

**VARIANTE ALLA S.S. N. 14 "DELLA VENEZIA GIULIA"
A SUD DELLA CITTÀ DI SAN DONÀ DI PIAVE
DALLA ROTATORIA DI CAPOSILE ALLA ROTATORIA DI PASSARELLA
E SCAVALCO DELLA ROTATORIA DI CALVECCHIA**

PROGETTO DEFINITIVO

**PROGETTAZIONE: ANAS - COORDINAMENTO TERRITORIALE NORD EST -
PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

| | |
|--|---|
| <p>PROGETTISTI</p> <p><i>Ing. Francesco Caobianco</i> <i>Ordine Ing. Padova n. 3983</i></p>  <p><i>Ing. Filippo VIARO</i> <i>Ordine Ing. Parma n. 827</i></p> <p><i>Arch. Sergio BECCARELLI</i> <i>Ordine Arch. Parma n. 377</i></p>  | <p>ACUSTICA</p> <p><i>Ing. Giovanni BRIANTI</i> <i>Tecnico competente in Acustica Ambientale</i> <i>ARPA Emilia-Romagna D.D. 3340/17</i></p>  |
| | <p>ARCHEOLOGIA</p> <p><i>Dott.ssa Barbara SASSI</i></p>  |
| | <p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Serena MAIETTA</i> <i>Ordine Geol. Lazio n. 928</i></p> |
| <p>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Dott. Ing. Anna Maria NOSARI</i></p> | <p>IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Stefano Muffato</i> <i>Ordine Ing. Venezia n. 2975</i></p>  |

GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E GEOTECNICA

Relazione geologica, idrogeologica e sismica

| | | | | | |
|--|--|----------------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| <p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.</p> <p>DPVE04 D 0901</p> | <p>NOME FILE</p> <p>TOOGE00GENRE00_A</p> <p>CODICE ELAB. TOOGE00GEORE00</p> | <p>REVISIONE</p> <p>A</p> | <p>SCALA</p> <p>—</p> | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| A | Revisione per procedure | APR.2019 | ANAS Spa | ANAS Spa | ANAS Spa |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

INDICE

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | <i>Premesse</i> | 2 |
| 2 | <i>Riferimenti normativi</i> | 4 |
| 3 | <i>Inquadramento generale</i> | 6 |
| 4 | <i>Schema geomorfologico</i> | 8 |
| 4.1 | <i>Modello evolutivo</i> | 8 |
| 4.2 | <i>Principali elementi geomorfologici</i> | 12 |
| 4.3 | <i>Verifica dei contenuti del PAI</i> | 17 |
| 5 | <i>Schema geologico</i> | 20 |
| 5.1 | <i>Assetto ed evoluzione tettonico-strutturale</i> | 20 |
| 5.2 | <i>Successione stratigrafica locale e caratteri delle unità geologiche</i> | 23 |
| 6 | <i>Schema idrogeologico</i> | 26 |
| 6.1 | <i>Idrogeologia dell'area vasta</i> | 26 |
| 6.2 | <i>Modello idrogeologico di dettaglio</i> | 27 |
| 7 | <i>Sismicità</i> | 31 |
| 7.1 | <i>Inquadramento sismotettonico</i> | 31 |
| 7.2 | <i>Sismicità storica e recente</i> | 39 |
| 7.3 | <i>Pericolosità sismica</i> | 42 |
| 8 | <i>Indagini geognostiche</i> | 49 |
| 9 | <i>Modello geologico-tecnico del tracciato</i> | 51 |
| 10. | <i>Bibliografia</i> | 54 |

1 Premesse

La presente relazione geologica fa parte della documentazione allegata al Progetto Definitivo della variante alla S.S. 14 "della Venezia Giulia" in Comune di San Donà di Piave (VE).

L'intervento si articola in due tratti distinti: una bretella di collegamento fra la rotatoria di Caposile e quella di Passarella (a Sud della città di San Donà di Piave) e lo scavalco – nella zona NE dell'abitato – della rotatoria di Calvecchia.

La relazione definisce i lineamenti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area, definendo quindi il modello geologico di riferimento per gli interventi in progetto. Viene inoltre effettuata la caratterizzazione sismica mediante l'analisi degli elementi sismotettonici che insistono nel settore in cui ricade il territorio di San Donà di Piave, i dati riguardanti la sismicità storica ed – infine – la pericolosità sismica locale.

Pertanto, nella presente nota, sono inizialmente descritti i contesti geomorfologico, geologico, stratigrafico ed idrogeologico di riferimento. Successivamente viene analizzato il tracciato in progetto, per tratti omogenei, con riferimento alle relazioni prevedibili fra l'assetto del sottosuolo ed il suo comportamento nei riguardi della costruzione dell'opera. Infine viene descritta la sismicità dell'area e i potenziali scenari di pericolosità geologica connessi all'opera in progetto.

Gli elementi necessari a tale scopo sono stati ricavati a seguito dell'esame della documentazione bibliografica disponibile per l'area in oggetto, dell'analisi diretta delle condizioni geologiche e geomorfologiche delle aree all'interno delle quali ricade l'intervento, dell'esecuzione di un rilevamento geologico-tecnico dell'area, dell'interpretazione di dati

geognostici ricavati dalle diverse campagne di indagini svolte per le precedenti fasi progettuali.

La documentazione ad esse relativa è riportata negli allegati della "Documentazione indagini geognostiche" (Planimetria ubicativa, Schede stratigrafiche sondaggi, pozzetti, prove in sito, Documentazione fotografica, Certificati di Laboratorio).

2 Riferimenti normativi

- Decreto Ministeriale 14.01.2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare Ministero dei LL.PP. 02/02/09 n. 617 - Istruzione per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- D. Lgs. n.50 del 18 aprile 2016: "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture";
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»";
- D.M. 11/03/88 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare ministeriale LL.PP. 24/09/88 n. 30483 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni. Variante adottata con deliberazione del Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 2 del 25.02.2010;
- Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI;

- Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI;
- Eurocodice 8 (1998);
- Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter; D.L. 180/98 e s.m.i.: "Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti";

3 Inquadramento generale

L'area di intervento ricade interamente all'interno del territorio comunale di San Donà di Piave (VE).

Le opere di progetto interessano due ambiti distinti ma funzionali e complementari nel quadro generale della Variante:

- La realizzazione del III Lotto della variante della SS14 a Sud di San Donà di Piave, in località Armellina, tra le rotonde di Caposile (a Ovest) e Passarella (a Est);
- La costruzione di un cavalcavia di sovrappasso della rotonda della SS14 – Via Martiri delle Foibe in corrispondenza della località Molino presso Calvecchia, a NE dell'abitato.



Figura 1. Foto aerea del territorio compreso tra le rotonde di Caposile e Passarella (loc. Armellina), interessato dalla realizzazione del III Lotto della variante della SS14 a Sud di San Donà di Piave (fonte immagine: Google Maps).



Figura 2. Foto aerea della zona di San Donà di Piave e Calvecchia, interessata dalla realizzazione del cavalcavia di scavalco della rotatoria lungo la SS14, all'incrocio con Via Martiri delle Foibe (fonte immagine: Google Maps).

Il primo intervento ricade nelle sezioni 128030 e 128040 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, mentre il secondo nella sezione 106160.

Le quote topografiche per l'area interessata dalla realizzazione del III Lotto della variante hanno valori compresi tra circa - 1,70 m s.l.m. nella piana compresa tra Caposile e Passarella, e i 3,5 m s.l.m. circa della zona Sud di Passarella.

Nell'area di Calvecchia, in cui verrà realizzato il nuovo viadotto, le quote hanno valori compresi tra - 0,5 m s.l.m. e 1,5 m s.l.m.

4 Schema geomorfologico

4.1 Modello evolutivo

L'area di progetto si trova a NE della Laguna di Venezia e ricade all'interno della pianura veneto – friulana. Quest'ultima si trova nell'avampaese neogenico-quadernario, racchiuso tra la catena appenninica settentrionale NE-vergente e la catena sudalpina S-vergente.

La morfologia della pianura veneto – friulana è legata agli eventi più recenti del Quaternario, che hanno definito i caratteri salienti del settore in esame, sui quali si sono poi sovrapposti in epoca storica i segni e le modificazioni lasciate dall'impatto antropico, che in alcuni casi ha portato alla completa obliterazione delle forme originarie del territorio.

In sintesi, essa si è generata in risposta alle dinamiche dei principali fiumi che la solcano. A partire dal loro sbocco dalle vallate alpine tali corsi d'acqua hanno potuto cambiare frequentemente le proprie direzioni di deflusso, divagando all'interno del territorio per migliaia di chilometri quadrati, lasciando la propria impronta in termini sia di sedimentazione che di modellazione.

L'assetto sedimentario dell'area veneto – friulana nelle ultime fasi evolutive è interpretato come l'effetto della presenza di *megafan* alluvionali. Si tratta di sistemi sedimentari allungati sostanzialmente dall'alta pianura fino al mare, caratterizzati arealmente da una tipica morfologia a ventaglio e altimetricamente simili a un cono appiattito. In passato venivano genericamente descritti come conoidi. Questi corpi sedimentari presentano una chiara continuità spaziale dallo sbocco vallivo fino alle zone costiere. Pur in presenza di una generale analogia morfologica con le conoidi alluvionali s.l., i caratteri che portano ad

interpretare queste strutture come *megafan* sono la loro notevole estensione areale, i limitati gradienti topografici presenti nella bassa pianura, la selezione granulometrica dei sedimenti che da monte a valle passano da ghiaie, a sabbie, limi e argille, (mentre nelle conoidi prevalgono, generalmente, granulometrie grossolane), che si rinvencono in quest'area in corrispondenza delle porzioni prossimali.

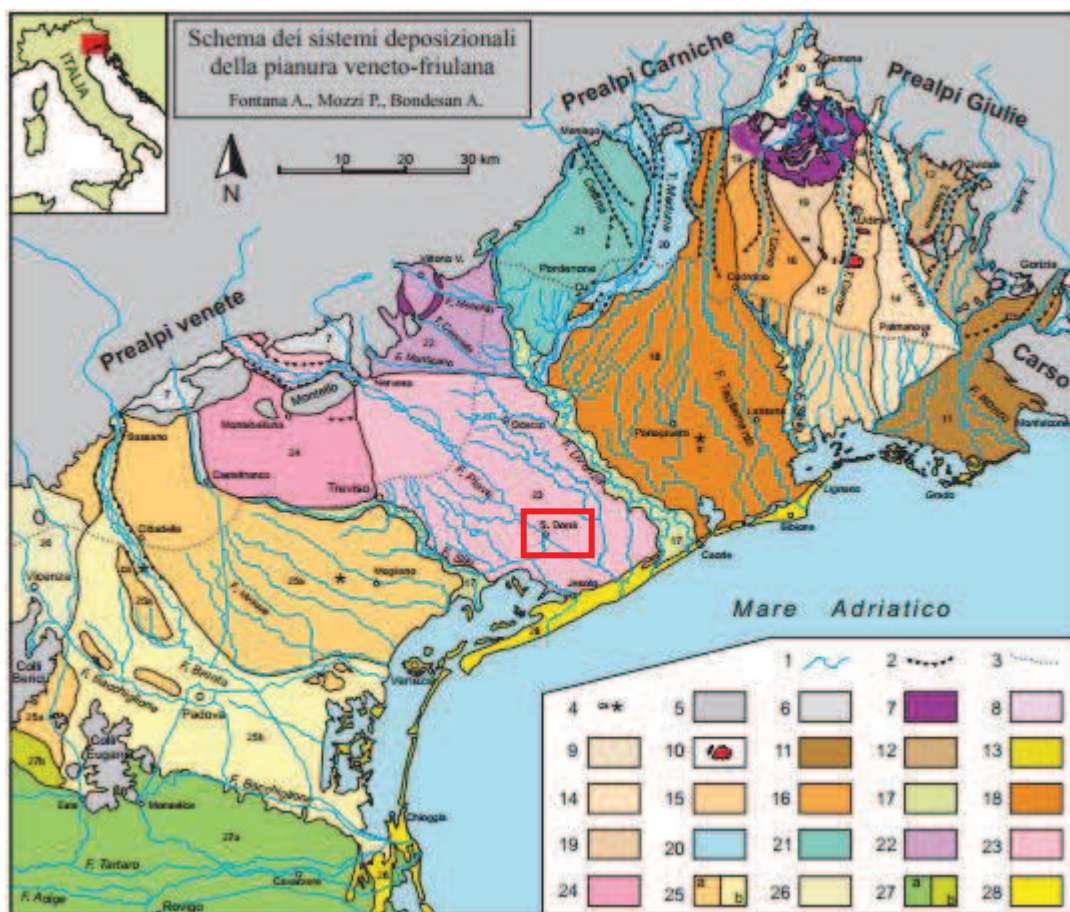


Figura 3. Schema dei sistemi deposizionali della pianura veneto – friulana secondo Bondesan e Meneghel (2004) tratto dalle Note Illustrative del Foglio 128 "Venezia" della Carta Geologica d'Italia in Scala 1:50.000 (Progetto CARG). La zona di San Donà di Piave ricade nel megafan del Piave di Nervesa (n. 23 in legenda). All'interno del rettangolo rosso si trova l'area di progetto.

