico Progettista Arch. Pietro Broccoli, TAV.10 – STATO DI PROGETTO – SCHEMA FOGNARIO.

12. Relazione Tecnica per impianto di sub-irrigazione delle acque reflue

12.1 - Premessa

La presente relazione a carattere geognostico, è relativa al progetto di smaltimento mediante sub – irrigazione delle acque reflue provenienti dall'immobile denominato "Ristorante Nuova Casaccia", con lo scopo di accertare che l'impianto, come da elaborati grafici del Tecnico Progettista (vedere TAV.10), non arrechi danni all'ambiente circostante.

Il tutto in ottemperanza a quanto disposto dal D. L. 11/Maggio/1999 n. 152 (Disposizione sulla tutela delle acque dall'inquinamento e, e successive integrazioni) ed alla Delibera del Ministero dei Lavori Pubblici del 4/Febbraio/1977.

Il riconoscimento della successione litologica locale e l'acquisizione per analogia dei parametri geotecnici necessari e sufficienti allo scopo della suddetta relazione sono scaturiti dall'esame dell'indagine geognostica eseguita nell'area di interesse e dal rilevamento geomorfologico esteso ad un intorno significativo all'area di interesse con esame degli affioramenti della formazione geologica in posto caratteristica della zona.

12.2 - Geomorfologia

Dal punto di vista geomorfologico, la zona in cui è prevista la realizzazione della condotta disperdente per sub-irrigazione, ricade in una zona di crinale di una dorsale collinare allungata con direzione N.W. – S.E., che nel versante mare rappresenta una falesia inattiva, separata dal mare.

La zona è compresa in una fascia altitudinale a circa 85 metri sul l.m.m..

In particolare, ai rilievi di superficie la zona presenta un profilo topografico molto regolare con andamento sub pianeggiante.

Nella zona in generale non si sono rintracciate fratture o segni di tensione del terreno imputabili a fattori di instabilità geomorfologia, risultando pertanto naturalmente stabile.

La formazione geologica in posto, è rappresentata dalla Formazione Pliocenica delle Argille Azzurre – Membro delle Arenarie di Borello, in litofacies arenitico – pelitica, costituita da sabbie ed arenarie debolmente cementate con talvolta intercalazioni argilloso – marnose.

12.3 – Litologia – Caratterizzazione geotecnica

Dall'esame degli affioramenti presenti e dall'indagine geognostica svolta, risulta che nella zona è presente in affioramento la formazione in posto Pliocenica, rappresentata da sabbie mediamente addensate in superficie, poi molto addensate e/o arenarie, di colore giallo – nocciola, con talvolta intercalazioni argilloso – marnose.

Il coefficiente di permeabilità calcolato (vedere **Allegato 10**), risulta di poco superiore a 10^{-5} m/s.

Utilizzando la classificazione dei terreni in base alla permeabilità, tratta da "Elementi di geotecnica" (Colombo e Colleselli – 1996 – seconda edizione Zanichelli), si ottiene per la litologia in questione limi sabbiosi e sabbie addensate con livelli pelitici un grado di permeabilità medio-basso:

<i>Grado di permeabilità</i>	<i>Valore di k (m/s)</i>
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} \div 10^{-5}$
basso	$10^{-5} \div 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} \div 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

Tab. Classificazione dei terreni secondo il valore di permeabilità K

12.4 – Idrologia - Idrogeologia

L'idrologia superficiale della zona, è caratterizzata da fenomeni di ruscellamento alla superficie del suolo, con deflusso sul versante sottostante esposto a SUD, diretto al fosso naturale di fondovalle.

Nel sottosuolo, l'indagine geognostica svolta non ha rilevato la presenza della falda idrica a livelli superficiali.

Comunque per particolari condizioni litologiche (falde sostenute da probabili strati argilloso – marnosi presenti all'interno della formazione sabbioso - arenacea), è possibile il rinvenimento di falde idriche profonde, limitate per spessore ed estensione, alimentate esclusivamente dalle acque meteoriche di infiltrazione.

Difatti nella zona (vedere TAV.10) è presente un pozzo uso irriguo – domestico, in cui il livello della falda idrica è risultato a -27 metri rispetto al p.c. (misurato in data Marzo/2021).

12.5 – Dispersione nel terreno mediante sub-irrigazione

Sulla base degli elementi litologici, idrologici – idrogeologici acquisiti, per la zona interessata dalla realizzazione della condotta disperdente per sub-irrigazione delle acque reflue, con le modalità indicate nell'elaborato grafico del Tecnico Progettista, Arch. Pietro Broccoli, TAV.10 – STATO DI PROGETTO – SCHEMA FOGNARIO, si è giunti alle seguenti considerazioni.

La zona sub pianeggiante e per un intorno significativo è caratterizzata da una situazione di naturale stabilità che esclude condizioni di rischio geomorfologico.

Nella zona non sussistono condizioni di rischio idrogeologico essendo la falda idrica superficiale assente ed il livello piezometrico della falda profonda, nel pozzo presente, si rinviene a -27 metri circa di profondità rispetto al p.c. attuale,

garantendo pertanto la norma che prevede un franco di circa un metro tra il fondo della trincea che ospita il tubo drenante ed il massimo livello della falda idrica.

Nell'area individuata, la condotta disperdente per sub-irrigazione verrà collocata a distanza di salvaguardia al di fuori dei 30 metri di raggio dal pozzo uso irriguo - domestico presente (vedere TAV.10), come prescritto dall'ARPAM – Dipartimento Provinciale di Pesaro.

Nella zona interessata dalla condotta disperdente per sub-irrigazione non sono presenti pozzi per approvvigionamento idropotabile in un raggio di 200 metri, come prescritto dall'ARPAM – Dipartimento Provinciale di Pesaro.

Nella situazione litostratigrafia locale, la condotta disperdente interesserà i terreni della formazione Pliocenica sabbioso – pelitica.

Questo terreno secondo quanto stabilito dalla vigente normativa, è idoneo allo smaltimento per sub-irrigazione in quanto cautelativamente comparabile a "sabbia sottile con argilla": m 5 per abitante.

L'ubicazione della condotta disperdente rispetto alle strutture e infrastrutture presenti, permetterà una buona areazione della zona.

Sarà comunque indispensabile controllare periodicamente il corretto funzionamento della condotta disperdente, al fine di evitare fenomeni di ristagno e paludamento di liquido, per non arrecare danno all'ambiente circostante.