

Regione Friuli Venezia Giulia

COMUNE DI UDINE

PROGETTO DEFINITIVO

Allegato 06

IMPIANTO FOTOVOLTAICO PARCO SOLARE MILLEACQUE

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE:

SAFIN S.P.A.

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Alessandro Papparotto

Dott. Geol. Federico Pizzin



Protocollo: 2020011_0010

Data: 02/09/21

Nome File: 2020011_PD_ALL06_Relazione
geologica_01R0C.doc

Revisione:

00

Redatto: Dott. Geol. F. Pizzin

Verificato: Ing. A. Papparotto

Approvato: SEMESTEB S.r.l.

Sommario

1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2	DATI GENERALI E DESCRIZIONE DEL PROGETTO	6
2.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI INDAGINI ESEGUITE NEL RISPETTO DELLE NORME E ANALISI GEOLOGICA PRELIMINARE A TAVOLINO	6
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO GENERALE	7
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	8
5	DESCRIZIONE DEI VINCOLI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI RIFERITI AL SITO IN ESAME	9
6	DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO-SISMICO DELL'AREA	10
6.1	INQUADRAMENTO NORMATIVO	10
6.2	ANALISI SISMICA	11
6.3	TERRENI DESUNTI DAI POZZI ANALIZZATI	15
6.4	LIQUEFAZIONE	15
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	17
8	ALLEGATI GRAFICI	19

1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione viene redatta ai sensi della seguente normativa tecnico-costruttiva e geologico-sismica:

- **L.R. 11 agosto 2009, n. 16** "Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio";
- **Deliberazione della Giunta regionale 6 maggio 2010, n. 845 (L.R. 16/2009, art.3, comma 2, lettera A) - Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità;**
- Decreto del Presidente della Regione 27 luglio 2011 n. 0176/Pres. "Regolamento di attuazione dell'art. 3, comma 3, lettere a) e c) della L.R. 16/2009" (Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio);
- **Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018 (G.U. n. 42 del 20.02.2018 suppl. ord. n. 8);**
- **prescrizioni** previste dall'indagine geologica al **Piano Regolatore Comunale;**
- Norme del **Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Interesse Regionale (PAIR).**

2 DATI GENERALI E DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La presente relazione geologica è stata eseguita nel mese di giugno del 2021 ed è relativa al “Progetto per la costruzione di un impianto fotovoltaico denominato Parco Solare Milleacque”

Per quanto riguarda gli specifici elaborati grafici dell'intervento si rimanda al progetto redatto dall'ingegnere Alessandro Papparotto, progetto del quale questa relazione costituisce allegato tecnico. Assieme al progettista sono state affrontate le problematiche geologiche-tecniche connesse all'ipotesi di progetto in modo congiunto.

L'area in progetto si trova nel Comune di Udine, alla quota stimata dalla C.T.R. di circa 86 metri s.l.m.m..

Si specifica che da progetto si prevede la costruzione di un nuovo impianto fotovoltaico.

2.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI INDAGINI ESEGUITE NEL RISPETTO DELLE NORME E ANALISI GEOLOGICA PRELIMINARE A TAVOLINO

Questo studio viene redatto nel rispetto delle normative vigenti, in particolare delle *Norme Tecniche delle Costruzioni* del 2018 in particolare assumendo dati ed elementi oggettivi direttamente in campagna, permettendoci di arrivare ai presupposti “geologici-geotecnici” che consentano anche di effettuare l'intervento in completa sicurezza. Inoltre l'indagine geologica si è basata ragionevolmente sull'analisi dei dati e della cartografia presenti nell'indagine geologica allegata al Piano Regolatore del Comune di Udine, sulla ricerca bibliografica dei dati storici per l'area, tarati, correlati e confrontati criticamente fra loro.

Preventivamente all'indagine in campo è stato seguito il presente iter di analisi:

1. analisi e raccolta dei dati geologici generali della zona utilizzando le indagini geologiche pregresse ed attuali del Piano Regolatore Comunale;
2. visto l'intervento in progetto ed il sito in cui verrà realizzato si può tener conto di quanto previsto dalle NTC 2018: Capitolo 6 – Progettazione geotecnica, Paragrafo 6.2.2: “*Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadono in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali*”;
3. valutazione della stratigrafia dei pozzi n. 130 0007, 130 0009, 206 0025 e 206 0029 del Catasto Regionale;
4. sono stati consultati il Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) vers. 3.2.1. dell'INGV ed il Catalogo Italiano delle Faglie Capaci ITHACA dell'ISPRA;
5. analisi del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Interesse Regionale (PAIR).

I parametri geotecnici di riferimento sono desunti, oltre che dall'ampia letteratura disponibile, dai pozzi riportati negli allegati finali e descritti in seguito.

Ciò ha permesso **di fornire ragionevolmente, nel rispetto delle normative in materia ed in base all'esperienza personale-professionale del sottoscritto e rapportato al tipo di intervento**, una caratterizzazione dei terreni e delle loro proprietà geotecniche.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO GENERALE

La gran parte del territorio comunale è pianeggiante, degradante verso sud con una pendenza media dello 0,5%, interrotta da alcuni terrazzi poco significativi, sub-paralleli al corso dei torrenti Torre e Cormor, i quali scorrono rispettivamente ai limiti orientali ed occidentali del territorio comunale, con direzione da Nord verso Sud.

Il letto del *Torrente Cormor* è stretto e profondo e presenta dei terrazzi su entrambe le sponde, alti da 2 metri (verso Sud) a 10 metri (verso Nord). Il letto del *Torrente Torre*, invece, è molto più ampio e si trova al livello del piano campagna circostante, ed è contenuto in argini artificiali.

Nel centro città si erge il *colle del Castello*, il quale si eleva di circa 30 metri sulla piana circostante. Il colle è di origine orogenetica, ma in seguito è stato rimaneggiato dall'opera antropica. A Nord del colle si rileva la depressione sulla quale sorge la piazza 1° Maggio.

Le principali linee tettoniche che caratterizzano il territorio hanno un andamento dinarico e sono: il sovrascorrimento di Tricesimo a Nord (del Terenziano-Lavariano) ed il sovrascorrimento di Butrio a Sud, tra i due emerge l'alto strutturale con Pozzuolo, Carpeneto, Orgnano, Variano e Udine, che si è formato a seguito di movimenti orogenetici quaternari

I primi 2-3 metri del terreno sono costituiti da depositi fluvio-glaciali ed alluvionali quaternari, dove prevalgono ghiaie e sabbie limo-argillose, rimaneggiate nelle zone del centro storico e del colle del Castello.

Nelle parti centrale e meridionale del Comune si rinvergono delle argille sabbiose e/o ghiaiose, con composizioni variabili e spessori fino a 5/6 metri dal piano campagna. In un'ampia zona (comprendente anche il centro città) sono presenti terreni ferrettizzati costituiti di argille bruno-rossastre con ghiaia, ciottoli e grandi massi.

Un antico fossato circondante l'intero centro storico è stato colmato con materiali di riporto, depositati sopra livelli limo-argillosi, con caratteristiche geotecniche generali scadenti.

Il sottosuolo del territorio comunale è principalmente formato da alluvioni ghiaioso-sabbiose con percentuali variabili di materiale più fine e frequenti lenti di limi e argille. Tali sedimenti sono stati depositati dai due principali corsi d'acqua, ed hanno natura generalmente calcarea, subordinatamente arenaceo marnosa, con clasti di varie dimensioni che presentano spigoli suabarrotondati.

A profondità di 30/40 metri dal piano campagna si rinvergono i conglomerati, più o meno compatti, che rappresentano il bedrock, e nella zona del centro città costituiscono il litotipo prevalente nei primi 15 metri di profondità.

Dalla "*Carta della Zonizzazione*", dell'indagine geologica allegata al Piano Regolatore, l'area in progetto ricade in *zona Z2, ovvero depositi di ghiaie e sabbie limo-argillose*, con livelli conglomeratici che costituiscono i terreni di posa delle normali opere di fondazione.

In questa zona possono rientrare le categorie di suoli A (formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi) e/o B (depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti).

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I corsi d'acqua principali del Comune di Udine sono i Torrenti Torre e Cormor, che ne segnano i confini rispettivamente orientale e occidentale.

I due ambiti fluviali sono ben definiti, costituiti da rilevati arginali antropici per il Torre, e in gran parte naturali per il Cormor; il primo ha un alveo attivo con una larghezza media di 100 metri, il secondo è largo mediamente la metà.

Corsi d'acqua minori sono il rio Tresemane, le rogge di Palma e di Udine e il canale Ledra.

Dalle varie misure del livello idrico risulta che la falda freatica scorre ad elevate profondità in tutto il territorio comunale, ed è compresa tra i 26 e 65 metri dal piano campagna. Le isofreatiche sono orientate da Est ad Ovest, con spartiacque centrale che separa le provenienze dell'anfiteatro morenico ad Ovest dalle perdite di subalveo del Torre ed Est. In generale la permeabilità dei terreni è buona, e il livello freatico oscilla fino a 10 metri.

Alcune zone del Comune sono state soggette a fenomeni di esondazione in occasione di eventi eccezionali.

Inoltre va sottolineato che **l'area non ricade in zona di P.A.I.** (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico), ovvero zona di pericolosità idraulica.

5 DESCRIZIONE DEI VINCOLI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI RIFERITI AL SITO IN ESAME

- Dalla “**Carta geologica del FVG**” fornita dal Servizio Geologico Regionale, l’area ricade in zona di sedimenti ghiaioso-sabbiosi con limi subordinati;
- Dalla “**Carta geolitologica**” dell’indagine geologica allegata al PRGC, l’area ricade in zona GSm: alluvioni sabbiose ghiaiose (terreni ghiaiosi sabbiosi con ciottoli e trovanti, con limi e argille < 25%);
- Dalla “**Carta di sintesi**” dell’indagine geologica allegata al PRGC, l’area ricade in zona edificabile E: alluvioni sabbiose ghiaiose (terreni ghiaiosi sabbiosi con ciottoli e trovanti, con limi e argille < 25%)
- Dalla “**Carta delle Isofreatiche**” del “Catalogo dati ambientali e territoriali” della Regione FVG; l’area (**quota 86 metri s.l.m.m.**) si trova tra le **isofreatiche dei 60 e dei 62 m s.l.m.m.** di massimo impinguamento Pianura Tagliamento/Torre (dati anno 1977). La falda è quindi stimabile alla quota massima di –25 m dal piano di campagna.
- L’area **non ricade in alcuna zona di pericolosità idraulica o geologica** del P.A.I.R. (Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dei bacini di Interesse Regionale);
- L’area **non ricade in zona di vincolo idrogeologico**.

Dall’analisi accurata dei vincoli possibili **non risultano esserci impedimenti alla realizzazione del progetto** in esame, dai punti di vista sia geologico, sia idrogeologico.

