

*Università di Bologna  
Dipartimento di Chimica Applicata e  
Scienza dei Materiali*

*Paolo Malavasi*

*Dottorato di Ricerca in  
Ingegneria dei Materiali  
ING-IND/22  
XIX Ciclo  
a.a. 2005-06*

**Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni**

*Coordinatore: Prof.Ing. Giorgio Timellini*

*Relatore: Prof. Ing. Giorgio Timellini  
dott. Adelia Albertazzi  
dott. Antonella Tucci*



## **Indice**

### **1. Introduzione**

### **2 Criterio di selezione dei materiali**

#### 2.1 Conoscenza dei luoghi di lavoro.

2.1.1 *Le tipologie di azioni meccaniche connesse con le lavorazioni e il microclima.*

2.1.2 *Le tipologie di attacco chimico connesse alla natura dei prodotti alle lavorazioni.*

2.1.3 *Le tipologie di contaminazione microbica in funzione delle lavorazioni.*

*Contaminazione da muffe*

*Contaminazione da batteri*

2.2 Analisi delle esigenze tecniche di sicurezza congeneriche ai diversi luoghi.

2.3 Selezione dei materiali in funzione delle esigenze.

### **3 Caratterizzazione dei materiali.**

3.1 Caratterizzazione della microstruttura. Metodi normalizzati e non normalizzati

*Metodi normalizzati*

*Metodi non normalizzati:*

3.2 Caratteristiche prestazionali metodi normalizzati

3.3 Risultati della caratterizzazione e necessità di perfezionamento dei metodi

### **4 Caratteristiche e metodi non normalizzati: identificazione di nuovi metodi di prova**

4.1 Il metodo di invecchiamento delle superfici

4.2 Cessione di elementi da attacco chimico

4.3 Disinfettabilità

4.4 Resistenza allo scivolamento note sul metodo BCR

### **5 Definizione dei criteri di eccellenza in funzione dell'uso.**

### **6 Descrizione dei risultati**

6.1 Dati fisici

6.2 Dati microbiologici

6.3 Dati Chimici

### **7 Discussione dei risultati**

### **8 Conclusioni**

## **Bibliografia**

*Allegati:*

- Allegato 1 – Definizione della specifica tecnica di piastrelle di ceramica destinate all'utilizzo nell'industria alimentare
- Allegato 2 – Metodo di preparazione delle superfici invecchiate
- Allegato 3 – Risultati delle misure di rugosità ed osservazioni al microscopio elettronico a scansione
- Allegato 4 – Metodo di misura della cessione di elementi da attacco chimico
- Allegato 5 – Cessione di elementi da attacco chimico. Risultati delle prove preliminari.
- Allegato 6 – Metodo di misura della disinfettabilità
- Allegato 7 – Risultati delle misure di attrito dinamico effettuate con letture ogni 0,1s
- Allegato 8 – Quadro sinottico dei risultati della caratterizzazione fisica dei prodotti campione
- Allegato 9 – Risultati delle prove di disinfettabilità: prima serie
- Allegato 10 – Risultati delle prove di disinfettabilità: prima e seconda serie a confronto
- Allegato 11 – Analisi dei dati microbiologici
- Allegato 12 – Valutazione dei prodotti campione in funzione della resistenza chimica
- Allegato 13 – Confronto dei prodotti campione in funzione della reattività chimica
- Allegato 14 – Elaborazioni dei dati per lo studio delle correlazioni fra diverse proprietà e microstruttura: regressione lineare e ANOVA
- Allegato 15 – Approccio di valutazione delle proprietà delle piastrelle mediante logica Fuzzy



## **1. Introduzione.**

Questa ricerca è focalizzata sulle piastrelle di ceramica per pavimento e rivestimento, e su una specifica applicazione di tali materiali: il rivestimento di superfici nelle industrie alimentari. Sono stati presi in considerazione tutti gli ambienti della filiera in cui è prevedibile un contatto significativo delle superfici con sostanze destinate all'alimentazione ed anche quegli ambienti le cui superfici, nel loro insieme, possono essere veicolo o tramite di contaminazione batterica; i corridoi e gli uffici costituiscono l'esempio di questa categoria di luoghi di lavoro. Gli ambienti dell'industria alimentare si qualificano per esigenze particolarmente severe sia di pulizia ed igiene, (in conformità anche con prescrizioni legislative regolamentate come il D.Lgs 26/05/97, n°155) che di sicurezza di utilizzo (prevalentemente per quanto riguarda la scivolosità regolamentata dal D.L. 626/94).