Mentre nella parte meridionale della pianura padano-veneta l'apporto dei principali fiumi (Adige e Po) non ha portato alla formazione di *megafan*, ma ha contribuito

direttamente alla formazione – con pendenze estremamente ridotte – della pianura deltizia padana, nell'area veneta e friulana – a Est del Naviglio Brenta – le strutture sedimentarie, attraverso le quali i maggiori fiumi hanno contribuito alla costruzione della pianura, sono ben distinguibili anche nel tratto di bassa pianura. In questo settore i sedimenti sono essenzialmente fini e il gradiente topografico è compreso tra il 3‰ e lo 0,5‰. La separazione tra i vari bacini deposizionali viene effettuata sulla base dei dati geomorfologici, stratigrafici, pedologici e mineralogici.

In profondità è prevedibile la successione di più generazioni di *megafan* e *fan-delta* che potrebbero presentare caratteristiche di forma, estensione, direzione media e inclinazione anche molto differenti rispetto a quanto osservabile in superficie. Si nota, peraltro, la stabilità delle zone di apice, in genere coincidenti con i principali sbocchi vallivi attuali.

I *megafan*, come già affermato, mostrano un'evidente selezione longitudinale di classi granulometriche dalle zone prossimali, caratterizzate da materiali più grossolani (ghiaiosi), procedendo verso quelle distali, dove prevalgono sedimenti fini, con fasce di depositi di esondazione limo-argillosi e corpi canalizzati sabbioso-limosi. A tale suddivisione longitudinale si affianca una differenziazione trasversale, legata alla migrazione della porzione attiva dei *megafan*, con individuazione di fasce (spicchi) dotate di caratteristiche sedimentologiche diverse. Tale variabilità trasversale risulta molto più frequente rispetto a quella longitudinale.

Nelle aree di interdigitazione e coalescenza dei *megafan*, ossia nelle zone depresse di interfluvio tra le conoidi, si generano i principali corsi d'acqua di risorgiva. Tra questi si trova il Sile, che scorre in prossimità dell'area di progetto presso la località di Caposile.

L'evoluzione dell'area nel Pliocene-Quaternario è stata fortemente influenzata dagli eventi verificatisi nel Messiniano che determinarono, a seguito dell'abbassamento del livello marino, l'emersione dell'area e l'azione di processi erosivi fluviali. Di conseguenza si registrarono la riorganizzazione del reticolo fluviale e l'origine di molte delle principali valli alpine e delle maggiori depressioni esistenti nel substrato della pianura. Gli elementi individuatisi in questa fase hanno poi controllato la sedimentazione marina pliocenica e quella marina e alluvionale quaternaria.

L'aspetto della pianura veneto – friulana è stato determinato dall'evoluzione tardo pleistocenica e olocenica dei fiumi alpini (Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta e Adige). La disposizione geometrica dei diversi corpi sedimentari risulta del tutto casuale, in ragione delle variazioni relative subite dal livello marino nel corso del quaternario e, con esso, dall'ambiente di sedimentazione, regolato dal succedersi di ingressioni e regressioni del mare, nonché dalle variazioni idrografiche dei corsi dei fiumi, che hanno subito ripetuti cambiamenti nel corso a valle del loro sbocco montano, interessando ampie aree. Il contesto sedimentario è caratterizzato, pertanto, da eteropie laterali ed interdigitazioni fra depositi a geometria frequentemente lentiforme e dalla presenza di paleoalvei, spesso individuabili come fasce allungate, a volte morfologicamente rilevate rispetto alle aree circostanti.

Nella ricostruzione dell'evoluzione morfogenetica della pianura veneto – friulana una fase fondamentale corrisponde all'Ultimo Massimo Glaciale (LGM, compreso fra 30.000 e 17.000 anni fa), in cui si registrò l'ultima massima espansione dei ghiacciai alpini, le cui fronti giunsero sino allo sbocco in pianura delle valli. Forme e depositi riferibili a tale fase sono prevalentemente sepolti a bassa profondità, di conseguenza i sedimenti più recenti che li ricoprono, relativi a diverse condizioni climatiche, vengono indicati come post-LGM.

Durante lo LGM il *megafan* del Piave sviluppò la zona di apice a valle delle morene frontali, poste a S e SE del solco vallivo, con reticolo di tipo *braided*. La porzione distale, invece, era caratterizzata da canali fluviali essenzialmente sabbiosi. Esso costituiva in questa fase una parte dell'intero sistema fluvioglaciale del relativo ghiacciaio. In analogia con le strutture vicine, il *megafan* del Piave si sviluppò notevolmente per l'abbondante apporto sedimentario, raggiungendo la sua massima estensione areale e segnando una fase di aggradazione (raggiungendo estensioni dell'ordine di 1.100 km²). In questo senso la pianura veneta rappresenta un'anomalia rispetto agli schemi classici di evoluzione delle pianure costiere durante le fasi glaciali.

I depositi relativi a questa fase sono prevalentemente rappresentati da corpi di canale fluviale sabbioso-limosi, discontinui e poco spessi, con evidenti indizi di migrazione laterale, separati da sedimenti di piana di esondazione, argilloso-limosi.

La presenza di strati e livelli torbosi e di limi organici è, invece, collegata a fasi di stasi nella sedimentazione, in presenza di aree di affioramento della falda o di alimentazione idrica superficiale, tale da favorire lo sviluppo di vegetazione e di bacini palustri.

La fase post-LGM (Tardoglaciale: 17.000 anni fa – 9.500 a.C.) fu prevalentemente caratterizzata dall'individuazione degli alvei fluviali e dalla carenza di sedimentazione diffusa, associata al ritiro dei ghiacciai. Nell'Olocene, infine, alla dinamica del sistema fluviale si affiancò la componente trasgressiva dovuta all'innalzamento marino.

4.2 Principali elementi geomorfologici

La morfologia dell'area d'interesse è totalmente pianeggiante, con quote assolute di poco superiori al livello del mare e, in diversi punti, inferiori ad esso. In ragione di ciò, i principali elementi di rilevanza geomorfologica sono rappresentati dalle testimonianze

dell'evoluzione, passata e recente, del reticolo idrografico superficiale, sia in riferimento ai fattori naturali di esso, che alle tracce dell'intervento antropico.

Fra i primi vanno annoverati tutti gli elementi costitutivi del reticolo fluviale, più o meno direttamente tributari del principale corso d'acqua naturale: il Fiume Piave. La stessa evoluzione storica dell'alveo di quest'ultimo presenta caratteri naturali (tracce di meandri fossili, alvei tributari abbandonati; ecc.) sia artificiali (rettifiche dell'alveo).

Il basso corso del Piave rappresenta il sistema geomorfologico di principale modellazione del territorio in esame. Le numerose divagazioni e variazioni del fiume hanno lasciato segni evidenti nella zona di San Donà, generati sia dalle dinamiche naturali del corso d'acqua che da quelle artificiali (fino alla seconda metà del 1600 il Piave sfociava in un sistema di laghi e lagune costiere). Il sistema plavense, dal tardo Pleistocene all'età moderna, ha depositato i terreni che affiorano e subaffiorano nell'area di progetto, che si alternano o intercalano ai sistemi palustri lagunari: tale alternanza è evidente soprattutto nella litologia, nella granulometria e nella tessitura dei depositi che si trovano nell'area in esame.

L'elevato grado di antropizzazione del territorio ha in gran parte obliterato le morfologie naturali, di cui permangono visibili alcuni limitati elementi della rete idrografica, per la restante parte tale da riflettere le importanti modificazioni subite anche in epoca storica. Tutto il settore è infatti interessato da un fitto sistema di canali e fossi di bonifica, che costituiscono la rete scolante delle acque superficiali. Alcuni elementi di interruzione della monotonia del contesto morfologico sono rappresentati da strutture definite "dossi", modeste culminazioni altimetriche allungate, di prevalente costituzione sabbioso-limoso, residui dell'evoluzione fluviale in epoca storica, legati alle divagazioni dei due principali corsi d'acqua che hanno caratterizzato e modellato questo tratto di pianura, ossia il già citato

Piave ed il Sile. Il principale di questi dossi è quello di Cortellazzo, sul quale scorre il Piave attuale, che ha un'ampiezza compresa tra 2 e 3 km ed un'altezza media di 3 m rispetto alla pianura circostante. L'andamento del Dosso di Cortellazzo è grossomodo NO-SE, suddividendosi in numerosi rami secondari tra i quali – di interesse per l'area di progetto – sono il Dosso del Piovan (detto anche "del Piveran"), che si sviluppa dal centro dell'abitato di San Donà verso Est, interessando anche la zona di Calvecchia, e il Dosso della Piave Vecchia, che si estende a Sud della città, e che coinvolge l'area di Passarella.

Ai dossi spesso si associano le evidenze di paleoalvei e paleocanali. Localmente vengono anche individuati ventagli di rotta, che a loro volta si caratterizzano per la presenza di piccoli canali distributori con sviluppo in pianta di tipo dendritico.

La morfologia, impercettibile se non attraverso lo studio del microrilievo, può quindi essere differenziata in aree a dosso, aree depresse e aree di transizione, distinzione che si accompagna di frequente a differenze nella granulometria e nelle caratteristiche di drenaggio dei suoli. Dall'analisi fotointerpretativa del territorio si evidenzia la presenza di forme ereditate dai periodi precedenti, quali alcuni paleoalvei degli antichi corsi d'acqua, o le paleodune, che individuano la posizione delle antiche linee di spiaggia, oggi posizionate in aree più interne a testimonianza dell'avanzamento della terraferma, nonché dalla diffusione di terreni di bonifica, spesso umiferi o torbosi. Una vasta porzione di piana depressa con evidenze di paleoalvei e paleocanali interessa il tratto di opera compreso tra Caposile e Passarella, con evidenze di sottosuolo, provenienti dalla stratigrafia dei sondaggi, di depositi prevalentemente argilloso-limoso con frequenti livelli torbosi nei primi metri della successione stratigrafica.

Fra gli elementi di natura antropica, invece, senz'altro va annoverato il reticolo di canali e scoline realizzati per la bonifica idraulica delle aree in questione. In analogia con altri

contesti, esso mostra un pattern subparallelo e diffuso di canali, che caratterizzano in modo inequivocabile la morfologia di questa parte della pianura.

Parte della pianura padano-veneta è interessata da evidenti manifestazioni di subsidenza. Studi recenti (Progetto IRMA – Integrazione Rete di Monitoraggio Altimetrico, prosecuzione del Progetto ISES – Intrusione Salina e Subsidenza), coordinati da alcuni Enti territoriali (Città Metropolitana, Consorzi di Bonifica, Comuni), hanno riguardato gli aspetti della subsidenza nel sandonatese e nel portogruarese. Essi sono basati sull'esame di alcune linee di livellazione della rete ISES e IGMI, ed hanno consentito di seguire l'evoluzione altimetrica lungo tali tratte dal 1952 ad oggi. L'analisi comparata dei dati esistenti ha evidenziato, tra il sandonatese ed il portogruarese (San Donà di Piave, Ceggia, S. Stino, Levada, Portogruaro, Fossalta di Portogruaro) una situazione di forte subsidenza in atto, con tassi che variano tra 3 fino ad oltre 5 mm/anno.

La cartografia della Città Metropolitana di Venezia mette in evidenza come nell'area di San Donà il fenomeno abbia una rilevanza da media a molto alta. Per le aree oggetto della presente relazione, il fenomeno ha rilevanza molto alta nella zona di Armellina (tra Caposile e Passarella), e media per l'area di Calvecchia (Figura alla pagina seguente).

Il fenomeno della subsidenza ha origine da processi naturali, ma anche per effetto delle modificazioni indotte dall'uomo. Nel primo caso, il motore che regola il processo, è dovuto principalmente alla compattazione e alla consolidazione dei sedimenti, secondariamente in risposta ad assestamenti tettonici. Nel secondo caso, invece, la subsidenza è legata all'attività di emungimento della risorsa idrica sia a scopo idropotabile che industriale, che per mantenere, attraverso l'uso di idrovore, i necessari franchi di bonifica. All'effetto dei pozzi si aggiunge, pertanto, anche quello prodotto dai canali di scolo delle acque di bonifica. Numerosi studi hanno recentemente dimostrato come – a partire

dalla seconda metà del XIX secolo – si sia registrato, in risposta alle variazioni prodotte dalle opere di bonifica, un incremento del fenomeno della subsidenza,.

