



**Scuola Politecnica e delle Scienze di Base  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale**

**Corso di Laurea Triennale in  
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**SINTESI DELL'ELABORATO DI LAUREA**

**I CALCESTRUZZI CELLULARI NELLE APPLICAZIONI  
DI INGEGNERIA GEOTECNICA: PREPARAZIONE**

**RELATORE**

Ch.mo Prof. Ing. Gianfranco Urciuoli

**CANDIDATO**

Armando Cafiero

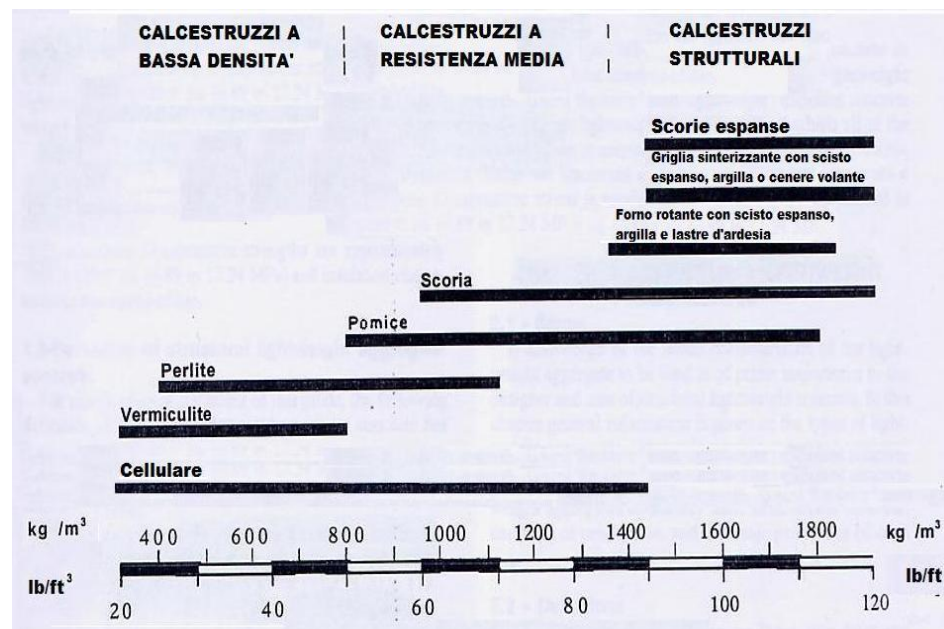
**CORRELATORE**

Dott. Ing. Raffaele Papa

**MATRICOLA**

N49/301

## • Calcestruzzi Leggeri



- Peso Specifico inferiore ai 2000 kg/m<sup>3</sup> nettamente al di sotto dei cls ordinari (2600 kg/m<sup>3</sup>);
- Resistenza a compressione generalmente inferiore rispetto ai cls ordinari eccetto i calcestruzzi leggeri strutturali.

In base alla densità, i cls leggeri possono essere classificati in:

Calcestruzzi a bassa densità  
( $\rho < 800 \text{ kg/m}^3$ )

Calcestruzzi a resistenza media  
( $800 < \rho < 1500 \text{ kg/m}^3$ )

Calcestruzzi strutturali  
( $1500 < \rho < 2000 \text{ kg/m}^3$ )

## • Calcestruzzi Leggeri Strutturali

Caratteristiche:

- Resistenza a compressione tra i 17-40 MPa
- Buon isolamento termico

$$1500 < \rho < 2000 \text{ kg/m}^3$$



Aggregati leggeri: Scisti calcinati ed argille espanse

Processi Produttivi:

