

**ELETTRODOTTO 380 KV IN DOPPIA TERNA "UDINE OVEST - REDIPUGLIA"  
ED OPERE CONNESSE**

**RELAZIONE GEOLOGICA**



**VENTURINI E ASSOCIATI - studio di geologia**

dott. geol. Pierluigi Venturini – dott. geol. Piero Feralli  
Corso A. Diaz n. 64 - 47121 Forlì  
Tel. 0543/30793 – 0543/20127 Fax. 0543/39358  
email: venturinieassociati@virgilio.it



**Storia delle revisioni**

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato
00	04/06/2014	Prima emissione	VenturinieAssociati	VenturinieAssociati

**Storia delle revisioni**

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato
Rev. 00	Del 04/06/2014	Prima emissione			
			ING -REA_ APRI NE		ING -REA_ APRI NE

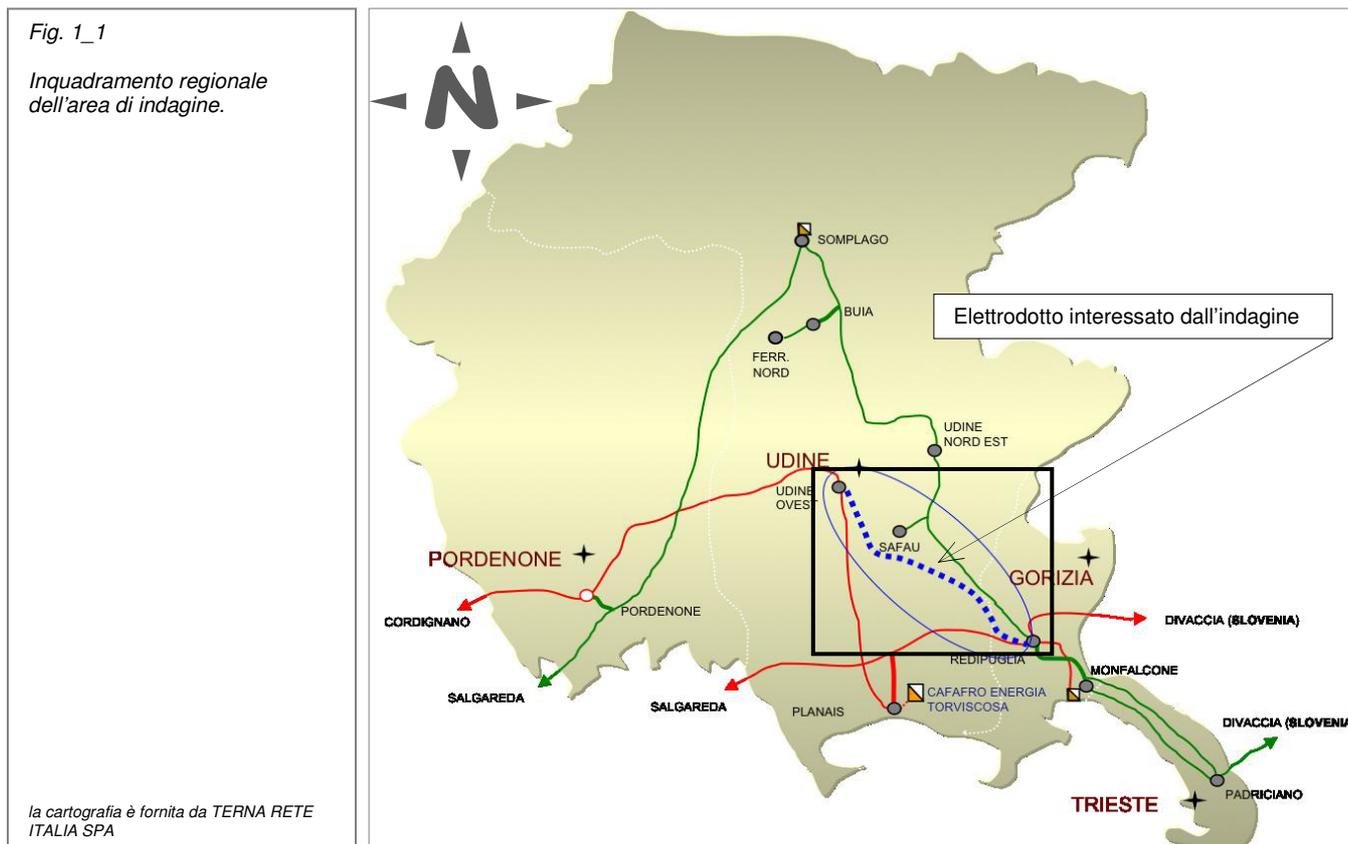
## Indice

1.	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE .....	3
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI E FONTI DOCUMENTALI.....	6
3.	MODELLO GEOLOGICO GENERALE.....	7
3.1	<i>Geologia</i> .....	7
3.2	<i>Morfologia</i> .....	9
3.3	<i>Idrologia</i> .....	9
3.3.1	Caratteri generali.....	9
3.3.2	Caratteri idrologici di Isonzo e Torre .....	11
3.3.3	Criticità e Pericolosità Idraulica .....	22
3.4	<i>Idrogeologia</i> .....	26
3.5	<i>Sismica</i> .....	27
4.	CARATTERIZZAZIONE DEL SITO .....	32
4.1	<i>Campagna di indagini geognostiche</i> .....	32
4.2	<i>Stratigrafia dell'area di studio</i> .....	35
4.3	<i>Idrogeologia</i> .....	39
4.4	<i>Determinazione dei parametri meccanici caratteristici</i> .....	42
4.5	<i>Indagini geofisiche</i> .....	44
4.6	<i>Determinazione della Vs30 e della categoria dei suoli</i> .....	45
4.7	<i>Potenziale di liquefazione</i> .....	50
5.	CONCLUSIONI.....	52
6.	ALLEGATI ALLA RELAZIONE .....	53

## 1. PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE

Il presente studio ha lo scopo di delineare i caratteri geologici generali, geomorfologici, idrogeologici e geofisici in una fascia di territorio compresa tra le Province di Udine e Gorizia, che si estende dalla Stazione Elettrica Udine Ovest, in località "Pasian di Prato", fino alla Stazione Elettrica Redipuglia ubicata tra la omonima località e l'abitato di San Pier d'Isonzo.

Nella figura 1.1 viene individuata, nell'ambito regionale, l'area in cui si è svolta l'indagine.



La porzione di territorio indicata sarà interessata da interventi finalizzati alla realizzazione dell'elettrodotto a 380 kV "Udine Ovest – Redipuglia" e delle opere connesse di tipo linee aeree.

Dal punto di vista amministrativo risultano interessati i seguenti territori:

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE
Friuli Venezia Giulia	Udine	Basiliano
		Campoformido
		Lestizza
		Pozzuolo
		Mortegliano
		Pavia di Udine
		Santa Maria la Longa
		Trivignano Udinese
		Palmanova
		San Vito al Torre
		Tapogliano
		Villesse
		Gorizia

L'elettrodotto 380 kV doppia terna "SE Udine O. - SE Redipuglia" ed opere connesse è stato autorizzato dal Ministero dello Sviluppo Economico, con decreto di autorizzazione alla costruzione ed esercizio n. 239/EL-146/181/2013 in data 12 Marzo 2013 e con Decreto di compatibilità ambientale DEC-2011-0004113 del 21/07/2011 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

L'insieme delle opere da realizzare è di circa 46 km di elettrodotti aerei e costituito da circa 137 sostegni di varie tipologie ed è caratterizzato da 5 interventi che vengono schematicamente riassunti (vedi figura 1\_2).

#### **A) Elettrodotto 380 kV "Udine Ovest – Redipuglia"**

L'intervento consiste nella realizzazione di un nuovo elettrodotto aereo a 380 kV in doppia terna ottimizzata tra le stazioni elettriche di Udine Ovest e Redipuglia con il collegato alla nuova stazione elettrica di Udine Sud ubicata nei Comuni di Pavia di Udine (UD) e Santa Maria la Longa (UD), di modo da realizzare due distinti collegamenti a 380 kV: "Udine Ovest – Udine Sud" e "Udine Sud – Redipuglia".

Caratteristiche dell'impianto:

- 39 km di lunghezza totale;
- 115 sostegni totali della serie 380 kV doppia terna "Tubolari Monostelo" e serie 380 kV doppia terna "Basi strette" trinata.

#### **B) Raccordo alla S.E. Udine Sud dell'elettrodotto 220 kV "Udine N.E. – Redipuglia–der. Safau"**

L'intervento consiste nella realizzazione di un nuovo raccordo aereo in semplice terna a 220 kV dalla nuova stazione elettrica di Udine Sud all'esistente elettrodotto in semplice terna "Udine Nord-Est - Redipuglia - der. Safau" creando quindi il nuovo collegamento elettrico a 220 kV "Udine Nord-Est - Udine Sud der. Safau".

Caratteristiche dell'impianto:

- 1.8 km di lunghezza totale;
- 7 sostegni totali della serie 220 kV semplice terna e della serie 380 kV semplice terna "Tubolari Monostelo".
- 21.0 km di demolizione del tratto di linea aerea non più utilizzato, dal punto del raccordo alla SE di Redipuglia.

#### **C) Variante all'elettrodotto 380 kV "Planais – Udine Ovest"**

L'intervento consiste nella realizzazione di una variante, dell'esistente elettrodotto a 380 kV in semplice terna "Planais - Udine Ovest" nel Comune di Basiliano (UD).

Tale variante è funzionale e propedeutico alla realizzazione del nuovo elettrodotto a 380 kV "Udine Ovest – Redipuglia"

Caratteristiche dell'impianto:

- 2.2 km di lunghezza totale;
- 8 sostegni totali della serie serie 380 kV semplice terna Tubolari Monostelo e serie 380 kV semplice terna trinata.
- 2.0 km di demolizione del tratto di linea aerea in variante.

#### **D) Variante all'elettrodotto 380 kV "Planais – Redipuglia"**

L'intervento consiste nella realizzazione di una variante, dell'esistente elettrodotto a 380 kV in semplice terna "Planais - Redipuglia" nei Comuni di Villesse (GO) e S.Pier d'Isonzo (GO).

Tale variante è funzionale e propedeutico alla realizzazione del nuovo elettrodotto a 380 kV "Udine Ovest – Redipuglia"

Caratteristiche dell'impianto:

- 2.0 km di lunghezza totale;
- 6 sostegni totali della serie 380 kV semplice terna Tubolari Monostelo e serie 380 kV semplice terna trinata.
- 2.0 km di demolizione del tratto di linea aerea in variante

**E) Variante all'elettrodotto 132 kV "Schiavetti – Redipuglia"**

L'intervento consiste nella realizzazione di una variante di interramento, dell'esistente elettrodotto a 132 kV in semplice terna "Schiavetti - Redipuglia" nei Comuni di Villesse (GO) e S.Pier d'Isonzo (GO), e precisamente nella realizzazione del sostegno di attestazione per la transizione aereo/cavo.

Tale variante è funzionale e propedeutico alla realizzazione del nuovo elettrodotto a 380 kV "Udine Ovest – Redipuglia"

Caratteristiche dell'impianto:

- 0.3 km di lunghezza totale;
- 1 sostegno della serie 132 kV semplice terna con predisposizione per i porta terminali del cavo.
- 2.7 km di demolizione del tratto di linea aerea in variante.

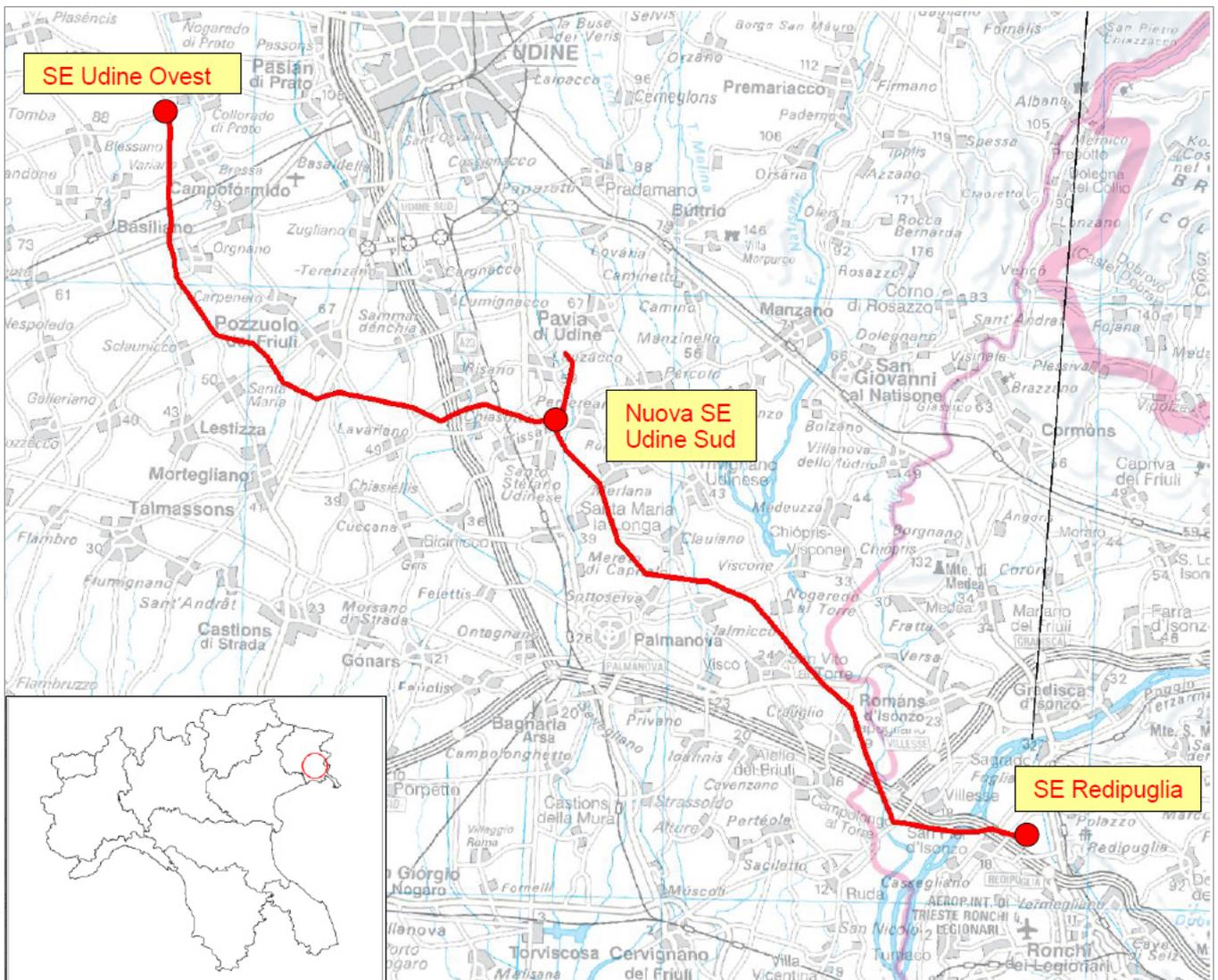


Fig. 1\_2

Inquadramento planimetrico del tracciato di progetto .

la cartografia è fornita da TERNA RETE ITALIA SPA

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E FONTI DOCUMENTALI

### Riferimenti Normativi

- Decreto Ministeriale 14.01.2008** - Testo unico "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008. Circolare 2 Febbraio 2009;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;
- Eurocodice 8 (1998)** - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5 : fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici (2003);
- Eurocodice 7.1 (1997)** - Progettazione geotecnica - Parte I: regole generali UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002)** - Progettazione geotecnica - Parte II: progettazione assistita con prove in sito (2002);
- Legge Regione Friuli – Venezia Giulia 11.08.2009 n. 16** - "Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio";
- D.G.R. n. 2325 del 01.08.2003** - "Recepimento dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Decreto Presidente della Regione n. 084/Pres. del 16 aprile 2013** – "Approvazione del Piano del Governo del Territorio".

### Fonti documentali

- Carta Tecnica Regionale.
- Carta Geologica Regionale.
- Foto aeree dal catalogo regionale.
- Carta Geologica d'Italia – foglio 25 "Udine", 40 "Palmanova", 40a "Gorizia".
- ISPRA – Carte Geologiche e Geotematiche e Note Illustrative.
- INGV – Catalogo dei terremoti storici e Pericolosità Sismica del Territorio.
- Documenti a corredo dei PRGC.
- Autorità di Bacino dei Fiumi dell'Alto Adriatico.
- Consorzi di Bonifica Bassa Friulana e Ledra Tagliamento.

### 3. MODELLO GEOLOGICO GENERALE

#### 3.1 Geologia

La fascia di territorio interessata dallo studio ricade nella porzione centrale, sub-pianeggiante, dell'Alta Pianura Friulana; il riferimento cartografico è rappresentato dalla Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia in scala 1:150.000, tratto dal sito regionale del FVG, Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, di cui si allega il dettaglio (fig. 3\_1) e la relativa legenda (fig. 3\_2).

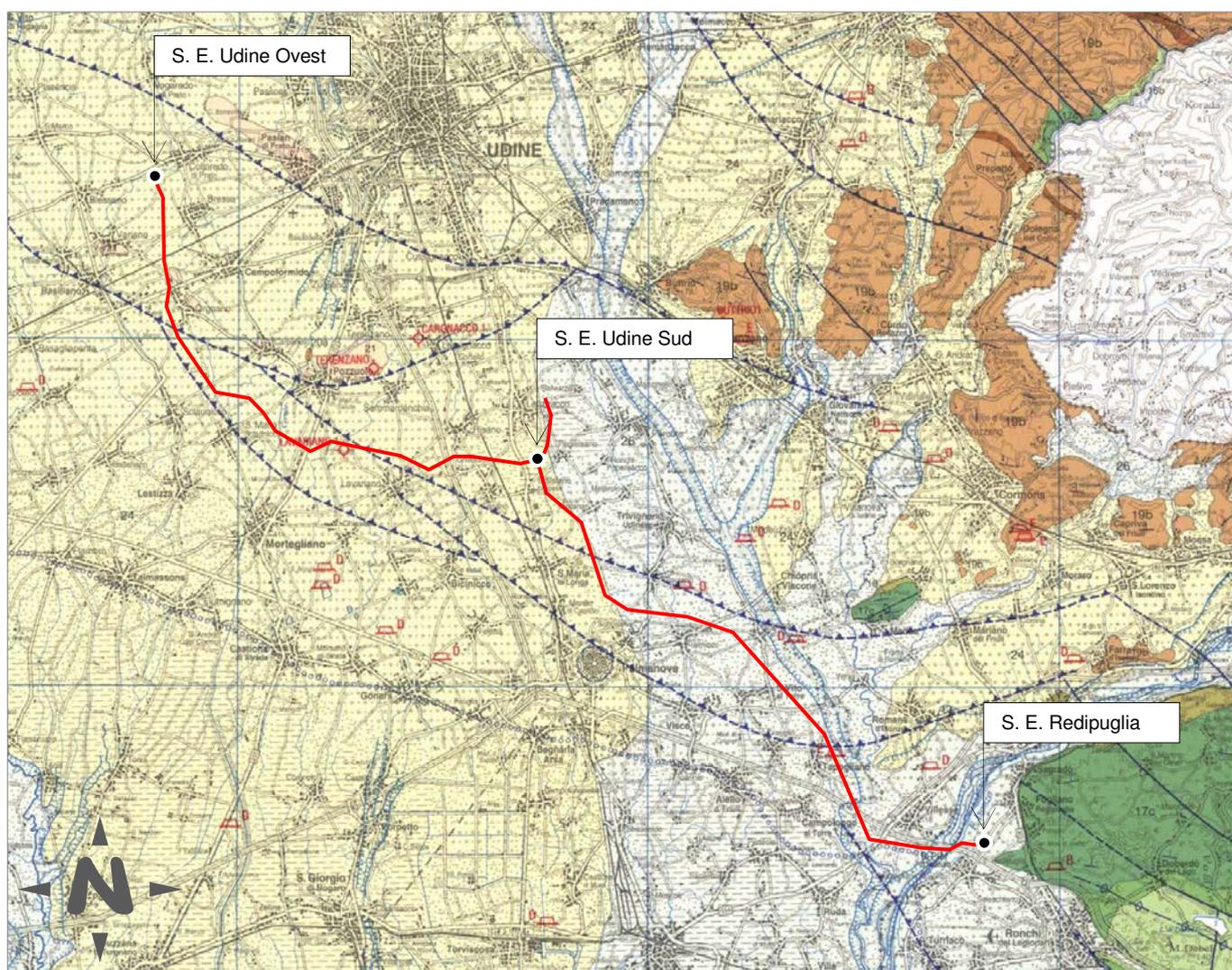


Fig. 3\_1

Inquadramento geologico dell'area di indagine. Con la linea rossa viene indicato in modo schematico il tracciato del nuovo elettrodotto

Fig. 3\_2

Legenda della carta geologica



### Coperture quaternarie Quaternary covers

24	Sedimenti fluvioglaciali ed alluvionali della pianura. <i>Fluvioglacial and alluvial sediments of the alluvial plain. Pleistocene sup.</i>
26	Sedimenti alluvionali del settore montano, della pianura e litoranei. <i>Mountain, plain and littoral alluvial sediments. Olocene - Attuale</i>
	a Sovrascorrimento principale <i>Main overthrust</i> a - Sepolto o presunto <i>Buried or inferred</i>
	Cava attiva: <b>A</b> pietre ornamentali; <b>B</b> calcari (per cementi, carbonato di Ca...); <b>C</b> gessi; <b>D</b> ghiaie e sabbie; <b>E</b> sabbie e/o argille <i>Active quarry: A ornamental stones; B limestones; C gypsum; D sands and gravels; E sands and or clays</i>
	Pozzo per ricerca di idrocarburi <i>Exploration well for hydrocarbon</i>
	Linea delle risorgive <i>Northern limit of spring line</i>

L'Alta Pianura comprende la fascia di territorio confinata a Sud dalla "Linea delle Risorgive" mentre a Nord si appoggia ai rilievi dell'Anfiteatro morenico ed alle Prealpi Carniche ed è caratterizzata dalla omogenea presenza di depositi alluvionali quaternari databili tra il Pleistocene medio e l'Olocene (attuale).

Queste potenti coperture quaternarie, sovrapposte al basamento prequaternario, sono costituite dagli apporti fluvioglaciali e alluvionali dei principali corsi d'acqua della regione quali, da Ovest verso Est, i Torrenti Cellina e Meduna, il Fiume Tagliamento, i Torrenti Torre e Natisone e il Fiume Isonzo.

Risultano prevalenti depositi eminentemente grossolani, corrispondenti alle parti apicali e mediane dei conoidi di deiezione dei diversi corsi d'acqua che dai rilievi sboccavano in pianura; in essi si incuneano sedimenti fluvioglaciali meno grossolani legati agli scaricatori degli apparati morenici terminali.

Tutti questi depositi sono sede di una falda freatica superficiale continua e di alcune altre falde profonde a debole artesianità.

Più nel particolare, come si vede dallo stralcio cartografico di figura 3.1 i sedimenti "fluvioglaciali ed alluvionali della pianura" (24) del Pleistocene sup. occupano estesamente le parti centrale e nord occidentale del territorio ed interessano il tracciato in progetto dalla stazione elettrica di Udine Ovest fino al sostegno n. 70, poco a est della località Santa Maria La Longa.