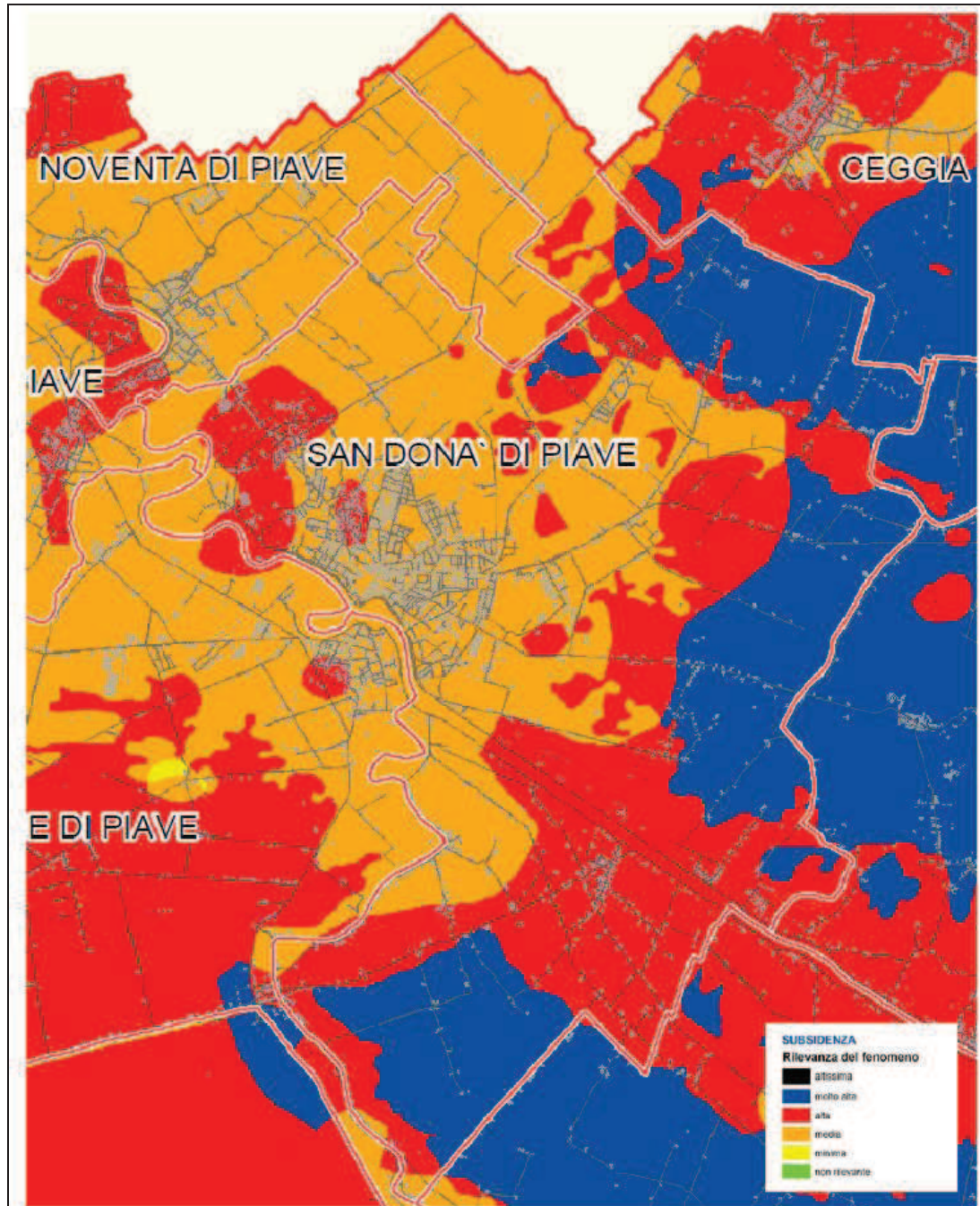


Figura 4. Estratto dalla Carta della subsidenza - Rilevanza del fenomeno, Allegato 7 del Piano Provinciale di Emergenza della Provincia di Venezia. Immagine tratta dalla Relazione geologica del PAT del Comune di San Donà di Piave.

4.3 Verifica dei contenuti del PAI

Per quanto riguarda la cartografia PAI, essa segnala rischi idrogeologici legati alla presenza di aree allagabili in caso di fenomeni alluvionali o piovosi intensi (Figure seguenti).

In generale il territorio di San Donà di Piave viene cartografato a pericolosità idraulica moderata, per le aree soggette a scolo meccanico delle acque. Solamente un tratto interessato dall'intervento in progetto in località Armellina è classificato come a pericolosità moderata per eventi con tempo di ritorno superiore a 100 anni.

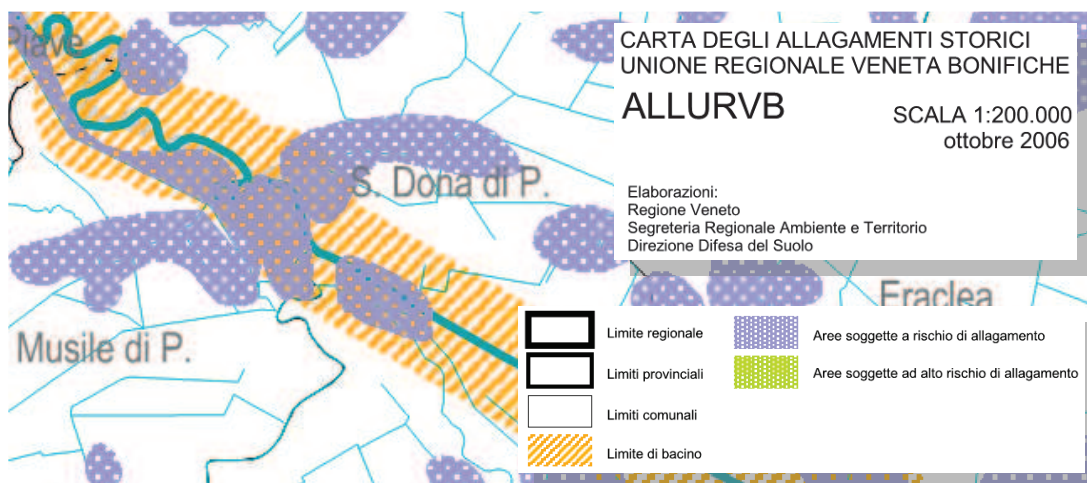


Figura 5. Estratto della Tavola ALLURVB del PAI dell'Autorità di Bacino del Sile e della Pianura tra Piave e Livenza.



Figura 6. Estratto della Tavola STOR66 del PAI dell'Autorità di Bacino del Sile e della Pianura tra Piave e Livenza.

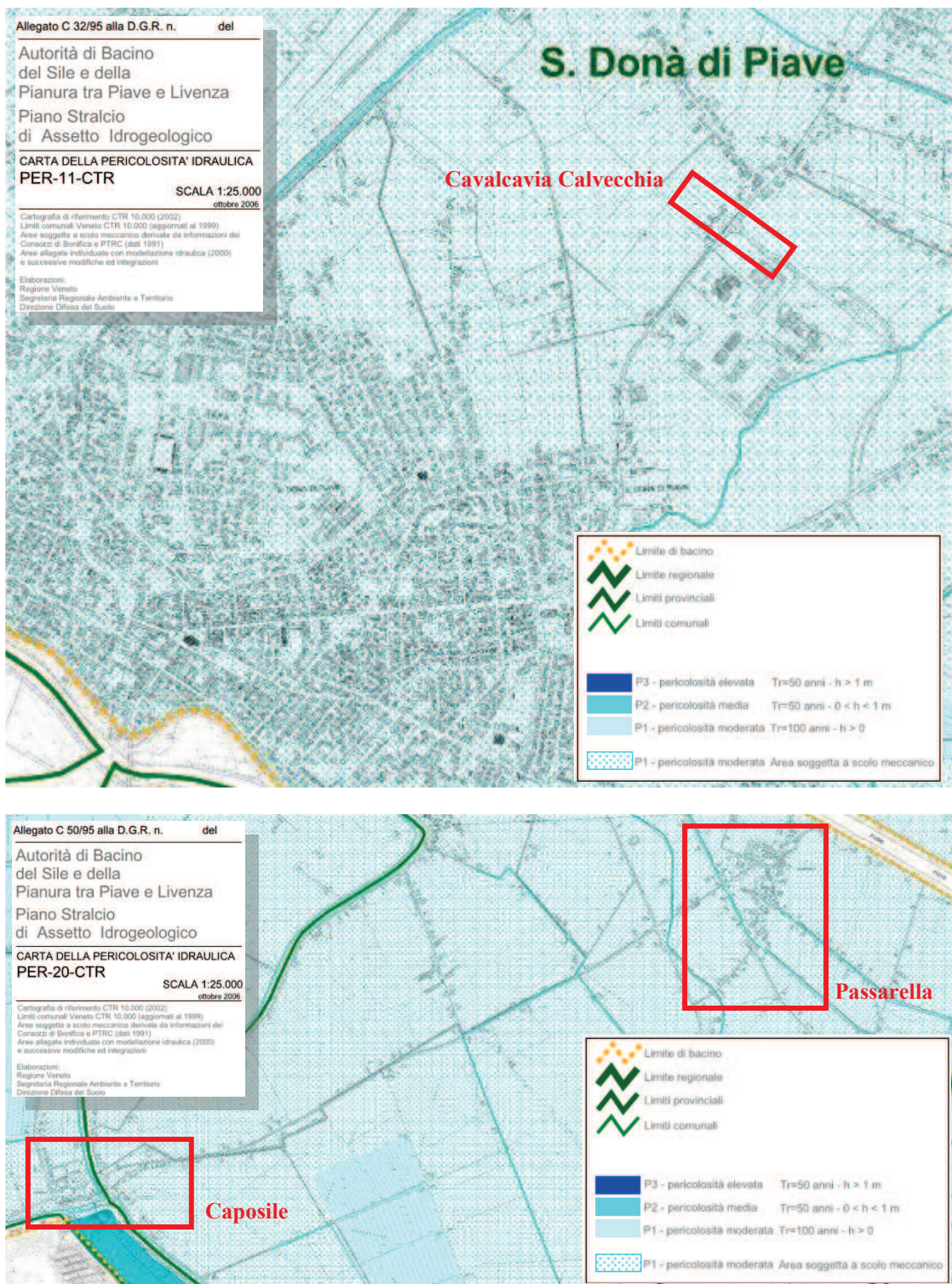


Figura 7. Estratti delle Tavole PER-11-CTR e PER-20-CTR del PAI dell'Autorità di Bacino del Sile e della Pianura tra Piave e Livenza.

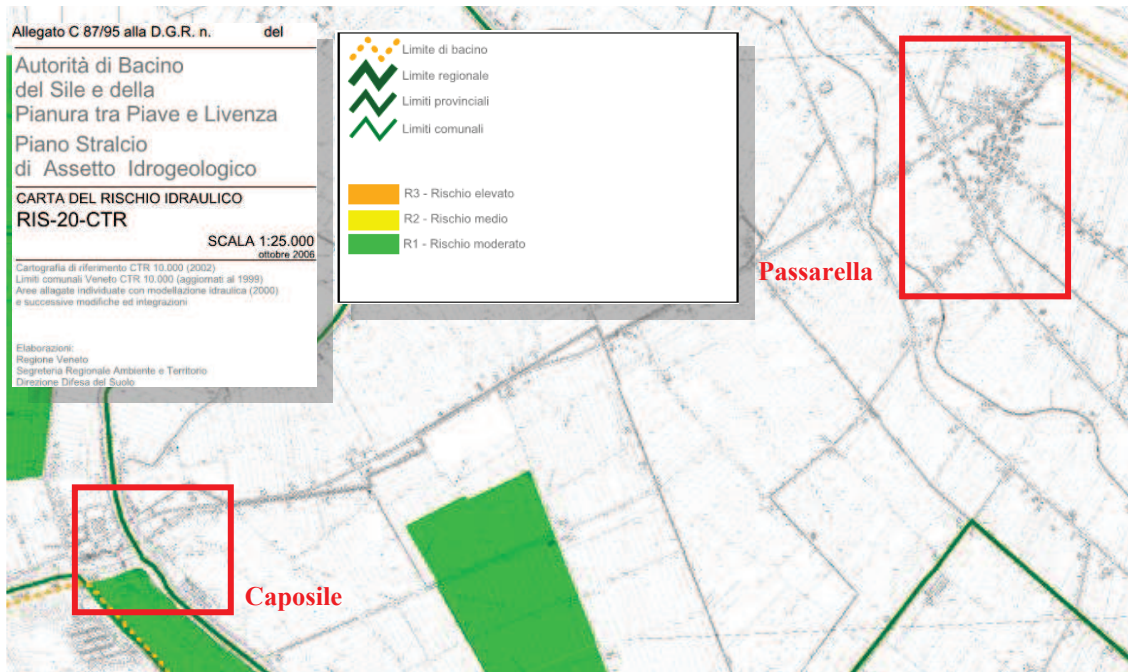


Figura 8. Estratti delle Tavole RIS-20-CTR del PAI dell'Autorità di Bacino del Sile e della Pianura tra Piave e Livenza.

5 Schema geologico

5.1 *Assetto ed evoluzione tettonico-strutturale*

La pianura veneto – friulana si è sviluppata all'interno di un bacino deposizionale situato all'estremità nordorientale della microplacca adriatica, attraverso il suo progressivo colmamento, verificatosi tra il Terziario ed il Quaternario. La sua struttura profonda corrisponde all'area di avampaese, compresa fra la parte orientale delle Alpi meridionali (catena a thrust sud-vergenti sviluppatesi a partire dal Paleogene) e gli Appennini settentrionali.

