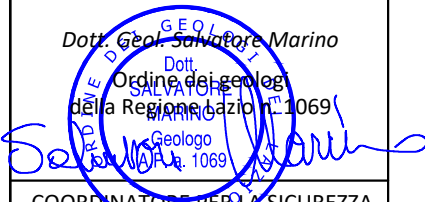
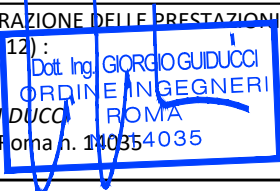


ASSE VIARIO MARCHE - UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA

Sublotto 2.2: Intervalliva Macerata - allaccio funzionale della SS77
alla città di Macerata alle località "La Pieve" e "Mattei"

PROGETTO DEFINITIVO

IL GEOLOGO  Dott. Geol. Salvatore Marino Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069 COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Valerio Guidobaldi Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30025	I PROGETTISTI SPECIALISTICI Ing. Ambrogio Signorelli Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 Ing. Moreno Panfili Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 Ing. Claudio Muller Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754 Ing. Giuseppe Resta Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)  (Mandante)  (Mandante)  (Mandante)  IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):  Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 140354035
--	---	--

DOCUMENTAZIONE INDAGINI GEOTECNICHE

Risultati campagna indagini pregresse – Relazione sulle indagini geognostiche

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
OPERA LOTTO STATO SETTORE LO703 MC D P	LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.001.A WBS DISCIPLINA TIPO DOC. N° PROGRESS. CODICE ELAB. GENER 00 GEO REL 001	A	-
A	Emissione	Marzo 2020	Marino
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO
VERIFICATO	APPROVATO		

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA
 E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
 MAXILOTTO 1

PROGETTO DEFINITIVO

CONTRAENTE GENERALE			IL RESPONSABILE DEL CONTRAENTE GENERALE
			
GRUPPO DI PROGETTAZIONE			I RESPONSABILI DI PROGETTO
ATI: TECHNITAL s.p.a. (mandataria)			<i>Dott. Ing. M. Raccosta</i>
SCETAURROUTE			Ordine Ing. Verona n° A1665
SICS s.r.l. Società Italiana Consulenza Strade			<i>Dott. Ing. L. Samama</i>
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.			<i>Dott. Ing. T. Di Bari</i>
SOIL Geologia Geotecnica Opere in sotterraneo Difesa del territorio			Ordine Ing. Taranto n° 1083
INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE <i>Dott. Ing. M. Raccosta</i>			<i>Prof. Ing. A. Bevilacqua</i>
IL GEOLOGO			Ordine Ing. Palermo n° 4058
<i>Dott. Geol. F. Ferrari</i>			<i>Dott. Ing. L. Albert</i>
Ordine dei Geologi Regione del Veneto n° 60			Ordine Ing. Milano n° A14725
VISTO:IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO:IL RESPONSABILE DEL SERVIZIO PROGETTAZIONE	DATA	LA DIREZIONE LAVORI
<i>Dott. Ing. Andrea Simonini</i>			

SUBLOTTO 2.2: INTERVALLIVA DI MACERATA

RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050010 (Delibera CIPE 13/2004)										REVISIONE	FOGLIO	SCALA
CODICE ELAB. e FILE	Opera	Lotto	Stato	Settore	WBS	Disciplina	Tipo Doc.	N. Progress.				
	L0703	L2	D	P	GENER00	GEO	REL	001		B	-- --	-----
D												
C												
B	REVISIONE					29/08/2008	E.Fresia	P. Versace	M.Raccosta			
A	EMISSIONE					10/04/2007	E.Fresia	P. Versace	M.Raccosta			
REV.	DESCRIZIONE					DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	APPROVATO RESP. TECNICO ANAS		

**ASSE VIARIO MARCHE - UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE
INTERNA**

MAXILOTTO 1

PROGETTO DEFINITIVO

SUBLOTTO 2.2

INTERVALLIVA DI MACERATA

**RELAZIONE SULLE INDAGINI
GEOGNOSTICHE**

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	OGGETTO E SCOPO	4
3.	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	6
4.	RILIEVI E MONITORAGGI	7
5.	INDAGINI DISPONIBILI	9
6.	INDAGINI ESEGUITE	12
6.1.	Sondaggi	12
6.2.	Prove penetrometriche	17
6.3.	Down Hole	18
6.4.	Pozzetti esplorativi	19
6.5.	Misurazioni piezometriche	20
7.	ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	21
8.	CONCLUSIONI	23

1. PREMESSA

L'intervalliva di Macerata si sviluppa parte in nuova sede e parte in ampliamento di viabilità esistente per complessivi 12 Km circa; in quest'ambito il progetto relativo al sublotto 2.2 del Quadrilatero Umbria Marche, di cui al presente documento, è limitato ai soli 3 Km compresi fra la vecchia SS 77 ed il raccordo autostradale (superstrada Val di Chienti).