I sedimenti alluvionali "recenti" (26) riferibili agli apporti fluviali del sistema Isonzo-Torre-Natisone che occupano il settore sud-orientale, interessano la maggior parte del tratto sud della nuova linea dal sostegno n. 70 fino alla Stazione Elettrica di Redipuglia.

Come detto, la pianura è costituita da un potente pacco di depositi fluvioglaciali, fluviali e marini che presentano caratteristiche granulometriche diverse procedendo da monte al mare.

Le alluvioni che costituiscono l'Alta pianura, sono grossolane con prevalenza di ghiaie, ghiaie e sabbie e, meno frequenti, conglomerati. A tale riguardo, S. Stefanini & F. Cucchi (1977) in "Le ghiaie nel sottosuolo della pianura veneta ad oriente del F. Piave" indicano per i primi 60 metri di sottosuolo, nel tratto grosso modo interessato dal tracciato, una distribuzione indicativa delle ghiaie comunque superiore al 70%, quasi sempre maggiore a 80% e talvolta vicina al 100%.

Man mano che si scende verso sud la granulometria, mediamente, diminuisce ed i sedimenti sono via via meno permeabili.

Le alluvioni della Bassa pianura (la parte di pianura posta a sud della Linea delle risorgive) sono infatti costituite da frazioni granulometriche più fini (sabbie argillose, limi ed argille) raramente intercalate a sedimenti ghiaioso-sabbiosi spesso limosi.

## 3.2 Morfologia

L'area interessata dal progetto occupa quella porzione di territorio compreso nella parte dell'Alta Pianura che ricade tra il corso del fiume Tagliamento a ovest e del fiume Isonzo a est; in particolare l'ambito preso in considerazione è posto ad una distanza di circa 13 – 14 km dall'argine in sinistra Tagliamento (Basiliano-Pasian di Prato); si sviluppa con direzione NW-SE fino all'altezza di Redipuglia poco meno di un chilometro a oriente dell'argine sinistro del F. Isonzo.

Le quote della pianura, rilievi marginali esclusi, sono comprese tra 14 - 20 m slmm. nella parte sud-orientale e 95 – 100 m slmm in quella nord-occidentale. La pendenza della pianura è dell'ordine del 5 per mille.

L'Alta Pianura, è costituita dagli apporti fluvio-glaciali e alluvionali del Fiume Tagliamento, dei Torrenti Torre e Natisone e del Fiume Isonzo. Si tratta di alluvioni grossolane accumulate nella fase di decrescita delle piene di fiumi e torrenti che sboccavano, in periodi successivi, nella pianura. Su questa superficie si è impostato l'attuale reticolo idrografico superficiale.

Le forme morfologiche caratterizzanti questa fascia di alta pianura, per quanto abbondantemente modificate dall'intensa trasformazione del territorio, sono pertanto riconducibili all'azione recente dei corsi d'acqua. Più in particolare, possono essere riconoscibili le blande ondulazioni della superficie della pianura che segnano le coperture dei grandi conoidi fluvio – glaciali, inglobati all'interno dei sedimenti della pianura; queste superfici si evidenziano con topografie a curvatura positiva, amplissima separate dalle aree circostanti da zone leggermente depresse con andamento approssimativo nord – sud. Infatti nella parte nord del tracciato, tra la S. E. di Udine Ovest e i sostegni 34 – 35 in corrispondenza della località "Pozzuolo di Friuli" sono percepibili alcune modeste elevazioni morfologiche.

L'assetto morfologico attuale è caratterizzato come detto dall'abbondante trasformazione antropica del territorio con la presenza, al di là degli abitati, di insediamenti produttivi, infrastrutture produttive, reti di trasporto, 3 aeroporti, e numerose cave, in gran parte inattive e molto spesso trasformate in discariche.

## 3.3 Idrologia

### 3.3.1 Caratteri generali

I due elementi idrografici che maggiormente caratterizzano l'ambiente fisico sono i bacini dell'Isonzo e del Cormor. A oriente si sviluppa estesamente, il bacino dell'Isonzo con il suo tributario Torre e, nella zona centrale, il bacino di secondo ordine del Cormor (figura 3.3). Si tratta di corsi asciutti gran parte del tempo per l'elevata permeabilità dei materiali, con i corsi d'acqua morfologicamente caratterizzati da una distesa di alluvioni solcate da una rete di canali appena incisi che costituiscono il letto di magra.

In questa parte di pianura i corsi dell'Isonzo, del Torre e degli affluenti Judrio e Natisone sono completamente arginati, mentre il t. Cormor risulta incanalato a valle di Mortegliano.

La parte settentrionale del tracciato di progetto è invece attraversata da una rete idrografica minore, in gran parte artificiale, costituita da una serie rogge e canali, tra cui il Canale Ledra, le cui portate dipendono in gran parte da acque derivate, per scopi idroelettrici, nei pressi di Gemona, e restituite a valle dell'anfiteatro morenico per scopi irrigui. Anche nella zona tra il Cormor e il Torre è presente un sistema di canali in gran parte artificiale. In questa rete idrografica, definita minore, confluiscono, tra l'altro, anche i sistemi di raccolta delle acque meteoriche.

Non di rado, soprattutto in occasione di precipitazioni intense, di breve durata, per una progressiva riduzione delle superfici filtranti (nuove edificazioni, piazzali...), per l'aumento dei consumi idrici procapite ed anche per le frequenti carenze nella manutenzione delle opere, si determinano situazioni di sofferenza idraulica, con rigurgiti e allagamenti in varie zone.

Essendo interessata solo marginalmente, nella porzione più meridionale, dalla "linea delle risorgive", nella fascia d'interferenza potenziale, non ci sono né emersioni copiose e continue delle acque della falda freatica.

Il fiume Isonzo rientra tra i corsi d'acqua di rilevanza nazionale; sul bacino è stato sviluppato dall'Autorità di bacino dei Fiumi Piave, Brenta, Bacchiglione, Livenza, Tagliamento e Isonzo (2004) e adottato, il Piano Stralcio (PAI) con perimetrazione delle zone a pericolosità geologica e idraulica (PAI). Il Cormor è corso d'acqua d'interesse regionale e sottoposto alla Autorità di Bacino regionale.

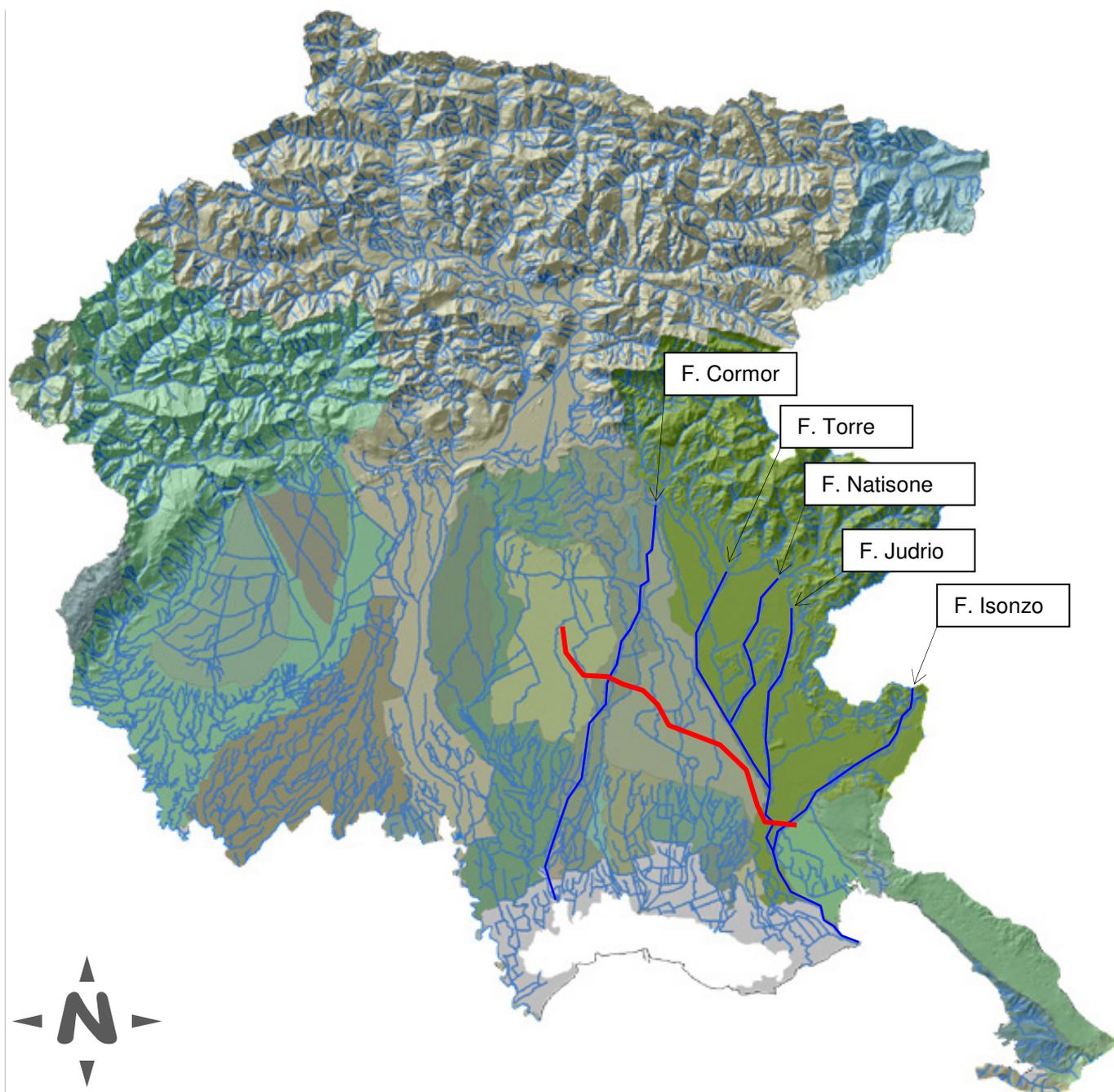


Fig. 3\_3

Carta dei bacini idrografici del Friuli Venezia Giulia. Con la linea rossa viene indicato in modo schematico il tracciato del nuovo elettrodotto

la cartografia di base è tratta da: <http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/default.aspx/337-idrografia.htm>

### 3.3.2 Caratteri idrologici di Isonzo e Torre

Per quanto riguarda i dati e le informazioni di seguito riportati, **in corsivo**, si fa riferimento ai seguenti documenti:

- “STUDIO PER LA DEFINIZIONE DI UN PIANO DI MANUTENZIONE DEL FIUME ISONZO” - Consulta d'Ambito Territoriale Ottimale Orientale Goriziano – 2013, fornito dalla Provincia di Gorizia – Direzione Sviluppo Territoriale e Ambiente;
- “ Progetto preliminare per il ripristino dell'officiosità idraulica del Torrente Torre mediante modellazione idraulica dell'asta del Torrente Torre dalla diga di Crosis, in comune di Tarcento, fino alla confluenza col Fiume Isonzo al fine della messa in sicurezza del territorio” finanziato e messo a disposizione dalla Protezione Civile della Regione Friuli Venezia Giulia - 2006, fornito dalla Regione FVG - Direzione centrale ambiente ed energia.

#### Fiume Isonzo

*A monte di Salcano, in territorio della Repubblica di Slovenia, la pendenza del letto è fortissima, dell'ordine del 22%; la stessa poi, in corrispondenza dell'abitato di Salcano, diviene dello 0.5% e, nel tratto tra Salcano e Gorizia, dello 0.3%, diminuendo, quindi, gradatamente fino alla foce.*

*Da Gorizia fino alla foce il fiume Isonzo è completamente arginato su entrambe le sponde; brevi tratti di arginatura mancano solo in quelle località dove la sponda naturale è prevalente sul livello di massima piena. A valle del comune di Sagrado il fiume trova notevoli zone di espansione comprese tra rilevanti arginature maestre, poste a rassicuranti distanze dal corso vivo dello stesso, tant'è che a memoria d'uomo non si sono segnalate rotture di arginature, né allagamenti di centri abitati. Sussistono ivi effetti di allagamenti di golene e di terreni destinati a colture varie, dovuti all'innalzamento dei livelli idrici del fiume in piena, in concomitanza di alte maree.*

*Il regime dell'Isonzo è di carattere torrentizio, con variazioni notevoli di portata. Il bacino dell'Isonzo è uno tra i più piovosi dei bacini nazionali, con una precipitazione media annua che sfiora i 2000 mm/anno. La piovosità aumenta fortemente passando dalla pianura alle Alpi Giulie, pur presentando anche sulla pianura valori elevati.*

*Le misure di portata, effettuate alla stazione di Kanal in Slovenia, forniscono un valore minimo di portata di 17 m<sup>3</sup>/s. Dopo il cospicuo apporto del Vipacco, la portata media si attesta sui 100 m<sup>3</sup>/s e quella minima attorno ai 25 m<sup>3</sup>/s. In seguito ai contributi di Torre, Natisono e alle rialimentazioni delle risorgive, alla foce si stima un valore di circa 150-170 m<sup>3</sup>. La portata media si mantiene elevata anche in estate, con valori che non scendono mai al di sotto dei 50 m<sup>3</sup>/s. Le portate massime con tempo di ritorno piuttosto ridotto (1-10 anni) si stimano in genere superiori agli 800 m<sup>3</sup>/s (875 – 1400 m<sup>3</sup>/s).*

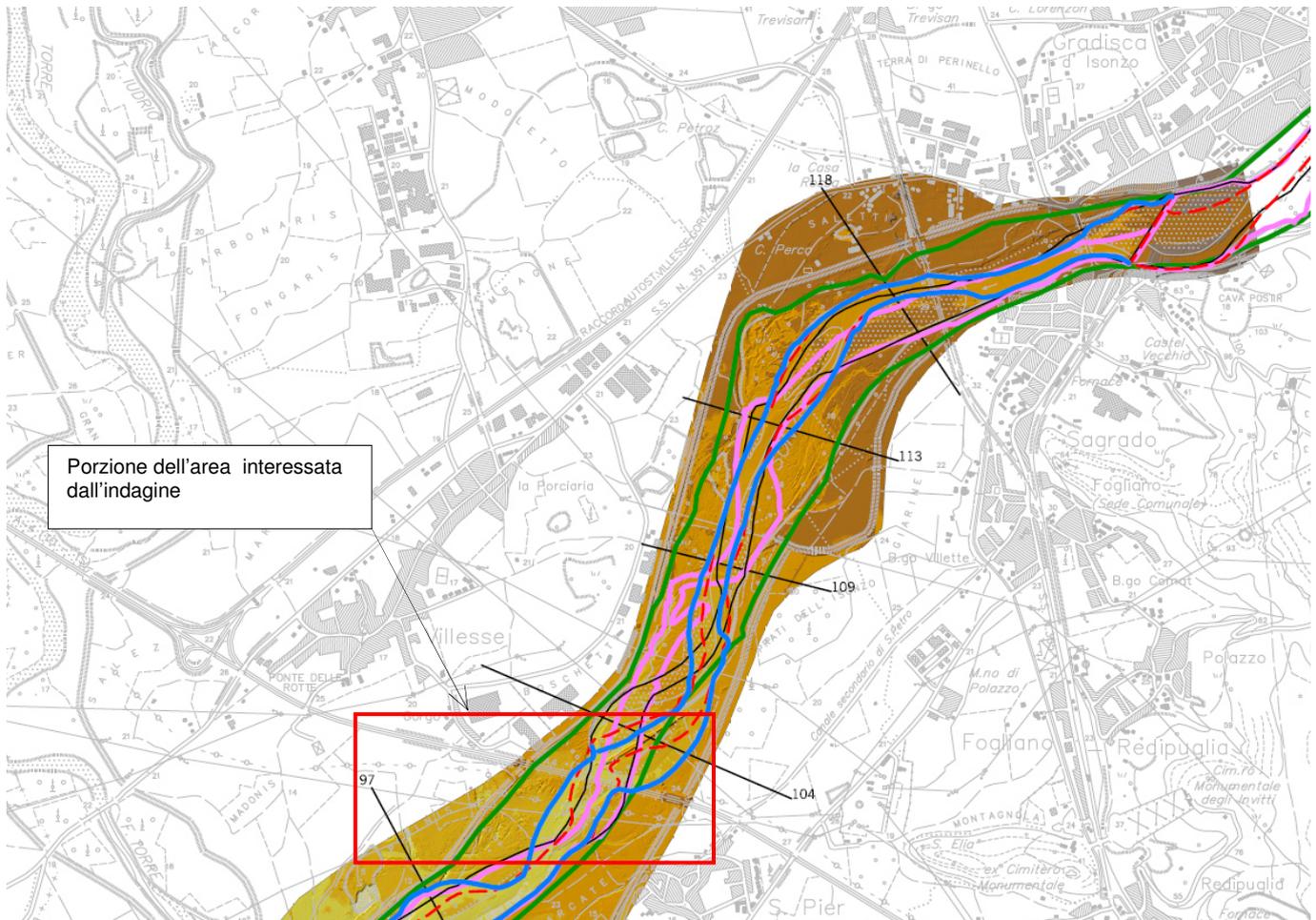
*Il fiume Isonzo nel tratto compreso tra Salcano e la foce sotto il profilo dell'assetto morfologico può essere suddiviso in tre tratti omogenei. Il primo tratto della lunghezza di circa 6.5 km, compreso tra Salcano e la derivazione appena a valle del ponte 8 Agosto a Gorizia, è caratterizzato da un tracciato unicursale, confinato, leggermente sinuoso con indice di sinuosità pari a 1.1. La larghezza dell'alveo varia da circa 70 m a monte fino ad arrivare a 170-180 m in prossimità del Ponte 8 Agosto. Le sponde risultano completamente vegetate da arbusti e alberi e costituite in prevalenza da ghiaie e sabbie.*

*Il secondo tratto (in cui ricade anche l'area oggetto di studio) della lunghezza di circa 26.5 km, compreso tra la derivazione appena a valle del ponte 8 Agosto a Gorizia e San Canzian d'Isonzo, è caratterizzato da una configurazione planimetrica d'alveo sinuosa a barre alternate (indice di sinuosità pari a 1.1), non confinato.*

*La caratteristica comune a tale configurazione, indicata come transizionale, consiste nel fatto che essa presenta un alveo relativamente largo e poco profondo, costituito in gran parte da barre emerse, le quali occupano una percentuale elevata dell'area dell'alveo, in maniera simile agli alvei a canali intrecciati, ma a differenza di questi ultimi l'intrecciamento è più basso o addirittura assente. Tale caratteristica si può meglio sintetizzare attraverso la lunghezza delle barre che, in tali alvei, è superiore al 90 % (vale a dire sono presenti barre laterali senza soluzione di continuità da un lato o dall'altro del corso d'acqua). Il canale di magra divaga all'interno dell'alveo, alternando continuamente la sua posizione sui due lati, e scorrendo quindi spesso a contatto con una delle due sponde.*

*La larghezza dell'alveo “a piene rive” varia da un minimo di 100 m ad un massimo 450-500 m e gli elementi morfologici maggiormente rappresentati sono le barre laterali e qualche isola. Le barre rappresentano delle superficie deposizionali costituita da sedimenti analoghi a quelli presenti sul fondo del canale. Si tratta di una porzione dell'alveo che risulta generalmente emersa in quanto interessata da flussi idrici solo durante gli eventi di*

piena. Una barra può essere considerata tale anche se coperta parzialmente da vegetazione: la vegetazione è però discontinua e di tipo erbaceo - arbustivo (crescita stagionale o di pochi anni).



**CONSULTA D'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE ORIENTALE GORIZIANO**

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DI UN PIANO DI MANUTENZIONE DEL FIUME ISONZO**

**3.5.A** Studio geomorfologico

Scala: **1:25.000** Planimetria dell'alveo con indicazione delle tendenze evolutive

Tav. 1/2

07433T03650A\_00.dwg

**BETA studio**  
BETA Studio s.r.l. - via Guido Rossa 29/A  
39020 Torle S. Nicola (Pavona) ITALIA  
Tel. +39 049 8961120 - Fax +39 049 8961090  
info@betastudio.it - www.betastudio.it

**STUDIO**  
Edoardo Insalaco Ingegnere - via de' Coto sficio 45/2  
39100 Ladine ITALIA  
Tel. +39 0462 44682  
insalaco@studioitalia.it

**LEGENDA**

- 109 Traccia sezione Barigazzi utilizzata per confronto altimetrico
- Alveo del 1970
- Alveo del 1979
- Alveo del 1988
- Alveo del 2006
- Alveo del 2013

Rilievo LIDAR: fasce altimetriche

- inferiore a 8 m
- da 8 a 10 m
- da 10 a 12 m
- da 12 a 14 m
- da 14 a 16 m
- da 16 a 20 m
- da 20 a 25 m
- da 25 a 30 m
- maggiore di 30 m

**Fig. 3\_4**  
*Planimetria dell'alveo con indicazione delle tendenze evolutive*

*Stralcio dall'Elaborato 3.5.A dello "Studio per la definizione di un piano di manutenzione del Fiume Isonzo".*

*Il tratto intermedio del fiume Isonzo è caratterizzato da una dinamica molto più attiva rispetto ai tratti a monte e a valle, i quali risultano confinati, rispettivamente, da versanti montuosi e da argini artificiali. L'analisi ha evidenziato come questa situazione di confinamento abbia di fatto limitato le dinamiche evolutive in questi tratti, per tale motivo l'analisi di dettaglio si è concentrata nel tratto intermedio.*

*Si è quindi proceduto ad un'analisi storica dell'evoluzione planimetrica del corso d'acqua: i risultati ottenuti (si veda lo stralcio riportato nella figura 3\_4) evidenziano un sostanziale restringimento della larghezza in tutte le sezioni analizzate a partire dagli anni '70 fino alla fine degli anni '80 con percentuali di riduzione che possono raggiungere anche il 40%. Per gli anni successivi i valori di larghezza tendono ad assestarsi ai valori raggiunti alla fine degli anni '90 con piccoli incrementi negli ultimi 5-7 anni.*

*Oltre alla riduzione di larghezza e alla sostanziale invarianza dell'Indice di Sinuosità il confronto planimetrico ha evidenziato una notevole mobilità del canale principale capace di spostarsi, nel corso degli anni, anche di un centinaio di metri. Questo comporta la presenza di fenomeni di erosione di sponda*

*Dall'analisi delle sezioni trasversali d'alveo si evince che nel corso degli ultimi 30 anni il corso d'acqua non ha subito particolari fenomeni di incisione: il confronto mostra invece una notevole mobilità trasversale del canale principale già evidenziata dall'analisi planimetrica.*

*Le analisi morfologiche in campo hanno confermato quanto ricavato analizzando i dati cartografici e i rilievi topografici. In particolare con riferimento alle variazioni altimetriche, il rilievo ha evidenziato che le pile di molti degli elettrodotti che attraversano l'alveo risultano esposte. (vedi Figura 3\_5).*



Fig. 3\_5

Immagine scattata il 30/10/2013 dalla riva destra del Fiume Isonzo in prossimità del ponte autostradale, presso Villesse.