Le condizioni operative all'interno delle zone di lavoro dell'industria alimentare sottopongono a sollecitazioni di forte intensità le strutture e le infrastrutture coinvolte. La preparazione di prodotti alimentari implica l'esistenza di processi produttivi estremamente severi che influenzano il microclima delle sale di lavorazione in termini di innalzamento di temperatura ed aumento di umidità oppure, al contrario, forti abbassamenti termici come nelle celle frigorifere o nelle zone di macellazione. A queste condizioni di microclima si aggiungono aggressioni chimiche dovute sia alle sostanze contenute negli alimenti che ai processi di disinfezione. Normalmente la disinfezione di superfici e pareti si effettua con prodotti ossidanti, in combinazione con sali quaternari di ammonio; talvolta è necessario incrementarne l'efficacia con l'utilizzo di vapore in pressione per garantire una completa rimozione dei residui ed un adeguato abbassamento della carica batterica. Questo comporta un ulteriore aumento dell'azione aggressiva e di usura. I materiali per il rivestimento delle superfici dei luoghi dell'industria alimentare devono possedere, perciò, caratteristiche di eccellenza per quanto riguarda la durabilità e l'inertia chimica oltre che un'intrinseca sicurezza per l'utilizzatore. In altre parole gli effetti delle azioni

cui esse sono sottoposte non devono alterare la superficie al punto tale da modificare significativamente le caratteristiche tecniche e strutturali necessarie all'utilizzo.

In relazione a questa applicazione è necessario focalizzare alcuni punti chiave:

le piastrelle di ceramica, per le loro caratteristiche intrinseche (di durezza, impermeabilità, resistenza all'attacco chimico ed all'abrasione, etc.) rappresentano uno fra i materiali più promettenti, in termini di conformità con le esigenze di assicurazione di igiene e pulibilità sopra citate.

Non tutte le piastrelle di ceramica sono idonee per le applicazioni in esame. L'identificazione delle piastrelle idonee deve basarsi su di una specifica tecnica, ma richiede la disponibilità di valori di riferimento o di limiti di accettabilità per la valutazione.

I valori di riferimento oggi utilizzati non sono basati su una adeguata conoscenza delle correlazioni fra microstruttura, proprietà e prestazioni delle piastrelle; si basano infatti su di una conoscenza empirica delle esigenze legate all'uso.

Le caratteristiche superficiali delle piastrelle cui appare associata la migliore conformità con i requisiti di igiene e pulibilità non sempre assicurano una comparabile soddisfazione delle esigenze di sicurezza dei lavoratori, in particolare rispetto al rischio di scivolamento; si suppone che le caratteristiche microstrutturali che si combinano con un'elevata capacità di disinfezione non siano correlate direttamente con quelle che assicurano un basso rischio di scivolamento.

Le piastrelle di ceramica con una specifica tecnica ottimale, nel rispetto delle esigenze di igiene e sicurezza sopra discusse, meritano una presentazione ed un'informazione specifica dei potenziali utilizzatori. Questa informazione è molto importante ai fini della diffusione dell'uso delle piastrelle di ceramica - o meglio, di un uso corretto delle piastrelle di ceramica - nelle ambientazioni in esame.

Gli obiettivi che si vogliono raggiungere sono i seguenti:

Studiare le correlazioni microstruttura, proprietà e prestazioni superficiali delle piastrelle di ceramica. Quindi derivare dei criteri quantitativi per la selezione dei materiali in funzione dell'impiego nell'industria Alimentare

Identificazione di una metodica di simulazione accelerata di invecchiamento delle superfici.

Identificare nuovi metodi di prova in grado di assicurare una più precisa caratterizzazione delle superfici in esame particolarmente in merito ai requisiti di igiene e sicurezza degli ambienti di preparazione, lavorazione e trasformazione di prodotti alimentari.

Identificare quali sostanze chimiche, che possono derivare dai processi e dalle lavorazioni dell'industria alimentare, sono in grado di danneggiare le superfici ceramiche e attraverso quale meccanismo di azione.