6 DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO-SISMICO DELL'AREA

6.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La presente relazione segue le direttive dettate dalle NTC 2018, le quali disciplinano la progettazione e la verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche, nonché i requisiti che devono essere soddisfatti dai siti di costruzione e dai terreni interagenti con le opere in presenza di tali azioni. Inoltre le opere ed i sistemi geotecnici devono soddisfare le prescrizioni contenute nel Capitolo 6 delle NTC 2018, relative alle combinazioni di carico non sismico.

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto le opere ed i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio ed i requisiti di sicurezza indicati nelle NTC 2018. Le verifiche agli stati ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV); quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD).

Per quanto riguarda le indagini geotecniche, queste devono essere predisposte dal progettista in presenza di un quadro geologico adeguatamente definito, che comprenda i principali caratteri tettonici e litologici, nonché l'eventuale preesistenza di fenomeni di instabilità del territorio. Le indagini devono comprendere l'accertamento degli elementi che, unitamente agli effetti topografici, influenzano la propagazione delle onde sismiche, quali le condizioni stratigrafiche e la presenza di un substrato rigido o di una formazione ad esso assimilabile.

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e la scelta dei più appropriati mezzi e procedure d'indagine devono essere effettuate tenendo conto della tipologia del sistema geotecnico e del metodo di analisi adottato nelle verifiche. Nella caratterizzazione geotecnica è necessario valutare la dipendenza della rigidezza e dello smorzamento dal livello deformativo.

Nell'analisi di stabilità in condizioni post-sismiche si deve tener conto della riduzione di resistenza al taglio indotta dal decadimento delle caratteristiche di resistenza per degradazione dei terreni e dall'eventuale accumulo di pressioni interstiziali che può verificarsi nei terreni saturi.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della risposta sismica locale consente quindi di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali. Le analisi di risposta sismica locale richiedono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

In condizioni stratigrafiche e morfologiche schematizzabili con un modello mono-dimensionale e per profili stratigrafici riconducibili alle categorie di cui alla tab. 3.2.II delle NTC 2018 (riportata di seguito), il moto sismico alla superficie di un sito è definibile mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione $a_{max} = S_S \cdot a_g$, dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido e S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per le condizioni topografiche si fa riferimento alla tabella 3.2.III delle NTC 2018 (riportata in seguito). La valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T , il quale deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°, altrimenti si applicano i criteri indicati nel cap. 3.2.2. delle NTC 2018.

Infine il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

6.1.1 Inquadramento sismico generale

L'intera area Veneto Orientale Friulana è legata all'interazione Adria-Europa, infatti questo è il settore dove si osserva la massima convergenza tra le placche Adriatica ed Europea, tramite una serie di strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate, assieme ad un sistema di faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE (trend dinarico) ad Est del confine friulano.

Con riferimento alla mappa interattiva del Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.2.1) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si riporta negli allegati finali il quadro delle sorgenti sismogenetiche di un intervallo significativo che comprende il territorio del Comune oggetto d'interesse. **Da tale cartografia il territorio comunale stesso risulta essere compreso nella fascia sismogenetica relativa alla faglia denominata ITCS 065 – Medea, della quale si riporta la scheda negli allegati finali.** Assieme alla cartografia del DISS, negli allegati finali viene riportata la cartografia dal Catalogo Italiano delle Faglie Capaci ITHACA, dell'ISPRA, **nella quale viene segnalato il passaggio della faglia 77511 denominata Udine-Buttrio, della quale si riporta la scheda tecnica negli allegati finali.** Si specifica però che sulla cartografia dell'ITHACA la scala di rappresentazione è molto piccola (1:100.000), ben diversa dalla scala 1:5.000 alla quale generalmente si fa riferimento per le indagini geologiche puntuali, e quindi la precisione non è sufficiente da definire l'esatto percorso segnato dalla faglia. Per tale motivo si è optato per eseguire un accurato rilievo geomorfologico del territorio circostante, dal quale non risultano esserci segni evidenti del passaggio di una faglia capace nel sito d'intervento ed in un suo significativo intorno.

6.2 ANALISI SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita dal cap. 3.2.2. del NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{vg} come definite nel cap. 3.2.1. delle NTC 2018, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel cap. 2.4. delle NTC 2018. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della nuova normativa tecnica per le costruzioni le norme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{Vg} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima di sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_o , e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli allegati A e B al Decreto delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n. 29, ed eventuali successivi aggiornamenti (vedi fine presente capitolo).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel cap. 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . I valori per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al cap. 6.2.2. delle NTC 2018.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali, ad esempio, le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$$

con:

- h_i = spessore (in metri) dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzati da V_s non inferiore ad 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati del terreno fino a tale profondità.

Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II delle N.T.C 2018)	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m</i>

Tab. 1 – Categorie di sottosuolo (da N.T.C. 2018)

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al cap. 3.2.3. delle NTC 2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per le condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categorie topografiche (Tab. 3.2.IV delle N.T.C 2018)	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 2 – Categorie topografiche (da N.T.C. 2018)

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore a 30 metri.

In base alla Deliberazione della Giunta regionale 6 maggio 2010, n. 845 (L.R. 16/2009, art.3, comma 2, lett A) - Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità), il **Comune di Udine ricade in zona sismica 2**.

In base all'analisi di prove sismiche passive eseguite dal sottoscritto su terreni simili nello stesso territorio comunale si può desumere che la velocità equivalente delle onde di taglio V_s , (convenzionalmente calcolata nei primi trenta metri di profondità a partire dal piano campagna), è compresa tra 360 m/s e 800 m/s, che riconduce il tipo di suolo alla **categoria stratigrafica B**, **mentre la categoria topografica è la T1**.

Nodi del reticolo interno al sito

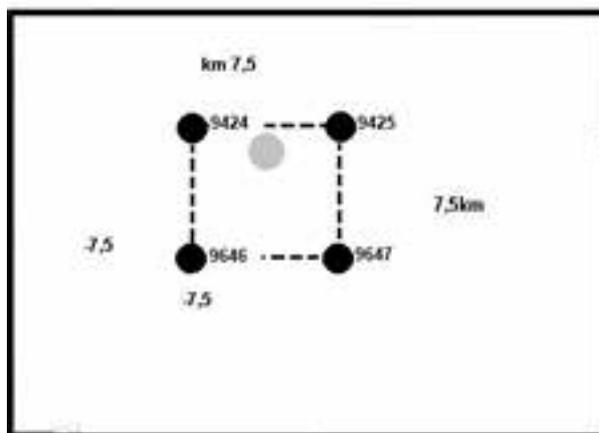


Fig. 1 – Rappresentazione schematica dei nodi del reticolo intorno al sito.

Di seguito viene utilizzato il programma “*Spettri sismici NTC, vers. 1.0.3*”, che in funzione delle caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno fondazionale permette di ricavare i parametri di pericolosità sismica localizzata secondo latitudine (46,02164139) e longitudine (13,27069044) dell’area d’indagine, in funzione da quanto previsto dai Cap. 3.2.3.2.1, 3.2.3.2.2 e 3.2.3.6 del D.M. 17 gennaio 2018 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”:

STATO LIMITE	TR (anni)	ag (g)	F0 (-)	Tc (s)
SLO	30	0,053	2,470	0,239
SLD	35	0,058	2,467	0,247
SLV	332	0,166	2,443	0,324
SLC	682	0,223	2,472	0,339

Tab. 3 - Parametri ag, F0, Tc per i tempi di ritorno TR, per ogni SL.

Tab. 4a: Parametri indipendenti verticali

STATO LIMITE	SLV
agv	0,091 g
Ss	1,000
Sy	1,000
q	1,500
TB	0,050 s
Tc	0,150 s
TD	1,000 s

Tab. 4b: Parametri indipendenti orizzontali

STATO LIMITE	SLV
ag	0,166 g
Fo	2,443
Tc	0,324 s
Ss	1,200
Cc	1,378
ST	1,000
q	2,400

Tab.5a: Parametri dipendenti

Fv	1,343
S	1,000
η	0,667

Tab.5b: Parametri dipendenti

S	1,200
η	0,417
TB	0,149 s
Tc	0,447 s
TD	2,264 s

Tab. 4 e 5 - Parametri degli spettri di risposta verticale (a) e orizzontale (b) per lo stato limite SLV.

6.3 TERRENI DESUNTI DAI POZZI ANALIZZATI

Dai pozzi analizzati, dalla visione dei luoghi e dalla bibliografia raccolta si risale ad una **situazione stratigrafica** media abbastanza chiara:

<i>Strato n. 1</i>	da 0,0 a -1,00 m dal p.c.	terreno vegetale
<i>Strato n. 2</i>	da -1,00 dal p.c. in profondità	ghiaia

Detto ciò di seguito si esplicita il **modello geologico** correlato al volume significativo:

STRATO	PROFONDITA'	TERRENO
1	da 0,00 a -1,00 m dal p.c.	limo sabbioso
2	da -5,00 a oltre -30,0 m dal p.c.	Ghiaia / ghiaia cementata

L'insieme delle informazioni fin qui prodotte, ricavate dall'ispezione diretta dei luoghi, dai suggerimenti e dalle indicazioni della bibliografia tecnica specializzata, e dal rilievo geomorfologico, consente di definire, con riferimento alle NTC 2018, le proprietà fisico-meccaniche del terreno.

Al fine di poter valutare in maniera adeguata l'interazione fra la parte di terreno interessato dagli effetti prodotti sia dalle strutture in progetto, sia dalle relative fasi esecutive, si possono adottare, con riferimento al pozzo analizzato ed alla bibliografia tecnica specializzata di uso corrente, i parametri geotecnici evidenziati di seguito.

	Strato di limo sabbioso	Strato ghiaioso
Peso di volume	$\gamma = 15 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$
angolo di attrito	$\phi = 25^\circ$	$\phi = 32^\circ$
coesione	$c = 15 \text{ kN/m}^2$	$c = 2 \text{ kN/m}^2$
coesione non drenata	$c_u = 20 \text{ kN/m}^2$	$c_u = 5 \text{ kN/m}^2$
modulo elastico	$E_y = 10.000 \text{ kN/m}^2$	$E_y = 100.000 \text{ kN/m}^2$
coefficiente di Poisson	$\mu = 0,3$	$\mu = 0,3$
modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 5.000 \text{ kN/m}^2$	$E_{\text{ed}} = 50.000 \text{ kN/m}^2$

Tab. 5 – parametri geotecnici relativi alla stratigrafia del terreno in oggetto.

6.4 LIQUEFAZIONE

Il rischio di liquefazione va valutato in base all'evento sismico atteso ed alle caratteristiche geotecniche del sottosuolo. In condizioni sismiche è necessario valutare l'effetto della liquefazione, il quale è legato sia allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali (che se positive riducono la tensione media efficace del terreno e la resistenza al taglio), sia all'accumulo di deformazioni plastiche in terreni sabbiosi saturi, in condizioni non drenate. Queste condizioni possono essere momentanee, ed essere seguite da un recupero delle proprietà meccaniche del terreno, oppure questo può arrivare al collasso.

Dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni (cap. 7.11.3.4.2.)* la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesta almeno una delle seguenti quattro circostanze:

- accelerazioni minime attese al piano campagna (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore ai 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone riportate nella fig. 1 (primo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$, e secondo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$).

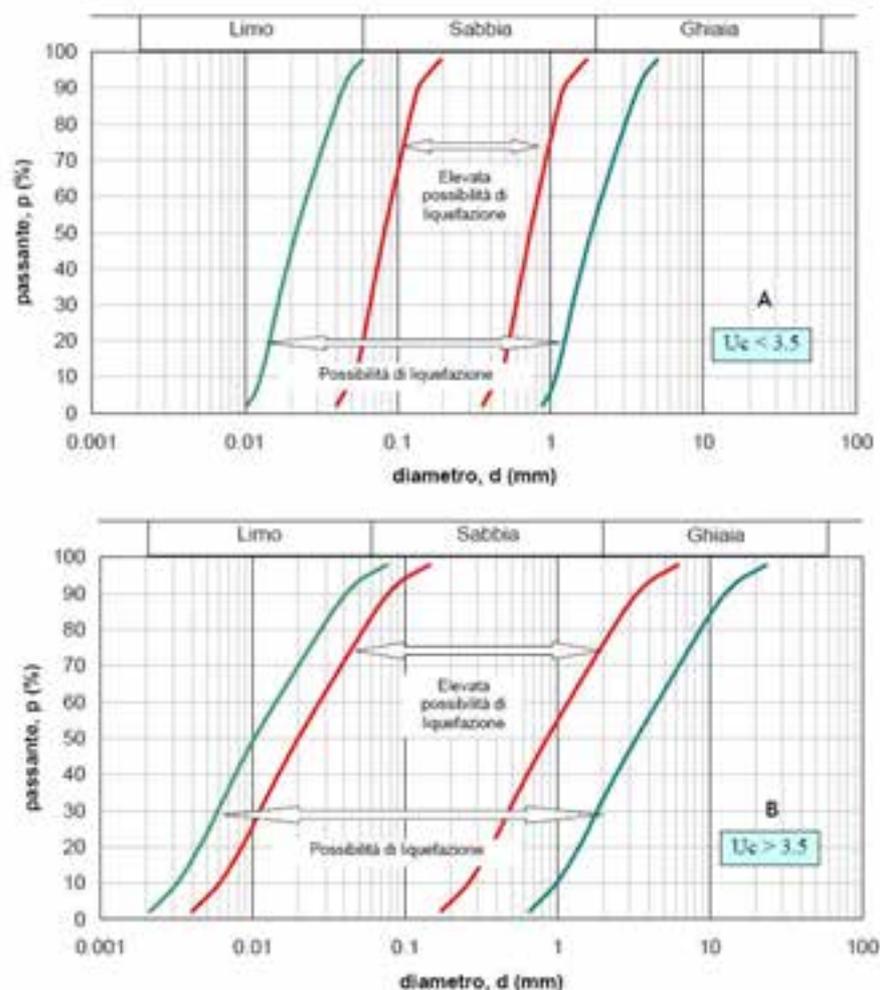


Fig. 2 - fasce granulometriche per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione del terreno.

Nel rispetto di quanto indicato dalle NTC, nell'area di progetto la distribuzione granulometrica è esterna alle zone riportate nella fig. 1 (primo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$, e secondo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$). Pertanto, in base a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni al paragrafo 7.11.3.4.2, si può omettere la verifica di liquefazione. Alla luce di quanto sopra non è necessario effettuare la verifica di liquefazione.

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal quadro cui complessivamente si perviene, emerge evidente che per la realizzazione del progetto esistono alcuni aspetti di cui si dovrà tenere conto:

- alla luce dei dati emersi l'intervento è compatibile con le caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno;
- del modello geologico e dalle prove geotecniche analizzate è risultato che il terreno è costituito, da un primo strato di limo-sabbioso fino ad una profondità media di -1,00 metri dal p.c., al di sotto uno strato ghiaioso fino in profondità;
- in relazione al tipo di opera prevista e alle caratteristiche geologiche del terreno per la scelta del tipo di fondazione possono essere adottate fondazioni dirette;
- dalla "Carta delle isofreatiche" del servizio geologico regionale, l'area ricade in una zona con profondità della falda di 25 metri dal piano campagna (tra le isofreatiche dei 60 e 62 metri s.l.m.m.). Non sono previsti comunque vani interrati, altrimenti si dovrebbe considerare anche la possibilità di instaurarsi di falde superficiali temporanee che porterebbero alla necessità di impermeabilizzare i vani interrati stessi;
- si rammenta di rispettare il D.Lgs. 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni in particolare per le problematiche connesse alla gestione delle terre e rocce di scavo;
- si rammenta di rispettare il D.P.R. dd. 27.03.2018 n. 083/Pres. "Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'art. 14, comma 1, lettera k) della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque), pubblicato sul BUR n. 15 dd. 11.04.2018;
- l'area **non ricade in alcuna zona di pericolosità idraulica del P.A.I.R.** (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di Interesse Regionale);
- l'area **non ricade in zona di vincolo idrogeologico;**
- i dati geotecnici del terreno, il calcolo della portanza limite e le condizioni idrogeologiche riscontrate permettono di **valutare positivamente la fattibilità** geotecnica delle opere in funzione delle attuali Norme Tecniche delle Costruzioni;
- da un punto di vista sismico, in base all'attuale normativa nazionale e regionale, è stata valutata la velocità utilizzato il programma "Spettri sismici NTC, vers. 1.0.3", che in funzione delle caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno fondazionale permette di ricavare, i parametri di pericolosità sismica localizzata secondo latitudine e longitudine dell'area d'indagine, in funzione da quanto previsto dai Cap. 3.2.3.2.1, 3.2.3.2.2 e 3.2.3.6 del D.M. 17.01.2018 (G.U. n. 42 del 20.02.2018 suppl. ord. n. 8) "Norme tecniche per le costruzioni", il Comune di Udine ricade in zona sismica 2 ed il terreno può essere classificato nella categoria di sottosuolo "B";
- dalla mappa interattiva del Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.2.1) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia il territorio comunale stesso risulta essere compreso nella fascia sismogenetica relativa alla faglia denominata ITCS 065 – Medea, della quale si riporta la scheda negli allegati finali. Assieme alla cartografia del DISS, negli allegati finali viene riportata la cartografia dal Catalogo Italiano delle Faglie Capaci ITHACA, dell'ISPRA, nella quale viene segnalato il passaggio della faglia 77511 denominata Udine-Buttrio, della quale si riporta la scheda tecnica negli allegati finali. Si specifica però che sulla cartografia dell'ITHACA la scala di rappresentazione è molto piccola (1:100.000), ben diversa dalla scala 1:5.000 alla quale generalmente si fa riferimento per le indagini geologiche puntuali, e quindi la precisione non è sufficiente da



definire l'esatto percorso segnato dalla faglia. Per tale motivo si è optato per eseguire un accurato rilievo geomorfologico del territorio circostante, dal quale non risultano esserci segni evidenti del passaggio di una faglia capace nel sito d'intervento ed in un suo significativo intorno.

La presente relazione riguarda esclusivamente il progetto citato all'interno e non può essere utilizzata a corredo di altri interventi edilizi seppur vicini, senza preventiva autorizzazione dello scrivente.

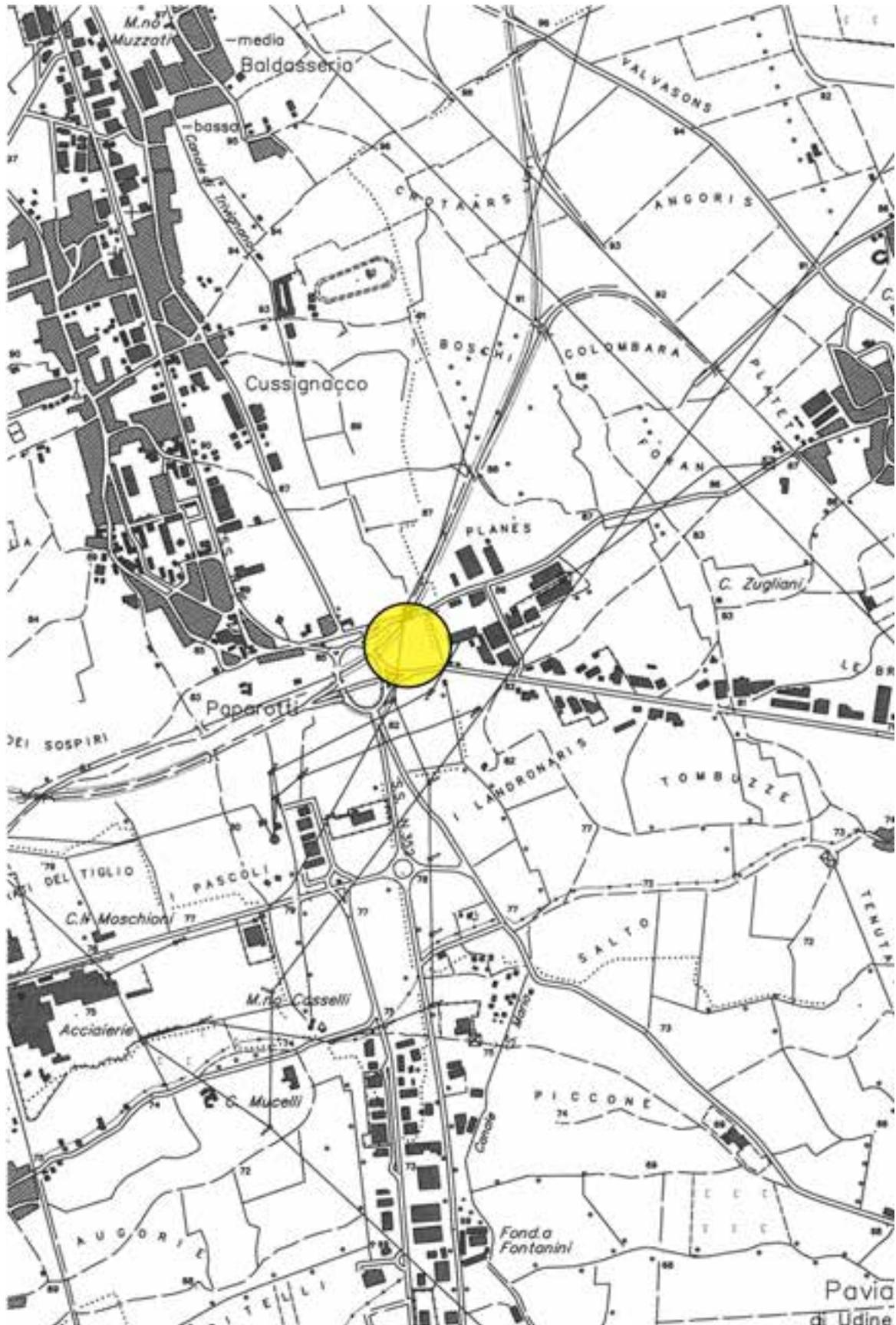
8 ALLEGATI GRAFICI

(Le aree evidenziate negli allegati grafici sono puramente indicative. Per l'esatta individuazione planimetrica si deve fare riferimento agli elaborati grafici di progetto)