Secondo quanto riportato nelle Note Illustrative del Foglio 128 "Venezia"¹ della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Progetto CARG), le testimonianze più antiche (relative al periodo Paleozoico – Triassico) sono state ricavate da una serie di sondaggi profondi terebrati nel corso degli anni passati a scopo di ricerca (CNR) e di prospezione industriale (Agip). Dalle carote estratte e dalle successive datazioni è stato possibile dedurre che l'area veneto – friulana si trova in corrispondenza di due microplacche paleozoiche: quella carnico – dinarica e quella austroalpino – sudalpina. Queste microplacche si sarebbero assestate nella loro attuale posizione nel corso dell'orogenesi varisca.

Ulteriori evidenze provenienti sia dai dati di sottosuolo che da rilievo aeromagnetico, hanno permesso di riconoscere estesi corpi vulcanici di età ladinica, nonché livelli vulcanoclastici e terrigeni, che permettono di riconoscere lo stile tettonico estensionale e

¹ All'interno di tale Foglio ricade la località Armellina in cui verrà realizzata la variante compresa tra le rotonde di Caposile e Passarella. Il Foglio 106 "San Donà di Piave", che contiene l'area di Calvecchia, non è stato ancora pubblicato. Le informazioni contenute nelle Note Illustrative del Foglio 128 e qui citate sono comunque valide per l'intero settore in cui ricade il territorio in esame.

trasgressivo che ha caratterizzato il comportamento delle due microplacche nel periodo compreso tra il Permiano e il Mesozoico.

Per quanto riguarda la fase compresa tra il Giurassico e il Cretacico, l'andamento dei lineamenti tettonici e l'architettura dei corpi sedimentari è stato ricostruito grazie a una serie di stendimenti sismici realizzati a scopo industriale per la ricerca di idrocarburi e gas, condotti tra la Pianura Veneta e l'Alto Adriatico. Pertanto è stato osservato che, a partire dal Lias, si instaura il Sistema del Bacino di Belluno – Piattaforma Carbonatica Friulana (PCF), inserito all'interno di un contesto tettonico di tipo estensionale transtensivo contestuale e connesso all'apertura della Tetide.

Secondo alcune ricostruzioni, la PCF si è sviluppata al di sopra di alcuni blocchi poco subsidenti, condizionata da un annegamento marginale avvenuto durante il passaggio tra Lias e Dogger. A seguito di tale annegamento il bacino fu caratterizzato da una sottoalimentazione, che produsse comunque un primo massimo di profondità. Tra l'Oxfordiano superiore e il Kimmeridgiano inferiore avvenne un secondo fenomeno di subsidenza, che comportò un'aggradazione della Piattaforma di circa 1 km, ma la sottoalimentazione del Bacino di Belluno. Infine, durante il passaggio tra il Giurassico superiore e il Cretacico inferiore si assiste ad un nuovo decrescimento dei tassi di subsidenza, al quale si affianca anche una diminuzione del tasso di sedimentazione.

Tale tipo di evoluzione ha caratterizzato anche il Cretacico superiore, portando ad un ispessimento della PCF di circa 4 km, mentre per il Bacino di Belluno – in cui ricade l'area in esame – la paleobatimetria raggiunse la profondità di 1.200 m, che venne successivamente colmata dai sedimenti del Paleogene.

In risposta all'orogenesi delle Dinaridi esterne, la zona del veneziano si trovò in una posizione di alto periferico dell'avampaese rispetto ai sovrascorrimenti a vergenza OSO del fronte della catena dinarica.

Per quanto riguarda l'Oligocene, le ricostruzioni sono meno chiare e univoche. Quel che è certo è che, tra quest'epoca e il Langhiano, l'area veneziana fu coinvolta nell'evento Insubrico, trovandosi in posizione di avampaese distale.

Successivamente, nel periodo compreso tra il Serravalliano e il Messiniano, si registra il forte avanzamento verso SE del fronte sudalpino orientale (in questa fase in forte sollevamento). Ciò comportò la formazione di una avanfossa con depocentro posizionato nella fascia prealpina veneta orientale e friulana. Il cuneo clastico formatosi al suo interno andava progressivamente assottigliandosi verso l'Adriatico.

In risposta al disseccamento del Mediterraneo avvenuto nel corso del Messiniano, l'area del veneziano si trovò in una condizione di ambiente continentale, che provocò intensi fenomeni di erosione e l'impostarsi di un reticolo fluviale e di drenaggio di importanza regionale.

Il Pliocene è caratterizzato dall'innalzamento eustatico e dall'ingressione marina, che per il settore in esame è stata guidata dal reticolo idrico Messiniano. Contemporaneamente si assiste all'inflessione della zona veneta e friulana in risposta all'avanzata verso NE del fronte appenninico, che portò – durante il Pliocene inferiore – all'innalzamento della zona lagunare e al seguente rapido affondamento. Il carico tettonico prodotto dall'Appennino ha comportato una forte subsidenza, il cui tasso in questa fase è stato più del doppio di quello totale registrato per l'intero Pleistocene.

Per quanto riguarda il Quaternario, le uniche evidenze sono legate alla faglia di Schio – Vicenza che, come in precedenza, pare aver mostrato segni di attività con un cinematismo di tipo normale.

5.2 Successione stratigrafica locale e caratteri delle unità geologiche

Nell'area interessata dal progetto affiorano o subaffiorano sedimenti depositati in diverse tipologie di ambienti, in particolare si riconoscono:

- Depositi alluvionali e fluviali;
- Depositi deltizi;
- Depositi litoranei.

Secondo quanto riportato nelle Note Illustrative del Foglio 128 "Venezia" questi depositi presentano i seguenti caratteri salienti.

Per quanto concerne i depositi alluvionali e fluviali, si tratta prevalentemente di terreni sedimentatisi in ambito di canale fluviale e di piana alluvionale. I primi si caratterizzano – dal punto di vista litologico – per la presenza di limi sabbiosi, sabbie, sabbie limose e/o sabbie argillose talora contenenti materia organica. Nei termini sabbioso-limosi spesso si riconoscono strutture di laminazione piano-parallele ed incrociate e tasche di erosione. I sedimenti di piana di alluvionale (o piana di esondazione) hanno invece granulometria più fine – argillosa e limosa – e sono frequentemente caratterizzati dalla presenza di sostanza organica. La distribuzione delle granulometrie risente della posizione rispetto ai dossi e ai canali: i limi si concentrano prevalentemente nelle zone di raccordo tra i dossi e le aree interfluviali depresse; le argille sono invece prevalenti nelle aree distali rispetto all'alveo dei corsi d'acqua, ovvero nei bacini di piena. Localmente si osservano anche depositi argillosi con sviluppo, in pianta, di tipo nastriforme, che rappresentano il

riempimento di canali abbandonati. Per quanto riguarda i depositi torbosi, essi rappresentano *facies* palustri dell'ambiente deposizionale di bacino interfluviale. Tra i depositi alluvionali e fluviali si riconoscono inoltre i sedimenti dei ventagli di rotta che – rispetto a quelli che vengono depositati per tracimazione – presentano una granulometria più grossolana, di tipo sabbioso-limosa, laminazione piano-parallela, strutture gradate e frequenti inclusi pelitici.

Dai depositi alluvionali e fluviali, gradualmente, si passa ai depositi di ambiente deltizio, che si sviluppano nella transizione tra la terraferma e il margine lagunare. Si tratta, in prevalenza, di depositi di ambiente di bassa energia di tipo fluviale, cui si intercalano sedimenti di ambiente palustre ricchi di sostanza organica (torbe). Le litologie sono quindi prevalentemente argillose e limose, con frequente contenuto di materia organica, fitta laminazione e locale presenza di veli sabbiosi, per quanto riguarda i bacini interdistributori; mentre la granulometria tende ad incrementare, con sedimenti limosi contenenti percentuali variabili di argilla e sabbia e strutture trattive, in prossimità dei canali. Ventagli di rotta (messi in evidenza dalla presenza di sedimenti sabbiosi, sabbioso-argillosi e sabbioso-limosi) sono presenti in corrispondenza dei canali interdistributori, laminazione incrociata e piano-parallela o inclusi pelitici.

I depositi litoranei vengono a loro volta suddivisi in depositi di spiaggia e depositi di laguna. I depositi di spiaggia si caratterizzano per litologie sabbiose, sabbioso-limose e limoso-sabbiose, spesso con laminazione incrociata e contenenti livelli con abbondanti gusci. I depositi lagunari sono invece costituiti da sabbie e sabbie-limose (per le porzioni di bocca lagunare); limi, limi-argillosi e/o limi-sabbiosi contenenti a volte materia organica (per i bacini lagunari, le piane tidali, le velme e le barene); argille, argille-limose e/o argille-sabbiose frequentemente organiche (per le aree caratterizzate da bassa circolazione idrica e

da ricorrenti impaludamenti); torbe con tracce di sedimenti limosi e argillosi (nelle aree palustri presso la fascia marginale della laguna prossima alla terraferma). In genere i depositi lagunari sono bioturbati.

I terreni affioranti nell'area di progetto (Vitturi A. et al, 2011) sono riferibili a diversi termini del Sistema alluvionale del Piave. Fra questi, principalmente, l'Unità di San Donà di Piave (sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi relativi a depositi di canale, associati ad argille ed argille limose con sostanza organica di piana di esondazione) di età compresa tra l'Olocene pre-romano e l'attuale.

Associati ad essi si rinvencono, verso SE, i depositi di ambiente lagunare dell'Unità di Caorle (limi argillosi, argille, limi sabbiosi poco consolidati con sostanza organica ed abbondanti resti di molluschi di ambiente lagunare).

I terreni affioranti nell'area d'intervento di Calvecchia, invece, vengono preferibilmente riferiti all'Unità di Cittanova (Olocene superiore: fine del IV millennio a.C. – IV/V sec. d.C.), comprendente facies di alveo e argine fluviale e, secondariamente, di piana di esondazione, con prevalenza di sabbie e sabbie limose di canale.

6 Schema idrogeologico

6.1 Idrogeologia dell'area vasta

Sotto il profilo idrogeologico la Pianura Veneto – Friulana è usualmente suddivisa in alta, media e bassa pianura.

Nella prima i sedimenti fluviali, molto potenti, sono prevalentemente a grana grossa (sabbie e ghiaie) ed ospitano un acquifero freatico alimentato in prevalenza, per circa il 70%, dai corsi d'acqua principali. Ad esempio, il Piave disperde nel sottosuolo, in un tratto di 12-13 Km, una portata di circa 29 m³/s.

Nella media pianura si registra una progressiva diminuzione delle ghiaie e la loro suddivisione in livelli sub-orizzontali separati da materiali fini limoso-argillosi (quindi a permeabilità molto bassa). Ciò determina la differenziazione della falda di monte in più falde sovrapposte, frequentemente confinate. In questa zona la superficie piezometrica s'innalza e viene a giorno, creando la nota fascia di caratteristiche sorgenti di pianura, dette fontanili o risorgive. Da tale fascia si originano alcuni dei corsi d'acqua che solcano la media e la bassa pianura veneto – friulana. L'area interessata dalle opere in progetto si trova molto più a valle della fascia dei fontanili e, pertanto, non interagisce con il progetto.

La fascia di bassa pianura segna, invece, la quasi totale scomparsa dei terreni grossolani a vantaggio di depositi fini, generalmente poco permeabili. Si segnalano, in prevalenza, limi ed argille, all'interno dei quali s'intercalano livelli sabbiosi fini e sabbioso-limosi (corpi di canale). Gli acquiferi, di scarsa potenzialità ed estensione, sono generalmente ospitati all'interno delle sabbie. In questa fascia l'alimentazione è prevalentemente di tipo laterale, da parte degli acquiferi di monte, più produttivi. In particolare, l'area di alimentazione viene fatta coincidere con l'alta pianura, ovvero con il complesso ghiaioso –

sabbioso presente a ridosso della fascia pedemontana fino al lineamento Cittadella – Castelfranco – Treviso.

6.2 Modello idrogeologico di dettaglio

L'area in studio appartiene al dominio della bassa pianura. Il sottosuolo locale, in quest'area, non ospita idrorisorse di particolare interesse dal punto di vista dell'utilizzazione, almeno fino alle profondità di consueto interesse ai fini dello sfruttamento, essendo caratterizzato dalla scomparsa dei corpi sedimentari a maggior granulometria (ghiaiosi) presenti più a monte, e dalla presenza di modesti acquiferi, confinati o semiconfinati, ospitati nei corpi sabbioso-limosi, frequentemente discontinui e poco potenti. La permeabilità complessiva della successione di terreni che caratterizza il sottosuolo dell'area risulta, nell'insieme, contenuta, per la notevole incidenza di terreni a granulometria fine; anche i livelli sabbiosi sono caratterizzati, in generale, da ridotti valori di permeabilità, trattandosi in prevalenza di sabbie fini, raramente medio-fini, spesso limose, e da spessori spesso limitati ad alcuni metri. Tali aspetti determinano, pertanto, caratteristiche di non elevata produttività degli acquiferi presenti.