E' noto che i materiali ceramici con bassa porosità aperta, ovvero con una percentuale di massa d'acqua assorbita minore del 3% (m/m), posseggono, in larga misura, le caratteristiche necessarie, per essere destinati a questo comparto industriale. Essi sono sia chimicamente inerti che resistenti a severe sollecitazioni fisiche. E' indispensabile, però, essere in grado di selezionare l'eccellenza ed individuare, anche, quali siano le caratteristiche che la determinano. Per questa ragione ci si è prefissati di identificare dei metodi, che applichino un criterio di scelta quantitativo, in grado di selezionare i prodotti più idonei ed individuare un'altrettanto quantitativa correlazione struttura-proprietà dei materiali.

## 2 Criterio di selezione dei materiali

Per poter selezionare opportunamente i materiali da analizzare è stato necessario, innanzitutto, conoscere le tipologie e le caratteristiche operative e microclimatiche dei differenti luoghi di lavoro, effettuare un'analisi delle esigenze tecniche congeneriche ai diversi luoghi, identificare, infine, un protocollo per la valutazione dei requisiti minimi necessari all'impiego. Per compiere quest'ultima operazione preliminare, sono stati utilizzati metodi e procedure già esistenti<sup>1</sup> ed è stato preso in considerazione l'insieme di norme e leggi per il settore alimentare<sup>2,3</sup>. È doveroso premettere, alle considerazioni che seguiranno, che con *superficie di esercizio* si intenderanno, in questa tesi, tutte le superfici coinvolte nei processi di lavorazione quindi pareti e pavimenti ma anche banchi da lavoro o strutture rivestite coinvolte nella lavorazione (canalette di scolo piccole vasche di decantazione).

Nel dettaglio si è così operato:

### 2.1 Conoscenza dei luoghi di lavoro.

In questa sezione, per le superfici di esercizio dei locali di lavorazione dei prodotti alimentari, vengono identificate ed analizzate le sollecitazioni chimiche, fisiche, meccaniche e biologiche, oltre che le esigenze connesse alle specifiche lavorazioni ed alle condizioni microclimatiche. Alle condizioni tipiche dei locali industriali si sommano sollecitazioni ed esigenze specifiche, legate alla natura ed alla destinazione dei materiali lavorati.

I principali tipi di sollecitazioni sono:

- sollecitazioni fisico-meccaniche (usura per camminamento o trascinamento, urti, gelo, sbalzi termici);
- sollecitazioni chimiche (attacco basico per processi di disinfezione, attacco acido per contatto con le sostanze organiche alimentari);
- sollecitazioni biologiche (trattenimento di materiale, colonizzazioni di batteri o miceti per trattenimento di colonie, diffusione di micotossine).

I materiali di rivestimento di pavimenti e pareti debbono assicurare una conveniente durabilità rispetto ai livelli particolarmente elevati di queste sollecitazioni.

Si può in sintesi affermare che, pur essendo le condizioni di utilizzo diversificate in funzione del tipo di settore produttivo o della fase di lavorazione, è possibile individuare insieme di lavorazioni che hanno comuni condizioni operative e di aggressione chimica. Dalle conoscenze acquisite emerge chiaramente che i processi di lavorazione sono raggruppabili in tre grandi gruppi: sollecitazione termica a caldo, sollecitazione termica a freddo e sollecitazione fisica. Il raggruppamento è avvenuto così come di seguito descritto.

### *2.1.1 Le tipologie di azioni meccaniche connesse con le lavorazioni e il microclima.*

Verrà ora descritto come attraverso i dati esperienziali e le leggi-normative cogenti si è giunti al raggruppamento delle tipologie di azione meccaniche, che possono danneggiare le superfici di esercizio, per tipologia di sollecitazione, poiché in fase di caratterizzazione e nell'elaborazione dei nuovi metodi l'obiettivo era di simulare le condizioni più severe in modo da raggruppare più tipi di lavorazioni

Vi sono complessivamente diverse decine di lavorazioni ed ognuna di esse genera variazioni microclimatiche differenti. Mediante l'applicazione per legge dell'HACCP ogni azienda fissa i limiti di temperature ed umidità delle varie fasi di lavorazione, mentre le leggi e direttive cogenti definiscono i limiti di tolleranza umana al microclima. Incrociando i dati con i limiti di legge si è stati in grado di definire quali fossero le condizioni di simulazione più severe.

