



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Dipartimento di Scienze e Ingegneria della Materia,
dell'Ambiente ed Urbanistica

Corso di Laurea triennale in INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE

VALORIZZAZIONE DI FILLER CALCAREO IN NUOVI
CEMENTI DI MISCELA

Valorization of limestone fillers in new cement mixes

Relatore:

Prof. Francesca Tittarelli

Tesi di Laurea di:

Riccardo Ravanese

Anno Accademico 2022-2023

Alla mia Famiglia.

Sommario

1. INTRODUZIONE	7
1.1. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE IN EDILIZIA	7
1.2. QUADRO NORMATIVO EUROPEO E ITALIANO	9
2. STATO DELL'ARTE	12
2.1. CENNI SULLE MISCELE CEMENTIZIE	12
2.2. CLASSIFICAZIONE DEI CEMENTI.....	15
3. I MATERIALI IMPIEGATI	20
3.1. L'INERTE	20
3.1.1. SABBIA	22
3.1.2. FILLER CALCAREO	23
3.2. L'ACQUA	23
3.3. IL LEGANTE	25
3.3.1. CEMENTO PORTLAND	25
3.3.2. LOPPA D'ALTOFORNO	26
3.4. MIX DESIGN	26
4. ATTIVITÀ SPERIMENTALE: CEM VI.....	28
4.1. I MATERIALI	29
4.2. IL MIX DESIGN	29
4.3. LA PREPARAZIONE DEI PROVINI.....	32
4.3.1. IMPASTI	32
4.3.2. LAVORABILITÀ E CONSISTENZA DELLE MALTE	32
4.3.3. CONFEZIONAMENTO PROVINI E STAGIONATURA	36
4.4. DENSITÀ.....	39
4.5. INDAGINE ULTRASONICA: MODULO ELASTICO DINAMICO	40
4.5.1. METODO DI RILEVAZIONE	42
4.5.2. RISULTATI	44
4.6. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA: FLESSIONE E COMPRESSIONE.....	49
4.6.1. RESISTENZA MECCANICA A FLESSIONE	50
4.6.1.1. RISULTATI	51
4.6.2. RESISTENZA MECCANICA A COMPRESSIONE	57
4.6.2.1. RISULTATI	59
4.7. RITIRO IGROMETRICO	64
4.7.1. RITIRO IGROMETRICO LIBERO	64

4.7.1.1. RISULTATI	66
4.7.2. RITIRO IGROMETRICO VINCOLATO	69
4.7.2.1. RISULTATI	70
4.8. ASSORBIMENTO D'ACQUA PER CAPILLARITÀ	71
4.8.1. METODO DI RILEVAZIONE	72
4.8.2. RISULTATI	74
5. CONCLUSIONI	76
BIBLIOGRAFIA	79
APPENDICE	82
RINGRAZIAMENTI	108

1. INTRODUZIONE

1.1. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE IN EDILIZIA

Le emissioni antropogeniche di gas serra, in particolare il rilascio di anidride carbonica, sono la causa principale del riscaldamento globale tanto che la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera è aumentata del 36% negli ultimi 250 anni a causa dell'utilizzo di combustibili fossili e della deforestazione. Per fermare il riscaldamento a 1.5 °C, le emissioni globali di CO₂ di origine antropica devono ridursi di circa il 45% entro il 2030 rispetto ai livelli registrati nel 2010, e raggiungere lo zero netto entro il 2050, come ha dichiarato Il Gruppo intergovernativo di esperti sui cambiamenti climatici.

La produzione di cemento Portland ordinario (OPC) è un importante fonte di emissione di CO₂. L'OPC (ordinary Portland cement) è il cemento più comune utilizzato all'interno del calcestruzzo ed il processo per la sua produzione prevede la decomposizione dei carbonati, come il carbonato di calcio insieme a minerali argillosi, quarzo e ossidi di ferro ad una temperatura intorno ai 1300-1500 °C. Le materie prime e la combustione del combustibile utilizzato per la produzione del cemento Portland sono le due fonti principali di emissione di carbonio ed è stato calcolato che circa il 5-7% della CO₂ globale emessa è riconducibile a questo settore. (Fig.1.1)

Si possono utilizzare specifiche tecniche per contrastare l'eccessiva emissione di CO₂ durante la formazione del cemento:

- Modificare la composizione della miscela di cemento, riducendo la quantità di cemento Portland utilizzata.
- Intervenire sulla chimica del cemento e del calcestruzzo, introducendo ingredienti CO₂-free, cioè che possano ridurre significativamente o eliminare completamente le emissioni di anidride carbonica durante la loro produzione e utilizzo.
- Utilizzare calcestruzzi ad alte prestazioni meccaniche, in grado di ridurre la quantità totale di calcestruzzo necessaria e quindi di limitare il fabbisogno di materiale ferroso per le costruzioni.

- Intervenire sul tipo di combustibile impiegato per riscaldare ad altissime temperature i forni in cui avviene il processo di calcinazione, cercando per esempio di rimpiazzare il carbone con fonti alternative, come le biomasse e i rifiuti. Inoltre, si può migliorare l'efficienza energetica dei forni.
- Sviluppare tecnologie per la cattura della CO₂ all'interno del processo di produzione del cemento ("Carbon capture and storage").

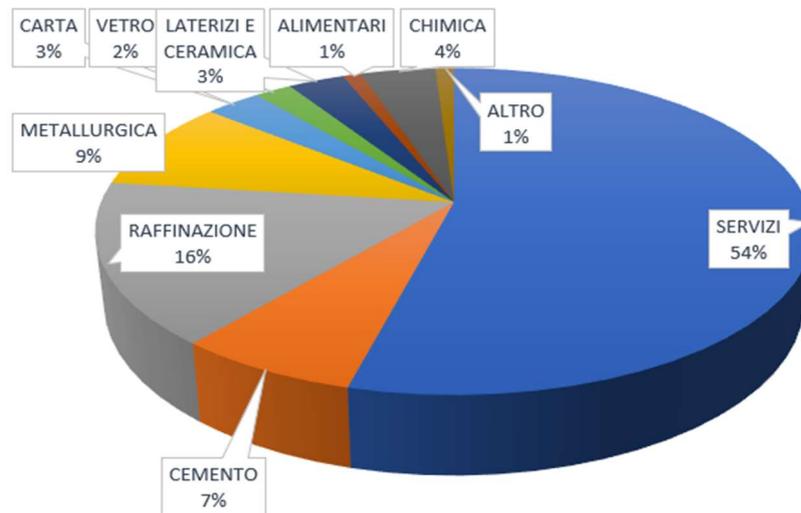


Fig.1.1 - Emissione globale di CO₂ per settori.

Questa situazione ha spinto negli ultimi decenni a sensibilizzare i progettisti e i costruttori sulla necessità di ridurre l'inquinamento, promuovendo l'utilizzo di materiali naturali, locali (chilometro 0) e riciclabili, al fine di rendere le costruzioni più sostenibili dal punto di vista ambientale. Tuttavia, in alcuni contesti, come opere infrastrutturali di grande entità o edifici in condizioni ambientali specifiche, la sostituzione di materiali tradizionali come calcestruzzo e acciaio può essere difficile o impossibile.

In sintesi, è evidente la necessità di promuovere una nuova prospettiva nell'ambito dell'architettura e dell'ingegneria, incentrata sull'utilizzo di materiali innovativi, al fine di rendere più sostenibili i materiali da costruzione comuni.

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è proprio quello di analizzare diverse malte prodotte con diverse percentuali di filler calcareo, utilizzato in sostituzione della loppa d'altoforno, in modo da diminuire l'utilizzo di materiali in esaurimento come la loppa stessa.

1.2. QUADRO NORMATIVO EUROPEO E ITALIANO

Il quadro normativo nel campo dell'edilizia sta attraversando un processo di continua evoluzione, stimolato da una crescente richiesta di elevati standard qualitativi che sono caratterizzati dagli alti requisiti di sostenibilità ambientale.

L'Accordo di Parigi del 2015, sottoscritto da 195 paesi, tra cui l'Italia, richiede la decarbonizzazione del settore edilizio entro il 2050 per evitare conseguenze catastrofiche legate al cambiamento climatico. L'obiettivo è ridurre le emissioni di gas serra dell'80%, l'UE ha inoltre mirato a ridurre le emissioni del 20% entro il 2020, obiettivo che è stato raggiunto.

Questi accordi promuovono azioni di mitigazione per mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto di 2°C rispetto ai livelli preindustriali; infatti, conservando tale incremento non superiore a 1,5°C si ridurrebbero notevolmente i rischi legati al cambiamento climatico, come lo scioglimento delle calotte polari e l'innalzamento del livello dei mari.

L'inquinamento comporta costi diretti e indiretti per l'economia, dove questi ultimi sono rappresentati da danni alle infrastrutture e perdita di produttività in settori sensibili alle condizioni climatiche quali l'agricoltura, la silvicoltura o la produzione di energia.

L'UE si impegna a considerare l'intero ciclo di vita degli edifici, dall'estrazione alla fine di esercizio, nel suo Piano d'azione per l'economia circolare e sta guidando l'iniziativa globale per migliorare l'efficienza energetica degli edifici negli ultimi decenni.

La fase operativa degli edifici è responsabile della maggior parte degli impatti ambientali, ma c'è una significativa componente legata all'uso indiretto di energia che viene utilizzata per la produzione dei materiali impiegati per le costruzioni stesse, questa viene chiamata "energia grigia" o "embodied energy". (Fig.1.2).

Le normative ambientali, incluse le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (DAP), giocano un ruolo importante nella promozione della sostenibilità nel settore delle costruzioni, tali Dichiarazioni Ambientali di Prodotto sono, in sintesi, uno strumento pensato per migliorare la comunicazione ambientale fra produttori, da un lato, e distributori e consumatori, dall'altro.

Esistono tre diversi tipi di etichettature ambientali: tipo I, tipo II e tipo III. Le DAP sono di tipo III, cioè documenti con il quale si comunicano informazioni oggettive, confrontabili e credibili relative alla prestazione ambientale di prodotti e servizi. Tali informazioni hanno carattere esclusivamente informativo, non prevedendo modalità di valutazione, criteri di preferibilità o livelli minimi che la prestazione ambientale debba rispettare.

Dal Regolamento (UE) n.305/2011, noto anche come Regolamento sui Prodotti da Costruzione (CPR) si stabilisce condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione in Europa ed è entrato in vigore il 1° luglio 2013, sostituendo la precedente Direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Il Regolamento sui Prodotti da Costruzione ha lo scopo di connettere le norme relative alla valutazione e alla dichiarazione delle prestazioni dei prodotti da costruzione nell'Unione Europea, questo significa che i prodotti da costruzione devono essere conformi ai requisiti di prestazione specificati nel regolamento e devono essere accompagnati da una dichiarazione di prestazione (DoP) da parte del produttore.

Queste norme di valutazione possono riguardare aspetti come la resistenza meccanica, la durabilità, la sicurezza antincendio e altri requisiti pertinenti.

Il Regolamento introduce molte novità rilevanti ma qui interessa in modo particolare l'introduzione di un nuovo requisito di base cioè il n.7: "Uso sostenibile delle risorse naturali" che viene definito come segue:

"Le opere di costruzione devono essere concepite, realizzate e demolite in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile e garantisca in particolare quanto segue:

- a) Il riutilizzo o la riciclabilità delle opere di costruzione, dei loro materiali e delle loro parti dopo la demolizione;*
- b) La durabilità delle opere di costruzione;*
- c) L'uso, nelle opere di costruzione, di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili."*

Per una più ampia valutazione della sostenibilità delle opere edilizi in fasi di esercizio l'Italia adotta i Criteri Ambientali Minimi (CAM, D. Lgs.56/2017). L'obiettivo principale dei CAM è quello di favorire la scelta di prodotti e servizi più ecologici, contribuendo così

alla tutela dell'ambiente e alla promozione di pratiche sostenibili. Questi criteri sono basati su un'analisi completa del ciclo di vita del prodotto o del servizio, considerando aspetti come la produzione, l'uso, il trasporto, la gestione dei rifiuti e il riciclaggio. I Criteri Ambientali Minimi rappresentano, dunque, un importante documento di riferimento per incentivare l'uso di materiali sostenibili e per guidare le future scelte verso obiettivi di interesse comune, come la decarbonizzazione dell'ambiente costruito.

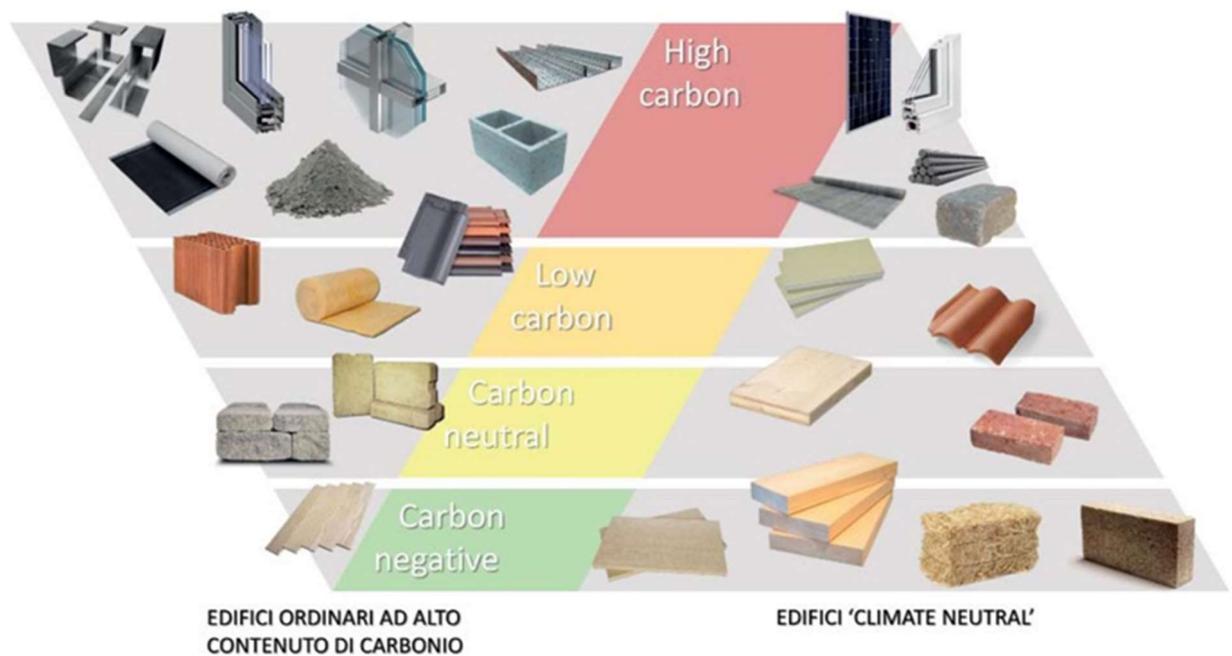


Fig.1.2 – Emissione di CO₂ nella produzione dei vari materiali edili.

2. STATO DELL'ARTE

2.1. CENNI SULLE MISCELE CEMENTIZIE

L'uso delle prime miscele cementizie risale a migliaia di anni fa, tanto che nell'antica civiltà romana il calcestruzzo veniva comunemente utilizzato. Tale miscela fu il prodotto dell'aggiunta di una particolare sabbia vulcanica chiamata Pozzolana (in quanto prelevata dalla città di Pozzuoli) alla calce; questa aggiunta fu necessaria per risolvere la problematica presentata dal basso indurimento della calce quando, in fase di preparazione, la miscela veniva compattata. Così si scoprì il primo esempio di calcestruzzo:

CALCE + SABBIA POZZOLANICA + ACQUA + ROTTANI DI PIETRA E MATTONI → CALCIS STRUCTIO

Un materiale pozzolanico è detto tale se: a livello composizionale è costituito almeno dal 60% da ossido di silicio e ossido di alluminio, deve essere amorfo (in quanto è lo stato più reattivo) e deve essere molto fine (deve essere macinato fino a raggiungere dimensioni minori a 0.1 mm). Tra i materiali pozzolanici ricordiamo oltre la Pozzolana già citata anche la terra di diatomee e i materiali artificiali come la cenere volante, il Cocciopesto, il fumo di silice e la loppa d'altoforno.

il recente sviluppo applicativo e composizionale del calcestruzzo risale tra il XVIII e il XIX secolo tanto che quello antico e moderno presentano differenze significative in termini di composizione, processi di produzione, proprietà e applicazioni. (Fig.2.1)



Fig.2.1 -Differenza granulometrica dell'aggregato fra il calcestruzzo antico e moderno.

Il calcestruzzo moderno è composto da: aggregati, collante (cemento e acqua), ed eventuali additivi. (Fig. 2.2).

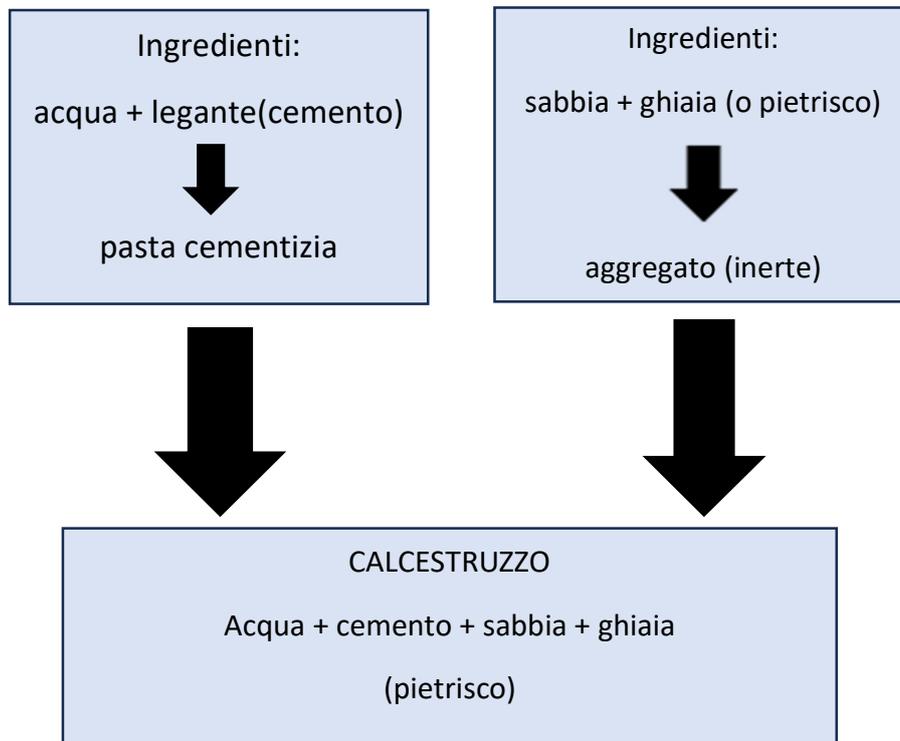


Fig.2.2 – Componenti e ingredienti di un calcestruzzo ordinario.

Gli aggregati, quali sabbia e ghiaia (o pietrisco), sono la componente fondamentale del calcestruzzo in quanto, oltre a costituire la maggior parte del suo volume, conferiscono ad esso le proprietà meccaniche. La peculiarità principale della frazione inerte è il suo assortimento granulometrico, aspetto che verrà trattato nello specifico nel primo paragrafo del Capitolo 3.

Il Collante, chiamato comunemente pasta o matrice cementizia, è costituito da acqua e legante dove il più utilizzato è il cemento Portland. La scoperta del cemento Portland è avvenuta nel 1824 e attribuita all'imprenditore e inventore britannico Joseph Aspdin. Tale cemento è composto dal 40% di argilla e viene prodotto macinando il clinker con piccole quantità di gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), circa il 5%, in modo da rallentare la reazione di idratazione cosicché la miscela risulti lavorabile. Tramite tale miscelazione si genera una polvere comunemente grigia che, se mescolata con acqua, crea una pasta facilmente modellabile la cui plasticità viene persa in poche ore a causa del fenomeno della presa,

passando poi alla fase di indurimento vero e proprio tale da resistere alle diverse sollecitazioni meccaniche.

Ci sono diversi leganti, cronologicamente si ha: gesso, calce aerea, calce pozzolanica, calce idraulica, cemento Portland e i cementi di miscela; dove i primi tre sono leganti aerei in quanto induriscono esclusivamente a contatto con l'aria e gli ultimi tre sono leganti idraulici dato che riescono ad indurire anche in assenza d'aria. Ci sono anche miglioramenti delle prestazioni nel tempo, infatti si passa da una resistenza a compressione di 1 MPa del gesso a 30 MPa del cemento Portland.

L'utilizzo degli additivi è finalizzato a conferire specifiche proprietà alla miscela, ad esempio, in caso di determinate esigenze ambientali, come zone in cui la temperatura influenza la velocità delle reazioni chimiche di presa e indurimento, si può optare per l'utilizzo di additivi acceleranti per climi freddi o additivi ritardanti per climi caldi in quanto vanno a contrastare la perdita di lavorabilità.

La malta può essere considerata uno dei materiali, insieme al calcestruzzo, maggiormente applicato in ambito edilizio, tanto da avere una considerazione sempre più rilevante all'interno del quadro normativo italiano ed internazionale.

Nello specifico, la malta è un impasto costituito da una miscela di legante, cemento e/o calce, acqua, inerti fini (sabbia) ed eventuali additivi, il tutto in proporzioni tali da assicurare lavorabilità all'impasto bagnato e, dopo la presa e l'indurimento, la resistenza meccanica allo stato asciutto.

Le malte possono essere di due tipologie fondamentali, le malte aeree e le malte idrauliche, dove, come è già stato approfondito, quelle aeree induriscono solo in presenza di aria, diversamente da quelle idrauliche che possono farlo anche in acqua. Una terza categoria è costituita dalle malte bastarde, formata da diversi leganti.

Le malte a base di cemento Portland hanno ottime proprietà meccaniche, maggiore facilità di messa in opera e sono molto impermeabili; per questi motivi hanno maggiore diffusione rispetto alle altre. Ovviamente le caratteristiche della malta prodotta variano sostanzialmente a seconda del tipo di cemento utilizzato nell'impasto.

2.2. CLASSIFICAZIONE DEI CEMENTI

Con l'emanazione delle regole comunitarie dell'Unione Europea, anche in Italia era entrata in vigore la UNI EN 197-1 dove si vanno a classificare le varie tipologie di cemento considerando la composizione mineralogica e le classi di resistenza. Le classi di resistenza sono 6 mentre le tipologie legate alla composizione sono 25 perciò ci sono $6 \times 25 = 150$ cementi teoricamente possibili.

Le classi di resistenza disponibili per ogni cemento sono: 32.5N, 32.5R, 42.5N, 42.5R, 52.5N e 52.5R. Le cifre, in N/mm^2 , non stabiliscono la resistenza a compressione del calcestruzzo confezionato con quel cemento ma individuano una scala di potenzialità dei vari cementi. Le lettere R o N forniscono indicazioni sul comportamento alle brevi stagionature; infatti, N sta per "Normale" mentre R sta per "Rapido" riferendosi alla velocità di indurimento della miscela. per esempio, sia il cemento di classe 32.5N, sia quello di classe 32.5R devono superare a 28 giorni di stagionatura la resistenza meccanica di 32.5 N/mm^2 ; tuttavia, il cemento di classe 32.5R deve anche superare la soglia di 10 N/mm^2 a 2 giorni, mentre quello di classe 32.5N deve garantire il raggiungimento di un valore prestazionale pari a 16 N/mm^2 a 7 giorni.

Le sei classi di resistenza mostrate in tabella 2.1 vengono stabilite dal produttore del cemento attraverso una procedura standardizzata su provini $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ di malta standard confezionata con le seguenti caratteristiche: $a/c=0,5$, $i/c=3$, U.R. $>95\%$, $T=20^\circ\text{C}$, come riportato nella EN 196-1.

Classe di resistenza (sigla)	Resistenza a compressione [N/mm^2] minima garantita a:		
	2 giorni	7 giorni	28 giorni
32.5N	[-]	16	32.5
32.5R	10	[-]	32.5
42.5N	10	[-]	42.5
42.5R	20	[-]	42.5
52.5N	20	[-]	52.5
52.5R	30	[-]	52.5

Tab.2.1- Resistenza meccanica a compressione per classi di resistenza dei cementi.

In merito alle varie composizioni mineralogiche, dalla normativa UNI EN 197-1 vengono classificate le seguenti tipologie di cemento con i rispettivi sottotipi: (Tab.2.2)

- CEM I: Cemento Portland ordinario, questo è il cemento base costituito principalmente da clinker, circa il 95%.
- CEM II: Cemento Portland di miscela, presenta 17 sottotipi. Sono caratterizzati dalla presenza predominante (almeno 65%) di clinker e almeno uno o più materiali ausiliari, come la cenere volante, la pozzolana naturale o artificiale e il fumo di silice. Le percentuali di questi materiali ausiliari possono arrivare anche fino al 35%, tranne che per il fumo di silice il cui valore non supera il 10%.
- CEM III: cemento d'altoforno, presenta 3 sottotipi per i quali sono individuabili 3 intervalli percentuali riferiti al contenuto di loppa che viene aggiunta alla miscela. I sottotipi sono:
 - CEM III/A: costituito dal 36-65% da loppa d'altoforno
 - CEM III/B: costituito dal 66-80% da loppa d'altoforno
 - CEM III/C: costituito dal 81-95% da loppa d'altoforno

Questa tipologia di cemento presenta dei vantaggi in quanto risulta essere maggiormente ecosostenibile dato che nella sua produzione si ha un rilascio di CO₂ minore rispetto alle altre tipologie di cemento. Per quanto riguarda le capacità prestazionali i CEM III sono caratterizzati da un minor sviluppo del calore di idratazione, migliore resistenza all'attacco solfatico (molto vantaggioso per le strutture marine), minore sviluppo di resistenza meccanica alle brevi stagionature, migliore resistenza all'attacco dei cloruri e maggiore resistenza alla reazione espansiva alcali-aggregati.

- CEM IV: Cemento pozzolanico, è una miscela di clinker + gesso (< 5%) + pozzolana (< 55%).

I due sottotipi sono il CEM IV/A e il CEM III/B che si differenziano per il contenuto di clinker, presentano rispettivamente il 65-89% e 45-64% di clinker.

Inoltre, una miscela di microsilice, cenere silicica e pozzolana naturale o industriale funge come costituente minerale.

- CEM V: Cemento composito, presenta 2 sottotipi, ha un contenuto di clinker ridotto che può andare dal 40-64% (CEM V/A) oppure dal 20-39% (CEM V/B). Inoltre, una

miscela di loppa, pozzolana e cenere silicica che viene usata come costituenti minerali.

Tipi principali	Denominazione dei 27 prodotti (tipi di cemento comune)		Composizione (percentuale in massa) ^{a)}										UNI EN 197-1			
			Costituenti principali											Costituenti secondari		
			Clinker	Loppa di altoforno	Fumi di silice	Pozzolana		Cenere volante		Scisto calcinato	Calcare					
			K	S	D ^{b)}	naturale P	naturale calcinata Q	silicea V	calce W	T	L	LL				
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	
	Cemento Portland alla loppa	CEM II/A-S CEM II/B-S	80-94 65-79	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	
CEM II	Cemento Portland ai fumi di silice	CEM II/A-D CEM II/A-P CEM II/B-P	90-94 80-94 65-79	-	6-10	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	0.5	
	Cemento Portland alla pozzolana	CEM II/A-Q CEM II/B-Q	80-94 65-79	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	0.5	
	Cemento Portland alle ceneri volanti	CEM II/A-V CEM II/B-V CEM II/A-W CEM II/B-W	80-94 65-79 80-94 65-79	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	0.5	
	Cemento Portland allo scisto calcinato	CEM II/A-T CEM II/B-T	80-94 65-79	-	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	0.5	
	Cemento Portland al calcare	CEM II/A-L CEM II/B-L CEM II/A-LL CEM II/B-LL	80-94 65-79 80-94 65-79	-	-	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	6-20 21-35	0.5	
	Cemento Portland composito ^{c)}	CEM II/A-M CEM II/B-M	80-94 65-79	←-----6-20-----→ ←-----21-35-----→										0.5		
	CEM III	Cemento d'altoforno	CEM III/A CEM III/B CEM III/C	35-64 20-34 5-19	36-65 66-80 81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5
		Cemento pozzolanico ^{c)}	CEM IV/A CEM IV/B	65-89 45-64	-	←-----11-35-----→ ←-----36-55-----→										0.5
		Cemento composito ^{c)}	CEM V/A CEM V/B	40-64 20-38	18-30 31-50	←-----18-30-----→ ←-----31-50-----→										0.5

a) I valori del prospetto si riferiscono alla somma dei costituenti principali e secondari.
b) La proporzione di fumi di silice è limitata al 10%.
c) Nei cementi Portland compositi CEM II/A-M e CEM II/B-M, nei cementi pozzolanici CEM IV/A e CEM IV/B e nei cementi compositi CEM V/A e CEM V/B i costituenti principali diversi dal clinker devono essere dichiarati nella denominazione del cemento (vedere esempio in B).

Tab.2.2- UNI EN 197-1. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;

Ci sono anche tipologie di cemento che non sono contemplate dalla UNI EN 197-1, questi sono i cementi speciali come il cemento bianco o colorato, cemento soprasolfato, i cementi ferrici, cemento alluminoso e i cementi a ritiro compensato.

Il 17 giugno 2021 è entrata in vigore la UNI EN 197/5 dove si inserisce il cemento Portland composito CEM II/C-M, non contemplato dalla UNI EN 197-1, e un diverso tipo di cemento composito CEM VI, anch'esso non trattato dalla precedente norma.

La UNI EN 197/5 include queste 2 tipologie di cementi ternari denominate cemento Portland composito e cemento composito, designate rispettivamente con le sigle CEM II/C-M e CEM VI.

- Il cemento Portland composito CEM II/C-M, rispetto ai CEM II già esistenti, diminuisce il quantitativo minimo di clinker ammissibile dal 65% al 50%;
- Il cemento composito CEM VI che, rispetto al già esistente CEM V, aumenta il contenuto massimo di loppa d'altoforno dal 49% al 59%, e il contenuto di filler

calcareo da 0% al 20%. Oltre al calcare si possono usare come filler anche uno fra la pozzolana naturale e la cenere volante silicea.

Main types	Notation of the products (types of cement)		Composition (percentage by mass a)											
			Main constituents										Minor additional constituents	
			Clinker	Blast-furnace slag	Silica fume	Pozzolana		Fly ash		Burnt shale	Limestone			
						natural	natural calcined	siliceous	calcareous		L ^c	LL ^c		
Type name	Type notation	K	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L ^c	LL ^c			
CEM II	Portland-composite cement ^d	CEM II/C-M	50-64	←----- 36-50 -----→										0-5
CEM VI	Composite cement	CEM VI (S-P)	35-49	31-59	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM VI (S-V)	35-49	31-59	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5	
		CEM VI (S-L)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
		CEM VI (S-LL)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5	
^a The values in the table refer to the sum of the main and minor additional constituents. ^b In case of the use of silica fume, the proportion of silica fume is limited to 6-10 % by mass. ^c In case of the use of limestone, the proportion of limestone (sum of L, LL) is limited to 6-20 % by mass. ^d The number of main constituents other than clinker is limited to two and these main constituents shall be declared by designation of the cement (for examples, see Clause 6).														

Tab. 2.2 – UNI EN 197-5. Composizione cementi Portland CEM II/C-M e cementi compositi CEM VI.

L'azienda CRH ha intrapreso una ricerca per la sostituzione della loppa con filler calcareo, in quanto la loppa d'altoforno è quasi in esaurimento questo comporta una sua minore reperibilità e un suo maggiore costo d'acquisto. Questo lavoro di tesi, infatti, ha come finalità quello di studiare il comportamento di miscele prodotte con varie percentuali di calcare come rimpiazzo alla loppa partendo da una miscela di CEM III (REF) e andando ad aumentare la quantità del calcare e diminuire la loppa. Anticipando aspetti relativi ai capitoli 3 e 4 dedicati all'attività sperimentale, sono state prodotte miscele di CEM VI con le seguenti percentuali di filler calcareo (limestone LS) e di loppa d'altoforno (SLAG):

- REF costituito da 35% di CEM I (minimo contenuto di cemento) e 65% loppa d'altoforno (CEM III/A)
- 10%LS-55%SLAG
- 20%LS-45%SLAG
- 30%LS-35%SLAG
- 40%LS-25%SLAG

Sapendo che, dalla UNI EN 197/5, per i CEM VI la percentuale di filler calcareo ammessa è compresa da 0% a 20% si denota facilmente che le miscele 30%LS-35%SLAG e 40%LS-25%SLAG sono fuori norma per la l'eccessiva presenza di calcare.

3. I MATERIALI IMPIEGATI

La malta rappresenta un composto costituito da componenti inerti, acqua e agente legante. È possibile impiegare anche altri materiali addizionali insieme a questi elementi, al fine di potenziare le prestazioni del composto, come ad esempio additivi chimici e fibre, come già precedentemente descritto.

3.1. L'INERTE

Gli aggregati, come ghiaia e sabbia, svolgono un ruolo cruciale nella struttura e nelle proprietà meccaniche del calcestruzzo; gli inerti vengono combinati con il cemento e l'acqua per creare una massa solida e coesa.

Tale componente costituisce la maggior parte del volume del calcestruzzo, l'aggregato infatti è la componente che per la maggior parte, rispetto alle altre, conferisce al calcestruzzo la sua resistenza strutturale, la capacità di sopportare carichi e di resistere a sollecitazioni meccaniche. Per questo motivo aumentare il contenuto degli inerti e abbassare il quantitativo di cemento è considerato un metodo sia per abbassare i costi di produzione e sia per avere migliori capacità prestazionali del manufatto in quanto la pasta legante viene considerata il "punto debole" di tutta la miscela; d'altronde non si può diminuire drasticamente il quantitativo della pasta legante dato che in tal caso il conglomerato non si legherebbe.

