

POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Materiali lapidei: proprietà tecniche, loro significato e relative prove di laboratorio - Massa volumica apparente e porosità

Original

Materiali lapidei: proprietà tecniche, loro significato e relative prove di laboratorio - Massa volumica apparente e porosità / Primavori, Piero; Bellopede, Rossana. - In: PANGEA. - ISSN 2704-7458. - ELETTRONICO. - 6(2021), pp. 41-52.

Availability:

This version is available at: 11583/2960401 since: 2022-04-01T18:46:41Z

Publisher:

geam

Published

DOI:

Terms of use:

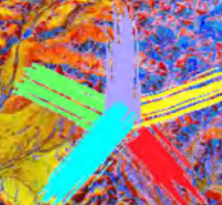
This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

ISSN 2704-7458

pangea



Periodico dell'Associazione
Georisorse e Ambiente - GEAM
PANGEA - Quadrimestrale
N.6 marzo-giugno 2021



MATERIALI LAPIDEI: PROPRIETA' TECNICHE, LORO SIGNIFICATO E RELATIVE PROVE DI LABORATORIO

Parte 1: La massa volumica e la porosità

Dr. Piero Primavori - Libero Professionista (PSC-Primavori Stone Consulting) - pieprima@gmail.com

Prof.ssa Rossana Bellopede – Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria Dell'ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture - rossana.bellopede@polito.it

INTRODUZIONE

Inizia con questo numero di Pangea una **Rubrica** dedicata alle proprietà tecniche dei materiali lapidei.

La **Rubrica** si prefigge lo scopo di illustrare le proprietà tecniche che caratterizzano ogni materiale lapideo, il loro **significato** ed **importanza** in funzione della **destinazione d'uso** del materiale stesso, e le **prove di laboratorio** condotte per indagarle e quantificarle.

In alcuni casi, le proprietà e le prove saranno messe in relazione alle **Norme tecniche** che disciplinano i prodotti in pietra naturale nell'ambito della Marcatura CE. Ove ritenuto opportuno, saranno inoltre descritti i **principi analitici** ai quali le prove di laboratorio fanno riferimento, nonché le loro **modalità di esecuzione**.

In parallelo a ciò, vi è anche il desiderio di liberare l'immaginario collettivo dalla persistenza di luoghi comuni, equivoci, inesattezze e numerosi "per sentito dire", che troppo spesso orientano erroneamente e pregiudicano la valutazione tecnica di un materiale lapideo.

In sede introduttiva si ritiene utile chiarire cosa si intende per **materiali lapidei**.

Noti in letteratura anche come pietre ornamentali, lapidei ornamentali, pietre da taglio, o, più sbrigativamente (ma anche impropriamente) *marmi, graniti e pietre*, i materiali lapidei definiscono tutte quelle pietre **naturali** che, estratte in forma di blocchi o lastre grezze, sono **convertite direttamente** in prodotti finiti per applicazioni in settori vari, dall'edilizio *sensu lato* al funerario, dall'artistico all'artigianato, fino al navale. Essi svolgono funzione di copertura, rivestimento, decorazione ed estetica, raramente una funzione strutturale.

Nella loro accezione, i lapidei sono **profondamente distinti** dai **materiali litoidi** (pur essendo, evidentemente, essi stessi dei litoidi), comparto all'interno del quale la pietra naturale, dopo l'estrazione e previa processi vari (frantumazione, macinazione, cottura, micronizzazione, polverizzazione, agglutinazione ecc.), costituisce un **materiale di base** per la confezione di **altri prodotti**, come il cemento, il calcestruzzo, le ceramiche/laterizi, gli intonaci, le malte ecc.

I prodotti ottenuti con i litoidi hanno estese applicazioni nell'industria delle costruzioni, nelle grandi opere e infrastrutture (gallerie, ponti, strade, dighe, edifici ecc.), dove svolgono principalmente un ruolo **strutturale**. Altre applicazioni sono nei comparti del design e dell'arredo, dove vengono impiegati per coperture e rivestimenti.

Questa Rubrica tratta **esclusivamente** le proprietà tecniche dei materiali **lapidei** e le prove di laboratorio condotte su di essi, trascurando pertanto tutto quanto legato ai materiali **litoidi** che comprendono gli aggregati naturali o materiali, come ad esempio quelli ceramici.