Forno rotante, sinterizzazione, scorie espanse



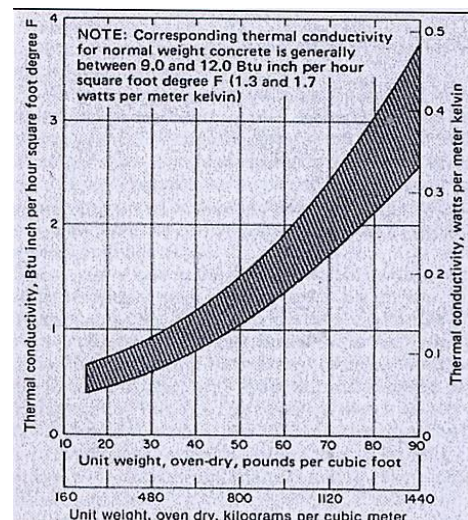
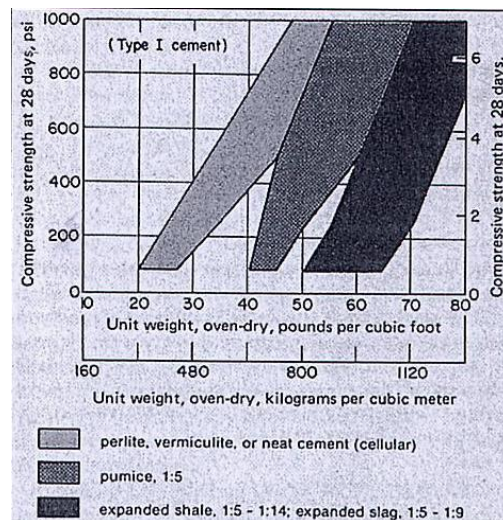
Impieghi: Pilastrini e travi prefabbricate e/o gettate in opera

## • Calcestruzzi Leggeri di bassa densità

$$\rho < 800 \text{ kg/m}^3$$

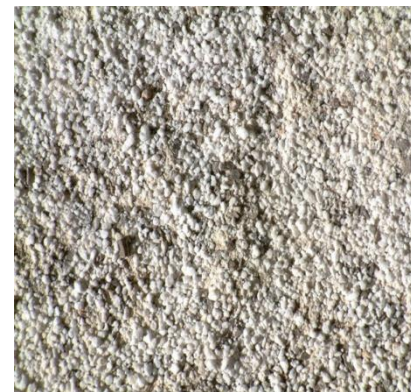
Caratteristiche:

- ❑ Resistenza a compressione tra i 0.5 e 3.5 MPa, aumenta con l'aumentare del peso specifico;
- ❑ Ottima conduttività termica, diminuisce con il diminuire del peso specifico;
- ❑ Discreta Lavorabilità



## • Calcestruzzi con perlite

La perlite, minerale di origine vulcanica, trova grande applicazione negli USA come aggregato leggero per il cls: tale conglomerato presenterà una densità compresa tra i 320-800 Kg /m<sup>3</sup> ed una conducibilità elettrica di 0,005 W / m°C . Presenta una resistenza al fuoco di 2 ore.



## • Calcestruzzi con vermiculite



La vermiculite, minerale che rappresenta una variazione morfologica della mica, trova anch'essa grande applicazione negli USA come aggregato leggero per il cls: tale conglomerato presenterà una densità compresa tra i 320-650 Kg /m<sup>3</sup> ed una conducibilità elettrica di 0,014 W / m°C . Presenta una resistenza al fuoco di 1 ora e mezza.

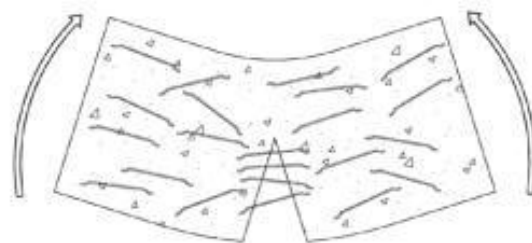
### **Applicazioni:**

Entrambi i materiali vengono adoperati come isolanti in solai interpiani, sottotetti, coperture piane ed inclinate.