Lo schema idrogeologico illustrato trova conferma nella scarsità di punti di emungimento. L'utenza di tipo privato è rivolta, prevalentemente, all'emungimento di quantitativi modesti dagli acquiferi superficiali, con pozzi di bassa profondità per uso domestico (irrigazione di giardini ed orti). Le portate emunte sono limitate, generalmente inferiori al l/s. Dal lavoro "Rete di monitoraggio delle acque sotterranee della Provincia di Venezia" si ricava che, per la zona di San Donà di Piave, i pozzi con profondità superiore a 10 m sono 173, di cui 95 (ovvero il 55% del totale) sono a portata spontanea, per un prelievo stimato di circa 30 l/s.

Lo schema della circolazione può quindi ricondursi a quello degli acquiferi multifalda, con livelli acquiferi a maggior permeabilità relativa (sabbie e sabbie limose) separati da acquitardi e acquiclude argilloso-limosi. Difficilmente i livelli sabbiosi contengono falde idraulicamente distinte e separate: l'eterogeneità della struttura stratigrafica, le frequenti variazioni laterali di granulometria, la poco probabile continuità degli strati argillosi impermeabili, inducono a ritenere possibile che gli acquiferi sabbiosi siano tra loro in comunicazione, seppure con rapporti assai lenti e molto difficoltosi. E' quindi poco probabile la presenza di nette distinzioni idrauliche: le acque che saturano i livelli più permeabili trovano vie di deflusso verticali ed orizzontali che, di fatto, risultano intercomunicanti. La circolazione nei livelli meno profondi, pertanto, può ragionevolmente essere ricondotta ad un unico monostrato indifferenziato.

La superficie piezometrica della falda acquifera superficiale è posta a deboli profondità dal p.c., con modeste oscillazioni annuali. Il PAT del comune di San Donà di Piave segnala come mediamente la soggiacenza della prima falda sia compresa tra 0 m e 2 m da p.c.

L'alimentazione dei livelli acquiferi è assicurata dall'infiltrazione diretta degli afflussi meteorici nel territorio circostante, dai rapporti di comunicazione locale con i numerosi corsi d'acqua di irrigazione e bonifica e, in parte, dall'alimentazione laterale da parte degli acquiferi sabbiosi e ghiaiosi presenti nei territori più settentrionali. Quindi la falda superficiale risente maggiormente dei fattori di ricarica/drenaggio locali rispetto a quelle più profonde.

Sulla posizione della superficie della falda superficiale influisce, trattandosi di aree sottoposte a bonifica per scolo meccanico, l'azione di drenaggio superficiale esercitata dai canali, che impongono ad essa un franco di bonifica che nell'area è di circa 1.0 m. Oltre queste quote la falda viene, infatti, laminata dalla rete di scolo. La comunicazione idraulica

della falda superficiale con il sistema delle falde acquifere sabbiose, più profonde, determina l'influenza anche su queste ultime, seppur rallentata e ridotta - a causa della scarsa trasmissività degli acquiferi coinvolti - delle azioni idrauliche operate dalla bonifica.

Il deflusso sotterraneo generale avviene verso SE, verso i recapiti locali rappresentati dalla laguna e dal Mare Adriatico, con valori medi del gradiente piezometrico dell'ordine del 1-2‰. Locali variazioni, in direzione ed intensità, rispetto a tale tendenza si possono riscontrare in relazione all'azione della rete di bonifica, i cui canali possono subire variazioni di livello tali da poter determinare parziali incrementi ed inversioni del gradiente piezometrico fra la falda superficiale ed i canali stessi.

Nel sottosuolo dell'area del comprensorio lagunare è stato da tempo segnalato il fenomeno della contaminazione salina. Gli studi condotti in passato hanno permesso di definire il limite dell'intrusione marina nell'acquifero superficiale e la profondità del tetto del substrato conduttore che è riferibile al limite delle acque saline fossili. Maggiormente soggetti al fenomeno risultano i settori meridionale e settentrionale dell'entroterra lagunare.

Oltre al citato fenomeno dell'intrusione del cuneo salino, legata alla posizione dell'interfaccia acqua dolce-salata, va considerata la contaminazione salina della falda superficiale provocata dalla risalita di acqua marina, durante le alte maree, lungo i corsi d'acqua. Tale risalita può interessare gli alvei anche per tratti significativi.

Con riferimento al modello idrogeologico inerente il progetto si è osservata, a luoghi, una differenza nei livelli piezometrici registrati in corrispondenza dei pozzetti geognostici o deducibili dalle prove CPTU, entrambi riferibili alla circolazione subsuperficiale, e quelli intercettati dai piezometri, riferiti alla circolazione inferiore, presente nei livelli sabbiosi, imprigionati, i quali, pertanto, indicano un'apprezzabile risalita.

In relazione alla posizione relativa fra quote piezometriche, quote altimetriche e recapiti generali si osserva come questi "acquiferi" indichino bassissimi gradienti piezometrici, indicativi di condizioni praticamente stagnanti.

7 Sismicità

7.1 Inquadramento sismotettonico

Per inquadrare il territorio interessato dal progetto dal punto di vista sismotettonico sono stati consultati i database messi a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (nel prosieguo INGV) e dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (nel prosieguo ISPRA).

Di seguito vengono dettagliati gli elementi di maggiore interesse, suddivisi in base alla fonte documentale.

INVENTARIO DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE (DISS)

L'Inventario delle Sorgenti Sismogenetiche in Italia dell'INGV (Database of Individual Seismogenic Sources – DISS), versione aggiornata al giugno 2015, è un catalogo degli elementi in grado di generare terremoti di magnitudo 5,5 e gradi superiori sul territorio nazionale e nelle aree circostanti (Figura 9).

Per il territorio comunale di San Donà di Piave il DISS non segnala la presenza di sorgenti sismogenetiche direttamente ricadenti sul territorio comunale (Figura 10). Le tre sorgenti più vicine all'area sandonatese sono:

- la Montebelluna – Montereale, posta a circa 30 Km in linea d'aria;
- la Bassano – Vittorio Veneto, distante circa 46 Km in linea d'aria;
- e la Thiene – Cornuda, a circa 48 Km in linea d'aria.

Nel seguito vengono riassunti i caratteri salienti di questi elementi, sulla base delle informazioni generali fornite dal DISS.

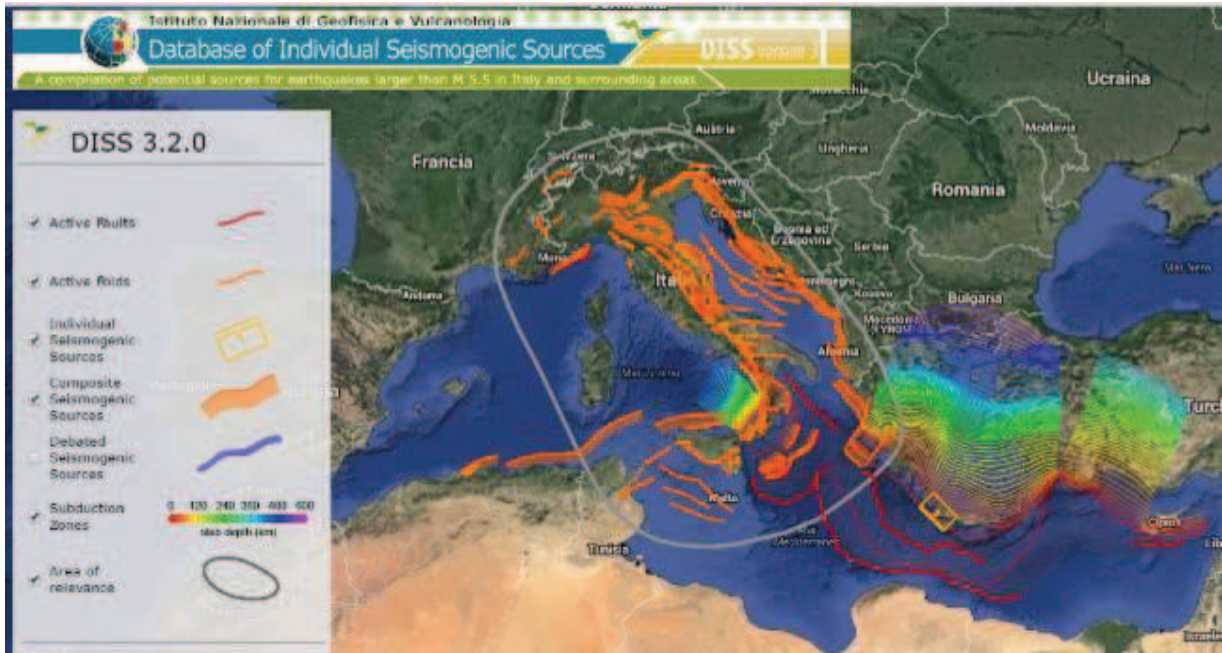


Figura 9. Database delle Sorgenti Sismogenetiche in Italia, nella versione webgis fornita dall'INGV.

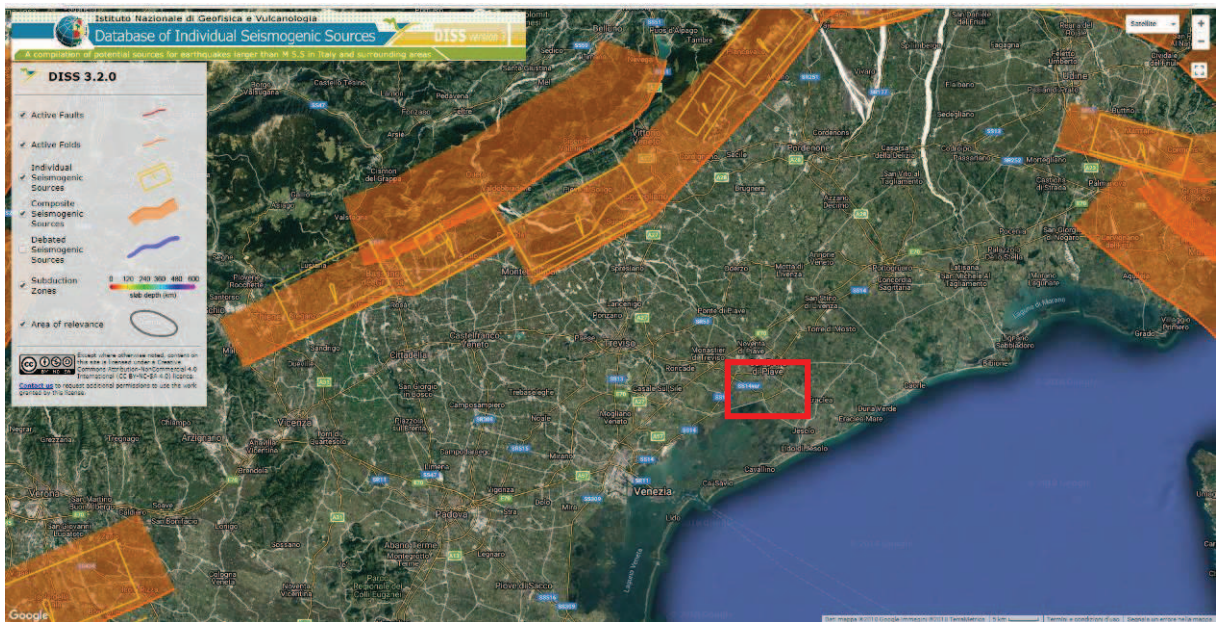


Figura 10. Sorgenti sismogenetiche composite (in arancione) per l'area veneto – friulana. Nel rettangolo rosso ricade il territorio di San Donà di Piave.

MONTEBELLUNA – MONTEREALE²

Questa sorgente sismogenetica composita, afferente al sistema di thrust della catena sudalpina orientale, si trova al piede della fascia pedemontana veneto – friulana, tra le città di Belluno (a NO) e la città di Pordenone (a SE). Due segmenti di tale sorgente sono stati associati al terremoto chiave per l'area circostante.

Il settore sudoccidentale di questa sorgente è interessato dalla presenza del thrust di Montello – Conegliano, la più importante struttura della catena sudalpina orientale, la cui geometria ed evoluzione è stata studiata da diversi Autori. I dati geologici e strutturali di superficie mostrano come la sorgente di Montello – Conegliano sia un'unica faglia che – ad oriente – lascia spazio al thrust di Cansiglio.

I cataloghi storici e strumentali mostrano una media sismicità ($4,5 < M_w < 5$) su tutta l'area interessata dalla sorgente, con gli eventi più distruttivi che si concentrano nel settore orientale. Si segnalano in particolare:

- il terremoto del 25 ottobre 1812 (M_w 5,7 epicentro Sequals), che ha colpito la pianura friuliana nella zona di Pordenone;
- l'evento del 18 ottobre 1936 (M_w 6,1), che ha interessato la zona pedemontana di Bosco Cansiglio;
- il terremoto del 29 giugno 1873 (M_w 6,3), avvenuto nell'area del bellunese.

Nella tabella seguente sono riassunti i parametri di riferimento la sorgente in esame.