L'asse di progetto ha inizio con una rotatoria posta sulla SS77 storica, in località Villa Costa. Da qui, prevalentemente in rilevato, muove verso sud in corrispondenza o in affiancamento di una strada Comunale esistente fino a Casa Tartufari. Prosegue ancora verso sud, questa volta con tracciato in nuova sede, attraversando ortogonalmente la SS 485 Corridonia Maceratese risolvendone la relativa interferenza mediante una rotatoria denominata "La Pieve". Si dirige quindi, con una leggera curva verso sinistra, in direzione del Fiume Chienti che attraversa con un ponte lungo circa 100 m. Dopo il collegamento con la nuova superstrada Val di Chienti, che avviene mediante un innesto a trombetta, oltrepassa la stessa arteria con un viadotto lungo 67.50 m terminando poco dopo in corrispondenza dell'innesto sulla SP38 per Corridonia.

Le opere principali previste sono elencate in tabella 1.

Opere minori sono rappresentate da tombini, che risolvono le interferenze con la rete idrica minore, ed opere di sostegno, di sottoscarpa e di controripa.

Tabella 1. Sublotto 2.2. Opere principali		
Opera	Lunghezza	Progressive km
Ponte sul Chienti	106m	2+406.70/2+512.70
Ponticelli sul Canale (2)	13.00m	0+023.60 e 0+153.14 (su asse secondario)
Viadotto su S.S.77	67.50m	2+737.40/2+804.90

2. OGGETTO E SCOPO

Oggetto del presente documento è la descrizione delle indagini geognostiche, geofisiche, delle prove in sito e di laboratorio effettuate lungo l'asse stradale di progetto in sede di progettazione definitiva.

Lo scopo è quello di fornire, sulla base dell'insieme dei dati disponibili, un elenco completo ed una panoramica delle informazioni utilizzate per la progettazione definitiva dell'opera.

Per lo studio delle caratteristiche geologiche del tratto in studio in sede di progettazione preliminare è stata effettuata, nella primavera/estate del 2004, una prima campagna geognostica con l'esecuzione di sondaggi geognostici e prove penetrometriche statiche e dinamiche.

Ad integrazione delle informazioni disponibili nell'estate 2006, in sede di progettazione definitiva, è stato effettuato un supplemento d'indagine articolato attraverso lo sviluppo delle seguenti attività:

- a) rilievi geologici, geomeccanici, geomorfologici ed idrogeologici;
- b) sondaggi con prove in sito e prelievo di campioni;
- c) prove down hole in foro di sondaggio;
- d) prove penetrometriche dinamiche;
- e) prove di laboratorio su campioni, rimaneggiati ed indisturbati, prelevati nel corso dei sondaggi;
- f) monitoraggio piezometri.

Infine ed in recepimento delle osservazioni effettuate in sede di istruttoria, nell'agosto 2008 sono stati eseguiti 4 pozzetti esplorativi con misura del livello di falda, mentre nel settembre dello stesso anno è stata condotta una campagna di misure dei livelli di falda in corrispondenza dei piezometri disponibili e nei pozzi censiti.

Tutte le indagini realizzate, sia per il progetto definitivo che per quello preliminare, sono riportate in una planimetria generale in scala 1:5.000, nella carta geologica e nei profili geologici.

Le singole attività effettuate in sede di progettazione definitiva sono state suddivise nelle seguenti e distinte sequenze temporali:

- a) rilievi geologici, geomeccanici, geomorfologici, idrogeologici e su foto aeree;
- b) ubicazione e materializzazione sul terreno dei punti d'indagine, ottenimento delle autorizzazioni all'accesso, realizzazione piste e piazzole;
- c) esecuzione dei sondaggi, prelievo di campioni e prove in foro;
- d) trasporto dei campioni prelevati nel corso delle perforazioni al laboratorio per l'esecuzione delle previste prove;
- e) esecuzione delle prove penetrometriche;
- f) esecuzione delle prove down hole;
- g) monitoraggio dei piezometri disponibili.
- h) esecuzione dei pozzetti esplorativi.
- i) misure di acqua nei pozzi .

Di seguito si descrivono le caratteristiche delle indagini geognostiche svolte e sopra brevemente elencate. Nel corso dei diversi capitoli verranno illustrate anche le indagini effettuate in sede di progettazione preliminare ed interamente riutilizzate nello sviluppo della presente fase progettuale.

3. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

La presente campagna di indagini risulta conforme a quanto richiesto dall'elaborato 1509 a base di gara: *Capitolato Speciale di affidamento – Norme Generali – Specifiche tecniche per la progettazione definitiva*, ed in particolare a quanto stabilito al paragrafo 1.3: *indagini geotecniche*. E' conforme inoltre agli allegati di cui allo stesso capitolato ed in particolare alle: *Norme Tecniche per l'esecuzione di indagini geotecniche e geofisiche* e *Norme Tecniche per l'esecuzione di prove di laboratorio*.

Vengono inoltre rispettate le normative nazionali specifiche quali:

- D.M 11.03.1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, esecuzione e collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circ. LL.PP. 24.09.1988 n° 30483. Norme tecniche per terreni e fondazioni – Istruzioni applicative;
- Legge 11.02.1994 n° 109. Legge Quadro in materia di lavori pubblici;
- D.P.R. 21.12.1999 n°554. Regolamento di attuazione della Legge Quadro in materia di lavori pubblici.

4. RILIEVI E MONITORAGGI

Il progetto preliminare era corredato da un'ampia cartografia geologica, geomorfologica ed idrogeologica che, nello sviluppo delle successive fasi progettuali, è stato necessario approfondire.

Preliminarmente all'esecuzione delle indagini dirette ed indirette sono state acquisite foto aeree a grande scala delle aree in studio, integrate e confrontate con le recenti foto aeree in scala 1:8.000 effettuate per la restituzione cartografica.

Successivamente sono stati condotti, su base cartografica in scala 1:5.000 ed 1:2.000, rilievi geologici lungo l'intero tracciato con riconoscimento delle formazioni e dei singoli litotipi, acquisizione di giaciture di strati e più in generale delle strutture tettoniche rilevabili in campagna (faglie, assi di pieghe, superfici di clivaggio ecc).

Rilievi geomorfologici, guidati dallo studio delle foto aeree e dalla consultazione della documentazione bibliografica acquisita, hanno riguardato le situazioni di possibile pericolosità geomorfologica con particolare riferimento per condizioni di reale o potenziale instabilità dei versanti e per le aree potenzialmente alluvionabili.

Infine rilievi idrogeologici sono stati mirati al riconoscimento e alla valutazione della permeabilità dei terreni, alla ricerca di pozzi per acqua ad uso privato in prossimità del tracciato ed alla misura, ove possibile, dei livelli idrici. Le misure sui pozzi hanno confermato quanto evidenziato dai rilievi effettuati sui piezometri del preliminare e del definitivo, ovvero che la falda si trova ad una profondità variabile e decrescente da nord verso sud, con valori minimi in prossimità del Fiume Chienti (sondaggio SD1pz, rilevamento falda a 3,50 m da p.c.).

Si prevede in ogni caso di proseguire con la lettura dei piezometri, e degli eventuali pozzi privati, ove possibile, per un periodo pari almeno ad un anno dalla conclusione delle indagini,

in modo da evidenziare le variazioni dei livelli di falda in concomitanza con il periodo di massima piena idrologica.

5. INDAGINI DISPONIBILI

Nell'area in studio durante lo sviluppo della precedente fase progettuale sono state reperite numerose indagini geognostiche eseguite da liberi professionisti per conto dell'Amministrazione comunale di Macerata. In particolare poco ad E del tracciato, nel tratto compreso fra la rotatoria La Pieve ed il Ponte sul Fiume Chienti, sono ubicati i sondaggi denominati S1 ed S2 profondi 9,00 m ciascuno. Circa 600 m ad W della stessa rotatoria e del tracciato sono invece ubicati i sondaggi S4 ed S7, rispettivamente profondi 13,5 e 9,0 m.

Per le indagini in argomento, riassunte nell'allegata tabella 2, si dispone delle colonne stratigrafiche e di misurazioni dei livelli idrici; non si dispone invece di informazioni relative a prove penetrometriche od eventuali campioni prelevati.

Tabella 2. Sondaggi reperiti in sede di progettazione preliminare.					
Sondaggio	Ditta	Data	Profondità (m)	Opera	Note
S1	Studio di geologia	05/02/02	9,00	Tratto in sede naturale	Falda a 7,1 m da p.c.
S2	Studio di geologia	05/02/02	9,00	Tratto in sede naturale	Falda a 6,6 m da p.c.
S4	Studio di geologia	05/03/99	13,50	Tratto in sede naturale	
S7	Studio di geologia	05/03/99	9,00	Tratto in sede naturale	

Dei sondaggi reperiti in sede di progettazione preliminare sono stati considerati prevalentemente i primi 2, dato il loro posizionamento in prossimità del tracciato in progetto.