*Questo sembra essere dovuto più all'effetto dello spostamento planimetrico del canale principale che a fenomeni di incisione dell'alveo stesso a conferma di quanto già rilevato mediante l'analisi planimetrica. A sostegno di questa valutazione c'è il fatto che le pile dei ponti non si presentano esposte ma tanto meno sepolte a conferma di un sostanziale equilibrio altimetrico che già è emerso dal confronto dei rilievi topografici.*

*Inoltre le evidenze sul campo – quali barre costanti, assenza di corazzamento, sponde in alcuni tratti in erosione laterale ma non scalzate al piede - portano a valutare che siamo in presenza di un corso d'acqua particolarmente dinamico sotto il profilo delle variazioni planimetriche e in sostanziale equilibrio per quanto riguarda il profilo delle variazioni altimetriche.*

*Con riferimento alle tendenze evolutive, la riduzione dei sedimenti, trattenuti dalle dighe in territorio Sloveno, accompagnata da una riduzione della portata in alveo per effetto delle derivazioni presenti, potrebbe essere la causa della sostanziale riduzione della larghezza d'alveo registrata, nel presente studio, a partire dagli anni '70 ma che potrebbe essere iniziata già da prima. Nonostante la presenza di queste opere il corso d'acqua sembra attualmente aver raggiunto un suo equilibrio tanto che negli ultimi 15-20 anni non si sono registrati ulteriori restringimenti. Anzi, a partire dal 2006, sembra si stia verificando un lento allargamento dell'alveo accompagnato da processi erosivi che interessano le sponde molto probabilmente legato al verificarsi di piene formative che hanno, nel breve periodo, contribuito a ridefinire il tracciato del corso d'acqua.*

*Non si registra un particolare deficit di sedimenti, tanto è vero che non si registrano processi erosivi presenti in alveo. Al mantenimento di tale equilibrio ha sicuramente contribuito il fatto che probabilmente non sono stati così accentuati, se non assenti, gli interventi di escavazione in alveo che rappresentano la principale causa di modificazione altimetriche della sezione dei corsi d'acqua.*

*È molto probabile, quindi, che il fiume Isonzo sia attualmente caratterizzato dal mantenimento di un suo equilibrio dinamico che vede coinvolti maggiormente i processi di divagazione dell'alveo principale all'interno di un contesto sostanzialmente stabile e che tale contesto, salvo la realizzazione di nuovi interventi, verrà mantenuto anche nei prossimi anni.*

In relazione alle criticità presenti, lo studio che è stato consultato riporta le seguenti conclusioni:

*Le analisi condotte mediante modello idraulico hanno permesso di individuare le aree a rischio di esondazione. In particolare per evento con tempo di ritorno centenario si evidenziano criticità:*

- *alla confluenza tra i fiumi Isonzo e Vipacco;*
- *in destra idrografica a monte di Gradisca d'Isonzo (località Salet);*
- *in sinistra idrografica in corrispondenza di Poggio Terza Armata;*
- *in destra idrografica a valle del ponte sull'autostrada A4, nel comune di Villesse.*

*Lo studio ha inoltre evidenziato le criticità idrauliche presenti nell'area di indagine in termini di non rispetto dei franchi arginali mostrando che, oltre alle situazioni sopradescritte, sono presenti altre situazioni di criticità (franco arginale positivo ma inferiore al metro) ed in particolare:*

- *in sinistra idrografica, a monte del raccordo autostradale Villesse – Gorizia;*
- *in destra idrografica tra il ponte di Sagrado e il ponte ferroviario di Fogliano;*
- *in destra a valle del ponte di Gradisca;*
- *in destra e in sinistra idrografica nel tratto terminale del corso d'acqua, a partire da circa 5.0 km dalla foce.*

Nella successiva figura 3\_6, stralciata dalla relazione "Analisi criticità e proposta interventi – Elaborato 4.1", vengono riportate le ubicazioni dei punti critici citati.

Si rileva che lo studio, a cui si fa riferimento, non individua punti di criticità di particolare rilievo in corrispondenza dei siti che saranno interessati dalla realizzazione dei nuovi sostegni dell'elettrodotto, posti a valle del ponte autostradale di Villesse.

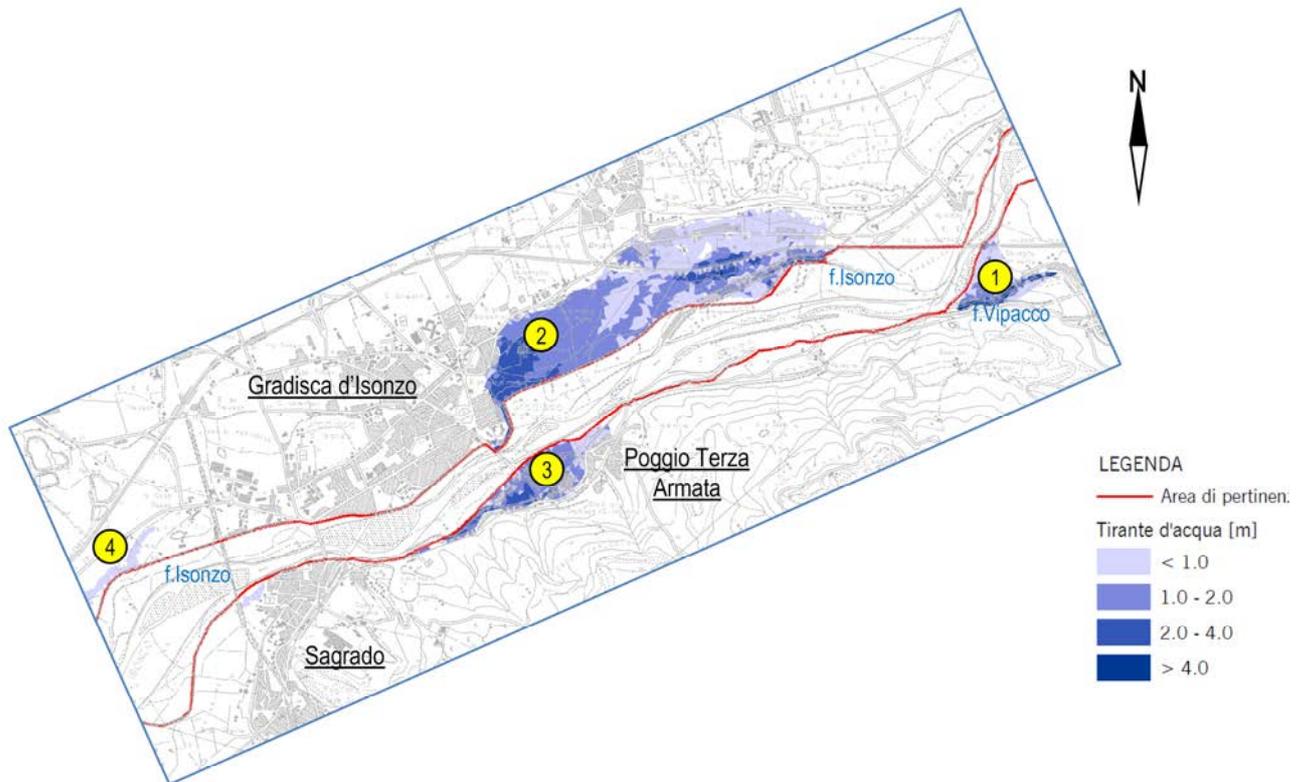
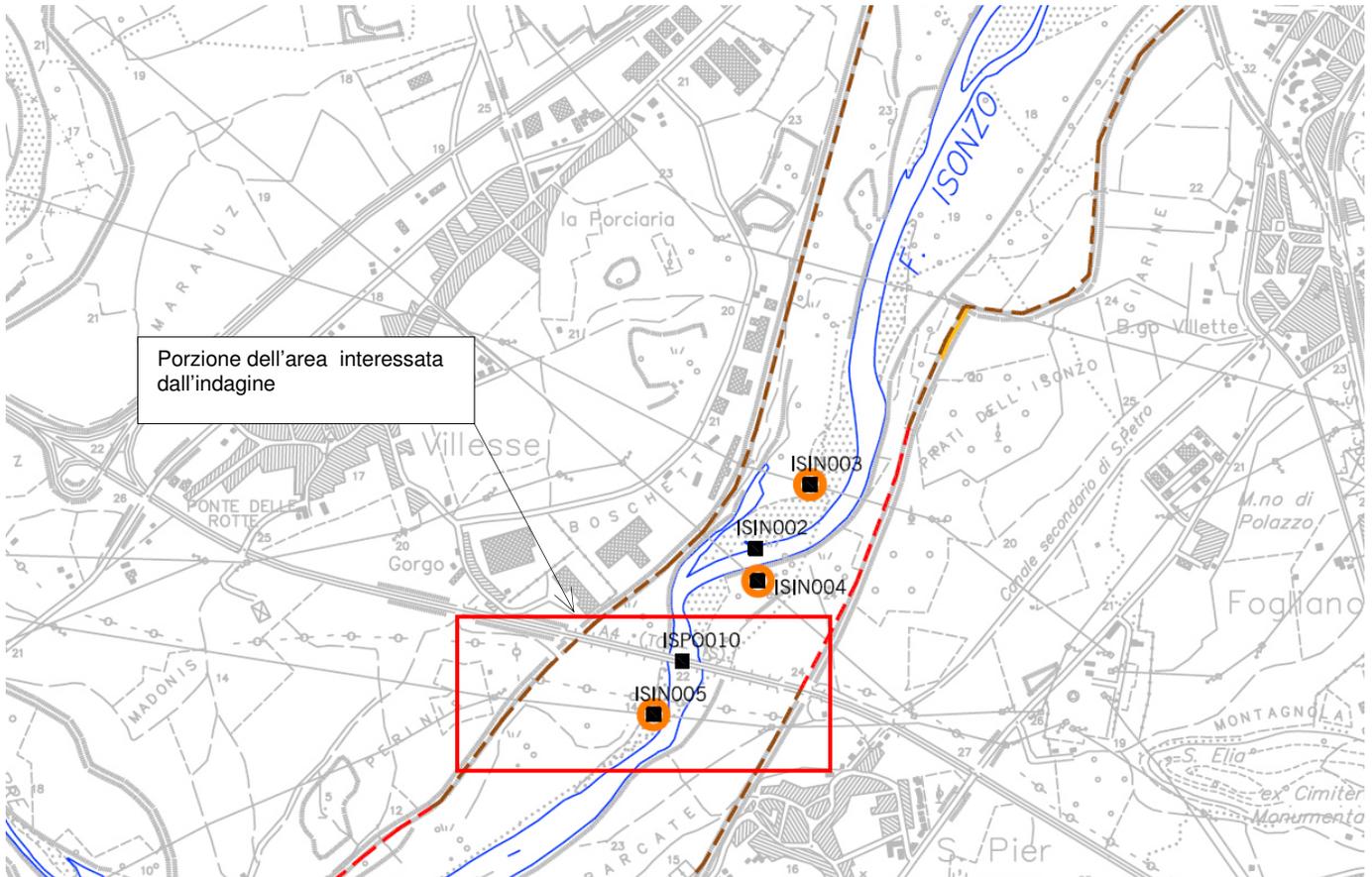


Figura 3.1 – Fiume Isonzo: altezze d'acqua nelle aree allagabili per un evento con tempo di ritorno centenario.

Fig. 3\_6

Ubicazione delle criticità rilevate. Stralcio dalla relazione "Analisi criticità e proposta interventi – Elaborato 4.1

Facendo riferimento all'elaborato 4.2.A "Carta delle criticità" di cui si riporta di seguito lo stralcio (figura 3\_7), per la zona posta immediatamente a valle del ponte autostradale di Villesse, viene indicata una criticità potenziale legata alla erosione al piede delle arginature a causa dell'alveo caratterizzato da elevata mobilità planimetrica nonché, come già evidenziato in precedenza, un fenomeno di erosione localizzata delle pile dei tralicci (figura 3\_5).



Porzione dell'area interessata dall'indagine



**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DI UN PIANO DI MANUTENZIONE DEL FIUME ISONZO**



**LEGENDA**

**SICUREZZA IDRAULICA**

- Tratti arginali soggetti ad esondazione per eventi con Tr = 200 anni
- Tratti arginali con franco di sicurezza inferiore a 1.0 m per eventi con Tr = 200 anni

**SALVAGUARDIA DELLE OPERE DI DIFESA ESISTENTI**

- Criticità potenziali legate all'erosione al piede delle arginature (alveo caratterizzato da elevata mobilità planimetrica)
- Criticità in atto legate all'erosione al piede delle arginature
- Criticità potenziali legate alla stabilità del rilevato (altezze arginali elevate)

**FUNZIONALITÀ E SALVAGUARDIA DELLE INFRASTRUTTURE INERENTI IL SII**

- Criticità dello scarico
- Criticità dello sfioratore di troppo pieno

**TRASPORTO SOLIDO E MORFOLOGIA DELL'ALVEO**

- Erosioni localizzate (pile di tralicci, difese spondali ecc.)
- Accumuli di materiale

ELABORATO N. <b>4.2.A</b>	TITOLO Criticità e interventi
SCALA <b>1:25.000</b>	Carta delle criticità
CODICE DOCUMENTO 07435T04020A_00	Tav. 1/2
FILE 07435T0402_00.dwg	

PROGETTAZIONE  
**BETA studio**  
BETA Studio s.r.l. - via Guido Rossa 29/A  
35020 Ponte S. Nicolò (Padova) ITALIA  
Tel. + 39 049 8961120 - Fax + 39 049 8961090  
info@betastudio.it - www.betastudio.it

**STU DIO**  
edoardo insalaco ingegnere  
Edoardo Insalaco Ingegnere - via del Cottonificio 45/2  
33100 Udine ITALIA  
Tel. + 39 0432 44858  
noests@mail.nauza.it

Fig. 3\_7

Planimetria dell'alveo con indicazione delle criticità

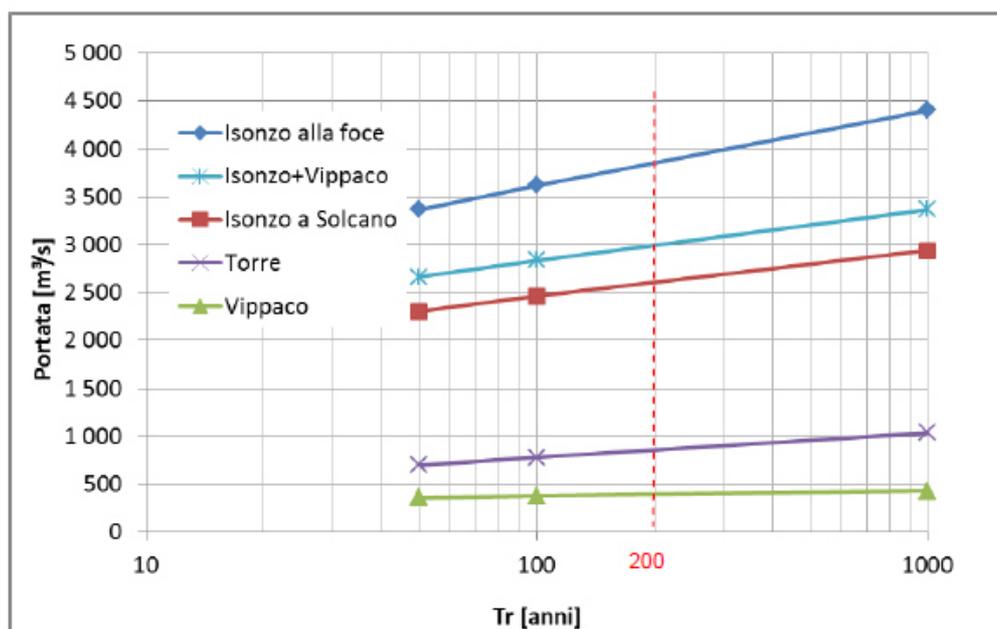
Stralcio dall'Elaborato 4.2.A dello "Studio per la definizione di un piano di manutenzione del Fiume Isonzo" - Carta delle criticità.

Tralasciando gli eventi storici più lontani si richiama quanto riportato dai documenti, relativamente all'evento di piena più recente, risalente al 24 – 25 dicembre 2009. Durante questo evento, sicuramente il più rilevante degli ultimi 50 anni, si raggiunse un valore massimo di portata alla sezione di Salcano di 2288 m<sup>3</sup>/s.

In base ai dati pubblicati dall'Autorità di Bacino, dai documenti forniti, possono essere tratti i seguenti valori di piena riferiti a tempi di ritorno di 50, 100 e 1000 anni.

*Tabella 3.1 – Portate di massima piena per i tempi di ritorno 50, 100, 200 e 1000 anni.*

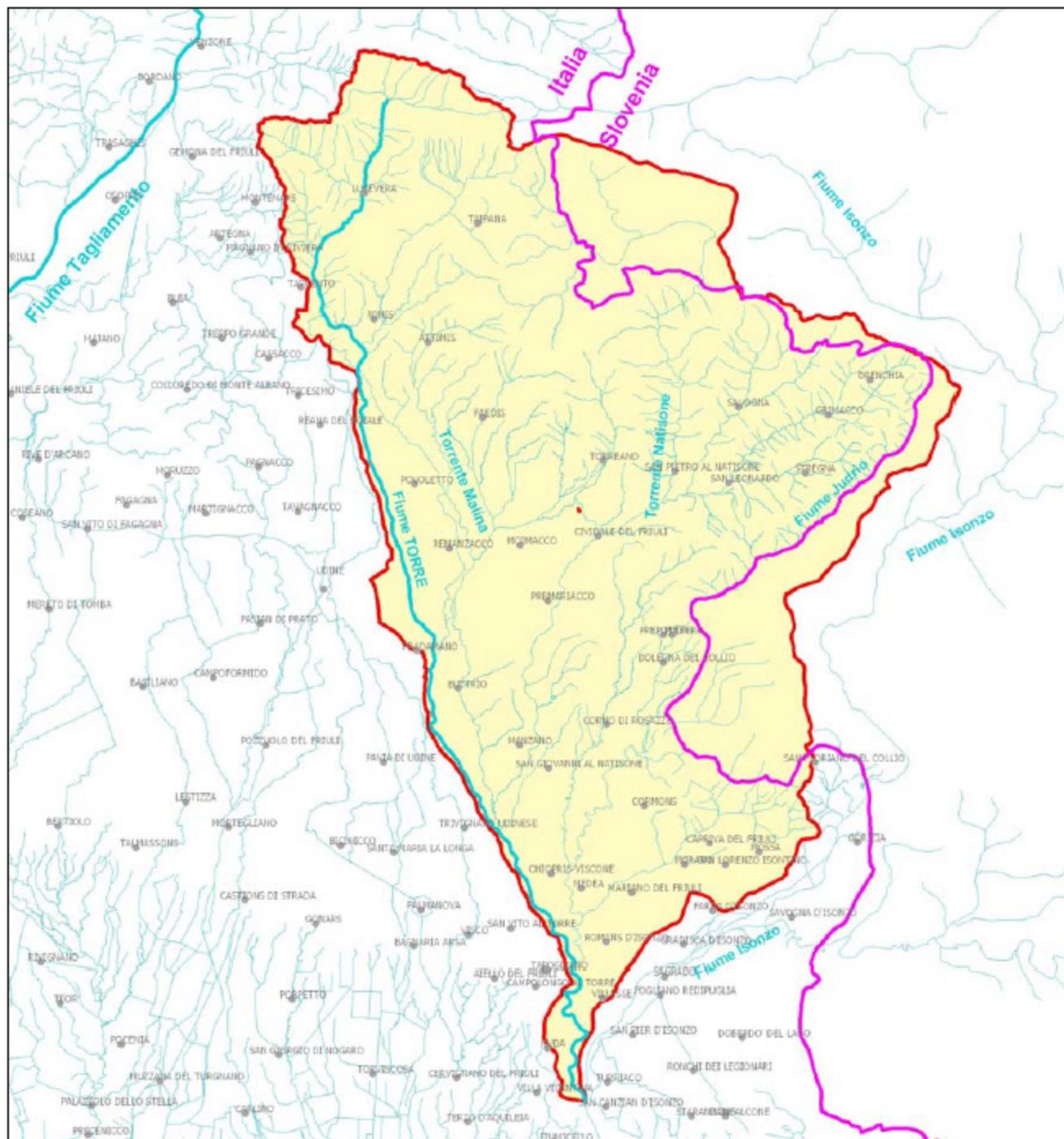
	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>1000</sub>
<i>Isonzo a Solcano</i>	2 303	2 462	2600	2 936
<i>Torrente Vipacco</i>	361	378	394	431
<i>Isonzo a valle della confluenza con il Vipacco</i>	2 664	2 840	2993	3 367
<i>Torrente Torre</i>	701	779	857	1 038
<i>Isonzo alla foce</i>	3 365	3 619	3851	4 406



*Figura 3.1 – Valori delle portate al colmo del fiume Isonzo e dei suoi affluenti principali forniti dall'Autorità di Bacino.*

### Torrente Torre

*Il torrente Torre (Figura 1.1) nasce nella piana dei Musi (situata a nord-est di Gemona del Friuli), ai piedi di un versante montuoso di dolomie calcaree, che separa la suddetta valle dalla valle del Resia, in corrispondenza della sorgente di Tanataviele (500 l/s di portata media).*



**Figura 1.1 – Il bacino del torrente Torre.**

*Il bacino montano del torrente Torre, chiuso in corrispondenza della traversa di Zompitta a circa 170 m s.l.m., ha un'estensione di poco superiore a 160 km<sup>2</sup>.*

*Il limite del bacino è costituito a nord dalla catena dei Monti Musi, ad est si snoda in direzione nord-sud dalla Punta di Montemaggiore alla cima del M. Lauer. Da qui piega verso S-O fino al Passo di Monte Croce e proseguendo sulle colline raggiunge la zone di Zompitta e Savognano. Il limite occidentale si snoda dalla cima del*

*M. Chiampon attraverso il M. Cuarnan fino al M. Campeon poi corre a S-O di Tarcento sulle colline moreniche dell'antico ghiacciaio del Tagliamento fino alla sezione di chiusura.*

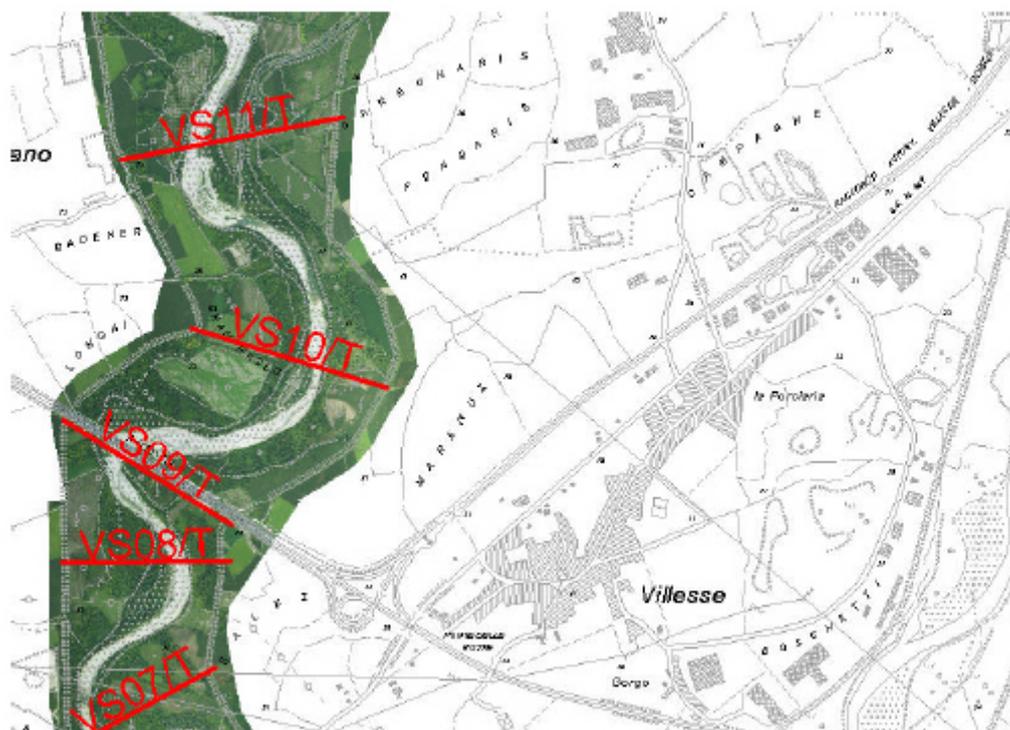
*A valle di Zompitta le acque si perdono, salvo nei periodi di intense precipitazioni, nell'ampio alveo alluvionale che attraversa in direzione N-S la pianura friulana, lambendo ad E al città di Udine, per riemergere nella zona di Campolongo-Ruda dove defluiscono nel fiume Isonzo. Il sistema idrografico del bacino del Torre, che alla confluenza con l'Isonzo sottende una superficie di 1060 km<sup>2</sup>, è complesso ed articolato ed è caratterizzato, oltre che dall'asta principale del Torre, dalle aste degli affluenti di sinistra: il Malina, il Natisone e lo Judrio e dalle aste dei loro principali contribuenti: l'Ellero per il Malina, l'Alberone il Cosizza e l'Erbezzo per il Natisone, Il Corno ed il Versa per lo Judrio.*

*Il sistema nel suo complesso è caratterizzato da due peculiarità:*

- *l'assenza di una vera continuità idraulica tra Torre e Natisone e tra Torre-Natisone e Isonzo;*
- *uno sviluppo pressoché totale del bacino in sinistra idrografica, in quanto l'asta dello stesso Torre, che corre principalmente in direzione nord-sud nella valle friulana orientale, è a diretto contatto con i bacini della valle friulana centrale (Tagliamento, Stella, Corno, ecc...) e costituisce essa stessa la linea di demarcazione dei territori di spaglio del Tagliamento e del sistema Torre- Malina-Natisone.*

Tralasciando tutti gli aspetti strettamente legati alle caratteristiche idrologiche ed idrauliche del bacino del torrente Torre, che sono esaurientemente trattate nello studio citato in precedenza, ai fini dell'obiettivo del presente documento si richiamano esclusivamente gli elementi che possono essere di interesse per la progettazione dell'opera in oggetto.