- a) Corografia
- b) Inquadramento topografico su C.T.R.
- c) Estratto dalla "Carta Geologica del FVG" del Servizio Geologico Regionale
- d) Estratto dalla "Carta Geolitologica" allegata al P.R.G.C.
- e) Estratto dalla "Carta di sintesi" allegata al P.R.G.C.
- f) Estratto dalla "Carta delle isofreatiche" del "Catalogo dati ambientali e territoriali" della Regione FVG
- g) Estratto dalla "Banca dati e inventario dei prati stabili" del "Catalogo dati ambientali e territoriali"
- h) Estratto dalla "Carta del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Interesse Regionale" (P.A.I.R.)
- i) Estratto dalla "Carta del Catasto Pozzi Regionale"
- j) Estratto da "Ithaca - Catalogo delle faglie capaci" dell'Ispra
- k) Estratto dal "DISS - Database of Individual Seismogenic Sources"

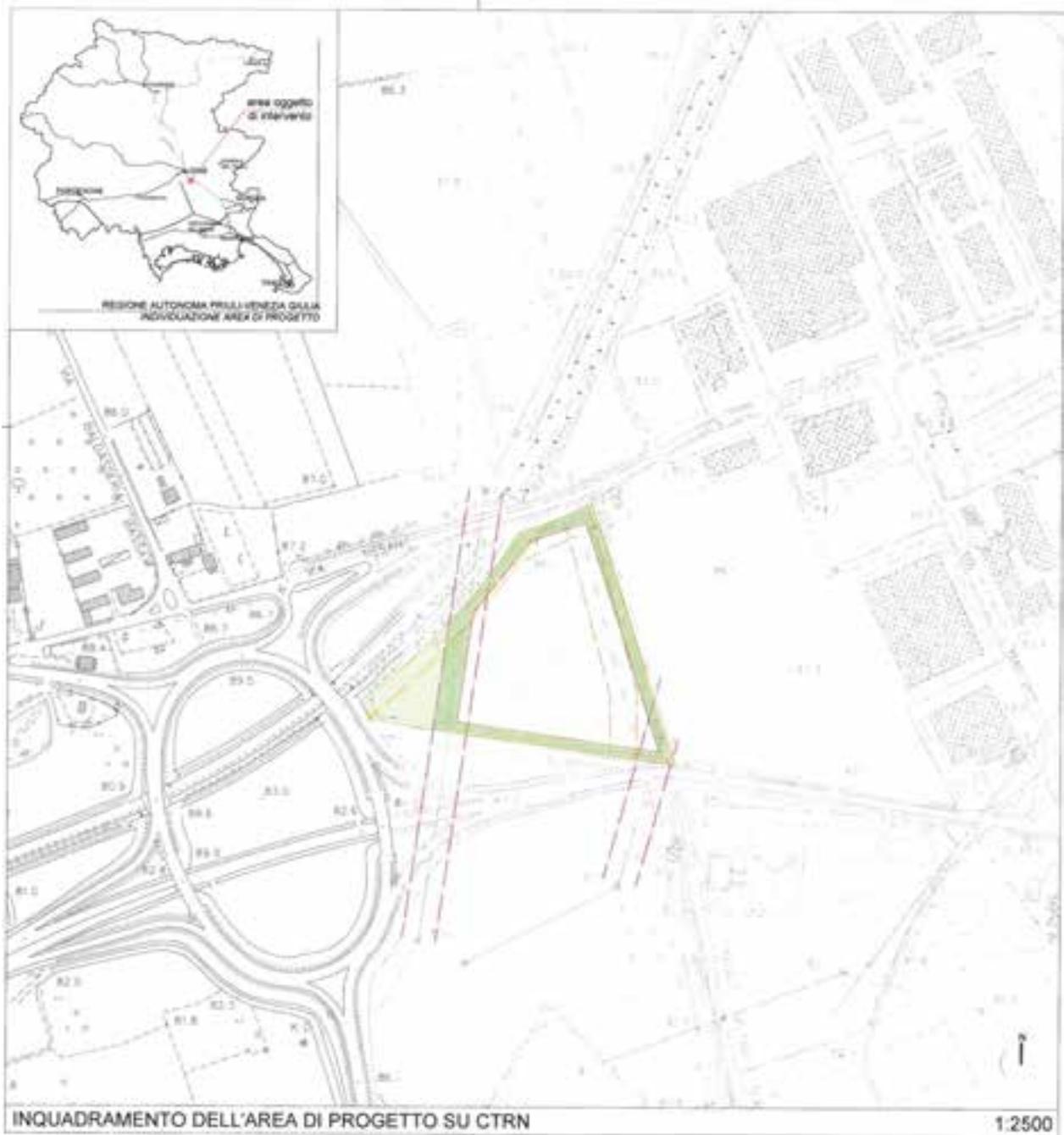
a) Corografia

(rappresentazione dell'area sul territorio, scala 1:25.000)

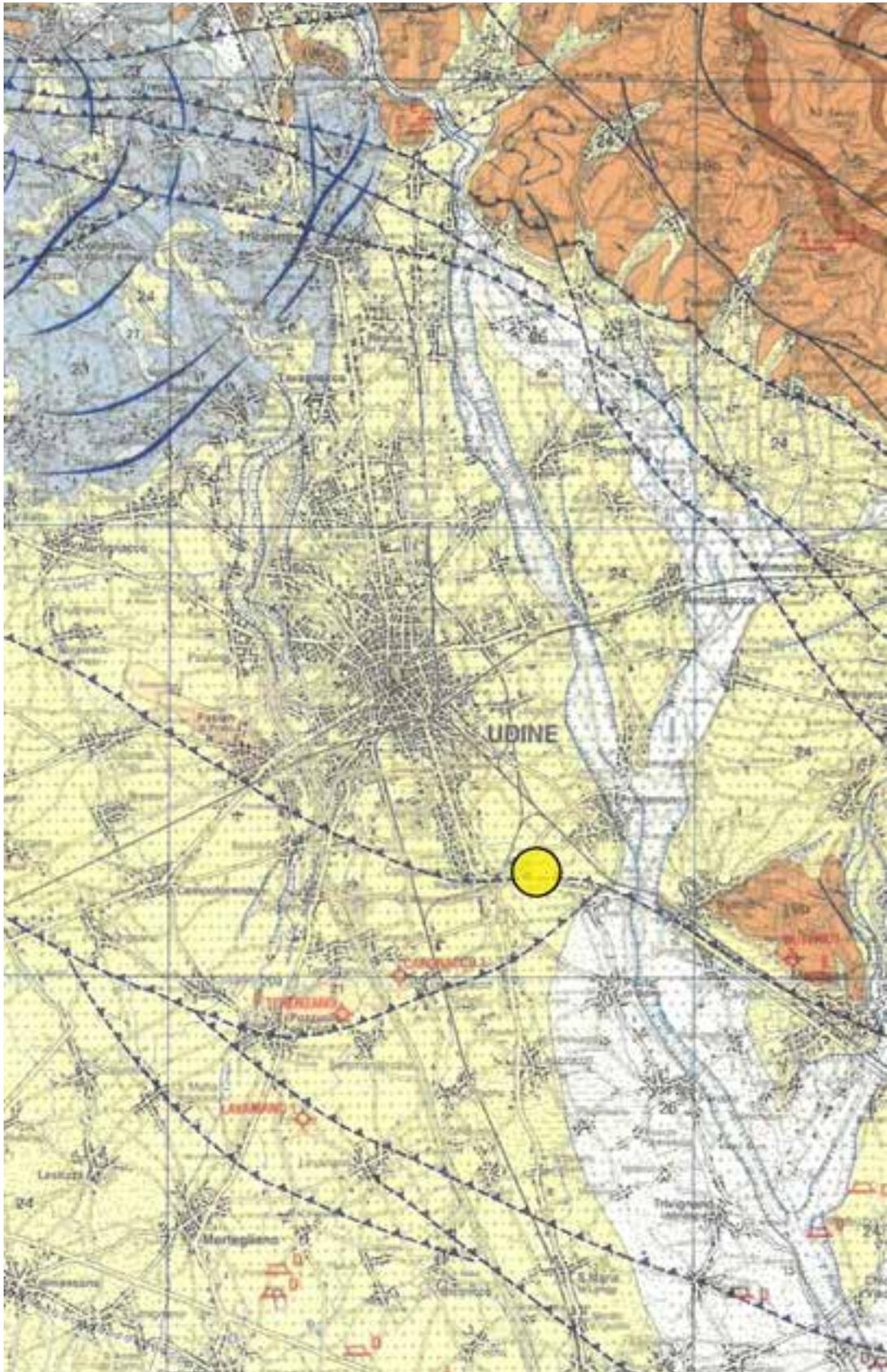


b) Inquadramento topografico sulla C.T.R.

(immagine rappresentativa, fuori scala)