Gli inerti si classificano in base alla granulometria, ossia alla grandezza dei grani costituenti l'aggregato. Troviamo:

- Inerti finissimi (filler), con diametro inferiore a 0,063 mm;
- Inerti fini (sabbia), con diametro compreso tra 0,063 - 4 mm;
- Inerti grossi (ghiaia), con diametro maggiore di 4mm.

Perciò per avere un assortimento granulometrico ottimale occorre combinare le diverse grandezze dell'aggregato attraverso l'analisi granulometriche. L'assortimento deve essere tale per cui si soddisfi tre requisiti:

- Deve minimizzare il volume dei vuoti tra le particelle degli aggregati.

- Garantire la massima lavorabilità.
- Garantire il rischio minimi di segregazione.

L'assortimento ottimale si ottiene attraverso tre passaggi:

1. Conoscere la distribuzione granulometrica tramite processi di setacciatura e vagliatura.
2. Trovare/scegliere la curva granulometrica ottimale, cioè la curva che si avvicina maggiormente alla curva di Fuller oppure a quella di Bolomey. (Fig. 3.2).
3. Una volta scelto l'assortimento granulometrico occorre combinare le giuste frazioni per avvicinarsi alla curva ottimale.

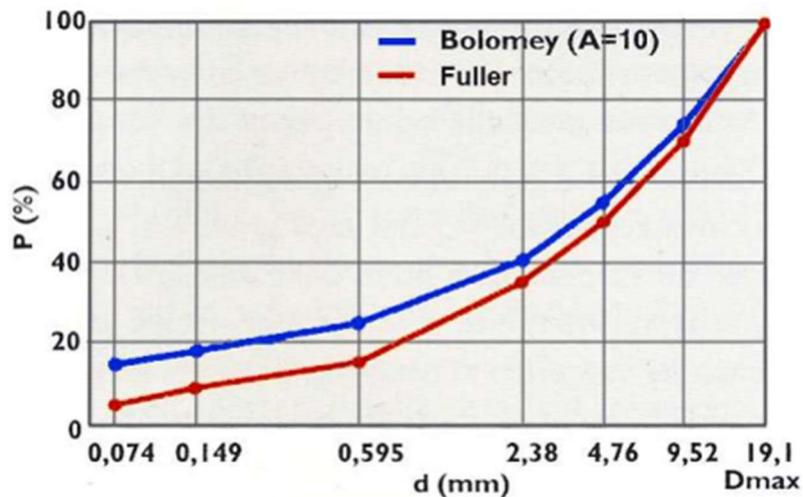


Fig.3.2 – Curve granulometriche ottimali: Fuller e Bolomey.

Altro parametro fondamentale degli inerti è l'umidità in quanto è la grandezza che più condiziona la qualità del calcestruzzo in termini di slump, cioè la misura dell'abbassamento del calcestruzzo appena sformato dal cono di Abrams rispetto all'altezza iniziale, e di R_{ck} (resistenza caratteristica).

L'umidità presente nell'aggregato incide profondamente sul quantitativo d'acqua totale realmente immesso nell'impasto del calcestruzzo, in quanto va sommata l'acqua definita nel mix design e quella contenuta all'interno della sabbia.

L'inerte ottimale è quello in condizioni s.s.a., ossia satura a superficie asciutta, cioè l'inerte presenta i pori completamente riempiti d'acqua ma non risulta esserci acqua grondante sulla sua superficie; perciò, non assorbe o rilascia liquidi quando miscelato con le altre componenti.

Gli inerti utilizzati in questo studio sono di due tipi: la sabbia e calcare, rispettivamente inerte fino e finissimo.

3.1.1. SABBIA

Per la produzione delle malte utilizzate per la sperimentazione è stata usata una particolare sabbia chiamata sabbia Esincalce, caratterizzata da un diametro dei grani minore o uguale a 8 mm. Per la produzione delle miscele è stata utilizzata direttamente l'umidità della sabbia contenuta nel sacco senza aver subito alcune modifiche.

Per il calcolo dell'umidità del sacco si procede come di seguito:

- Si preleva e si pesa un campione rappresentativo di sabbia. (Peso umido)
- Si posiziona il campione in forno e fatto essiccare a 105°C per un tempo prestabilito, dopodiché si preleva la sabbia e si pesa. (Peso secco)

Per poi utilizzare la seguente formula:

$$Ur(\%) = \frac{\text{peso umido} - \text{peso secco}}{\text{peso secco}} \cdot 100$$

Le umidità percentuali presenti nella sabbia nelle diverse miscele sono riportate nella tab. 3.1.

	Ur(%) sabbia
REF	8,21
10%LS-55%SLAG	8,43
20%LS-45%SLAG	8,32
30%LS-35%SLAG	8,38
40%LS-25%SLAG	8,94

Tab. 3.1 – Umidità percentuale della sabbia per ogni miscela.

Sono state prodotte anche malte di REF e 40%LS-25%SLAG dove non è stata utilizzata la sabbia Esincalce ma la sabbia standard in quanto, da normativa UNI EN 196/1, i valori

da raggiungere per individuare le Classi di Resistenza (Tab.2.1) fanno riferimento a malte con sabbia standard.

3.1.2. FILLER CALCAREO

L'altro inerte utilizzato per la sperimentazione è un filler calcareo. I fillers sono sostanze inorganiche, sia naturali che artificiali, selezionate per migliorare le caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche del cemento, come la sua lavorabilità o la capacità di trattenere l'acqua. È essenziale che l'uso dei fillers non comporti un significativo aumento del consumo d'acqua quando vengono impiegati in miscele cementizie, poiché ciò potrebbe compromettere la resistenza del materiale.

La composizione del calcare è di particolare importanza quando viene utilizzato come componente del calcestruzzo, soprattutto in alte percentuali. Infatti, il carbonato di calcio è particolarmente adatto per applicazioni ambientali in quanto è un prodotto naturale e privo di agenti chimici pericolosi, per questo il suo utilizzo non comporta rischi per la salute, motivo per cui la sua adozione continua a crescere di anno in anno. In natura il carbonato di calcio si trova sotto forma di minerali, come aragonite e calcite, e come rocce quali calcare o marmo.

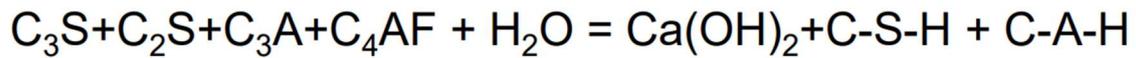


Fig. 3.3 – Calcare.

3.2. L'ACQUA

L'acqua è indispensabile nel confezionamento del calcestruzzo, poiché grazie ad essa si verifica il processo di idratazione del cemento. In tale reazione le componenti del clinker

reagendo con l'acqua portano alla formazione dell'idrossido di calcio, dell'alluminato di calcio idrato e silicato di calcio idrato.



Dove:

C₃S= Alite ; C₂S=Belite; C₃A= Celite; C₄AF= fase ferrica; Ca(OH)₂= Idrossido di calcio;

C-A-H= Alluminato di calcio idrato; C-S-H= Silicato di calcio idrato.

Questa reazione è fondamentale per la formazione della struttura solida e resistente del calcestruzzo indurito, in quanto gli alluminati e i silicati sono rispettivamente i responsabili della presa e dell'indurimento.

Tuttavia, un eccesso di acqua porterebbe alla produzione di un calcestruzzo scadente dal punto di vista della durabilità e della resistenza meccanica in quanto si andrebbe ad avere un rapporto acqua/cemento troppo elevato.

Quando la situazione lo richiede, come esigenze di getto, si può aumentare il contenuto d'acqua nel mix design di una miscela a patto che non si modifichi il rapporto a/c, questo è possibile andando ad aumentare di pari passo anche il contenuto di cemento.

Un'eccessiva lavorabilità, causata da un dosaggio troppo elevato di acqua nel mix design, può causare il fenomeno della segregazione, cioè la separazione all'interno del getto delle varie componenti del calcestruzzo, con la risalita verso l'altro dell'acqua (bleeding) e una discesa verso il basso degli aggregati con la conseguente formazione di nidi di ghiaia.

Il mix-design si fonda su due principi fondamentali identificabili con la regola di Lyse e la legge di Abrams, entrambi funzioni della quantità d'acqua utilizzata per la produzione del calcestruzzo. Sulla base di questi due principi si può determinare la richiesta d'acqua.

3.3. IL LEGANTE

Il legante è un materiale inorganico, finemente macinato, che viene miscelato con l'inerte e l'acqua formando una pasta molto lavorabile che indurisce in maniera graduale nel tempo. I leganti utilizzati in questa sperimentazione sono due: il cemento Portland e Loppa d'altoforno.

3.3.1. CEMENTO PORTLAND

Joseph Aspdin era un fabbricante di cemento che nel 1824 brevettò un prodotto chiamato Portland Cement, il cui nome deriva dalla somiglianza cromatica con una pietra da costruzione estratta nella località di Portland.

Il cemento Portland si produce tramite la macinazione delle sfere di clinker in mulini rotanti contenenti delle sfere o barre in acciaio (inserite per aumentare la frantumazione delle sfere di clinker, per poi aggiungere delle piccole quantità di gesso (circa il 5% in peso). Il gesso viene aggiunto per rallentare la velocità della reazione di idratazione del cemento, in quanto in sua assenza quest'ultima sarebbe troppo veloce e la miscela non risulterebbe lavorabile.

Il clinker si determina tramite la cottura a temperature di 1300-1500 °C di materie prime come calcare (CaCO_3), l'argilla e altri materiali come ossidi di ferro (Fe_2O_3), ossidi di alluminio (Al_2O_3) e sabbia. (Fig 3.4.).

≈ 100°C	perdita dell'acqua libera
≈ 500°C	$\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$ decomposizione del carbonato di magnesio $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O} \rightarrow x\text{Al}_2\text{O}_3 + y\text{SiO}_2 + z\text{H}_2\text{O}$ decomposizione argille
≈ 800-1000°C	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ decomposizione del carbonato di calcio
≈ 1000-1250°C	$2\text{CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S) formazione silicato bicalcico
≈ 1250-1450°C	si forma una fase liquida ricca in C_3A (alluminato tricalcico) e C_4AF (ferroalluminato tetracalcico). Tale fase ricopre il C_2S e rende possibile una reazione che – altrimenti – avverrebbe a T più elevate: $\text{C}_2\text{S} + \text{C} \rightarrow \text{C}_3\text{S}$ formazione silicato tricalcico

Fig. 3.4. – fasi della produzione del clinker all'aumentare della temperatura di cottura.

3.3.2. LOPPA D'ALTOFORNO

Il secondo tipo di legante utilizzato è la loppa d'altoforno o scoria d'altoforno (blast-furnace slag in inglese). Di base si tratta di un filler ma, se finemente macinata e impastata con acqua in presenza di attivatori della loppa, come idrossido di calcio o solfato di calcio, assume proprietà leganti.

La loppa d'altoforno è un sottoprodotto del processo di produzione della ghisa; infatti, è proprio una scoria prodotta nell'altoforno e si origina prelevando il materiale al suo interno e raffreddandolo bruscamente, così facendo tale sostanza acquista caratteristiche idrauliche per poi essere trasformata in granuli a struttura vetrosa detto loppa granulata. In miscela col clinker si conferisce ai leganti elevata resistenza ad alte temperature e resistenza a compressione a lungo termine, grazie alla calce solubilizzata nell'impasto con l'acqua che ne attiva l'idraulicità latente.



Fig. 3.5. - Loppa d'altoforno – SLAG.

3.4. MIX DESIGN

Mix-design significa letteralmente “progetto della miscela”. Nella formulazione del mix design si stabilisce la composizione della miscela cementizia determinando le quantità dei singoli ingredienti in funzione delle esigenze esecutive come lavorabilità, reperibilità delle componenti e molti altri fattori oltre che possono dipendere dalle esigenze prestazionali e dalle condizioni ambientali.

Il mix-design si fonda su due principi fondamentali identificabili con la regola di Lyse e la legge di Abrams.

La regola di Lyse si riferisce alla quantità di acqua che occorre impiegare per confezionare calcestruzzi di diversa classe di consistenza in relazione alla grandezza dell'aggregato. Dalla figura 3.6 si denota che all'aumentare della grandezza dell'aggregato si ha una diminuzione della quantità di acqua richiesta nel mix design per ottenere una certa classe di consistenza. La classe di consistenza, identificata da un codice (da S1 a S5), corrisponde ad un intervallo di lavorabilità espressa attraverso la misura dello slump. La lavorabilità si misura tramite il cono di Abrams, la prova consiste nel misurare l'abbassamento dell'altezza della miscela dopo che viene estratto il cono di Abrams. Per la determinazione della lavorabilità delle miscele più fluide si può optare per l'utilizzo della prova di spandimento in cui si versa la miscela all'interno del cono di Abrams e si livella, una volta sfilato il cono si misura lo spandimento dell'impasto su due diametri ortogonali.

Diametro (mm)	Richiesta d'acqua (kg/m ³) per classe di consistenza				
	S1	S2	S3	S4	S5
8	195	210	230	250	255
16	185	200	220	240	245
20	180	195	215	225	230
25	175	190	210	215	225
32	165	180	200	210	220
63	140	155	175	185	190
125	125	140	155	165	170
160	120	135	150	160	165

Fig. 3.6. – Richiesta d'acqua per classe di consistenza.

4. ATTIVITÀ SPERIMENTALE: CEM VI

La loppa d'altoforno, come già spiegato, è uno dei maggiori costituenti del cemento, in particolare è la componente più presente dei CEM III. La loppa si è quasi esaurita, per cui c'è sempre più difficoltà nel reperirla e una crescita del suo costo d'acquisto.

Per questo motivo l'azienda CRH ha incaricato l'Università Politecnica delle Marche di studiare il filler calcareo per verificare se potesse essere utilizzato in sostituzione della loppa. L'azienda CRH nasce nel 1970 e, ad oggi, è la più grande azienda produttrice di materiali edili nel Nord America e la seconda al mondo. È particolarmente interessata al concetto ciclo di vita e sostenibilità dei loro prodotti. Ci hanno fornito cemento, loppa e calcare, con l'obiettivo di valorizzare proprio quest'ultimo. Si tratta infatti di un materiale di cui hanno elevata disponibilità, in quanto la parte più pura estratta dalle cave la utilizzano per la produzione di CEM I mentre quella meno pura rimarrebbe come materiale di scarto.

L'esperimento condotto è basato sullo studio di diverse malte al fine di verificare se, nel loro mix design, il filler calcareo utilizzato può essere assimilato come componente di sostituzione della loppa d'altoforno attraverso la lettura ed interpretazione dei dati ottenuti dalle varie prove quali, per esempio, quelle di caratterizzazione meccanica. Le malte prodotte devono quindi verificare se l'utilizzo di tale filler risulti soddisfare delle esigenze prestazionali stabilite dalla normativa tecnica.

Le miscele prodotte sono soggette ad una stagionatura umida che si protrae fino a 90 giorni, simili al processo utilizzato per il calcestruzzo. In questa fase il campione viene mantenuto all'interno di una pellicola trasparente che viene applicata subito dopo il processo di formatura. L'uso della pellicola protettiva per avvolgere i campioni deve: mantenere un'elevata umidità (superiore al 95%) ed evitare che l'acqua presente nel campione evapori, consentendo così una reazione completa con il cemento.

Trascorso il periodo di 90 giorni si determina il loro comportamento eseguendo prove di caratterizzazione meccanica quali rotture a flessione e a compressione. Tali prove sono state eseguite anche a 1,3,7, 28 giorni dalla loro produzione. In questa tesi vengono

presentate le prove eseguite fino a 28 giorni di stagionatura escludendo quindi quelle fatte a 90 giorni.

4.1. I MATERIALI

Per la produzione delle malte è stato adoperato un cemento di tipo CEM I, con classe di resistenza 52,5N miscelato con sabbia Esincalce, loppa d'altoforno, filler calcareo e acqua. (Fig. 3.1)



Fig. 3.1 – componenti delle malte: sabbia Esincalce, filler calcareo, cemento, loppa d'altoforno.

4.2. IL MIX DESIGN

Per la sperimentazione sono state prodotte cinque miscele che presentano delle percentuali di filler calcareo crescenti e di loppa d'altoforno decrescenti, in modo da studiare il comportamento delle malte in base alla quantità di calcare.

Le miscele prodotte sono le seguenti:

- Miscela di riferimento REF: (CEM III/A), con 35% cemento, 65% SLAG e 0% LS;
- Miscela 10% LS/55% SLAG;
- Miscela 20% LS/45% SLAG;
- Miscela 30% LS/35% SLAG;
- Miscela 40% LS/25% SLAG.

Negli impasti è stato mantenuto il 35% di cemento.

Inoltre, dato che nelle normative UNI EN 1015-11 e UNI EN 196-1 la classificazione è riferita alle malte prodotte con sabbia standard e non con sabbia Esincalce, perciò sono state prodotte anche una miscela di REF e una di 40% LS/25% SLAG usando proprio la sabbia standard.

Di seguito in tabella vengono riportati i mix design di ogni miscela.

REF (65%SLAG)	Cement	Water	Sabbia Esincalce 0/8	Blast fournace slag	Limestone
Materiali (g/L)	175	250	1500	325	0
Dry density (g/L)	3,10	1,00	2,65	2,90	2,70
Volume materiali (ml)	56,45	250,00	566,04	112,07	0,00
Volume materiali (ml/L)	57,34	253,92	574,92	113,83	0,00
Materiali per 1L (g/L) ssa	178	254	1524	330	0
Materiali per 1L (g) sabbia umida	178	215	1563	330	0

10%LS 55%SLAG	Cement	Water	Sabbia Esincalce 0/8	Blast fournace slag	Limestone
Materiali (g/L)	175	250	1500	275	50
Dry density (g/L)	3,10	1,00	2,65	2,90	2,70
Volume materiali (ml)	56,45	250,00	566,04	94,83	18,52
Volume materiali (ml/L)	57,26	253,59	574,17	96,19	18,78
Materiali per 1L (g/L) ssa	178	254	1522	279	51
Materiali per 1L (g) sabbia umida	178	211	1564	279	51

20%LS 45%SLAG	Cemento	acqua	Sabbia Esincalce 0/8	Loppa d'altoforno	filler calcareo
Materiali (g/L)	175	250	1500	225	100
Dry density (g/L)	3,10	1,00	2,65	2,90	2,70
Volume materiali (ml)	56,45	250,00	566,04	77,59	37,04
Volume materiali (ml/L)	57,19	253,26	573,43	78,60	37,52
Materiali per 1L (g/L) ssa	177	253	1520	228	101
Materiali per 1L (g) sabbia umida	177	213	1560	228	101

30%LS 35%SLAG	Cemento	acqua	Sabbia Esincalce 0/8	Loppa d'altoforno	filler calcareo
Materiali (g/L)	175	250	1500	175	150
Dry density (g/L)	3,10	1,00	2,65	2,90	2,70
Volume materiali (ml)	56,45	250,00	566,04	60,34	55,56
Volume materiali (ml/L)	57,11	252,94	572,69	61,05	56,21
Materiali per 1L (g/L) ssa	177	253	1518	177	152
Materiali per 1L (g) sabbia umida	177	212	1559	177	152

40%LS 25%SLAG	Cemento	acqua	Sabbia Esincalce 0/8	Loppa d'altoforno	filler calcareo
Materiali (g/L)	175	250	1500	125	200
Dry density (g/L)	3,10	1,00	2,65	2,90	2,70
Volume materiali (ml)	56,45	250,00	566,04	43,10	74,07
Volume materiali (ml/L)	57,04	252,61	571,95	43,55	74,85
Materiali per 1L (g/L) ssa	177	253	1516	126	202
Materiali per 1L (g) sabbia umida	177	203	1565	126	202

I mix design delle miscele prodotte con sabbia standard sono i seguenti:

REF (65%SLAG)	Cement	Water	Sabbia standard	Blast furnace slag	Limestone
Materiali (g/L)	174	248	1490	323	0
Dry density (g/L)	3,10	1,00	2,65	2,90	2,70
Volume materiali (ml)	56,13	248,00	562,26	111,38	0,00
Volume materiali (ml/L)	57,41	253,64	575,05	113,91	0,00
Materiali per 1L (g/L) ssa	178	254	1524	330	0
Materiali per 1L (g) sabbia umida	178	214	1563	330	0

40%LS 25%SLAG	Cement	Water	Sabbia standard	Blast furnace slag	Limestone
Materiali (g/L)	173	247	1479	123	50
Dry density (g/L)	3,10	1,00	2,65	2,90	2,70
Volume materiali (ml)	55,81	247,00	558,11	42,41	18,52
Volume materiali (ml/L)	60,54	267,94	605,43	46,01	20,09
Materiali per 1L (g/L) ssa	188	268	1604	133	54
Materiali per 1L (g) sabbia umida	188	223	1649	133	54

4.3. LA PREPARAZIONE DEI PROVINI

4.3.1. IMPASTI

Come già detto, per la presente sperimentazione sono stati creati 5 impasti diversi per studiare ed evidenziare il comportamento di CEM VI con diverse percentuali di calcare e loppa a diverse temperature di stagionatura. Le miscele sono state progettate considerando una consistenza plastica con rapporto $a/c=0,5$ e un rapporto inerte-cemento $i/c=3$.

Sono state pesate le componenti seguendo i valori riportati nel mix design, andando a versare le polveri (cemento, slag e calcare) in un recipiente, il tutto è stato agitato manualmente per avere omogeneità delle componenti più ottimale possibile all'interno del contenitore, infine si aggiunge per gradi l'acqua e tramite un agitatore meccanico si miscela (Fig.4.1). Si ottiene così la malta voluta.



Fig.4.1 – miscelazione delle componenti con agitatore meccanico.

4.3.2. LAVORABILITA' E CONSISTENZA DELLE MALTE

Le miscele così ottenute sono sottoposte a prove per la determinazione della lavorabilità. Quest'ultima è stata definita col metodo dello Slump test secondo la norma UNI EN 1015-3 del 2007.

La lavorabilità della malta allo stato fresco viene determinata attraverso la prova di spandimento con l'utilizzo del cono di Abrams. (Fig.4.3). Parte dell'impasto viene messo all'interno di un elemento metallico (tronco di cono con altezza 60 mm, diametro superiore 70 mm e diametro inferiore di 100 mm) e livellato.



Fig.4.2

Sinistra: Consistenza della malta allo stato fresco.
 Destra: cono di Abrams e tavolo a percussione.

Il cono viene estratto, l'impasto è soggetto a 15 colpi sulla tavola a percussione per poi misurare, in centimetri, lo spandimento dell'impasto su due diametri ortogonali, sapendo che la base del tronco di cono aveva un diametro di partenza di 10 cm.

In base agli spandimenti ottenuti (Figg. da 4.6 a 4.9) e grazie alla tabella 4.3 presente nella UNI EN 1015-6:2007, si può determinare la consistenza delle malte prodotte.

Consistence in use	Flow value mm	Procedure
Stiff mortar	< 140 mm	Test the mortar in accordance with 7.2.1
Plastic mortar	140 mm to 200 mm	Test the mortar in accordance with 7.2.1 or 7.2.2
Soft mortar	> 200 mm	Test the mortar in accordance with 7.2.3

Tab.4.3 - Determinazione della consistenza delle malte allo stato fresco

Dato che i diametri rientrano nel range 140mm/200mm, la consistenza delle malte è plastica, obiettivo ottenuto senza dover apportare modifiche alla quantità di acqua nel mix design o aggiunte di additivi fluidificanti.

La normativa UNI EN 1015-3:2007 ci fornisce la formula per esprimere i risultati della consistenza della malta:

$$c (\%) = \frac{d_m - d}{d} \times 100$$

Dove:

$c (\%)$ consistenza percentuale;

d_m diametro medio delle due letture ortogonali date dallo spandimento (d_1, d_2);

d diametro inferiore dell'anello troncoconico (100mm).

	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_m (mm)	C (%)
REF	145	140	142,5	42,5
10%LS-55%SLAG	145	140	142,5	42,5
20%LS-45%SLAG	153	148	150,5	50,5
30%LS-35%SLAG	143	144	143,5	43,5
40%LS-25%SLAG	142	145	143,5	43,5

Tab. 4.4 - Slump ottenuti e consistenza percentuale.



Fig.4.4 – Misurazione dello spandimento della miscela RIF.



Fig.4.4 – Misurazione dello spandimento della miscela 10% LS/55% SLAG.



Fig.4.5 – Misurazione dello spandimento della miscela 20% LS/45% SLAG.



Fig.4.6 – Misurazione dello spandimento della miscela 30% LS/35% SLAG.



Fig.4.7 – Misurazione dello spandimento della miscela 20% LS/45% SLAG.

4.3.3. CONFEZIONAMENTO PROVINI E STAGIONATURA

Le miscele dopo essere state sottoposte alla prova di lavorabilità vengono gettate nei casseri, questi sono casseforme divise in tre scomparti per la realizzazione di tre provini parallelepipedi di dimensioni 4x4x16 cm per ogni stampo (Fig. 4.8). Sono realizzati anche dei provini per le prove di ritiro igrometrico sia libero che vincolato, i provini per il libero sono di dimensione 4x4x16 cm, invece quelli per il vincolato sono di 5x5x25 cm. (Fig. 4.9). Per quest'ultimi all'interno del cassero viene messa un'asta di acciaio al carbonio di contrasto, con filettatura metrica M6 per una lunghezza di 25 cm nella malta, come previsto dalla UNI EN 8147 del 2008 per la determinazione del ritiro igrometrico vincolato delle malte. Prima dell'utilizzo ogni cassero è stato pulito per non avere impurezze nella miscela, poi, una volta montati, sono stati trattati con disarmante per evitare l'adesione della pasta cementizia alla cassaforma.



Fig.4.8 - Casseri 4x4x16 cm in acciaio.



Fig.4.9 – Casseri in acciaio 5x5x25 cm.

I casseri utilizzati sono principalmente in acciaio. Tuttavia, per i campioni destinati alla stagionatura a 10°C, si è optato per l'uso di casseforme in plastica. Questa scelta è motivata sia perchè questi casseri garantiscono una maggiore facilità di trasporto sia dal fatto che solitamente i provini vengono scasserati il giorno successivo alla loro produzione e i campioni che vengono sottoposti a una stagionatura a temperature così basse per sole 24 ore sono estremamente fragili, pertanto al fine di prevenire la rottura dei campioni durante lo scassero, si utilizza un compressore che introduce aria compressa in un foro situato nella parte inferiore della cassaforma. Questo processo consente di estrarre il campione senza danneggiarlo.

Successivamente, le casseforme vengono poste al di sopra di una piastra vibrante utilizzata per eliminare i vuoti d'aria all'interno del conglomerato e far aderire omogeneamente l'impasto su tutto il cassero, così da non avere imperfezioni del provino. (Fig. 4.10)



Fig. 4.10 – riempimento dei casseri posti nella tavola vibrante.

I casseri vengono poi avvolti nella pellicola trasparente e conservati in 3 diversi tipi di ambienti e temperature: (Fig.4.11)

- a) Camera climatica impostata alla temperatura di 20°C;
- b) Forno a 40° C;
- c) Frigorifero a 10° C.



Fig.4.8 -Casseri in forno pronti per la stagionatura.



Fig.4.9 – Camera climatica.

Come già precedentemente dopo 24 ore dalla produzione le malte vengono scasserate e suddivise per giorni di maturazione in funzione dello studio del comportamento meccanico dei campioni, dove tali prove sono state eseguite dopo 1, 3, 7, 28, 90 giorni di stagionatura. Sono stati prodotti 2 provini per ogni giorno di stagionatura per ogni miscela.

La decisione di condurre stagionature a tre temperature diverse, nonostante la norma UNI EN 196-1 per la produzione di malte standard prescriva solamente la temperatura di 20°C, è basata sulla volontà di attuare uno studio approfondito delle variazioni di comportamento delle malte in relazione al loro contenuto di calcare a diverse temperature. Questa scelta è motivata dal fatto che il processo di sviluppo della resistenza meccanica e del modulo elastico delle malte presenta andamenti distinti a diverse temperature. In particolare, tale sviluppo è più lento quando la stagionatura avviene a temperature più basse, nel nostro caso a 10° C e più rapido alle alte.

Tale variazione è un aspetto fondamentale per comprendere il comportamento delle malte in situazioni reali, dove le temperature possono variare ampiamente. Inoltre, questo studio ci fornisce informazioni per ottimizzare il processo di produzione e l'impiego delle malte in diverse applicazioni, consentendo di adattare le specifiche delle malte in base alle condizioni ambientali effettive.

4.4. DENSITÀ

Con il peso dei provini di malta sottoposti a caratterizzazione meccanica a 28 giorni di maturazione e stagionati a 20°, 40° e 10°, è possibile determinare le densità allo stato indurito tramite l'utilizzo della seguente formula:

$$\rho = \frac{M_{28}}{V}$$

Dove:

ρ = Densità caratteristica del materiale allo stato indurito [kg/m³];

M_{28} = massa del provino a 28 giorni di stagionatura [kg];

V = volume del provino pari a circa 0,000256 m³.

Per poi calcolare la loro resistenza specifica a compressione R_{cs} [MPa/(kg/m³)], secondo la formula:

$$R_{cs} = \frac{R_c}{\rho}$$

Dove:

R_c resistenza meccanica a compressione a 28 giorni di stagionatura [MPa];

I risultati ottenuti dalle malte prodotte sono presentati nelle tabelle 4.5, 4.6, 4.7.

Si può notare come la R_{cs} diminuisca all'aumentare della sostituzione della loppa d'altoforno con il calcare.

28gg/20°	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	Densità media (g/cm ³)	R_c (MPa)	R_{cs} (MPa)
REF	1	570	2225	2172	37	0,017
	2	542	2118			
10%LS-55%SLAG	1	539	2104	2086	31	0,015
	2	530	2069			
20%LS-45%SLAG	1	578	2257	2226	32	0,014
	2	562	2195			
30%LS-35%SLAG	1	565	2206	2213	31	0,014
	2	568	2219			
40%LS-25%SLAG	1	569	2224	2241	27	0,012
	2	578	2259			

Tab.4.5 – Densità e resistenza specifica delle malte a 28 gg di stagionatura a 40° C.

28gg/40°	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	Densità media (g/cm ³)	R _c (MPa)	R _{cs} (MPa)
REF	1	541	2112	2144	40	0,019
	2	557	2176			
10%LS-55%SLAG	1	533	2083	2102	37	0,018
	2	543	2120			
20%LS-45%SLAG	1	545	2129	2131	32	0,015
	2	546	2133			
30%LS-35%SLAG	1	541	2113	2103	29	0,014
	2	536	2093			
40%LS-25%SLAG	1	524	2048	2040	24	0,012
	2	520	2031			

Tab.4.6 – Densità e resistenza specifica delle malte a 28 gg di stagionatura a 20° C.

28gg/10°	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	Densità media (g/cm ³)	R _c (MPa)	R _{cs} (MPa)
REF	1	556	2174	2169	24	0,011
	2	554	2164			
10%LS-55%SLAG	1	569	2223	2225	24	0,011
	2	570	2228			
20%LS-45%SLAG	1	566	2213	2182	21	0,010
	2	551	2151			
30%LS-35%SLAG	1	564	2202	2229	21	0,009
	2	577	2256			
40%LS-25%SLAG	1	574	2241	2234	17	0,008
	2	570	2227			

Tab.4.7 – Densità e resistenza specifica delle malte a 28 gg di stagionatura a 10° C.

4.5. INDAGINE ULTRASONICA: MODULO ELASTICO DINAMICO

Il modulo elastico dinamico viene calcolato al fine di comprendere il grado di deformabilità delle malte confezionate. La prova per la sua determinazione è una prova non distruttiva. Il modulo elastico descrive la fase elastico-lineare del materiale ed è indice della sua rigidità ed è legato anche alla composizione chimica del materiale

La prova, descritta dalla norma UNI EN 12504-4:2005, si basa sul principio di propagazione delle onde elastiche longitudinali; infatti, il suono è una tipica onda longitudinale prodotta in un mezzo elastico da un corpo che vibra ad una certa frequenza. La velocità di propagazione dipende dalle caratteristiche elastiche del mezzo.

Lo scopo è quello di misurare la velocità di propagazione delle onde nei vari provini di malta per poi ricavarne il modulo elastico dinamico E_d . In generale le prove ultrasoniche consentono di determinare, oltre al valore del modulo elastico, anche la presenza di vuoti o discontinuità nell'elemento, i difetti di getto, il grado di omogeneità del materiale e le variazioni delle proprietà nel tempo.

I fattori che possono influenzare la velocità di propagazione delle onde ultrasoniche sono:

- dimensioni e tipo di aggregato;
- lunghezza del percorso di misura;
- grado di compattazione;
- presenza di vuoti o fratture;
- condizioni di temperatura e umidità.

4.5.1. METODO DI RILEVAZIONE

Il modulo elastico viene misurato attraverso uno strumento chiamato Pundit (Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicator Tester) costituito da due sonde, una emittente che emette onde ultrasoniche e l'altra ricevente che le capta. Deve essere tarato eseguendo la prova con cilindro in acciaio (Fig. 4.10).

Il Pundit è dotato di trasduttori nei quali viene applicato uno strato di vaselina per garantire la massima adesione e omogenizzazione del flusso.



Fig. 4.10 – PUNDIT.

Lo strumento misura il tempo che impiegano le onde ad attraversare il campione in esame. In prossimità di cavità e pori le onde vengono riflesse e non si propagano e l'onda impiegherà più tempo ad attraversare il materiale.