1. LE PROPRIETA' TECNICHE DEI MATERIALI LAPIDEI

Qualunque materiale lapideo, lavorato e posto in opera, è soggetto a numerose sollecitazioni ed azioni perturbanti di tipo **meccanico, fisico, chimico, chimico-fisico e biologico**. Tali azioni e sollecitazioni sono **diverse a seconda dell'applicazione** del materiale e possono arrecare danni più o meno gravi e irreversibili, compromettendo così non solamente aspetto e struttura della pietra stessa, ma l'integrità e la funzione dei manufatti, con rischio talvolta anche per la pubblica incolumità.

Le proprietà tecniche sono quindi le caratteristiche che un materiale deve possedere per svolgere in modo adeguato ed affidabile la funzione per la quale viene scelto, e rivestono un'importanza fondamentale in quanto da esse dipendono l'effettiva **idoneità all'impiego** del materiale stesso, nonché la **funzionalità, la sicurezza e la durevolezza** di un'opera.

Le proprietà tecniche possono essere valutate:

- a) **in maniera unica (standardizzata) e quantitativa**, con una Norma tecnica di riferimento;
- b) **qualitativamente o quantitativamente**, senza Norme tecniche di riferimento.

Per le proprietà di tipo **a)** esistono delle prove di laboratorio **standardizzate**, codificate da una Norma (armonizzata). Ciò significa:

- ✓ poter esprimere quantitativamente il risultato, attraverso **numeri**;
- ✓ **indipendenza** dall'operatore; essendo la procedura **standardizzata**, ogni operatore è tenuto a svolgere **quella** prova in **quel** modo;
- ✓ che la prova è **ripetibile**;
- ✓ che, nell'ambito di una stessa prova di laboratorio, si possono eseguire **comparazioni** tra materiali diversi.

Esistono diversi tipi di norme su scala mondiale e ad esse corrispondono prove di laboratorio differenti; le più diffuse sono le Norme **EN** dell'**Unione Europea** (EN = European Norm) e le norme statunitensi **ASTM** (ASTM = American Society for Testing and Materials); nella presente Rubrica saranno descritte solo le prove di laboratorio relative alle Norme **EN**.

La **Tabella I** riporta le proprietà tecniche valutabili attraverso una Norma dell'Unione Europea per Pietre Naturali (sigla EN + numero tra parentesi).

Per le proprietà di tipo **b)** **non** esistono prove standard di laboratorio, e ciò significa che **solo in rari casi**:

- ✓ si può ottenere un valore numerico;
- ✓ è possibile una ripetibilità del test (in condizioni eguali);
- ✓ è possibile fare comparazioni tra materiali diversi;

Le proprietà di tipo **b)** sono definibili **solo empiricamente**, anche attraverso il **comportamento in opera** dei diversi materiali, o attraverso **valutazioni soggettive**. Queste ultime sono assai **variabili** in funzione dell'operatore; purtuttavia hanno un loro grado "storico" di attendibilità complessiva, basato su esperienze multiple e ripetute.

Alcuni esempi di proprietà tecniche senza norme di riferimento europee per le pietre naturali sono la igroscopicità, la permeabilità all'aria (o ai gas), la conducibilità termica, la lavorabilità, la spaccabilità, la perforabilità, la scolpibilità, la segabilità, ed altre ancora.

TESTS PETROGRAFICI

- esame petrografico (EN 12407)

TESTS FISICO-MECCANICI

- massa volumica apparente, massa volumica reale, porosità totale ed aperta (EN 1936)
- assorbimento d'acqua per capillarità (EN 1925)
- assorbimento d'acqua a pressione atmosferica (EN 13755)
- resistenza a compressione (EN 1926)
- resistenza a flessione sotto carico concentrato (EN 12372)
- resistenza a flessione a momento costante (EN 13161)
- energia di rottura (EN 14158)
- resistenza all'abrasione (EN 14157)
- carico di rottura nei punti di fissaggio (EN 13364)
- modulo elastico dinamico (per mezzo della frequenza di risonanza fondamentale) (EN 14146)
- velocità di propagazione degli ultrasuoni (EN 14579)
- modulo elastico statico (EN 14580)
- coefficiente di dilatazione lineare termica (EN 14581)