Le sollecitazioni termiche hanno, normalmente, i loro limiti massimi e minimi definiti dalla capacità di sopportazione del corpo umano per tutta la durata della giornata lavorativa. I picchi massimi e minimi si raggiungono in zone di lavoro in cui è presente il rivestimento ceramico ma non è richiesta la presenza dell'operatore (zone cottura o sale di congelamento). Le sollecitazioni chimiche, invece, sono definite dalla presenza di liquidi di processo (normalmente provenienti dagli alimen-

ti). Le sollecitazioni biologiche provengono dal tipo di alimento lavorato e dall'ubicazione dell'azienda (quartiere artigiano, zona industriale, rurale etc.).

Dall'analisi delle leggi è risultato che esse non determinano precise temperature o livelli di umidità, bensì pongono come obiettivo fondamentale il benessere fisico delle maestranze.

Se ne evince che laddove non sono necessari particolari *Dispositivi di Protezione Individuali* o particolari condizioni di lavorazione le condizioni di microclima non possono essere tali da arrecare danni alla salute questo accade per la maggior parte dei luoghi di lavoro.

Le leggi e le direttive prese in considerazione in questo lavoro di tesi sono, in sintesi, le seguenti brevemente elencate:

- art. 2087 cod. civ. : *Tutela delle condizioni di lavoro.*
- Legge 864/70 art. 10 *Ratifica ed esecuzione delle Convenzioni nn. 91, 99, 103, 112, 15, 119, 120, 122, 123, 124 e 127 dell'Organizzazione internazionale del lavoro.*
- Direttiva CEE 89/654 All. I, punto 7.1: *Prescrizioni minime di sicurezza e di salute per i luoghi di lavoro.*
- Direttiva CEE 92/104 Allegato, punto 16.6.1: *Prescrizioni minime intese al miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori delle industrie estrattive a cielo aperto o sotterranee.*
- DPR 303/56 art. 7 comma 1 art. 9 art. 11: *Norme generali per l'igiene del lavoro.*
- DLgs 626/94 art. 33: *Miglioramento.*

Nessuna di queste definisce limiti precisi per ogni produzione, trovandosi nell'impossibilità di limitare il ciclo produttivo, ma appare evidente che si debbano prevedere l'esistenza di limiti di temperatura estremi che richiedano doti di resistenza al gelo ed allo shock termico – come può accadere nelle sale di congelamento-conservazione dei cibi (-20 °C) o nelle zone di bollitura e cottura (40 °C).

La suddivisione in gruppi che segue, consente di mostrare chiaramente che per ogni diversa lavorazione sussistono condizioni di microclima accomunabili.

Gruppo 1, sollecitazione termica (esempi di lavorazioni a caldo):

- Bollitura
- Pastorizzazione.
- Cagliatura.
- Essiccamento.
- Torrefazione.

Gruppo 2, sollecitazione termica (Esempi di lavorazioni a freddo):

- Congelamento.
- Macellazione.
- Stagionatura.
- Conservazione per surgelamento.

Gruppo 3, sollecitazione fisica (esempi di lavorazioni con movimentazione di carichi

- Trascinamento di contenitori.
- Spostamento di carri.
- Transito di carrelli elevatori.
- Caduta oggetti contundenti come attrezzi o parti di scheletro di animali.
- Spostamento di impianti o attrezzature per operazioni di pulizia.

Merita una particolare considerazione il fatto che raramente ci si trova in assenza di acqua o di umidità poiché l'acqua è sia una sostanza onnipresente in tutti i processi produttivi sia perché è comunemente utilizzata come principale agente pulente. Le sollecitazioni di tipo meccanico sono sempre combinate con sollecitazioni di tipo chimico. Così come individuato dalla conoscenza dei luoghi di lavoro lo strofinamento o abrasione delle superfici avviene praticamente sempre in presenza di sostanze acide (oli, acidi grassi, acido lattico) o basiche (prodotti tecnici per la pulizia degli ambienti). L'azione usurante di primaria importanza è data dalla movimentazione di carrelli, strutture o dal transito di persone. Al transito di persone è associa-