Nell'estate 2004 per la redazione del progetto preliminare sono stati eseguiti, dalla ditta Geomeccanica Consulting, n° 4 sondaggi a carotaggio continuo di profondità compresa fra 20 e 6 m da p.c; nel corso delle perforazioni in corrispondenza dei sondaggi S1-S2-S3 sono state effettuate prove SPT, mentre nei sondaggi S1-S2, di

maggiore profondità ed ubicati in corrispondenza delle opere principali, si è provveduto al prelievo di campioni indisturbati.

La 3 riassume le caratteristiche dei sondaggi eseguiti, la tabella 4 elenca le prove in sito (SPT) con i relativi risultati, mentre la tabella 5 elenca i campioni prelevati in corso d'opera con le relative profondità.

Tabella 3. Sondaggi effettuati in sede di progettazione preliminare

Sondaggio	Ditta	Data	Profondità (m)	Opera	Note
S1	Tecnosoil Snc	26/07/04	20,00	Ponte sul Chienti	Falda a 4,4 m da p.c.
S2	Tecnosoil Snc	01/07/04	20,00	Ponte sul Chienti	Falda a 7,6 m da p.c.
S3	Tecnosoil Snc	01/07/04	10,00	Tratto in scavo	
S4	Tecnosoil Snc	26/07/04	6,00	Tratto in rilevato	

Tabella 4. Prove in sito nel corso dei sondaggi S1-S2-S3.

Sondaggio	SPT n°	Profondità (m)	N° colpi
S1	1	5,00	8-6-6
	2	10,00	10-R
S2	1	5,00	10-10-19
	2	10,00	12-12-1
S3	1	4,50	10-45-R

Tabella 5. Campioni prelevati nei sondaggi S1 – S2.

Sondaggio	Profondità (m)	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Profondità (m)
S1	20,00	I 1	-	15-15,5
		I 2	-	20-20,4
S2	20,00	I 1	-	13-13,4
		I 2	-	18-18,5

Ad integrazione dei sondaggi geognostici nello stesso periodo sono state effettuate n° 2 prove penetrometriche dinamiche e n° 2 prove penetrometriche statiche. Tali prove, riassunte in tabella 6, per effetto delle buone caratteristiche dei terreni attraversati hanno

raggiunto condizioni di rifiuto a profondità variabili fra 3,6 – 7,0 m da p.c.

Nel complesso i dati disponibili evidenziano una buona coerenza stratigrafica fra le indagini reperite e quelle effettuate in sede di progettazione preliminare. La successione dei terreni nell'area studiata si compone di un primo orizzonte composto generalmente da ghiaie sabbioso-limose di origine alluvionale cui soggiace, a profondità variabili fra 8 – 12 m da p.c., un substrato costituito da alternanze limoso-argilloso-sabbiose.

Tabella 6. Prove penetrometriche in sede di progettazione preliminare					
Tipo indagine	Numero	Ditta	Profondità (m)	Opera	Data
DPSH	1	Geomeccanica consulting	7,00	Viadotto sulla SS77	23/07/04
DPSH	2	Geomeccanica consulting	5,00	Tratto in rilevato	23/07/04
CPT	1	Geomeccanica consulting	3,60	Tratto in rilevato	23/07/04
CPT	2	Geomeccanica consulting	3,6	Tratto in rilevato	23/07/04

6. INDAGINI ESEGUITE

Le indagini geognostiche effettuate in sede di progettazione preliminare, integrate da ulteriori indagini reperite in zona, complice anche una certa omogeneità geolitologica, si dimostrano in grado di caratterizzare, sia dal punto di vista geologico che geotecnico, l'area in studio.

In tale contesto in sede di progettazione definitiva è stata realizzata una campagna geognostica integrativa allo scopo di:

- o confermare il quadro conoscitivo disponibile;
- o integrare la caratterizzazione dei depositi alluvionali nei quali si sviluppa il tracciato;
- o verificare le caratteristiche dei terreni in corrispondenza delle opere principali per profondità superiori rispetto quelle massime raggiunte con le perforazioni effettuate in sede di progettazione preliminare (20 m);

6.1. Sondaggi

La campagna geognostica prevista in sede di progettazione definitiva prevedeva l'esecuzione di n° 2 sondaggi geognostici; il sondaggio SD1 posto in corrispondenza del viadotto sulla SS77, ed il sondaggio SD2 in corrispondenza del ponte sul Fiume Chienti. All'atto esecutivo non è stato possibile in alcun modo raggiungere l'area d'indagine in corrispondenza del viadotto sulla SS77 a causa della netta opposizione manifestata dai proprietari dei terreni. Per lo stesso motivo non è stato possibile neppure effettuare la perforazione nelle vicinanze del sito prescelto e, pertanto, il sondaggio in argomento è stato annullato. Per evitare fraintendimenti con la numerazione delle singole verticali d'indagine il sondaggio SD2, nel frattempo ultimato, è stato rinumerato come SD1pz.