TESTS DI DUREVOLEZZA

- resistenza alla cristallizzazione dei sali (EN 12370)
- resistenza al gelo (EN 12371)
- resistenza all'invecchiamento accelerato tramite shock termico (EN 14066)
- resistenza all'invecchiamento (causato da nebbia salina) (EN 14147)
- resistenza del marmo ai cicli termici e di umidità (EN 16306)
- sensibilità alle variazioni di aspetto indotte da cicli termici (EN 16140)
- sensibilità alla macchiatura accidentale (EN 16301)

TESTS "TECNOLOGICI"

- resistenza allo scivolamento (EN 14231)

Tabella I: le proprietà tecniche valutabili in forma quantitativa. Tra parentesi la sigla della norma relativa

La Rubrica inizia prendendo in esame la **massa volumica** e la **porosità**, due proprietà valutabili attraverso una stessa Norma, la **EN 1936** (*Determinazione della massa volumica apparente, della massa volumica reale e della porosità totale e aperta*).

2. MASSA VOLUMICA E POROSITA'

2.1 LA MASSA VOLUMICA

La Norma EN 1936 è l'unica, in ambito lapideo, che prende in considerazione due parametri insieme: la massa volumica (m.v. nel seguito) e la porosità. Ciò si deve al fatto che queste due grandezze sono **strettamente collegate tra loro** e risulta più appropriato trattarle congiuntamente. A rigor di termini, la Norma considera non due, bensì quattro grandezze: due m.v. (una **apparente** ed una **reale**) e due porosità (una **totale** ed una **aperta**).

Benché la Norma prenda in esame parametri abbastanza semplici, essa si sviluppa attraverso numerose formule numeriche; in questa nota, per non appesantire la lettura, ne vengono riportate solo due (vedi § 2.3)

Si intende per m.v. il **rapporto tra la massa di una roccia e il suo volume**; il valore numerico viene espresso in kg/m^3 . Per comprendere perché viene operata la distinzione tra una m.v. apparente e una m.v. reale, occorre considerare che **tutte** le rocce in natura sono formate da una parte "**piena**" - la parte **solida** - e da una parte "**vuota**", data dall'insieme di **fessure, pori e cavità**, anche infinitesimali. Per inciso, è proprio questa parte vuota quella che definisce la porosità, di cui al successivo § 2.2.

La m.v. **apparente** si ottiene dividendo la massa del provino di roccia per il suo volume **totale**, costituito cioè sia dai pieni, sia dai vuoti. Per determinare invece la m.v. **reale**, occorre considerare il volume **effettivo** di roccia, cioè il volume **del solo pieno**, privato dei vuoti, per ottenere il quale il provino deve essere macinato.

Poiché nel calcolo della m.v. apparente si inserisce il volume **totale**, quest'ultima fornisce un valore non propriamente veritiero, pur tuttavia di grande utilità e, nella realtà operativa, quello di utilizzo più diffuso, in quanto anche più facile da determinare in laboratorio.

Il volume totale, comprendente sia la parte solida, sia i vuoti, è sempre **maggiore** del volume effettivo; solo in casi estremi, quando una roccia è talmente **compatta** da contenere vuoti in quantità scarsissima, i due volumi sono quasi coincidenti.

Come conseguenza la m.v. apparente è sempre **minore** di quella reale.

E' facile comprendere che quanto maggiore è lo scarto tra la m.v. reale e quella apparente, tanto più nella nostra roccia vi sono fessure, pori, cavità ecc. Questi termini usati per descrivere le parti dove la roccia ha dei vuoti possono essere convenientemente raggruppati in un solo termine: **porosità**. Lo strettissimo legame tra la m.v. di una roccia e la sua porosità spiega perché la norma EN 1936 tratta congiuntamente queste grandezze.