## • Calcestruzzi fibrorinforzati

Il cls oltre ad aggregati ed inerti può includere delle fibre (acciaio, poliestere, vetro ecct). L'aggiunta di fibra:

- Migliora la resistenza iniziale a compressione durante la fase di maturazione.
- Migliora i meccanismi postfessurativi del cls, nella fattispecie "l'effetto spinotto"
- Migliora la duttilità
- Migliora la resistenza a trazione e flessione



## Fibre di polipropilene

Sono i rinforzi più utilizzati: donano al cls una resistenza a trazione maggiore ed una rigidità inferiore rispetto al poliestere; i costi sono contenuti.



## • Calcestruzzi cellulari

Con il termine di calcestruzzi aerati o cellulari si intende quella gamma di calcestruzzi nella cui massa sono presenti piccole bolle di aria, esse conferiscono al materiale elevata leggerezza e praticità di impiego

Il sistema di vuoti all'interno del materiale si realizza aggiungendo alla boiaccia cementizia una schiuma ottenuta mediante un agente schiumogeno preformato



I meccanismi di produzione delle bolle di aria possono essere:

- Di tipo chimico, per elementi prefabbricati
- Di tipo meccanico nella produzione in sito



## • Calcestruzzi cellulari: Caratteristiche

- Densità comprese tra i 300 e 1600 kg/m<sup>3</sup>
- Resistenza a compressione tra i 0.7 e 24 MPa
- Resistenza a trazione circa il 10% di quella a compressione
- Conducibilità termiche comprese tra i 0.080-0.20 W/(m°C)
- Isolamento acustico di 2-4 dB
- Durabilità
- Permeabilità
- Ecologicità

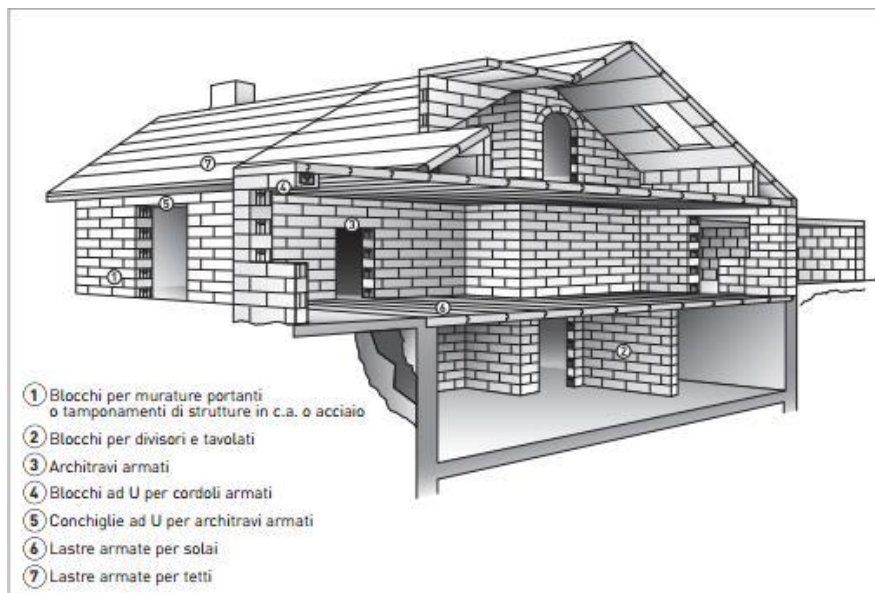




## • Calcestruzzi cellulari: Applicazioni strutturali

Le celle di aria all'interno della matrice di calcestruzzo aerato a bassa densità conferiscono al materiale ottimi requisiti di isolamento termico ed acustico, proprietà che rendono questi materiali adatti per trespaccature, coperture e altre strutture simili.

Tra i tanti possibili impieghi a livello strutturale, il calcestruzzo cellulare può essere usato per la realizzazione di pannelli leggeri isolanti.



