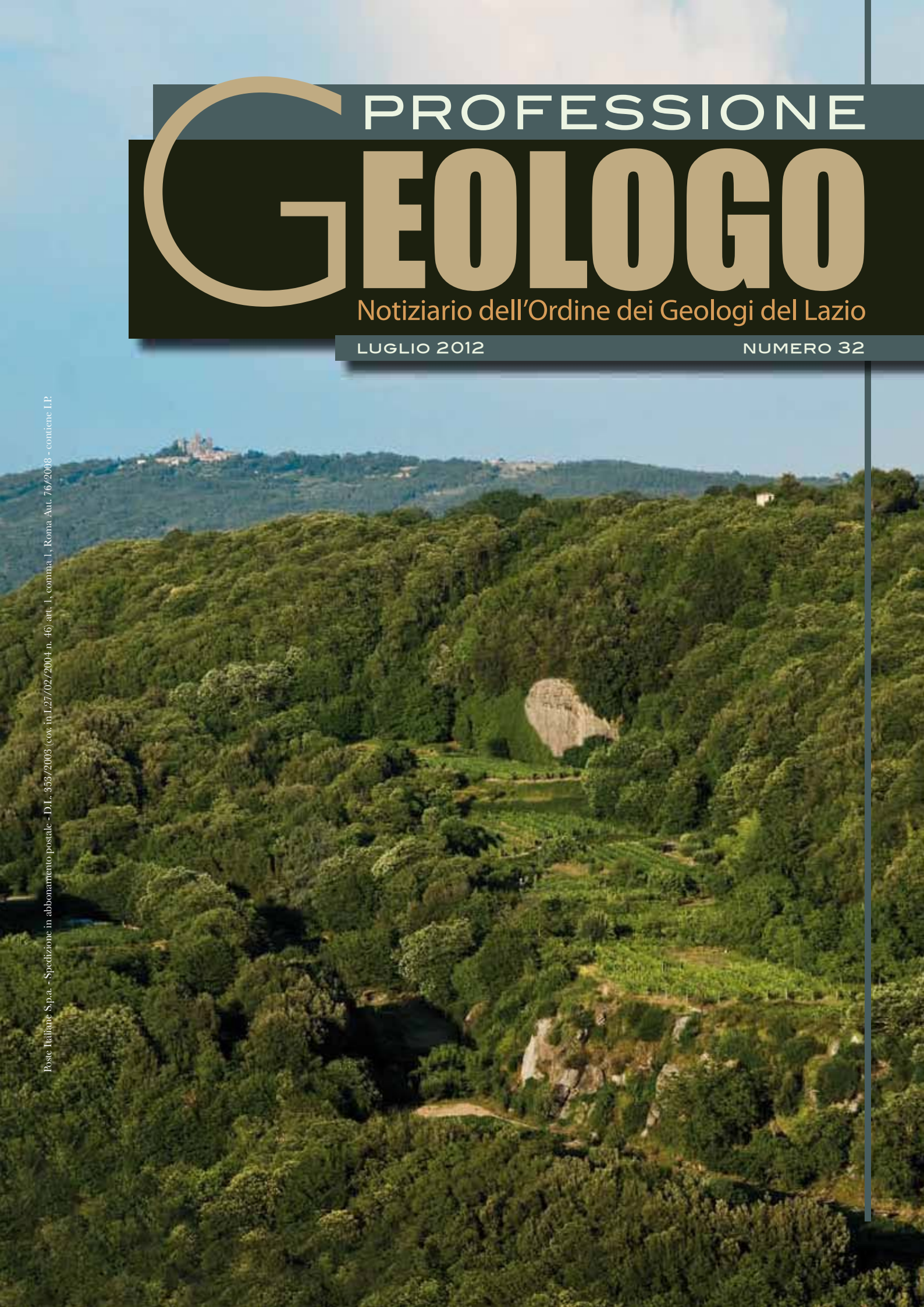


PROFESSIONE GEOLOGO

Notiziario dell'Ordine dei Geologi del Lazio

LUGLIO 2012

NUMERO 32



IL CERTIFICATO DI LABORATORIO GEOTECNICO: LE PROVE FISICHE – PARTE 1

STEFANO CIANCI

Geologo

stefano.cianci@geoplanning.it

MASSIMO PARENTE

Geologo

info@setecingegneria.it

Nell'ambito di una corretta interpretazione e valutazione delle prove geotecniche di laboratorio, dopo aver esaminato la descrizione del campione sul numero scorso di Professione Geologo, affrontiamo in questo numero le problematiche connesse ad alcune prove di esecuzione molto semplice, nelle quali il tecnico sperimentatore di laboratorio entra con discernimento solamente per scegliere le porzioni di carota più adatte all'esecuzione di tali prove.

Le prove in questione vengono denominate comunemente “prove fisiche” e comprendono la:

1. determinazione del contenuto naturale d'acqua;
2. determinazione del peso di volume

naturale;

3. determinazione del peso di volume dei grani;
4. determinazione dei limiti di consistenza (o di Atterberg);
5. determinazione della composizione granulometrica (analisi granulometrica per setacciatura ed areometria).

In questo articolo verranno trattate solamente le prime due determinazioni. Si applicherà nel seguito il criterio di confronto tra i risultati delle misurazioni che man mano verranno analizzate e le analisi del campione precedentemente effettuate: tale criterio nasce dal concetto che un terreno si comporta in linea generale come descritto dalle varie

modellazioni reologiche, ma di fatto è un elemento a sé stante, complesso, con peculiarità da considerare integrate nel contesto geologico generale di prelievo, da cui non si può prescindere. Questo approccio permette di restituire la migliore parametrizzazione possibile e quindi una progettazione geotecnica realmente contestualizzata al sito.