La **Tabella II** riporta gli intervalli di variazione più ricorrenti per i valori di m.v. apparente nelle diverse famiglie di materiali lapidei:

MATERIALI LAPIDEI	CATEGORIA COMMERCIALE	ESEMPI COMMERCIALI	Massa volumica apparente (kg/m ³)
Rocce carbonatiche <i>sensu lato</i> , sedimentarie, compatte (1)	"MARMI"	<i>Crema Marfil, Aurisina, Serpeggiante Apricena, Rosso Languedoc, Rojo Espejan,</i>	2400 ÷ 2750
Rocce carbonatiche <i>sensu lato</i> , sedimentarie, poco compatte (2)	"PIETRE"	<i>Pietra Lecce Gentile, Blanca Pinar, Pietra di Vicenza</i>	1250 ÷ 2400
Arenarie compatte	"PIETRE"	<i>Forte Colombino, Pietra di Santafiora, Pietra di Matraia</i>	2400 ÷ 2700
Arenarie "tenere"	"PIETRE"	<i>Sydney Sandstone, Reina, Dorada de los Pinares</i>	1700 ÷ 2400
Travertini compatti	"MARMI"	<i>Navona, Rosso Saraya, Paglierina, Denizli</i>	2450 ÷ 2700
Marmi cristallini <i>sensu stricto</i> (3)	"MARMI"	<i>Bianco Carrara "C", Palissandro, Thassos, Sivec, Rosa Portogallo</i>	2550 ÷ 2800
Rocce silicee <i>sensu lato</i> , chiare ("uniformi" e "venate") (4)	"GRANITI"	<i>Rosa Porriño, Kashmir White, Beola Bianca, Bethel White</i>	2450 ÷ 2700
Rocce silicee <i>sensu lato</i> , scure ("uniformi" e "venate") (5)	"GRANITI"	<i>Volga Blu, Nero Zimbabwe, Marron Guaiba, Rosso Santiago</i>	2550 ÷ 3000
Rocce vulcaniche compatte (6)	"GRANITI"	<i>Basalto Sardegna, Basaltina, Trachite Euganea</i>	2400 ÷ 3000
Rocce vulcaniche "tenere", tufi	"PIETRE"	<i>Piperno, Tufo campana, Peperino, Tufo di Manduria</i>	1500 ÷ 2400
Quarziti	"PIETRE"	<i>Kirkstone, Quarzite Argentea, Da Vinci Quartzite, Azul Macaubas</i>	2500 ÷ 2800

Tabella II - intervalli di variazione più ricorrenti per i valori di massa volumica in differenti macro-categorie di materiali lapidei

- (1) calcari, calcari dolomitici, dolomie, onici, breccie e conglomerati tenaci, alabastrici calcarei
- (2) calcari teneri / moderatamente litificati / "farinosi"; travertini vacuolari; breccie cavernose;
- (3) include calcescisti, cipollini, marmi dolomitici
- (4) graniti, granodioriti, tonaliti, sieniti, rocce magmatiche intrusive acide ed intermedie, migmatiti, rocce granitoidi s.l., gneiss
- (5) gabbri, peridotiti, serpentiniti, rocce magmatiche intrusive basiche, migmatiti, "marmi" verdi, ardesie, porfiroidi
- (6) basalti, andesiti, trachiti, daciti, fonoliti ed altre

E' utile ricordare che la m.v. di una roccia, oltre che dalla porosità, è influenzata anche da altri parametri, *in primis* i minerali costituenti, la genesi della roccia stessa e la sua struttura intima. Ogni minerale, in particolare, ha una sua massa volumica: quelli contenenti elementi chimici **pesanti** (Ferro, Magnesio, Cromo ecc., che sono anche i **più scuri**) hanno una massa più elevata di quelli che contengono elementi **leggeri** (Calcio, Silicio, Alluminio ecc., che sono anche i **più chiari**); ciò spiega perché, ad esempio, i graniti scuri, i basalti ed altre rocce con minerali pesanti [vedi Note 5) e 6) in **Tabella II**] hanno una m.v. maggiore dei graniti chiari [vedi Nota 4) in **Tabella II**].

Nelle pratiche quotidiane correnti del settore lapideo, la m.v. è utile quando si devono eseguire calcoli di compravendita dei blocchi (in caso di indisponibilità di pese), nella stima del loro costo di trasporto, per calcolare i carichi dei manufatti (soprattutto strutture, pannelli), quando si debbano progettare opere particolari (ad es.: muraglie e scogliere di protezione marittima o fluviale), nel calcolo dei costi per gli acquisti di lapidei a peso ecc.

Ma è quando viene **valutata congiuntamente alla porosità** che la m.v. assume i significati di maggiore importanza per la predizione del **comportamento in esercizio** della pietra. Il binomio m.v.-porosità, infatti, **influenza la quasi totalità di tutte le altre proprietà tecniche di un materiale**, determinando quindi una grossa fetta di quello che è il comportamento in opera.