² Le informazioni di seguito riportate sono interamente tratte dalla scheda monografica della sorgente sismogenetica in esame fornita dall'INGV e consultabile al seguente url: http://diss.rm.ingv.it/dissnet/CadmoDriver?_action_do_single=1&_state=find&_token=NULLNULLNULLNULL&_tabber=1&_page=pSASources_d&IDSource=ITCS060

| Parametro | Valore | U. M. | Origine del dato |
|---------------------------|-------------|---------|--|
| Profondità minima | 1,0 | Km | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Profondità massima | 9,0 | Km | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Direzione | 210 – 245 | ° | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Inclinazione | 30 – 50 | ° | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Rake | 60 – 100 | ° | Ricavato da dati geologici e geodetici. |
| Tasso di movimento | 0,24 – 0,91 | mm/anno | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Massima magnitudo | 6,5 | Mw | Derivata dalla massima magnitudo della/e sorgente/i associata/e. |

Tabella 1. Parametri relativi alla sorgente sismogenetica composta di Montebelluna – Montereale.

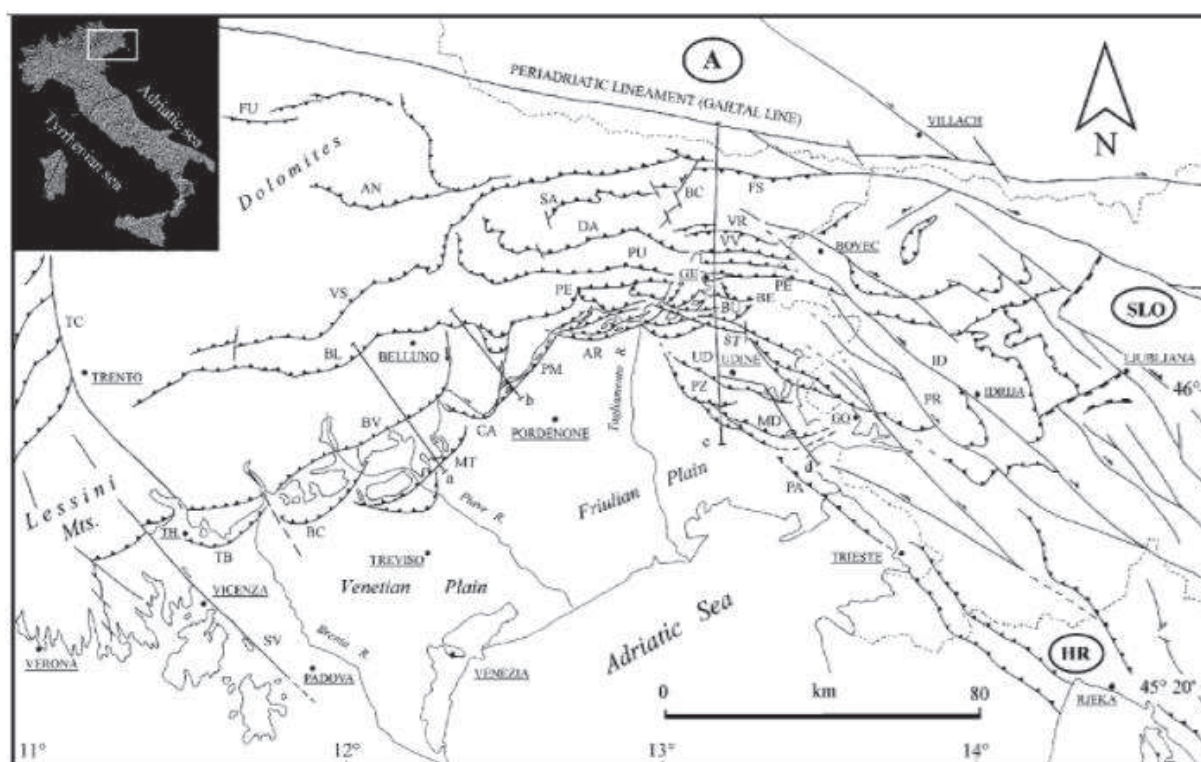


Figura 11. Schema strutturale dell'Italia nordorientale, che riporta i principali fronti di accavallamento del fronte della catena sudalpina tra Italia e Slovenia secondo Galdini et al. (2005). Si riconoscono: con la sigla TB la faglia di Thiene – Bassano e BC la faglia Bassano – Cornuda; con la sigla MT la faglia di Montello. Nel rettangolo rosso l'area di sandonatese. Fonte dell'immagine: <http://diss.rm.ingv.it>

BASSANO – VITTORIO VENETO³

Questa sorgente sismogenetica composta, afferente al sistema di thrust della catena sudalpina orientale, si trova al piede della fascia pedemontana veneto – friulana, tra le città di Belluno (a NO) e la città di Pordenone (a SE). Questo fronte è costituito da un sistema di faglie Sud vergenti, e si ritiene che ospiti la convergenza tra Africa (qui rappresentata dalla microplacca adriatica) ed Europa. Questa sorgente contiene anche il thrust di Bassano, che è il thrust che delimita verso Sud il fronte montano a Nord dell'Anticlinale di Montello.

Come per la sorgente di Montebelluna – Montereale, i cataloghi storici e strumentali mostrano una media sismicità ($4,5 < M_w < 5$) su tutta l'area interessata dalla sorgente, con gli eventi più distruttivi che si concentrano nel settore orientale. Si segnalano in particolare:

- il terremoto del 25 ottobre 1812 (M_w 5,7 epicentro Sequals), che ha colpito la pianura friuliana nella zona di Pordenone;
- l'evento del 18 ottobre 1936 (M_w 6,1), che ha interessato la zona pedemontana di Bosco Cansiglio;
- il terremoto del 29 giugno 1873 (M_w 6,3), avvenuto nell'area del bellunese.

Nella tabella alla pagina seguente sono riassunti i parametri di riferimento la sorgente in esame.

³ Le informazioni di seguito riportate sono interamente tratte dalla scheda monografica della sorgente sismogenetica in esame fornita dall'INGV e consultabile al seguente url: http://diss.rm.ingv.it/dissnet/CadmoDriver?_action_do_single=1&_state=find&_token=NULLNULLNULLNULL&_tabber=1&_page=pSASources_d&IDSource=ITCS105

| Parametro | Valore | U. M. | Origine del dato |
|---------------------------|-------------|---------|--|
| Profondità minima | 1,0 | Km | Ricavato dai dati geologici riportati da vari Autori. |
| Profondità massima | 10,0 | Km | Ricavato dai dati geologici riportati da vari Autori. |
| Direzione | 200 – 245 | ° | Ricavato dai dati geologici riportati da vari Autori. |
| Inclinazione | 30 – 50 | ° | Ricavato dai dati geologici riportati da vari Autori. |
| Rake | 60 – 100 | ° | Ricavato da dati geologici e geodetici. |
| Tasso di movimento | 0,29 – 0,72 | mm/anno | Desunto dai dati geologici regionali riportati in Galadini et al. (2005) |
| Massima magnitudo | 6,5 | Mw | Pari a quella del terremoto più forte occorso nell'area. |

Tabella 2. Parametri relativi alla sorgente sismogenetica composta di Bassano – Vittorio Veneto.

THIENE – CORNUDA⁴

Questa sorgente sismogenetica composta attraversa la fascia pedemontana veneta sudoccidentale e afferrisce al sistema di thrust che delimita verso monte la pianura veneto – friulana. Questo fronte costituisce un sistema di faglie a vergenza meridionale e sudorientale della catena sudalpina orientale, e si ritiene che ospiti la convergenza tra Africa (qui rappresentata dalla microplacca adriatica) ed Europa.

I cataloghi storici e strumentali mostrano una sismicità distribuita in maniera discontinua, con terremoti di media magnitudo (intorno a 4 Mw), che interessa soprattutto le aree immediatamente a Nord della sorgente. Due dei terremoti di riferimento per la sorgente in esame sono:

- l'evento del 25 febbraio 1695 (magnitudo 6,7 Mw) occorso nell'area dell'asolano;

⁴ Le informazioni di seguito riportate sono interamente tratte dalla scheda monografica della sorgente sismogenetica in esame fornita dall'INGV e consultabile al seguente url: http://diss.rm.ingv.it/dissnet/CadmoDriver?_action_do_single=1&_state=find&_token=NULLNULLNULLNULL&_tabber=1&_page=pSASources_d&IDSource=ITCS007

- il sisma del 12 giugno 1936 di magnitudo momento 5,5 Mw ed epicentro in Bassano.

In generale alcuni segmenti di tale sorgente sono associati al terremoto di riferimento per l'area compresa tra il veneto e il Friuli.

Nella tabella alla pagina seguente sono riassunti i parametri di riferimento la sorgente in esame.

| Parametro | Valore | U. M. | Origine del dato |
|---------------------------|---------------|--------------|--|
| Profondità minima | 0,5 | Km | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Profondità massima | 6,5 | Km | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Direzione | 240 – 245 | ° | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Inclinazione | 30 – 40 | ° | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Rake | 80 – 100 | ° | Ricavato da dati geologici e geodetici. |
| Tasso di movimento | 0,68 – 0,96 | mm/anno | Ricavato da dati geologici riportati in Galadini et al. (2005) |
| Massima magnitudo | 6,6 | Mw | Derivata dalla massima magnitudo della/e sorgente/i associata/e. |

Tabella 3. Parametri relativi alla sorgente sismogenetica composta di Thiene – Cornuda.

DATABASE DELLE FAGLIE CAPACI (ITHACA)

Il Catalogo ITHACA è un database continuamente aggiornato delle faglie capaci presenti sul territorio nazionale, ovvero le faglie in grado di provocare deformazione tettonica permanente in superficie.

L'ITHACA, per l'area di San Donà di Piave, segnala l'assenza di faglie capaci direttamente ricadenti sul territorio comunale (Figura 12).

Le faglie attive più vicine all'area in esame catalogate nell'ITHACA sono la "Montebelluna", la "Sacile" e la "Montello", di cui la prima a Ovest di San Donà di Piave e le ultime due a NO. Dalle informazioni fornite dall'ISPRA tali faglie hanno mostrato gli ultimi

segni di attività genericamente nel corso dell'Olocene (ultimi 10.000 anni). Il potenziale di riattivazione è basso per la "Montebelluna" e medio per le restanti due. Benché si trovino a distanze prossime a quelle segnalate dall'analisi di disaggregazione (cfr. paragrafo 7.3), non è detto che siano le responsabili del terremoto di scenario.



Figura 12. Istantanea dell'applicativo webgis del Catalogo ITHACA. Nel rettangolo rosso San Donà di Piave.

7.2 Sismicità storica e recente

DATABASE MACROSISMICO ITALIANO (DBMI15)

I dati relativi alla sismicità storica per il territorio di San Donà di Piave sono stati ricavati dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano (DBMI15) dell'INGV⁵.

Questo catalogo fornisce i dati di intensità macrosismica, ovvero degli effetti risentiti a causa del terremoto, che convenzionalmente viene misurata dalla scala Mercalli (o MCS: Mercalli – Cancali – Sieberg, gli scienziati che l'hanno ideata). Questa, al crescere della percezione e del danneggiamento, assegna al sisma un valore crescente espresso in numeri romani. Il DBMI15 presenta le intensità macrosismiche adottando lo standard proposto dall'European Archive of Historical Earthquake (AHEAD), cioè utilizzando numeri arabi interi. Nel caso di attribuzioni incerte, vengono riportati i due estremi separati da un trattino (es.: 5-6, 7-8).

L'analisi del DBMI15 per il territorio di San Donà di Piave mette in evidenza che l'area ha registrato la percezione di eventi sismici nel passato recente (tra la fine del XIX secolo ad oggi), con epicentri situati sia in zone relativamente vicine che distanti (Tabella 4). In linea generale tutti i fenomeni registrati hanno avuto intensità macrosismica compresa da un minimo di 2 e a un massimo di 5; per diversi eventi non vi è stata percezione del sisma (NF in tabella). I due terremoti di magnitudo maggiori sono stati gli eventi del 18 ottobre 1936 (epicentro Alpago Cansiglio, Mw 6,06) e del 10 marzo 1904 (epicentro Slovenia nordoccidentale, Mw non nota).