La prima cosa da ricercare sul certificato sono i riferimenti normativi: questi definiscono le modalità con le quali la prova è stata eseguita e pertanto devono essere riportati con chiarezza, oltre alle date di inizio e termine della prova, la data di emissione del certificato e le firme del tecnico sperimentatore e del direttore del laboratorio. Per facilità di lettura in allegato ai certificati dovremmo trovare la “bibliografia” delle norme e l'elenco delle abbreviazioni e dei simboli utilizzati.

Anzitutto, per definizione, le **proprietà fisiche** sono le caratteristiche dei terreni riferibili a grandezze fisiche (come il peso, il volume e le dimensioni) e geometriche dei grani. I **parametri di stato** invece sono quelle grandezze che descrivono lo stato “naturale” del terreno, e dipendono dallo stato tensionale e deformazionale (presente e passato): il peso di volume, il grado di saturazione e, per i materiali a grana fine, la compressibilità sono alcuni esempi di parametri di stato. Sono **parametri indice** tutti quei parametri che caratterizzano il terreno indipendentemente dallo stato in cui si trova in sito; in tal senso la porosità è un parametro di stato in quanto dipende dallo stato tensionale, mentre il peso di volume dei grani è un parametro indice, in quanto non dipende da nessuna peculiarità caratteristica riscontrabile in sito.



Fig. 1 - Esempio di pesata del materiale per la determinazione del contenuto naturale d'acqua (foto: Geoplanning Servizi per il Territorio S.r.l.).

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	14/03/11	Data di fine prova:	15/03/11
	Determinazione W_1	Determinazione W_2	Determinazione W_3
Peso lordo umido (g)	40,35	46,79	77,61
Peso lordo secco (g)	35,46	40,42	66,84
Tara (g)	17,70	17,62	20,34
Umidità relativa W (%)	27,5	27,9	23,2
UMIDITA' NATURALE MEDIA W_n		26,2	%
		DEVIAZIONE STANDARD	2,65
Note:			

Roma, 29/03/11

Il Tecnico Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

Peso campione secco (g)	27,35	23,41
Temperatura di prova (°C)	18,00	18,00
Peso specifico acqua γ_w (kN/m ³)	9,79312	9,79312
Peso pc. + acqua + camp. secco (g)	161,96	159,90
Peso picnometro + acqua (g)	144,8	144,8
Peso specifico del gran γ_s (kN/m ³)	26,39	26,44
MEDIA		26,42
C.C.	2/2%	0,33