to il problema della scivolosità, forse uno dei più gravosi da circoscrivere. Nell'arco di una fase di lavorazione, l'azione di aggressione chimica è dovuta alla presenza, sulle superfici, degli alimenti, vista la natura dei quali, si prevede sia prevalentemente di tipo acido - ossidativo. Gli acidi organici, pur essendo acidi deboli, aumentano, però, la loro aggressività attraverso la capacità di complessare metalli; un esempio di questo è il comportamento dell'acido ossalico in grado di dare composti chelati con i metalli: gli ossalati. Comunemente gli acidi organici sono acidi deboli con costanti di dissociazione ionica piuttosto bassa come si può semplicemente evincere dai dati in letteratura<sup>4</sup>, per avere alcuni esempi di riferimento si osservi l'acido formico (HCOOH), che possiede una  $k_a = 1,77 \cdot 10^{-4}$ , mentre l'acetico (CH<sub>3</sub>COOH), che si colloca ancora più in basso nella scala di costanti di dissociazione ionica, possiede una  $k_a = 1,75 \cdot 10^{-5}$ , infine il benzoico (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH) ha  $k_a = 6,3 \cdot 10^{-5}$ .

Un ruolo importante giocano le condizioni di microclima. Le temperature possono variare dai 30 / 40 °C di un'industria casearia ai -20°C di una cella di conservazione di carni o pesce. Le carni, per esempio, si lavorano prevalentemente a temperature nell'ordine dei 10 / 15 °C, mentre vengono conservate a temperature inferiori allo zero rendendo preponderante il problema della resistenza al gelo. L'umidità relativa è, generalmente, al di sopra del 65% solo raramente deve essere mantenuta rigorosamente nell'intorno del 50% (conservazione dei cereali e della frutta essiccata). Ne conseguono due eventi distinti:

1. per temperature inferiori a 0°C si ha la solidificazione dell'acqua da cui le ben note sollecitazioni per congelamento.
2. per temperature superiori a 0°C, l'umidità o l'acqua allo stato liquido presente sulle superfici, aumenta l'effetto abrasivo dei detriti pulverulenti normalmente presenti su ogni superficie.

Tale problema è estremamente accentuato in aziende prossime a zone rurali come le lattiero casearie o le confezionatrici di frutta e verdura; esse sono normalmente



dislocate vicino alle zone agricole di produzione. Conseguenza di ciò è un'inevitabile introduzione di polveri per trasporto umano o per eventi meteorici.

### 2.1.2 *Le tipologie di attacco chimico connesse alla natura dei prodotti alle lavorazioni.*

Un metodo analitico analogo è stato seguito per valutare le sollecitazioni di tipo chimico. Dalle ricerche bibliografiche effettuate risulta che nessuna legge definisce l'introduzione nel processo di prodotti chimici per la disinfezione delle superfici<sup>2,3</sup>. L'unico riferimento è relativo al fatto che le superfici di esercizio devono essere prive di cariche batteriche infettanti e nel caso vi sia un eccesso di carica batterica si deve . Tale operazione è obbligatoria per legge e rientra all'interno dell' HACCP. La ricaduta sul problema delle sollecitazioni chimiche si ha attraverso la semplice considerazione logica che la disinfezione avviene mediante l'azione combinata di sostanze acide o basiche ( $H_3PO_4$ , KOH o NaOH) utilizzate per rimuovere i residui grossolani e sostanze disinfettanti, normalmente degli ossidanti NaClO,  $H_2O_2$  – perossidi in genere – o dei sali quaternari d'ammonio.

Le combinazioni di tutte le possibili aggressioni chimiche sono innumerevoli. Esse, seppure estremamente differenziate, sono, però, generate da processi di lavorazione assimilabili in gruppi comuni con caratteristiche analoghe:

Gruppo 1, sollecitazioni per attacco acido:

- Pulizia di impianti veicolanti latte o caglio.
- Rimozione di residui caseari dalle superfici sulle quali si effettuano lavorazioni ( $CaCO_3$ ).
- Rimozione di residui animali.
- Rimozione di residui vegetali.
- Attacco da parte dei prodotti di lavorazione stessi.
- Attacco da parte di additivi alimentari.

Gruppo 2, sollecitazioni per attacco basico:

- Rimozione di oli e grassi.
- Disinfezione con prodotti clorossidanti.
- Disinfezione con sali quaternari d'ammonio.

Gruppo 3, sollecitazioni combinate:

- Acide con mezzi di rimozione meccanica.
- Basiche con mezzi di rimozione meccanica.