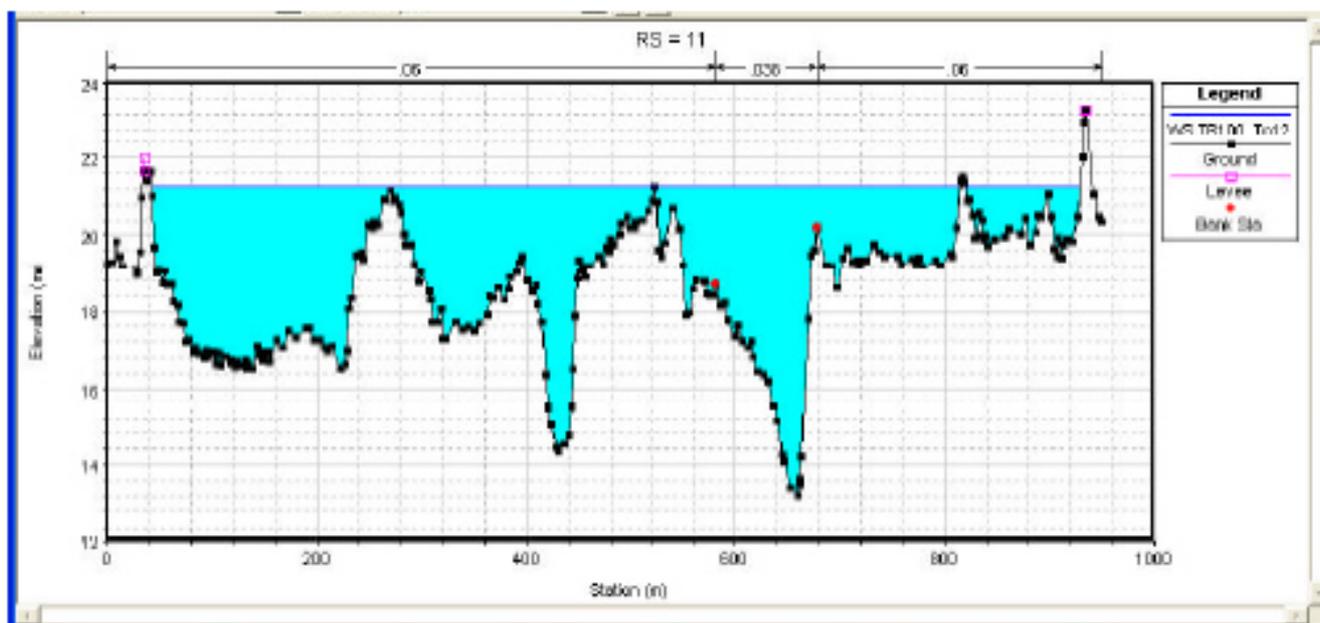
Vengono, quindi, riferiti i dati essenziali nella porzione di area compresa tra la confluenza del Torrente Iudrio e la sezione VS09/T ubicata in corrispondenza del ponte autostradale, poco a ovest di Villesse, come indicato nella successiva figura.



**Figura 3.14 – Torrente Torre alla confluenza con il T. Iudrio**

In questo tratto, lo studio preso a riferimento, indica una situazione di criticità:

*In corrispondenza della confluenza del Torrente Iudrio è presente un tratto in cui il franco arginale risulta notevolmente ridotto. In particolare, in corrispondenza all'argine sinistro della sezione 11, risulta un franco pari a 32 cm (Figura 3.13). In questo tratto un'eventuale esondazione risulterebbe assai pericolosa, sia in connessione ad un possibile fenomeno di cedimento arginale, sia in considerazione della destinazione d'uso delle aree potenzialmente a rischio: aree abitate del comune di Villesse, raccordo autostradale Villesse-Gorizia.*



*Figura 3.13 – Risultato della simulazione idraulica in corrispondenza della sezione 11.*

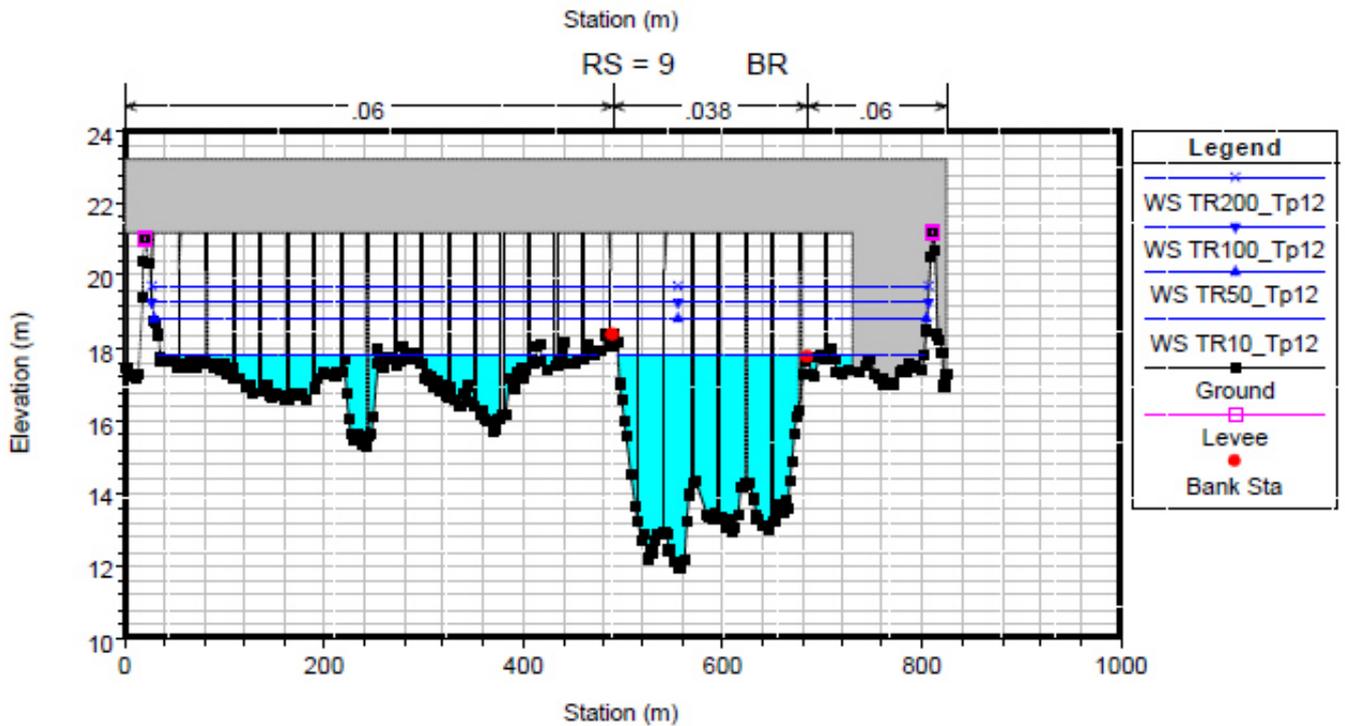
*Un'analisi dello stato attuale del corso d'acqua ha suggerito, come unico intervento efficace, quello di rinforzo e rialzo arginale. Ovviamente tale intervento non comporta una modifica delle condizioni di risposta idraulica del corso d'acqua per cui non è necessario che venga verificato mediante il modello idraulico.*

I valori delle portate di picco nelle diverse sezioni considerate sono stati riportati nella successiva tabella:

*Tabella 2.III – Valore di picco della portata nelle diverse sezioni considerate, al variare del tempo di ritorno dell'evento.*

SEZIONE	Portata di picco [m <sup>3</sup> /s] al variare del tempo di ritorno [anni]						
	2	5	10	20	50	100	200
Torre a Crovis	110	178	231	287	367	434	504
Torre a valle dell'immissione del t. Cornappo	161	267	349	438	567	670	782
Torre a valle dell'immissione del t. Malina	235	401	535	696	932	1128	1338
Torre a valle dell'immissione del t. Natisone	319	660	917	1205	1666	2053	2474
Torre a valle dell'immissione. del t. Iudrico	387	839	1173	1550	2131	2646	3205

Per le successive considerazioni si fa riferimento alla sezione VS09/T ubicata in corrispondenza del ponte autostradale illustrata nella successiva figura stralciata dalla appendice C – Risultati della simulazione idraulica – grafici della Relazione Idraulica – elaborato 4.7.1.



In base ai dati contenuti nello Studio citato, che è stato fornito allo scrivente dalla Amministrazione Regionale, al fine di definire il valore massimo di velocità dell'acqua nella sezione, si è pervenuti ad una stima "grafica" dell'area della sezione di alveo presa a riferimento.

Da quanto si è potuto valutare, risulta un'area approssimativa di 2.700 mq.

Correlando quest'area con la portata di picco con TR 200 anni di 3.205 mc/s della tabella precedente, risulta indicativamente una velocità nella sezione pari a 1,2 m/s .

### 3.3.3 Criticità e Pericolosità Idraulica

L'indicatore di criticità descrive il tipo e l'intensità degli eventi critici e viene associato a tratti del corso d'acqua, arginati o meno, che presentano caratteristiche di omogeneità dal punto di vista della criticità intrinseca.

Nella successiva figura 3\_4 viene rappresentato uno stralcio della Tavola XIV "Carta della criticità idraulica del bacino dell'Isonzo" tratta dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione del febbraio 2012 nella quale viene rappresentato il livello di criticità idraulica che può caratterizzare, localmente, le tratte fluviali di pianura e che può riferirsi allo stato del corso d'acqua da un punto di vista geomorfologico, topografico e infrastrutturale.

Tutti questi elementi sono stati sintetizzati, tratta per tratta, con opportuni criteri; l'*indicatore di criticità C* è stato poi suddiviso nelle seguenti classi:

- per  $C < 14$ ;
- per  $15 < C < 30$ ;
- per  $30 < C < 45$ ;
- per  $C > 45$ .

a ciascuna delle quali è stato infine attribuito un colore, scelto nell'ambito di una scala cromatica che varia dal verde (criticità minima) al rosso (criticità più elevata), come si vede dalla legenda allegata alla Tavola .

Sulla stessa carta del fattore di criticità, sono riportate le aree soggette ad allagamento durante le maggiori piene degli ultimi 120 anni.

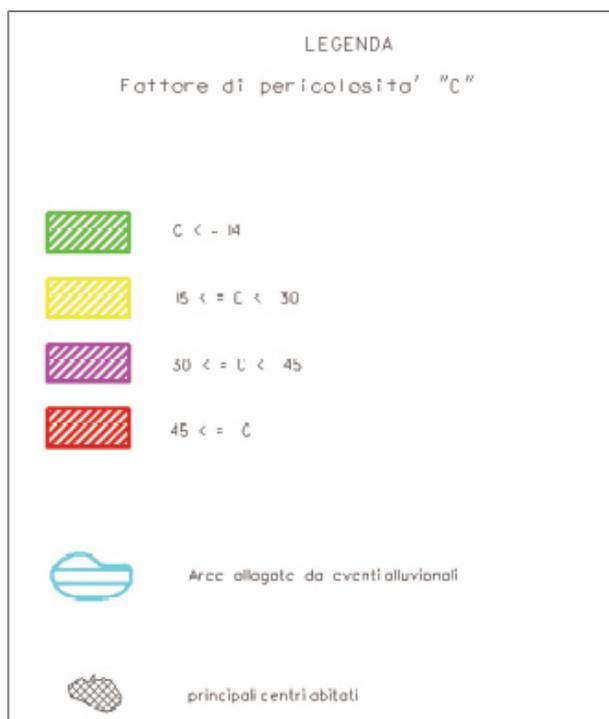
Inoltre nella cartografia è stato riportato, in modo schematico, il tracciato di progetto dell'elettrodotto, l'ubicazione delle Stazioni Elettriche e la posizione di alcuni sostegni significativi.

Come si può vedere il tracciato, tra il sostegno n. 20 (loc. Ialmicco) e n. 38 (poco a nord di Tapogliano), ricade in una porzione di territorio interessata, storicamente, da eventi alluvionali e conseguenti allagamenti.

Proseguendo in direzione di Redipuglia il tracciato tra il sostegno n. 38 ed il sostegno n. 44 ricade in una fascia di territorio in cui l'Autorità di Bacino ha evidenziato un fattore di criticità C compreso tra 30 e 45.

Nel tratto tra i sostegni n. 44 e n. 49, viene indicato un fattore di criticità C compreso tra 15 e 30.

Infine nel tratto compreso tra il sostegno n. 49 e l'alveo del Fiume Isonzo si ricade in un'area allagata da eventi alluvionali storici.



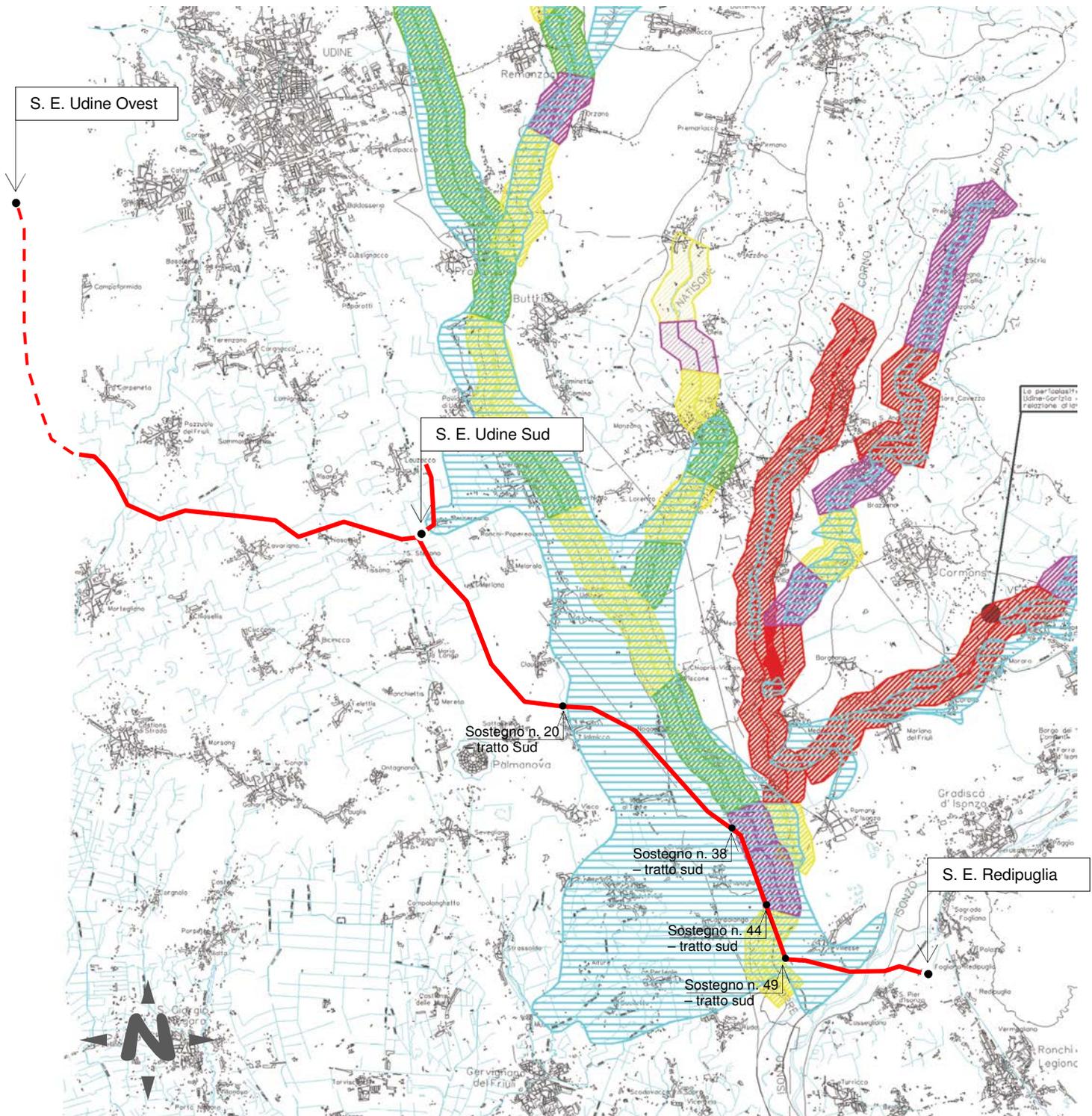


Fig. 3\_4

Carta della criticità idraulica del bacino dell'Isonzo. Dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Tavola XIV. Con la linea rossa viene indicato in modo schematico il tracciato del nuovo elettrodotto

La *pericolosità idraulica* o *pericolosità da alluvione* si identifica come la probabilità di accadimento di un evento alluvionale in un intervallo temporale prefissato e in una certa area (art. 2 del D.Lgs.49/2010).

Al fine di pervenire ad una caratterizzazione della pericolosità il più possibile completa ed esaustiva, nel Progetto di P.A.I. è stato dato mandato alle Regioni di provvedere alla perimetrazione e classificazione delle aree di pericolosità idraulica, con specifico riguardo al reticolo idrografico di montagna ed in generale ai territori di bacino non ancora cartografati:

- classificando, se non note le caratteristiche del fenomeno, le aree storicamente allagate come aree di media pericolosità P2.

- individuando comunque una fascia a pericolosità elevata P3, in adiacenza al corso d'acqua, costituita dalla porzione di terreno posta ad una quota (*Hmax fascia*) al massimo di 2 m superiore alla quota del ciglio della sponda (*Hciglio sponda*) ovvero, in caso di argine, alla quota del piede dell'argine a lato campagna (*Hpiede argine*). La larghezza *L* di questa fascia deve essere minore o uguale al doppio della larghezza dell'alveo (*Lalveo*) o alla dimensione massima di 100 m.

- individuando, in casi particolarmente critici e segnatamente lungo i corsi d'acqua a carattere torrentizio, le zone eventualmente interessate da importanti fenomeni di erosione e classificandole a pericolosità molto elevata P4.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico all'art. 4 delle N.T.A. e sulla base delle conoscenze acquisite e dei principi generali contenuti nella normativa vigente, classifica i territori in funzione delle diverse condizioni di pericolosità:

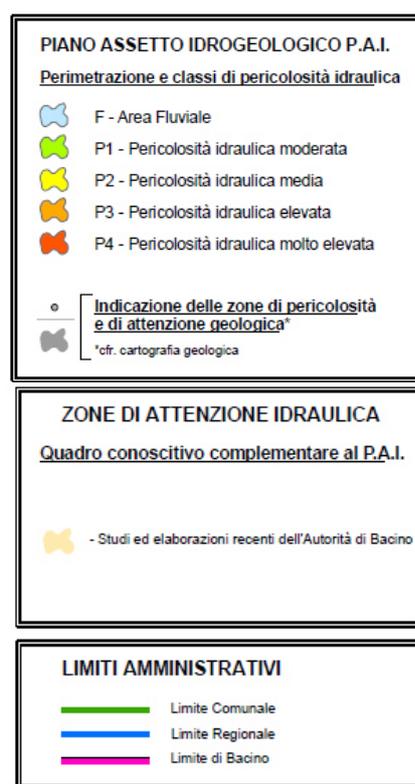
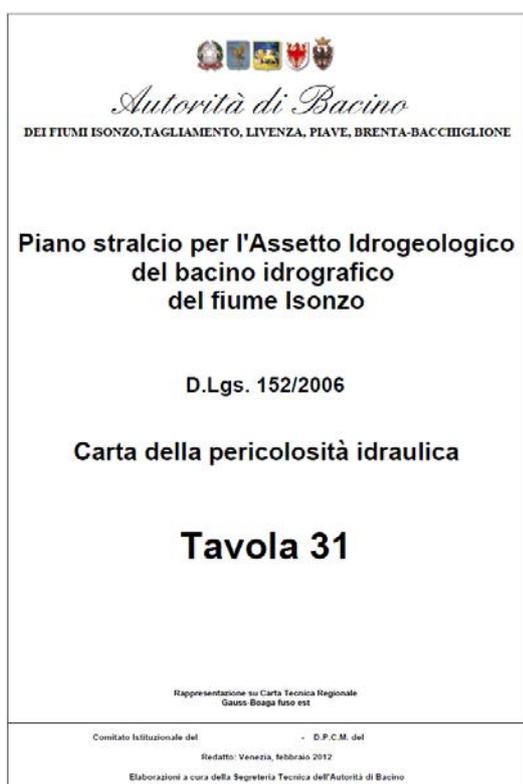
P4 (pericolosità molto elevata)

P3 (pericolosità elevata)

P2 (pericolosità media)

P1 (pericolosità moderata)

Nella successiva figura 3\_5, ottenuta dall'unione delle Tavole 30, 31, 34parte, 35parte "Carta della pericolosità idraulica" della Autorità di Bacino, viene evidenziata la porzione di territorio che rientra nelle competenze dell'Autorità stessa, interessata dal tracciato del nuovo elettrodotto in progetto e la correlata legenda.