Le prove sono state effettuate sui provini a 1, 3, 7, 28 giorni di maturazione, conservati nelle medesime condizioni descritte nei paragrafi precedenti. Inoltre, per la determinazione di E_d è necessario conoscere la densità del provino, perciò sono stati pesati prima dell'esecuzione della prova.

Attraverso i dati ottenuti si può determinare la velocità come:

$$V = \frac{L}{t}$$

Dove:

- L è la lunghezza del provino (nota)
- t è il tempo di misurato in μm (misurato)

La velocità calcolata viene utilizzata per la determinazione del Modulo Elastico:

$$E_d = \frac{v^2 \cdot \rho \cdot [(1 + \gamma_d) \cdot (1 - 2\gamma_d)]}{(1 - \gamma_d)}$$

Dove:

E_d = il modulo di elasticità dinamico in N/m²;

v = la velocità dell'onda espressa in m/s;

ρ = la densità del mezzo espressa in Kg/m³;

γ_d = modulo elastico di Poisson assunto pari a 0,2.

4.5.2. RISULTATI

In seguito alle prove svolte abbiamo rilevato i seguenti risultati caratteristici per ogni impasto:

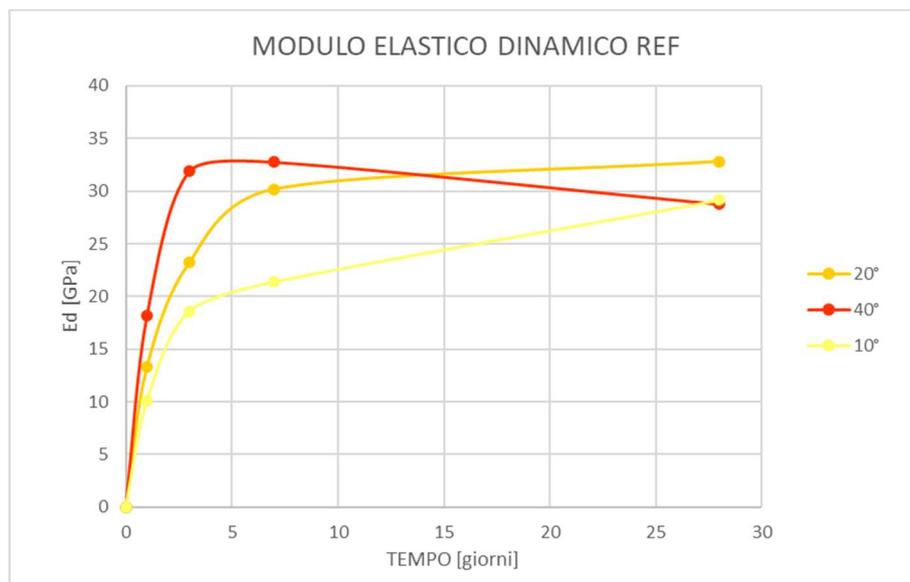


Fig.4.11 (a) – Modulo elastico dinamico per la miscela RIF alle varie temperature fino a 28 giorni;

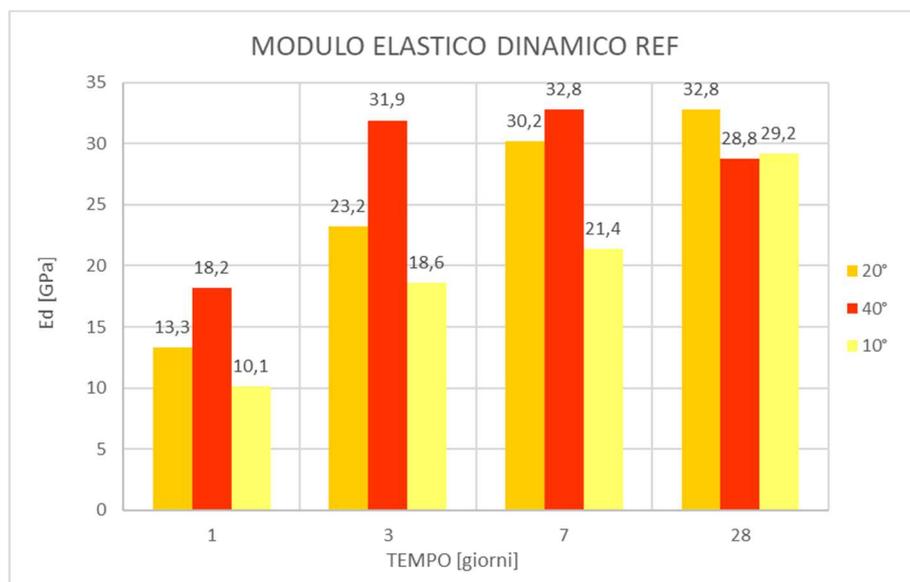


Fig.4.11 (b) – Modulo elastico dinamico per la miscela RIF alle varie temperature fino a 28 giorni;

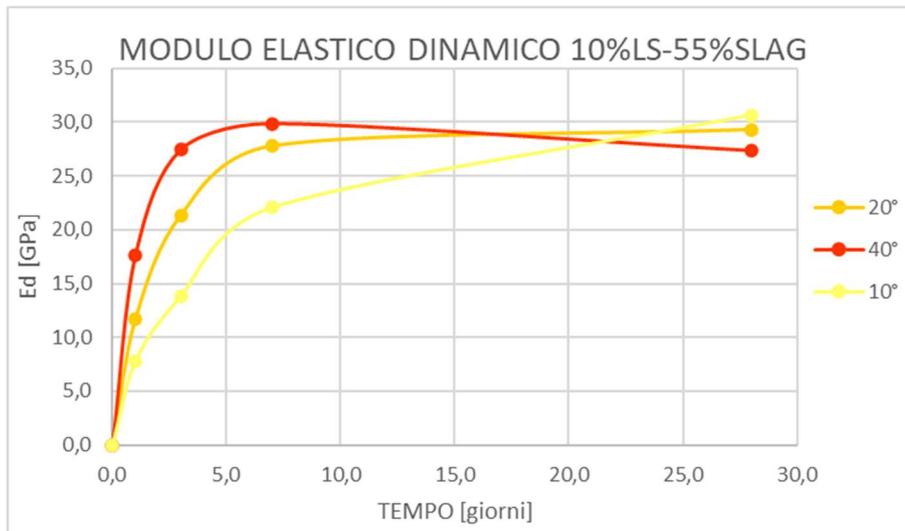


Fig.4.12 (a) – Modulo elastico dinamico per la miscela 10% LS/55% SLAG alle varie temperature fino a 28 giorni;

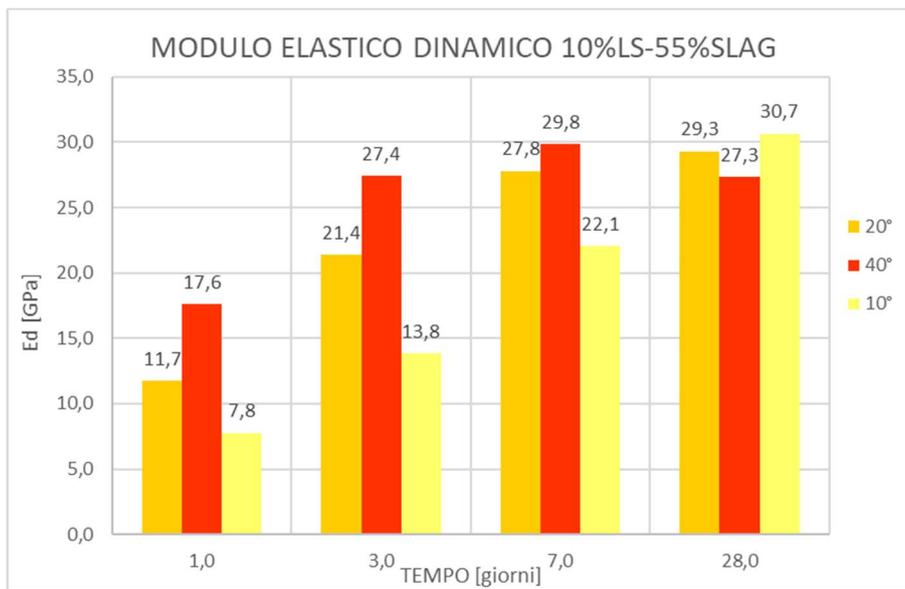


Fig.4.12 (b) – Modulo elastico dinamico per la miscela 10% LS/55% SLAG alle varie temperature fino a 28 giorni;

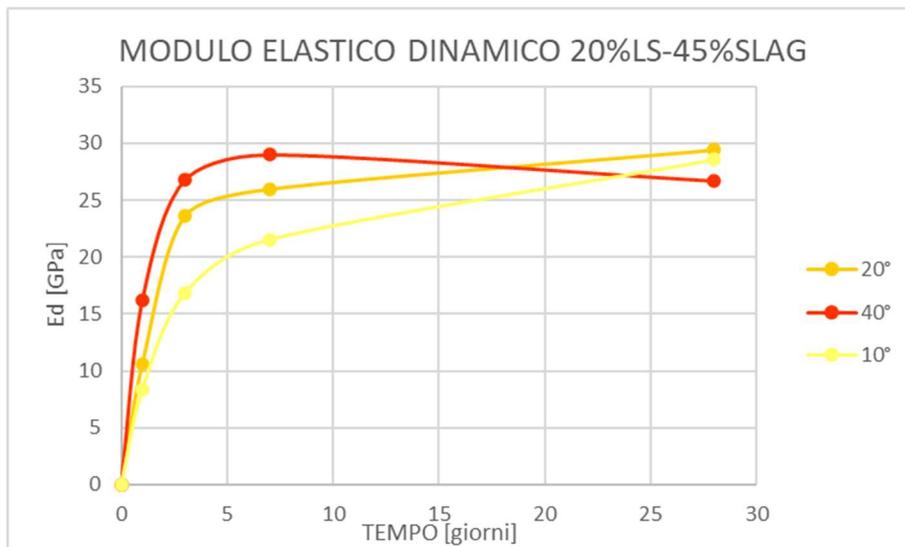


Fig.4.13 (a) – Modulo elastico dinamico per la miscela 20% LS/45% SLAG alle varie temperature fino a 28 giorni;

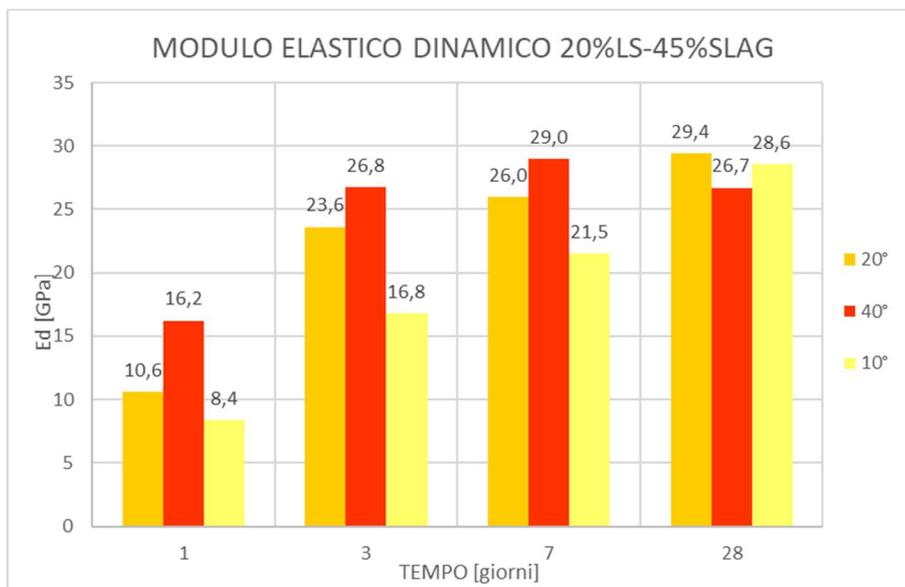


Fig.4.13 (b) – Modulo elastico dinamico per la miscela 20% LS/45% SLAG alle varie temperature fino a 28 giorni;

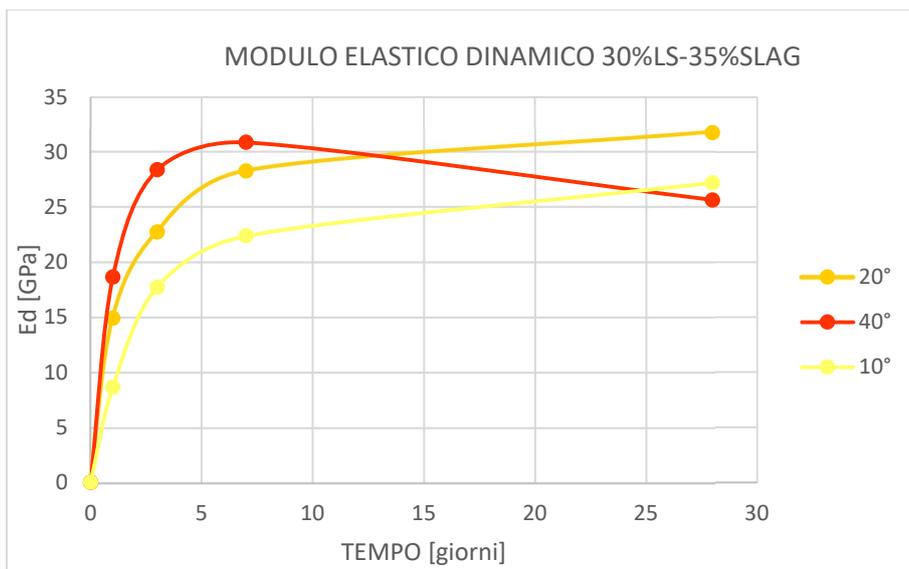


Fig.4.14 (a) – Modulo elastico dinamico per la miscela 30% LS/35% SLAG alle varie temperature fino a 28 giorni;

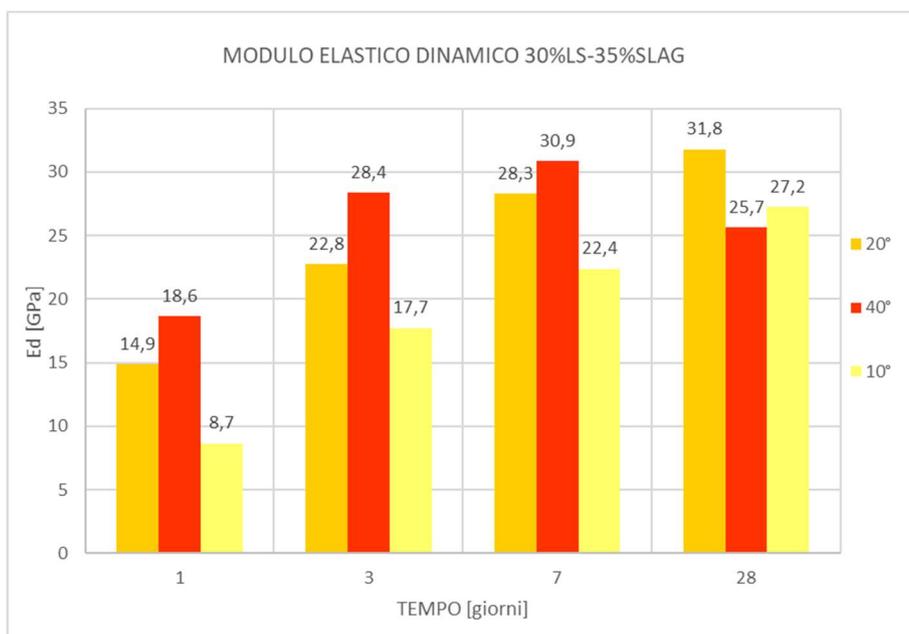


Fig.4.14 (b) – Modulo elastico dinamico per la miscela 30% LS/35% SLAG alle varie temperature fino a 28 giorni;

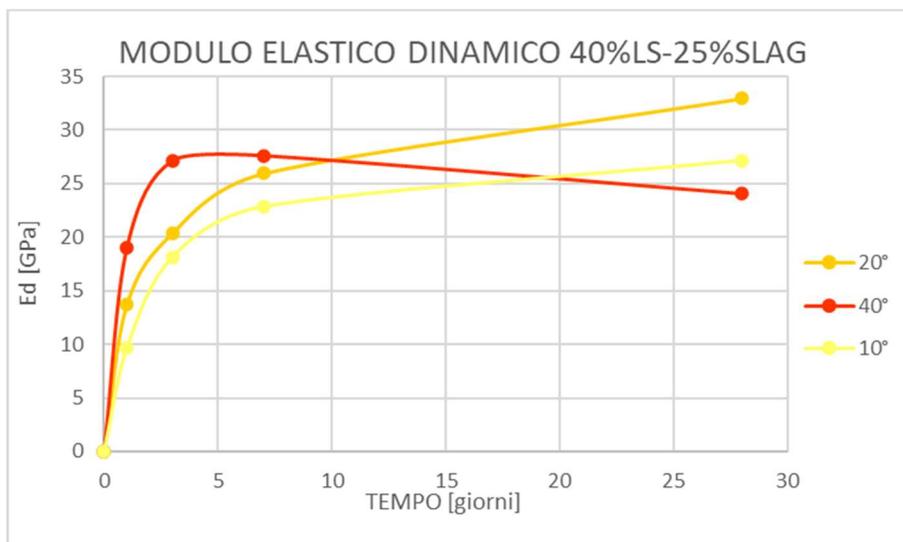


Fig.4.15 (a) – Modulo elastico dinamico per la miscela 40% LS/25% SLAG alle varie temperature fino a 28 giorni;

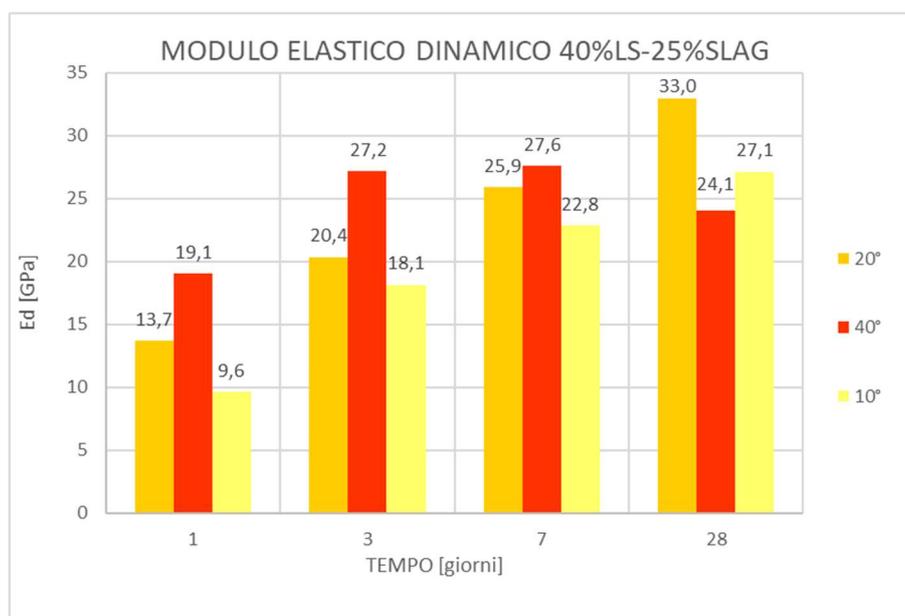


Fig.4.15 (b) – Modulo elastico dinamico per la miscela 40% LS/25% SLAG alle varie temperature fino a 28 giorni.

Si può notare un aumento del modulo elastico dinamico nel tempo, per tutte le miscele, tranne che per le miscele fatte stagionare a 40° che, dopo essere aumentato per i primi 7 gg, poi è diminuito.

Questo comportamento è riconducibile al fatto che i provini a 40°C subiscono una stagionatura molto rapida che porta ad una rapida perdita di acqua che può causare microfessurazioni.

Inoltre, dai grafici riportanti i risultati si evince che il modulo elastico è sempre maggiore per i provini a 20°C, tranne che per la miscela 10% LS/55% SLAG in cui i provini 10°C hanno un valore leggermente superiore. Si può comunque dedurre che per temperature di stagionatura di 20°C e 10°C i valori sono simili e il distacco aumenta all'aumentare della sostituzione della loppa d'altoforno con il calcare.

4.6. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA: FLESSIONE E COMPRESSIONE

La resistenza meccanica è definita come lo sforzo massimo che un qualsiasi materiale è in grado di sopportare prima di arrivare a rottura. Le proprietà meccaniche possono essere determinate tramite diverse tipologie di prove. Nel caso della nostra sperimentazione sono state eseguite prove di caratterizzazione meccanica a flessione e di caratterizzazione meccanica a compressione, queste due sono prove distruttive in quanto portano a rottura il provino.

Per il loro svolgimento è stata usata una pressa idraulica automatica (Fig.4.12), la quale imprime la sollecitazione al provino tramite la testa di carico.

L'esecuzione delle due diverse prove differisce per la tipologia di testa utilizzata.

Le prove sono state svolte seguendo le normative UNI EN 1015-11 del 2007 e UNI EN 196-1 del 2005.

La prova a flessione fa sì che si originino due parti circa uguali di provino che saranno poi sottoposte alla prova a compressione.

La pressione esercitata sul campione è rilevata da un trasduttore estensimetro e viene visualizzata direttamente sul pc collegato all'apparecchiatura.



Fig.4.16 – Pressa idraulica.

4.6.1. RESISTENZA MECCANICA A FLESSIONE

La prova consiste nel posizionare il provino su un supporto costituito da due appoggi metallici posti ad una distanza di 100 mm tra loro, al centro del provino è applicato un carico. (Fig.4.13(a)).



Fig.4.17 – (a) Apparecchiatura per rottura a flessione; (b) Rottura a flessione dei provini.

Con la prova di flessione il provino viene diviso in 2 parti (Fig.4.13(b)), ottenendo quindi 2 semi-provini, perciò per ogni temperatura di stagionatura si ottengono 4 semi-provini della stessa malta, di cui 3 vengono utilizzati per eseguire la prova di resistenza meccanica a compressione e uno viene invece conservato per eseguire successivamente la prova di assorbimento d'acqua per capillarità.

Dai dati ottenuti attraverso il trasduttore e conoscendo le grandezze geometriche sia del provino che della testa di carico si può calcolare la resistenza a flessione R_f [MPa] tramite la seguente formula:

$$R_f = 1,5 \cdot \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2}$$

Dove:

F = massima forza applicata (N);

l = distanza tra i due appoggi metallici (100 mm);

b = larghezza del provino (40 mm);

h = altezza del provino (40 mm).

4.6.1.1. RISULTATI

Tramite i valori ottenuti di R_f sono stati ricavati, per ogni miscela, i grafici che riportano quest'ultima grandezza in relazione al tempo di stagionatura in modo da comparare le varie curve delle differenti malte e studiare la resistenza in relazione alla percentuale di sostituzione della loppa.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

REF

La resistenza meccanica a flessione dei provini REF ad ognuna delle 3 temperature di stagionatura aumenta col tempo.

La curva dei provini a 40°C raggiunge a 28 giorni valori più elevati rispetto a quelle dei provini conservati alle altre temperature, segue poi la curva dei 20 °C e 10°C.

Da questi grafici si può dedurre che fino a 28 giorni, per avere maggiore resistenza a flessione, è ottimale avere una stagionatura a temperature elevate.

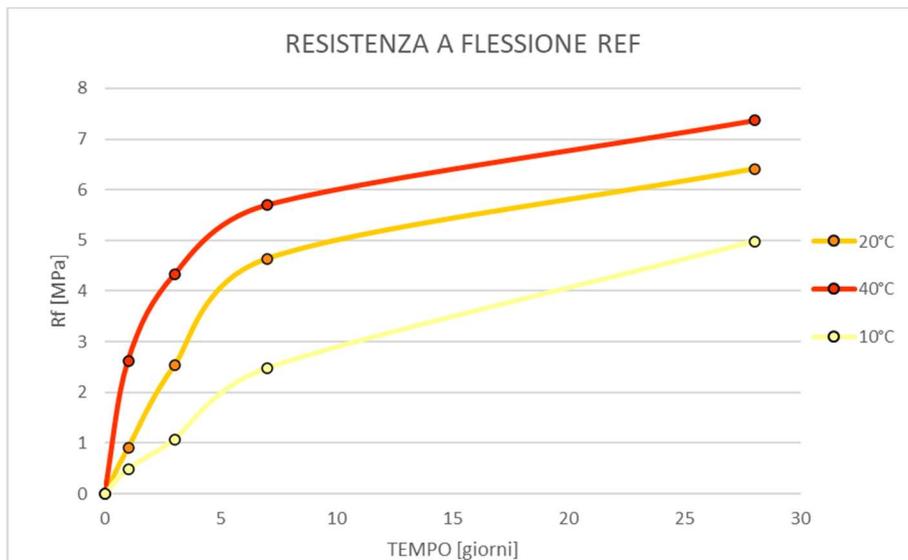


Fig.4.18 (a) – Grafico resistenza a flessione miscela REF alle diverse temperature;

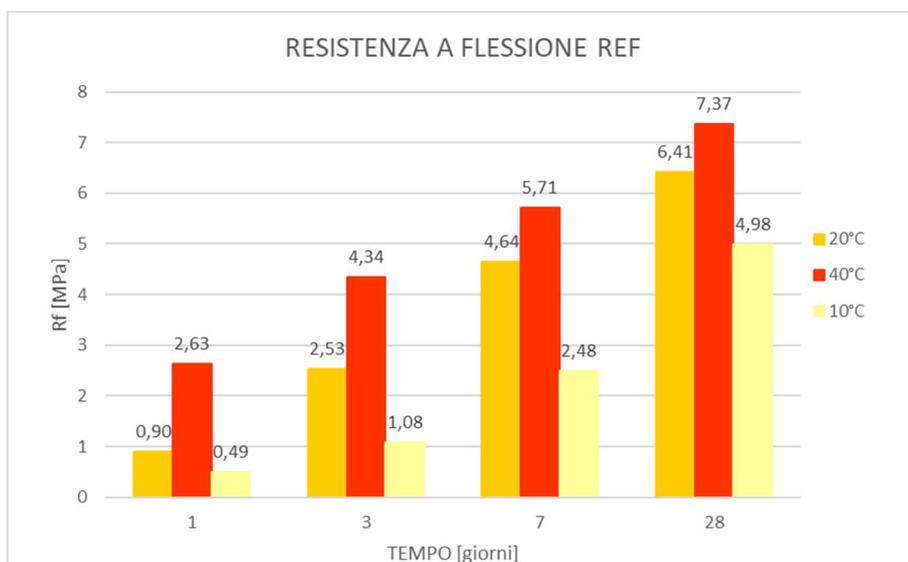


Fig.4.18 (b) – Grafico resistenza a flessione miscela REF alle diverse temperature.

10%LS-55%SLAG

La resistenza meccanica a flessione della miscela 10%LS-55%SLAG si comporta in maniera simile a quelle di REF, con la differenza che i valori delle resistenze delle tre diverse temperature a 28 giorni di stagionatura differiscono molto meno.

La resistenza a flessione dei campioni 10%LS-55%SLAG soggetti alla stagionatura a 10°C risulta maggiore rispetto ai provini REF posti alla stessa temperatura.

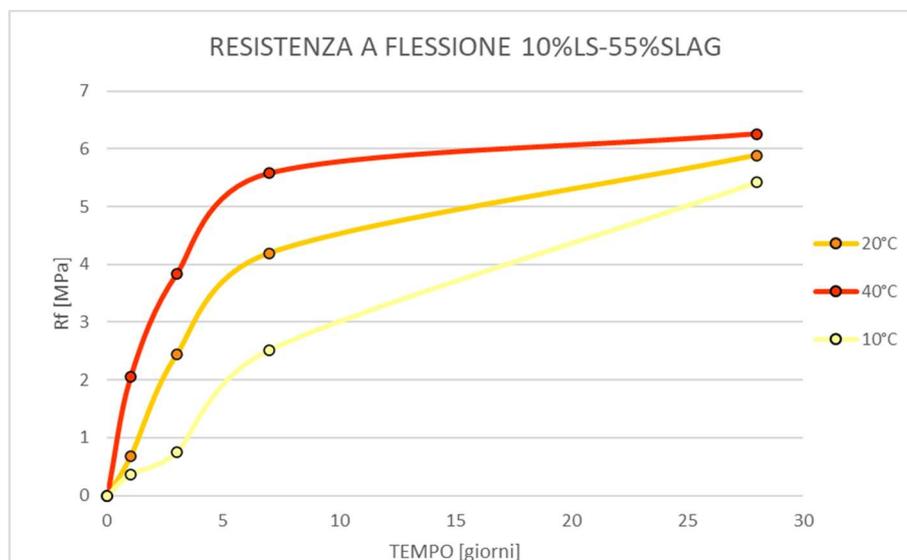


Fig.4.19 (a) – Grafico resistenza a flessione miscela 10%LS-55%SLAG alle diverse temperature;

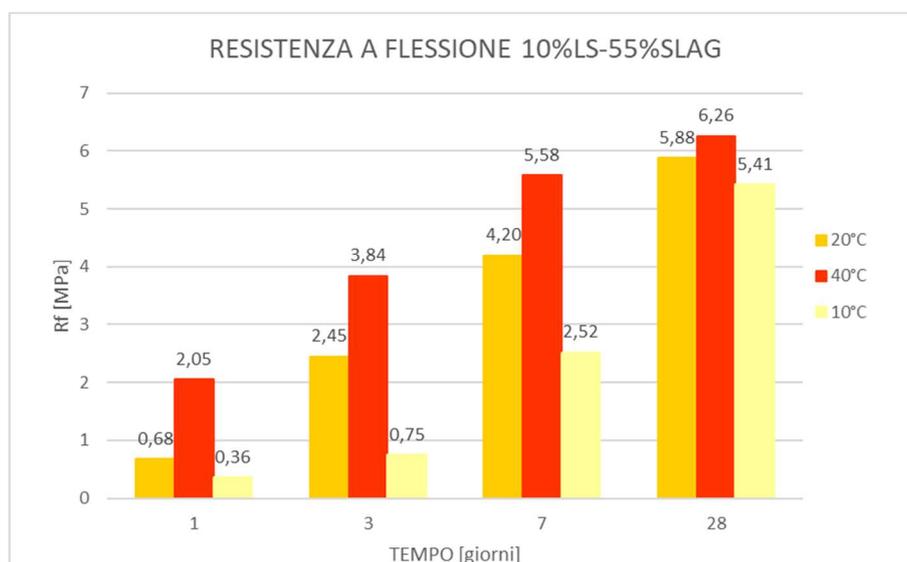


Fig.4.19 (b) – Grafico resistenza a flessione miscela 10%LS-55%SLAG alle diverse temperature.

20%LS-45%SLAG

Dal grafico si nota come i provini 20°C e 40°C hanno curve simili, con valori a 28 giorni leggermente più elevati per quella a 20°C, mentre per brevi stagionature i campioni a 40°C presentano valori maggiori, come aspettato. (Fig.4.16).

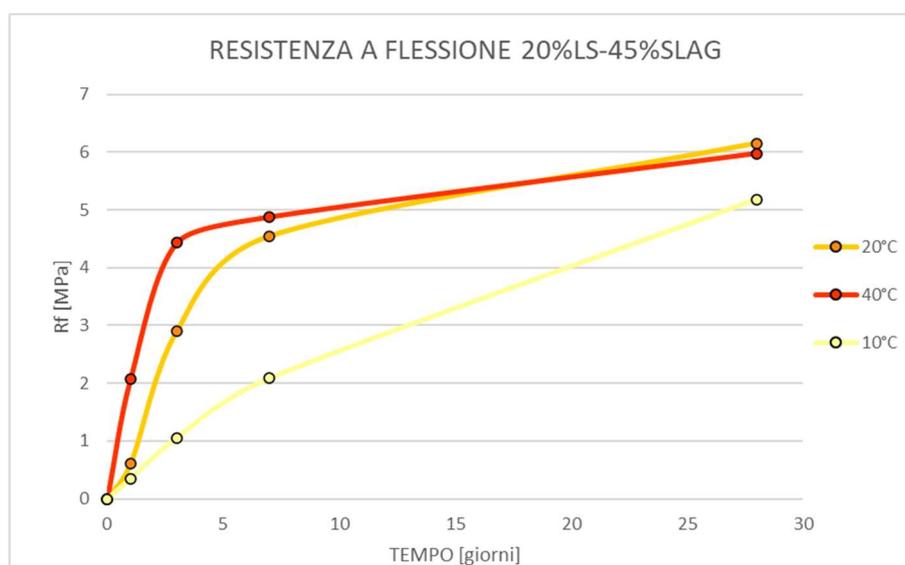


Fig.4.20 (a) – Grafico resistenza a flessione miscela 20%LS-45%SLAG alle diverse temperature;

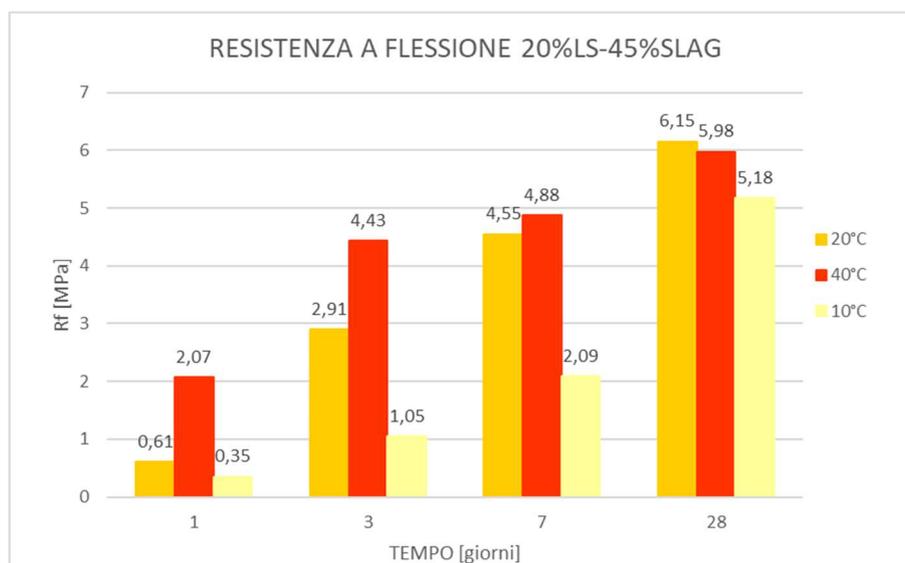


Fig.4.20 (b) – Grafico resistenza a flessione miscela 20%LS-45%SLAG alle diverse temperature.