Per quanto riguarda l'attacco chimico è necessario sottolineare che quasi tutti gli alimenti di origine vegetale contengono significative quantità di acidi organici i quali contribuiscono, in molti processi produttivi, all'attacco chimico delle superfici. Pur essendo numerosi in natura, tali acidi hanno un comportamento sostanzialmente simile dipendente dal gruppo funzionale carbossilico, la struttura e lunghezza della catena alchilica non posseggono caratteristiche tali da modificare in maniera significativa l'attività del gruppo funzionale (R-COOH). Tali acidi, provenienti dalla sintesi metabolica dei vegetali, presentano una catena alchilica con uno o più gruppi carbossilici legati, non vi sono sostituenti in catena (F, Cl, Br o  $-\text{NO}_2$ ) con elettronegatività tali da lasciare supporre un effetto indotto sul gruppo funzionale o effetti tautomerici (sostituenti prossimi al gruppo carbossilico come metilchetoni). Si può portare ad esempio  $\text{H}_3\text{PO}_4$  che, pur essendo un acido forte in prima dissociazione, ha  $K_a=7,5 \cdot 10^{-3}$  addirittura minore, di  $\text{CCl}_3\text{COOH}$  (prodotto di sintesi) con  $K_a=2 \cdot 10^{-1}$  4 ordini di grandezza maggiore del non sostituito  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (acido acetico derivante dalla fermentazione enzimatica del vino) con  $K_a 1,75 \cdot 10^{-5}$ .

Si può concludere, perciò, che la forza di attacco per gli acidi sia in larga misura simile e che tutte le industrie che operano con prodotti di origine vegetale, ivi incluse le industrie enologiche, soffrano della stessa tipologia di problemi dovuti alla corrosione di acidi come lattico, citrico o pummarico, ed abbiano le stesse necessità.

### 2.1.3 *Le tipologie di contaminazione microbica in funzione delle lavorazioni.*

Si diversifica dai precedenti due l'approccio utilizzato per valutare il rischio di contaminazione microbica per ogni differente settore e processo. Tenuto in considerazione che nulla viene detto dalla legislazione in merito al rischio di contaminazione delle superfici – tutto il processo di controllo è rivolto al prodotto finale: l'alimento – e tenuto conto che la contaminazione non dipende dal tipo di processo, si è ritenuto più corretto partire dalla conoscenza dei veicoli e delle modalità di diffusione dei microrganismi così come prevede l'approccio delle metodiche microbiologiche.

L'approccio metodologico per l'elaborazione di un metodo di misura della disinfezione non considera quanto la lavorazione incida sulla contaminazione ma quanto un certo tipo di lavorazione, quindi di struttura ambiente-superficie, sia soggetta a contaminazione. A sua volta la maggiore o minore probabilità di contaminazione dipende dal tipo di microrganismo stesso.

In ambito sanitario, vista l'ovvia impossibilità di tenere sotto controllo tutte le forme ed i tipi di microrganismi esistenti, si propende per la ricerca dei soli microrganismi indicatori di contaminazione; per questo motivo le metodiche ed i protocolli di analisi sono gli stessi sia nell'industria alimentare che, ad esempio, in ambiente ospedaliero (stanze sterili o sale operatorie). In entrambi i casi si procede cercando microrganismi indicatori di contaminazione nelle zone di più elevata probabilità di contaminazione. Due esempi di meccanismi di proliferazione possono essere di aiuto per comprendere perché tra le migliaia di specie viventi contaminanti si è scelto un unico microrganismo (*Pseudomonas Aeruginosa*) per valutare il rischio di contaminazione.

#### ***Contaminazione da muffe:***

innanzitutto è necessario evidenziare che è stato ritenuto inutile e non significativo un eventuale tentativo di valutazione dell'interazione tra muffe o lieviti

Le muffe sono un tipo di funghi pluricellulari, capaci di ricoprire le zone di attacco sotto forma di spugnosi miceli e solitamente si riproducono per mezzo di spore.