Il sondaggio SD1pz, dotato di piezometro, è stato effettuato dalla ditta Methodo S.r.l e completato in data 11 luglio 2006 alla raggiunta profondità di 35 m.

Il sondaggio è stato eseguito con una sonda a rotazione carcingolata marca SOILMEC 400 avente le seguenti caratteristiche:

Modello:	Cummins SM 400;
Coppia max:	1100 Kgm;
Motore:	HP 120 turbo insonorizzato;
Cambio.	3 velocità;
Velocità max:	360 Rpm;
Corsa utile per le aste:	3,0 m

La perforazione è stata eseguita a rotazione ed a carotaggio continuo utilizzando un carotiere semplice del diametro 101 mm e rivestimenti metallici del diametro di 127 mm.

La perforazione è ubicata sulla sponda idrografica destra del Chienti esattamente in asse con il tracciato. Una volta raggiunto il substrato alla profondità di 11,90 m la perforazione è stata spinta sino a 35,00 m senza ravvisare particolari variazioni litologiche e tecniche del materiale attraversato.

A fine lavori il foro è stato attrezzato con un tubo in PVC pesante da 3" per l'esecuzione di una prova down hole prevista fra le profondità di 0 e 33 m da p.c. Il tubo, fra le profondità di 9 – 10 m, è stato fessurato in maniera tale da poter essere utilizzato, in futuro, anche come piezometro. Per tale motivo a fine lavori è stato installato un chiusino metallico di protezione chiuso con lucchetto. La falda, misurata durante il corso delle perforazioni ed anche successivamente, si dimostra sempre prossima a p.c (circa 3,50 m di profondità).

Le carote del sondaggio sono state deposte in cassette di legno e fotografate (a colori) curando la completa leggibilità di tutte le informazioni. Ogni cassetta riporta, su più lati, il numero del

sondaggio ed il subplotto di riferimento. Le fotografie delle cassette sono debitamente allegate all'elaborato contenete le stratigrafie.

Le cassette di sondaggio sono stoccate presso il cantiere della Società Val di Chienti, a Pontelatrate (Mc), per eventuali e futuri controlli o approfondimenti.

Durante il corso della perforazione ed allo scopo di caratterizzare i materiali granulari attraversati sono state effettuate n° 5 prove SPT ad intervalli approssimativamente regolari di circa 3 m di profondità, come illustrato in tabella 7. Ogni prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro mentre la misurazione della profondità di attestazione della punta è avvenuta con una tolleranza di +/- 7 cm.

La prova consiste nel far penetrare un campionatore standard, posato a fondo foro, per 3 tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero di colpi necessari (N1-N2-N3). Con il primo tratto, detto di avviamento, s'intende superare la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione; superato questo si annotano i valori di N2 ed N3 fino ad un limite complessivo $N2+N3 = 100$ colpi, raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto. Pertanto, e prescindendo dai casi particolari di rifiuto, il parametro caratteristico della prova è il seguente:

$$N_{spt} = N2 + N3$$

Che esprime il numero di colpi caratteristico per 30 cm di avanzamento.

Tabella 7. Prove SPT nel sondaggio SD1pz			
Sondaggio	SPT n°	Profondità (m)	N° colpi
SD1pz	1	3,00	4-21-35
	2	6,00	34-38-50
	3	9,00	25-50-R
	4	12,20	23-34-R
	5	15,00	38-R

Sempre nello stesso foro di sondaggio alla profondità di 21,50 m da p.c. è stata effettuata una prova pressiometrica in seno alle argille sabbiose del substrato.

La prova consiste nella misurazione delle dilatazioni indotte in una speciale sonda tricellulare calata in un foro di sondaggio appositamente realizzato con carotiere da 62 mm. La sonda utilizzata, del tipo Mernard-Apageo, ha lunghezza 600 mm e diametro 60 mm. Lo strumento è in pratica una sonda cilindrica ad espansione dotata di una cella centrale di misurazione e due celle di guardia laterali. Le misurazioni sono effettuate sulla cella centrale che, messa sotto pressione da una massa d'acqua iniettata all'interno, si espande radialmente. Le celle di guardia, dilatate dal un gas, mantengono costante la geometria del sistema impedendo che la sonda centrale abbia deformazioni diverse da quelle radiali. La prova viene eseguita imponendo incrementi di carico mantenuti costanti per 60", con misure intermedie di 30", misurando le dilatazioni della sonda centrale e, conseguentemente, le corrispondenti dilatazioni volumetriche del terreno. Le pressioni vengono lette in superficie da manometri di precisione dotati di scale differenziate, mentre le deformazioni vengono rilevate da un sistema volumetrico.