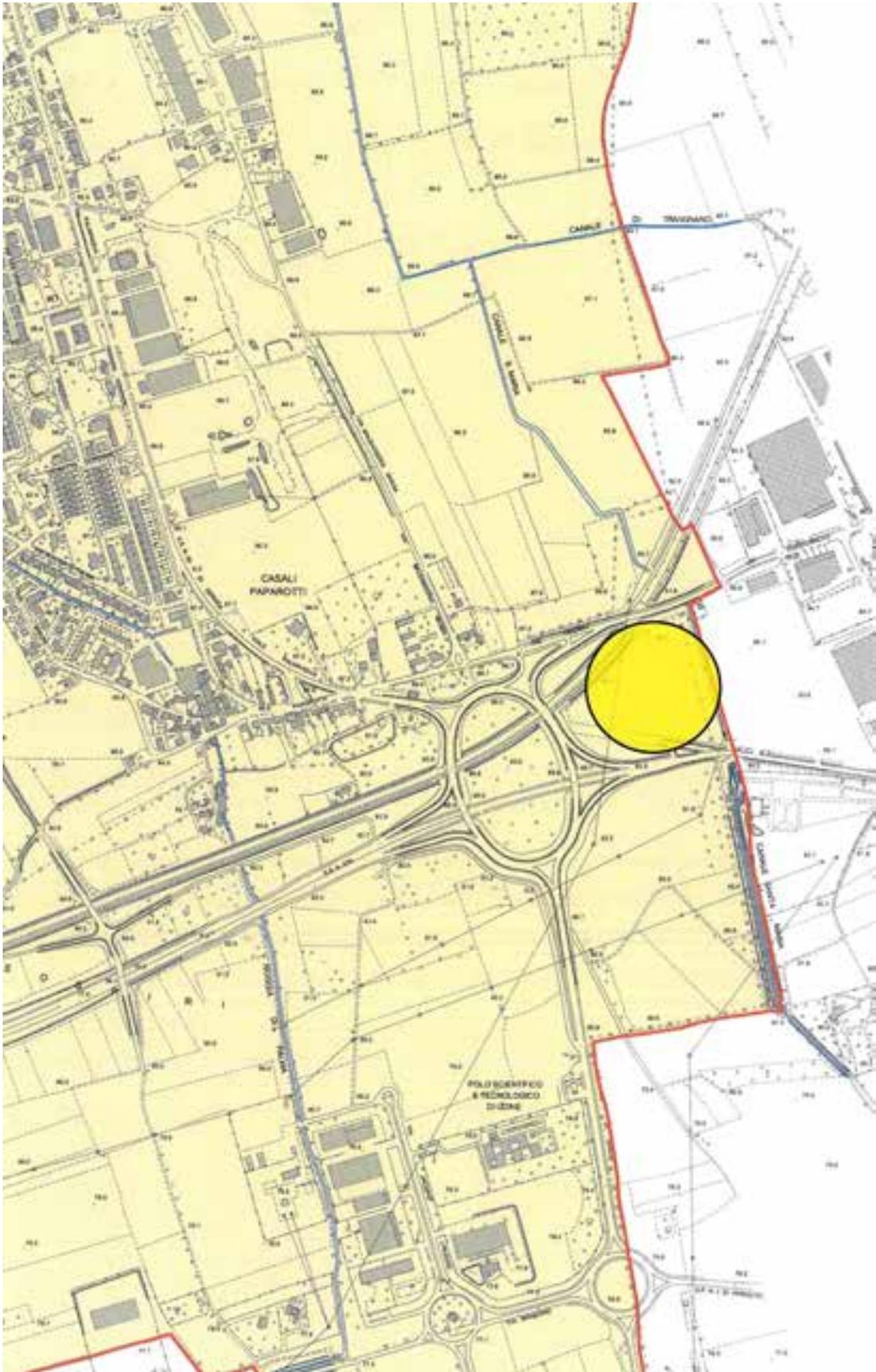


c) Estratto dalla “Carta Geologica del FVG” del Servizio Geologico Regionale
(l'area ricade in zona di sedimenti ghiaioso-sabbiosi con limi subordinati - scala 1:100.000)



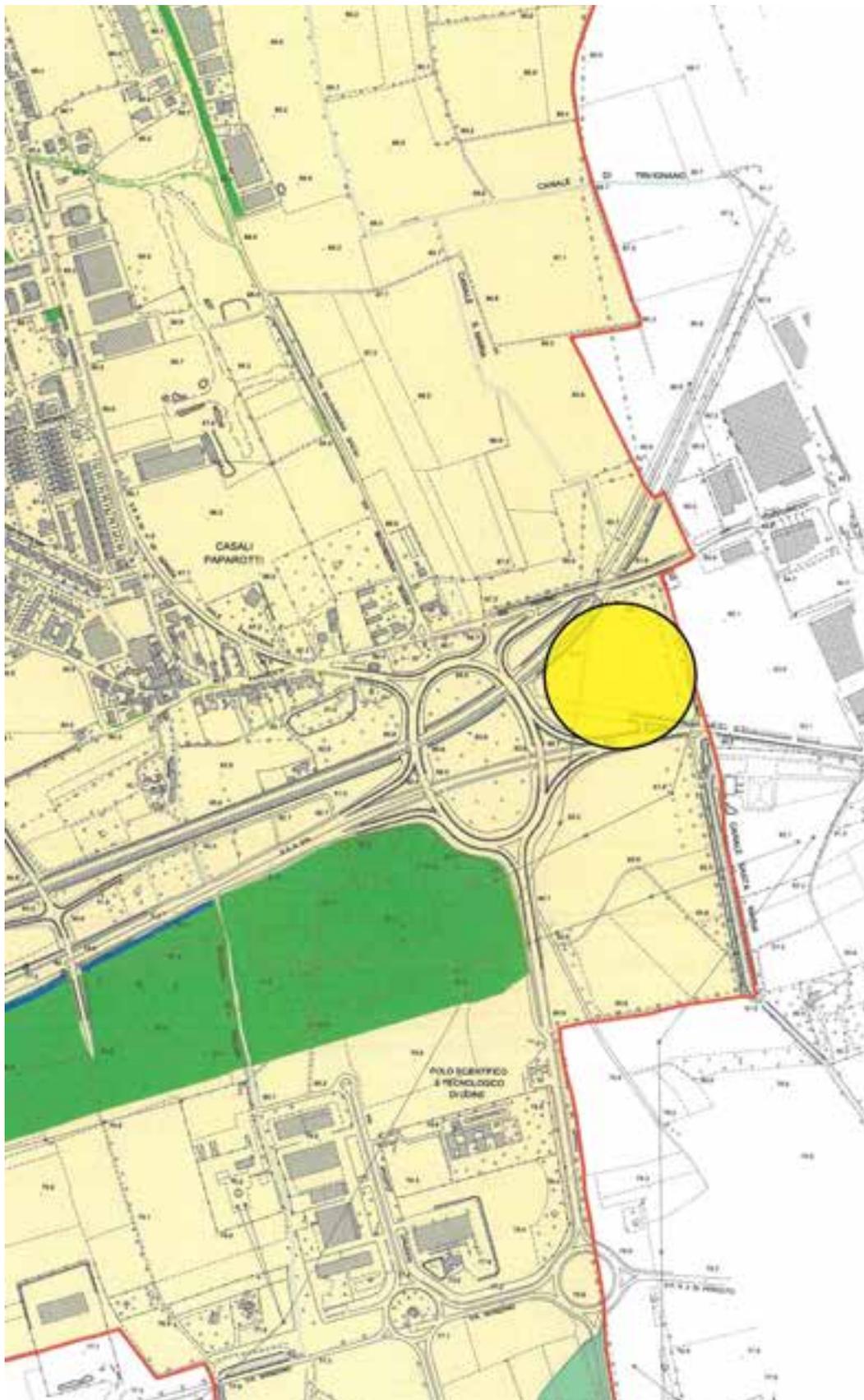
d) Estratto dalla “Carta geolitologica” allegata al P.R.G.C.

(l'area ricade in zona GSm: terreni ghiaiosi sabbiosi con ciottoli e trovanti -limi e argille < 25%-. Scala 1:10.000)



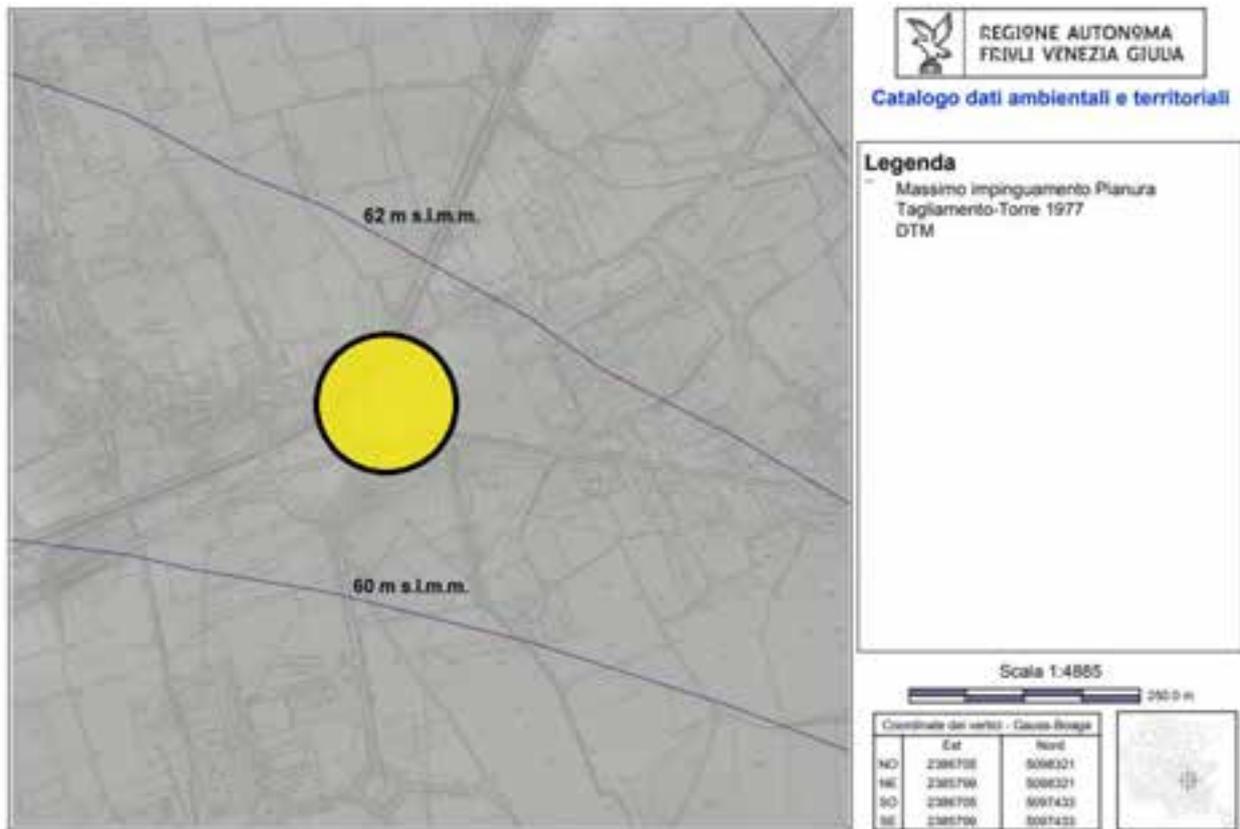
e) Estratto dalla “Carta di sintesi” allegata al P.R.G.C.