30%LS-35%SLAG

I provini soggetti alla stagionatura a 40°C sviluppano la resistenza meccanica a flessione in 7 giorni per poi rimanere costante fino a 28 giorni.

I provini a 10°C e 20° che presentano una crescita della resistenza fino ad avere valori simili ai provini a 40°C a 28 giorni di stagionatura.

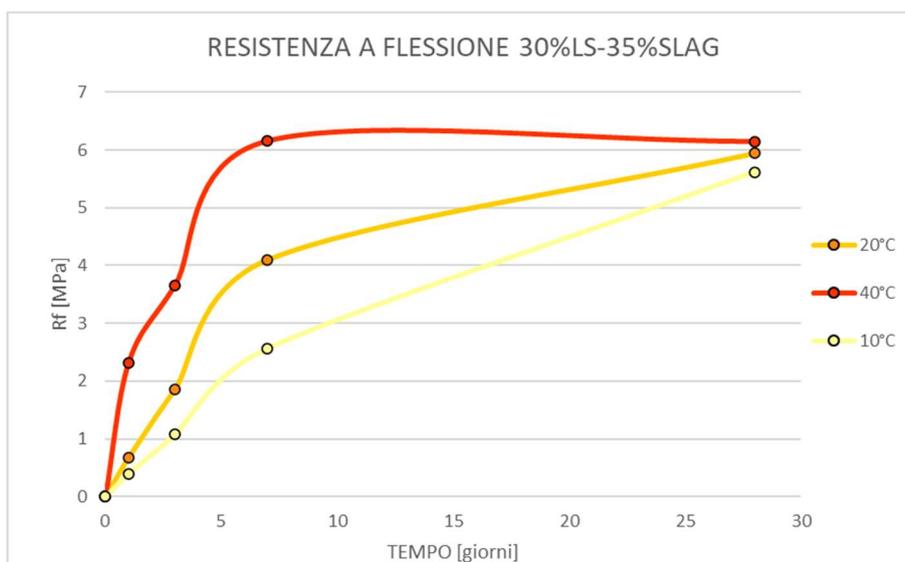


Fig.4.21 (a) – Grafico resistenza a flessione miscela 30%LS-35%SLAG alle diverse temperature;

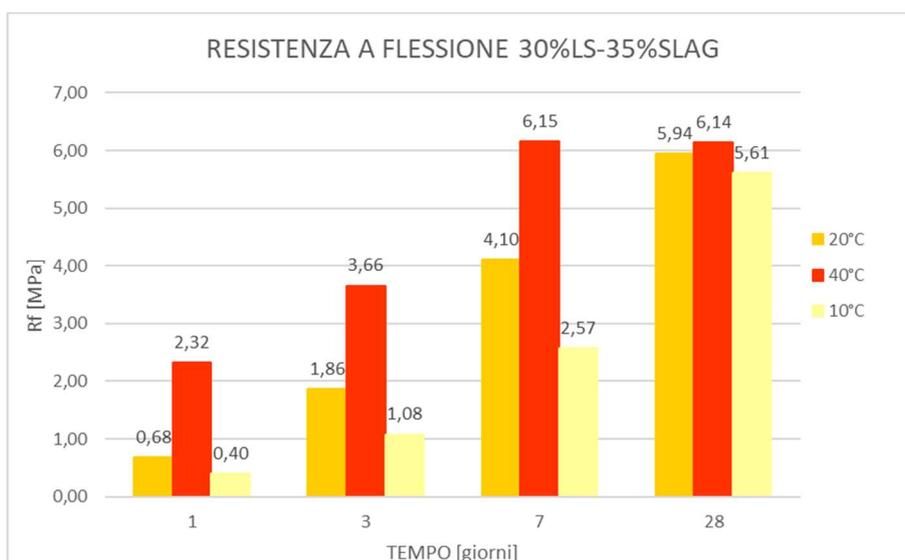


Fig.4.21 (b) – Grafico resistenza a flessione miscela 30%LS-35%SLAG alle diverse temperature.

40%LS-25%SLAG

Il grafico delle resistenze a flessione dei provini 40%LS-25%SLAG presenta curve simili a quelle dei 20%LS-45%SLAG, con la differenza che queste presentano valori leggermente inferiori dopo 28 giorni di stagionatura.

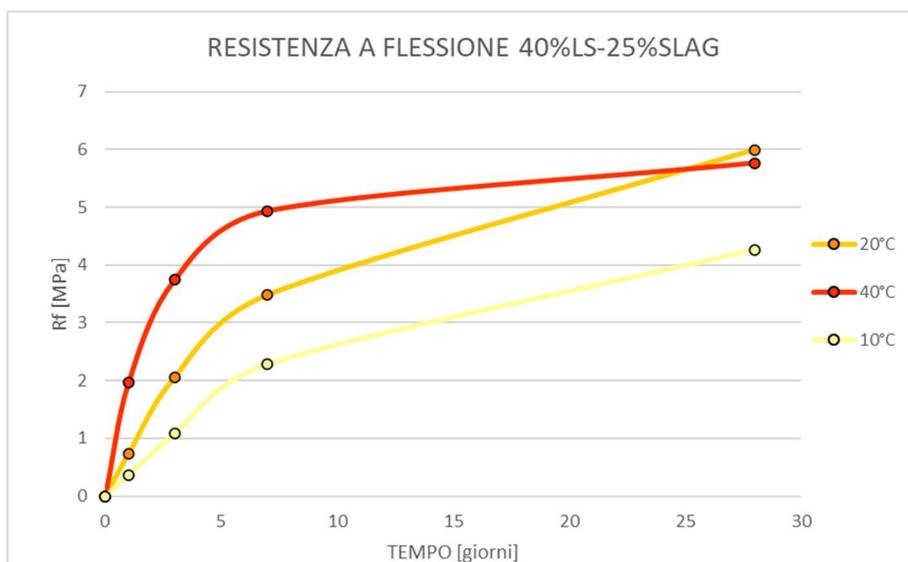


Fig.4.22 (a) – Grafico resistenza a flessione miscela 40%LS-25%SLAG alle diverse temperature;

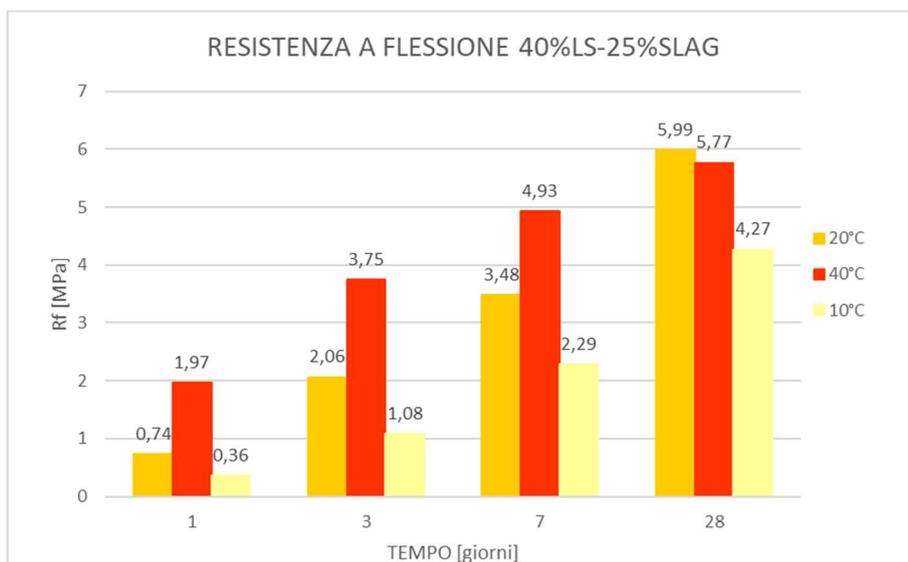


Fig.4.22 (b) – Grafico resistenza a flessione miscela 40%LS-25%SLAG alle diverse temperature.

4.6.2. RESISTENZA MECCANICA A COMPRESIONE.

La valutazione della resistenza a compressione del calcestruzzo e delle malte è di fondamentale importanza nella verifica sismica degli edifici.

La prova a compressione viene eseguita successivamente alla prova a flessione in cui si originano due campioni per ogni provino; sono proprio queste due porzioni ad essere soggette alla prova a compressione. Per ogni miscela, perciò, sono state condotte circa quattro prove a compressione.

Per tale prova è stata utilizzata la medesima pressa idraulica automatica precedentemente descritta ma, come già anticipato, la rottura del provino avviene tramite una testa differente: Il provino viene posizionato in mezzo a due piastre e si incrementa il carico, fino ad arrivare a rottura. (Fig.4.19). La rottura che si ottiene è tipicamente “a clessidra”. (Fig. 4.20).



Fig. 4.23 – Apparecchiatura per rottura a compressione.

Conoscendo la forza applicata, registrata dal computer durante la prova, e l’area di carico si può determinare la resistenza alla compressione tramite l’applicazione della seguente formula:

$$R_c = \frac{F}{S}$$

Dove:

F = forza massima applicata in N;

S = area di carico in mm^2 .

La rottura a compressione che si ottiene è tipicamente detta a "clessidra". (Fig. 4.20).



Fig. 4.24 – Rottura a clessidra dei provini alla prova di resistenza meccanica a compressione.

4.6.2.1. RISULTATI

In seguito alle prove svolte si sono registrati i seguenti risultati caratteristici per ogni impasto:

REF

la resistenza meccanica a compressione dei provini a 40°C raggiunge nel breve tempo valori più elevati rispetto a quelli conservati alle altre temperature.

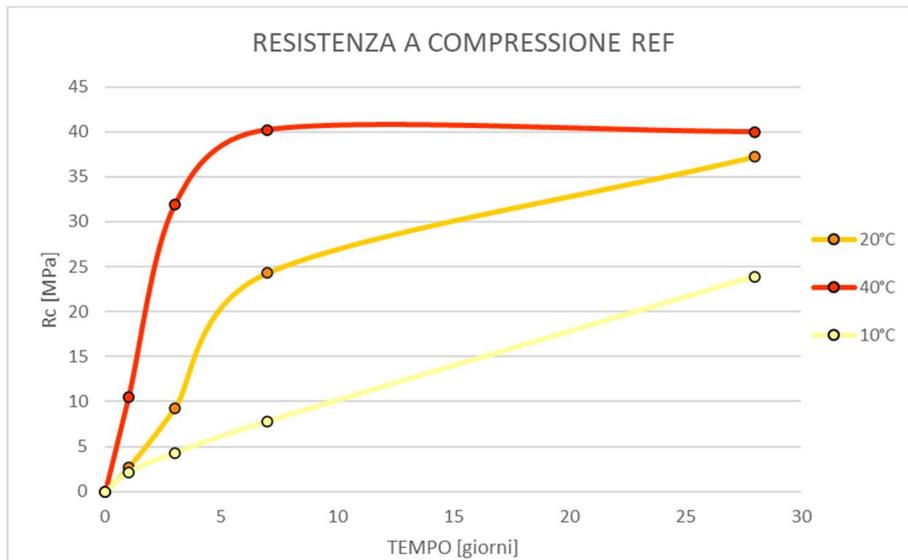


Fig.4.25 (a) – Grafico resistenza a compressione miscela REF alle diverse temperature;

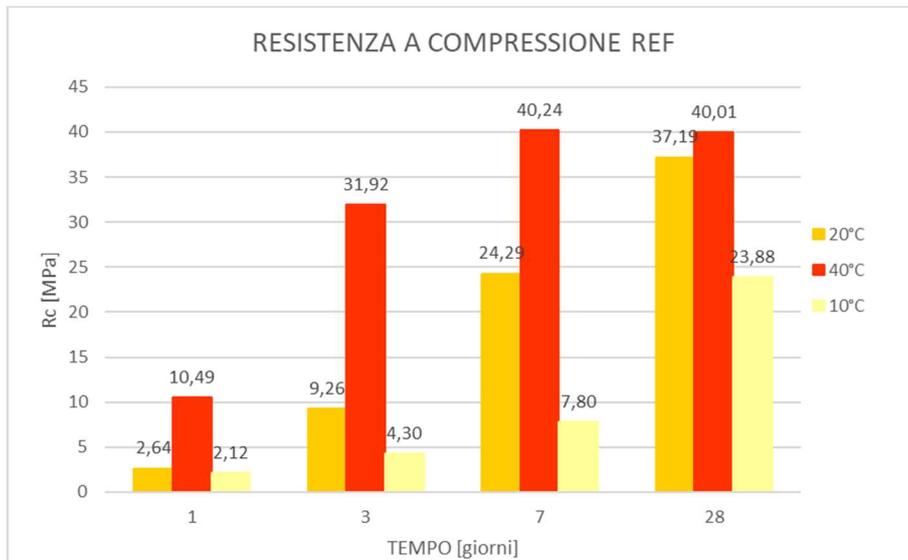


Fig.4.25 (b) – Grafico resistenza a compressione miscela RIF alle diverse temperature.

10%LS-55%SLAG

Dal grafico delle resistenze a compressione della miscela 10%LS-55%SLAG alle varie temperature si nota che le curve hanno un andamento simile al REF ma con valori molto minori per quanto riguarda le temperature 20°C e 40°C. Invece il 10°C del 10%LS-55%SLAG ha valori confrontabili al REF a 10°C a 28 giorni di stagionatura.

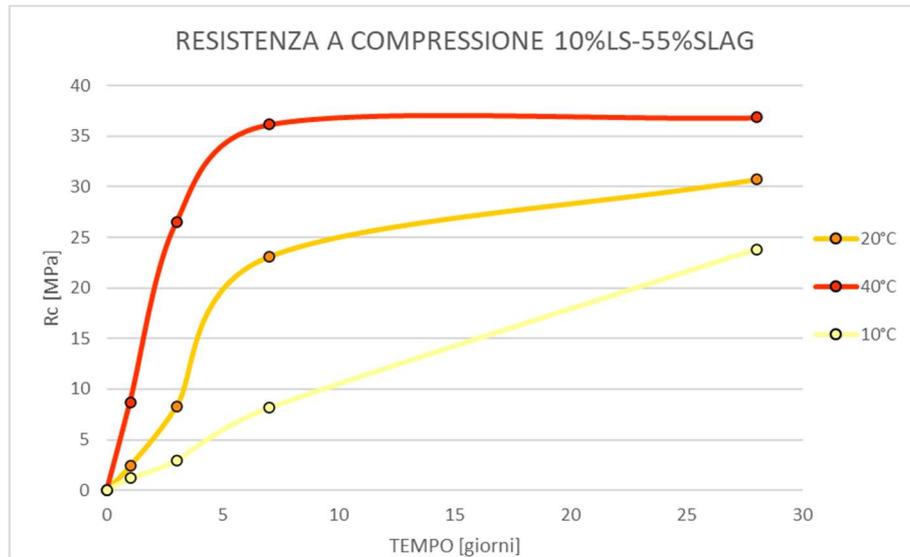


Fig.4.26 (a) – Grafico resistenza a compressione miscela 10%LS-55%SLAG alle diverse temperature;

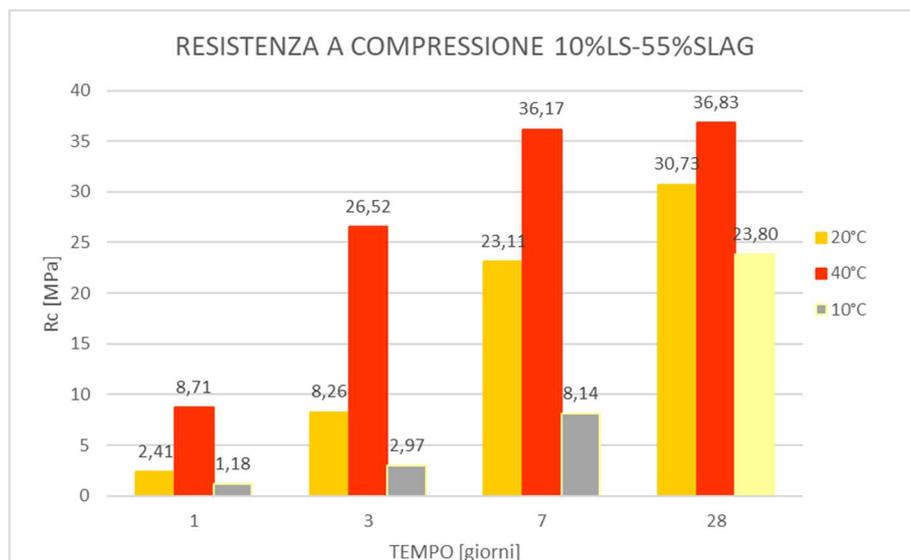


Fig.4.26 (b) – Grafico resistenza a compressione miscela 10%LS-55%SLAG alle diverse temperature.

20%LS-45%SLAG

Tale miscela ha un andamento delle curve simile al 10%LS-55%SLAG, ma assume valori di resistenza meccanica a compressione molto minori rispetto alle precedenti.

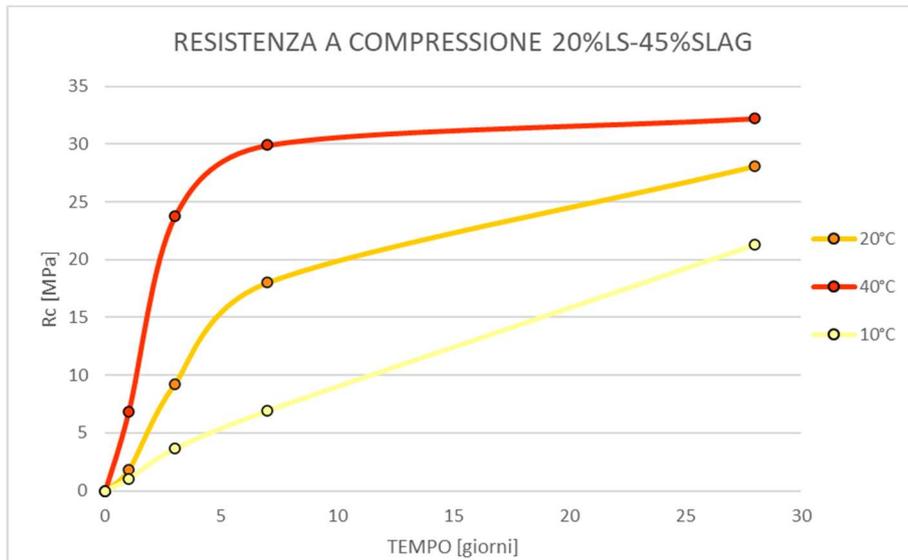


Fig.4.27 (a) – Grafico resistenza a compressione miscela 20%LS-45%SLAG alle diverse temperature;

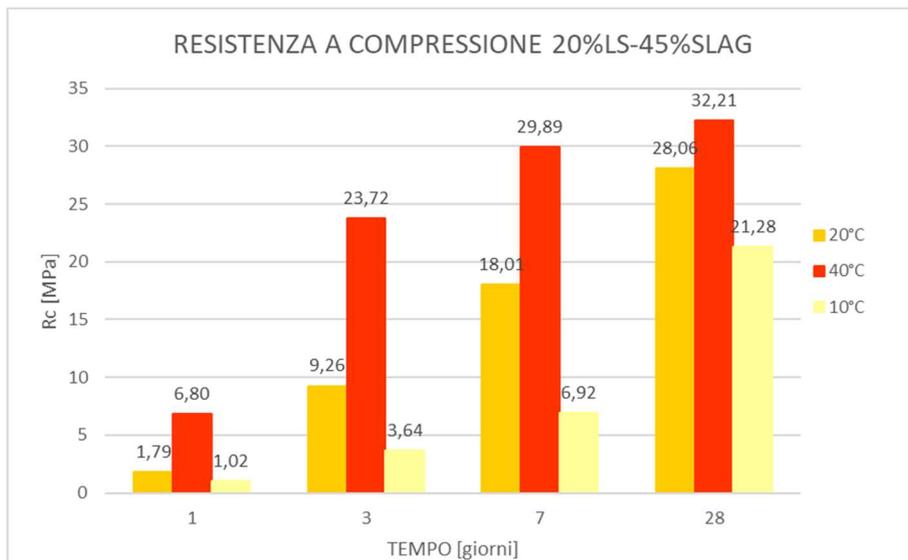


Fig.4.27 (b) – Grafico resistenza a compressione miscela 20%LS-45%SLAG alle diverse temperature.

30%LS-35%SLAG

Fino a 7 giorni la curva dei provini posti alla stagionatura di 20° C presenta valori molto minori rispetto a quelle dei provini posti a 40° C, ma dopo 7 giorni la curva di quest'ultimi presenta una decrescita tale da avere, a 28 giorni, valori inferiori rispetto a quelli a 20°C. I provini posti ad una stagionatura a 10°C, pur presentando dei valori più bassi rispetto alle altre due temperature, hanno una curva caratterizzata da una crescita elevata della resistenza a compressione in funzione del tempo, si può pensare che aumentando il tempo di stagionatura questa possa presentare dei valori più alti rispetto alla curva dei 20°C e dei 40°C dato la sua evidente decrescita dopo 7 giorni.

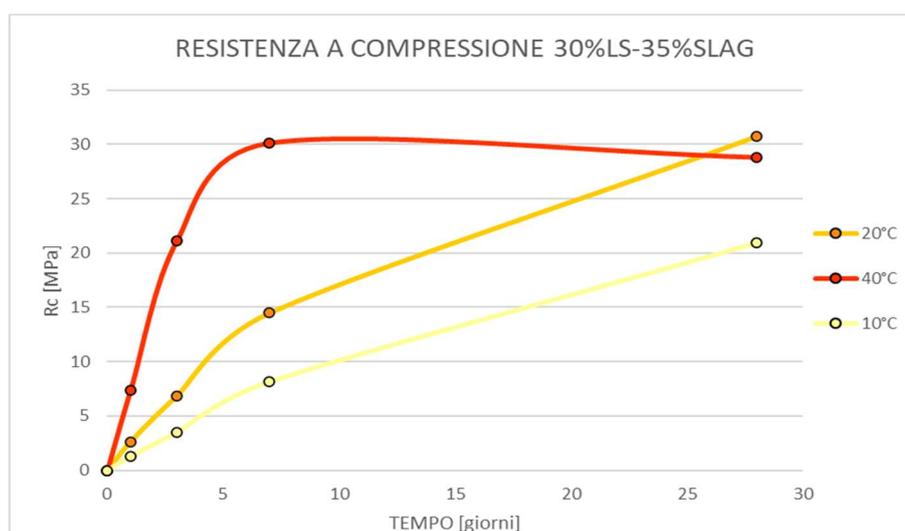


Fig.4.28 (a) – Grafico resistenza a compressione miscela 30%LS-35%SLAG alle diverse temperature;

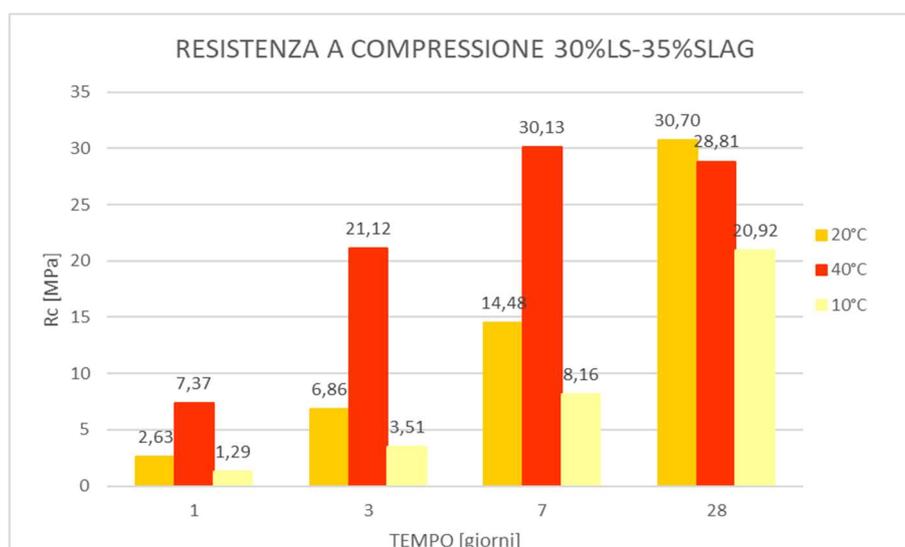


Fig.4.28 (b) – Grafico resistenza a compressione miscela 30%LS-35%SLAG alle diverse temperature.

40%LS-25%SLAG

La curva di resistenza meccanica a compressione dei provini posti a 10°C presenta valori maggiori rispetto a quelli dei campioni a 20°C per ogni giorno di stagionatura. Invece, la curva dei provini a 40° presenta una crescita iniziale fino a 7 giorni per poi rimanere costante fino a 28.

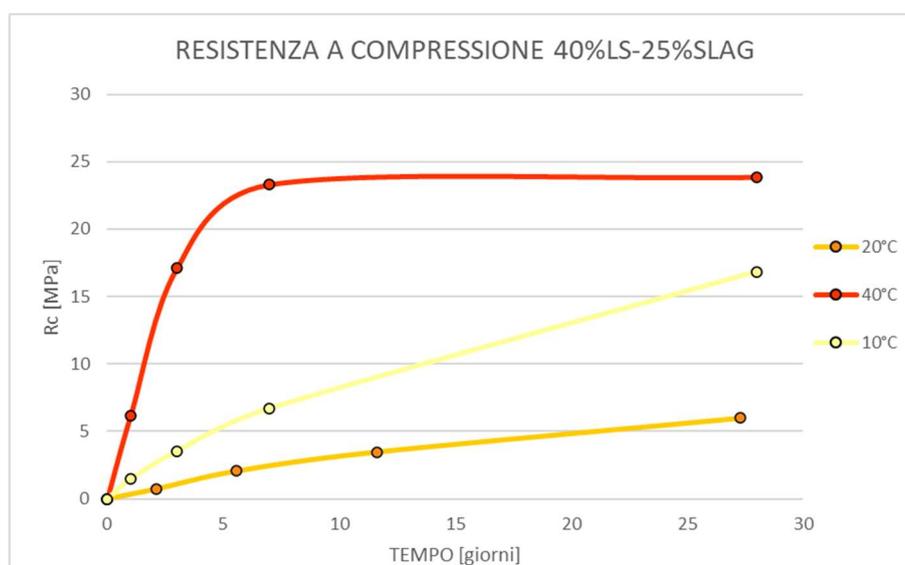


Fig.4.29 (a) – Grafico resistenza a compressione miscela 40%LS-25%SLAG alle diverse temperature;

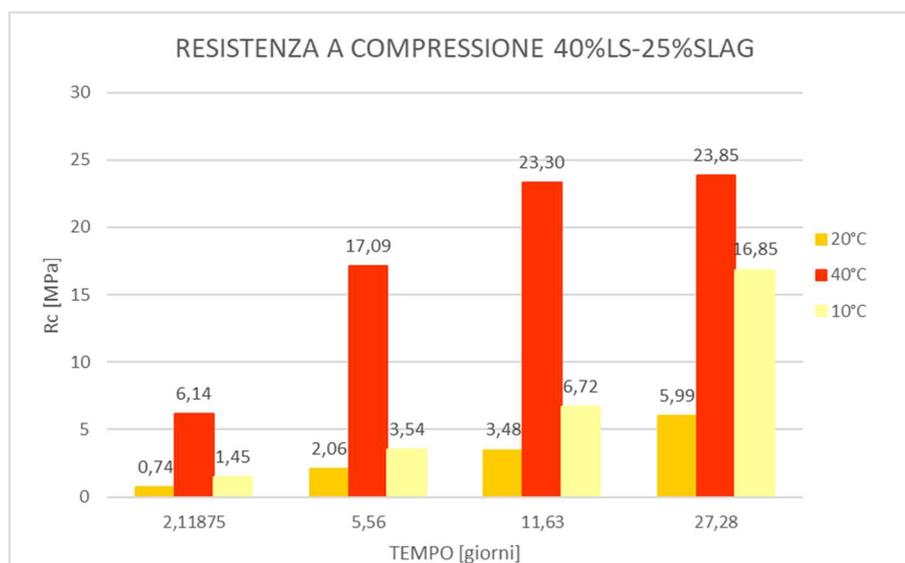


Fig.4.29 (b) – Grafico resistenza a compressione miscela 40%LS-25%SLAG alle diverse temperature.

4.7. RITIRO IGROMETRICO

Per ritiro igrometrico si intende la contrazione di volume che si verifica in alcuni materiali come calcestruzzo, malte, legno, a causa della perdita del contenuto di umidità. Il ritiro igrometrico è causato dalla progressiva evaporazione dell'acqua che genera una tensione di aderenza sulla superficie del materiale e le particelle si avvicinano per suzione. Nelle malte si manifesta durante tutta la vita utile del conglomerato, anche se la maggior parte, circa il 75%, si sviluppa nei primi sei mesi per questo è opportuno seguire le variazioni che provoca sulla tipologia di malta per un periodo di circa 60 giorni. La norma di riferimento per questo tipo di analisi è la UNI EN 12617-4:2003, che descrive i metodi per la determinazione e la successiva classificazione delle malte.

I fattori che influenzano questa tipologia di ritiro sono:

- Composizione del calcestruzzo;
- Posa in opera;
- Condizioni ambientali;
- Geometria dell'elemento strutturale.

Nelle strutture questo fenomeno può causare l'insorgere di fessurazioni con ripercussione sulla loro durabilità.

4.7.1. RITIRO IGROMETRICO LIBERO

Una delle metodologie di indagine descritte dalla UNI EN 12617-4:2003 consiste nella misurazione del movimento lineare non contrastato causato dall'essiccamento di provini prismatici di dimensioni 4x4x16 cm a partire dalle 24 ore successive al getto fino a circa 62 giorni dopo. Nei provini in fase di getto, sono stati immersi due perni di forma cilindrica in acciaio inox non reagenti con la malta, di 10 mm di altezza e 10 mm di diametro. Dopo lo scasso il provino viene messo nella camera climatica (già descritta nel capitolo 4.3.3) a 20°C, a un'umidità del 50% ± 5% per 55 giorni di rilevazione successivi. È importante, inoltre, durante il tempo di rilevamento, che i provini non vengano posizionati a diretto contatto con una superficie o tra loro, ma poggino su barre metalliche, in modo da avere una deformazione ed essiccazione omogenea su tutto il campione. La misurazione del ritiro libero avviene tramite il confronto tra la dimensione longitudinale di una barra di riferimento di lunghezza nota, e la dimensione longitudinale

dei provini analizzati. La barra è detta “asta di calibrazione” e consiste in una barra di metallo inossidabile della lunghezza di 160 ± 1 mm a coefficiente di espansione approssimabile allo zero. Lo strumento utilizzato per il collaudo è un micrometro (Fig 4.24) di rilevazione dall’accuratezza di $10 \mu\text{m}$. I perni del provino vengono inseriti nello all’estremità del micrometro fatto in modo tale che ci sia l’incastro e alla base del supporto tramite una sfera.

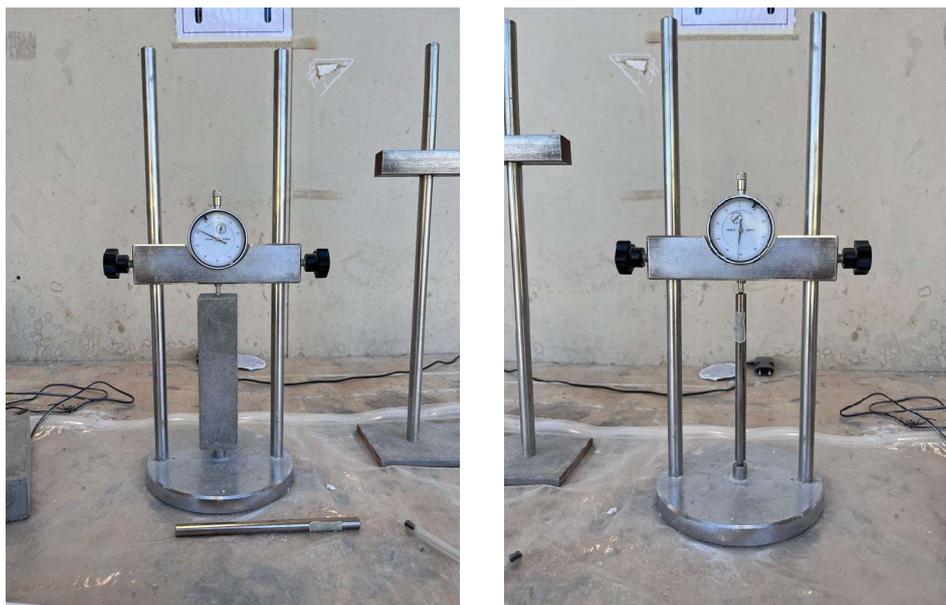


Fig.4.30 – Micrometro per la rilevazione del ritiro libero del provino (a) e barra di calibrazione (b).