Realizzazione di

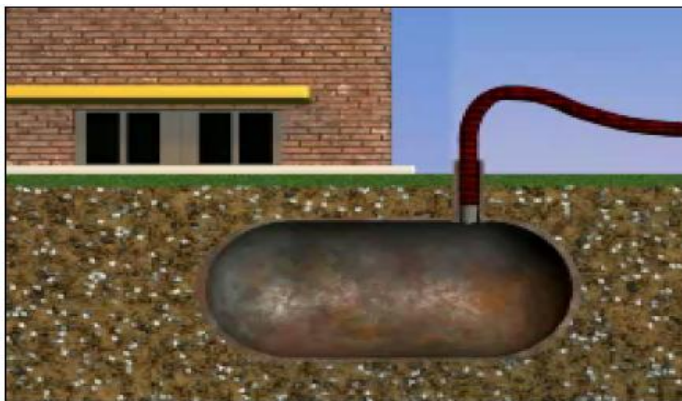
- Tramezzi
- Contropareti
- Divisori
- Massetti

Se armato:

- Coperture
- Solette intermedie

## • Calcestruzzi cellulari: Applicazioni geotecniche

- Riempimento di serbatoi sotterranei non più in uso e di strutture che devono essere abbandonate piuttosto che demolite



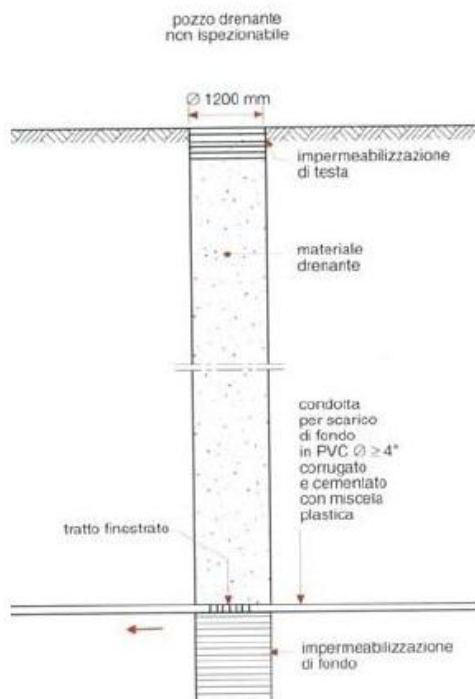
- Riempimento dell'intercapedine tra le condotte interrate ed il terreno

## • Calcestruzzi cellulari: Applicazioni geotecniche

- Riempimento di scavi e costruzioni di rilevati alleggeriti



- Riempimento cavità



- Sistemi di drenaggio (per l'elevata permeabilità)
- Opere di sostegno
- Sottofondo rilevati

## • Calcestruzzi cellulari con polistirolo

Il polistirolo, a differenza di perlite e vermiculite che sono reperibili in natura, è un polimero di stirene che viene creato da un processo chimico.

Presentano densità che variano tra i 200 e 1850 kg/m<sup>3</sup>, resistenze a compressione tra i 500 e 1000 KPa.