(l'area ricade in zona GSm: terreni ghiaiosi sabbiosi con ciottoli e trovanti -limi e argille < 25%- . Scala 1:10.000)



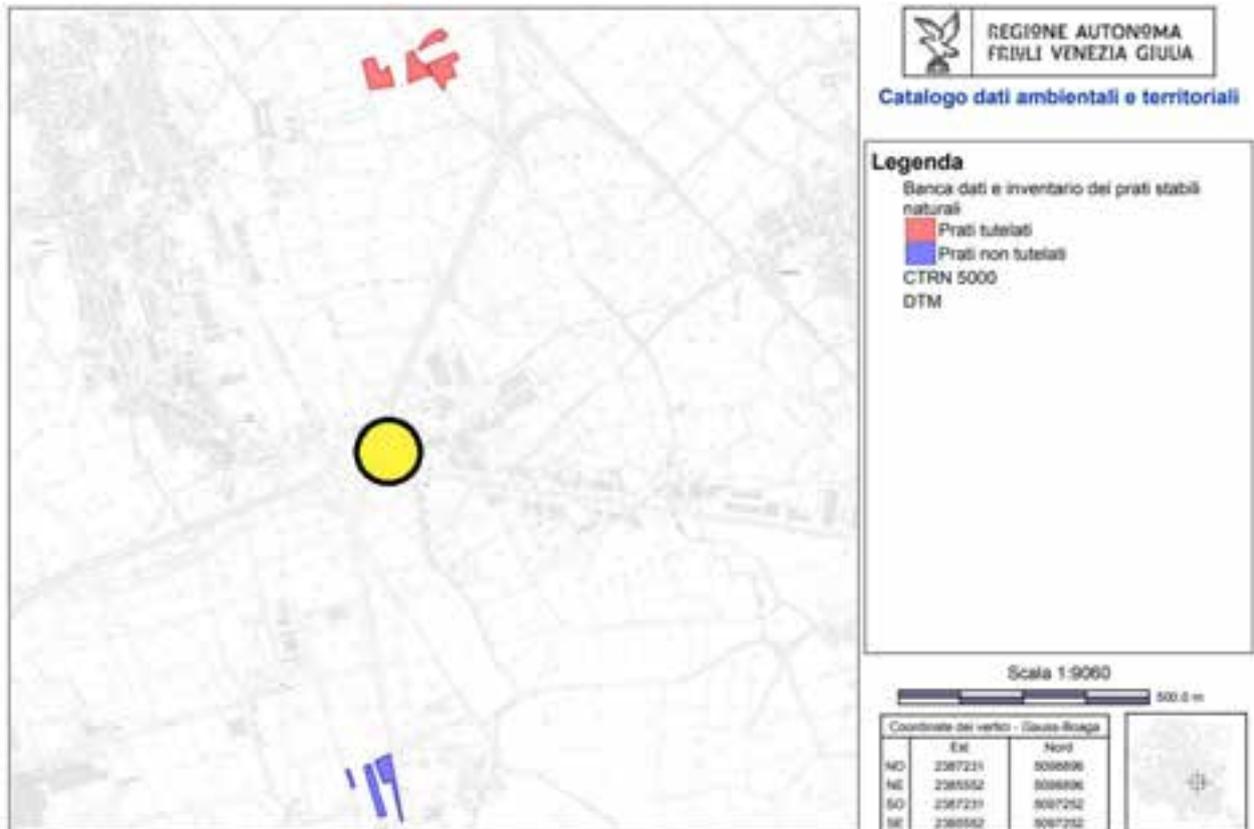
f) Estratto dalla “Carta delle isofreatiche” del “Catalogo dati ambientali e territoriali” della Regione FVG

(l'area -quota 86 metri s.l.m.- si trova tra le isofreatiche dei 60 e dei 62 m s.l.m. di massimo impingamento Pianura Tagliamento/Torre -dati anno 1977-. Immagine rappresentativa, fuori scala)



g) Estratto dalla “Banca dei dati e inventario dei prati stabili” del “Catalogo dati ambientali e territoriali”

(immagine rappresentativa, fuori scala)



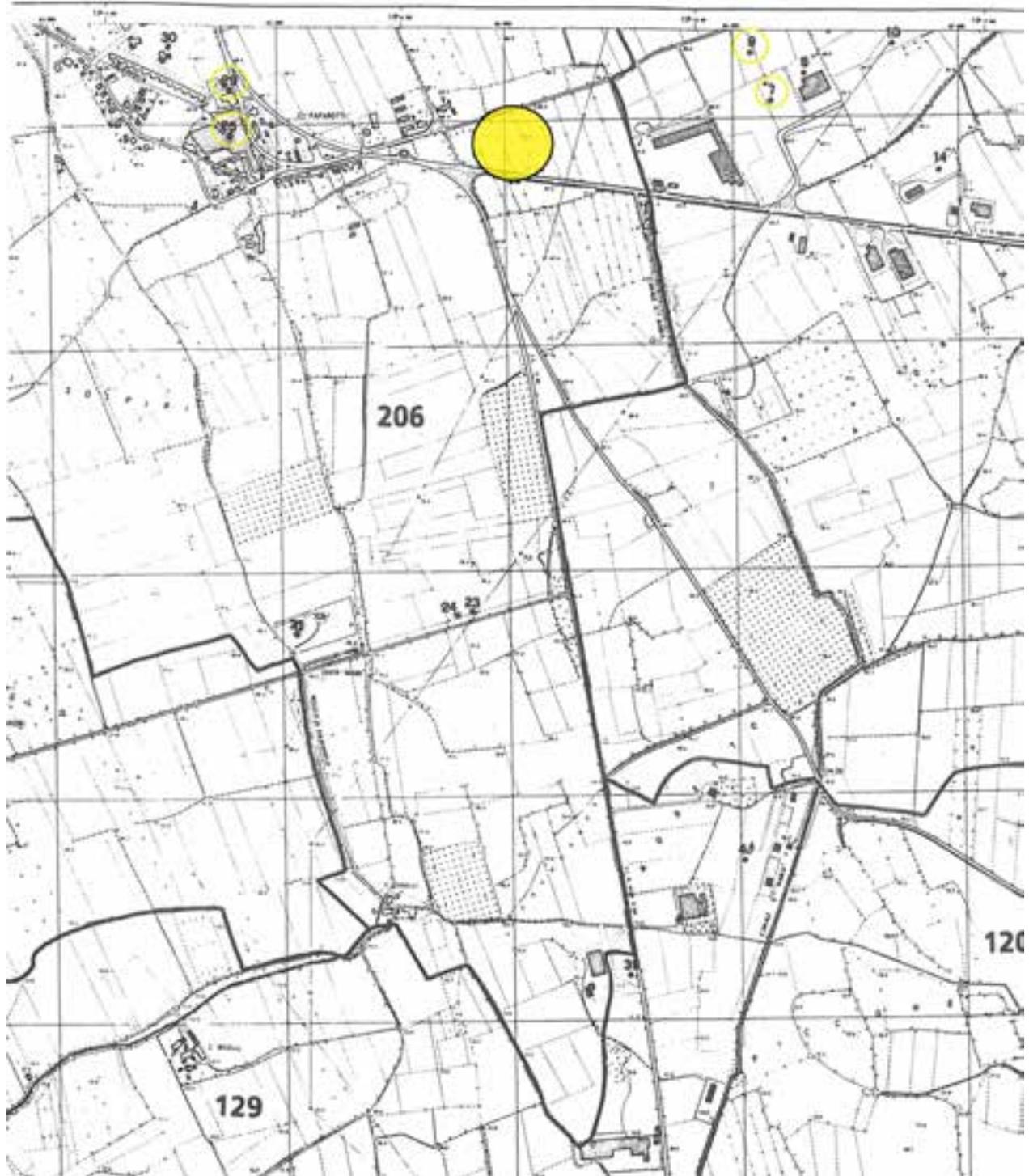
h) Estratto dalla “Carta del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dei Bacini di Interesse Regionale (P.A.I.R.)”

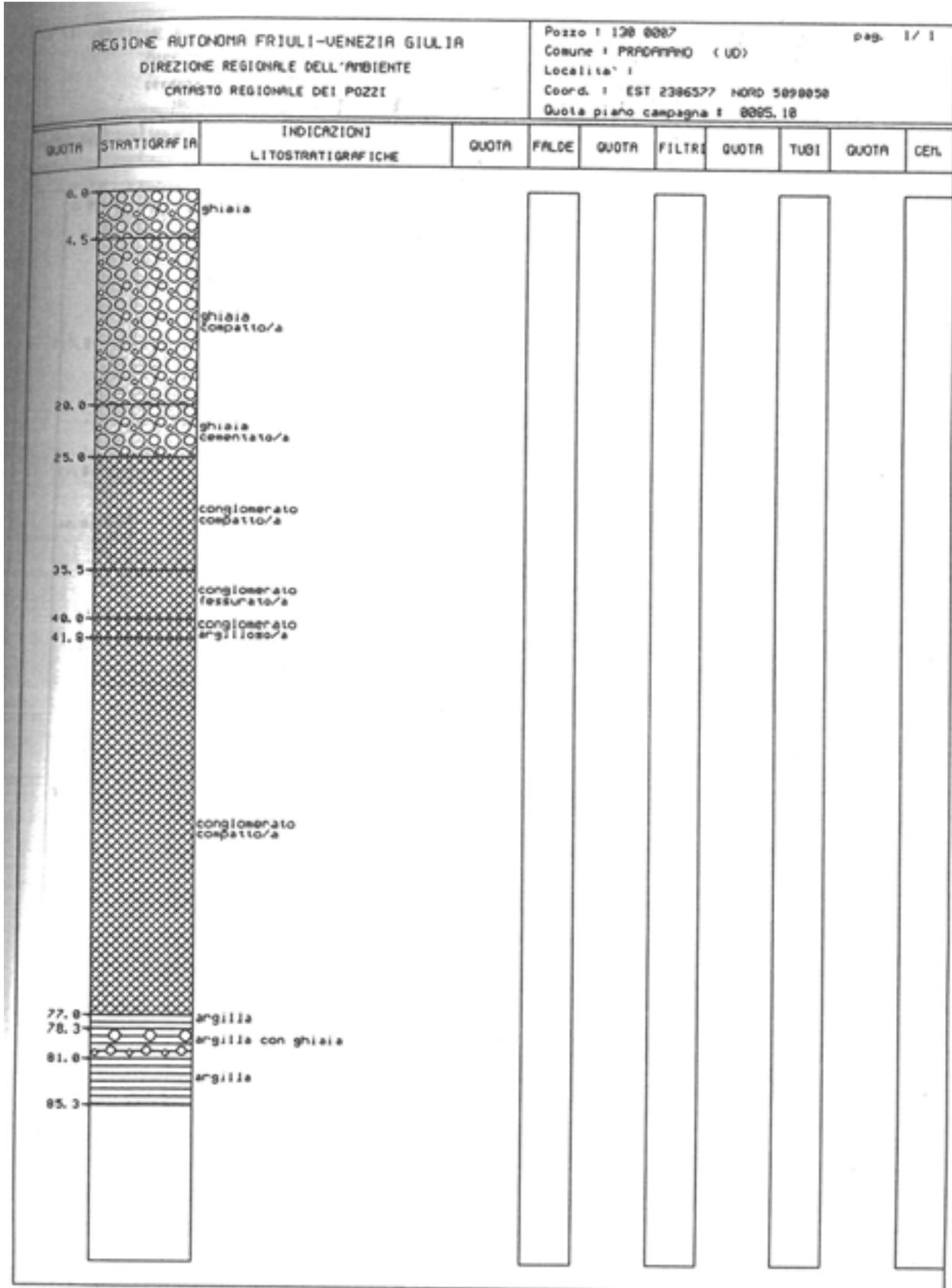
(individuazione dell’area: non ricade in alcuna zona di pericolosità idraulica – scala 1:10.000)