Il processo consiste nel registrare le misure derivate dall’utilizzo del micrometro sia per la barra che per il provino e, dato che lo strumento permette di annotare valori con accuratezza dell’ordine dei μm , si esegue la stessa procedura per tre volte per ogni provino per avere così un risultato migliore. Le misure sono state prese mantenendo i provini sempre nella stessa posizione rispetto allo strumento.

Tale misurazione inizialmente è stata effettuata ogni giorno per due settimane dalla produzione di ogni miscela, poi passate due settimane sono state eseguite due rilevazioni a settimana per ogni provino. Si calcolata così la differenza tra il valore medio delle tre misurazioni giornaliere effettuate su un determinato provino ed il valore medio delle rilevazioni sulla barra di riferimento. In seguito, è stata effettuata una media tra le due differenze dei due campioni realizzati per ciascuna tipologia di malta. Infine, si è ottenuta la differenza di lunghezza media Δ (misurata in millimetri) dei provini della malta analizzata, dall’inizio della rilevazione al tempo t , con la seguente formula:

$$\Delta = V_{medio}t - V_{medio}t_0$$

Dove:

$V_{medio}t$ = media delle differenze dei due provini tra le misurazioni effettuate sui provini e le misurazioni effettuate sulla barra di calibrazione al tempo t (mm);

$V_{medio}t_0$ = media delle differenze dei due provini tra le misurazioni effettuate sui provini e le misurazioni effettuate sulla barra di calibrazione al tempo t_0 (mm).

A questo punto, noti i valori di contrazione longitudinale Δ , si calcolano le deformazioni ε , espresse in mm/m, con il seguente rapporto:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{l}$$

Dove

Δ = variazione di lunghezza del provino al tempo t (mm);

l = lunghezza iniziale del provino (0,16 m).

Insieme a tale prova si esegue anche la determinazione della perdita di acqua del provino andando a pesare i provini prima della determinazione del ritiro. Tramite l'andamento della variazione del peso dei campioni nel tempo è stato possibile determinare la percentuale della perdita d'acqua Δm (%):

$$\Delta m (\%) = \frac{P_0 - P_i}{P_0} \times 100$$

Dove:

P_0 = Peso del provino alla prima pesata;

P_i = Peso del provino al i-esima pesata.

4.7.1.1. RISULTATI

Come si può notare dal grafico la maggior parte del ritiro avviene nei primi 10-12 giorni dallo scasso, questo perché nei primi giorni c'è maggiore essiccazione dei provini.

Dal grafico si evince che il ritiro aumenta aumentando la presenza di calcare fino a 20%, infatti si ha che la miscela 10%LS-55%SLAG presenta un ritiro maggiore rispetto al REF e

minore rispetto alla miscela 20%LS-45%SLAG. Aumentando la percentuale di calcare oltre al 20% si ha un ribasso del ritiro libero come si nota con le miscele 30%LS-35%SLAG e 40%LS-25%SLAG, dove quest'ultima ritorna addirittura verso il REF.

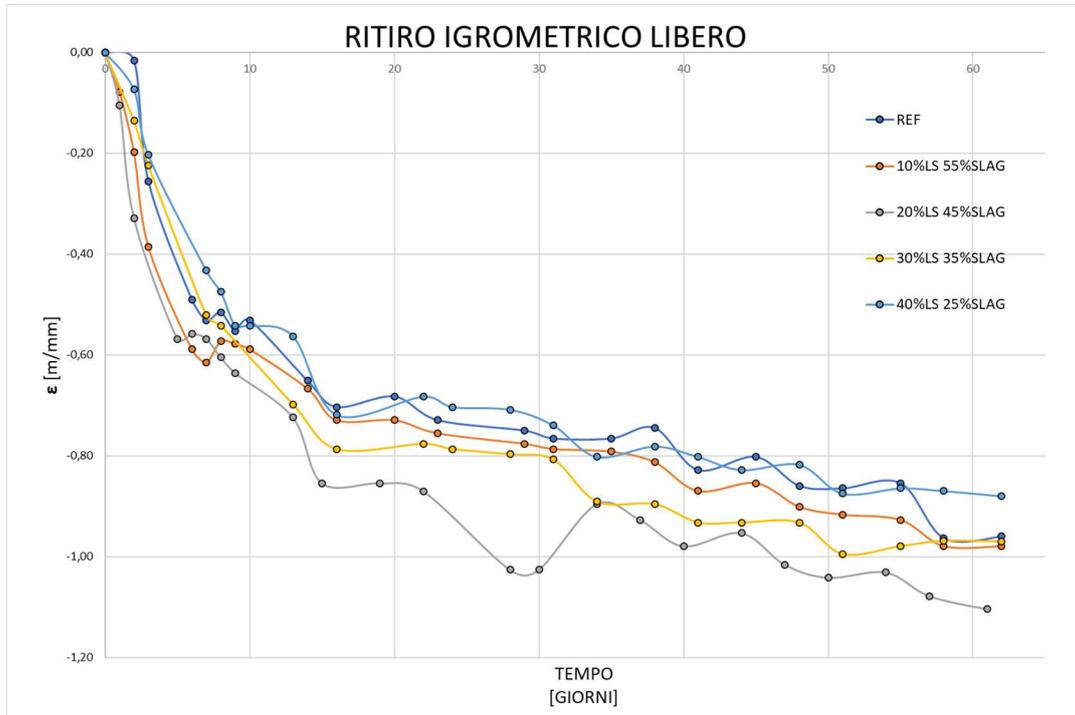


Fig.4.31 – Ritiro igrometrico libero.

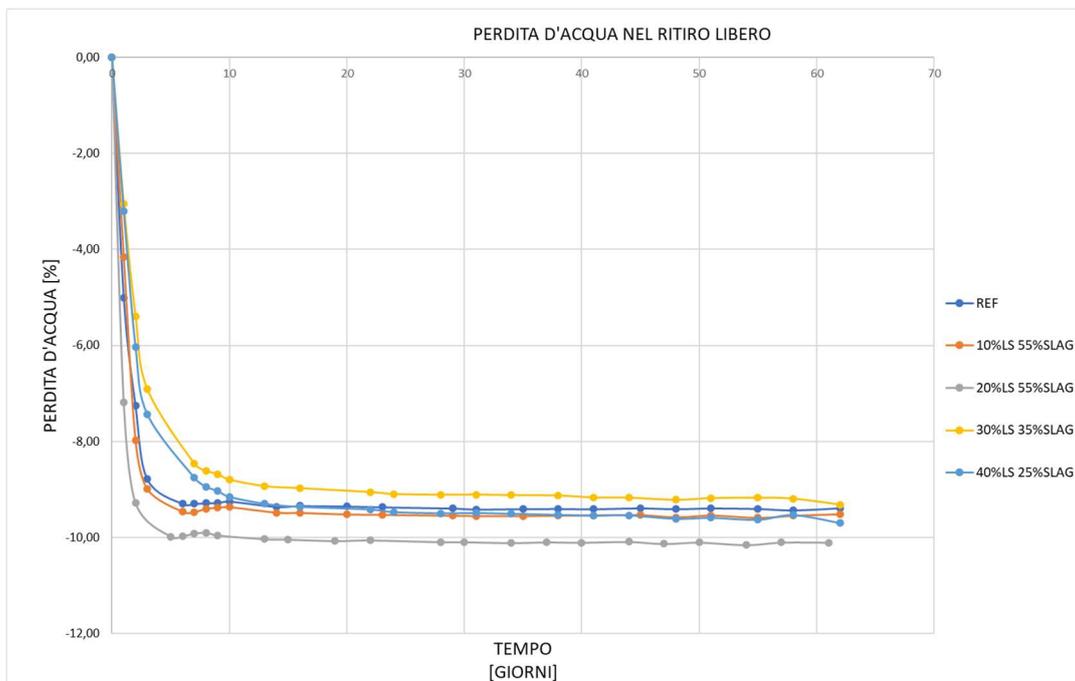


Fig.4.32 – Perdita d'acqua durante il ritiro libero.

La perdita di peso dei campioni di malta è provocata dall'evaporazione dell'acqua nel periodo di stagionatura.

Come già notato per il ritiro, la maggior perdita d'acqua si ha nei primi 10-12 giorni successivi allo scassero. Anche la perdita di acqua aumenta fino al 20% di calcare per poi diminuire aumentando la sua percentuale, in questo caso la miscela che presenta una perdita di acqua minore è la 30%LS-35%SLAG, anche rispetto al REF.

4.7.2. RITIRO IGROMETRICO VINCOLATO

Il ritiro igrometrico vincolato permette di verificare la variazione volumetrica contrastata da elementi vincolanti che si trovano all'interno del campione di malta. Questa prova prevede l'utilizzo di provini prismatici di dimensione 5x5x25 cm dove al loro interno presentano un'asta di acciaio al carbonio di contrasto, con filettatura metrica M6 per una lunghezza di 25 cm nella malta che collega due piastre di dimensioni 50x50 mm ed 8 mm di spessore. La stagionatura dei provini utilizzati per la determinazione del ritiro igrometrico vincolato e la procedura esecutiva per la determinazione della prova sono le stesse descritte per il ritiro igrometrico libero.

Questa tipologia di controllo è fondamentale in quanto in esercizio la libera contrazione del materiale cementizio risulta spesso limitata da vincoli come barre di armatura, elementi che determinano l'insorgere di ulteriori tensioni di trazione.

La normativa di riferimento per il ritiro igrometrico contrastato per le malte idrauliche è la UNI 8147:2008.

La prova utilizza un micrometro differente in misura rispetto alla prova del ritiro igrometrico libero, di conseguenza anche una barra di riferimento diversa. (Fig.4.27)



Fig.4.33 – Micrometro per la rilevazione del ritiro vincolato del provino (a) e barra di calibrazione (b).

Anche per i provini utilizzati per il calcolo del ritiro igrometrico vincolato è stata determinata la percentuale di perdita d'acqua Δm (%) con la stessa procedura descritta per i campioni del ritiro igrometrico libero.

4.7.2.1. RISULTATI

Dal grafico del ritiro igrometrico vincolato si deduce che il REF è la miscela che presenta maggiore ritiro rispetto ai conglomerati che nel loro mix design contengono il calcare. La miscela 10%LS-55%SLAG è quella che ritira di meno.

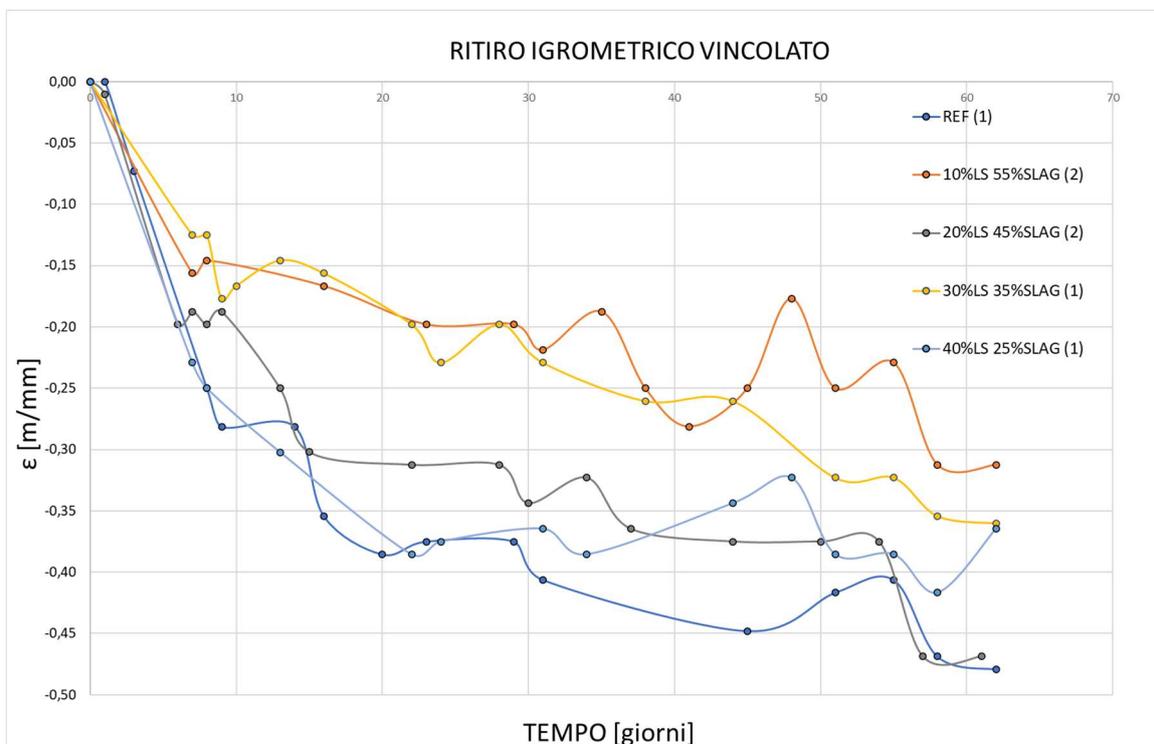


Fig.4.34 – Ritiro igrometrico vincolato.

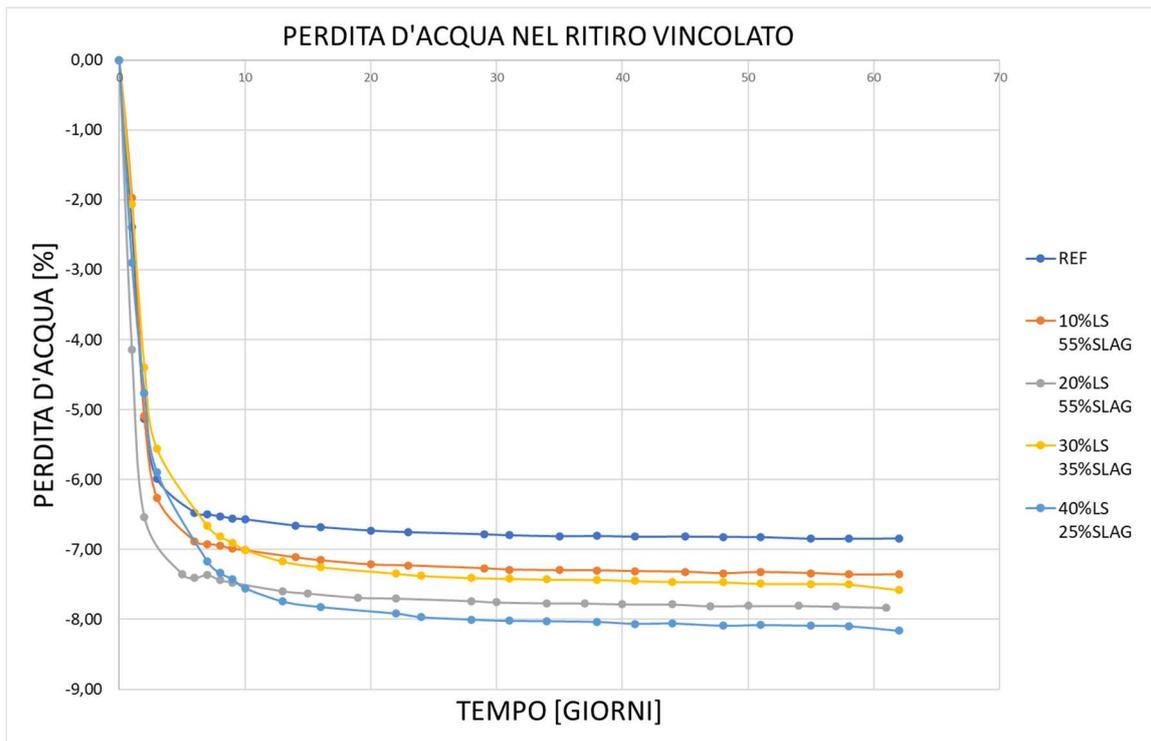


Fig.4.35 – Perdita d’acqua durante il ritiro vincolato.

In questo caso la perdita di acqua partendo dal REF cresce all’aumentare della percentuale di calcare.

4.8. ASSORBIMENTO D’ACQUA PER CAPILLARITÀ

La permeabilità di un fluido attraverso un solido poroso diventa possibile solo se i pori del solido sono tra loro connessi. La risalita di acqua all’interno dei pori capillari è un processo spontaneo che avviene quando c’è affinità tra acqua e mezzo poroso; la risalita d’acqua è spinta da una pressione che è in funzione di tre variabili:

- la tensione superficiale del liquido σ [N/m].
- il raggio del poro capillare r [m].
- l’angolo di contatto ϕ .

La pressione P , infatti, è definita come segue:

$$P = \frac{2\sigma}{r} \cos \phi$$

Le forze capillari, quindi, aumentano al diminuire delle dimensioni dei pori e dell'angolo di contatto che è funzione dell'affinità del fluido con le pareti dei pori. La risalita capillare dell'acqua procede fino a che non si stabilisce un equilibrio tra la pressione capillare e la pressione idrostatica.

La malta, essendo composta da vuoti interconnessi e da microfessurazioni, è soggetta oltre che alla risalita capillare dell'acqua anche alla permeabilità del vapore, dove, questi due meccanismi, si hanno quando i pori all'interno del conglomerato hanno dimensioni non superiori ai 100 μm .

A livello pratico è importante analizzare la risalita capillare dell'acqua poiché le malte in esercizio possono essere a contatto con il terreno, perciò saranno soggette alla risalita dell'acqua per capillarità mettendo a rischio la durabilità del manufatto.

4.8.1. METODO DI RILEVAZIONE

La metodologia per la rilevazione dell'assorbimento capillare delle malte è descritta dalla UNI EN 15801:2010. Lo scopo di tale normativa è proprio quello di fornire le linee guida per la determinazione del potenziale assorbimento d'acqua per capillarità su materiali porosi inorganici porosi sia non trattati che sottoposti a qualsiasi trattamento o invecchiamento quando vengono posti a contatto con acqua deionizzata.

La prova prevede l'essiccazione dei provini in forno a 60°C, per poi andare a levigare con carta abrasiva la faccia del provino che sarà posta a contatto diretto con la carta assorbente. (Fig. 4.27)



Fig. 4.36 – Levigazione della faccia del provino con carta abrasiva.

Successivamente i provini sono stati posizionati all'interno di un contenitore con la faccia levigata rivolta verso il fondo dove è stata messa la carta assorbente come si vede nella figura 4.28.

In seguito, è stata versata l'acqua all'interno del recipiente fino alla completa saturazione della carta poi il contenitore è stato chiuso per diminuire l'evaporazione dell'acqua.



Fig.4.37 - Provini sottoposti a prova di assorbimento secondo la UNI EN 15801:2010.

A determinati intervalli di tempo dall'aggiunta dell'acqua nel contenitore i provini sono stati pesati con una bilancia dopo che la faccia dei campioni rivolta verso la carta bagnata è stato opportunamente tamponata con un panno umido in modo da togliere l'acqua grondante nella superficie.

Le pesate sono state eseguite dopo 10 min, 20 min, 30 min, 60 min, 4 ore, 6 ore, 24 ore e a successivi intervalli di 24 ore fino al raggiungimento di una massa costante nel tempo che soddisfi la seguente relazione:

$$\frac{(m_i - m_0) - (m_{i-1} - m_0)}{(m_i - m_0)} \cdot 100 \leq 1$$

Dove:

m_0 massa espressa dal provino al tempo t_0 , misurata in grammi;

m_i massa espressa dal provino al tempo t_i , misurata in grammi;

m_{i-1} massa espressa dal provino al tempo $t_{f= t_i-1(vs)}$, misurata in grammi.

Si determina poi il coefficiente di assorbimento capillare CA, espresso in $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{s}}$ che rappresenta il coefficiente angolare della retta di tendenza asintotica relativa ai primi 5 punti del grafico, ovvero ai dati ricavati dal tempo t_0 al tempo t_{30} :

$$CA = \frac{Q_{30} - Q_0}{\sqrt{t_{30}}}$$

Dove:

Q_0 = quantità d'acqua assorbita dal provino, per unità di superficie, al tempo t_0 ;

Q_{30} = quantità di acqua assorbita dal provino, per unità di superficie, al tempo t_{30} ;

$\sqrt{t_{30}}$ = radice quadrata del tempo in secondi a 30 minuti, pari a 42,43 $\sqrt{\text{s}}$.

4.8.2. RISULTATI

Dai risultati ottenuti si può notare come, con l'aumentare della percentuale di filler calcareo nelle miscele, si ha un aumento anche del coefficiente di assorbimento capillare e della quantità d'acqua assorbita per unità di superficie. Questo perché il calcare, essendo estremamente fine, ha una capacità di assorbimento dell'acqua molto elevata, tanto che la miscela che presenta valori più elevati è proprio la 40%LS 25%SLAG.

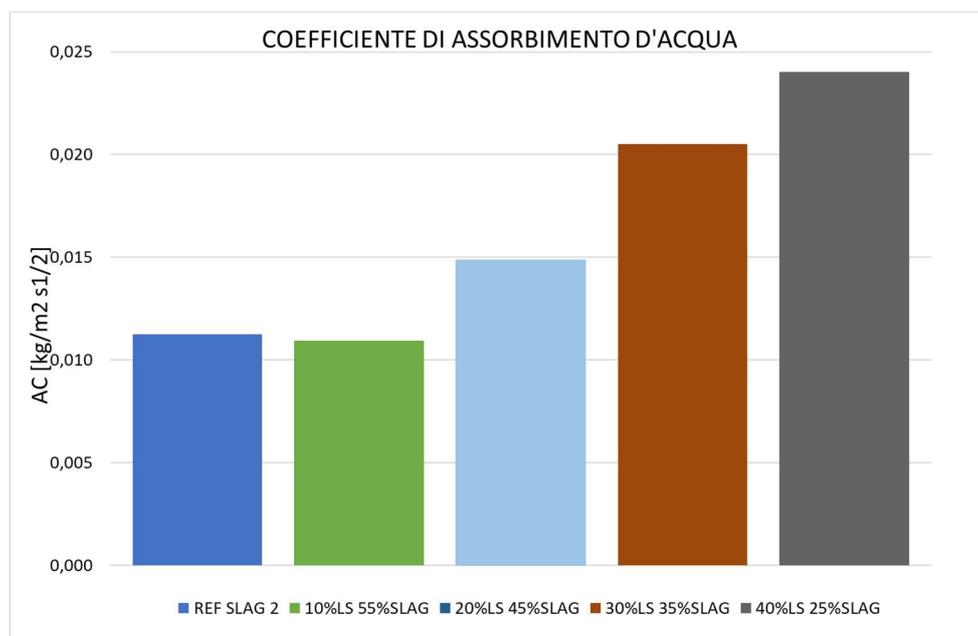


Fig 4.38 - Istogramma coefficienti di assorbimento acqua.

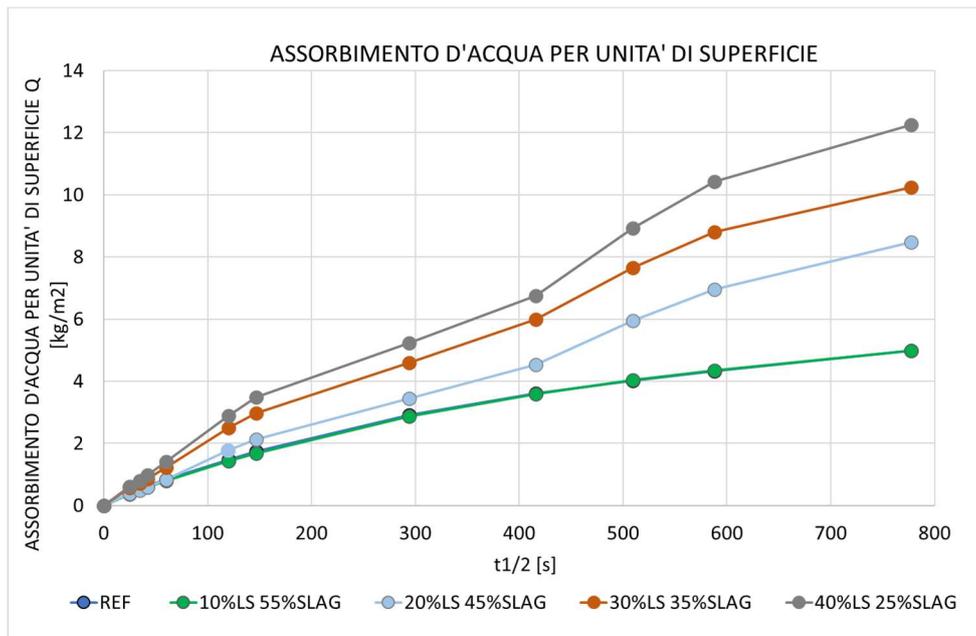


Fig 4.39 - Grafico di assorbimento acqua per unità di superficie.

5. CONCLUSIONI

Dalla sperimentazione si può osservare che dopo 28 giorni di stagionatura la resistenza meccanica a compressione delle miscele diminuisce all'aumentare della sostituzione della loppa d'altoforno con il calcare fatta eccezione della miscela 30%LS 35%SLAG che, dopo 28 giorni, raggiunge valori di resistenza maggiori rispetto al 20%LS 45%SLAG e arrivando ad un valore simile a quello del 10%LS 55%SLAG. Anche la miscela che presenta il 40% di calcare presenta una buona resistenza meccanica a compressione raggiungendo al valore di 27 MPa, di poco inferiori rispetto al conglomerato con 20% di calcare il quale ha una resistenza di 28 MPa.

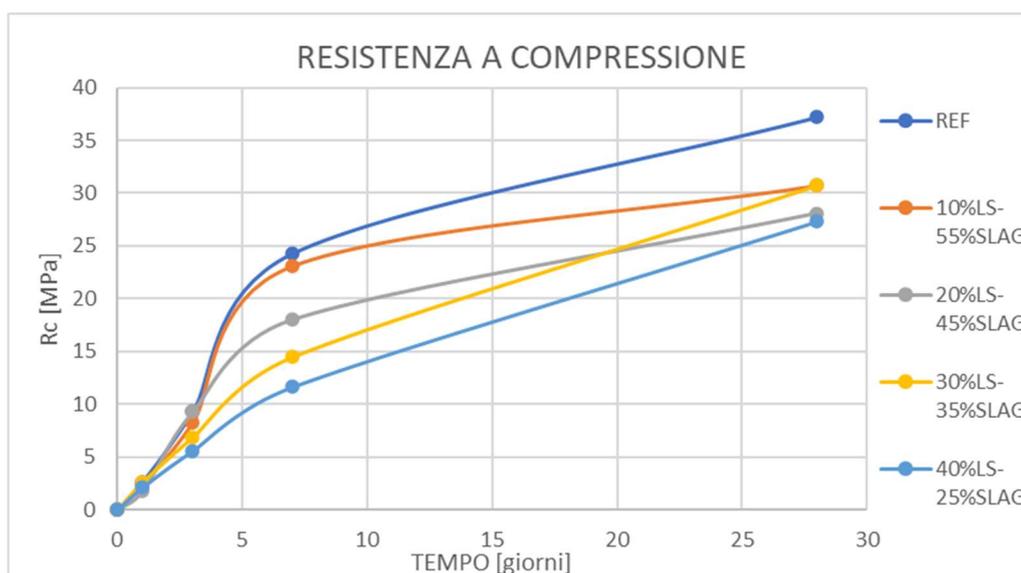


Fig.5.1 – Grafico di comparazione resistenze a compressione.

Calcolando le percentuali di riduzione della resistenza meccanica utilizzando come dati i valori delle resistenze delle varie miscele a 28 giorni di stagionatura e prendendo come valore di riferimento la resistenza a compressione del REF, osserviamo che:

- Con il 10% di calcare e 55% di SLAG la resistenza si riduce del 17%;
- Con il 20% di calcare e 45% di SLAG la resistenza si riduce del 24%;
- Con il 30% di calcare e 35% di SLAG la resistenza si riduce del 17%;
- Con il 40% di calcare e 25% di SLAG la resistenza si riduce del 27%.

20°C	RESISTENZA MECCANICA (MPa)			
	1 giorno	3gg	7gg	28gg
REF	2,64	9,26	24,29	37,19
10%LS-55%SLAG	2,41	8,26	23,11	30,73
20%LS-45%SLAG	1,79	9,26	18,01	28,06
30%LS-35%SLAG	2,63	6,86	14,48	30,7
40%LS-25%SLAG	2,12	5,56	11,63	27,28

Tab.5.2 – Tabella di confronto resistenze meccaniche delle varie miscele a 20°C nei vari giorni

Per individuare la Classe di Resistenza ci basiamo sulla UNI EN 197-1, dove sono presentati i valori che deve avere la miscela per essere classificata secondo una Classe. Secondo la UNI EN 197-1, per essere classificata la miscela deve contenere sabbia standard. In questa sperimentazione, essendo stata usata sabbia Esincalce, le miscele non possono essere assegnate ad una Classe di Resistenza; perciò, sono state prodotte due miscele (una REF e una 40%LS 25%SLAG) usando la sabbia standard e sono state sottoposte alla prova di resistenza meccanica a compressione a 2 e a 28 giorni di stagionatura. È stato poi possibile ricavare mediante interpolazione i valori della R_c a 7 giorni di stagionatura per queste due miscele. Lo stesso metodo è stato utilizzato per la determinazione delle resistenze meccaniche delle miscele con 10%,20% e 30% di sostituzione a 2,7 e 28 giorni, in quanto è stata calcolata la percentuale di incremento della resistenza delle miscele con sabbia standard rispetto a quelle con la Esincalce. Quindi i valori in Tab. 5.3 sono una stima della resistenza delle malte nel caso in cui queste fossero state prodotte con la sabbia standard.

CEM VI	% incremento			R_c (MPa)		
	2	7	28	2	7	28
REF (65%SLAG)	0,84	0,79	0,58	10,94	43,46	58,90
10%LS 55%SLAG	0,95	0,88	0,59	10,42	43,50	54,18
20%LS 45%SLAG	0,79	0,76	0,63	9,89	31,69	49,45
30%LS 35%SLAG	0,97	0,90	0,59	9,37	27,52	44,73
40%LS 25%SLAG	1,30	1,14	0,47	8,84	24,90	40,00

Tab. 5.3 – Valori della resistenza a compressione.

Di seguito si riporta i valori prestazionali richiesti dalla normativa, tali valori sono solo per i CEM III:

Strength class	Compressive strength MPa				Initial setting time	Sound-ness (expansion)
	Early strength		Standard strength			
	2 days	7 days	28 days		min	mm
32,5 L ^{a)}	-	≥12,0	≥32,5	≤52,5	≥75	≤10
32,5 N	-	≥16,0				
32,5 R	≥10,0	-				
42,5 L ^{a)}	-	≥16,0	≥42,5	≤62,5	≥60	
42,5 N	≥10,0	-				
42,5 R	≥20,0	-				
52,5 L ^{a)}	≥10,0	-	≥52,5	-	≥45	
52,5 N	≥20,0	-				
52,5 R	≥30,0	-				

a) Strength class only defined for CEM III cements.

Tab.5.2- Resistenza meccanica a compressione per classi di resistenza solo per i CEM III.

Tramite i valori di Tab. 5.3 inserita nella UNI EN 197-1 e seguendo la normativa le malte prodotte in questa sperimentazione vengono classificate come segue:

REF (65%SLAG)	52.5L
10%LS 55%SLAG	52.5L
20%LS 45%SLAG	42.5L
30%LS 35%SLAG	42.5L
40%LS 25%SLAG	32.5N

BIBLIOGRAFIA

L. Lepori, G. C. Bussolino, A. Spanedda, E. Matteoli, *“Quanto CO2 fossile è presente nella atmosfera?”*, 23 Mar 2010.

Tesi di Laurea di Guida Riccardo, Prof. Maria Chiara Dalconi, *“Effetti di un nuovo additivo accelerante sull'idratazione di cementi di miscela”*, Anno Accademico 2021/2022.

ISPRAMBIENTE, *“Dichiarazione Ambientale di Prodotto”*.

<https://www.isprambiente.gov.it/it>

Jocelyn Timperley, *“Why cement emissions matter for climate change”*, Carbon Brief, 13 settembre 2018.

Regolamento (UE) n.305/2011. (9 marzo 2011), Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea.

Emanuele La Mantia, *“Considerazioni e confronti tra gli antichi e i moderni calcestruzzi”*, 16 Novembre 2022.

Colleparidi Mario, Colleparidi Silvia; Troli Roberto, *“IL NUOVO CALCESTRUZZO”*, Tintoretto, 5° edizione, 1° gennaio 2009

UNI EN 197-1. (2011) Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni, Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea.

Vera Zavanella, Elena Leti, Paolo Veggetti, *“Progettazione, costruzioni e impianti”*, Zanichelli, 2012.

Umberto Costa, *“L’evoluzione dei materiali per contribuire alla decarbonizzazione delle costruzioni: I cementi della UNI EN 197-5”*, 29 Marzo 2023.

Tesi di laurea di Oscar Mancinelli, Prof. Alessandro Pasquale Fantilli; *“Confronto tra le emissioni di anidride carbonica e le prestazioni meccaniche delle costruzioni in cemento armato”*, Anno accademico 2017-2018.

UNI EN 197-5. (maggio 2021) Composizione cementi Portland CEM II/C-M e cementi compositi CEM VI.

Tesi di laurea di Silvia Pizzabiocca, Prof.ssa Francesca Tittarelli, *“Valorizzazione del filler calcareo per lo sviluppo di nuovi leganti sostenibili”*, Anno Accademico 2021-2022.

Prof. Fabio Iucolano, *“Cemento Portland”*, Università Federico II di Napoli, Anno Accademico 2021-2022.