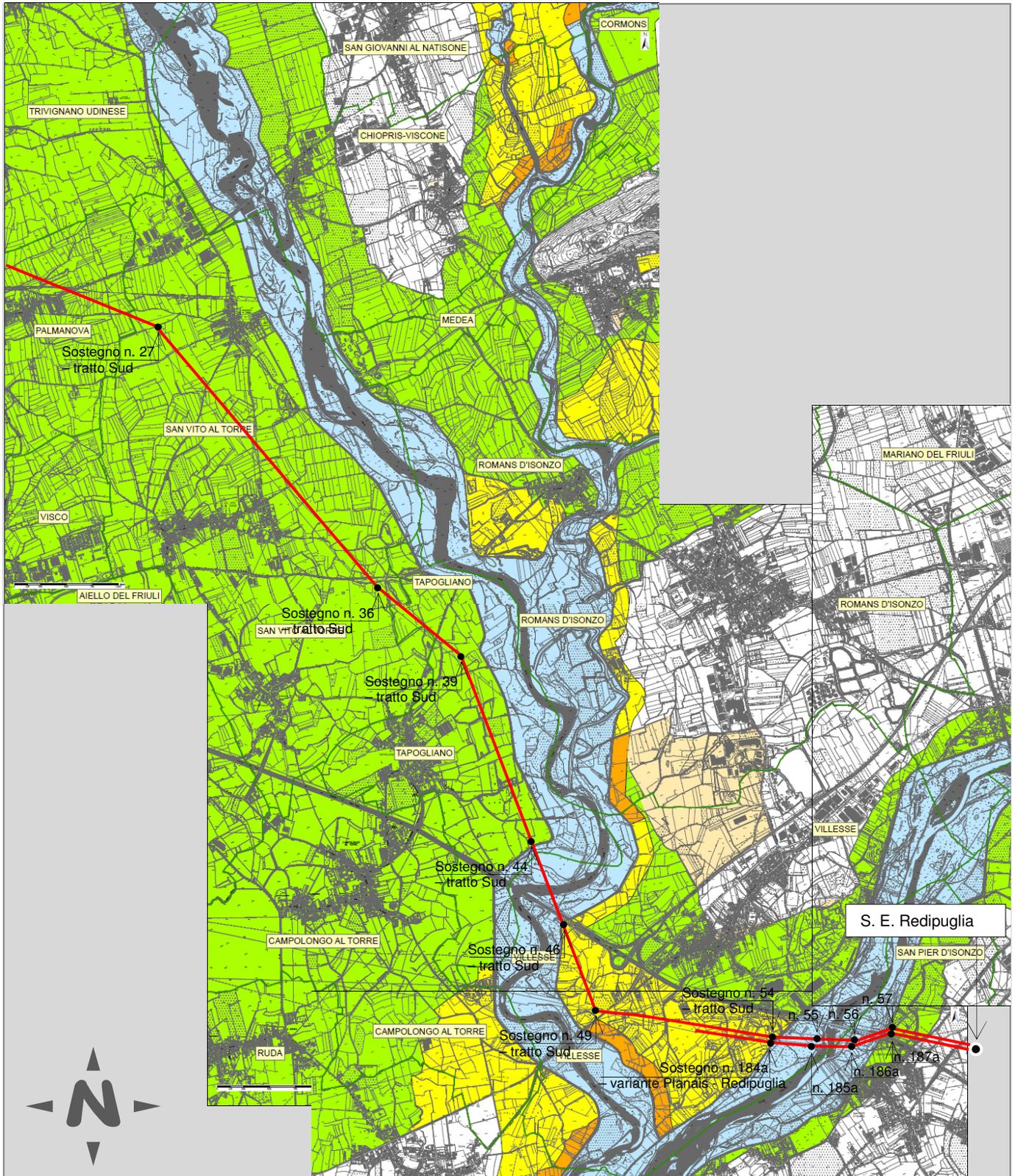


Fig. 3\_5

Carta della Pericolosità idraulica del bacino dell'Isonzo. Dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Tavole 30, 31, 34, 35. Con la linea rossa viene indicato in modo schematico il tracciato del nuovo elettrodotto

Come si vede dalla figura, partendo dalla Stazione Elettrica di Redipuglia, il tracciato di progetto interferisce per un breve tratto in corrispondenza del sostegno n. 57- tratto Sud e adiacente 187a -variante Planais Redipuglia, con una fascia di territorio classificata P 1 – Pericolosità idraulica moderata. Nell'area dell'alveo fluviale ricadono i sostegni n. 56 e n. 55 del tratto Sud e i sostegni n. 186a e 185a della variante Planais Redipuglia.

Dopo l'attraversamento del Fiume Isonzo, tra il sostegno n. 54 e il n. 46, il territorio è classificato P2 – Pericolosità idraulica media; oltre il Torrente Torre dopo il sostegno n. 44 l'intera fascia di territorio impegnata rientra nella classificazione P1 - Pericolosità idraulica moderata.

In nessun caso il tracciato di progetto interessa aree dove la pericolosità è elevata o molto elevata.

Poco oltre l'abitato di Palmanova, in direzione ovest, il tracciato esce dal territorio di competenza dell'Autorità di Bacino per entrare nella competenza del Consorzio di Bonifica Ledra – Tagliamento; l'esame delle documentazioni tecniche di questo Ente non evidenzia la presenza di elaborati di valenza simile a quella fin qui esaminata.

### 3.4 Idrogeologia

(Elementi tratti dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Friuli Venezia Giulia).

La Regione Friuli Venezia Giulia si sviluppa su un territorio fisiograficamente eterogeneo, caratteristica che identifica anche le diverse province idrogeologiche.

Spostandosi da nord a sud, si riconoscono le grandi strutture alpine (alpi e prealpi, carniche e giulie), costituite da rocce principalmente di origine sedimentaria con diverse tipologie geologiche ed idrogeologiche ove si sviluppa un vasto sistema di sorgenti montane.

Scendendo verso sud, nell'area centrale della Regione si incontra il Campo di Gemona- Osoppo, una vasta piana con granulometria piuttosto grossolana e permeabile nella parte più settentrionale, che diventa via via molto fine avvicinandosi all'anfiteatro morenico, ultimo testimone delle passate glaciazioni, caratterizzato in maggior parte dalla presenza di materiali con abbondante matrice limoso-argillosa, poco o per nulla permeabili.

Proseguendo si sviluppa l'ampia pianura alluvionale che abbraccia praticamente tutta la regione da ovest ad est, suddivisa in alta e bassa pianura.

L'*alta pianura* è costituita da sedimenti a granulometria piuttosto grossolana, con buona permeabilità che permettono la rapida infiltrazione delle acque meteoriche e delle perdite di fluviali di subalveo che vanno ad alimentare la falda freatica. Via via che la granulometria diminuisce, si assiste alla venuta a giorno di parte delle acque della falda freatica nella zona della fascia delle risorgive.

A sud di tale fascia ovvero nell'area di *bassa pianura*, si ritrovano in profondità confinate da orizzonti impermeabili lenti di materiali più permeabili che costituiscono un complesso sistema multifalda artesiano sviluppato sino al substrato prequaternario.

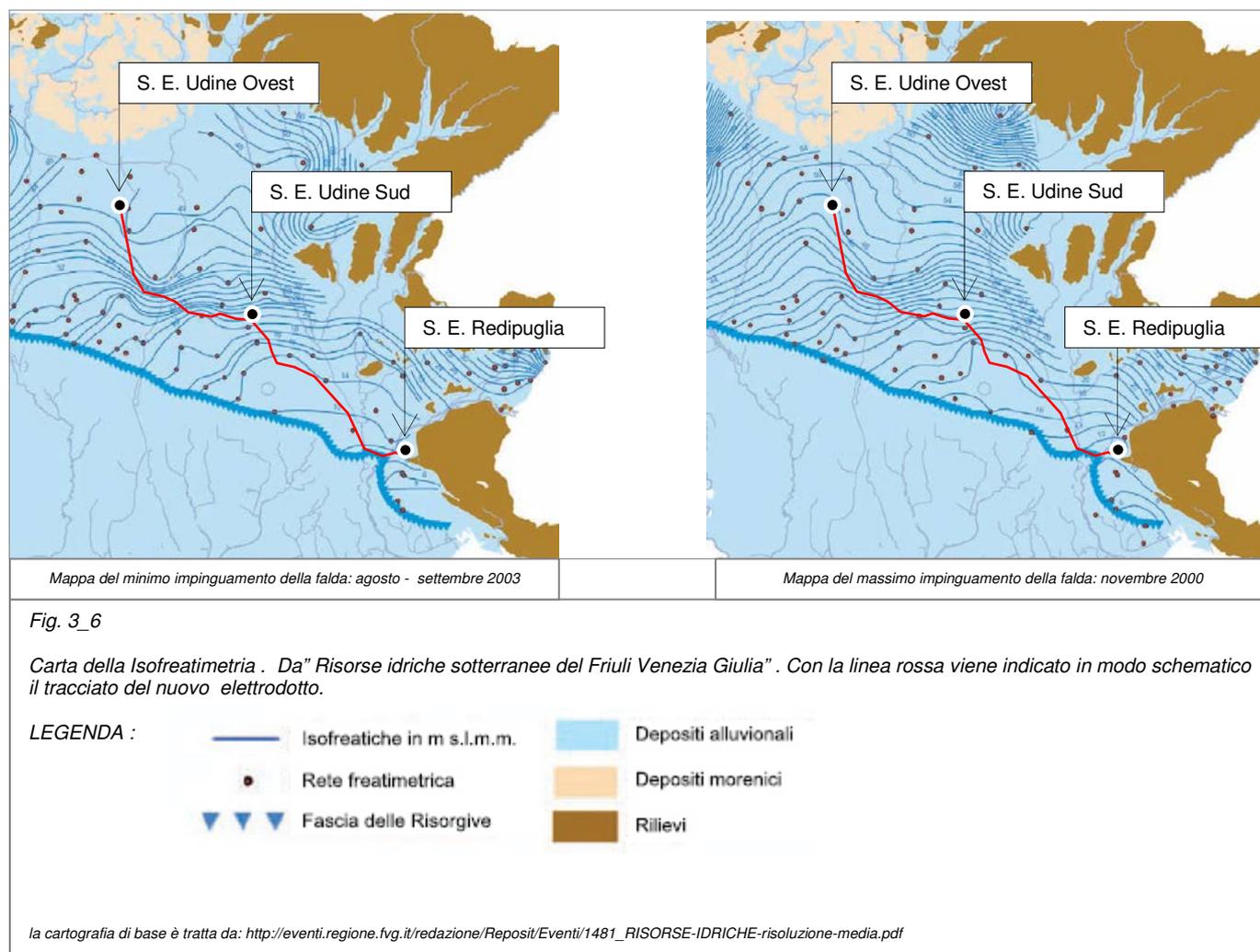
In bassa pianura si segnala inoltre in diverse zone la presenza di un falda freatica locale, limitata sia come estensione che come potenza, associata a livelli permeabili superficiali.

L'area dell'alta pianura è caratterizzata da depositi grossolani in prevalenza ghiaiosi, con livelli più o meno cementati (talora conglomeratici) e livelli sabbiosi, risultato della passata deposizione fluviale e fluvio-glaciale nonché dall'apporto dei conoidi degli attuali corsi d'acqua.

In questo notevole materasso alluvionale si instaura una vasta falda freatica, alimentata dalla infiltrazione efficace delle precipitazioni meteoriche e dalle perdite in subalveo dei fiumi regionali. Un contributo sensibile proviene inoltre dagli apporti derivanti dall'anfiteatro morenico e delle aree prealpine. La granulometria dei depositi mostra una percentuale media di ghiaia pari al 65-70%, ciò permette di ritrovare valori di permeabilità che vanno da 10-2 m/s in alveo, ai 10-3~10-4 m/s nei primi metri dal piano campagna, valori che ritroviamo in profondità in orizzonti ghiaiosi o di conglomerati fratturati, fino ai 10-5 m/s delle ghiaie sabbioso-limose.

La notevole permeabilità, associata alla variazione stagionale sia dell'alimentazione da parte dei corsi d'acqua sia degli apporti meteorici, comporta una estrema variabilità del livello piezometrico della falda freatica nell'alta pianura, così da presentare un gradiente idraulico con pendenza variabile dal 5‰ nella zona a ridosso dei rilievi allo 1‰ nella zona subito prospiciente la fascia delle risorgive, attestando una pendenza media intorno al 2~3‰.

La soggiacenza della falda freatica è normalmente elevata nelle zone subito a valle dei rilievi montuosi, particolarmente nell'alto pordenonese, ove la profondità dell'insaturo arriva ad oltre 100 m, e comunque mediamente attorno ai 60-80 m nella fascia settentrionale. (figura 3\_6)



### 3.5 Sismica

Il territorio occupato dalla regione Friuli Venezia Giulia può essere considerato di moderata sismicità. Analizzando la distribuzione della sismicità sia storica che recente si vede come gli eventi sono concentrati nella fascia di rilievi della pedemontana a sud, fino alla parte più interna della catena a nord e in senso longitudinale si trovano dalla zona del gemonese fino a comprendere la Carnia e le Dolomiti friulane. I dati macrosismici relativi ai terremoti storici e le localizzazioni automatiche di eventi recenti suggeriscono che la maggior parte dei terremoti che hanno colpito la regione fino ad ora sono piuttosto superficiali.

Il più forte terremoto che ha colpito la regione e la confinante Slovenia Occidentale e di cui si abbia memoria è l'evento del 26 marzo 1511 con zona epicentrale Idrija, ad una cinquantina di km dal confine con il Friuli. Un altro evento che in precedenza si è generato nella regione è l'evento del 1348 che colpì la Carnia (epicentro) e distrusse gran parte della regione ma anche della Carinzia.

Gli eventi più forti che hanno colpito il territorio, negli ultimi decenni sono, il terremoto del Friuli del 6 maggio 1976 (MS = 6.5) e quello di Moggio del 14 febbraio 2002 (MI = 4.9). Al di fuori della regione, da menzionare la sequenza di Bovec-Krn del 1998 (Ms = 5.7) e l'evento del 2004 con medesima zona epicentrale.

Il terremoto del Friuli è l'evento più forte registrato nell'Italia nord-orientale. Il sisma principale fu preceduto da un precursore (MS = 4.5) e fu seguito da una lunga serie di repliche. In particolare, due di queste accadute il 15 settembre '76 furono molto forti (MS = 6.0 e 6.1), (figura 3\_7).

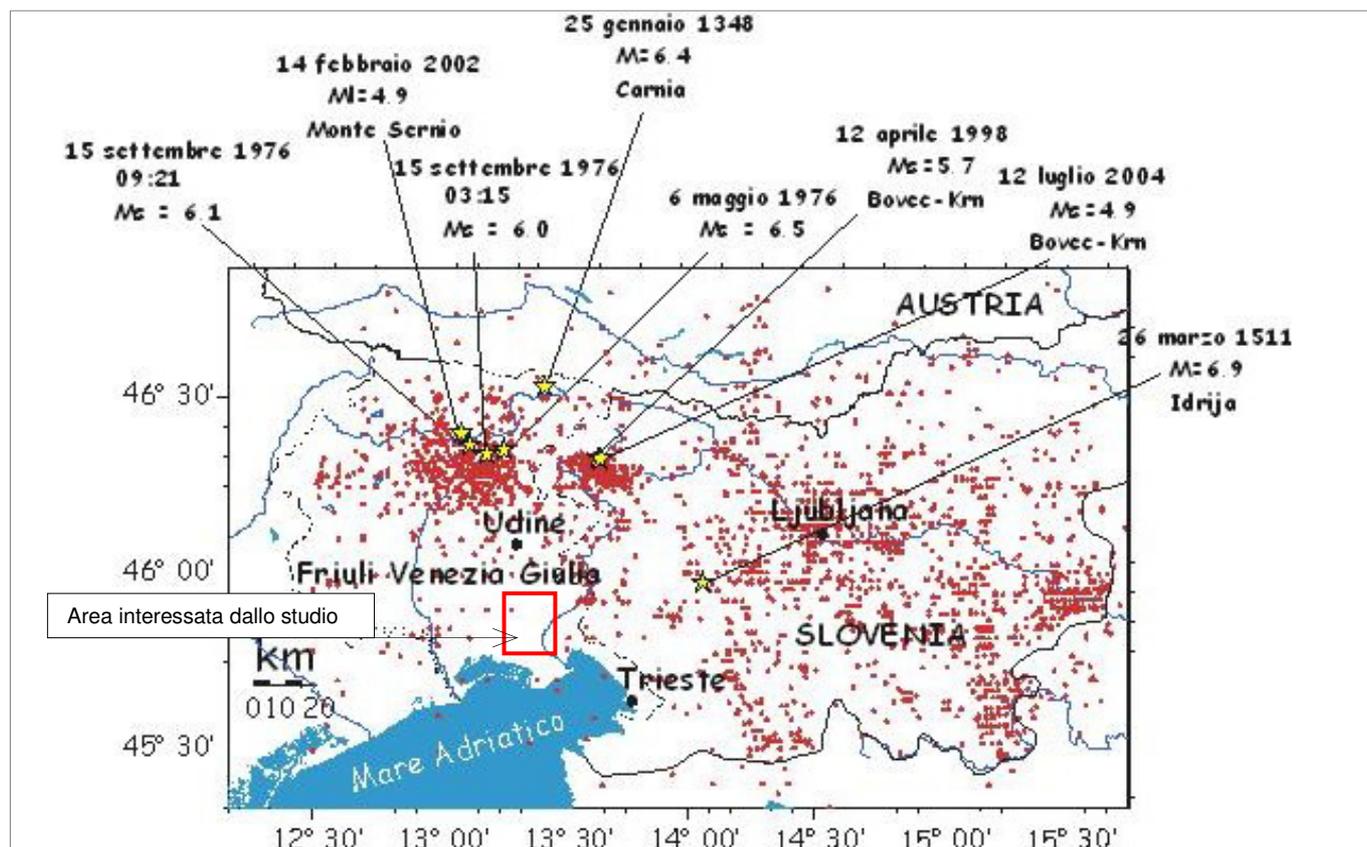


Fig. 3\_7

Carta degli epicentri nel periodo 567 - 2004 . Per il NE Italia: catalogo da [www.inogs.it](http://www.inogs.it). Per la Slovenia: catalogo dall'ARSO.

la cartografia di base è tratta da: [http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/default.aspx/218-rischio\\_sismico.htm](http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/default.aspx/218-rischio_sismico.htm)

La classificazione sismica vigente in Italia è disciplinata dalla **Legge n. 64 del 2/02/1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"**. Con questa legge si è avviata la codifica delle norme tecniche antisismiche differenziate per grado di sismicità.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 845 del 06/05/2010, pubblicata sul Bollettino Ufficiale n. 20 del 19/05/2010, la Regione Friuli Venezia Giulia ha dato attuazione al dettato dell'art. 3, comma 2, lettera a) della L.R. 16/2009 "Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio", provvedendo alla classificazione sismica del territorio regionale, assegnando ciascun Comune ad una zona sismica ed individuando l'area di alta e bassa sismicità di appartenenza, come riportato nell'allegato 1 alla Deliberazione stessa.

Nella successiva figura 3\_8 sono individuati i territori comunali interessati dal progetto; come si vede, il territorio comunale di Campoformido è fatto rientrare nella zona sismica 2 (Alta Intensità) mentre tutti i rimanenti comuni ricadono nella zona sismica 3 (Bassa intensità).

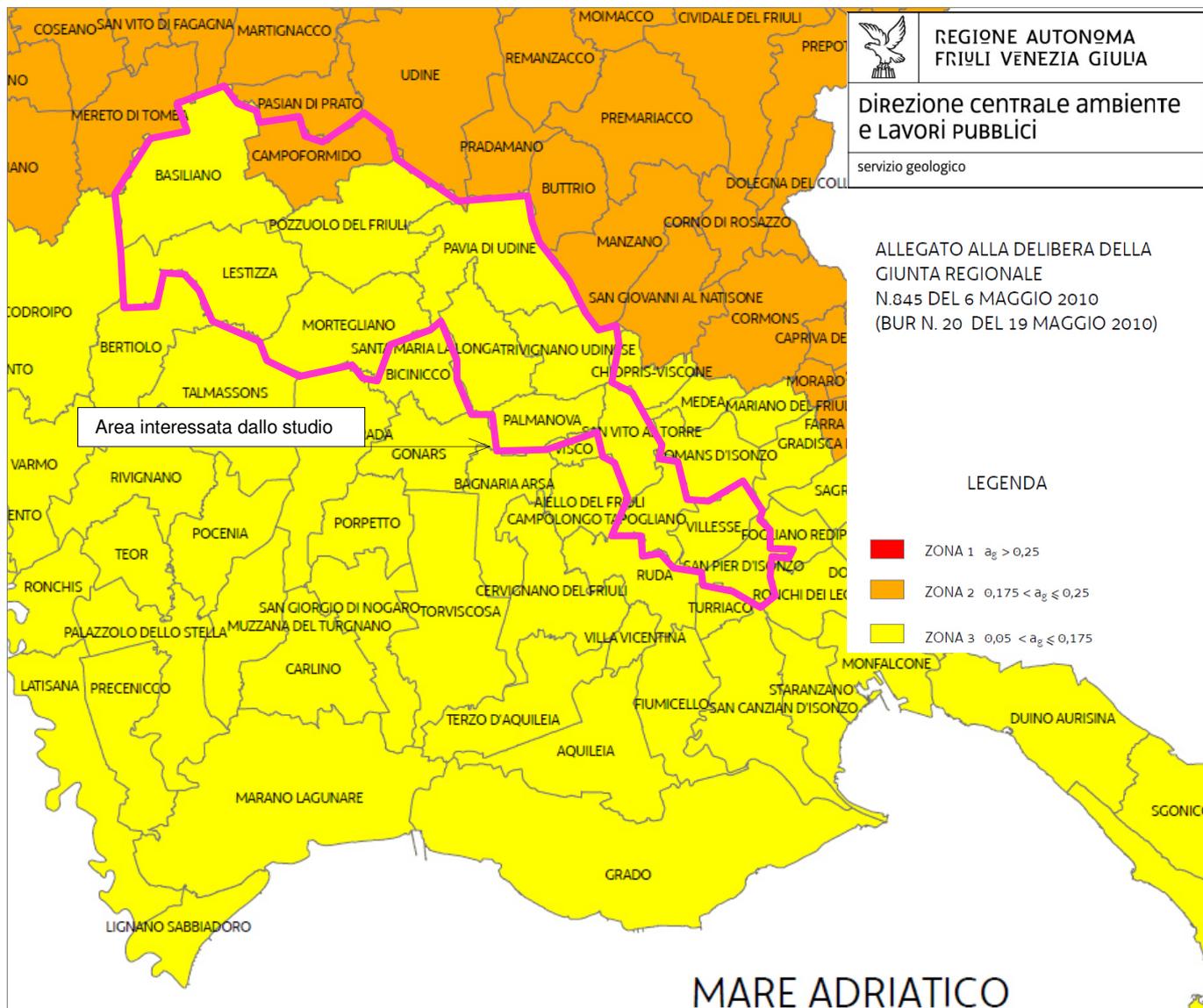


Fig. 3\_8

Classificazione sismica dei comuni interessati da progetto.

la cartografia è tratta da [http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/GetDoc.aspx/54033/rsism\\_Zone%20sismiche%20FVG\\_DGR845\\_2010.pdf](http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/GetDoc.aspx/54033/rsism_Zone%20sismiche%20FVG_DGR845_2010.pdf)

	Ord. 3274 2003	Acc. Prev. Prob. Sup. 10%
Basiliano	3	0,05 - 0,175 g
Campoformido	2	0,175 - 0,25 g
Pozzuolo del Friuli	3	0,05 - 0,175 g
Lestizza	3	0,05 - 0,175 g
Mortegliano	3	0,05 - 0,175 g
Pavia di Udine	3	0,05 - 0,175 g
Santa Maria la Longa	3	0,05 - 0,175 g
Trivignano Udinese	3	0,05 - 0,175 g
Palmanova	3	0,05 - 0,175 g
San Vito al Torre	3	0,05 - 0,175 g
Tapogliano	3	0,05 - 0,175 g
Villesse	3	0,05 - 0,175 g
S. Pier d'Isonzo	3	0,05 - 0,175 g

Il D.M. 14 gennaio 2008 definisce la nuova classificazione sismica sul territorio nazionale e i criteri di applicazione sulla base della Mappa di Pericolosità sismica elaborata dall'INGV che esprime la pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/sec; Cat. A),

Nella successiva figura 3\_9 vengono individuati i valori di pericolosità sismica per il territorio della Regione Friuli Venezia Giulia.