2.2 LA POROSITA'

Tutti i materiali lapidei contengono dei vuoti, anche se, talvolta, il loro aspetto porta chi non ha familiarità con la materia a pensare che ne siano privi. Tali vuoti sono gli spazi non occupati da sostanza solida, e sono rappresentati da fratture, fessure, pori, interstizi, cavità, buchi. L'insieme dei vuoti, indipendentemente dalla loro natura e dalla loro genesi (aspetti sui quali la presente nota sorvola) prende, come già detto, il nome di **porosità**.

Per numerose proprietà tecniche di una roccia, i vuoti giocano un ruolo **cruciale**, per almeno tre importanti motivi:

- ✓ costituiscono la **via di accesso** ad acqua, liquidi, gas ecc., agenti pressoché sempre responsabili di alterazioni e degradi del materiale;
- ✓ non partecipano ad alcun tipo di **resistenza meccanica** (la quale è affidata interamente alle parti solide di una roccia);
- ✓ hanno una **compressibilità infinita**.

M.v. e porosità, come già sottolineato, sono strettamente legate tra loro poiché (a parità di composizione mineralogica), a maggiori valori di porosità corrisponde una minor massa, e viceversa.

Tuttavia c'è porosità e porosità: vi sono porosità **accessibili**, dove i pori sono "aperti", cioè in contatto con l'esterno (**Figura 1**), ma vi sono anche porosità "intrappolate" all'interno della massa rocciosa, con i pori "chiusi", cioè non comunicanti con l'esterno, e, come tali, **non accessibili** (**Figura 1**).

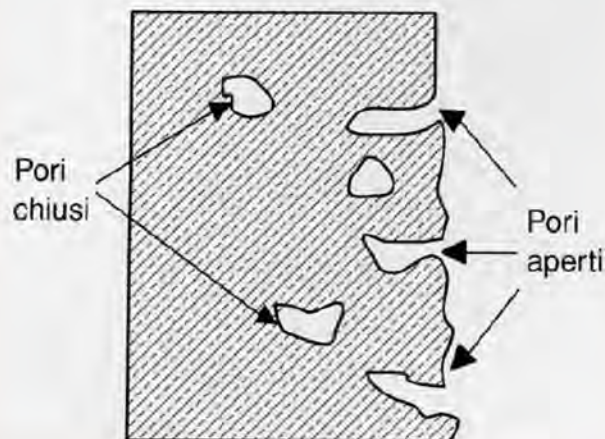


Figura 1: schematizzazione di un provino lapideo. I pori aperti sono comunicanti con l'esterno e determinano la porosità accessibile; i pori chiusi non sono comunicanti con l'esterno e determinano una porosità non accessibile.

Questa distinzione è **fondamentale**. La Norma EN 1936 distingue infatti tra una porosità **aperta** e una porosità **totale** (p.a. e p.t. nel seguito). La p.a., detta anche **apparente** o **accessibile**, è rappresentata solo dai **pori aperti**, in contatto con l'esterno

(Figure 1 - 2), attraverso i quali i liquidi/gas possono penetrare all'interno della roccia; la p.t., invece, comprende **tutte** le porosità della roccia, quelle aperte e quelle chiuse (Figura 2).



Figura 2: schematizzazione di un provino lapideo. In colore bleu, la porosità aperta (o porosità apparente), accessibile; in colore rosso, la porosità chiusa, non accessibile. La somma delle porosità in bleu e in rosso rappresenta la porosità totale

Numericamente, la p.a. viene espressa come il rapporto - sotto forma di **percentuale** - tra il volume dei pori aperti e il volume apparente del provino di roccia. La p.t., anch'essa sotto forma di percentuale, viene invece espressa come il rapporto tra il volume di tutti i pori (aperti e chiusi) e il volume apparente del provino di roccia.

La sola conoscenza della p.t. **non dà informazioni complete**; essa dice **quanti vuoti ci sono** nel complesso, ma non permette di distinguere tra accessibili e non accessibili. Un occhio esperto potrà già capire la natura e la tipologia dei pori, così come i possibili nessi tra le due porosità, ma è necessario procedere alla determinazione di entrambe. Ancora una volta, si rende chiaro perché la Norma EN 1936 tratta congiuntamente più grandezze.