Giorgio Ferrari, *“I nuovi additivi LCCA per il calcestruzzo”*, febbraio 2023.

UNI EN 1015-3. (2007) Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 3: Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante tavola a scosse).

UNI EN 196-1. (1996) Metodi di prova dei cementi - Determinazione delle resistenze meccaniche.

UNI EN 1015-11. (2007) Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 11: Determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita.

UNI 8147. (2008) Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Determinazione dell'espansione contrastata della malta.

Tesi di laurea di Benedetta Bellocci, arch. Marco Zerbinatti, *“Malte per interventi di manutenzione, conservazione, restauro determinazione del modulo elastico mediante prove di laboratorio”*, Anno Accademico 2017-2018.

UNI EN 12504-4. (2005) Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.

Salvatore Lombardo, *“Valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici esistenti in cemento armato”*, Dario Flaccovio editore, anno 2012.

Alunno Rossetti V., *“Il calcestruzzo: materiali e tecnologia”*, McGraw-Hill, 2003.

UNI EN 12617-4. (2003) Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture in cemento – Metodi di prova – determinazione del ritiro e dell’espansione.

UNI EN 1015-18. (2004) Metodi di prova per malte per opere murarie – Determinazione del coefficiente di assorbimento d’acqua per capillarità della malta indurita.

UNI EN 15801. (2010) Conservazione dei beni culturali - Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento dell'acqua per capillarità.

APPENDICE

INDAGINE ULTRASONICA

REF

28-mar		1g							
T(C°)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm³)	Ed _{medio} (GPa)
20°	1	565,03	2,21	61,30	2,61	13,53	2,58	2,21	13,3
	2	568,58	2,22	62,60	2,56	13,06			
40°	1	572,7	2,2	52,8	3,0	18,5	3,0	2,2	18,2
	2	570,7	2,2	53,6	3,0	17,9			
10°	1	567,7	2,2	70,3	2,3	10,3	2,3	2,2	10,1
	2	549,0	2,1	70,5	2,3	9,9			

30-mar		3gg							
T(C°)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm³)	Ed _{medio} (GPa)
20°	1	576,7	2,3	47,3	3,4	23,2	3,4	2,2	23,2
	2	571,2	2,2	-	-	-			
40°	1	581,2	2,3	40,5	4,0	31,9	4,0	2,3	31,9
	2	-	-	-	-	-			
10°	1	589,9	2,3	53,4	3,0	18,6	3,0	2,3	18,6
	2	-	-	-	-	-			

03-apr		7gg							
T(C°)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm³)	Ed _{medio} (GPa)
20°	1	577,4	2,3	41,5	3,9	30,2	3,9	2,2	30,2
	2	557,4	2,2	-	-	-			
40°	1	573,1	2,2	39,9	4,0	32,4	4,0	2,2	32,8
	2	565,9	2,2	39,2	4,1	33,1			
10°	1	543,1	2,1	47,8	3,3	21,4	3,3	2,2	21,4
	2	570,9	2,2	-	-	-			

26-apr		28gg							
T(C°)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm³)	Ed _{medio} (GPa)
20°	1	569,5	2,2	39,4	4,1	33,0	4,1	2,2	32,8
	2	542,3	2,1	38,7	4,1	32,6			
40°	1	540,7	2,1	41,7	3,8	28,0	3,9	2,1	28,8
	2	557,1	2,2	41,2	3,9	29,5			
10°	1	556,5	2,2	41,8	3,8	28,7	3,9	2,2	29,2
	2	553,9	2,2	41,0	3,9	29,7			

10%LS-55%SLAG

28-mar		1g								
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)	
20°	1	567,9	2,2	64,8	2,5	12,2	2,4	2,2	11,7	
	2	565,9	2,2	67,2	2,4	11,3				
40°	1	548,6	2,1	53,3	3,0	17,4	3,0	2,2	17,6	
	2	553,6	2,2	52,9	3,0	17,8				
10°	1	566,0	2,2	82,3	1,9	7,5	2,0	2,2	7,8	
	2	563,4	2,2	79,5	2,0	8,0				

30-mar		3gg								
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)	
20°	1	570,1	2,2	49,0	3,3	21,4	3,3	2,2	21,4	
	2	562,7	2,2	-	-	-				
40°	1	530,2	2,1	41,7	3,8	27,4	3,8	2,1	27,4	
	2	-	-	-	-	-				
10°	1	560,3	2,2	60,4	2,6	13,8	2,6	2,2	13,8	
	2	-	-	-	-	-				

03-apr		7gg								
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)	
20°	1	560,4	2,2	42,6	3,8	27,8	3,8	2,1	27,8	
	2	539,6	2,1	-	-	-				
40°	1	558,8	2,2	40,7	3,9	30,4	3,9	2,2	29,8	
	2	555,5	2,2	41,3	3,9	29,3				
10°	1	574,5	2,2	48,6	3,3	21,9	3,3	2,2	22,1	
	2	555,5	2,2	47,4	3,4	22,3				

26-apr		28gg								
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)	
20°	1	538,5	2,1	40,9	3,9	29,0	4,0	2,1	29,3	
	2	529,6	2,1	40,1	4,0	29,6				
40°	1	533,4	2,1	41,6	3,8	27,7	3,8	2,1	27,3	
	2	542,8	2,1	42,6	3,8	26,9				
10°	1	569,0	2,2	41,0	3,9	30,5	3,9	2,2	30,7	
	2	570,5	2,2	40,8	3,9	30,8				

20%LS-45%SLAG

29-mar 1g									
T(C°)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm³)	Ed _{medio} (Gpa)
20°	1	583,76	2,28	70,40	2,27	10,60	2,29	2,26	10,62
	2	570,95	2,23	69,50	2,30	10,64			
40°	1	561,45	2,19	56,40	2,84	15,89	2,87	2,19	16,22
	2	560,3	2,19	55,20	2,90	16,55			
10°	1	556,51	2,17	77,40	2,07	8,36	2,07	2,17	8,36
	2	-	-	-	-	-			

31-mar 3gg									
T(C°)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm³)	Ed _{medio} (Gpa)
20°	1	565,3	2,21	-	-	-	3,46	2,20	23,61
	2	562,44	2,20	46,30	3,46	23,61			
40°	1	557,70	2,18	43,30	3,70	26,77	3,70	2,18	26,77
	2	-	-	-	-	-			
10°	1	564,61	2,21	55,00	2,91	16,80	2,91	2,21	16,80
	2	-	-	-	-	-			

04-apr 7gg									
T(C°)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm³)	Ed _{medio} (Gpa)
20°	1	551,2	2,15	43,70	3,66	25,98	3,66	2,14	25,98
	2	546,15	2,13	-	-	-			
40°	1	558,02	2,18	41,00	3,90	29,88	3,86	2,16	29,00
	2	548,42	2,14	41,90	3,82	28,11			
10°	1	555,98	2,17	48,20	3,32	21,54	3,32	2,15	21,54
	2	542,95	2,12	-	-	-			

26-apr 28gg									
T(C°)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm³)	Ed _{medio} (Gpa)
20°	1	577,8	2,26	41,50	3,86	30,19	3,83	2,23	29,43
	2	561,83	2,19	42,00	3,81	28,66			
40°	1	545,13	2,13	42,40	3,77	27,29	3,73	2,13	26,69
	2	546,11	2,13	43,40	3,69	26,09			
10°	1	566,47	2,21	41,90	3,82	29,04	3,81	2,18	28,56
	2	550,56	2,15	42,00	3,81	28,09			

30%LS-35%SLAG

04-apr		1g								
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)	
20°	1	568,74	2,22	58,60	2,73	14,91	2,73	2,23	14,91	
	2	572,3	2,24	-	-	-				
40°	1	563,55	2,20	51,90	3,08	18,83	3,05	2,22	18,65	
	2	574,09	2,24	52,90	3,02	18,46				
10°	1	578,06	2,26	77,50	2,06	8,66	2,06	2,28	8,66	
	2	588,84	2,30	-	-	-				

06-apr		3gg								
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)	
20°	1	577,63	2,26	47,80	3,35	22,75	3,35	2,22	22,75	
	2	561,56	2,19	-	-	-				
40°	1	564,75	2,21	42,30	3,78	28,41	3,78	2,21	28,41	
	2	-	-	-	-	-				
10°	1	578,71	2,26	54,20	2,95	17,73	4,68	2,26	17,73	
	2	-	-	-	-	-				

11-apr		7gg								
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)	
20°	1	565,03	2,21	42,10	3,80	28,69	3,75	2,24	28,28	
	2	580,53	2,27	43,30	3,70	27,87				
40°	1	538,63	2,10	39,70	4,03	30,76	4,02	2,13	30,89	
	2	551,66	2,15	40,00	4,00	31,03				
10°	1	559,91	2,19	47,00	3,40	22,81	3,39	2,16	22,39	
	2	548,31	2,14	47,40	3,38	21,96				

02-mag		28gg								
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)	
20°	1	564,82	2,21	39,70	4,03	32,25	4,00	2,21	31,79	
	2	567,99	2,22	40,40	3,96	31,32				
40°	1	540,82	2,11	43,30	3,70	25,96	3,68	2,10	25,66	
	2	535,8	2,09	43,60	3,67	25,37				
10°	1	563,66	2,20	42,50	3,76	28,09	3,68	2,23	27,22	
	2	577,41	2,26	44,40	3,60	26,36				

40%LS-25%SLAG

04-apr 1g									
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)
20°	1	578,45	2,26	61,70	2,59	13,68	2,59	2,28	13,68
	2	586,81	2,29	-	-	-			
40°	1	576,40	2,25	51,70	3,09	19,41	3,06	2,27	19,05
	2	583,42	2,28	53,00	3,02	18,69			
10°	1	578,28	2,26	73,70	2,17	9,58	2,19	2,23	9,64
	2	564,85	2,21	72,40	2,21	9,70			

06-apr 3gg									
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)
20°	1	569,95	2,23	50,20	3,19	20,36	3,19	2,22	20,36
	2	565,47	2,21	-	-	-			
40°	1	576,21	2,25	43,70	3,66	27,16	3,66	2,25	27,16
	2	-	-	-	-	-			
10°	1	583,46	2,28	53,80	2,97	18,14	2,97	2,28	18,14
		-	-	-	-	-			

11-apr 7gg									
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)
20°	1	568,44	2,22	44,60	3,59	25,72	3,58	2,25	25,94
	2	583,27	2,28	44,80	3,57	26,16			
40°	1	541,53	2,12	42,70	3,75	26,73	3,82	2,10	27,62
	2	532,32	2,08	41,00	3,90	28,50			
10°	1	566,51	2,21	48,10	3,33	22,04	3,35	2,26	22,83
	2	589,53	2,30	47,40	3,38	23,62			

02-mag 28gg									
T(°C)	N.	Peso(g)	Densità (g/cm ³)	t(μs)	v(mm/μs)	Ed (GPa)	Velocità media (mm/μs)	Densità media (g/cm ³)	Ed _{medio} (Gpa)
20°	1	569,25	2,22	40,00	4,00	32,02	4,04	2,24	32,96
	2	578,8	2,26	39,20	4,08	33,90			
40°	1	524,23	2,05	44,30	3,61	24,04	3,62	2,04	24,05
	2	520,06	2,03	44,10	3,63	24,07			
10°	1	573,81	2,24	43,70	3,66	27,04	3,67	2,23	27,14
	2	570,03	2,23	43,40	3,69	27,24			

PROVE DI RESISTENZA MECCANICA

REF

REF	Giorni di stagionatura	FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				Rc (Mpa)
27-mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28-mar	1	0,4	0,37	0,90	4,42	4,18	3,98	4,32	2,64
30-mar	3	1,07	1,09	2,53	15,9	14,57	13,99	-	9,26
03-apr	7	1,89	2,07	4,64	40,41	38,44	37,73	-	24,29
26-apr	28	2,2	3,27	6,41	60,18	57,28	62,92	57,66	37,19

REF	Giorni di stagionatura	FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				Rc (Mpa)
27-mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28-mar	1	1,04	1,2	2,63	16,75	17,31	16,51	16,56	10,49
30-mar	3	1,85	-	4,34	53,41	48,73	-	-	31,92
03-apr	7	2,42	2,45	5,71	67,00	60,83	67,25	62,43	40,24
26-apr	28	3,23	3,06	7,37	62,18	62,92	63,39	67,56	40,01

REF	Giorni di stagionatura	FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				Rc (Mpa)
27-mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28-mar	1	0,22	0,2	0,49	3,31	3,22	3,23	3,79	2,12
30-mar	3	0,46	-	1,08	6,75	7,01	-	-	4,30
03-apr	7	1,06	-	2,48	12,42	12,84	12,92	11,76	7,80
26-apr	28	2,02	2,23	4,98	36,33	37,8	41,78	36,92	23,88

10%LS-55%SLAG

10%LS-55%SLAG 20°		FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
27-mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28-mar	1	0,28	0,3	0,68	4,03	4,05	3,7	3,64	2,41
30-mar	3	1,05	1,04	2,45	13,62	13,08	12,93	-	8,26
03-apr	7	1,82	1,76	4,20	37,48	38,54	34,9	-	23,11
26-apr	28	2,56	2,46	5,88	47,53	46,41	50,25	52,49	30,73

10%LS-55%SLAG 40°		FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
27-mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28-mar	1	0,82	0,93	2,05	13,61	13,71	14,22	14,22	8,71
30-mar	3	1,64	-	3,84	41,77	43,08	-	-	26,52
03-apr	7	2,35	2,41	5,58	57,09	56,8	58,14	59,43	36,17
26-apr	28	2,64	2,7	6,26	58,38	60,16	58,67	58,53	36,83

10%LS-55%SLAG 10°		FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
27-mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28-mar	1	0,14	0,17	0,36	1,8	1,73	2,01	2,04	1,18
30-mar	3	0,32	-	0,75	5,19	4,32	-	-	2,97
03-apr	7	1,04	1,11	2,52	12,98	13,27	12,88	12,98	8,14
26-apr	28	2,43	2,19	5,41	38,81	38,9	37,67	36,95	23,80

20%LS-45%SLAG

20%LS-45%SLAG 20°	Giorni di stagionatura	FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
28-mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29-mar	1	0,3	0,22	0,61	2,84	2,94	2,71	2,97	1,79
31-mar	3	1,2	1,28	2,91	14,94	14,69	-	-	9,26
04-apr	7	1,92	1,96	4,55	29,44	28,04	28,97	-	18,01
26-apr	28	2,41	2,84	6,15	47,01	43,5	43,35	45,73	28,06

20%LS-45%SLAG 40°	Giorni di stagionatura	FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
28-mar	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
29-mar	1	0,89	0,88	2,07	11,41	10,83	10,80	10,49	6,80
31-mar	3	1,89	-	4,43	37,61	38,30	-	-	23,72
04-apr	7	2,10	2,06	4,88	51,06	46,09	48,36	45,79	29,89
26-apr	28	2,70	2,40	5,98	52,18	53,75	50,95	49,26	32,21

20%LS-45%SLAG 10°	Giorni di stagionatura	FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
28-mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29-mar	1	0,15	-	0,35	1,75	1,83	1,3	-	1,02
31-mar	3	0,45	-	1,05	5,75	5,9	-	-	3,64
04-apr	7	0,89	-	2,09	11,95	11,41	10,11	10,84	6,92
26-apr	28	2,14	2,28	5,18	33,32	34,41	35,6	32,85	21,28

30%LS-35%SLAG

30%LS-35%SLAG 20°	Giorni di stagionatura	FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
03-apr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-apr	1	0,36	0,22	0,68	4,31	4,4	-	3,92	2,63
06-apr	3	0,68	0,91	1,86	11,36	11,33	-	10,22	6,86
11-apr	7	1,76	1,74	4,10	23,93	24,96	22,91	20,84	14,48
02-mag	28	2,43	2,64	5,94	49,82	48,48	49,08		30,70

30%LS-35%SLAG 40°	Giorni di stagionatura	FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
03-apr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-apr	1	0,97	1,01	2,32	11,86	11,94	11,93	11,41	7,37
06-apr	3	1,56	-	3,66	35,61	31,98	-	-	21,12
11-apr	7	2,66	2,59	6,15	46,91	46,85	48,62	50,47	30,13
02-mag	28	2,6	2,64	6,14	47,00	46,54	44,99	45,88	28,81

30%LS-35%SLAG 10°	Giorni di stagionatura	FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
03-apr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-apr	1	0,17	-	0,40	2,35	1,98	2,01	1,92	1,29
06-apr	3	0,46	-	1,08	5,81	5,43	-	-	3,51
11-apr	7	1,09	1,1	2,57	13,52	13,96	11,75	12,99	8,16
02-mag	28	2,38	2,41	5,61	34,47	33,66	31,82	33,95	20,92

40%LS-25%SLAG

40%LS-25%SLAG 20°		FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
03-apr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-apr	1	0,31	0,32	0,74	3,08	3,37	3,72	-	2,12
06-apr	3	0,89	0,87	2,06	9,01	8,56	9,14	-	5,56
11-apr	7	1,5	1,47	3,48	17,02	19,55	19,47	18,38	11,63
02-mag	28	2,41	2,7	5,99	43,41	43,87	42,31	45,01	27,28

40%LS-25%SLAG 40°		FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
03-apr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-apr	1	0,82	0,86	1,97	9,89	9,86	9,95	9,61	6,14
06-apr	3	1,6	-	3,75	27,32	27,36	-	-	17,09
11-apr	7	2,05	2,16	4,93	37,13	38,67	37,4	35,91	23,30
02-mag	28	2,6	2,32	5,77	39,46	39,8	36,32	37,07	23,85

40%LS-25%SLAG 10°		FLESSIONE			COMPRESSIONE				
		PROVINO	PROVINO	Media	PROVINO 1		PROVINO 2		Media
		F (KN)		Rf (Mpa)	F (KN)				
03-apr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-apr	1	0,19	0,12	0,36	2,44	2,34	2,26	2,27	1,45
06-apr	3	0,46	-	1,08	5,65	5,67	-	-	3,54
11-apr	7	0,98	0,97	2,29	10,61	11,21	9,58	11,58	6,72
02-mag	28	1,88	1,76	4,27	26,43	26,77	27,68	-	16,85

RITIRO IGROMETRICO LIBERO

REF

DATA	PROV. 1 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV. 2 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
28-mar	0	6,39	4,76	-1,63			0	6,485	4,31	-2,175			0,00	0,00
		6,4	4,765	-1,635				6,475	4,3	-2,175				
		6,415	4,785	-1,63				6,48	4,31	-2,17				
29-mar	1	5,805	4,15	-1,655			1	5,805	3,62	-2,185			-0,01	-0,02
		5,805	4,155	-1,65				5,81	3,62	-2,19				
		5,8	4,155	-1,645				5,805	3,62	-2,185				
30-mar	2	5,8	4,14	-1,66			2	5,8	3,61	-2,19			-0,02	-0,03
		5,805	4,14	-1,665				5,805	3,605	-2,2				
		5,8	4,14	-1,66				5,805	3,605	-2,2				
31-mar	3	6,63	4,92	-1,71			3	6,625	4,39	-2,235			-0,06	-0,07
		6,625	4,92	-1,705				6,625	4,395	-2,23				
		6,625	4,92	-1,705				6,63	4,395	-2,235				
03-apr	4	6,63	4,89	-1,74			4	6,63	4,36	-2,27			-0,10	-0,10
		6,63	4,89	-1,74				6,63	4,36	-2,27				
		6,6	4,85	-1,75				6,36	4,08	-2,28				
04-apr	5	6,595	4,85	-1,745			5	6,355	4,08	-2,275			-0,10	-0,11
		6,6	4,85	-1,75				6,36	4,09	-2,27				
		6,62	4,89	-1,73				6,615	4,34	-2,275				
05-apr	6	6,61	4,87	-1,74			6	6,62	4,34	-2,28			-0,11	-0,11
		6,62	4,87	-1,75				6,62	4,34	-2,28				
		6,54	4,8	-1,74				6,54	4,26	-2,28				
06-apr	7	6,54	4,765	-1,775			7	6,545	4,255	-2,29			-0,11	-0,12
		6,54	4,795	-1,745				6,545	4,255	-2,29				
		6,535	4,795	-1,74				6,535	4,255	-2,28				
07-apr	8	6,535	4,795	-1,74			8	6,54	4,255	-2,285			-0,11	-0,11
		6,53	4,795	-1,735				6,54	4,25	-2,29				
		6,55	4,79	-1,76				6,55	4,255	-2,295				
11-apr	9	6,55	4,79	-1,76			9	6,55	4,25	-2,3			-0,13	-0,13
		6,55	4,79	-1,76				6,55	4,25	-2,3				
		6,55	4,79	-1,76				6,55	4,25	-2,3				
13-apr	10	6,55	4,785	-1,765			10	6,55	4,245	-2,305			-0,14	-0,14
		6,56	4,78	-1,78				6,55	4,245	-2,305				
		6,55	4,785	-1,765				6,55	4,245	-2,305				
17-apr	11	6,66	4,89	-1,77			11	6,655	4,35	-2,305			-0,14	-0,13
		6,655	4,895	-1,76				6,66	4,36	-2,3				
		6,655	4,895	-1,76				6,66	4,35	-2,31				
20-apr	12	6,655	4,89	-1,765			12	6,655	4,34	-2,315			-0,15	-0,14
		6,66	4,885	-1,775				6,655	4,34	-2,315				
		6,66	4,89	-1,77				6,66	4,34	-2,32				
26-apr	13	6,66	4,89	-1,77			13	6,66	4,34	-2,32			-0,15	-0,15
		6,66	4,89	-1,77				6,66	4,34	-2,32				
		6,66	4,89	-1,77				6,66	4,34	-2,32				
28-apr	14	6,66	4,885	-1,775			14	6,66	4,34	-2,32			-0,15	-0,15
		6,66	4,885	-1,775				6,66	4,34	-2,32				
		6,66	4,885	-1,775				6,66	4,34	-2,32				
02-mag	15	6,67	4,89	-1,78			15	6,665	4,35	-2,315			-0,15	-0,15
		6,665	4,89	-1,775				6,665	4,345	-2,32				
		6,665	4,89	-1,775				6,665	4,345	-2,32				
05-mag	16	6,665	4,89	-1,775			16	6,665	4,355	-2,31			-0,14	-0,14
		6,665	4,89	-1,775				6,67	4,35	-2,32				
		6,665	4,89	-1,775				6,67	4,36	-2,31				
08-mag	17	6,67	4,885	-1,785			17	6,67	4,34	-2,33			-0,16	-0,16
		6,67	4,885	-1,785				6,67	4,34	-2,33				
		6,67	4,885	-1,785				6,67	4,34	-2,33				
12-mag	18	6,67	4,885	-1,785			18	6,67	4,345	-2,325			-1,88	-1,32
		6,67	4,89	-1,78				6,67	4,345	-2,325				
		6,67	4,49	-2,18				6,67	4,345	-2,325				
15-mag	19	4,63	2,83	-1,8			19	4,63	2,3	-2,33			-1,88	-1,26
		4,62	2,83	-1,79				4,635	2,3	-2,335				
		4,62	2,835	-1,785				4,635	2,3	-2,335				
18-mag	20	6,67	4,875	-1,795			20	6,67	4,34	-2,33			-1,88	-1,26
		6,67	4,875	-1,795				6,67	4,34	-2,33				
		6,67	4,875	-1,795				6,67	4,335	-2,335				
22-mag	21	6,71	4,92	-1,79			21	6,71	4,38	-2,33			-1,88	-1,26
		6,71	4,915	-1,795				6,71	4,38	-2,33				
		6,71	4,915	-1,795				6,71	4,38	-2,33				
25-mag	22	6,71	4,9	-1,81			18	6,71	4,36	-2,35			-1,90	-1,27
		6,71	4,9	-1,81				6,71	4,36	-2,35				
		6,705	4,9	-1,805				6,71	4,36	-2,35				
29-mag	23	6,69	4,89	-1,8			19	6,69	4,34	-2,35			-1,90	-1,27
		6,69	4,89	-1,8				6,69	4,345	-2,345				
		6,69	4,89	-1,8				6,69	4,345	-2,345				

10%LS-55%SLAG

DATA	PROV. 1 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV.2 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
28-mar	0	6,49	4,77	-1,72	-1,72333	0	0	6,49	4,48	-2,01	-2,01833	0	0,00	0,00
		6,475	4,755	-1,72				6,51	4,49	-2,02				
		6,48	4,75	-1,73				6,515	4,49	-2,025				
29-mar	1	5,805	4,07	-1,735	-1,73833	-0,015	1	5,81	3,78	-2,03	-2,02833	-0,01	-0,01	-0,08
		5,81	4,07	-1,74				5,81	3,78	-2,03				
		5,81	4,07	-1,74				5,805	3,78	-2,025				
30-mar	2	5,805	4,05	-1,755	-1,75333	-0,03	2	5,81	3,76	-2,05	-2,05167	-0,03334	-0,03	-0,20
		5,805	4,05	-1,755				5,81	3,76	-2,05				
		5,8	4,05	-1,75				5,81	3,755	-2,055				
31-mar	3	6,63	4,84	-1,79	-1,79	-0,06667	3	6,63	4,555	-2,075	-2,075	-0,05667	-0,06	-0,39
		6,63	4,845	-1,785				6,63	4,555	-2,075				
		6,635	4,84	-1,795				6,63	4,555	-2,075				
03-apr	4	6,63	4,81	-1,82	-1,82	-0,09667	4	6,63	4,52	-2,11	-2,11	-0,09167	-0,09	-0,59
		6,63	4,81	-1,82				6,63	4,52	-2,11				
		6,63	4,81	-1,82				6,63	4,52	-2,11				
04-apr	5	6,665	4,78	-1,885	-1,88667	-0,16334	5	6,59	4,48	-2,11	-2,11167	-0,09334	-0,13	-0,80
		6,66	4,775	-1,885				6,59	4,48	-2,11				
		6,66	4,77	-1,89				6,595	4,48	-2,115				
05-apr	6	6,62	4,805	-1,815	-1,82	-0,09667	6	6,605	4,51	-2,095	-2,105	-0,08667	-0,09	-0,57
		6,62	4,8	-1,82				6,62	4,51	-2,11				
		6,625	4,8	-1,825				6,62	4,51	-2,11				
06-apr	7	6,545	4,72	-1,825	-1,82167	-0,09834	7	6,54	4,435	-2,105	-2,105	-0,08667	-0,09	-0,58
		6,54	4,72	-1,82				6,54	4,435	-2,105				
		6,54	4,72	-1,82				6,54	4,435	-2,105				
07-apr	8	6,555	4,73	-1,825	-1,82167	-0,09834	8	6,56	4,44	-2,12	-2,10833	-0,09	-0,09	-0,59
		6,54	4,72	-1,82				6,545	4,445	-2,1				
		6,54	4,72	-1,82				6,545	4,44	-2,105				
11-apr	9	6,55	4,715	-1,835	-1,83167	-0,10834	9	6,555	4,435	-2,12	-2,12333	-0,105	-0,11	-0,67
		6,55	4,72	-1,83				6,555	4,43	-2,125				
		6,55	4,72	-1,83				6,555	4,43	-2,125				
13-apr	10	6,555	4,71	-1,845	-1,84167	-0,11834	10	6,545	4,425	-2,12	-2,13333	-0,115	-0,12	-0,73
		6,55	4,71	-1,84				6,57	4,42	-2,15				
		6,55	4,71	-1,84				6,56	4,43	-2,13				
17-apr	11	6,66	4,815	-1,845	-1,845	-0,12167	11	6,66	4,53	-2,13	-2,13	-0,11167	-0,12	-0,73
		6,66	4,815	-1,845				6,66	4,53	-2,13				
		6,66	4,815	-1,845				6,66	4,53	-2,13				
20-apr	12	6,65	4,805	-1,845	-1,84667	-0,12334	12	6,65	4,51	-2,14	-2,13667	-0,11834	-0,12	-0,76
		6,65	4,805	-1,845				6,65	4,515	-2,135				
		6,655	4,805	-1,85				6,65	4,515	-2,135				
26-apr	13	6,66	4,81	-1,85	-1,85	-0,12667	13	6,66	4,52	-2,14	-2,14	-0,12167	-0,12	-0,78
		6,66	4,81	-1,85				6,66	4,52	-2,14				
		6,66	4,81	-1,85				6,66	4,52	-2,14				
28-apr	14	6,66	4,805	-1,855	-1,85333	-0,13	14	6,66	4,52	-2,14	-2,14	-0,12167	-0,13	-0,79
		6,66	4,805	-1,855				6,66	4,52	-2,14				
		6,66	4,805	-1,855				6,66	4,52	-2,14				
02-mag	15	6,665	4,81	-1,855	-1,855	-0,13167	15	6,665	4,525	-2,14	-2,14	-0,12167	-0,13	-0,79
		6,665	4,81	-1,855				6,665	4,525	-2,14				
		6,665	4,81	-1,855				6,665	4,525	-2,14				
05-mag	16	6,665	4,81	-1,855	-1,855	-0,13167	16	6,665	4,52	-2,145	-2,14667	-0,12834	-0,13	-0,81
		6,665	4,81	-1,855				6,67	4,525	-2,145				
		6,67	4,815	-1,855				6,67	4,52	-2,15				
08-mag	17	6,67	4,8	-1,87	-1,87	-0,14667	17	6,67	4,52	-2,15	-2,15	-0,13167	-0,14	-0,87
		6,67	4,8	-1,87				6,67	4,52	-2,15				
		6,67	4,8	-1,87				6,67	4,52	-2,15				
12-mag	18	6,67	4,805	-1,865	-1,865	-0,14167	18	6,67	4,52	-2,15	-2,15	-0,13167	-0,14	-0,85
		6,67	4,805	-1,865				6,67	4,52	-2,15				
		6,67	4,805	-1,865				6,67	4,52	-2,15				
15-mag	19	4,635	2,76	-1,875	-1,875	-0,15167	19	4,635	2,485	-2,15	-2,155	-0,13667	-0,14	-0,90
		4,635	2,76	-1,875				4,64	2,485	-2,155				
		4,635	2,76	-1,875				4,64	2,48	-2,16				
18-mag	20	6,675	4,8	-1,875	-1,875	-0,15167	20	6,675	4,515	-2,16	-2,16	-0,14167	-0,15	-0,92
		6,675	4,8	-1,875				6,675	4,515	-2,16				
		6,675	4,8	-1,875				6,675	4,515	-2,16				
22-mag	21	6,71	4,83	-1,88	-1,87833	-0,155	21	6,71	4,55	-2,16	-2,16	-0,14167	-0,15	-0,93
		6,71	4,835	-1,875				6,71	4,55	-2,16				
		6,71	4,83	-1,88				6,71	4,55	-2,16				
25-mag	22	6,71	4,825	-1,885	-1,885	-0,16167	22	6,71	4,54	-2,17	-2,17	-0,15167	-0,16	-0,98
		6,71	4,825	-1,885				6,71	4,54	-2,17				
		6,71	4,825	-1,885				6,71	4,54	-2,17				
29-mag	23	6,9	4,805	-2,095	-2,095	-0,37167	23	6,9	4,52	-2,38	-2,38	-0,36167	-0,37	-2,29
		6,9	4,805	-2,095				6,9	4,52	-2,38				
		6,9	4,805	-2,095				6,9	4,52	-2,38				