DETERMINAZIONE GRANDEZZE DI STATO

Peso vol. secco γ_d (kN/m ³)	13,6
Indice dei vuoti e	0,94
Porosità n (%)	48,5

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA W (ASTM D2216)			
	Provino		
	1	2	3
Contenitore n°	A	B	C
Peso contenitore (g)	10,14	11,01	10,22
Peso cont. + peso campione umido (g)	93,76	94,14	80,42
Peso cont. + peso camp. secco (g)	73,88	74,27	63,98
Peso campione secco (g)	63,74	63,26	53,46
Contenuto di acqua w (%)	31,19	31,41	31,31
MEDIA		31,3	
C.C.	2/2%	0,27	0,34

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	17,81
Peso specifico granuli	γ_s (kN/m ³)	26,50
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	12,68
Peso di volume saturo	γ_{sat} (kN/m ³)	18,00
Umidità naturale	W_n (%)	40,46
Grado di saturazione	S_r (%)	98,37
Porosità	n (%)	52,15
Indice dei vuoti	e	1,09

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA W (ASTM D 2216)

Provino n°	Rec. n°	Massa Recipiente (g)	Massa Rec. + Camp. Umido (g)	Massa Rec. + Camp. Secco (g)	Massa d'acqua (g)	Massa Camp. essiccato (g)	Contenuto d'Acqua %	Contenuto d'Acqua Medio %
1	T	39,30	44,38	43,57	0,81	4,27	19	19
2	H9	38,24	43,24	42,44	0,80	4,20	19	
3	H11	38,44	43,21	42,46	0,75	4,02	19	

Fig. 2 - Confronto tra certificati relativi al contenuto naturale d'acqua emessi da quattro differenti laboratori. Si sottolinea come uno di tali certificati non riporta a piè di pagina le firme del tecnico sperimentatore e del direttore del laboratorio.



Fig. 3 - Bilancino per l'esecuzione di pesate idrostatiche (foto: Geoplanning Servizi per il Territorio S.r.l.).

Il contenuto naturale d'acqua

Il nome di questa prova già di per sé trae in inganno; infatti definisce il contenuto medio d'acqua del campione in analisi (espresso come valore percentuale di peso): nel caso in cui il campione fosse indisturbato, equivale con buona approssimazione a quello del terreno del sito di prelievo. Tale estrapolazione non è certamente possibile nel caso di terreni a parziale disturbo o rimaneggiati, e comunque anche in campioni indisturbati conservati male (ad esempio tenuti in posizione verticale e/o privi della sigillatura isolante della paraffina), soprattutto se prevalentemente sabbiosi. Pertanto, pensare che la prova fornisca il contenuto d'acqua proprio del terreno (cioè quello "naturale") è sbagliato: nel caso specifico con il termine "naturale" si intende il contenuto d'acqua medio del campione, in modo da distinguerlo da altri contenuti d'acqua che sono normalmente misurati, ad esempio per l'esecuzione delle prove di taglio diretto con scatola di Casagrande. Anche per questa ragione, come già detto, il certificato dovrebbe indicare il punto in cui è stata effettuata la prova.

Il contenuto d'acqua naturale è di norma

indicato nei certificati con il simbolo "W" o "W_n". Nella maggior parte dei casi, la determinazione del contenuto d'acqua medio del campione viene eseguita con tre misure su punti diversi della carota: da una serie di pesate del materiale umido e secco, è ricavabile la percentuale d'acqua per ognuna delle misure, per poi mediare i tre valori calcolati (Figura 1). Ciò che viene ottenuto sono valori percentuali di peso, da indicare nel certificato con approssimazione alla prima cifra decimale (questo vale per la stragrande maggioranza dei contenuti d'acqua). Il dato può essere ben descritto dalla deviazione standard dei valori ottenuti, ma non solo da questo indice. Comunque è necessario che sia chiaramente indicato quale indice di variabilità statistico (scritto per intero) è stato utilizzato. Qualsiasi analisi statistica, per completezza, dovrebbe anche riportare note esplicative dell'analisi eseguita per la presentazione finale dei dati. Nella Figura 2 sono messi a confronto i certificati di alcuni laboratori relativamente alla prova in questione: le dimensioni dei vari certificati è proporzionale agli originali. A compendio delle misure è possibile richiedere ai laboratori il certificato di taratura della