Per ogni prova viene redatta una scheda con i dati fondamentali per individuare il sito, il sondaggio, il tipo di materiale (dedotto dal carotaggio), le misure ai manometri ed al volumometro ecc. I dati registrati durante la prova sono:

- o pressione letta al manometro;
- o volume iniettato a 30";
- o volume iniettato a 60".

Dai sopraccitati volumi si evincono le variazioni del volume fra la lettura a 30" e quella a 60" (V60-V30) a pressione costante (volume di fluage), e la variazione di volume fra le letture a 60" di due gradini di pressione successivi. Queste letture permettono già in campagna di controllare lo sviluppo della prova e stimare la pressione di fine prova.

In chiave di elaborazione viene fornito il grafico pressione – volume messo in parallelo con il grafico del volume di fluage. La forma della curva di fluage è indicativa sia della pressione di ricompressione P_o (e quindi del volume V_o) di inizio del tratto pseudoelastico della curva (lineare) sia della pressione finale del tratto rettilineo P_f (e quindi del volume V_f). Attraverso i grafici della prova in argomento è possibile stimare il modulo pressiometrico normalizzato di Menard E_p , ed i parametri di resistenza del terreno in condizioni drenate e non drenate.

Durante la perforazione è stato prelevato, nel substrato e mediante l'utilizzo di campionatore a parete sottile di tipo aperto (Shelby), un campione indisturbato. Sono inoltre stati prelevati 9 campioni rimaneggiati, di cui 3 nei depositi alluvionali di copertura e 5 nelle argille sabbiose del substrato.

La seguente tabella 8 riassume caratteristiche e profondità dei campioni prelevati.

Tabella 8. Campioni prelevati nel sondaggio SD1pz.				
Sondaggio	Profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Campioni indisturbati	Profondità (m)
SD1pz	35,00	CR1		3,6-4,0
		CR2		7,5-8,0
		CR3		11-11,5
		SPT4		12,2-12,6
			SH1	14-14,4
		SPT5		15-15,2
		SPT6		17,4-17,6
		CR4		19,4-19,5
		CR5		27-27,6
		CR6		31-31,6

6.2. Prove penetrometriche

Ad integrazione del sondaggio sopra citato il giorno 12 luglio 2006, al fine di integrare e verificare la caratterizzazione dei depositi alluvionali di copertura, sono state effettuate alcune prove penetrometriche posizionate in punti diversi, circa equidistanti dal tracciato.

La natura prevalentemente granulare dei materiali presenti ha consigliato l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche. Tale prova prevede l'infissione nel terreno di una punta conica metallica di caratteristiche standardizzate che viene montata all'estremità di un'asta in acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste. L'infissione avviene per battitura facendo cadere un maglio da un'altezza costante. La prova consiste nel contare i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita. La resistenza del terreno risulta inversa alla penetrazione per ciascun colpo, e diretta al numero di colpi (Ndp) per una data penetrazione. Per l'esecuzione dell'indagine in argomento è stato utilizzato un penetrometro DEEP DRILL SP 200 SM con capacità di spinta di 200 KN. Le caratteristiche della strumentazione utilizzata sono le seguenti:

Peso maglio:	73 Kg;
Altezza di caduta:	0,75 m;
Lunghezza aste:	0,9 m;
Peso aste:	6,3 Kg/m;
Angolo punta conica.	60°;
Sezione punta:	20 cmq;
Avanzamento:	30 cm

La tabella 9 riassume le caratteristiche delle prove citate e le profondità raggiunte con ciascuna di esse.

Tabella 9. Prove penetrometriche dinamiche in sede di progettazione definitiva

Tipo indagine	Numero	Ditta	Profondità (m)	Opera	Data
DPSH	1	Methodo	6,00	Ponte sul Chienti	12/7/06
DPSH	2	Methodo	10,80	Rotonda La Pieve	12/7/06
DPSH	3	Methodo	13,50	Tratto a mezza costa	12/7/06

6.3. Down Hole

La tecnica down hole prevede la misura dei tempi delle onde di compressione (P) e di taglio (S) fra un punto di energizzazione posto sulla superficie ed una serie di punti di ricezioni, mobili, posti in un tubo installato e cementato entro un foro di sondaggio.

Il metodo rappresenta una delle più accurate misure non distruttive per la determinazione delle proprietà fisico meccaniche dinamiche dei terreni, ed in particolare per una corretta valutazione della risposta di un terreno soggetto a carichi dinamici (ad esempio i terremoti). E' proprio con le prove Down Hole, infatti, che è possibile determinare con il massimo grado di accuratezza la V_{S30} , ovvero la velocità media delle onde di taglio entro 30 m di profondità, stabilita dalla OPCM 3274 del 20.03.2003, e necessaria per la determinazione della categoria di suolo di fondazione.