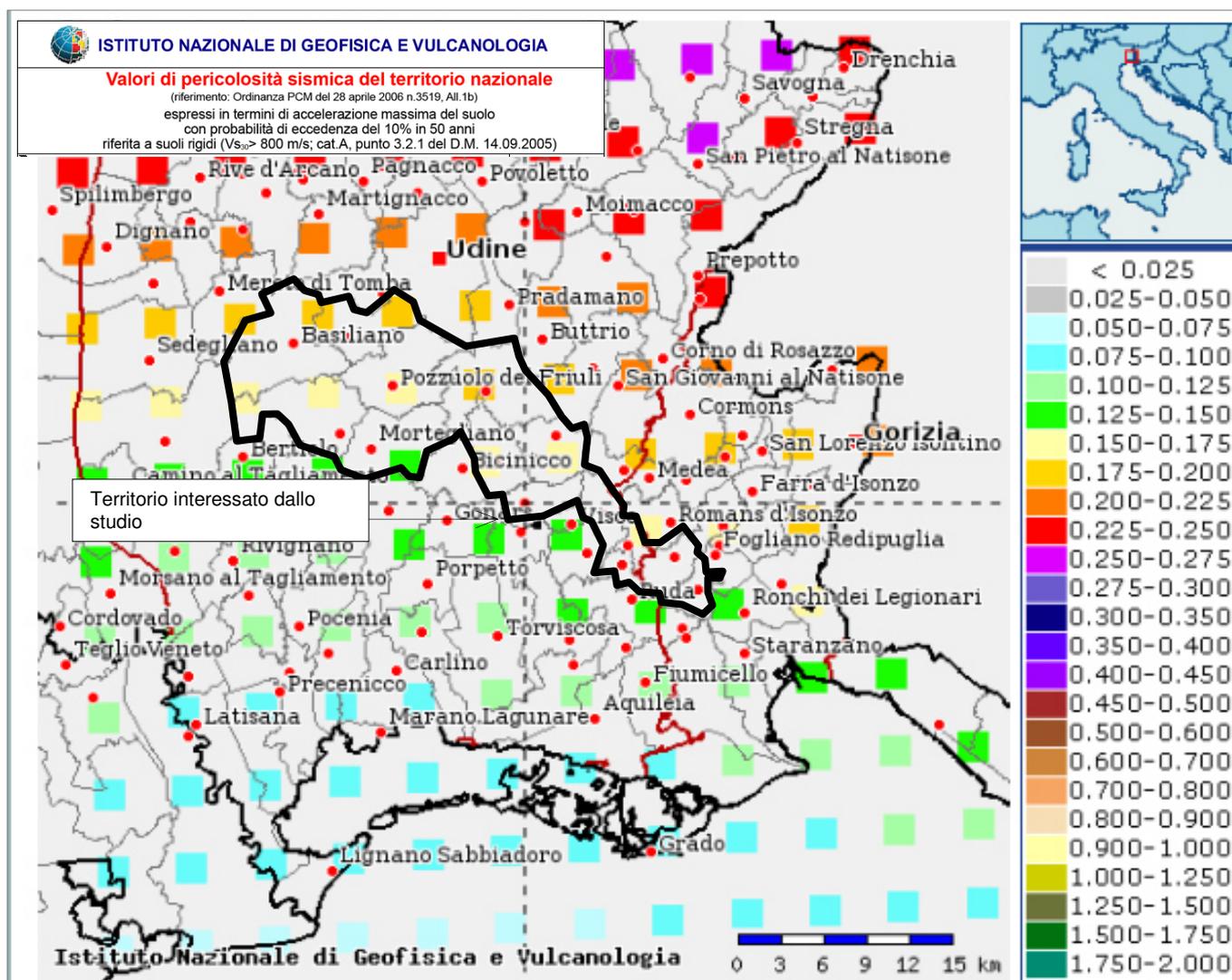


Fig. 3\_9

Pericolosità sismica della Regione Friuli Venezia Giulia.

la cartografia è tratta da <http://www.mi.ingv.it/pericolosita-sismica/>

Dal documento si evince che il territorio interessato è compreso tra “nodi” caratterizzati da valori di 0,175-0,200 g nella porzione settentrionale, da valori di 0,125-0,150 g all'estremità sud-orientale, mentre la massima parte del tracciato si sviluppa tra i nodi caratterizzati da valori di 0,150-0,175 g.

Per definire la pericolosità sismica dell'area, sono stati consultati i cataloghi sismici redatti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), riportanti la distribuzione spazio-temporale dei terremoti avvenuti; in particolare si è fatto riferimento a:

- Catalogo DOM4.1 (Monachesi e Stucchi, 1997);
- Catalogo NT4.1 e NT4.1.1 (Camassi e Stucchi, 1996, 1992);
- Catalogo dei forti terremoti italiani CFTI1 e CFTI2 (Boschi et al, 1997; Boschi et al., 2000);
- Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI99 e CPTI04 (Gasperini et al., 1999 e 2004);
- DBMI04 e DBMI08 il database macrosismico utilizzato per la compilazione di CPTI04 e CPTI08.

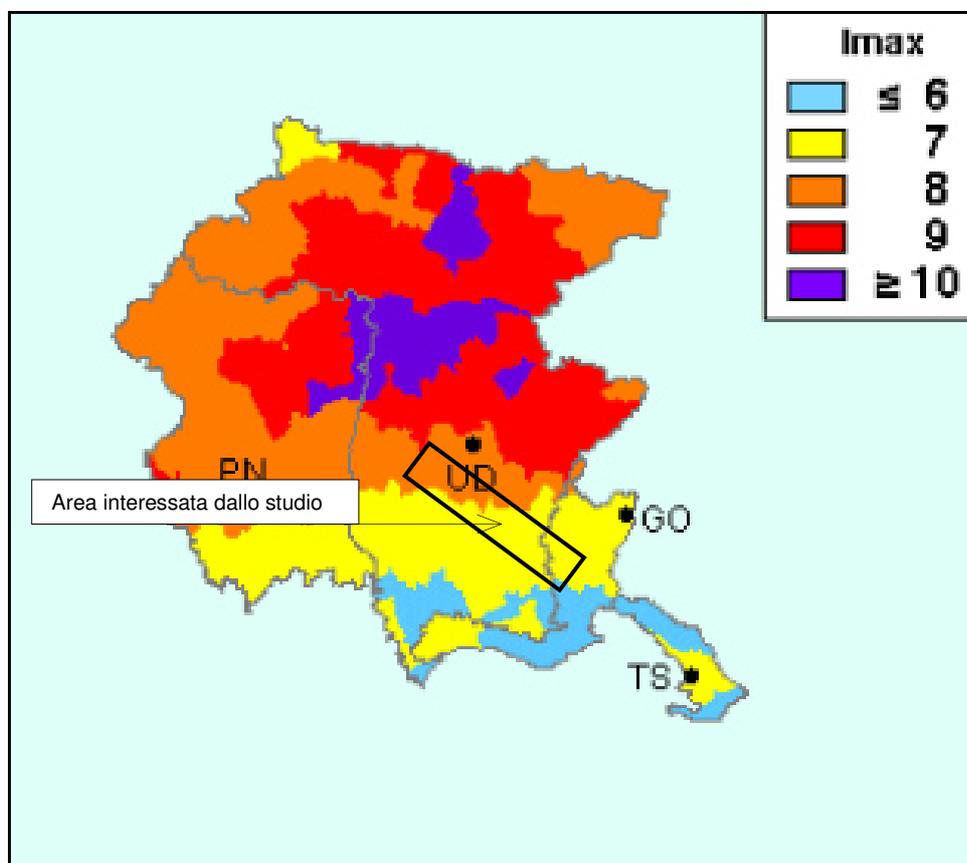
Come detto in precedenza la porzione del territorio regionale interessata dal progetto è caratterizzata da una sismicità moderata. Nel complesso si può affermare che le informazioni disponibili dalla consultazione dei cataloghi sismici, redatti al fine del calcolo della pericolosità, delineano un quadro in cui la pericolosità appare determinata dal contemporaneo apporto di eventi di media/bassa magnitudo con brevi distanze epicentrali e di eventi di maggiori dimensioni localizzati a distanze epicentrali maggiori.

Nella successiva figura 3\_10 viene riportata la mappa che rappresenta le massime intensità macrosismiche sul territorio regionale. Si nota che la parte più settentrionale del territorio in cui si sviluppa il tracciato è interessata da una intensità = 8 mentre la parte centrale e meridionale da una intensità = 7.

Fig. 3\_10

Carta delle massime intensità macrosismiche della Regione Friuli Venezia Giulia.

## Friuli-Venezia Giulia



la cartografia è tratta da  
<http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html>

## 4. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

### 4.1 Campagna di indagini geognostiche

Ai fini della caratterizzazione del sito e della determinazione dei principali parametri geologici e fisici dei terreni si è operato secondo il seguente piano di lavoro:

- 1) sopralluogo sull'area per prendere conoscenza di tutti gli elementi direttamente collegati con l'indagine;
- 2) verifica dello stato di conservazione degli edifici immediatamente adiacenti e della eventuale presenza di dissesti imputabili ai terreni di fondazione;
- 3) analisi della bibliografia contenente dati riferiti alla zona in oggetto;
- 4) analisi dei risultati della indagine geognostica eseguita ed articolata in:
  - n° 130 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) e n°21 prove penetrometriche statiche (CPT), spinte fino al rifiuto dell'avanzamento – **Elaborato codice RECR10001CGL00105.**
  - n° 29 sondaggi a carotaggio continuo, di cui 25 spinti fino alla profondità di 20,0 metri dal piano di campagna attuale e 4 fino alla profondità di 30 metri – **Elaborato codice RECR10001CGL00106.**
  - n° 10 indagini di sismica passiva a stazione singola con metodologia HVSR - **Elaborato codice RECR10001CGL00107.**

Le prove penetrometriche dinamiche sono state eseguite mediante penetrometro dinamico superpesante tipo "Emilia", con le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio : 63,5 kg
- caduta del maglio : 75 cm.
- sezione della punta : 20 cmq
- peso delle aste : 6,2 kg/ml

Nel corso della prova è stato rilevato il numero dei colpi di maglio necessari per ottenere una infissione della punta di 20 cm.; la documentazione è costituita da un istogramma riportante in ascisse il numero N dei colpi e in ordinate le profondità.

La definizione analitica dei principali parametri dei terreni indagati, è stata desunta attraverso l'interpretazione dei diagrammi penetrometrici dinamici eseguiti. Il principio si basa sul fatto che l'energia di infissione è proporzionale ad N e quindi è possibile risalire alla consistenza dei terreni coerenti e al grado di addensamento di quelli incoerenti.

Le prove penetrometriche statiche sono state eseguite mediante penetrometro statico dotato di spinta verticale di 200 KNw e attrezzato con punta meccanica tipo Begemann che dispone di una punta conica con apertura di 60° e manicotto laterale con una superficie di 150 cmq. Le aste cave che compongono la batteria di perforazione, con diametro di 36 mm., sono dotate di anello allargatore per diminuire l'attrito laterale che il terreno può esercitare in particolare in presenza di terreni maggiormente argillosi. Le prove sono state eseguite utilizzando una velocità di infissione non superiore a 2 cm/secondo. Nel corso della prova sono state rilevate, ogni 20 cm. di profondità, la resistenza alla penetrazione di punta e il valore dell'attrito laterale sul manicotto.

La documentazione consiste nella resa su grafico dei seguenti parametri:

- la progressione della resistenza alla penetrazione della punta in kg/cm<sup>2</sup> per ogni strato di spessore pari a 0,20 m;
- l'attrito sul manicotto laterale in kg/cm<sup>2</sup> per ogni strato;
- il grafico di Rp/Rl che consente di definire le litologie attraversate e la classificazione orientativa dei terreni secondo Schmertmann (1978).

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti mediante due sonde a rotazione, una sonda Ellettari EK 1000 montata su trattore ed una sonda Ellettari EK 650 C montata su carro cingolato, usando per la perforazione carotieri semplici del diametro di 101 mm, seguiti per l'intero sviluppo, da tubi di rivestimento provvisorio del diametro di 127 mm, per impedire franamenti nei fori di sondaggio.

Durante l'esecuzione dei sondaggi, in avanzamento di perforazione, sono state eseguite, per ogni sondaggio, 3 prove Standard Penetration Test i cui risultati numerici sono riportati nell'elaborato **codice RECR10001CGL00106**.

Per quanto riguarda le caratteristiche dell'apparecchiatura per l'esecuzione delle prove geofisiche si rimanda alle specifiche relazioni tecniche, elaborato **codice RECR10001CGL00107**.

Nella successiva tabella sono state riassunte tutte le prove geognostiche eseguite, la numerazione distintiva correlata al rispettivo sostegno di riferimento e le profondità di indagine raggiunte.

	N° sostegno	Prova DPSH	Prova CPT	Sondaggio	Geofisica
		Prof. di prova	Prof. di prova	Prof. di prova	
	1	4,40	-	20,0	
	2	4,60	-		Prova 2
	3	3,60	-		
	4	4,60	-		
	5	3,20	-		
	6	6,40	-		
	7	5,20	-		
	8	3,40	-		
	9	4,20	-	20,0	
	10	4,20	-	20,0	
	11	3,20	-		
	12	3,80	-	20,0	Prova 12
	13	4,60	-		
	14	-	-		
	15	4,80	-		
	16	-	-		
	17	3,20	-	20,0	
	18	-	-		
	19	-	-		
	20	4,80	-		
	21	3,80	-	20,0	
	22	-	-		
	23	-	-		
	24	5,80	5,40		
	25	4,40	-		
	26	4,80	-		
	27	5,00	-		
	28	4,80	-		Prova 28
	29	4,40	-	20,0	
	30	3,20	-		
	31	2,80	-		
	32	4,20	-		
	33	4,00	-		
	34	4,80	-	20,0	
	35	-	-		
	36	3,20	-		
	37	4,40	-		
	38	3,60	-		
	39	4,00	-		
	40	4,00	-		
	41	4,60	-		
	42	4,40	-		Prova 42
	43	5,80	-	20,0	
	44	4,40	-		
	45	3,80	-		
	46	2,80	-	20,0	
	47	4,80	-		
	48	5,60	-		
	49	5,60	-		
	50	4,00	-	20,0	
	51	5,60	-		
	52	5,00	-		
	53	3,80	-		
	54	-	-		
	55	4,60	-		
	56	7,20	3,80	20,0	

TRATTO NORD

RACCORDO UDINE NORD EST UDINE SUD	N° sostegno	Prova DPSH	Prova CPT	Sondaggio	Geofisica
		Prof. di prova	Prof. di prova	Prof. di prova	
	38A	6,60	4,80	20,0	
	39A	5,20	-		
	40A	5,40	4,00		
	41A	5,80	-		
	42A	7,20	5,20		Prova 42 A
	43A	5,60	-	20,0	
	44A	6,40	-		

VARIANTE PLANAIS REDIPIUGLIA	N° sostegno	Prova DPSH	Prova CPT	Sondaggio	Geofisica
		Prof. di prova	Prof. di prova	Prof. di prova	
	184A	7,60	-		-
	185A	8,00	-	30,0	-
	186A	4,40	-	30,0	-
	187A	4,60	-		-
	188A	3,80	-		-
	189A	4,40	-		-

VARIANTE PLANAIS UDINE OVEST	N° sostegno	Prova DPSH	Prova CPT	Sondaggio	Geofisica
		Prof. di prova	Prof. di prova	Prof. di prova	
	55A	4,20	-	-	-
	56 BIS	4,60	-	-	-
	58A	4,00	-	-	-
	58 BIS	4,00	-	-	-
	59A	7,40	-	-	-
	59 BIS	3,00	-	-	-

TRATTO SUD	N° sostegno	Prova DPSH	Prova CPT	Sondaggio	Geofisica
		Prof. di prova	Prof. di prova	Prof. di prova	
	PC 1	6,00			Prova PC 1
	2 (57)	4,00			
	3 (58)	5,60			
	4 (59)	3,20		20,0	
	5 (60)	4,00			
	6 (61)	3,80			
	7 (62)	5,60			
	8 (63)	3,20		20,0	
	9 (64)	5,20			
	10 (65)	4,60			
	11 (66)	4,40			
	12 (67)	4,80			
	13 (68)	4,20			Prova 68
	14 (69)	4,60		20,0	
	15 (70)	3,80			
	16 (71)	4,40	4,60		
	17 (72)	4,20		20,0	
	18 (73)	4,00			
	19 (74)	5,00			
	20 (75)	5,00			
	21 (76)	4,40			
	22 (77)	6,20		20,0	
	23 (78)	5,20	3,00		
	24 (79)	6,00	5,60		
	25 (80)	4,60			
	26 (81)	4,00			
	27 (82)	5,20		20,0	
	28 (83)	8,80			
	29 (84)	5,00			
	30 (85)	4,80	3,80		
	31 (86)	6,20			
	32 (87)	10,60	10,60		
	33 (88)	8,00	7,40		Prova 88
	34 (89)	10,00	9,80		
	35 (90)	6,40	6,60		
	36 (91)	13,00	4,40		
	37 (92)	11,20	7,60		

38 (93)	7,80	6,60		
39 (94)	10,40	9,80	20,0	
40 (95)	10,00	9,00		
41 (96)	7,60	6,60		
42 (97)	8,80	8,00		
43 (98)	9,00	5,80		
44 (99)	9,20	6,80		
45 (100)	3,40		20,0	Prova 100
46 (101)	5,20		20,0	
47 (102)	6,00			
48 (103)	5,20			
49 (104)	5,00		20,0	
50 (105)	4,00			
51 (106)	7,60			
52 (107)	8,60			
53 (108)	8,80			
54 (109)	5,80			
55 (110)	3,00		30,0	
56 (111)	4,60	3,80	30,0	
57 (112)	5,20			
58 (113)	4,00			
59 (114)	4,60		20,0	Prova St. Redipuglia

Relativamente alle prove penetrometriche si fa notare che, in alcuni casi, sono state eseguite due prove per un singolo punto (Prova dinamica pesante DPSH e Prova Statica CPT); si è ritenuto opportuno adottare questo metodo per verificare, in modo più puntuale, i parametri dello stato di copertura superficiale dove questo risultava caratterizzato da un'evidente deposito prevalentemente coesivo.

#### 4.2 Stratigrafia dell'area di studio

In termini generali, su tutta l'estensione del tracciato esaminato, dall'analisi dei risultati delle prove geognostiche (penetrometrie + sondaggi) compare una stratigrafia piuttosto omogenea; più in particolare i litotipi che caratterizzano i depositi alluvionali nell'area interessata possono essere descritti come:

litotipo	descrizione
Copertura sabbioso limosa (con ghiaia) o argilloso limosa con sabbia	Terreno agrario, di copertura dei depositi ghiaiosi, di natura prevalentemente sabbiosa o sabbioso limosa contenente, a volte, ghiaia o ciottoli a granulometria variabile. Il colore caratteristico è marrone scuro passante in profondità al nocciola. Localmente come nel caso della porzione di tracciato compresa tra la località "Lauzacco" (Sondaggio 38A Raccordo Udine NE - Udine S) e "Villesse" (Sondaggio 49 Tratto Sud), parallelamente all'alveo del Fiume Torre, il deposito evidenzia una litologia più decisamente argillosa limosa con percentuale di sabbia meno evidente e con ghiaia solo sporadicamente presente.
Ghiaia e sabbia da poco addensata a sciolta	Depositi di natura fluvioglaciale caratterizzati da ghiaie con matrice sabbiosa e sabbioso limosa e ciottoli generalmente arrotondati eterometrici; Ø medio 2 – 5 cm, Ø max 7 – 9 cm. Il colore caratteristico è nocciola (per alterazione).
Ghiaia e sabbia molto addensata	All'interno del deposito si riconoscono occasionali livelli multidecimetrici di sabbia debolmente limosa a granulometria media/fine e moderato addensamento.