20%LS-45%SLAG

DATA	PROV. 1 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV. 2 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
29-mar	0	5,8	4,21	-1,59	-1,59333	0	0	5,8	4,335	-1,465	-1,46833	0	0,00	0,00
		5,8	4,205	-1,595				5,8	4,335	-1,465				
		5,8	4,205	-1,595				5,805	4,33	-1,475				
30-mar	1	5,81	4,195	-1,615	-1,61833	-0,025	1	5,805	4,33	-1,475	-1,47667	-0,00834	-0,02	-0,10
		5,81	4,19	-1,62				5,805	4,33	-1,475				
		5,81	4,19	-1,62				5,805	4,325	-1,48				
31-mar	2	6,63	4,98	-1,65	-1,65333	-0,06	2	6,63	5,12	-1,51	-1,51333	-0,045	-0,05	-0,33
		6,63	4,98	-1,65				6,635	5,115	-1,52				
		6,64	4,98	-1,66				6,63	5,12	-1,51				
03-apr	3	6,63	4,935	-1,695	-1,69167	-0,09833	3	6,63	5,075	-1,555	-1,55167	-0,08334	-0,09	-0,57
		6,63	4,94	-1,69				6,63	5,08	-1,55				
		6,63	4,94	-1,69				6,63	5,08	-1,55				
04-apr	4	6,59	4,9	-1,69	-1,68333	-0,09	4	6,585	5,04	-1,545	-1,55667	-0,08834	-0,09	-0,56
		6,58	4,9	-1,68				6,595	5,04	-1,555				
		6,58	4,9	-1,68				6,6	5,03	-1,57				
05-apr	5	6,615	4,905	-1,71	-1,7	-0,10667	5	6,61	5,06	-1,55	-1,54333	-0,075	-0,09	-0,57
		6,6	4,91	-1,69				6,6	5,06	-1,54				
		6,61	4,91	-1,7				6,6	5,06	-1,54				
06-apr	6	6,54	4,845	-1,695	-1,695	-0,10167	6	6,54	4,98	-1,56	-1,56	-0,09167	-0,10	-0,60
		6,54	4,845	-1,695				6,54	4,98	-1,56				
		6,54	4,845	-1,695				6,54	4,98	-1,56				
07-apr	7	6,545	4,84	-1,705	-1,695	-0,10167	7	6,555	4,985	-1,57	-1,57	-0,10167	-0,10	-0,64
		6,54	4,855	-1,685				6,555	4,98	-1,575				
		6,54	4,845	-1,695				6,545	4,98	-1,565				
11-apr	8	6,55	4,83	-1,72	-1,72333	-0,13	8	6,55	4,98	-1,57	-1,57	-0,10167	-0,12	-0,72
		6,56	4,83	-1,73				6,55	4,98	-1,57				
		6,55	4,83	-1,72				6,55	4,98	-1,57				
13-apr	9	6,605	4,86	-1,745	-1,73833	-0,145	9	6,63	5,04	-1,59	-1,59667	-0,12834	-0,14	-0,85
		6,6	4,87	-1,73				6,63	5,02	-1,61				
		6,61	4,87	-1,74				6,63	5,04	-1,59				
17-apr	10	6,655	4,935	-1,72	-1,72667	0,011667	10	6,66	5,08	-1,58	-1,58	-0,11167	-0,05	-0,31
		6,66	4,93	-1,73				6,66	5,08	-1,58				
		6,66	4,93	-1,73				6,66	5,08	-1,58				
20-apr	11	6,65	4,905	-1,745	-1,745	-0,00667	11	6,655	5,055	-1,6	-1,59667	-0,12834	-0,07	-0,42
		6,65	4,905	-1,745				6,65	5,055	-1,595				
		6,65	4,905	-1,745				6,65	5,055	-1,595				
26-apr	12	6,66	4,91	-1,75	-1,75	-0,01167	12	6,66	5,02	-1,64	-1,64	-0,17167	-0,09	-0,57
		6,66	4,91	-1,75				6,66	5,02	-1,64				
		6,66	4,91	-1,75				6,66	5,02	-1,64				
28-apr	13	6,66	4,91	-1,75	-1,75	-0,01167	13	6,66	5,02	-1,64	-1,64	-0,17167	-0,09	-0,57
		6,66	4,91	-1,75				6,66	5,02	-1,64				
		6,66	4,91	-1,75				6,66	5,02	-1,64				
02-mag	14	6,665	4,91	-1,755	-1,75333	-0,015	14	6,665	5,07	-1,595	-1,595	-0,12667	-0,07	-0,44
		6,665	4,915	-1,75				6,665	5,07	-1,595				
		6,665	4,91	-1,755				6,665	5,07	-1,595				
05-mag	15	6,67	4,91	-1,76	-1,76	-0,02167	15	6,67	5,07	-1,6	-1,59833	-0,13	-0,08	-0,47
		6,67	4,91	-1,76				6,665	5,07	-1,595				
		6,67	4,91	-1,76				6,67	5,07	-1,6				
08-mag	16	6,67	4,905	-1,765	-1,765	-0,02667	16	6,67	5,06	-1,61	-1,61	-0,14167	-0,08	-0,53
		6,67	4,905	-1,765				6,67	5,06	-1,61				
		6,67	4,905	-1,765				6,67	5,06	-1,61				
12-mag	17	6,675	4,91	-1,765	-1,76333	-0,025	17	6,67	5,065	-1,605	-1,60333	-0,135	-0,08	-0,50
		6,67	4,91	-1,76				6,67	5,07	-1,6				
		6,675	4,91	-1,765				6,67	5,065	-1,605				
15-mag	18	4,64	2,865	-1,775	-1,77667	-0,03833	18	4,64	3,03	-1,61	-1,61	-0,14167	-0,09	-0,56
		4,64	2,865	-1,775				4,64	3,03	-1,61				
		4,64	2,86	-1,78				4,64	3,03	-1,61				
18-mag	19	6,675	4,9	-1,775	-1,775	0,001667	19	6,675	5,055	-1,62	-1,62	-0,15167	-0,08	-0,47
		6,675	4,9	-1,775				6,675	5,055	-1,62				
		6,675	4,9	-1,775				6,675	5,055	-1,62				
22-mag	20	6,71	4,935	-1,775	-1,77833	-0,00167	20	6,71	5,1	-1,61	-1,61333	-0,145	-0,07	-0,46
		6,71	4,93	-1,78				6,71	5,095	-1,615				
		6,71	4,93	-1,78				6,71	5,095	-1,615				
25-mag	21	6,71	4,93	-1,78	-1,78167	-0,005	21	6,71	5,085	-1,625	-1,625	-0,15667	-0,08	-0,51
		6,71	4,93	-1,78				6,71	5,085	-1,625				
		6,71	4,925	-1,785				6,71	5,085	-1,625				
29-mag	22	6,9	4,9	-2	-2	-0,22333	22	6,9	5,065	-1,835	-1,835	-0,36667	-0,30	-1,84
		6,9	4,9	-2				6,9	5,065	-1,835				
		6,9	4,9	-2				6,9	5,065	-1,835				

30%LS-35%SLAG

DATA	PROV. 1 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV.2 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
04-apr	0	6,6	5,475	-1,125	-1,13	0	0	6,6	5,09	-1,51	-1,51167	0	0,00	0,00
		6,6	5,47	-1,13										
		6,595	5,46	-1,135										
05-apr	1	6,6	5,475	-1,125	-1,12833	0,001667	1	6,61	5,09	-1,52	-1,35167	0,160003	0,08	0,51
		6,6	5,47	-1,13										
		6,6	5,47	-1,13										
06-apr	2	6,545	5,395	-1,15	-1,15	-0,02	2	6,545	5,01	-1,535	-1,535	-0,02333	-0,02	-0,14
		6,545	5,395	-1,15										
		6,545	5,395	-1,15										
07-apr	3	6,54	5,38	-1,16	-1,16333	-0,03333	3	6,55	5	-1,55	-1,55	-0,03833	-0,04	-0,22
		6,54	5,38	-1,16										
		6,55	5,38	-1,17										
11-apr	4	6,55	5,34	-1,21	-1,21333	-0,08333	4	6,55	4,955	-1,595	-1,595	-0,08333	-0,08	-0,52
		6,56	5,34	-1,22										
		6,55	5,34	-1,21										
12-apr	5	6,545	5,335	-1,21	-1,21333	-0,08333	5	6,545	4,945	-1,6	-1,60167	-0,09	-0,09	-0,54
		6,545	5,33	-1,215										
		6,545	5,33	-1,215										
13-apr	6	6,695	5,435	-1,26	-1,23667	-0,10667	6	6,67	5,01	-1,66	-1,66167	-0,15	-0,13	-0,80
		6,67	5,43	-1,24										
		6,65	5,44	-1,21										
14-apr	7	6,675	5,46	-1,215	-1,225	-0,095	7	6,68	5,01	-1,67	-1,66333	-0,15166	-0,12	-0,77
		6,67	5,44	-1,23										
		6,68	5,45	-1,23										
17-apr	8	6,66	5,42	-1,24	-1,24	-0,11	8	6,66	5,035	-1,625	-1,625	-0,11333	-0,11	-0,70
		6,66	5,42	-1,24										
		6,655	5,415	-1,24										
20-apr	9	6,645	5,395	-1,25	-1,255	-0,125	9	6,64	5,005	-1,635	-1,63833	-0,12666	-0,13	-0,79
		6,65	5,39	-1,26										
		6,64	5,385	-1,255										
26-apr	10	6,66	5,405	-1,255	-1,255	-0,125	10	6,66	5,025	-1,635	-1,635	-0,12333	-0,12	-0,78
		6,66	5,405	-1,255										
		6,66	5,405	-1,255										
28-apr	11	6,66	5,405	-1,255	-1,255	-0,125	11	6,66	5,02	-1,64	-1,63833	-0,12666	-0,13	-0,79
		6,66	5,405	-1,255										
		6,66	5,405	-1,255										
02-mag	12	6,665	5,405	-1,26	-1,26	-0,13	12	6,665	5,03	-1,635	-1,63667	-0,125	-0,13	-0,80
		6,665	5,405	-1,26										
		6,665	5,405	-1,26										
05-mag	13	6,67	5,41	-1,26	-1,26	-0,13	13	6,67	5,03	-1,64	-1,64	-0,12833	-0,13	-0,81
		6,67	5,41	-1,26										
		6,67	5,41	-1,26										
08-mag	14	6,67	5,4	-1,27	-1,26833	-0,13833	14	6,67	5,01	-1,66	-1,65833	-0,14666	-0,14	-0,89
		6,67	5,4	-1,27										
		6,67	5,405	-1,265										
12-mag	15	6,67	5,405	-1,265	-1,26833	-0,13833	15	6,675	5,015	-1,66	-1,66	-0,14833	-0,14	-0,90
		6,675	5,405	-1,27										
		6,675	5,405	-1,27										
15-mag	16	4,64	3,36	-1,28	-1,28	-0,15	16	4,64	2,98	-1,66	-1,66	-0,14833	-0,15	-0,93
		4,64	3,36	-1,28										
		4,64	3,36	-1,28										
18-mag	17	6,675	5,4	-1,275	-1,275	-0,145	17	6,675	5,01	-1,665	-1,665	-0,15333	-0,15	-0,93
		6,675	5,4	-1,275										
		6,675	5,4	-1,275										
22-mag	18	6,71	5,43	-1,28	-1,28	-0,15	18	6,71	5,05	-1,66	-1,66	-0,14833	-0,15	-0,93
		6,71	5,43	-1,28										
		6,71	5,43	-1,28										
25-mag	19	6,71	5,42	-1,29	-1,29	-0,16	19	6,71	5,04	-1,67	-1,67	-0,15833	-0,16	-0,99
		6,71	5,42	-1,29										
		6,71	5,42	-1,29										
29-mag	20	6,9	5,405	-1,495	-1,495	-0,365	20	6,9	5,02	-1,88	-1,88	-0,36833	-0,37	-2,29
		6,9	5,405	-1,495										
		6,9	5,405	-1,495										
01-giu	21	6,69	5,405	-1,285	-1,285	-0,155	21	6,69	5,02	-1,67	-1,66667	-0,155	-0,15	-0,97
		6,69	5,405	-1,285										
		6,69	5,405	-1,285										
05-giu	22	6,695	5,41	-1,285	-1,28167	-0,15167	22	6,69	5,03	-1,66	-1,66	-0,14833	-0,15	-0,94
		6,69	5,41	-1,28										
		6,69	5,41	-1,28										

40%LS-25%SLAG

DATA	PROV. 1 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV. 2 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
04-apr	0	6,595	4,565	-2,03	-2,03667	0	0	6,605	5,02	-1,585	-1,59167	0	0,00	0,00
		6,6	4,565	-2,035				6,61	5,01	-1,6				
		6,61	4,565	-2,045				6,59	5	-1,59				
05-apr	1	6,605	4,575	-2,03	-2,03333	0,003337	1	6,62	5,035	-1,585	-1,58333	0,008337	0,01	0,04
		6,6	4,57	-2,03				6,62	5,03	-1,59				
		6,6	4,56	-2,04				6,61	5,035	-1,575				
06-apr	2	6,55	4,49	-2,06	-2,05667	-0,02	2	6,545	4,95	-1,595	-1,595	-0,00333	-0,01	-0,07
		6,545	4,49	-2,055				6,545	4,95	-1,595				
		6,545	4,49	-2,055				6,545	4,95	-1,595				
07-apr	3	6,56	4,485	-2,075	-2,075	-0,03833	3	6,56	4,94	-1,62	-1,61833	-0,02666	-0,03	-0,20
		6,56	4,48	-2,08				6,555	4,9	-1,615				
		6,55	4,48	-2,07				6,56	4,94	-1,62				
11-apr	4	6,55	4,44	-2,11	-2,11167	-0,075	4	6,56	4,9	-1,66	-1,655	-0,06333	-0,07	-0,43
		6,55	4,44	-2,11				6,555	4,9	-1,655				
		6,555	4,44	-2,115				6,55	4,9	-1,65				
12-apr	5	6,55	4,43	-2,12	-2,12	-0,08333	5	6,55	4,89	-1,66	-1,66	-0,06833	-0,08	-0,47
		6,55	4,43	-2,12				6,55	4,89	-1,66				
		6,55	4,43	-2,12				6,55	4,89	-1,66				
13-apr	6	6,67	4,54	-2,13	-2,125	-0,08833	6	6,67	5	-1,67	-1,67667	-0,085	-0,09	-0,54
		6,67	4,55	-2,12				6,68	5	-1,68				
		6,675	4,55	-2,125				6,68	5	-1,68				
14-apr	7	6,67	4,54	-2,13	-2,13167	-0,095	7	6,675	5,005	-1,67	-1,67	-0,07833	-0,09	-0,54
		6,67	4,54	-2,13				6,68	5,01	-1,67				
		6,675	4,54	-2,135				6,68	5,01	-1,67				
17-apr	8	6,66	4,515	-2,145	-2,145	-0,10833	8	6,655	4,975	-1,68	-1,68333	-0,09166	-0,10	-0,62
		6,655	4,515	-2,14				6,66	4,975	-1,685				
		6,66	4,51	-2,15				6,66	4,975	-1,685				
20-apr	9	6,66	4,49	-2,17	-2,16667	-0,13	9	6,66	4,97	-1,69	-1,69167	-0,1	-0,11	-0,72
		6,66	4,495	-2,165				6,67	4,97	-1,7				
		6,66	4,495	-2,165				6,665	4,98	-1,685				
26-apr	10	6,66	4,505	-2,155	-2,15667	-0,12	10	6,66	5,025	-1,635	-1,635	-0,04333	-0,08	-0,51
		6,66	4,505	-2,155				6,66	5,025	-1,635				
		6,66	4,5	-2,16				6,66	5,025	-1,635				
28-apr	11	6,66	4,5	-2,16	-2,15833	-0,12166	11	6,66	4,965	-1,695	-1,695	-0,10333	-0,11	-0,70
		6,66	4,5	-2,16				6,66	4,965	-1,695				
		6,66	4,505	-2,155				6,66	4,965	-1,695				
02-mag	12	6,665	4,505	-2,16	-2,16	-0,12333	12	6,665	4,97	-1,695	-1,695	-0,10333	-0,11	-0,71
		6,665	4,505	-2,16				6,665	4,97	-1,695				
		6,665	4,505	-2,16				6,665	4,97	-1,695				
05-mag	13	6,67	4,505	-2,165	-2,165	-0,12833	13	6,67	4,97	-1,7	-1,7	-0,10833	-0,12	-0,74
		6,67	4,505	-2,165				6,67	4,97	-1,7				
		6,675	4,505	-2,175				6,67	4,97	-1,7				
08-mag	14	6,675	4,5	-2,175	-2,175	-0,13833	14	6,675	4,965	-1,71	-1,71	-0,11833	-0,13	-0,80
		6,675	4,5	-2,175				6,675	4,965	-1,71				
		6,675	4,5	-2,175				6,675	4,965	-1,71				
12-mag	15	6,675	4,505	-2,17	-2,17	-0,13333	15	6,68	4,965	-1,715	-1,70833	-0,11666	-0,12	-0,78
		6,675	4,505	-2,17				6,675	4,97	-1,705				
		6,675	4,505	-2,17				6,675	4,97	-1,705				
15-mag	16	4,64	2,465	-2,175	-2,175	-0,13833	16	4,64	2,93	-1,71	-1,71	-0,11833	-0,13	-0,80
		4,64	2,465	-2,175				4,64	2,93	-1,71				
		4,64	2,465	-2,175				4,64	2,93	-1,71				
18-mag	17	6,675	4,495	-2,18	-2,18	-0,14333	17	6,675	4,965	-1,71	-1,71333	-0,12166	-0,13	-0,83
		6,675	4,495	-2,18				6,675	4,96	-1,715				
		6,675	4,495	-2,18				6,675	4,96	-1,715				
22-mag	18	6,71	4,53	-2,18	-2,18	-0,14333	18	6,71	5	-1,71	-1,71	-0,11833	-0,13	-0,82
		6,71	4,53	-2,18				6,71	5	-1,71				
		6,71	4,53	-2,18				6,71	5	-1,71				
25-mag	19	6,71	4,525	-2,185	-2,18833	-0,15166	19	6,71	4,99	-1,72	-1,72	-0,12833	-0,14	-0,87
		6,71	4,52	-2,19				6,71	4,99	-1,72				
		6,71	4,52	-2,19				6,71	4,99	-1,72				
29-mag	20	6,9	4,505	-2,395	-2,395	-0,35833	20	6,9	4,97	-1,93	-1,93	-0,33833	-0,35	-2,18
		6,9	4,505	-2,395				6,9	4,97	-1,93				
		6,9	4,505	-2,395				6,9	4,97	-1,93				
01-giu	21	6,69	4,5	-2,19	-2,19	-0,15333	21	6,69	4,97	-1,71	-1,71667	-0,125	-0,14	-0,87
		6,69	4,5	-2,19				6,69	4,97	-1,72				
		6,69	4,5	-2,19				6,69	4,97	-1,72				
05-giu	22	6,69	4,51	-2,18	-2,18		22	6,69	4,98	-1,71	-1,71167	-0,12	-0,12	-0,75
		6,69	4,51	-2,18				6,69	4,98	-1,71				
		6,69	4,51	-2,18				6,69	4,975	-1,715				

RITIRO IGROMETRICO VINCOLATO

REF

DATA	PROV. 1 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV. 2 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
28-mar	0	5,6	4,44	-1,16	-1,16	0	0	5,6	5,15	-0,449999	-0,45	0	0,00	0,00
		5,6	4,44	-1,16				5,6	5,155	-0,444999				
		5,6	4,44	-1,16				5,6	5,15	-0,449999				
29-mar	1	5,6	4,44	-1,16	-1,16	0,00	1	5,595	5,15	-0,444999	-0,44	0,01	0,00	0,02
		5,595	4,435	-1,16				5,595	5,15	-0,444999				
		5,595	4,435	-1,16				5,595	5,15	-0,444999				
30-mar	2	5,57	4,415	-1,155	-1,16	0,003333	2	5,555	5,13	-0,425	-0,43	0,02	0,01	0,06
		5,57	4,415	-1,155				5,57	5,12	-0,45				
		5,57	4,41	-1,16				5,565	5,14	-0,425000				
31-mar	3	5,56	4,39	-1,17	-1,17	-0,01	3	5,56	5,12	-0,44	-0,44	0,01	0,00	0,00
		5,565	4,39	-1,175				5,56	5,125	-0,435				
		5,56	4,39	-1,17				5,56	5,12	-0,44				
03-apr	4	5,565	4,34	-1,225	-1,22	-0,06167	4	5,56	5,09	-0,47	-0,47	-0,02	-0,04	-0,26
		5,56	4,335	-1,225				5,56	5,09	-0,47				
		5,56	4,345	-1,215				5,565	5,09	-0,475000				
04-apr	5	5,54	4,335	-1,205	-1,21	-0,05	5	5,545	5,08	-0,465	-0,47	-0,02	-0,04	-0,22
		5,545	4,335	-1,21				5,55	5,08	-0,47				
		5,55	4,34	-1,21				5,55	5,07	-0,48				
05-apr	6	3,46	2,26	-1,2	-1,20	-0,04	6	3,46	2,99	-0,47	-0,47	-0,02	-0,03	-0,18
		3,46	2,26	-1,2				3,46	2,99	-0,47				
		3,46	2,26	-1,2				3,46	2,995	-0,465				
06-apr	7	3,46	2,255	-1,205	-1,21	-0,05	7	3,46	3,025	-0,435	-0,44	0,01	-0,02	-0,10
		3,46	2,255	-1,205				3,46	3,02	-0,44				
		3,46	2,255	-1,205				3,46	3,02	-0,44				
07-apr	8	3,385	2,185	-1,2	-1,20	-0,04	8	3,385	2,955	-0,43	-0,43	0,02	-0,01	-0,07
		3,385	2,185	-1,2				3,385	2,955	-0,43				
		3,385	2,185	-1,2				3,385	2,95	-0,435				
11-apr	9	3,38	2,175	-1,205	-1,21	-0,045	9	3,38	2,94	-0,44	-0,44	0,01	-0,02	-0,10
		3,38	2,175	-1,205				3,38	2,945	-0,435				
		3,38	2,175	-1,205				3,38	2,945	-0,435				
13-apr	10	3,48	2,265	-1,215	-1,22	-0,06	10	3,48	3,03	-0,45	-0,45	0,00	-0,03	-0,18
		3,48	2,26	-1,22				3,485	3,03	-0,455				
		3,48	2,265	-1,215				3,48	3,035	-0,445				
17-apr	11	3,52	2,375	-1,145	-1,14	0,02	11	3,505	3,07	-0,435	-0,44	0,02	0,02	0,12
		3,505	2,375	-1,13				3,505	3,07	-0,435				
		3,51	2,375	-1,135				3,505	3,07	-0,435				
20-apr	12	3,505	2,29	-1,215	-1,22	-0,06	12	3,51	3,06	-0,45	-0,45	0,00	-0,03	-0,18
		3,51	2,29	-1,22				3,505	3,06	-0,445				
		3,51	2,285	-1,225				3,505	3,06	-0,445				
26-apr	13	3,51	2,29	-1,22	-1,22	-0,06	13	3,51	3,01	-0,5	-0,50	-0,05	-0,06	-0,34
		3,51	2,29	-1,22				3,51	3,01	-0,5				
		3,51	2,29	-1,22				3,51	3,01	-0,5				
28-apr	14	3,505	2,28	-1,225	-1,23	-0,07	14	3,505	3,05	-0,455	-0,46	-0,01	-0,04	-0,22
		3,505	2,28	-1,225				3,505	3,05	-0,455				
		3,505	2,28	-1,225				3,505	3,05	-0,455				
02-mag	15	3,5	2,29	-1,21	-1,22	-0,06	15	3,5	3,05	-0,45	-0,45	0,00	-0,03	-0,18
		3,5	2,28	-1,22				3,5	3,05	-0,45				
		3,5	2,28	-1,22				3,5	3,07	-0,43				
05-mag	16	3,5	2,28	-1,22	-1,22	-0,06	16	3,5	3,07	-0,43	-0,43	0,02	-0,02	-0,12
		3,5	2,285	-1,215				3,5	3,07	-0,43				
		3,5	2,26	-1,24				3,5	3,03	-0,47				
08-mag	17	3,5	2,26	-1,24	-1,24	-0,08	17	3,5	3,03	-0,47	-0,47	-0,02	-0,05	-0,31
		3,5	2,26	-1,24				3,5	3,03	-0,47				
		3,5	2,26	-1,24				3,5	3,03	-0,47				
12-mag	18	3,51	2,275	-1,235	-1,23	-0,07	18	3,51	3,05	-0,46	-0,46	-0,01	-0,04	-0,26
		3,51	2,28	-1,23				3,51	3,05	-0,46				
		3,51	2,28	-1,23				3,51	3,05	-0,46				
15-mag	19	3,51	2,3	-1,21	-1,21	-0,05	19	3,51	3,07	-0,44	-0,44	0,01	-0,02	-0,14
		3,515	2,3	-1,215				3,515	3,07	-0,445				
		3,51	2,3	-1,21				3,515	3,07	-0,445				
18-mag	20	3,51	2,28	-1,23	-1,23	-0,07	20	3,51	3,05	-0,46	-0,46	-0,01	-0,04	-0,24
		3,51	2,285	-1,225				3,51	3,05	-0,46				
		3,51	2,285	-1,225				3,51	3,05	-0,46				
22-mag	21	3,51	2,285	-1,225	-1,23	-0,07	21	3,51	3,05	-0,46	-0,46	-0,01	-0,04	-0,23
		3,51	2,285	-1,225				3,51	3,05	-0,46				
		3,51	2,285	-1,225				3,51	3,055	-0,455				
25-mag	22	3,49	2,255	-1,235	-1,24	-0,08	19	3,49	3,02	-0,47	-0,47	-0,02	-0,05	-0,30
		3,49	2,255	-1,235				3,49	3,02	-0,47				
		3,49	2,255	-1,235				3,49	3,02	-0,47				
29-mag	23	3,495	2,255	-1,24	-1,24	-0,08	20	3,49	3,02	-0,47	-0,47	-0,02	-0,05	-0,30
		3,49	2,255	-1,235				3,49	3,02	-0,47				
		3,49	2,255	-1,235				3,49	3,02	-0,47				

10%LS-55%SLAG

DATA	PROV. 1	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV. 2	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
	GIORNO						GIORNO							
28-mar	0	5,595	5,51	-0,085	-0,08667	0	0	5,6	5,07	999999999	-0,53	0	0,00	0,00
		5,6	5,51	999999999				5,6	5,07	999999999				
		5,595	5,51	-0,085				5,6	5,07	999999999				
29-mar	1	5,595	5,51	-0,085	-0,085	0,00167	1	5,595	5,075	-0,52	-0,525	0,005	0,00	0,02
		5,595	5,51	-0,085				5,595	5,07	499999999				
		5,595	5,51	-0,085				5,6	5,07	999999999				
30-mar	2	5,575	5,5	000000000	-0,07	0,01667	2	5,575	5,065	-0,51	-0,51667	0,013333	0,02	0,09
		5,565	5,5	000000000				5,56	5,04	-0,52				
		5,57	5,5	000000000				5,56	5,04	-0,52				
31-mar	3	5,56	5,48	999999999	-0,08167	0,005003	3	5,565	5,04	-0,525	-0,52333	0,006667	0,01	0,04
		5,56	5,48	999999999				5,56	5,04	-0,52				
		5,565	5,48	-0,085				5,565	5,04	-0,525				
03-apr	4	5,56	5,445	499999999	-0,11833	-0,03166	4	5,56	5	-0,56	-0,56333	-0,03333	-0,03	-0,20
		5,56	5,44	999999999				5,565	5	-0,565				
		5,56	5,44	999999999				5,565	5	-0,565				
04-apr	5	5,54	5,43	-0,11	-0,115	-0,02833	5	5,545	4,99	-0,555	-0,555	-0,025	-0,03	-0,17
		5,545	5,425	-0,12				5,545	4,99	-0,555				
		5,545	5,43	-0,115				5,545	4,99	-0,555				
05-apr	6	3,46	3,35	-0,11	-0,11	-0,02333	6	3,46	2,9	-0,56	-0,55333	-0,02333	-0,02	-0,15
		3,46	3,35	-0,11				3,46	2,91	-0,55				
		3,46	3,35	-0,11				3,46	2,91	-0,55				
06-apr	7	3,46	3,35	-0,11	-0,11	-0,02333	7	3,46	2,925	-0,535	-0,53667	-0,00667	-0,01	-0,09
		3,46	3,35	-0,11				3,465	2,925	-0,54				
		3,46	3,35	-0,11				3,46	2,925	-0,535				
07-apr	8	3,385	3,275	-0,11	-0,11	-0,02333	8	3,385	2,845	-0,54	-0,53667	-0,00667	-0,01	-0,09
		3,385	3,275	-0,11				3,385	2,845	-0,54				
		3,385	3,275	-0,11				3,385	2,855	-0,53				
11-apr	9	3,38	2,265	-1,115	-1,115	-1,02833	9	3,38	2,835	-0,545	-0,545	-0,015	-0,52	-3,26
		3,38	2,265	-1,115				3,38	2,835	-0,545				
		3,38	2,265	-1,115				3,38	2,835	-0,545				
13-apr	10	3,48	3,36	-0,12	-0,12167	-0,035	10	3,485	2,925	-0,56	-0,55667	-0,02667	-0,03	-0,19
		3,48	3,36	-0,12				3,48	2,925	-0,555				
		3,48	3,355	-0,125				3,48	2,925	-0,555				
17-apr	11	3,51	3,39	-0,12	-0,11667	-0,03	11	3,505	2,95	-0,555	-0,55167	-0,02167	-0,03	-0,16
		3,505	3,39	-0,115				3,505	2,95	-0,555				
		3,505	3,39	-0,115				3,505	2,96	-0,545				
20-apr	12	3,505	3,39	-0,115	-0,12167	-0,035	12	3,505	2,945	-0,56	-0,56167	-0,03167	-0,03	-0,21
		3,505	3,38	-0,125				3,51	2,945	-0,565				
		3,505	3,38	-0,125				3,505	2,945	-0,56				
26-apr	13	3,51	3,385	-0,125	-0,125	-0,03833	13	3,51	2,95	-0,56	-0,56167	-0,03167	-0,03	-0,22
		3,51	3,39	-0,12				3,51	2,95	-0,56				
		3,51	3,38	-0,13				3,515	2,95	-0,565				
28-apr	14	3,505	3,37	-0,135	-0,13333	-0,04666	14	3,505	2,94	-0,565	-0,565	-0,035	-0,04	-0,26
		3,505	3,37	-0,135				3,505	2,94	-0,565				
		3,505	3,375	-0,13				3,505	2,94	-0,565				
02-mag	15	3,5	3,375	-0,125	-0,12667	-0,04	15	3,5	2,94	-0,56	-0,56	-0,03	-0,03	-0,22
		3,5	3,375	-0,125				3,5	2,94	-0,56				
		3,5	3,37	-0,13				3,5	2,94	-0,56				
05-mag	16	3,5	3,37	-0,13	-0,12667	-0,04	16	3,5	2,93	-0,57	-0,57	-0,04	-0,04	-0,25
		3,5	3,37	-0,13				3,5	2,93	-0,57				
		3,5	3,38	-0,12				3,5	2,93	-0,57				
08-mag	17	3,5	3,36	-0,14	-0,14333	-0,05666	17	3,495	2,92	-0,575	-0,575	-0,045	-0,05	-0,32
		3,5	3,355	-0,145				3,495	2,92	-0,575				
		3,51	3,375	-0,135				3,51	2,94	-0,57				
12-mag	18	3,51	3,38	-0,13	-0,13333	-0,04666	18	3,51	2,94	-0,57	-0,57	-0,04	-0,04	-0,27
		3,51	3,375	-0,135				3,51	2,94	-0,57				
		3,515	3,39	-0,125				3,515	2,955	-0,56				
15-mag	19	3,51	3,395	-0,115	-0,12	-0,03333	19	3,515	2,955	-0,56	-0,55833	-0,02833	-0,03	-0,19
		3,515	3,395	-0,12				3,51	2,955	-0,555				
		3,51	3,375	-0,135				3,51	2,94	-0,57				
18-mag	20	3,51	3,375	-0,135	-0,135	-0,04833	20	3,51	2,94	-0,57	-0,57	-0,04	-0,04	-0,28
		3,51	3,375	-0,135				3,51	2,94	-0,57				
		3,51	3,375	-0,135				3,51	2,94	-0,57				
22-mag	21	3,51	3,385	-0,125	-0,12333	-0,03666	21	3,51	2,945	-0,565	-0,56667	-0,03667	-0,04	-0,23
		3,51	3,39	-0,12				3,51	2,94	-0,57				
		3,51	3,385	-0,125				3,51	2,945	-0,565				
25-mag	22	3,49	3,345	-0,145	-0,145	-0,05833	22	3,49	2,91	-0,58	-0,58	-0,05	-0,05	-0,34
		3,49	3,345	-0,145				3,49	2,91	-0,58				
		3,49	3,345	-0,145				3,49	2,91	-0,58				
29-mag	23	3,49	3,34	-0,15	-0,14667	-0,06	23	3,49	2,91	-0,58	-0,58	-0,05	-0,05	-0,34
		3,49	3,345	-0,145				3,49	2,91	-0,58				
		3,49	3,345	-0,145				3,49	2,91	-0,58				