Come sorgente del segnale si è utilizzato un sistema "hammer blow"; per l'acquisizione in foro si è fatto uso di uno strumento dotato di 6 geofoni da 14 Hz smorzati del 70% e posizionati su due sonde 3D distanti fra loro 1 m. Gli impulsi ricevuti dallo strumento sono acquisiti da un sismografo EG&G GEOMETRICS GEODE tramite il quale, dopo filtraggio ed amplificazione, vengono registrati su supporto magnetico. L'acquisizione è stata svolta procedendo dall'alto verso il basso ed approfondendo il sistema di una distanza pari ad 1 metro per volta. L'apparato di ricezione è stato calato nel foro cui aderisce tramite un meccanismo di ancoraggio; successivamente si sono registrati i sismogrammi relativi ai tempi di percorso fra il punto di energizzazione posto in

superficie e quello a cui è posto il geofono. Tali tempi sono inseriti in un diagramma spazio/tempo dove la pendenza delle rette determinate dalla successione dei punti rappresenta la velocità dei litotipi investigati.

6.4. Pozzetti esplorativi

Nell'agosto 2008, recependo le osservazioni formulate in sede di istruttoria, tramite la ditta Methodo sono stati eseguiti 4 pozzetti esplorativi mediante escavatore spinti sino alla profondità di 1,00 m da p.c. Lo scopo era quello di verificare puntualmente lo spessore della coltre di vegetale nonché la capacità portante dei piani d'imposta dei rilevati stradali. Pertanto alla profondità di 0,50 m da p.c., e comunque al di sotto del vegetale, sono state condotte prove di carico con piastra organizzate su due cicli (ovvero carico, scarico e ricarico). In tutti i pozzetti sono stati prelevati n° 2 campioni, il primo alla profondità di esecuzione della prova ed il secondo a fondo scavo.

La tabella 10 riassume le misure effettuate.

Tabella 10. Pozzetti esplorativi in sede di progetto definitivo				
Pozzetto esplorativo n.	Profondità	Prove di carico su piastra	Campioni riman.	Profondità dal p.c. in m
	(m dal p.c.)	(m da p.c.)		
P1	1.00	0.50	CR1	0.50
			CR2	1.00
P2	1.00	0.50	CR1	0.50
			CR2	1.00
P3	1.00	0.50	CR1	0.50
			CR2	1.00
P4	1.00	0.50	CR1	0.50
			CR2	1.00

6.5. Misurazioni piezometriche

Nel settembre del 2008, e sempre in recepimento delle osservazioni formulate in sede di istruttoria, è stata condotta una campagna di misure sui piezometri ancora disponibili nonché sui pozzi per acqua debitamente censiti (per la relativa ubicazione si rimanda alla carta idrogeologica allegata al progetto). Scopo di questa indagine era integrare le informazioni relative alla profondità e caratteristiche della falda idrica, meglio definire le relative interferenze con scavi ed opere, ed infine tracciare le isofreatiche nella carta idrogeologica.

Le misure effettuate sono debitamente riassunte nella seguente tabella 11.

Tabella 11. Misure dei livelli di falda su piezometri e pozzi per acqua effettuate nel settembre 2008			
Sondaggio	Pozzo	Data misura	Profondità falda (m da p.c.)
S4		23/09/2008	29,00
	P10	23/09/2008	14,07
	P9	23/09/2008	14,20
	P7	23/09/2008	10,50
	P11	23/09/2008	10,43
	P8	23/09/2008	asciutto
	P6	23/09/2008	8,60
	P4	23/09/2008	13,10
S2		23/09/2008	6,48
	P1	23/09/2008	n.r.
	P3	23/09/2008	9,69
	P2	23/09/2008	13,15
	P5	23/09/2008	0,57
S1		23/09/2008	n.r.
S3		23/09/2008	n.r.

Nel complesso considerando i dati reperiti, le indagini effettuate in sede di progettazione preliminare e quelle in sede di progettazione definitiva, per le successive fasi progettuali sono disponibili 9 sondaggi per complessivi 131,5 m di perforazione, 7 prove penetrometriche per complessivi 49,5 m, n° 1 prova down hole ed analisi di laboratorio su un totale di 15 campioni.

7. ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Prove di laboratorio sono state eseguite su campioni rimaneggiati ed indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi effettuati durante le diverse fasi geognostiche.

Con specifico riferimento ai sondaggi S1 ed S2 effettuati in sede di progettazione preliminare i 4 campioni, tutti indisturbati e riferibili a depositi del substrato, sono stati prelevati con carotieri a pareti sottili infissi a pressione tipo Shelby.