Un fattore che gioca un ruolo cruciale è la **modalità con cui la porosità si estrinseca all'interno** della massa rocciosa, cioè **come essa si sviluppa** tra i costituenti e, in questo senso, la casistica è veramente ampia, in dipendenza della genesi e della struttura interna della roccia.

Facciamo un esempio: se il valore calcolato della m.v. di due calcari puri risulta molto diverso - ipotizziamo 2700 kg/m^3 l'uno e 2350 kg/m^3 l'altro - la differenza può essere dovuta solo alla porosità. Un calcare puro, infatti, è formato esclusivamente da **calcite**, un minerale la cui m.v. è 2710 kg/m^3 , e, dal momento che entrambi i calcari contengono esattamente lo stesso minerale, la differenza è dovuta solo alla genesi ed alla struttura dei calcari stessi, cioè "come si sono formati" e "come sono fatti" al loro interno. Evidentemente quello che contiene più vuoti ha "meno" parte solida dell'altro, abbassando quindi il valore della m.v.

Ecco perché rocce di una stessa macro-categoria - in questo caso rocce sedimentarie carbonatiche - possono registrare m.v. **molto differenti** (vedi **Tabella II**) a causa del **modo** in cui si sono formate e delle **porosità** che contengono.

Oltre alla quantità dei vuoti, rivestono particolare importanza le loro **dimensioni** e il **grado di interconnessione (porosità comunicanti)**. La dimensione ha un'influenza diretta sulla possibilità dei liquidi di entrare all'interno della massa, per gravità o per fenomeni capillari (questi ultimi potentissimi); il grado di interconnessione (Figura 3) governa l'effettiva possibilità dei liquidi di attraversare la roccia (= permeabilità), distribuendosi così all'interno, e raggiungendo porzioni della massa anche distanti dalle superfici esterne.

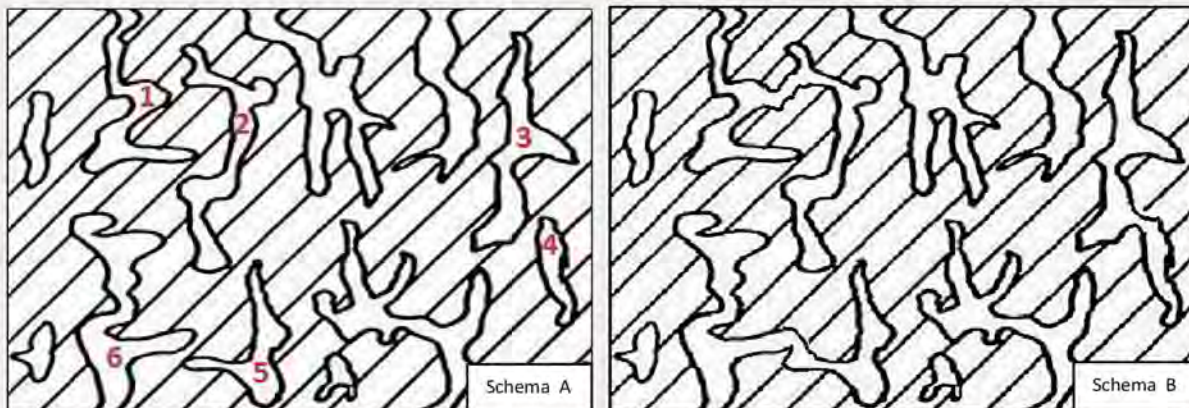


Figura 3: Schematizzazione di un provino lapideo che permette di materializzare il concetto di porosità comunicanti. Le porosità 1-2, così come 3-4 e 5-6, non comunicanti tra loro nello schema A, sono state (volutamente) disegnate come comunicanti nello Schema B. 1 e 6 sono porosità aperte, e quindi accessibili, mentre 2, 3, 4 e 5 sono chiuse, pertanto non accessibili. Con la mutata configurazione dello schema B, diventano aperte ed accessibili anche la (ex) porosità 2 e la (ex) porosità 5, situazione nella quale i fluidi possono penetrare maggiormente all'interno della massa rocciosa. In condizioni di ordinario esercizio di un materiale lapideo, una transizione da pori non comunicanti a pori comunicanti può determinarsi per molteplici cause: pressioni di cristallizzazione di minerali, stress e sollecitazioni meccaniche, dilatazioni e contrazioni, azione del gelo, ecc.