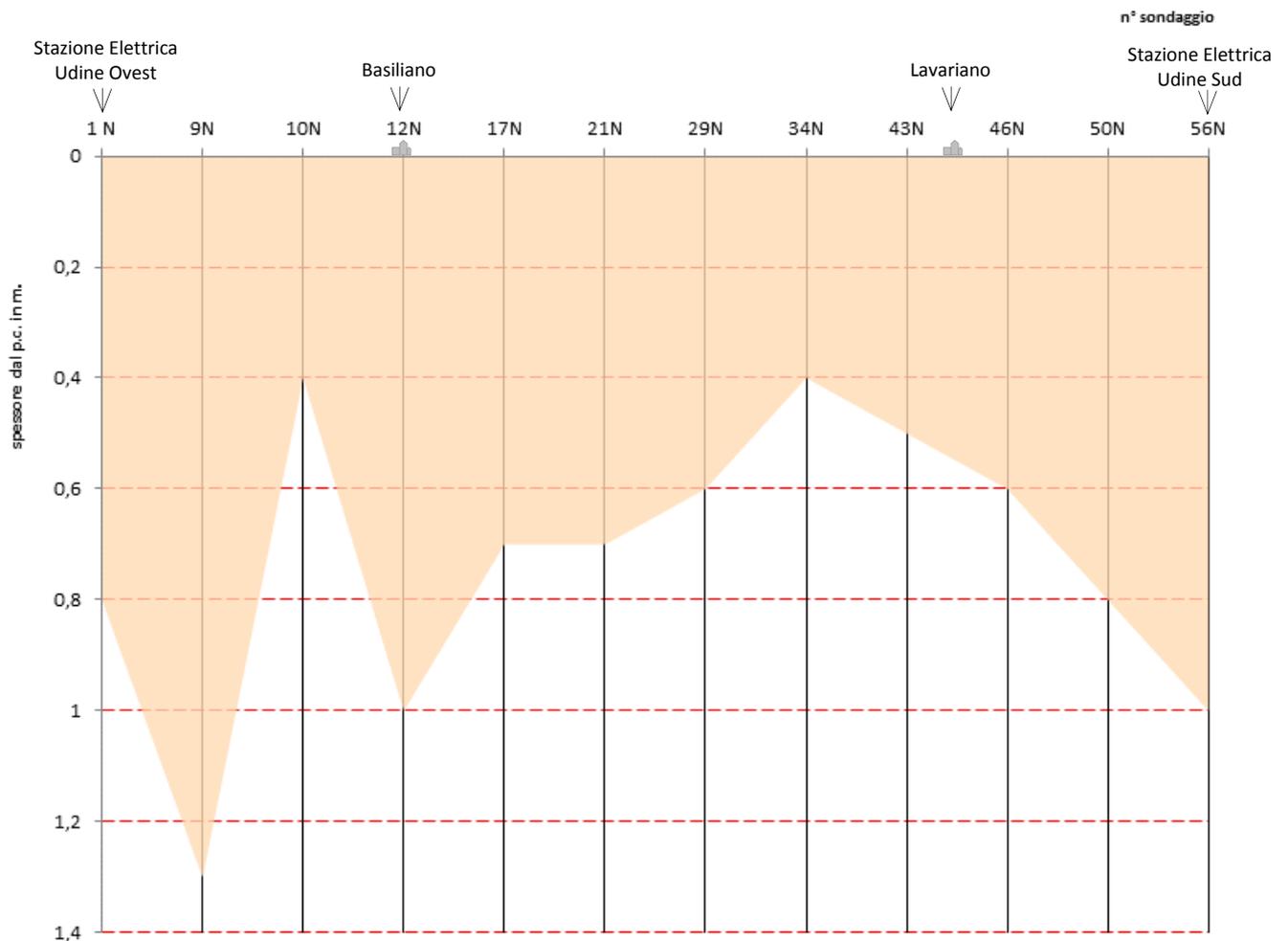
Analizzando i diversi tratti di tracciato, dal punto di vista litologico e litostratigrafico si possono fare le seguenti considerazioni:

1) TRATTO NORD

L'intero tratto di circa 18,3 km. di lunghezza, esteso tra la Stazione Elettrica "Udine Ovest" e la nuova Stazione Elettrica "Udine Sud", ricade nell'ambito dei depositi alluvionali caratterizzati dai sedimenti "fluvioglaciali ed alluvionali della pianura" del Pleistocene sup. (n. 24 nella precedente cartografia geologica di figura 3\_1).

Analizzando le prove penetrometriche e i sondaggi a carotaggio eseguiti, emerge che le coperture superficiali sono rappresentate, generalmente, da prevalenti limi sabbiosi con ghiaia scarsamente addensati per uno spessore variabile da un minimo di 0,40 m. fino ad un massimo di 1,30 m., come schematicamente riportato nel successivo grafico.

Spessore della copertura Tratto NORD



In successione compaiono depositi decisamente ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa limosa con ciottoli di diametro medio 3 – 4 cm. con massimo tra 8 – 10 cm. . L'addensamento del deposito è basso - medio nella porzione più superficiale dello strato (mediamente entro i primi 2,50 – 3,50 metri) mentre a profondità maggiori raggiunge valori di addensamento molto elevato.

## 2) RACCORDO UDINE NORD EST – UDINE SUD

Il tratto di elettrodotto compreso tra la località “Lauzacco” e la nuova Stazione Elettrica “Udine Sud” si sviluppa, per circa 2,2 km, approssimativamente in corrispondenza del confine tra i depositi sedimentari “*fluvioglaciali ed alluvionali della pianura*” del Pleistocene sup. (n. 24 nella precedente cartografia geologica di figura 3\_1) e i sedimenti alluvionali “*recenti*” (n.26 nella citata figura), riferibili agli apporti fluviali del sistema Isonzo-Torre-Natisone.

Per quanto riguarda le caratteristiche litostratigrafiche si evidenzia, rispetto a quanto visto nel tratto precedente, un significativo aumento dello spessore della coltre di copertura superficiale che passa da un minimo di 1,40 m. ad un massimo di 2,40 m. ed anche ad un deciso incremento della frazione coesiva argillosa mentre la frazione limo – sabbiosa diventa quasi insignificante.

I depositi ghiaiosi sottostanti la copertura evidenziano le stesse caratteristiche viste anche in precedenza; peraltro si deve sottolineare che il livello di passaggio immediatamente a contatto con la copertura è caratterizzato, per uno spessore di circa 1,0 m., da una matrice limosa argillosa con sabbia a granulometria fine.

## 3) VARIANTE PLANAIS – REDIPUGLIA

Il breve tratto di elettrodotto in questione si sviluppa per una lunghezza di circa 2,6 km, parallelamente al Tratto Sud esaminato nel seguito, tra un punto poco a sud di “Villesse” e la Stazione Elettrica di Redipuglia e ricade un’area caratterizzata dai sedimenti alluvionali “*recenti*” (n.26 nella figura 3\_1), riferibili agli apporti fluviali del sistema Isonzo-Torre-Natisone.

Il percorso è ubicato in una fascia che rientra nell’alveo attuale del Fiume Isonzo e questo si evidenzia anche nelle caratteristiche litologiche delle coperture superficiali che sono rappresentate da depositi limosi – sabbiosi sottili (massimo 0,40 – 0,60 m.) quando non del tutto assenti.

Quasi ovunque si evidenzia la presenza di depositi ghiaiosi in superficie; la granulometria dei ciottoli è di circa 8 – 10 cm. e l’addensamento passa da medio a molto significativo. Correlata alla ripetuta azione di erosione/deposito del vicino corso d’acqua è tuttavia la presenza all’interno dei banchi ghiaiosi di sporadici livelli limosi argillosi con ghiaia oppure limo – sabbiosi in cui i ciottoli sono poco presenti con addensamento modesto.

## 4) VARIANTE PLANAIS – UDINE OVEST

Questo breve tratto di linea si sviluppa parallelamente al Tratto Nord, per una lunghezza di poco meno di 3 km. , nell’area compresa tra le località “Basiliano” e “Campofornido” e ricade nell’ambito dei depositi alluvionali caratterizzati dai sedimenti “*fluvioglaciali ed alluvionali della pianura*” del Pleistocene sup. (n. 24 nella precedente cartografia geologica di figura 3\_1).

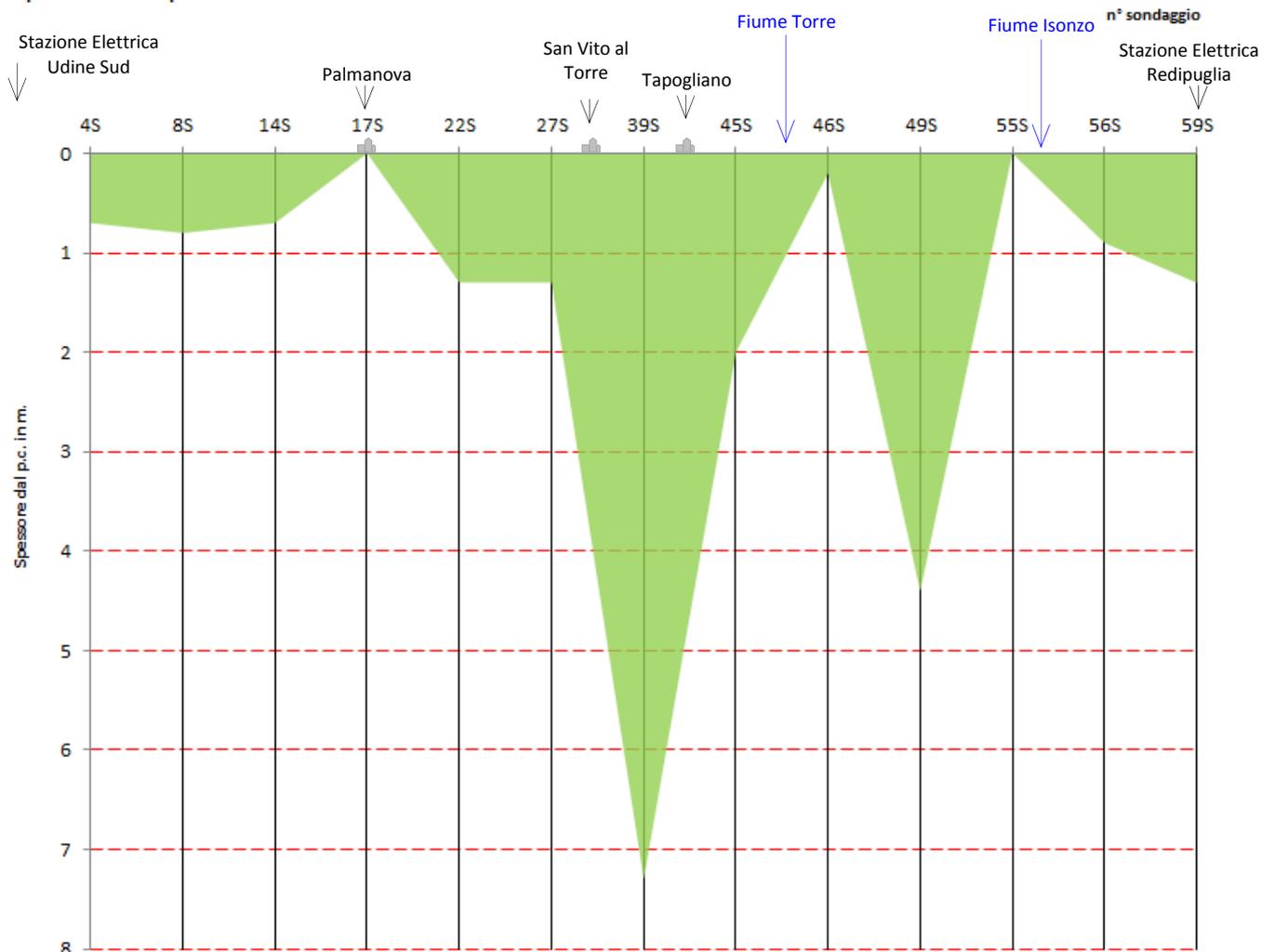
Possono valere le stesse considerazioni fatte in precedenza per il Tratto Nord; la copertura, con addensamento medio – basso, si presenta generalmente di spessore inferiore a 1,0 metro mentre in successione compaiono i depositi ghiaiosi in matrice sabbioso limosa.

5) TRATTO SUD

Questa porzione di elettrodotto è compresa tra la Stazione Elettrica di Udine Sud e quella di Redipuglia e si sviluppa, per una lunghezza di circa 20,8 km. , parallelamente al corso del Fiume Torre, su terreni caratterizzati dalla presenza di depositi alluvionali “recenti” ( n.26 nella figura 3\_1), riferibili agli apporti fluviali del sistema Isonzo-Torre-Natisone.

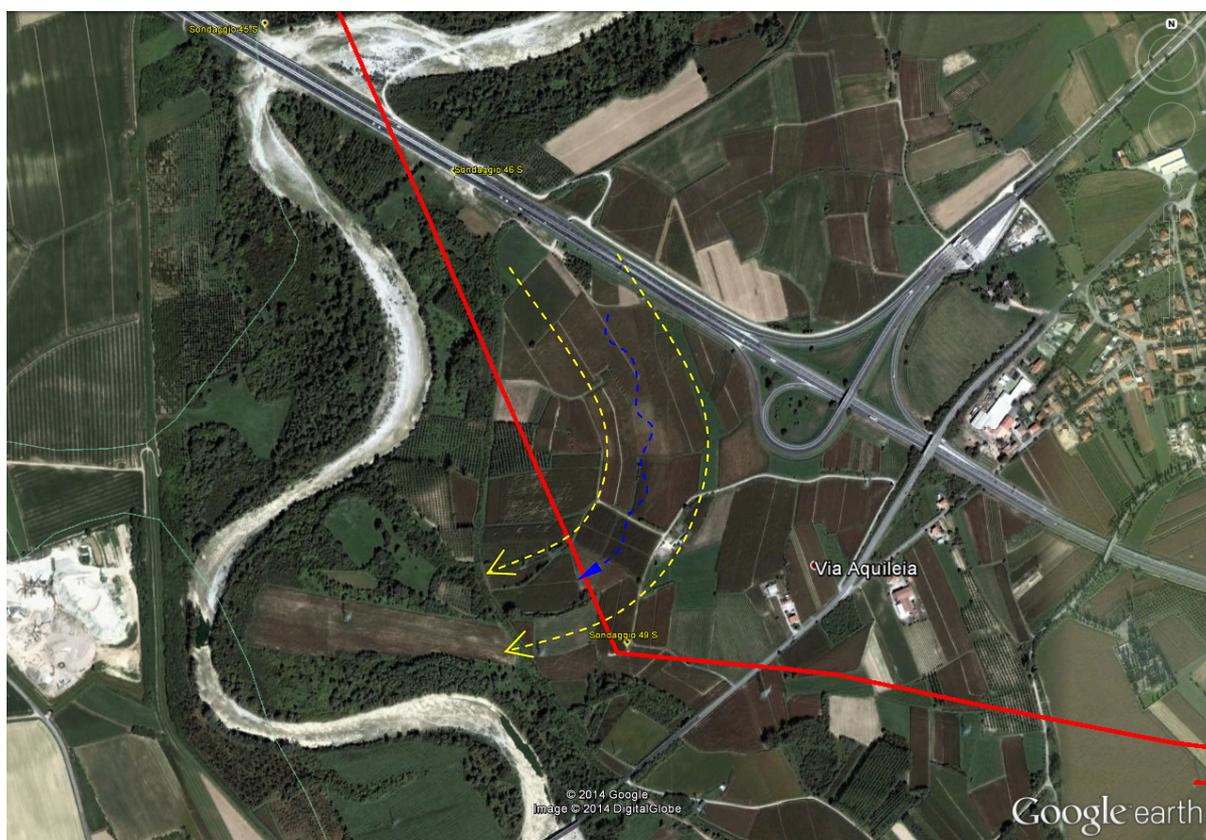
I risultati delle indagini geognostiche eseguite sul percorso evidenziano che le coperture sono caratterizzate da depositi sedimentari di natura prevalentemente argilloso limosa-sabbiosa mescolati con elementi ghiaiosi medio fini. Lo spessore di questo strato di copertura presenta una variabilità rilevante, correlabile alla “storia” del territorio ed agli spostamenti dei corsi d’acqua che lo attraversano. Come si vede nel successivo grafico schematico, fino al sondaggio n° 17, ubicato nell’area compresa tra “Santa Maria la Longa”, “Palmanova” e “Clauiano” lo spessore resta compreso tra 0,60 e 0,80 m. fino a scomparire quasi completamente in corrispondenza del citato sondaggio n° 17.

Spessore della copertura Tratto SUD



Proseguendo in direzione sud lo spessore del deposito di copertura tende ad aumentare fino a raggiungere il massimo nella zona compresa tra “San Vito al Torre” e “Tapogliano” , sondaggio n° 39 dove è stata registrata una profondità di 7,30 metri dal piano di campagna. In corrispondenza dell’attraversamento del Fiume Torre la copertura ritorna a spessori di poche decine di centimetri per poi diventare di oltre 4,00 metri in corrispondenza del sondaggio n° 49, a sud ovest di “Villesse”

In questo caso risulta molto indicativa l’analisi della foto aerea che si allega in particolare.



Valutando le caratteristiche della morfologia attuale delineate dall'andamento delle coltivazioni e degli altri elementi, anche se in parte cancellati dagli interventi antropici, appare immediatamente evidente la presenza di un paleoalveo, relitto di un precedente tracciato del Fiume Torre, che interessa appunto il sito del sondaggio n° 49.

Nella zona dell'attraversamento del Fiume Isonzo le coperture sono sostanzialmente assenti per diventare di circa 1,0 metro di spessore, al termine del tracciato, in corrispondenza della Stazione Elettrica di Redipuglia.

Come visto anche in precedenza, in successione compaiono depositi decisamente ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa limosa con ciottoli di diametro medio 3 – 4 cm. con massimo tra 8 – 10 cm. . L'addensamento del deposito è basso - medio nella porzione più superficiale dello strato (mediamente entro i primi 2,50 – 3,50 metri) mentre a profondità maggiori raggiunge valori di addensamento molto elevato.

### 4.3 Idrogeologia

Nel corso dell'esecuzione delle penetrometrie e dei sondaggi sono state eseguite misure di controllo della profondità della prima falda da cui è possibile determinare le seguenti caratteristiche, correlate al periodo stagionale in cui sono avvenute le misure:

- Nel tratto di elettrodotto compreso tra la Stazione Elettrica di Udine Ovest e il sondaggio n° 39 del Tratto SUD nella zona della località "Tapogliano", la falda superficiale, quando non assente entro i primi 20 metri dal piano di campagna, è stata rilevata solo in modo sporadico con profondità compresa tra 10,00 e 14,00 metri, dal piano di campagna;
- Nella zona corrispondente all'attraversamento dei Fiumi Torre e Isonzo sono state registrate profondità di circa 3,0 – 5,0 metri dal piano di campagna, sostanzialmente corrispondenti con il livello dell'acqua nei corsi d'acqua;

→ Nella zona più prossima alla Stazione Elettrica di Redipuglia si osserva un'ulteriore approfondimento della superficie di falda che viene misurata ad oltre 8,0 metri dal piano di campagna attuale.

Nelle successive tabelle, per ogni punto prova, viene indicato il valore di profondità della prima falda, dal piano di campagna attuale, registrato alla data della prova stessa.

<b>RILEVAMENTO DELLA PROFONDITA' DELLA PRIMA FALDA</b>					
Le misure si intendono in metri dal piano di campagna					
	N° sostegno	Prova DPSH		Sondaggio a Carotaggio	
		Prof. di prova	Prof. Falda	Prof. di prova	Prof. Falda
	1	4,40	-	20,0	12,90
	2	4,60	-		
	3	3,60	-		
	4	4,60	-		
	5	3,20	-		
	6	6,40	-		
	7	5,20	-		
	8	3,40	-		
	9	4,20	-	20,0	assente
	10	4,20	-	20,0	assente
	11	3,20	-		
	12	3,80	-	20,0	assente
	13	4,60	-		
	14	-	-		
	15	4,80	-		
	16	-	-		
	17	3,20	-	20,0	assente
	18	-	-		
	19	-	-		
	20	4,80	-		
	21	3,80	-	20,0	18,60
	22	-	-		
	23	-	-		
	24	5,80	-		
	25	4,40	-		
	26	4,80	-		
	27	5,00	-		
	28	4,80	-		
	29	4,40	-	20,0	assente
	30	3,20	-		
	31	2,80	-		
	32	4,20	-		
	33	4,00	-		
	34	4,80	-	20,0	10,50
	35	-	-		
	36	3,20	-		
	37	4,40	-		
	38	3,60	-		
	39	4,00	-		
	40	4,00	-		
	41	4,60	-		
	42	4,40	-		
	43	5,80	-	20,0	assente
	44	4,40	-		
	45	3,80	-		
	46	2,80	-	20,0	assente
	47	4,80	-		
		Misura rilevata in un pozzo adiacente = 28,0 m. circa dal piano di campagna			
	48	5,60	-		
	49	5,60	-		
	50	4,00	-	20,0	assente
	51	5,60	-		
	52	5,00	-		
	53	3,80	-		
	54	-	-		
	55	4,60	-		
	56	7,20	-	20,0	assente

**TRATTO NORD**

<b>RILEVAMENTO DELLA PROFONDITA' DELLA PRIMA FALDA</b>					
Le misure si intendono in metri dal piano di campagna					
<b>RACCORDO UDINE NORD EST UDINE SUD</b>	N° sostegno	Prova DPSH		Sondaggio a Carotaggio	
		Prof. di prova	Prof. Falda	Prof. di prova	Prof. Falda
	38A	6,60	-	20,0	assente
	39A	5,20	-		
	40A	5,40	-		
	41A	5,80	-		
	42A	7,20	-		
	43A	5,60	-	20,0	assente
44A	6,40	5,80			

<b>RILEVAMENTO DELLA PROFONDITA' DELLA PRIMA FALDA</b>					
Le misure si intendono in metri dal piano di campagna					
<b>VARIANTE PLANAIS REDIPUGLIA</b>	N° sostegno	Prova DPSH		Sondaggio a Carotaggio	
		Prof. di prova	Prof. Falda	Prof. di prova	Prof. Falda
	184A	7,60	- *		
	185A	8,00	- *	30,0	3,90
	186A	4,40	-	30,0	5,50
	187A	4,60	-		
	188A	3,80	-		
	189A	4,40	-		

\* FORI CHIUSI DURANTE L'ESTRAZIONE DELLA BATTERIA

<b>RILEVAMENTO DELLA PROFONDITA' DELLA PRIMA FALDA</b>					
Le misure si intendono in metri dal piano di campagna					
<b>VARIANTE PLANAIS UDINE OVEST</b>	N° sostegno	Prova DPSH		Sondaggio a Carotaggio	
		Prof. di prova	Prof. Falda	Prof. di prova	Prof. Falda
	55A	4,20	-		
	56 BIS	4,60	-		
	58A	4,00	-		
	58 BIS	4,00	-		
	59A	7,40	-		
	59 BIS	3,00	-		

<b>RILEVAMENTO DELLA PROFONDITA' DELLA PRIMA FALDA</b>					
Le misure si intendono in metri dal piano di campagna					
<b>TRATTO SUD</b>	N° sostegno	Prova DPSH		Sondaggio a Carotaggio	
		Prof. di prova	Prof. Falda	Prof. di prova	Prof. Falda
	PC 1	6,00	-		
	2 (57)	4,00	-		
	3 (58)	5,60	4,10		
	4 (59)	3,20	-	20,0	assente
	5 (60)	4,00	-		
	6 (61)	3,80	-		
	7 (62)	5,60	-		
	8 (63)	3,20	-	20,0	assente
	9 (64)	5,20	-		
	10 (65)	4,60	-		
	11 (66)	4,40	-		
	12 (67)	4,80	-		
	13 (68)	4,20	-		
	14 (69)	4,60	-	20,0	assente
	15 (70)	3,80	-		
	16 (71)	4,40	-		
	17 (72)	4,20	-	20,0	14,80
	18 (73)	4,00	-		
	19 (74)	5,00	-		
	20 (75)	5,00	-		
	21 (76)	4,40	-		
	22 (77)	6,20	-	20,0	14,10
	23 (78)	5,20	-		
	24 (79)	6,00	-		
	25 (80)	4,60	-		
26 (81)	4,00	-			
27 (82)	5,20	-	20,0	13,80	

28 (83)	8,80	-		
29 (84)	5,00	-		
30 (85)	4,80	-		
31 (86)	6,20	-		
32 (87)	10,60	-		
33 (88)	8,00	- *		
34 (89)	10,00	9,10		
35 (90)	6,40	-		
36 (91)	13,00	-		
37 (92)	11,20	- *		
38 (93)	7,80	- *		
39 (94)	10,40	- *	20,0	8,10
40 (95)	10,00	- *		
41 (96)	7,60	- *		
42 (97)	8,80	4,80		
43 (98)	9,00	-		
44 (99)	9,20	2,80		
45 (100)	3,40	- *	20,0	4,90
46 (101)	5,20	-	20,0	5,10
47 (102)	6,00	- *		
48 (103)	5,20	- *		
49 (104)	5,00	- *	20,0	5,20
50 (105)	4,00	- *		
51 (106)	7,60	- *		
52 (107)	8,60	- *		
53 (108)	8,80	- *		
54 (109)	5,80	- *		
55 (110)	3,00	- *	30,0	3,30
56 (111)	4,60	-	30,0	4,80
57 (112)	5,20	-		
58 (113)	4,00	-		
59 (114)	4,60	-	20,0	8,60

\* FORI CHIUSI DURANTE L'ESTRAZIONE DELLA BATTERIA

#### 4.4 Determinazione dei parametri meccanici caratteristici

Come è noto la prova penetrometrica dinamica non simula il comportamento del terreno nel campo delle sollecitazioni statiche e quindi i risultati possono essere correlati solo in modo empirico con i parametri geotecnici.