Le prove, effettuate presso il laboratorio LABORTEC S.r.l. di S. Lorenzo in Campo (PU) sono le seguenti:

- o n° 3 determinazioni del contenuto naturale d'acqua;
- o n° 3 determinazioni del peso di volume naturale;
- o n° 3 determinazioni dei limiti di Atterberg;
- o n° 3 determinazioni della frazione passante al setaccio 200;
- o n° 2 prove triassiali tipo UU;
- o n° 1 prova di taglio diretto con determinazione dei parametri di picco e residui.

Nel sondaggio della campagna geognostica del progetto definitivo sono stati prelevati, direttamente dalle cassette, n° 9 campioni rimaneggiati; è stato inoltre prelevato n° 1 campione indisturbato usando, anche in questo caso, un carotiere a pareti sottili infisso a pressione tipo Shelby.

Le prove, effettuate presso il laboratorio TECHNOGEO Srl di Montecorsaro (MC), sono le seguenti:

Tabella 12. Prove di laboratorio su campioni prelevati in sede di progettazione definitiva.		
Campione	Profondità	Prove eseguite
CR1	3,60-4,00	Granulometria per setacciatura; classificazione CNR UNI 1006
CR2	7,50-8,00	Granulometria per setacciatura; limiti Atterberg, classificazione CNR UNI 1006
CR3	11,00-11,50	Granulometria per setacciatura; limiti Atterberg, classificazione CNR UNI 1006
SH1	14,00-14,40	Granulometria per setacciatura e sedimentazione, limiti Atterberg, umidità naturale, massa volumica, peso specifico dei grani, classificazione CNR UNI 1006, prova edometrica.
CR4	19,40-19,50	Granulometria per setacciatura e sedimentazione, limiti Atterberg, massa volumica, peso specifico dei grani, classificazione CNR UNI 1006, compressione semplice, taglio diretto.
CR5	27,00-27,60	Granulometria per setacciatura e sedimentazione, limiti Atterberg, massa volumica, peso specifico dei grani, classificazione CNR UNI 1006, compressione semplice, taglio diretto.
CR6	31,00-31,60	Prova di compressione semplice

8. CONCLUSIONI

La campagna geognostica per il progetto definitivo del sublotto 2.2 del Quadrilatero Umbria Marche, “Intervalliva di Macerata”, stante la presenza di un buon numero di indagini pregresse e di un contesto geologico relativamente semplice e monotono, è stata incentrata sull’esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo lungo 35 m denominato SD1pz, quattro pozzetti esplorativi denominati P1, P2, P3 e P4, n° 3 prove penetrometriche dinamiche denominate DPSH 1 – DPSH 2 – DPSH 3, e n° 1 prova down hole sul sondaggio di cui sopra e volta alla determinazione della categoria di suolo di fondazione in ottemperanza alla normativa sismica vigente.

L’assetto geologico dell’area d’interesse progettuale è stato quindi desunto dall’insieme delle indagini effettuate nelle diverse fasi la cui correlazione stratigrafica si è sempre dimostrata ottimale.

Dal punto di vista litologico sono stati riconosciuti i seguenti depositi:

1. alluvioni ghiaioso sabbioso limose fra p.c. e la profondità di 8 – 12 m;
2. substrato argilloso sabbioso esteso sino alle massime profondità indagate (35 m).

Il sondaggio SD1pz è ubicato in asse al previsto ponte sul Fiume Chienti. La perforazione è stata effettuata a carotaggio continuo con prelievo minimo del 90% del materiale attraversato; sono state eseguite prove SPT a distanze regolari, sono stati prelevati campioni rimaneggiati ed indisturbati ed è stata condotta una prova pressiometrica in corrispondenza del substrato di base.

Il foro è stato attrezzato con un tubo in PVC pesante per l’effettuazione della prova down hole; al tempo stesso parte del tubo è stata strutturata in maniera tale da poter usare lo strumento come piezometro per il monitoraggio della falda nel tempo.

Le cassette di sondaggio sono state sistematicamente fotografate non appena conclusa la perforazione curando la completa leggibilità di tutte le informazioni contenute.

Le prove penetrometriche, poste a distanze regolari, hanno contribuito alla caratterizzazione dei depositi alluvionali in corrispondenza dei quali si sviluppa il tracciato.

Prove di laboratorio sono state effettuate su campioni rimaneggiati ed indisturbati prelevati nel corso del sondaggio. Le prove effettuate sono essenzialmente di classificazione geotecnica (per tutti i campioni) integrate, dove possibile, da prove di caratterizzazione ed in particolare prove edometriche, prove di compressione semplice e di taglio diretto.