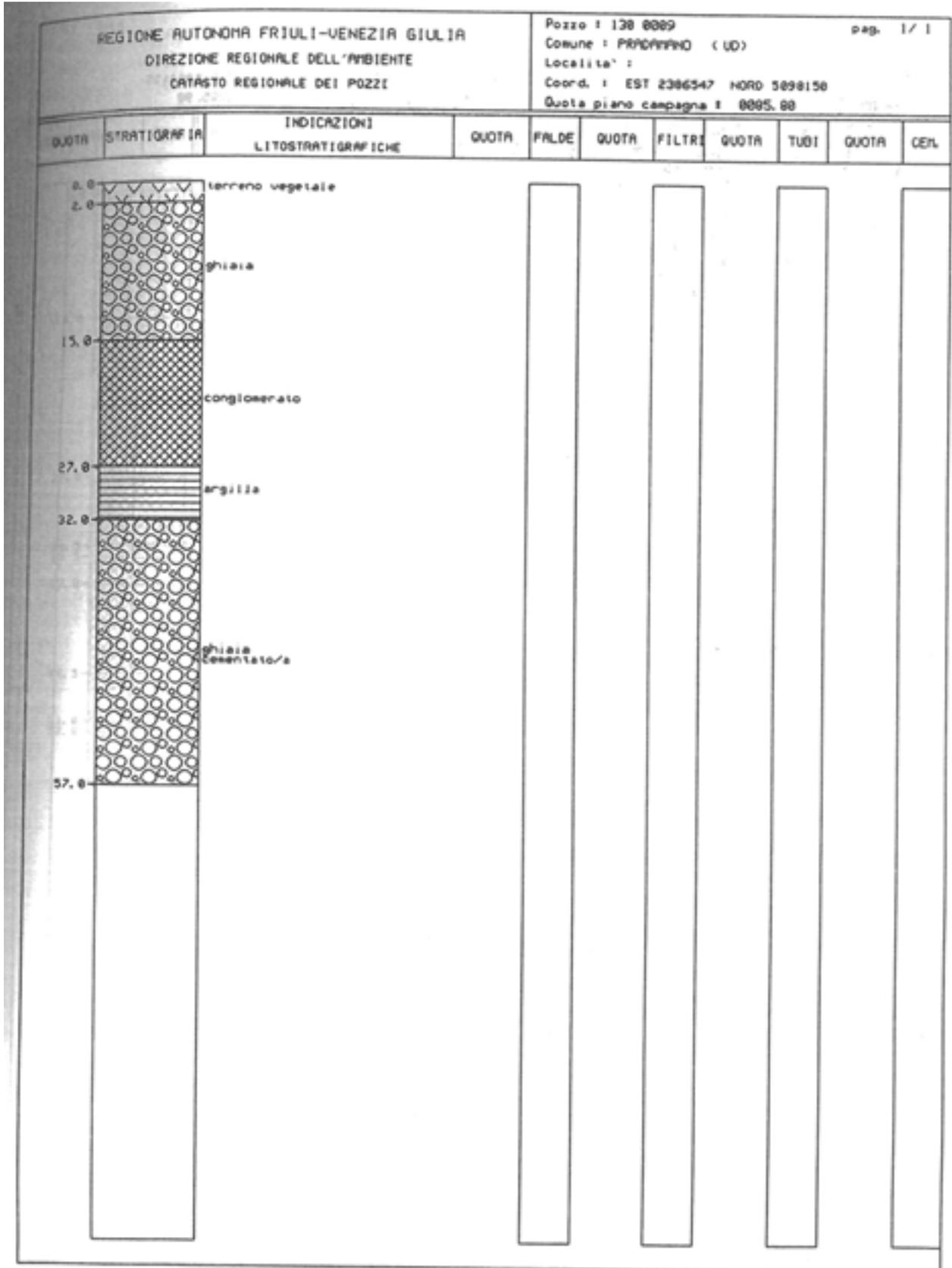


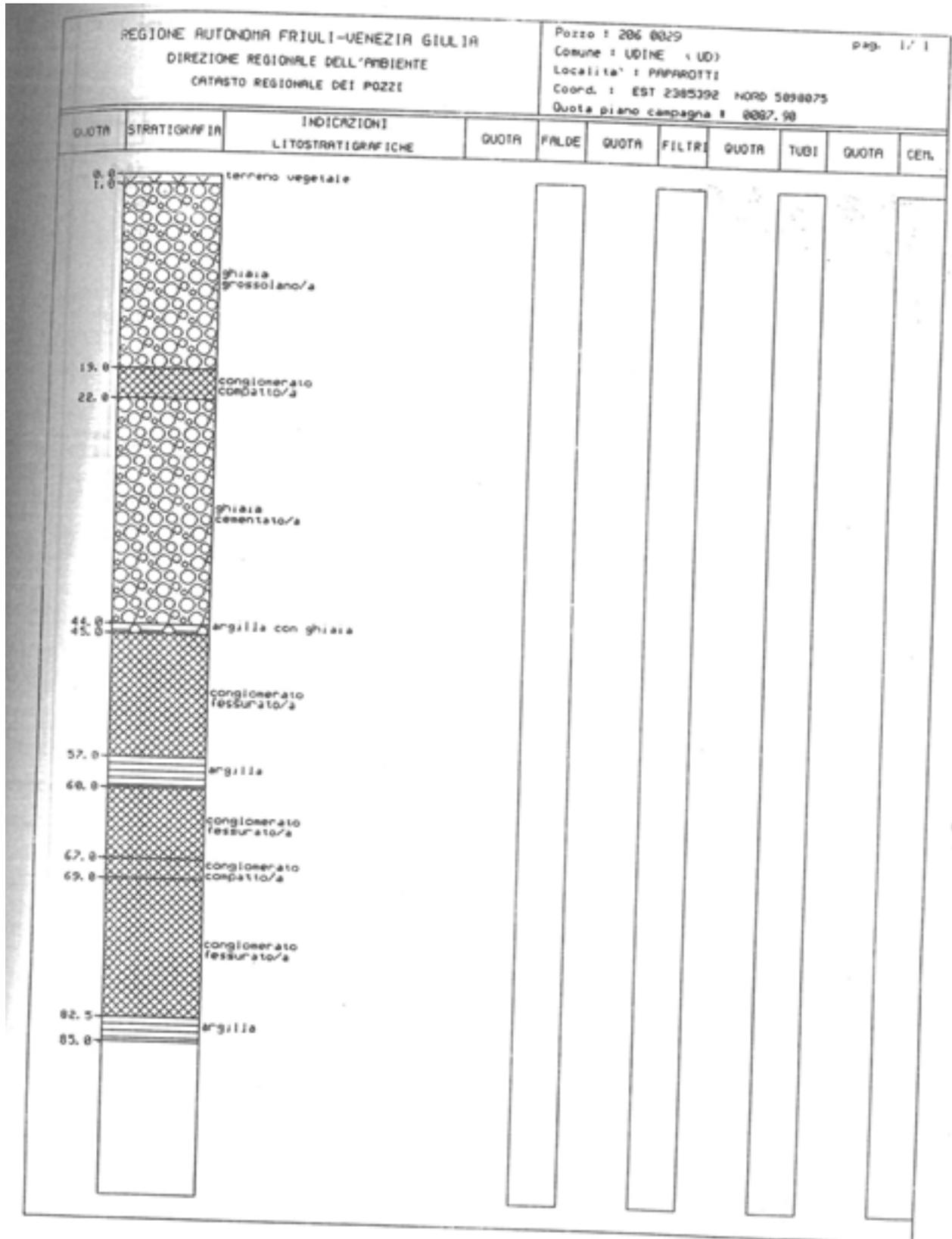
i) Estratto dalla “Carta del Catasto Pozzi Regionale”

(immagine rappresentativa, fuori scala)







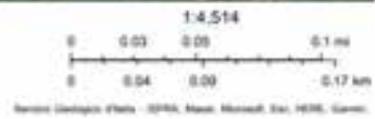


j) Estratto da “Ithaca – Catalogo delle faglie capaci” dell’Ispra
(immagine rappresentativa, fuori scala)



June 17, 2021

Kinematics — Normal Fault - - - Reverse Fault
- - - Unknown - - - Oblique Fault - - - Strike Slip