Per la ricerca dei parametri fisico meccanici dei terreni si fa, quindi, riferimento alle usuali relazioni disponibili in bibliografia che utilizzano correlazioni con l' $N_{SPT}$ ; in particolare sono stati determinati:

- 1) Resistenza dinamica: ricavabile nella nota formula degli Olandesi:  $R_d \text{ (kg/cmq)} = (M^2 \times h) / (A \times e \times (M + P))$ , dove:
  - ◆  $M$  = peso del maglio = 63.5 Kg.
  - ◆  $h$  = altezza di caduta = 75 cm.
  - ◆  $A$  = sezione della punta = 20 cmq.
  - ◆  $e$  = rifiuto = 20/N
  - ◆  $P$  = peso delle aste e del sistema di battuta = 6.20 Kg/m.l. + 30 kg
- 2) Determinazione di  $N_{SPT}$ : Il numero dei colpi per l'affondamento di 20 cm. della prova penetrometrica dinamica pesante DPSH  $N_{20}$  viene riportato al tipo SPT attraverso l'uso di un fattore di conversione  $\beta$  che per l'apparecchiatura utilizzata vale 1,521. La correlazione risulta  $N_{SPT} = \beta N_{20}$
- 3) Pressione amm. : ricavabile sempre dalla formula degli Olandesi applicando un coefficiente di sicurezza 20 alla resistenza dinamica.  $P_{amm.} \text{ (kg/cmq)} = R_d/20$
- 4) Peso di volume: ricavabile dalla correlazione di Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65 \text{ t/mc}$  e per peso di volume secco variabile da 1,33 ( $NSPT = 0$ ) a 1,99 ( $NSPT = 95$ )

**TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]**

Nspt	Ysat	Yd									
0	1,83	1,33	25	2,02	1,64	50	2,15	1,85	75	2,20	1,93
5	1,88	1,41	30	2,05	1,69	55	2,16	1,87	80	2,21	1,95
10	1,93	1,50	35	2,08	1,73	60	2,17	1,88	85	2,23	1,97
15	1,96	1,54	40	2,10	1,77	65	2,18	1,90	90	2,24	1,99
20	1,99	1,59	45	2,13	1,81	70	2,19	1,92	95	2,24	1,99

- 5) Densità relativa  $D_r\%$ : ricavabile secondo il metodo di Schultze e Mezembach (1961) oppure di Gibbs & Holtz (1957). I metodi sono validi per le sabbie da fini a ghiaiose, per qualunque pressione efficace. Nei depositi ghiaiosi il valore di  $D_r$  viene sovrastimato, nei depositi prevalentemente limosi sottostimato.
- 6) Angolo di attrito  $\phi'$ : ricavabile dalle relazioni di Owasaki & Iwasaki (1959), Yukitake Shioi e Jiro Kutuni (1982), Peck e Hanson (1953, 1974).
- 7) Modulo Edometrico  $E'$  drenato (kg/cmq): ricavabile da D'Appollonia (1970) valida per sabbia fine e sabbia ghiaiosa, senza considerare l'effetto della pressione efficace.
- 8) Modulo di Young  $E_y$  (kg/cmq): Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- 9) Coesione non drenata  $C_u$  (kg/cmq): Terzaghi&Peck - elaborazione valida per argille di media plasticità.

La suddivisione in strati, descritti nelle tabelle dell'elaborato TECR10001CGL00108, è stata eseguita, come già detto, esaminando i caratteri litologici che appaiono nelle colonne stratigrafiche dei relativi sondaggi e comparando questi con i parametri di addensamento, risultanti dalle prove penetrometriche dinamiche, in base alla classificazione AGI:

<b>N° colpi SPT</b>	<b>Definizione AGI</b>	<b>Livello Geotecnico</b>
0 ÷ 4	MOLTO SCIOLTA	livello Geotecnico <b>A</b>
4 ÷ 10	SCIOLTA	livello Geotecnico <b>B</b>
10 ÷ 30	MEDIAMENTE ADDENSATA	livello Geotecnico <b>C</b>
30 ÷ 50	ADDENSATA	livello Geotecnico <b>D</b>
> 50	MOLTO ADDENSATA	livello Geotecnico <b>E</b>

Si è cercato quindi di rappresentare i terreni come una serie di strati omogenei sia per caratteri litologici che fisico – meccanici; nelle successive tabelle, per ogni punto prova, sono raccolti i parametri geomeccanici medi relativi agli strati omogenei, individuati.

La media dei valori per ogni singolo strato omogeneo è stata ottenuta tramite la seguente procedura:

- elaborazione statistica dei valori dei vari parametri, applicando le correlazioni descritte più sopra, al numero di colpi N20 rilevato ogni 20 cm. di avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche;
- scelta del valore medio più opportuno e significativo per ogni singolo strato tenendo anche conto delle caratteristiche della litologia e delle prove penetrometriche in foro eseguite. **Si vuole sottolineare che il "valore medio" che si è scelto, corrisponde al dato statistico "medio – minimo" = 0,5x(media + minimo) che fornisce sempre valori maggiormente conservativi ai fini della sicurezza.**

#### 4.5 Indagini geofisiche

Ai fini della determinazione delle caratteristiche geofisiche della porzione di territorio interessato dall'indagine sono state eseguite n. 10 prove di sismica passiva, secondo la metodologia HVSR (rilievo dei microtrempi ambientali), in corrispondenza dei punti indicati nelle successive tabelle.

N° sostegno		Geofisica	N° sostegno		Geofisica	N° sostegno		Geofisica	N° sostegno		Geofisica	N° sostegno		Geofisica
<b>TRATTO NORD</b>	1		38A	-	184A	-	55A	-	PC 1	Prova PC1				
	2	Prova 2	39A	-	185A	-	56 BIS	-	2 (57)					
	3		40A	-	186A	-	58A	-	3 (58)					
	4		41A	-	187A	-	58 BIS	-	4 (59)					
	5		42A	Prova 42A	188A	-	59A	-	5 (60)					
	6		43A	-	189A	-	59 BIS	-	6 (61)					
	7		44A	-					7 (62)					
	8								8 (63)					
	9								9 (64)					
	10								10 (65)					
	11								11 (66)					
	12	Prova 12							12 (67)					
	13								13 (68)	Prova 68				
	14								14 (69)					
	15								15 (70)					
	16								16 (71)					
	17								17 (72)					
	18								18 (73)					
	19								19 (74)					
	20								20 (75)					
	21								21 (76)					
	22								22 (77)					
	23								23 (78)					
	24								24 (79)					
	25								25 (80)					
	26								26 (81)					
	27								27 (82)					
	28	Prova 28							28 (83)					
	29								29 (84)					
	30								30 (85)					
	31								31 (86)					
	32								32 (87)					
	33								33 (88)	Prova 88				
	34								34 (89)					
	35								35 (90)					
	36								36 (91)					
	37								37 (92)					
	38								38 (93)					
	39								39 (94)					
	40								40 (95)					
	41								41 (96)					
	42	Prova 42							42 (97)					
	43								43 (98)					
	44								44 (99)					
	45								45 (100)	Prova 100				
	46								46 (101)					
	47								47 (102)					
	48								48 (103)					
	49								49 (104)					
	50								50 (105)					
	51								51 (106)					
	52								52 (107)					
	53								53 (108)					
	54								54 (109)					
	55								55 (110)					
	56								56 (111)					
								57 (112)						
								58 (113)						
								59 (114)	Prova St. Redipuglia					

Tenendo conto della generale omogeneità litostratigrafica del territorio si può senz'altro ritenere l'indagine esaustiva.

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio* - Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione della frequenza caratteristica di risonanza di sito e delle discontinuità sismiche che sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che al contatto copertura-bedrock.

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) e per una corretta caratterizzazione dei litotipi investigati si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

La metodologia d'indagine è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita né di perforazioni, né di stendimenti di cavi né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale, che in natura esiste ovunque.

Il metodo di acquisizione si dice passivo in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva (sismica a rifrazione), ma è il rumore naturale definito come "microtremore".

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- **la stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 50 – 70 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso;
- **la velocità media delle onde di taglio  $V_s$**  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario conoscere, anche in maniera indicativa, la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia e riconoscibile nella curva H/V. La stima di tale parametro caratterizza al meglio, dal punto di vista geofisico, i vari litotipi presenti. È inoltre possibile valutare la velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del bedrock e stabilire il tipo di roccia presente. La tecnica HVSR può essere applicata, a differenza delle classiche tecniche d'indagine sismiche (sismica a rifrazione), anche in presenza di inversioni di velocità (materiali più competenti che poggiano sopra materiali meno competenti);
- **la frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi.

Per quanto riguarda le caratteristiche generali delle apparecchiature utilizzate e le metodologie di prova si rimanda ai contenuti delle specifiche relazioni tecniche - Elaborato codice RECR10001CGL00107.

#### 4.6 Determinazione della $V_{s30}$ e della categoria dei suoli

In funzione dei dati ottenuti dalle indagini è stata ottenuta la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio  $V_{s30}$ ; tale velocità viene calcolata con l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:  $V_{s30}$  = è la velocità sismica delle onde trasversali, ponderata su m 30;  
 $h_i$  = è lo spessore dell'orizzonte  $i$ esimo nei m 30 di riferimento;  
 $V_i$  = è la velocità' delle onde S dell'orizzonte  $i$ esimo di spessore  $h$ .

Il sito verrà classificato sulla base del valore di  $V_{S30}$  come riportato nella seguente tabella:

Grado	Classe	Velocità sismica (m/s)
Molto buono	A	$V_{S30} > 800$
Buono	B	$360 < V_{S30} < 800$
Discreto	C	$180 < V_{S30} < 360$
Sufficiente	D	$V_{S30} < 180$
Insufficiente	E	Strati sup. all. (5 – 20 m) tipo C e D soprastanti substrato tipo A
Molto scadente	S1	$V_{S30} < 100$
Pessimo	S2	$V_{S30} < 50$

Le prove eseguite hanno forniti i seguenti risultati riferiti a profondità compresa tra 0,00 e 30,0 metri dal piano di campagna attuale:

- Tratto Nord
  - Punto 2:  $V_{S30} = 410$  m/sec.
  - Punto 12:  $V_{S30} = 398$  m/sec.
  - Punto 28:  $V_{S30} = 383$  m/sec.
  - Punto 42:  $V_{S30} = 424$  m/sec.
  
- Raccordo Udine Nord Est – Udine Sud
  - Punto 42A:  $V_{S30} = 363$  m/sec.
  
- Tratto Sud
  - Punto PC 1:  $V_{S30} = 372$  m/sec.
  - Punto 13 (68):  $V_{S30} = 407$  m/sec.
  - Punto 33 (88):  $V_{S30} = 296$  m/sec
  - Punto 45 (100):  $V_{S30} = 452$  m/sec.
  - Punto 59(114) Stazione Redipuglia:  $V_{S30} = 429$  m/sec.

E' importante sottolineare, peraltro, che come riportato nel capitolo 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" delle NTC 2008, relativamente alla  $V_{S30}$  si deve intendere che i 30 metri di profondità entro cui si valuta la velocità delle onde di taglio si deve intendere a partire dal piano di posa delle fondazioni, per quanto riguarda le fondazioni superficiali oppure dalla testa del palo per quanto riguarda fondazioni su pali.

La definizione della categoria del sottosuolo fa riferimento alle tabelle 3.2.II e 3.2.III delle NTC 2008, che si allegano di seguito.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	Deposit di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Deposit di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

In definitiva la categoria del sottosuolo potrà essere definita di volta in volta, in funzione delle profondità di imposta delle fondazioni, definite in sede di progetto e tenendo conto delle successive tabelle in cui per ognuna delle tre prove geofisiche sono indicati i valori di  $V_{s30}$  calcolati a profondità compresa tra 0,00 e - 4,00 dal piano di campagna.

Punto n. 2	profondità di calcolo	$V_{s30}$ m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	410	B
	1,00-31,00mt.	432	B
	2,00-32,00mt.	448	B
	3,00-33,00mt.	456	B
	4,00-34,00mt.	465	B

Punto n. 12	profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	398	B
	1,00-31,00mt.	416	B
	2,00-32,00mt.	429	B
	3,00-33,00mt.	433	B
	4,00-34,00mt.	436	B

Punto n. 28	profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	383	B
	1,00-31,00mt.	396	B
	2,00-32,00mt.	410	B
	3,00-33,00mt.	413	B
	4,00-34,00mt.	417	B

Punto n. 42	profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	424	B
	1,00-31,00mt.	446	B
	2,00-32,00mt.	454	B
	3,00-33,00mt.	456	B
	4,00-34,00mt.	458	B

Punto n. 42A	profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	363	B
	1,00-31,00mt.	381	B
	2,00-32,00mt.	401	B
	3,00-33,00mt.	424	B
	4,00-34,00mt.	449	B

Punto n. PC 1	profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	372	B
	1,00-31,00mt.	391	B
	2,00-32,00mt.	411	B
	3,00-33,00mt.	434	B
	4,00-34,00mt.	443	B

Punto n. 13 (68)	profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	407	B
	1,00-31,00mt.	418	B
	2,00-32,00mt.	425	B
	3,00-33,00mt.	431	B
	4,00-34,00mt.	434	B

Punto n. 33 (88)	profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	296	C
1,00-31,00mt.	309	C	
2,00-32,00mt.	322	C	
3,00-33,00mt.	337	C	
4,00-34,00mt.	353	C	

Punto n. 45 (100)	profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	452	B
1,00-31,00mt.	480	B	
2,00-32,00mt.	485	B	
3,00-33,00mt.	490	B	
4,00-34,00mt.	495	B	

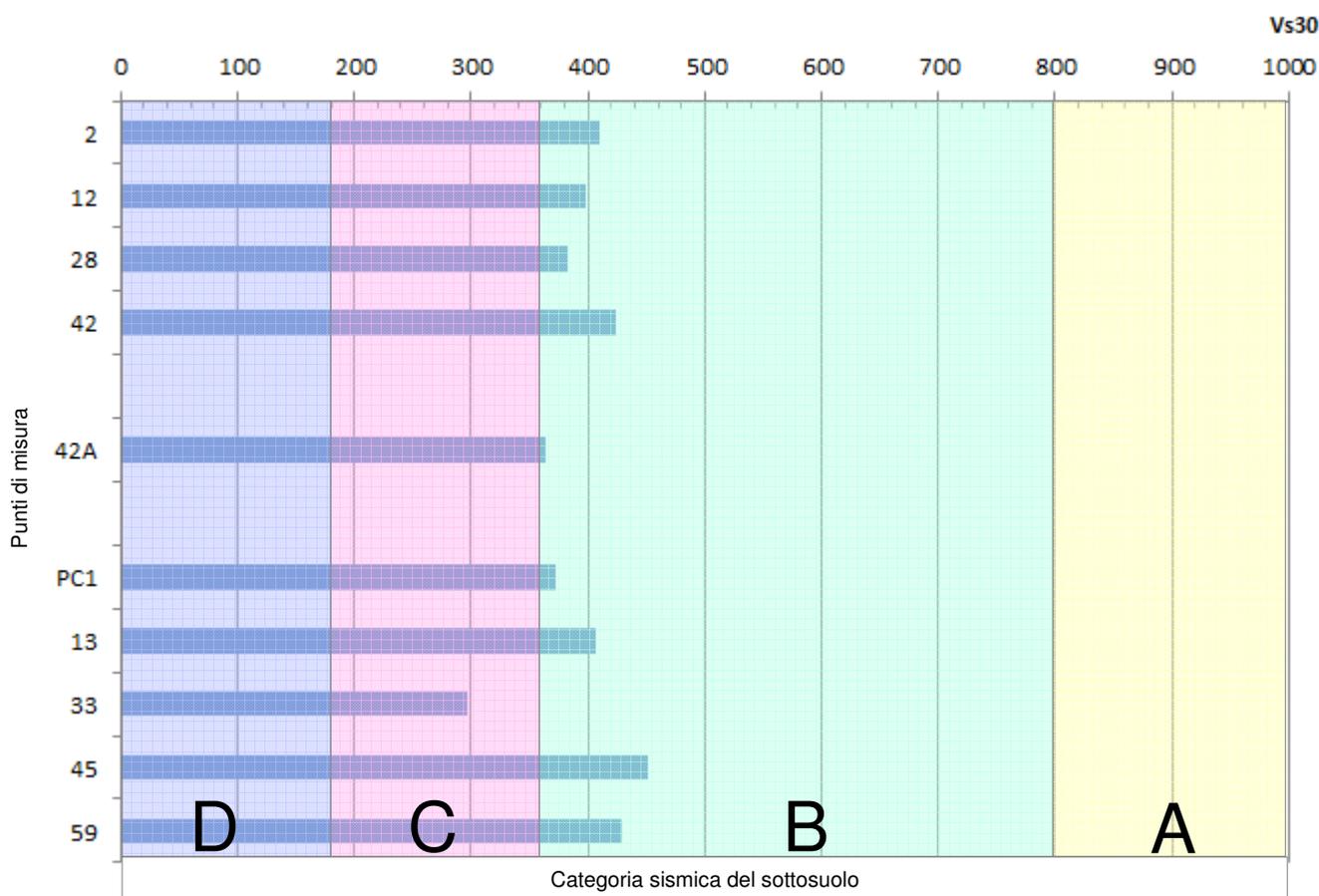
Punto n. 59 (114)	profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
	0,00-30,00mt.	429	B
1,00-31,00mt.	443	B	
2,00-32,00mt.	453	B	
3,00-33,00mt.	459	B	
4,00-34,00mt.	465	B	

Nella successiva tabella sono visualizzati su grafico i risultati di Vs30 per i vari punti esaminati.

Appare immediatamente evidente che tutti i punti di misura rientrano nella categoria sismica B, con velocità superiori a 360 m/sec., tranne il punto n. 33 in cui è stata rilevata una velocità di Vs30 compresa tra 180 e 360 m/sec., rientrando quindi nella categoria C.

Se si confronta questo dato con il grafico di pagina 38 dove viene esaminato lo spessore delle coperture superficiali per il Tratto Sud si nota che il punto di misura n° 33 ricade nella porzione di tratto in cui si ha un drastico aumento dello spessore del deposito di copertura; l'aumento di spessore di depositi alluvionali poco addensati, rispetto allo spessore di 30 metri, porta al correlato decadimento della velocità delle onde S.

Quindi estendendo il ragionamento alla fascia di territorio circostante, si può ragionevolmente affermare che tutta la porzione del Tratto Sud compresa tra i sostegni 27/28 e 44/45 sarà caratterizzata da una velocità delle onde sismiche S, entro i primi 30 metri di spessore, non superiore a 360 m/sec., rientrando quindi nella Categoria C della normativa.



Tenendo conto della semplicità della configurazione superficiale – situazione di pianura sostanzialmente orizzontale – è possibile adottare la categoria topografica T1, come riportato nella Tabella 3.2.IV delle NTC 2008.

#### 4.7 Potenziale di liquefazione

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio in seguito o durante un evento sismico di una certa entità, poiché per effetto dell'istaurarsi di condizioni non drenate, si ha un incremento e un accumulo delle pressioni interstiziali che possono eguagliare le tensioni totali con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi e quindi perdita di capacità portante.

Perché si verifichi il fenomeno della liquefazione occorre la compresenza di:

##### fattori predisponenti:

- strato liquefacibile entro 20 metri dal piano campagna
- diametro medio  $D_{50}$  compreso fra 0.02 e 2 mm
- densità relativa  $D_r < 60\%$
- frazione dei fini (diametro minore di 5  $\mu\text{m}$ )  $< 15\%$
- profondità della falda  $< 5$  metri dal piano campagna

##### fattori scatenanti:

- magnitudo  $M > 5.5$

- PGA > 0.15 g
- Durata evento sismico > 15÷20 sec

Nel D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) l'approccio metodologico delle verifiche alla liquefacibilità viene descritto all'interno del paragrafo 7.11 (Opere e Sistemi Geotecnici).

In dettaglio, al paragrafo 7.11.3.4.2, la norma prevede che si possa omettere la verifica nel caso si realizzino le seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5.
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g.
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 2 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

In base a quanto emerso dalle indagini geognostiche eseguite è possibile affermare che dal punto di vista litologico i terreni che caratterizzano l'area, fino alla profondità di 20 metri dal piano di campagna, rientrano in una tipologia prevalentemente granulare grossolana dove è sempre preponderante la componente ghiaiosa o ghiaioso sabbiosa e quindi non contemplata nella categoria dei suoli passibili di liquefazione con evento sismico.

## 5. CONCLUSIONI

Lo studio ha consentito di inquadrare l'area dal punto di vista geologico, geomorfologico e sismico e di individuare i parametri fisico meccanici dei terreni.

La costruzione dei nuovi sostegni sarà eseguita attraverso operazione che non porteranno a variare le attuali condizioni di equilibrio morfologico dell'area.

Di norma non saranno realizzate piste di accesso per il passaggio di mezzi meccanici e solo in caso assolutamente indispensabile saranno realizzati accessi temporanei ai singoli punti, partendo dalla esistente rete viaria locale

Gli scavi e i movimenti terra saranno limitati esclusivamente alla realizzazione delle fondazioni mentre i terreni di risulta saranno riutilizzati in loco per il ripristino delle aree .

Sulla base delle conoscenze fin ora acquisite, è possibile affermare che le previsioni progettuali sono compatibili con le condizioni geologiche, geomorfologiche presenti nell'area di studio.

## 6. ALLEGATI ALLA RELAZIONE

- Prove penetrometriche – codifica RECR10001CGL00105
- Sondaggi a carotaggio – codifica RECR10001CGL00106
- Indagini sismiche – codifica RECR10001CGL00107
- Tabelle di interpretazione - codifica TEER10001CGL00108