bilancia (emesso da centro Accredia o autorizzato) ed i certificati di verifica della taratura stessa (emesso dal laboratorio sulla base di campioni di misura con certificato di taratura).

Il peso di volume naturale

Anche in questo caso il termine "naturale" va considerato nell'accezione di "proprio del campione". In effetti il nome più corretto da assegnare a questa quantità è di "Peso dell'unità di volume del terreno in condizioni naturali", conosciuto anche come "Peso specifico apparente" (più ingegneristico) o "Densità naturale", ma anche comunemente come "Gamma naturale": infatti il simbolo utilizzato per indicare questa grandezza è la lettera greca minuscola gamma, frequentemente riportata con al pedice la lettera "n" come iniziale del termine "naturale", ovvero "g_n". Si approssima alla seconda cifra decimale; l'unità di misura del Sistema Internazionale con la quale è indicato sul certificato è il kN/m³ (il fattore di conversione tra g/cm³ e tale unità è pari a 9,81). Sul certificato dovrebbero essere presenti le principali grandezze e le relative misure che sono state acquisite per l'ottenimento del risultato. Infatti per la determinazione del peso di volume naturale, si procede in laboratorio tramite due modalità principali, essendo noto il peso del terreno: o attraverso la misura geometrica del volume del terreno stesso, oppure immergendolo in un fluido. Nel primo caso si utilizzano delle fustelle, mentre nel secondo si esegue una pesata idrostatica con bilancia tarata (la bilancia idrostatica - Figura 3), del cui stato di taratura dobbiamo essere certi. La taratura delle fustelle (di solito per verifica interna) assume particolare rilevanza nel caso di misurazione tramite tali strumenti (Figura 4): infatti è il caso di gran lunga più frequente (il confezionamento di provini cilindrici o prismatici è propedeutico alla esecuzione della stragrande maggioranza delle prove geotecniche (si pensi ad una edometrica o ad una prova triassiale), e poter avere indicazioni precise circa la sua taratura dal laboratorio non va trascurato. È in tal senso molto improbabile che una fustella tarata abbia un volume rappresentato da un numero intero esatto come dichiarato dalla casa

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	23/05/12	Data di fine prova:	23/05/12
Peso umido del terreno (g)	147,13	Volume (cm ³)	72,43
PESO DI VOLUME NATURALE γ_n	19,93	kN/m³	Determinazione eseguita tramite: fustella tarata

Note:

Roma, 12/06/12

il Tecnico Sperimentatore

il Direttore del Laboratorio

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME γ (BS 1377 T16/e)				DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME γ (UNI EN 12941-1:2007)			
<i>Metodo campionatore</i>				<i>Metodo volumetrico</i>			
	Provino				Provino		
	1	2	3		1	2	3
Peso fustella (g)	93,11	88,39	90,65	Determinazione			
Peso fustella + campione umido (g)	223,59	220,41	222,50	Peso campione (g)			
Peso campione umido (g)	130,5	131,0	131,9	Peso precipitato (g)			
Volume fustella (cm ³)	72,00	72,00	72,00	Peso acqua utilizzata (g)			
Peso di volume γ (kN/m ³)	17,772	17,845	17,958	Contenuto in solfati (%)			
	MEDIA				MEDIA		
		17,86					
	0,48	0,07	0,56				

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso di volume naturale	γ_s (kN/m ³)	17,81
Peso specifico granuli	γ_s (kN/m ³)	26,50
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	12,68
Peso di volume saturo	γ_{sat} (kN/m ³)	18,00
Umidità naturale	W_n (%)	40,46
Grado di saturazione	S_r (%)	98,37
Porosità	n (%)	52,15
Indice dei vuoti	e	1,09