20%LS-45%SLAG

DATA	PROV. 1	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV. 2	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
	GIORNO						GIORNO							
29-mar	0	5,6	4,645	-0,955	-0,95333	0	0	5,6	5,52	-0,080000	-0,08	0	0,00	0,00
		5,595	4,645	-0,95				5,595	5,52	-0,075000				
		5,6	4,645	-0,955				5,6	5,515	-0,085				
30-mar	1	5,56	4,6	-0,96	-0,96	-0,00667	1	5,56	5,48	-0,079999	-0,08167	-0,00167	0,00	-0,03
		5,56	4,6	-0,96				5,565	5,48	-0,085				
		5,56	4,6	-0,96				5,56	5,48	-0,079999				
31-mar	2	5,565	4,6	-0,965000	-1,00867	-0,05534	2	5,565	5,48	-0,085	-0,07833	0,001667	-0,03	-0,17
		5,56	4,459	-1,101				5,56	5,485	-0,074999				
		5,56	4,6	-0,96				5,56	5,485	-0,074999				
03-apr	3	5,565	4,55	-1,015	-1,015	-0,06167	3	5,56	5,435	-0,125	-0,12167	-0,04167	-0,05	-0,32
		5,56	4,545	-1,015				5,56	5,44	-0,119999				
		5,565	4,55	-1,015				5,56	5,44	-0,119999				
04-apr	4	5,55	4,535	-1,015	-1,015	-0,06167	4	5,545	5,435	-0,11	-0,11167	-0,03167	-0,05	-0,29
		5,55	4,53	-1,02				5,54	5,43	-0,11				
		5,54	4,53	-1,01				5,54	5,425	-0,115				
05-apr	5	3,46	2,455	-1,005	-1,00833	-0,055	5	3,46	3,35	-0,11	-0,11	-0,03	-0,04	-0,27
		3,46	2,45	-1,01				3,46	3,35	-0,11				
		3,46	2,45	-1,01				3,46	3,35	-0,11				
06-apr	6	3,46	2,45	-1,01	-1,01	-0,05667	6	3,465	3,35	-0,115	-0,11167	-0,03167	-0,04	-0,28
		3,46	2,45	-1,01				3,465	3,355	-0,11				
		3,46	2,45	-1,01				3,465	3,355	-0,11				
07-apr	7	3,385	2,375	-1,01	-1,01	-0,05667	7	3,385	3,275	-0,11	-0,11	-0,03	-0,04	-0,27
		3,385	2,375	-1,01				3,385	3,275	-0,11				
		3,385	2,375	-1,01				3,385	3,275	-0,11				
11-apr	8	3,385	2,37	-1,015	-1,015	-0,06167	8	3,385	3,265	-0,12	-0,12	-0,04	-0,05	-0,32
		3,385	2,37	-1,015				3,39	3,27	-0,12				
		3,385	2,37	-1,015				3,39	3,27	-0,12				
13-apr	9	3,48	2,485	-0,995	-1,005	-0,05167	9	3,485	3,35	-0,135	-0,12833	-0,04833	-0,05	-0,31
		3,48	2,475	-1,005				3,48	3,36	-0,12				
		3,49	2,475	-1,015				3,485	3,355	-0,13				
17-apr	10	3,505	2,49	-1,015	-1,01667	-0,06334	10	3,505	3,39	-0,115	-0,10333	-0,02333	-0,04	-0,27
		3,51	2,49	-1,02				3,5	3,405	-0,095000				
		3,505	2,49	-1,015				3,505	3,405	-0,1				
20-apr	11	3,51	2,48	-1,03	-1,03	-0,07667	11	3,51	3,38	-0,13	-0,13	-0,05	-0,06	-0,40
		3,51	2,48	-1,03				3,51	3,38	-0,13				
		3,51	2,48	-1,03				3,51	3,38	-0,13				
26-apr	12	3,51	2,48	-1,03	-1,02833	-0,075	12	3,51	3,38	-0,13	-0,13	-0,05	-0,06	-0,39
		3,515	2,485	-1,03				3,51	3,38	-0,13				
		3,505	2,475	-1,03				3,505	3,37	-0,135				
28-apr	13	3,505	2,475	-1,03	-1,02667	-0,07334	13	3,505	3,37	-0,135	-0,135	-0,055	-0,06	-0,40
		3,5	2,48	-1,02				3,505	3,37	-0,135				
		3,5	2,475	-1,025				3,505	3,375	-0,13				
02-mag	14	3,5	2,475	-1,025	-1,02667	-0,07334	14	3,5	3,37	-0,13	-0,13167	-0,05167	-0,06	-0,39
		3,5	2,47	-1,03				3,505	3,37	-0,135				
		3,5	2,47	-1,03				3,5	6,25					
05-mag	15	3,5	2,465	-1,035	-1,03333	-0,08	15	3,5	3,365	-0,135	0,741667	0,821667	0,37	2,32
		3,5	2,465	-1,035				3,5	3,36	-0,14				
		3,5	2,45	-1,05				3,5	3,35	-0,15				
08-mag	16	3,5	2,45	-1,05	-1,05	-0,09667	16	3,5	3,35	-0,15	-0,15	-0,07	-0,08	-0,52
		3,5	2,45	-1,05				3,5	3,35	-0,15				
		3,5	2,45	-1,05				3,5	3,35	-0,15				
12-mag	17	3,51	2,475	-1,035	-1,03833	-0,085	17	3,51	3,37	-0,14	-0,14	-0,06	-0,07	-0,45
		3,51	2,475	-1,035				3,51	3,37	-0,14				
		3,515	2,47	-1,045				3,51	3,37	-0,14				
15-mag	18	3,515	2,49	-1,025	-1,02333	-0,07	18	3,515	3,38	-0,135	-0,135	-0,055	-0,06	-0,39
		3,51	2,49	-1,02				3,515	3,38	-0,135				
		3,515	2,49	-1,025				3,515	3,38	-0,135				
18-mag	19	3,51	2,47	-1,04	-1,04	-0,08667	19	3,51	3,37	-0,14	-0,14	-0,06	-0,07	-0,46
		3,51	2,47	-1,04				3,51	3,37	-0,14				
		3,51	2,47	-1,04				3,51	3,37	-0,14				
22-mag	20	3,51	2,48	-1,03	-1,02833	-0,075	20	3,51	3,37	-0,14	-0,14	-0,06	-0,07	-0,42
		3,51	2,485	-1,025				3,51	3,37	-0,14				
		3,51	2,48	-1,03				3,51	3,37	-0,14				
25-mag	21	3,49	2,45	-1,04	-1,045	-0,09167	21	3,495	3,34	-0,155	-0,155	-0,075	-0,08	-0,52
		3,495	2,45	-1,045				3,495	3,34	-0,155				
		3,495	2,445	-1,05				3,495	3,34	-0,155				
29-mag	22	3,495	2,44	-1,055	-1,055	-0,10167	22	3,495	3,34	-0,155	-0,155	-0,075	-0,09	-0,55
		3,495	2,44	-1,055				3,495	3,34	-0,155				
		3,495	2,44	-1,055				3,495	3,34	-0,155				

30%LS-35%SLAG

DATA	PROV. 1 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV.2 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
04-apr	0	5,54	5,275	-0,265	-0,26833	0	0	5,545	5,5	-0,049999	-0,04167	0	0,00	0,00
		5,54	5,27	-0,27				5,54	5,5	-0,04				
		5,545	5,275	-0,27				5,54	5,5	-0,04				
05-apr	1	3,46	3,195	-0,265	-0,26333	0,004997	1	3,46	3,42	-0,04	-0,04333	-0,00166	0,00	0,01
		3,46	3,195	-0,265				3,46	3,415	-0,044999				
		3,46	3,2	-0,26				3,46	3,415	-0,044999				
06-apr	2	3,46	3,2	-0,26	-0,26	0,00833	2	3,46	3,415	-0,044999	-0,04333	-0,00166	0,00	0,02
		3,46	3,2	-0,26				3,46	3,42	-0,04				
		3,46	3,2	-0,26				3,46	3,415	-0,044999				
07-apr	3	3,385	3,125	-0,26	-0,26	0,00833	3	3,385	3,325	-0,059999	-0,06	-0,01833	0,00	-0,03
		3,385	3,125	-0,26				3,385	3,325	-0,059999				
		3,385	3,125	-0,26				3,385	3,325	-0,059999				
11-apr	4	3,39	3,1	-0,29	-0,28833	-0,02	4	3,39	3,29	-0,1	-0,10167	-0,06	-0,04	-0,25
		3,385	3,1	-0,285				3,39	3,285	-0,105				
		3,39	3,1	-0,29				3,39	3,29	-0,1				
12-apr	5	3,485	3,195	-0,29	-0,28833	-0,02	5	3,48	3,375	-0,105	-0,11	-0,06833	-0,04	-0,28
		3,48	3,195	-0,285				3,48	3,375	-0,105				
		3,48	3,19	-0,29				3,49	3,37	-0,12				
13-apr	6	3,49	3,19	-0,3	-0,29667	-0,02834	6	3,49	3,38	-0,11	-0,11333	-0,07166	-0,05	-0,31
		3,485	3,195	-0,29				3,49	3,38	-0,11				
		3,49	3,19	-0,3				3,49	3,37	-0,12				
14-apr	7	3,53	3,22	-0,31	-0,295	-0,02667	7	3,51	3,4	-0,11	-0,11	-0,06833	-0,05	-0,30
		3,51	3,22	-0,29				3,51	3,4	-0,11				
		3,505	3,22	-0,285				3,51	3,4	-0,11				
17-apr	8	3,505	3,215	-0,29	-0,29167	-0,02334	8	3,505	3,4	-0,105	-0,105	-0,06333	-0,04	-0,27
		3,51	3,215	-0,295				3,505	3,405	-0,1				
		3,505	3,215	-0,29				3,51	3,4	-0,11				
20-apr	9	3,51	3,21	-0,3	-0,29333	-0,025	9	3,51	3,4	-0,11	-0,11667	-0,075	-0,05	-0,31
		3,51	3,22	-0,29				3,51	3,39	-0,12				
		3,51	3,22	-0,29				3,51	3,39	-0,12				
26-apr	10	3,51	3,21	-0,3	-0,3	-0,03167	10	3,51	3,39	-0,12	-0,12	-0,07833	-0,06	-0,34
		3,51	3,21	-0,3				3,51	3,39	-0,12				
		3,51	3,21	-0,3				3,51	3,39	-0,12				
28-apr	11	3,505	3,2	-0,305	-0,305	-0,03667	11	3,505	3,38	-0,125	-0,12	-0,07833	-0,06	-0,36
		3,505	3,2	-0,305				3,505	3,39	-0,115				
		3,505	3,2	-0,305				3,505	3,385	-0,12				
02-mag	12	3,5	3,2	-0,3	-0,3	-0,03167	12	3,5	3,39	-0,11	-0,11	-0,06833	-0,05	-0,31
		3,5	3,2	-0,3				3,5	3,39	-0,11				
		3,5	3,195	-0,305				3,5	3,395	-0,105				
05-mag	13	3,5	3,195	-0,305	-0,305	-0,03667	13	3,5	3,39	-0,11	-0,10833	-0,06666	-0,05	-0,32
		3,5	3,195	-0,305				3,5	3,39	-0,11				
		3,5	3,18	-0,32				3,5	3,365	-0,135				
08-mag	14	3,5	3,18	-0,32	-0,32	-0,05167	14	3,5	3,365	-0,135	-0,135	-0,09333	-0,07	-0,45
		3,5	3,18	-0,32				3,5	3,365	-0,135				
		3,5	3,18	-0,32				3,5	3,365	-0,135				
12-mag	15	3,51	3,2	-0,31	-0,31	-0,04167	15	3,51	3,395	-0,115	-0,11667	-0,075	-0,06	-0,36
		3,51	3,2	-0,31				3,51	3,39	-0,12				
		3,51	3,2	-0,31				3,51	3,395	-0,115				
15-mag	16	3,515	3,22	-0,295	-0,295	-0,02667	16	3,515	3,4	-0,115	-0,115	-0,07333	-0,05	-0,31
		3,515	3,215	-0,3				3,515	3,4	-0,115				
		3,51	3,22	-0,29				3,515	3,4	-0,115				
18-mag	17	3,51	3,2	-0,31	-0,31	-0,04167	17	3,51	3,39	-0,12	-0,12	-0,07833	-0,06	-0,38
		3,51	3,2	-0,31				3,51	3,39	-0,12				
		3,51	3,2	-0,31				3,51	3,39	-0,12				
22-mag	18	3,51	3,205	-0,305	-0,305	-0,03667	18	3,51	3,39	-0,12	-0,11833	-0,07666	-0,06	-0,35
		3,51	3,205	-0,305				3,51	3,39	-0,12				
		3,51	3,205	-0,305				3,51	3,395	-0,115				
25-mag	19	3,495	3,175	-0,32	-0,32	-0,05167	19	3,495	3,36	-0,135	-0,135	-0,09333	-0,07	-0,45
		3,495	3,175	-0,32				3,495	3,36	-0,135				
		3,495	3,175	-0,32				3,495	3,36	-0,135				
29-mag	20	3,495	3,175	-0,32	-0,32	-0,05167	20	3,495	3,36	-0,135	-0,135	-0,09333	-0,07	-0,45
		3,495	3,175	-0,32				3,495	3,36	-0,135				
		3,495	3,175	-0,32				3,495	3,36	-0,135				
01-giu	21	3,49	3,165	-0,325	-0,325	-0,05667	21	3,49	3,35	-0,14	-0,14	-0,09833	-0,08	-0,48
		3,49	3,165	-0,325				3,49	3,35	-0,14				
		3,49	3,165	-0,325				3,49	3,35	-0,14				
05-giu	22	3,49	3,175	-0,315	-0,31167	-0,04334	22	3,49	3,36	-0,13	-0,12833	-0,08666	-0,07	-0,41
		3,485	3,175	-0,31				3,49	3,36	-0,13				
		3,485	3,175	-0,31				3,485	3,36	-0,125				

40%LS-25%SLAG

DATA	PROV. 1 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_1 (mm)	PROV.2 GIORNO	BARRA (mm)	PROVINO (mm)	RITIRO (mm)	MEDIA (mm)	Δ_2 (mm)	MEDIA Δ	ϵ (m/mm)
04-apr	0	5,54	3,995	-1,545	-1,54833	0	0	3,5	5,88	2,38	2,378333	0	0,00	0,00
		5,54	3,99	-1,55				3,5	5,88	2,38				
		5,54	3,99	-1,55				3,5	5,875	2,375				
05-apr	1	3,46	1,92	-1,54	-1,54	0,00833	1	3,46	5,835	2,375	2,371667	-0,00667	0,00	0,01
		3,46	1,92	-1,54				3,46	5,83	2,37				
		3,46	1,92	-1,54				3,46	5,83	2,37				
06-apr	2	3,465	1,92	-1,545	-1,54167	0,006663	2	3,465	5,83	2,365	2,365	-0,01333	0,00	-0,02
		3,46	1,92	-1,54				3,465	5,83	2,365				
		3,46	1,92	-1,54				3,465	5,83	2,365				
07-apr	3	3,385	1,84	-1,545	-1,54167	0,006663	3	3,385	5,755	2,37	2,368333	-0,01	0,00	-0,01
		3,385	1,84	-1,545				3,385	5,755	2,37				
		3,385	1,85	-1,535				3,385	5,75	2,365				
11-apr	4	3,39	1,805	-1,585	-1,585	-0,03667	4	3,39	5,725	2,335	2,333333	-0,045	-0,04	-0,26
		3,39	1,805	-1,585				3,39	5,72	2,33				
		3,39	1,805	-1,585				3,39	5,725	2,335				
12-apr	5	3,48	1,89	-1,59	-1,58833	-0,04	5	3,48	1,89	-1,595	-1,59167	-3,97	-2,01	-12,53
		3,485	1,895	-1,59				3,49	1,895	-1,595				
		3,485	1,9	-1,585				3,485	1,9	-1,585				
13-apr	6	3,485	1,89	-1,595	-1,6	-0,05167	6	3,49	5,81	2,32	2,315	-0,06333	-0,06	-0,36
		3,49	1,885	-1,605				3,5	5,81	2,31				
		3,49	1,89	-1,6				3,495	5,81	2,315				
14-apr	7	3,51	1,93	-1,58	-1,58333	-0,035	7	3,51	5,835	2,325	2,326667	-0,05167	-0,04	-0,27
		3,51	1,925	-1,585				3,52	5,85	2,33				
		3,51	1,925	-1,585				3,51	5,835	2,325				
17-apr	8	3,51	1,91	-1,6	-1,59667	-0,04834	8	3,51	5,83	2,32	2,328333	-0,05	-0,05	-0,31
		3,51	1,915	-1,595				3,505	5,84	2,335				
		3,51	1,915	-1,595				3,51	5,84	2,33				
20-apr	9	3,51	1,89	-1,62	-1,61333	-0,065	9	3,51	5,815	2,305	2,305	-0,07333	-0,07	-0,43
		3,51	1,9	-1,61				3,51	5,815	2,305				
		3,51	1,9	-1,61				3,51	5,815	2,305				
26-apr	10	3,515	1,905	-1,61	-1,61	-0,06167	10	3,515	5,815	2,3	2,301667	-0,07667	-0,07	-0,43
		3,515	1,905	-1,61				3,515	5,82	2,305				
		3,515	1,905	-1,61				3,515	5,815	2,3				
28-apr	11	3,505	1,9	-1,605	-1,60833	-0,06	11	3,51	5,81	2,3	2,3	-0,07833	-0,07	-0,43
		3,51	1,9	-1,61				3,51	5,81	2,3				
		3,51	1,9	-1,61				3,51	5,81	2,3				
02-mag	12	3,505	1,9	-1,605	-1,61167	-0,06334	12	3,505	5,81	2,305	2,305	-0,07333	-0,07	-0,43
		3,505	1,89	-1,615				3,505	5,81	2,305				
		3,505	1,89	-1,615				3,505	5,81	2,305				
05-mag	13	3,5	1,895	-1,605	-1,60667	-0,05834	13	3,5	5,8	2,3	2,3	-0,07833	-0,07	-0,43
		3,5	1,895	-1,605				3,5	5,8	2,3				
		3,5	1,89	-1,61				3,5	5,8	2,3				
08-mag	14	3,5	1,89	-1,61	-1,61	-0,06167	14	3,5	5,8	2,3	2,3	-0,07833	-0,07	-0,44
		3,5	1,89	-1,61				3,5	5,8	2,3				
		3,5	1,89	-1,61				3,5	5,8	2,3				
12-mag	15	3,515	1,905	-1,61	-1,61167	-0,06334	15	3,515	5,815	2,3	2,301667	-0,07667	-0,07	-0,44
		3,515	1,905	-1,61				3,51	5,815	2,305				
		3,515	1,9	-1,615				3,515	5,815	2,3				
15-mag	16	3,52	1,92	-1,6	-1,6	-0,05167	16	3,52	5,82	2,3	2,3	-0,07833	-0,07	-0,41
		3,52	1,92	-1,6				3,52	5,82	2,3				
		3,52	1,92	-1,6				3,52	5,82	2,3				
18-mag	17	3,51	1,91	-1,6	-1,60333	-0,055	17	3,515	5,81	2,295	2,295	-0,08333	-0,07	-0,43
		3,515	1,91	-1,605				3,515	5,81	2,295				
		3,515	1,91	-1,605				3,515	5,81	2,295				
22-mag	18	3,51	1,91	-1,6	-1,6	-0,05167	18	3,51	5,81	2,3	2,3	-0,07833	-0,07	-0,41
		3,51	1,91	-1,6				3,51	5,81	2,3				
		3,51	1,91	-1,6				3,51	5,81	2,3				
25-mag	19	3,495	1,885	-1,61	-1,61	-0,06167	19	3,495	5,785	2,29	2,288333	-0,09	-0,08	-0,47
		3,495	1,885	-1,61				3,495	5,78	2,285				
		3,495	1,885	-1,61				3,495	5,785	2,29				
29-mag	20	3,495	1,885	-1,61	-1,61	-0,06167	20	3,495	5,78	2,285	2,285	-0,09333	-0,08	-0,48
		3,495	1,885	-1,61				3,495	5,78	2,285				
		3,495	1,885	-1,61				3,495	5,78	2,285				
01-giu	21	3,485	1,87	-1,615	-1,615	-0,06667	21	3,485	5,77	2,285	2,285	-0,09333	-0,08	-0,50
		3,485	1,87	-1,615				3,485	5,77	2,285				
		3,485	1,87	-1,615				3,485	5,77	2,285				
05-giu	22	3,485	1,88	-1,605	-1,60667	-0,05834	22	3,49	5,78	2,29	2,291667	-0,08667	-0,07	-0,45
		3,49	1,88	-1,61				3,485	5,78	2,295				
		3,485	1,88	-1,605				3,485	5,775	2,29				

PERDITA D'ACQUA DEI PROVINI DEL RITIRO LIBERO

REF

PROV. 1 GIORNO	PESO (g)	PROV.2 GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	577,31	0	570,32	573,82	0,00
1	545,42	1	544,77	545,10	-5,01
2	534,95	2	529,48	532,22	-7,25
3	526,17	3	520,71	523,44	-8,78
4	523,25	4	517,72	520,49	-9,29
5	523,34	5	517,65	520,50	-9,29
6	523,37	6	517,76	520,57	-9,28
7	523,54	7	517,65	520,60	-9,27
8	523,86	8	517,69	520,78	-9,24
9	522,97	9	517,31	520,14	-9,35
10	523,08	10	517,39	520,24	-9,34
11	522,97	11	517,4	520,19	-9,35
12	522,93	12	517,26	520,10	-9,36
13	522,85	13	517,03	519,94	-9,39
14	522,73	14	516,93	519,83	-9,41
15	522,78	15	516,97	519,88	-9,40
16	522,79	16	517	519,90	-9,40
17	522,82	17	516,92	519,87	-9,40
18	522,91	18	517,02	519,97	-9,39
19	522,6	19	517,14	519,87	-9,40
20	522,92	19	416,99	469,96	-18,10
21	522,83	19	516,96	519,90	-9,40
22	522,71	19	516,75	519,73	-9,43
23	522,87	19	517,1	519,99	-9,38

10%LS-55%SLAG

PROV. 1 GIORNO	PESO (g)	PROV.2 GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	564,25	0	563,36	563,805	0
1	541,81	1	538,93	540,37	-4,15658
2	519,01	2	518,62	518,815	-7,97971
3	513,59	3	512,7	513,145	-8,98538
4	510,96	4	509,98	510,47	-9,45983
5	510,89	5	509,95	510,42	-9,4687
6	511,38	6	510,26	510,82	-9,39775
7	511,52	7	510,36	510,94	-9,37647
8	511,46	8	510,56	511,01	-9,36405
9	510,77	9	509,97	510,37	-9,47757
10	510,85	10	509,81	510,33	-9,48466
11	510,66	11	509,65	510,155	-9,5157
12	510,56	12	509,65	510,105	-9,52457
13	510,58	13	509,42	510	-9,54319
14	510,51	14	509,43	509,97	-9,54851
15	510,49	15	509,43	509,96	-9,55029
16	510,52	16	509,49	510,005	-9,54231
17	510,55	17	509,54	510,045	-9,53521
18	510,65	18	509,5	510,075	-9,52989
19	510,3	19	509,34	509,82	-9,57512
20	510,45	20	509,59	510,02	-9,53965
21	510,25	21	509,27	509,76	-9,58576
22	510,52	22	509,47	509,995	-9,54408
23	510,73	23	509,63	510,18	-9,51127

20%LS-45%SLAG

V. 1 GIORNO	PESO (g)	PROV.2 GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	574,67	0	577,17	575,92	0
1	531,57	1	537,46	534,515	-7,18937
2	520,82	2	524,23	522,525	-9,27125
3	516,96	3	519,95	518,455	-9,97795
4	517,07	4	519,96	518,515	-9,96753
5	517,2	5	520,45	518,825	-9,9137
6	517,6	6	520,28	518,94	-9,89374
7	517,12	7	520,12	518,62	-9,9493
8	516,79	8	519,54	518,165	-10,0283
9	516,71	9	519,5	518,105	-10,0387
10	516,54	10	519,34	517,94	-10,0674
11	516,61	11	519,42	518,015	-10,0543
12	516,43	12	519,19	517,81	-10,0899
13	516,4	13	519,2	517,8	-10,0917
14	516,33	14	519,07	517,7	-10,109
15	516,4	15	519,16	517,78	-10,0952
16	516,37	16	519,11	517,74	-10,1021
17	516,52	17	519,14	517,83	-10,0865
18	516,16	18	519,03	517,595	-10,1273
19	516,41	19	519,09	517,75	-10,1004
20	516,21	20	518,7	517,455	-10,1516
21	516,2	21	519,31	517,755	-10,0995
22	516,37	22	519,12	517,745	-10,1012

30%LS-35%SLAG

PROV. 1 GIORNO	PESO (g)	PROV.2 GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	591,95	0	591,27	591,61	0
1	573,16	1	573,95	573,555	-3,05184
2	559,06	2	560,33	559,695	-5,3946
3	550,69	3	550,79	550,74	-6,90827
4	542,05	4	541,07	541,56	-8,45997
5	541,33	5	540,02	540,675	-8,60956
6	540,92	6	539,59	540,255	-8,68055
7	540,28	7	538,89	539,585	-8,7938
8	539,52	8	538,05	538,785	-8,92902
9	539,32	9	537,74	538,53	-8,97213
10	538,83	10	537,28	538,055	-9,05242
11	538,63	11	536,99	537,81	-9,09383
12	538,57	12	536,88	537,725	-9,1082
13	538,6	13	536,87	537,735	-9,10651
14	538,5	14	536,86	537,68	-9,1158
15	538,47	15	536,78	537,625	-9,1251
16	538,27	16	536,5	537,385	-9,16567
17	538,29	17	536,42	537,355	-9,17074
18	537,97	18	536,23	537,1	-9,21384
19	537,95	19	536,66	537,305	-9,17919
20	538,29	20	536,44	537,365	-9,16905
21	538,08	21	536,4	537,24	-9,19018
22	537,57	22	535,44	536,505	-9,31441

40%LS-25%SLAG

<i>f. 1</i> GIORNO	PESO (g)	PROV.2 GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	576,21	0	580,7	578,455	0
1	559,96	1	559,95	559,955	-3,19817
2	540,74	2	546,34	543,54	-6,03591
3	533,94	3	537,03	535,485	-7,42841
4	526,19	4	529,49	527,84	-8,75003
5	525,03	5	528,45	526,74	-8,94019
6	524,5	6	527,97	526,235	-9,0275
7	523,71	7	527,34	525,525	-9,15024
8	522,86	8	526,52	524,69	-9,29459
9	52249	9	526,15	26387,58	4461,733
10	522,09	10	525,92	524,005	-9,41301
11	521,59	11	525,78	523,685	-9,46833
12	521,44	12	525,65	523,545	-9,49253
13	521,45	13	525,71	523,58	-9,48648
14	521,32	14	525,65	523,485	-9,5029
15	521,16	15	525,55	523,355	-9,52537
16	521,02	16	525,52	523,27	-9,54007
17	521,07	17	525,53	523,3	-9,53488
18	520,56	18	525,21	522,885	-9,60662
19	520,81	19	525,18	522,995	-9,58761
20	520,72	20	524,81	522,765	-9,62737
21	521,23	21	525,43	523,33	-9,5297
22	520,07	22	524,64	522,355	-9,69825

PERDITA D'ACQUA DEI PROVINI DEL RITIRO VINCOLATO

REF

PROV. 1 GIORNO	PESO (g)	PROV.2 GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	1729,66	0	1724,18	1726,92	0,00
1	1681,30	1	1690,08	1685,69	-2,39
2	1635,76	2	1640,91	1638,34	-5,13
3	1621,78	3	1625,16	1623,47	-5,99
4	1613,93	4	1616,34	1615,14	-6,47
5	1613,66	5	1615,73	1614,70	-6,50
6	1613,17	6	1615,35	1614,26	-6,52
7	1612,56	7	1614,87	1613,72	-6,56
8	1612,53	8	1614,44	1613,49	-6,57
9	1610,98	9	1612,94	1611,96	-6,66
10	1610,65	10	1612,47	1611,56	-6,68
11	1609,79	11	1611,64	1610,72	-6,73
12	1609,70	12	1610,93	1610,32	-6,75
13	1609,06	13	1610,53	1609,80	-6,78
14	1608,95	14	1610,16	1609,56	-6,80
15	1608,70	15	1609,94	1609,32	-6,81
16	1608,68	16	1610,05	1609,37	-6,81
17	1608,52	17	1609,91	1609,22	-6,82
18	1608,52	18	1609,91	1609,22	-6,82
19	1608,32	19	1609,98	1609,15	180,43
20	1608,37	20	1609,79	1609,08	180,42
21	1607,76	21	1609,65	1608,71	180,35
22	1608,00	22	1609,39	1608,70	180,35
23	1607,72	23	1617,09	1612,41	180,99

10%LS-55%SLAG

PROV. 1 GIORNO	PESO (g)	PROV.2 GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	1732,72	0	1718,03	1725,375	0
1	1702,09	1	1680,81	1691,45	-1,96652
2	1643,25	2	1632,03	1637,64	-5,08526
3	1622,8	3	1611,78	1617,29	-6,26471
4	1612	4	1601,25	1606,625	-6,88283
5	1611,24	5	1600,72	1605,98	-6,92021
6	1610,82	6	1600,24	1605,53	-6,9463
7	1610,03	7	1599,52	1604,775	-6,99005
8	1609,63	8	1599,18	1604,405	-7,0115
9	1607,53	9	1597,78	1602,655	-7,11293
10	1606,74	10	1597,15	1601,945	-7,15408
11	1605,64	11	1596,15	1600,895	-7,21493
12	1605,42	12	1595,88	1600,65	-7,22913
13	1604,59	13	1595,33	1599,96	-7,26912
14	1604,16	14	1595,13	1599,645	-7,28738
15	1604,12	15	1594,84	1599,48	-7,29694
16	1604,15	16	1594,77	1599,46	-7,2981
17	1603,9	17	1594,61	1599,255	-7,30998
18	1603,76	18	1594,46	1599,11	-7,31839
19	1603,35	19	1594,11	1598,73	-7,34041
20	1603,63	20	1594,41	1599,02	-7,3236
21	1603,39	21	1594,15	1598,77	-7,33809
22	1603,11	22	1593,77	1598,44	-7,35722
23	1603,12	23	1593,78	1598,45	-7,35664

20%LS-45%SLAG

ROV. 1 GIORNO	PESO (g)	PROV.2 GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	1738,24	0	1743,11	1740,675	0
1	1666,83	1	1670,25	1668,54	-4,14408
2	1625,18	2	1628,59	1626,885	-6,53712
3	1611,32	3	1614,14	1612,73	-7,35031
4	1610,49	4	1613,1	1611,795	-7,40402
5	1610,27	5	1614,77	1612,52	-7,36237
6	1609,64	6	1612,87	1611,255	-7,43505
7	1609,09	7	1612,17	1610,63	-7,47095
8	1606,82	8	1610,16	1608,49	-7,59389
9	1606,22	9	1609,58	1607,9	-7,62779
10	1605,24	10	1608,47	1606,855	-7,68782
11	1605,09	11	1608,22	1606,655	-7,69931
12	1604,35	12	1607,69	1606,02	-7,73579
13	1604,15	13	1607,22	1605,685	-7,75504
14	1603,71	14	1607,22	1605,465	-7,76768
15	1603,7	15	1607,15	1605,425	-7,76997
16	1603,53	16	1606,91	1605,22	-7,78175
17	1603,42	17	1606,89	1605,155	-7,78549
18	1603,09	18	1606,4	1604,745	-7,80904
19	1602,95	19	1606,64	1604,795	-7,80617
20	1603,06	20	1606,53	1604,795	-7,80617
21	1603,12	21	1606,16	1604,64	-7,81507
22	1602,66	22	1605,98	1604,32	-7,83346

30%LS-35%SLAG

ROV. 1 GIORNO	PESO (g)	PROV.2 GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	1732,6	0	1737,41	1735,005	0
1	1697,55	1	1700,84	1699,195	-2,06397
2	1658,96	2	1658,62	1658,79	-4,39278
3	1636,33	3	1640,68	1638,505	-5,56194
4	1616,14	4	1622,61	1619,375	-6,66453
5	1613,57	5	1620,01	1616,79	-6,81353
6	1612,1	6	1918,47	1765,285	1,74524
7	1610,31	7	1616,68	1613,495	-7,00344
8	1607,5	8	1613,65	1610,575	-7,17174
9	1606,1	9	1612,32	1609,21	-7,25041
10	1604,47	10	1610,69	1607,58	-7,34436
11	1603,77	11	1610,29	1607,03	-7,37606
12	1603,34	12	1609,64	1606,49	-7,40718
13	1603,24	13	1609,39	1606,315	-7,41727
14	1603,02	14	1609,21	1606,115	-7,4288
15	1602,94	15	1609,13	1606,035	-7,43341
16	14602,82	16	1608,69	8105,755	367,1891
17	1602,44	17	1608,6	1605,52	-7,46309
18	1602,2	18	1608,62	1605,41	-7,46943
19	1601,94	19	1608,2	1605,07	-7,48903
20	1601,96	20	1608,1	1605,03	-7,49133
21	1602,03	21	1607,71	1604,87	-7,50055
22	1600,41	22	1606,59	1603,5	-7,57952

40%LS-25%SLAG

<u>I. 1</u> GIORNO	PESO (g)	<u>PROV. 2</u> GIORNO	PESO (g)	MEDIA (g)	Δm (%)
0	1729,65	0	1761,63	1745,64	0
1	1685,81	1	1704,39	1695,1	-2,89521
2	1650,61	2	1674,53	1662,57	-4,75871
3	1630,48	3	1654,89	1642,685	-5,89784
4	1608,39	4	1632,54	1620,465	-7,17072
5	1605,34	5	1629,77	1617,555	-7,33742
6	1603,79	6	1628,24	1616,015	-7,42564
7	1601,31	7	1626,28	1613,795	-7,55282
8	1598,18	8	1622,75	1610,465	-7,74358
9	1596,69	9	1621,49	1609,09	-7,82235
10	1594,77	10	1620,11	1607,44	-7,91687
11	1594	11	1619,1	1606,55	-7,96785
12	1593,42	12	1618,46	1605,94	-8,0028
13	1593,12	13	1618,13	1605,625	-8,02084
14	1592,99	14	1618,11	1605,55	-8,02514
15	1592,77	15	1617,95	1605,36	-8,03602
16	1592,26	16	1617,52	1604,89	-8,06295
17	1592,36	17	1617,57	1604,965	-8,05865
18	1592,02	18	1616,79	1604,405	-8,09073
19	1592	19	1617,13	1604,565	-8,08156
20	1591,72	20	1617,09	1604,405	-8,09073
21	1591,57	21	1617,01	1604,29	-8,09732
22	1590,48	22	1615,79	1603,135	-8,16348

RINGRAZIAMENTI

Innanzitutto ci tengo a ringraziare la Prof.ssa Francesca Tittarelli, che mi ha proposto questo progetto molto interessante riguardante problematiche di attualità. La sua disponibilità in ogni momento è stata molto importante.

Un ringraziamento speciale va anche ad Elisa Blasi, la dottoranda che mi ha seguito in questa sperimentazione. In questo percorso è riuscita a trasmettermi la sua passione per questo mondo tramite le sue conoscenze e la sua grande disponibilità.

Molto è cambiato in questi anni di università, dalle priorità alle responsabilità, passando dalla quotidianità e arrivando alle amicizie perse a quelle che sono arrivate. L'unica costante che rimarrà sempre è la Mia Famiglia ed io mi sento enormemente fortunato ad avere vicino mio Fratello Roberto, mia Madre Stefania e mio Padre Mauro.

Desidero dedicare questo traguardo a loro e ringraziarli, non solo per questi ultimi tre anni, ma per tutto quello che fanno, faranno e hanno fatto per me.

So che questi ringraziamenti non basterebbero mai a descrivere quello che rappresenta per me la mia famiglia, ma spero che leggendo queste poche righe lo possiate capire vista la mia grande difficoltà ad esprimermi soprattutto usando le parole.

Grazie a tutti coloro che ci sono stati,

Riccardo.