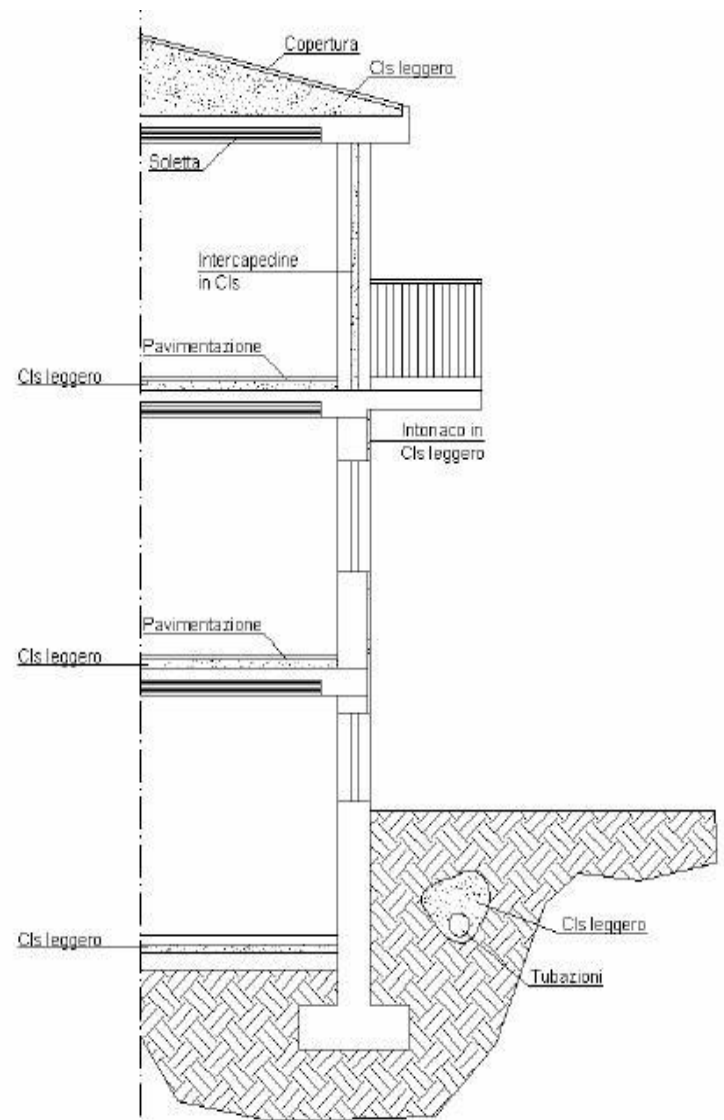
Risultano avere ottimi valori di conducibilità termica che non vengono diminuiti dall'umidità grazie alla proprietà idrorepellente del polistirene, che non viene attraversato dall'acqua ne tantomeno l'assorbe



Buon Isolante acustico,  
resiste in maniera discreta  
al fuoco

## • Calcestruzzi cellulari con polistirolo- Applicazioni

- Riempimento di vani laminati
- Riempimento di cavità più o meno profonde
- Ripristini o risanamenti in costruzioni antiche
- Fondazioni antivibrazione
- Strutture con bassa resistenza meccanica
- *Elementi prefabbricati*
- Fondazioni in zone paludose
- Blocchi per murature e solai



## • Preparazione dei provini

I provini in calcestruzzo sono stati preparati presso la BUNKED TEK.SP.ED srl sita in Casandrino (Na), un'impresa che produce macchine per l'edilizia tra cui pompe e miscelatrici per malte, intonaci e cemento.

Si riporta di seguito uno schema riassuntivo con le quantità e le densità dei componenti utilizzati per la preparazione dei provini di calcestruzzo aerato polistirolico

	<b>Dati di riferimento</b> (Densità = 500 Kg/m <sup>3</sup> )	<b>Dati reali</b> (Densità >500 Kg/m <sup>3</sup> )
<b>Materiale</b>	<b>1 m<sup>3</sup></b>	<b>12<sup>a</sup> parte</b>
Cemento Portland 42.5 (Kg)	300	25
Acqua Potabile (l)	140	11.6
Schiuma (l)	367	30.5
Acqua in schiuma (l)	29.5	2.46
Polistirolo riciclato e frantumato (l)	400	33.3
Schiumogeno FOACEM (Kg/m <sup>3</sup> )	0.73	0.06
Rapporto acqua/cemento	0.46	0.46
Rapporto acqua/cemento totale	0.56	
Densità umida (Kg/m <sup>3</sup> )	560	560

## • Preparazione della boiaccia cementizia

La boiaccia cementizia è stata preparata utilizzando un cemento Portland 42,5 R (1 sacco da 25Kg) e 11,0 litri di acqua. Il cemento utilizzato presenta una resistenza a compressione pari o superiore a 20 MPa dopo due giorni dal getto e raggiunge i 42,5 MPa dopo 28 giorni di stagionatura. Il rapporto tra acqua e polvere di cemento è pari a 0,44.



## • Preparazione della schiuma

Sono stati preparati 30,6 litri di schiuma. Quest'ultima viene realizzata all'interno di una macchina chiamata "generatrice di schiuma"

La densità della schiuma dipende dalla pressione dell'aria: insufflando aria ad una pressione di 3,6 bar otteniamo una densità di 65 g/l.