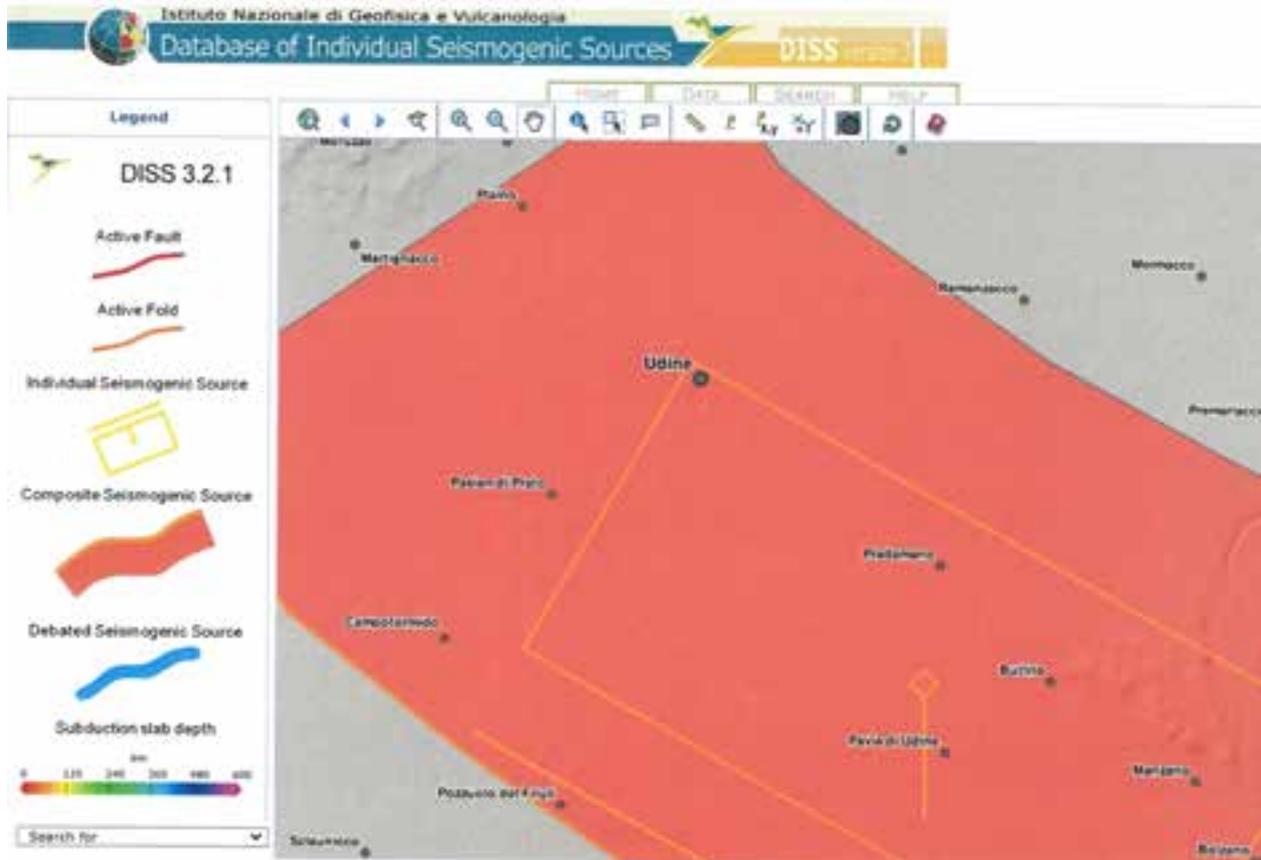




Fault description			
GENERAL IDENTIFICATION			
Fault Code	251		
Fault Name	Vibio Fault		
Region State	Trieste (Tria)		
Province	UD		
Geological Context	Trieste - Udine		
Country	Italy		
Scale	Regional		
GEOMETRY AND KINEMATICS			
Segmentation	Single segment		
Segment Strike (°)	340		
Strike	Normal		
Slip Direction	NS		
Fault Length (km)	12.7		
Mapping Scale	1:50000		
Fault Height (m)			
Reactivation	Recent		
ACTIVITY			
Historical Evidence	Yes		
Last Activity	Historical period		
Current Seismicity	None known		
SLIP PARAMETERS			
Extensional Extension (m)			
Slip Rate (mm/yr)			
Slip Directional Moment Length (km)			
Slip Directional Moment (km)			
Slip Rate Length (km)			
Slip Directional Moment (km)			
Slip Directional Moment (km)			
Slip Directional Moment (km)			
Slip Directional Moment (km)			
Slip Directional Moment (km)			
FINAL REMARKS			
Capable Extension	Medium extension		
Strike Direction	East		
Slip	None known, according to a system of faults described by the Geological Map of Udine		
Slip Rate Extension			
Slip Rate			
REFERENCES			
Author	2016	Reference	Year
Colucci, P., M. G. Bazzani, & ...	2016	Geological Map of Udine (Scale 1:50,000)	2016
Geological Map of Udine	2016	Geological Map of Udine (Scale 1:50,000)	2016
Geological Map of Udine	2016	Geological Map of Udine (Scale 1:50,000)	2016

k) Estratto dal “DISS – Database of Individual Seismogenic Sources”

(immagine rappresentativa, fuori scala)



COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

 GEOLOGICAL
GEOPHYSICAL
SOURCES

 INDIVIDUAL
SEISMOGENIC
SOURCES

 COMPOSITE
SEISMOGENIC
SOURCES

 DEBATED
SEISMOGENIC
SOURCES

 SUBDUCTION
ZONES

 USER
COMMENTS

[COMMENTARY](#) ▾ | [PICTURES](#) ▾ | [REFERENCES](#) ▾ | [USER COMMENTS](#) ▾

GENERAL INFORMATION

DISS-ID: **ITCS065**
 Name: **Medea**
 Compiler(s): **Burrato P.(1), Kastelic V.(1)**
 Contributor(s): **Burrato P.(1), Kastelic V.(1)**
 Affiliation(s): **1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy**
 Created: **12-May-2011**
 Updated: **20-May-2016**

Display map ...


 Related sources: [ITIS126](#)
PARAMETRIC INFORMATION

	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	1.0	LD	Based on various geological data (Nicolich et al., 2004; Ponton et al., 2010).
Max depth [km]	12.0	LD	Based on various geological data (Ponton et al., 2010; Bressan et al., 2016).
Strike [deg] min... max	290...330	LD	Based on geological data from Nicolich et al. (2004).
Dip [deg] min... max	30...50	LD	Based on geological data from Nicolich et al. (2004).
Rake [deg] min... max	110...130	EJ	Inferred from the regional stress orientation.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.14...0.21	OD	Based on modeling of subsurface geological data.
Max Magnitude [Mw]	6.5	EJ	Inferred from the geometrical parameters of the source.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;
ACTIVE FAULTS
ACTIVE FOLDS
COMMENTARY
NCOMMENTS

The Medea composite source represents a NW-SE striking fault with oblique thrust to dextral strike-slip kinematics in the Friuli plain. It is a SW-verging fault system and is thought to accommodate the ca. N-S convergence between Africa (the Adriatic microplate here) and Europe.

Historical and instrumental catalogues (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007; Rovida et al., 2016) show a sparse intermediate ($4.5 < M_w < 5.0$) seismicity in this region, with the notable exception of the 23 April 1279 (M_w 5.4) earthquake.

Among the active thrusts that deform the central Friuli plain south of the city of Udine, this source is the only one considered capable of releasing large earthquakes due to its deeper rooting (Galadini et al., 2005).

The strike of this source was based on morphological characteristics of the top of carbonates and Quaternary deposits (Nicolich et al., 2004) that show a consistent step up across the fault towards the SW. The dip was assumed from the same morphologic subsurface data. The rake is assumed to represent oblique thrusting, based on seismological observations and characteristics of the current stress regime in the region (Heidbach et al., 2008; Carafa et al., 2015). The minimum and maximum depth were based on geological considerations (Nicolich et al., 2004; Ponton, 2010). The slip rate was calculated through modelling of the observed morphological step in the carbonate bedrock and Quaternary sediments. The maximum magnitude was established considering the geometrical characteristics of the fault.

PICTURES

- Structural model of NE Italy
- Active thrusts and seismogenic sources
- Historical and instrumental seismicity of NE Italy
- Present-day stress field of NE Italy



REFERENCES

- Bechtold, M., M. Battaglia, D. C. Tanner and D. Zuliani 2009 Constraints on the active tectonics of the Friuli/NW Slovenia area from CGPS measurements and three-dimensional kinematic modeling. *J. Geophys. Res.*, 114, B03408, 10.1029/2008JB005638.
- Boschi, E., E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, G. Valensise and P. Gasperini 2000 Catalogue of Strong Italian Earthquakes, 461 B.C to 1997. *Ann. Geofis.*, 43, 809-888, with database on CD-ROM.
- Bressan, G., M. Ponton, G. Rossi, and S. Urban 2016 Spatial organization of seismicity and fracture pattern in NE Italy and W Slovenia. *J. Seismol.*, 20, 2, 511-534, 10.1007/s10950-015-9541-9.
- Brückl, E., M. Behm, K. Decker, M. Grad, A. Guterch, G. R. Keller and H. Thybo 2010 Crustal structure and active tectonics in the Eastern Alps. *Tectonics*, 29, TC2011, 10.1029/2009TC002491.
- Burrato, P., M. E. Poli, P. Vannoli, A. Zanferrari, R. Basili and F. Galadini 2008 Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence. *Tectonophysics*, 453, 157-176, 10.1016/j.tecto.2007.07.009
- Carafa, M. M. C., G. Tarabusi, and V. Kastelic 2015 SHINE: Web application for determining the horizontal stress orientation. *Computers & Geosciences*, 74, 39-49, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2014.10.001>.
- Cheloni, D., N. D'Agostino, and G. Selvaggi 2014 Interseismic coupling, seismic potential, and earthquake recurrence on the southern front of the Eastern Alps (NE Italy). *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 119, 5, 4448-4458, 10.1002/2014jb010954.
- Faccenda, M., G. Bressan and L. Burlini 2007 Seismic properties of the upper crust in the central Friuli area (northeastern Italy) based on petrophysical data. *Tectonophysics*, 445, 210-226, 10.1016/j.tecto.2007.08.004.
- Galadini, F. 2007 Final Report of RU 2.8. In "Assessing the seismogenic potential and the probability of strong earthquakes in Italy", Project funded within the 2004-2006 agreement between INGV and the Italian Civil Defence.
- Gruppo di Lavoro CPTI 2004 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04). INGV Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>
- Guidoboni, E., G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi and G. Valensise 2007 CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500). INGV-SGA. Available from <http://storing.ingv.it/cfti4med/>.
- Heidbach, O., M. Tingay, A. Barth, J. Reinecker, D. Kurfeß, and B. Müller 2008 The world stress map database release 2008. 10.1594/GFZ.WSM.Re2008.
- Italiano, F. 2007 Final Report of RU 2.9. In "Assessing the seismogenic potential and the probability of strong earthquakes in Italy", Project funded within the 2004-2006 agreement between INGV and the Italian Civil Defence.
- Montone, P., M. T. Mariucci, S. Pondrelli and A. Amato 2004 An improved stress map for Italy and surrounding regions (central Mediterranean). *J. Geophys. Res.*, 109, B10410, 10.1029/2003JB002703.
- Nicolich, R., B. Della Vedova, M. Giustiniani, and R. Fantoni 2004 Carta del sottosuolo della Pianura Friulana. Direzione Centrale Ambiente e Lavori pubblici, Servizio Geologico, Regione Autonoma Friuli Venezia-Giulia.
- Poli, M. E., P. Burrato, F. Galadini and A. Zanferrari 2008 Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in NE Italy. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 49, 301-313.
- Pondrelli, S., S. Salimbeni, G. Ekström, A. Morelli, P. Gasperini and G. Vannucci 2008 The Italian CMT dataset from 1977 to the present. *Phys. Earth Planet. In.*, 159, 286-303.
- Ponton, M. 2010 Architettura Delle Alpi Friulane. Pubblicazione N. 52, Comune Di Udine, Edizioni Del Museo Friulano Di Storia Naturale, Udine.
- Rosas, F. M., J. C. Duarte, W. P. Schellart, R. Tomás, V. Grigorová, and P. Terrinha 2015 Analogue

modelling of different angle thrust-wrench fault interference in a brittle medium. *J. Struct. Geol.*, 74, 0, 81-104, 10.1016/j.jsg.2015.03.005.

Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Loli, and P. Gasperini (eds.) 2016 CPT115, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT115>.

Slejko, D., A. Caporali, M. Stirling and S. Barba 2010 Occurrence probability of moderate to large earthquakes in Italy based on new geophysical methods. *J. Seismol.*, 14, 27-51, 10.1007/s10950-009-9175-x.

Tiberi, L., G. Costa, and P. Suhadolc 2014 Source parameter estimates for some historical earthquakes in the southeastern Alps using ground shaking scenarios. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, 5, 641-664, 10.4430/bgta0121.

Vannoli, P., S. Barba, R. Basili, P. Burrato, U. Fracassi, V. Kastelic, M.M. Tiberti and G. Valensise 2009 Seismogenic sources in northeastern Italy and western Slovenia: an overview from the Database of individual Seismogenic Sources (DISS 3.0.4). *Rendiconti online Serv. Geol. It.*, 5, 227-229.

USER COMMENTS

[Register to view/add comments...](#)

[ADVANCED SEARCH](#)

[TOP A](#)