Si consideri, ad esempio, il problema della formazione di ghiaccio: com'è noto, l'acqua, nella trasformazione da liquido a solido, subisce un aumento di volume di circa il 9%. Una volta introdotta in un poro, l'acqua scaricherà integralmente la pressione derivante da tale aumento di volume sulle pareti del poro stesso, un meccanismo questo che, protratto nel tempo (alternanze gelo-disgelo), porta ad una lenta, ma inesorabile, disgregazione destinata a diffondersi nella massa rocciosa (crioclastismo). Le porosità chiuse, in prima istanza, non sono soggette allo stesso meccanismo; anche se v'è da dire che molti pori chiusi, proprio per le conseguenze del ghiaccio sui pori aperti, possono convertirsi essi stessi in pori aperti (quindi accessibili) ed ampliare sempre di più la portata del fenomeno.

In generale, occorre prestare attenzione nell'interpretare correttamente i valori della porosità; non è raro, infatti, osservare materiali con porosità elevata che, contrariamente a ciò che si potrebbe pensare, si comportano in opera molto meglio di materiali a porosità contenuta. Un buon esempio è costituito da molti travertini, i quali, pur con porosità elevate (fino al 15% ÷ 20%), hanno spesso un comportamento eccellente nei confronti del gelo; l'acqua infatti entra facilmente nelle grandi cavità, spesso non intercomunicanti tra loro, ma ne può uscire altrettanto facilmente, limitando la nocività della sua azione. Al contrario, molti materiali con un sottile reticolo di pori e microfessure, spesso intercomunicanti, hanno valori di porosità inferiori, ma evidenziano un comportamento in opera ben peggiore; la circolazione diffusa nei micropori, dai quali l'acqua ha difficoltà ad uscire, spesso aggravata dagli effetti della capillarità, finisce infatti per avere un effetto disgregatore ben maggiore di ciò che accade con cavità di grandi dimensioni.

Inoltre, in proporzione, le pressioni dovute al gelo sono molto più deleterie nei pori piccoli rispetto a quelli grandi; ed ecco perché una rete di piccoli pori diffusi può lentamente degradare una roccia compatta a dispetto di un buon valore di laboratorio che non farebbe presumere una tale portata del fenomeno.

Un'altra circostanza nella quale dimensioni e grado di interconnessione giocano un ruolo cruciale si riscontra quando si ha la deposizione all'interno delle porosità di sali disciolti nell'acqua penetrata all'interno della roccia. E' il caso tipico di molti ambienti salini e salmastri, o di atmosfere industriali, combinate a precipitazioni acide, tutti contesti nei quali i sali aggressivi sono presenti in concentrazioni elevate. Questi ultimi, disciolti in soluzione, si depositano all'evaporazione dell'acqua e, sono capaci di esercitare delle pressioni di cristallizzazione sulle pareti dei pori semplicemente mostruose (svariate decine di MPa), superando di gran lunga le resistenze micromeccaniche di alcuni materiali lapidei.

Le **(Foto 1 - 2 - 3)** illustrano alcuni esempi nei quali il degrado del materiale lapideo, oltreché esteticamente, si manifesta anche chimicamente, fisicamente e meccanicamente: erosioni, depositi di superficie, disaggregazioni, sub-efflorescenze/efflorescenze, alveolizzazioni ed altro.



Foto 1: Degrado esteso in lastre parietali di arenaria, con disaggregazioni, esfoliazioni, scagliature e distacchi (Vienna, Austria). L'arenaria interessata è contraddistinta da elevati valori di porosità aperta e totale (test secondo EN 1936) nonché da numerose porosità intercomunicanti (esame petrografico secondo EN 12407)



Foto 2-3: sinistra: profonda disgregazione di un calcare installato su rivestimento parietale. I fenomeni intensi e ad evoluzione particolarmente rapida (l'immagine di destra è stata scattata tre mesi dopo quella di sinistra) sono dovuti sia alla struttura fortemente porosa del calcare, sia all'aggressività dell'atmosfera salina, sia alle frequenti alternanze gelo-disgelo. Pitgrudy (Scozia)