⁵ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macro seismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

SISMICITÀ RECENTE

Il database aggiornato in tempo reale del Centro Nazionale Terremoti dell'INGV⁶ fornisce l'elenco dei sismi registrati sull'intero territorio nazionale e aree limitrofe a partire dall'aprile 2005.

| Effetti | | In occasione del terremoto del | | | | |
|----------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------|-----------|--|
| Int. | Anno Me Gi Ho Mi Se | Area epicentrale | NMDP | Io | Mw | |
| 4 | 1892 08 09 07 58 | Valle d'Alpone | 160 | 6-7 | 4,91 | |
| 2 | 1894 02 09 12 48 05.00 | Valle d'Illasi | 116 | 6 | 4,74 | |
| F | 1895 06 10 01 47 | Prealpi Trevigiane | 73 | 6 | 4,85 | |
| NF | 1897 06 11 12 45 | Asolano | 47 | 5-6 | 4,44 | |
| NF | 1897 07 15 05 53 | Ljubljana | 325 | 6-7 | 4,99 | |
| NF | 1898 01 16 13 10 | Romagna settentrionale | 110 | 6 | 4,59 | |
| 3 | 1898 02 20 04 57 26.00 | Valli del Natisone | 155 | 7 | 5,12 | |
| 4 | 1900 03 04 16 55 | Asolano | 98 | 6-7 | 5,05 | |
| 3 | 1901 10 30 14 49 58.00 | Garda occidentale | 289 | 7-8 | 5,44 | |
| 4-5 | 1904 03 10 04 23 04.24 | Slovenia nord-occidentale | 57 | | | |
| NF | 1907 04 25 04 52 | Veronese | 122 | 6 | 4,79 | |
| 4 | 1909 01 13 00 45 | Emilia Romagna orientale | 867 | 6-7 | 5,36 | |
| NF | 1911 02 19 07 18 30.00 | Forlivese | 181 | 7 | 5,26 | |
| 4 | 1924 12 12 03 29 | Carnia | 78 | 7 | 5,42 | |
| 4 | 1931 12 25 11 41 | Friuli | 45 | 7 | 5,25 | |
| NF | 1934 05 04 13 56 | Carnia | 80 | 6 | 4,69 | |
| 5 | 1936 10 18 03 10 | Alpago Cansiglio | 269 | 9 | 6,06 | |
| NF | 1954 04 25 22 17 19.00 | Carnia | 57 | 5-6 | 4,54 | |
| 3-4 | 1972 10 25 21 56 11.31 | Appennino settentrionale | 198 | 5 | 4,87 | |
| 3-4 | 1983 11 09 16 29 52.00 | Parmense | 850 | 6-7 | 5,04 | |
| 3 | 2008 12 23 15 24 21.77 | Parmense | 291 | 6-7 | 5,36 | |

Tabella 4. Scheda per la località di San Donà di Piave del DBMI15. La colonna "Int." riporta il valore di intensità macrosismica per il territorio in esame relativi a specifici eventi sismici. Il valore "NF" sta ad indicare che il fenomeno non è stato percepito da nessuno. Le colonne "Me", "Gi", "Ho", "Mi" e "Se" danno le coordinate temporali dell'evento, ovvero mese, giorno, ora, minuti, e secondi. La colonna "NMDP" indica il numero di Macrosismic Data Point riferiti all'evento in esame, ovvero al numero di punti geografici in cui è stata effettuata una rilevazione dell'intensità macrosismica del terremoto. La colonna "Io" definisce il grado di intensità macrosismica dell'evento in corrispondenza dell'epicentro. Infine, la colonna "Mw" riporta in valore di Magnitudo momento del sisma. (Fonte immagine: http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

⁶ <http://cnt.rm.ingv.it/>

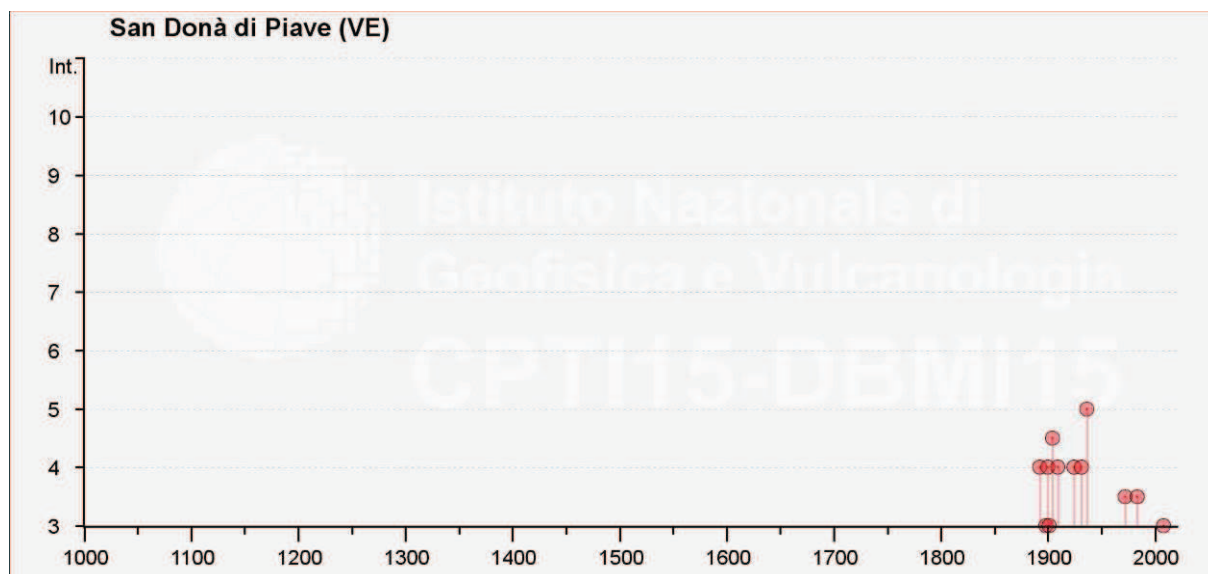


Figura 13. Grafico Intensità macrosismica/tempo che individua gli eventi sismici percepiti nell'area di San Donà di Piave.

È stata quindi effettuata la ricerca per l'area di San Donà di Piave, impostando un raggio di 100 km a partire da tale località. Il periodo di osservazione prescelto va dal 1 aprile 2005 all'aprile 2018. Sono stati ricercati tutti gli eventi con magnitudo locale ML superiore a 2 ed ipocentro con profondità compresa tra 10 e 1000 Km. Per una immediata visualizzazione e lettura dei dati, sono stati plottati su una mappa (Figura 14).

Il database mette in evidenza come, nell'arco di tempo investigato, siano avvenuti terremoti in area relativamente vicine, ma caratterizzati da magnitudo sempre inferiori a 4 Mw. Gli epicentri plottati sulla carta sono coerenti con l'ubicazione delle principali sorgenti sismogenetiche e faglie attive descritte in precedenza.

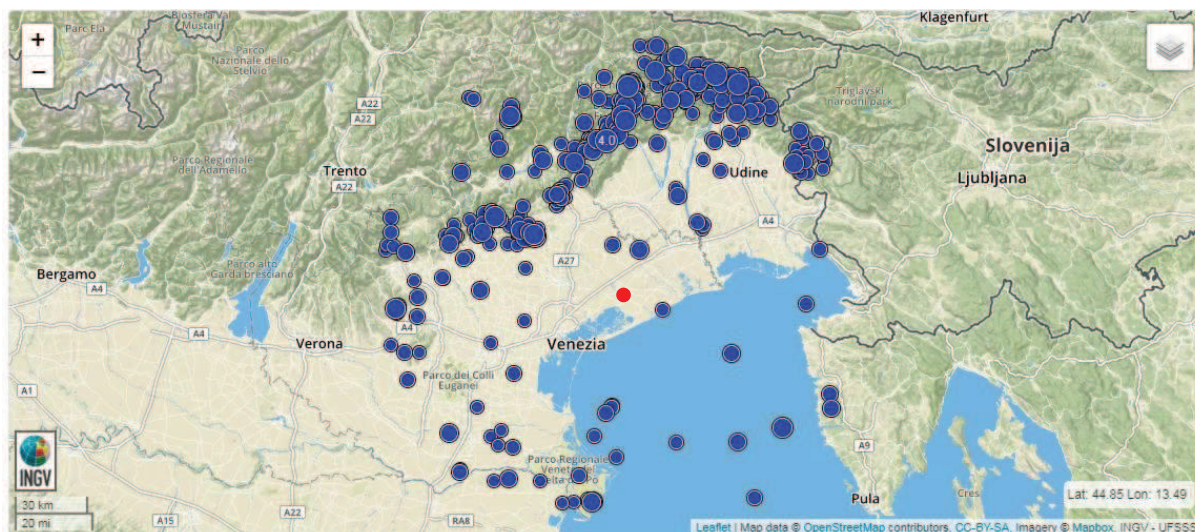


Figura 14. Mappa fornita dal Centro Nazionale Terremoti dell'INGV nell'intorno di 100 Km dalla città di San Donà di Piave (pallino rosso). Ogni pallino blu indica un epicentro: per gli eventi che superano 4 Mw viene fornita la relativa.

7.3 Pericolosità sismica

ANALISI DI DISAGGREGAZIONE (Spallarossa e Barani, 2007)

Per definire la pericolosità sismica della zona di San Donà di Piave è stata valutata la magnitudo momento dell'evento sismico atteso sulla base dei dati forniti dallo studio di Spallarossa e Barani (2007) "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε".

Come spiegano gli Autori: *"La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso*

come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M - R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M - R - ε dove ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R ."

A valle di queste considerazioni, sono state quindi consultate le "Mappe interattive di pericolosità sismica" fornite dall'INGV⁷ sulla base dello studio di Spallarossa e Barani (2007) per eventi con tempo di ritorno 475 anni, Probabilità di superamento in 50 anni del 10% e 50° percentile.

Dall'analisi di disaggregazione si osserva che per l'area sandonatese il terremoto di scenario è caratterizzato da una magnitudo momento di 5,73 Mw, ed una distanza di 48,1 km (Figura 16).

⁷ <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

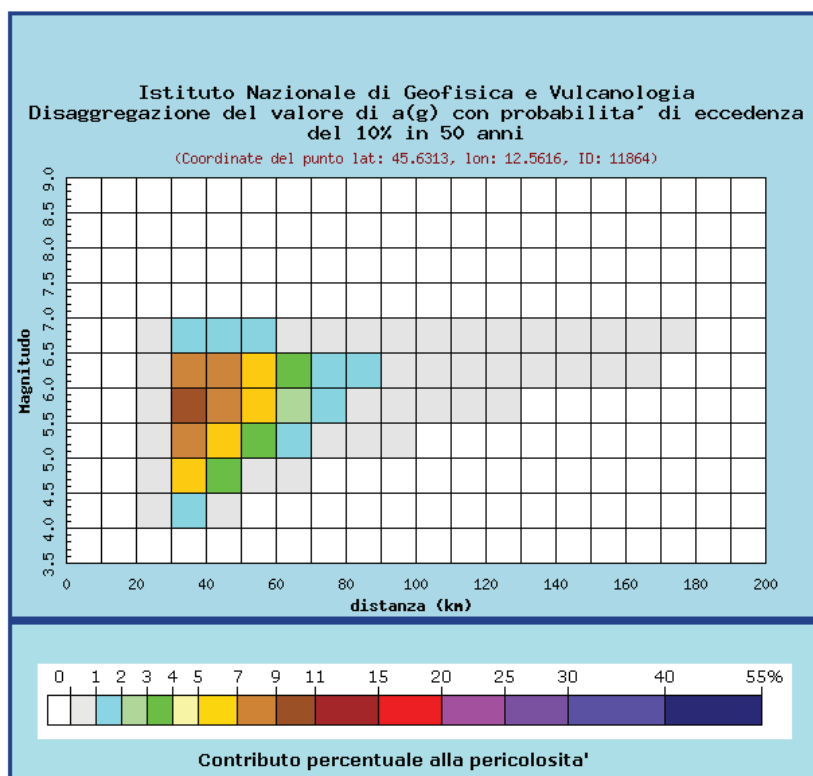
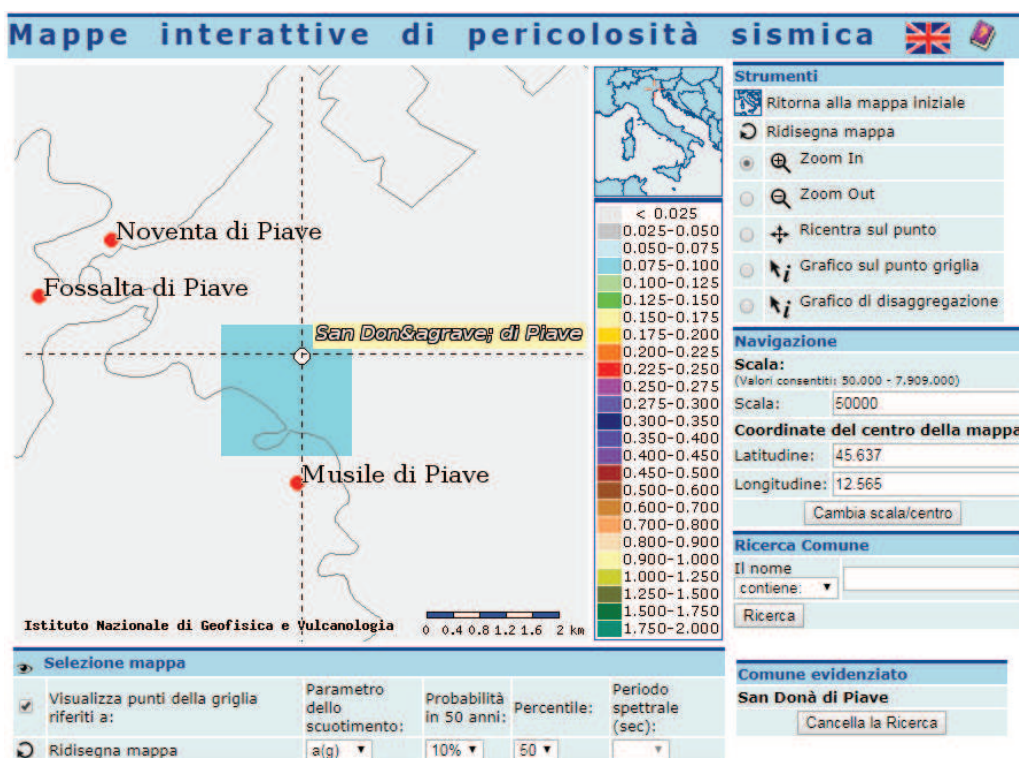