Dopo aver miscelato la schiuma ottenuta con la boiaccia effettuiamo la prova allo "spandimento", utile per la lavorabilità e consistenza del materiale.





## • Aggiunta del polistirene

Successivamente sono stati aggiunti 33,3 litri di polistirolo ed ulteriori 0,75 litri d'acqua per migliorare la lavorabilità dell'impasto, a fronte dei 11 litri d'impasto

Terminata la lavorazione si inserisce il calcestruzzo ottenuto in apposite fustelle per ottenere così provini cilindrici, cubici e da taglio.

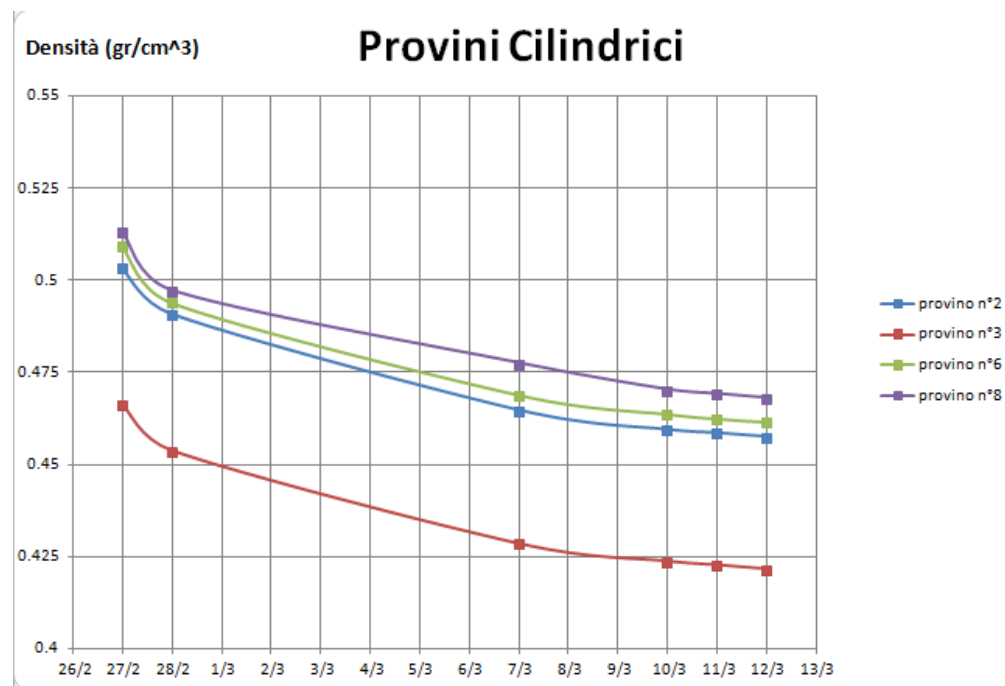




Sono stati realizzati 21 provini cubici, 9 cilindrici e 8 a taglio



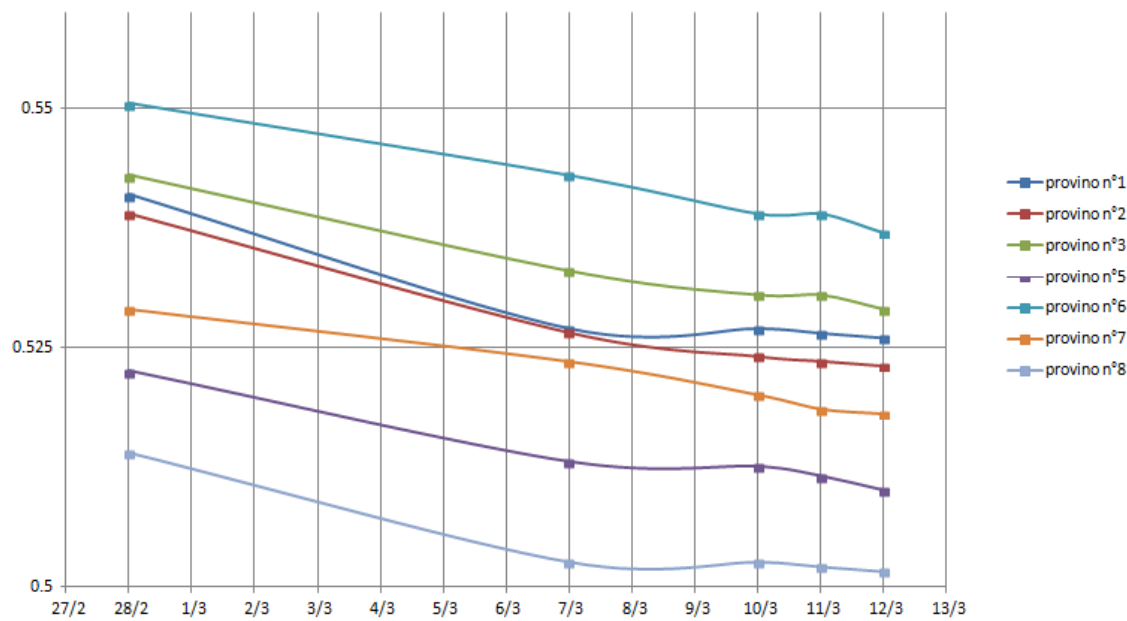
Di seguito si riporta l'andamento delle densità nel tempo dei provini





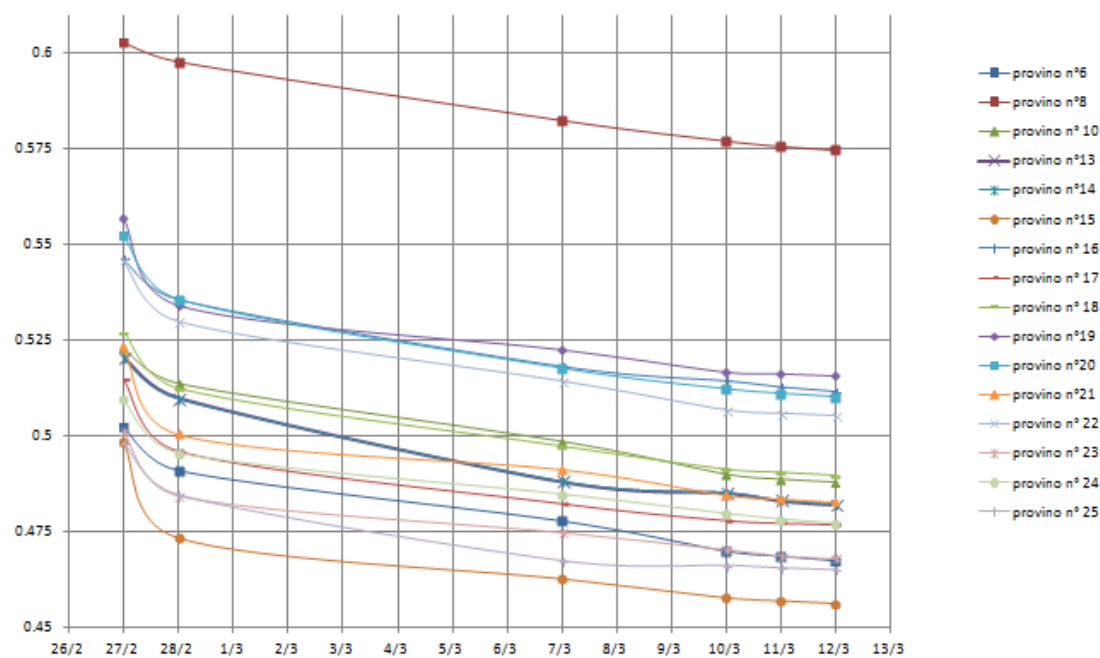
Densità (gr/cm<sup>3</sup>)

## Provini da Taglio



Densità (gr/cm<sup>3</sup>)

## Provini Cubici





## Conclusioni





**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE!**