Tutto ciò detto, diventa chiaro perché, da un punto di vista squisitamente pratico, è di scarsa utilità che un'azienda, o un fornitore, o un operatore del settore, comunichino che la porosità di un materiale "X" è, ad esempio, 0,8%, perché, come evidenziato, occorre **specificare** a quale tipo di porosità si riferisce tale valore. Ecco anche perché la consueta frase "è un materiale poroso", così diffusa tra addetti e non addetti ai lavori, rappresenta spesso **un luogo comune**, oltre ad essere fuorviante; essa, infatti, fa istintivamente pensare a un materiale con "dei problemi", con caratteristiche negative, quando invece sarebbe opportuno tener conto che **tutti i materiali sono porosi**, alcuni di più, altri di meno.

Si tratta di valutare accuratamente la porosità in entrambe le sue due forme, il ruolo che essa può giocare in funzione della destinazione d'uso del materiale e se può essere **effettivamente nociva** nell'esercizio del manufatto.

2.3 LE PROVE DI LABORATORIO

Le determinazioni di laboratorio previste dalla norma EN 1936 devono essere eseguite su 6 provini cubici di 50 mm di lato con tutte le facce tagliate a piano-sega. **Il corretto confezionamento dei provini che saranno sottoposti a prova è molto importante al fine dell'ottenimento di risultati affidabili e rappresentativi**, così come la fedele riproduzione della procedura di prova descritta della norma tecnica. I provini devono essere essiccati a $T=70 \pm 5^\circ\text{C}$ fino a massa costante, disposti in un essiccatore fino a raggiungere la temperatura ambiente e, quindi, vengono pesati (**md**).

Il metodo si basa sul principio di Archimede (ogni corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del volume del fluido spostato). I provini sono introdotti in un contenitore posto sotto vuoto fino a una depressione pari a 2 kPa, mantenuta per un periodo di tempo pari a 2 ore. Successivamente, i provini sono completamente immersi in acqua demineralizzata e riportati gradualmente a pressione atmosferica per 24 ore. Il test si conclude con la pesatura di ogni provino, in condizioni sature in acqua mediante bilancia idrostatica (**mh**), e in aria (**ms**), dopo averlo asciugato velocemente tamponandolo con un panno umido. Nella **Foto 4** sono mostrate le principali apparecchiature usate per queste determinazioni



tecniche.

Foto 4: Sulla sinistra apparecchiatura per l'assorbimento mediante pompa a vuoto e a destra sistema di pesatura mediante bilancia idrostatica (cortesia Laboratorio Marmo – Politecnico di Torino)

La massa volumica apparente si calcola con la seguente equazione:

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \cdot \rho_{rh}$$

ove ρ_{rh} = massa volumica dell'acqua a 20°C = 998 kg/m^3

mentre per la porosità aperta si fa riferimento alla relazione riportata di seguito:

$$p_o = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} \cdot 100$$

Le operazioni di pesatura del provino saturo in acqua e in aria sono molto delicate e se non eseguite accuratamente potrebbero portare a errori nella misura e quindi all'espressione di un risultato sbagliato.

Norme tecniche di riferimento

EN 1936 (2007) - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della massa volumica reale, della massa volumica apparente, e della porosità totale e aperta, CEN Bruxelles

EN 12407 (2019) - Metodi di prova per pietre naturali - Descrizione petrografica, CEN Bruxelles



Piero Primavori è un geologo, libero professionista, consulente specializzato nel settore dei materiali lapidei dal 1983, con attività svolta in 62 paesi. Si occupa di Progetti, Studi di Fattibilità, *Know-How* transfert, contenziosi legali ed attività di Training e Formazione Professionale. E' autore di 165 pubblicazioni su riviste specializzate e 20 tra Libri e Trattati. Ha ricoperto incarichi di docenza presso le Università di GE, TO, PR, SI, BG, MI, e svolto attività seminariale in 145 sedi. E' stato insignito del riconoscimento *Mastro d'arte della Pietra* ed è membro della Commissione UNI/CT 033/GL 20 "*Pavimenti e rivestimenti in pietra naturale*".



Professoressa presso il Politecnico di Torino – DIATI. Per le pietre naturali riveste il ruolo di tecnico esperto per il Comitato europeo di standardizzazione CEN TC/246 WG2 e per il gruppo di lavoro dell'UNI "*Pavimenti e rivestimenti lapidei*".