Figura 15. Mappa interattiva di pericolosità sismica e dati di disaggregazione per la zona di San Donà di Piave.

| Distanza in km | Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.6313, lon: 12.5616, ID: 11864) | | | | | | | | | | |
|----------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Magnitudo | | | | | | | | | | |
| | 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 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10-20 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 20-30 | 0.000 | 0.068 | 0.234 | 0.279 | 0.256 | 0.187 | 0.028 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 30-40 | 0.000 | 1.400 | 6.180 | 8.730 | 9.120 | 7.500 | 1.200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 40-50 | 0.000 | 0.200 | 3.310 | 6.970 | 8.950 | 8.720 | 1.540 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 50-60 | 0.000 | 0.000 | 0.735 | 3.600 | 5.760 | 6.470 | 1.240 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60-70 | 0.000 | 0.000 | 0.035 | 1.300 | 2.890 | 3.720 | 0.762 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 70-80 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.273 | 1.220 | 1.860 | 0.410 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 80-90 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.052 | 0.738 | 1.410 | 0.333 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 90-100 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.301 | 0.815 | 0.207 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 100-110 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.099 | 0.442 | 0.122 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 110-120 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.022 | 0.173 | 0.051 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 120-130 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.039 | 0.012 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 130-140 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.011 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 140-150 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 150-160 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 160-170 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 170-180 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 180-190 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 190-200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

| Valori medi | | |
|-------------|----------|---------|
| Magnitudo | Distanza | Epsilon |
| 5.730 | 48.100 | 1.630 |

Figura 16. Valori di disaggregazione del parametro ag per l'area di San Donà di Piave per fenomeni con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

5.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Esaminando gli aspetti relativi alla pericolosità sismica, essa può definirsi come il "grado di probabilità che si verifichi, in una determinata area ed in un determinato periodo di tempo, un evento sismico dannoso con l'insieme degli effetti geologici e geofisici ad esso connessi, senza alcun riguardo per le attività umane". L'analisi del livello di pericolosità

distingue quindi due fasi: la definizione della pericolosità sismica di base, in condizioni di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), in assenza di discontinuità stratigrafiche e/o morfologiche; l'analisi della pericolosità locale, ossia della modificazione locale dello scuotimento sismico prodotta dalle reali caratteristiche del terreno, dalla successione litostratigrafia locale, dalle condizioni morfologiche, unitamente alla possibilità di sviluppo di effetti cosismici: fagliazione superficiale, fenomeni di densificazione, fenomeni di liquefazione, cedimenti differenziali, instabilità dei pendii e frane indotte dal sisma, movimenti gravitativi profondi, tsunami, ecc.

Negli ultimi anni si sono succeduti provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale. Con l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", che rispondeva alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico, si stabiliscono i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova classificazione sismica dei comuni italiani, successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/06. L'intero territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Gli intervalli di accelerazione (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/06 (tabella pagina seguente).

Tale classificazione è basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente"). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale" dell'Italia, elaborata

secondo l'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519. Sulla base di tale ordinanza, aggiornata al 16/01/2006 con le comunicazioni delle regioni, il comune di San Donà di Piave veniva classificato in Zona sismica 3 (accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni compresa tra 0,05 g e 0,15 g), ovvero sismicità medio-bassa con possibilità di forti terremoti, ma rari.

| ZONA SISMICA | ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g) |
|---------------------|---|
| 1 | $a_g > 0,25$ |
| 2 | $0,15 < a_g \leq 0,25$ |
| 3 | $0,05 < a_g \leq 0,15$ |
| 4 | $a_g \leq 0,05$ |

Tabella 5. Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la classificazione sismica del territorio rimane utile, dal punto di vista amministrativo, per la gestione pianificatoria e di controllo dello stesso.

Secondo il nuovo approccio, i valori di accelerazione orizzontale massima al sito, stimata per i nodi del reticolo prossimi ad esso, calcolati per un tempo di ritorno $T_r = 475$ anni, corrispondenti ad una vita utile di 50 anni ed una probabilità di superamento (P_{v_r}) del 10% (SLV - Stato limite di salvaguardia della Vita) nel periodo di riferimento V_r sono pari,

rispettivamente, per la località Armellina il valore massimo è di 0.0825 g presso Passarella,
mentre per quello di Calvecchia, a 0.0936 g.

8 Indagini geognostiche

Le due aree interessate dal progetto (variante in località Armellina per il collegamento tra la rotatoria Caposile e la rotatoria Passarella, cavalcavia in località Calvecchia) sono state interessate da due campagne d'indagine geognostica, appositamente previste per la redazione del presente progetto definitivo.

La prima campagna è stata effettuata nell'autunno 2008, ed ha compreso l'esecuzione di:

- n. 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, in parte condizionati con piezometri;
- n. 8 prove penetrometriche tipo CPTU;
- n. 8 pozzetti geognostici, di cui n. 5 investigati anche con prova di carico su piastra;
- prove di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei terreni;
- n. 2 prospezioni geofisiche con tecnica MASW per la caratterizzazione dinamica dei terreni.

Le indagini in situ, opportunamente georeferenziate e riferite alle caratteristiche del progetto in esame, hanno consentito di definire con chiarezza il quadro geologico-tecnico di riferimento e le relazioni con gli aspetti progettuali. Per tutti gli aspetti di dettaglio ad esse relativi si farà riferimento alla documentazione specifica.

La seconda campagna è stata condotta tra l'aprile e il maggio del 2017, ed è consistita nella realizzazione di:

- n. 2 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo, con esecuzione di prove penetrometriche tipo SPT, prelievo di campioni e completamento della perforazione con installazione di piezometri per il monitoraggio dei livelli di falda;
- n. 2 prove penetrometriche tipo CPTU;
- prove di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Anche in questo caso le indagini in situ sono state georeferenziate ed utilizzate per la ricostruzione del modello geologico di riferimento per l'intervento in progetto.

Per l'area di Calvecchia, inoltre, sono disponibili dati relativi a n. 3 CPTU, eseguite nel corso del 2005.

9 Modello geologico-tecnico del tracciato

Collegamento rotatoria Caposile-rotatoria Passarella

Indagini di riferimento: S7-S8-S9-S10-S11; CPTU7-CPT8-CPT9-CPT10-CPT11-CPT12 (2008); Pz14-Pz15-Pz16-Pz17-Pz18-Pz19-Pz20 (2008); MASW4 (2008); S1 (2017).

Il progetto interagisce, direttamente, con terreni olocenici riferibili all'Unità di San Donà di Piave (sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi relativi a depositi di canale, associati ad argille ed argille limose con sostanza organica di piana di esondazione) e all'Unità di Caorle (limi argillosi, argille, limi sabbiosi poco consolidati con sostanza organica ed abbondanti resti di molluschi di ambiente lagunare). I corpi sabbiosi sono posti a diverse profondità e mostrano spessori generalmente modesti; ad essi si alternano termini coesivi, limo-argillosi, spesso poco consistenti, con passaggi al loro interno anche di tipo eteropico;

Il tracciato di progetto corre costantemente in rilevato, con altezze comprese tra alcune decine di cm e 5,50 m circa, in prossimità delle principali opere, rappresentate da alcuni sottopassi, agricoli e stradali, di cui il principale (10.0*5.50) è posto in corrispondenza dello svincolo di Via Cavadi.

La principale problematica progettuale è rappresentata dalla forte deformabilità dei terreni costituenti il sottosuolo su cui verranno realizzati i rilevati di progetto. Questi sono rappresentati, almeno fino alle profondità comprese fra i 6 ed i 12 m, da un'associazione di terreni a grana fine e finissima (argille debolmente limose o limose) spesso con torbe e livelli organici, di elevata compressibilità, caratterizzata da bassissimi valori di resistenza penetrometrica (Q_c media inferiore anche a 0.2 MPa).

Si ritiene che per fronteggiare tale problematica si renda necessario intervenire prevedendo lungo l'asse principale, per i tratti ad altezza limitata, una bonifica del piano di

posa con terre da rilevato. Lo spessore della bonifica dovrà essere adeguatamente stimato e valutato sulla base delle evidenze stratigrafiche dei pozzetti esplorativi e dei sondaggi, oltre che sul valore delle prove di carico su piastra realizzate nel corso della campagna di indagini geognostiche del 2008.

Anche lungo la viabilità secondaria, in presenza di un solido stradale di minor altezza, si prevede di effettuare una bonifica dei terreni di fondazione mediante scavo e sostituzione con materiale idoneo da rilevato.

Per quanto concerne i tratti in rilevato di maggior altezza, si ritiene che per favorire il decorso dei cedimenti e contestualmente migliorare la capacità portante dei terreni, si debbano prendere in considerazione interventi di consolidamento profondo. Tali interventi dovranno avere una doppia finalità: (1) favorire il decorso delle sovrappressioni interstiziali generate dalla realizzazione dei rilevati e (2) svolgere una funzione di tipo strutturale di miglioramento della capacità portante/riduzione della deformabilità del volume geotecnicamente significativo.

In ultimo, dati i valori di bassa soggiacenza dell'area (compresa tra 0 e 2 m da p.c.) con falda subaffiorante, è da prevedersi ubiquitariamente la posa in opera di uno strato anticapillare e geotessuto anti intasamento.

Viadotto Calvecchia

Indagini di riferimento: CPT1-CPT2-CPT3 (2005); S12 (2008) – CPTU13-CPTU14 (2008); Pz21 (2008); MASW5 (2008); CPTU1-CPTU2 (2017); S2 (2017).

I terreni affioranti del sito di Calvecchia vengono preferibilmente riferiti all'Unità di Cittanova. Il modello geologico del sottosuolo vede un'alternanza sorprendentemente

regolare fra strati sabbioso-limosi, in genere mediamente addensati, ed interstrati coesivi argilloso-limosi.

L'intervento consta nella realizzazione di un cavalcavia di scavalco della rotatoria posta lungo la SS14/Via Martiri delle Foibe e dei relativi rilevati di approccio. Le opere di maggior importanza sono pertanto le fondazioni delle spalle e delle pile del viadotto e la realizzazione dei rilevati in terra. Questi ultimi avranno uno sviluppo lineare di circa 575 m, per il rilevato NO, e di circa 550 m, per il rilevato SE.

Anche in questo caso le problematiche geologiche principali sono la compressibilità dei terreni e la bassa soggiacenza della falda.

Per quanto riguarda la compressibilità, vista anche l'alternanza regolare di strati coesivi e strati più incoerenti, si ritiene che il problema risieda principalmente nei depositi fini più superficiali osservati all'interno dei pozzetti e dei sondaggi. Pertanto si prevede lo scavo e la sostituzione di tali terreni con terre idonee da rilevato. Lo spessore dovrà essere adeguatamente valutato sulla base delle evidenze stratigrafiche e dei risultati delle prove di carico su piastra.

Circa la bassa soggiacenza della falda, per evitare fenomeni di risalita della stessa all'interno del corpo del rilevato, si prevede la posa di uno strato anticapillare e di un geotessile onde evitarne l'intasamento.

Per le opere d'arte del viadotto Calvecchia sono previste opere di fondazione profonde su pali.

10. Bibliografia

1. A. Bondesan, S. Primon, V. Bassan, A. Vitturi (2008). Le unità geologiche della Provincia di Venezia. Provincia di Venezia-Università di Padova.
2. A. Bondesan, P. Furlanetto (2008). Geomorfologia, cartografia storica e archeologia come strumenti integrati per l'analisi evolutiva delle aree di pianura: il basso Piave nell'Olocene.
3. A. Bondesan, P. Furlanetto: L'uomo e le acque: cartografia storica e indagine geomorfologica a confronto.
4. A. Dal Prà, L. Gobbo, A. Vitturi, P. Zangheri (2000). Indagine idrogeologica del territorio provinciale di Venezia. Provincia di Venezia.
5. Progetto IRMA. La subsidenza nel sandonatese e portogruarese; indagini realizzate, problemi emersi, prospettive future.
6. Rete di monitoraggio delle acque sotterranee della Provincia di Venezia.
7. L. Tosi, F. Rizzetto, M. Bonardi, S. Donnici, R. Serandrei-Barbero, F. Toffoletto (Senza data). Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – Foglio 128 "Venezia". Regione Veneto-APAT.
8. A. Vitturi et al.: Atlante geologico della Provincia di Venezia, 2011.