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME NATURALE γ_n (BS 1377 T15/e)

Provino n°	Volume Fust. (cm ³)	Massa Fustella (g)	Massa Fust. + Camp. Umido (g)	Massa Campione Umido (g)	Peso di Volume Naturale (kN/m ³)	Peso di Volume Naturale Medio (kN/m ³)
1	40	58,66	142,48	83,82	20,56	20,17
2	40	58,81	137,78	78,97	19,37	
3	40	58,94	142,83	83,89	20,57	

Fig. 4 - Confronto tra certificati relativi al peso di volume naturale d'acqua emessi da quattro differenti laboratori. Si sottolinea come tutti i certificati sono originariamente prodotti con formato di pagina A4, e riportano sulla stessa pagina più prove e/o parametri di stato e/o parametri indice.



Fig. 5 - Esempi di fustelle per la determinazione del peso di volume naturale e per il confezionamento di provini per prove meccaniche (foto: Geoplanning Servizi per il Territorio S.r.l.).

costruttrice (dichiarato, non tarato!): in tal senso l'errore che si può commettere è mediamente del 3%, con valori massimi del 10%. Questa particolare attenzione all'accuratezza della misura è necessaria: il peso di volume naturale infatti rientra spesso nelle formule di calcolo (es.: capacità portante, stabilità di versanti, ecc.), ed è **l'unico parametro che le NTC 2008 lasciano inalterato**, ovvero non subisce nessuna valutazione statistica nella progettazione qualunque sia l'approccio di calcolo. Un raffronto tra diversi certificati inerenti al peso di volume naturale è riportato in Figura 5. Come ultima notazione, si sottolinea come economicamente la determinazione del peso di volume naturale sia più onerosa quando eseguita tramite pesata idrostatica, ma non necessariamente restituisce un valore più "preciso" rispetto all'altro metodo.

La circolare 7618/STC definisce le modalità di richiesta e rilascio per l'autorizzazione ministeriale ad eseguite prove di laboratorio su terre e su rocce. Tra l'altro indica nei misuratori di forza e spostamento le principali attrezzature da sottoporre a taratura (eseguita da un organismo esterno con riferibilità SIT registrato presso ACCREDIA) e a verifica di taratura (eseguita dal laboratorio attraverso campioni di misura propri, ma tarati presso un organismo esterno accreditato). ACCREDIA è l'Ente unico nazionale di accreditamento, riconosciuto dallo Stato il 22/12/09, nato dalla fusione di SINAL e SINCERT come Associazione senza scopo di lucro. In ACCREDIA è confluito il SIT (Sistema Italiano di Taratura) il quale è la struttura italiana che permette ai laboratori metrologici di essere accreditati per la taratura di strumentazione: l'accREDITAMENTO SIT attesta la competenza tecnica di una struttura ad effettuare tarature, la riferibilità dei campioni utilizzati, la conformità alle norme internazionali. I campi e le incertezze di misura di ogni struttura accreditata sono specificate in un'apposita tabella di pubblicata sul sito internet del SIT.

La circolare 7618/STC indica nelle bilance, negli anelli dinamometrici e/o celle di pressione, nei martinetti e manometri e nei comparatori le principali attrezzature per le quali tali tarature sono indispensabili, indicandone sia l'accuratezza che devono possedere sia la frequenza con la quale eseguire o far eseguire rispettivamente le verifiche di taratura e le tarature. La medesima circolare afferma inoltre che i laboratori autorizzati dovranno fare esplicito riferimento alle norme UNI EN ISO 9001 ed EN 17025: in tal senso il laboratorio dovrà produrre quantomeno verifiche di taratura relativamente ad altre grandezze non esplicitamente indicate nella 7618/STC, come, per esempio, il volume e l'accelerazione. In Figura 6 è riportata la serie di pesi tarati rappresentanti un campione aziendale (foto: Geoplanning Servizi per il Territorio S.r.l.).