Contano una quantità innumerevole di specie che si diffondono per impollinazione anemofila o entomofila. Le numerose spore rilasciate dalle muffe non causano normalmente alcun danno negli uomini, ma le ife che crescono da queste spore possono aderire alle cellule del primo tratto dell'apparato respiratorio e causare problemi in chi ha delle insufficienze immunitarie, alcuni generi producono tossine estremamente dannose come *Aspergillus*<sup>6</sup>. Per queste ragioni la contaminazione da muffe può, effettivamente, costituire un problema in luoghi di lavorazione poiché questi microrganismi possono aggredire anche le superfici di rivestimento interno persino di celle frigorifere. In questo caso, però, la presenza di muffa non è attribuibile ad una inidoneità delle superfici ma piuttosto a deficit strutturali e progettuali del luogo in cui avviene l'attacco come una scarsa esposizione alla luce solare, un'eccessiva umidità dovuta ad un mancato isolamento o ad una mancata ventilazione ovvero ad una ventilazione che coinvolge aria esterna ricca di spore.

Ne deriva, all'atto pratico, che un'azienda situata in zona rurale dovrà prestare maggior attenzione alla caduta di polveri o alla presenza di insetti i quali sono spesso veicolo di spore micotiche.

Le procedure di controllo per ambienti ubicati in zone soggette a contaminazione prevederà la ricerca di *Aspergillus*, la cui presenza è un indicatore certo di contaminazione da spore, si dovrà quindi, in un secondo momento, ricercare nei cibi *Ocratossine A e B* o *Aflatossine*, prodotte da *Aspergillus*, la cui cancerogenicità è ben nota.

È ora necessario sottolineare che le industrie alimentari più soggette sono tutte quelle che lavorano, immagazzinano o confezionano vegetali, principalmente essiccati ma ogni settore può essere soggetto. I processi produttivi coinvolti dalla stessa contaminazione sono estremamente diversificati. Si va dalla torrefazione del caffè all'essiccamento dei cereali fino al confezionamento di verdure in foglia.

Appare evidente, da quanto sinora detto, che la contaminazione non dipende dal processo produttivo o dalle strutture impiegate, ne tantomeno dalle superfici di contatto ma l'eventuale proliferazione di queste forme di vita, sulle superfici, è funzione solo della presenza di sostanze organiche sulle superfici stesse.

Infine, poiché la contaminazione degli alimenti avviene direttamente dalla spora all'alimento stesso senza veicoli intermedi, abbiamo ritenuto non opportuno includere la ricerca di questi microrganismi. Il problema che si porrebbe sarebbe quello non dello studio dell'affinità del microrganismo con la superficie ceramica ma della rimozione delle tracce di materiale estraneo dalle superfici. In questo caso si ricade nell'ambito di un'aggressione chimica di pulizia ovvero all'interno delle problematiche cui il metodo di prova chimico tenta di dare una risposta.

### ***Contaminazione da batteri:***

I batteri sono microrganismi unicellulari in grado di diffondersi su innumerevoli tipi di substrati sotto forma di colonie, sono in grado di formare biofilm con struttura a catena di polisaccaridi che li rende capaci di vivere in ambienti inospitali come condotti per lo scolo delle acque e di colonizzare rapidamente ampie superfici<sup>7,8</sup>. Anche questa famiglia di organismi viventi conta, come le muffe, numerose specie. Molte di loro sono aerobiche, ambientali o addirittura sinergiche con gli organismi viventi. Si può riassumere che i batteri (scientificamente procarioti o schizomiceti) si distinguono in due gruppi principali: archeobatteri ed eubatteri. I primi vivono spesso in situazioni di temperatura e pH molto inospitali. Gli eubatteri comprendono la maggior parte dei restanti batteri; alcuni gruppi sono i micoplasmi, le rickettsie, gli attinomiceti, le spirochete, le pseudomonadi, e gli azotofissatori. Come microrganismo oggetto di studio abbiamo scelto *Pseudomonas Aeruginosa* per una serie di ragioni legate alla natura del battere stesso.

Abbiamo inteso, compiendo questa scelta, di individuare un organismo che sia un indicatore significativo della presenza di contaminazione, diversamente dalle muffe o dai lieviti la sua capacità riproduttiva è scarsamente o per nulla influenzata dalla densità del substrato non necessita di zone sulle quali installarsi. Esso può vivere anche su superfici estremamente lisce e poco porose, la sua persistenza sulla superficie è indice di una affinità con il substrato, in questo caso non l'alimento stesso o sporco tenace ma la superficie ceramica. Inoltre, esso è particolarmente resistente

ai processi di disinfezione, è un organismo con un'elevata autonomia e, pur non dipendendo da altre forme viventi, sopravvive anche con scarsissime quantità di sostanze alimentari è noto in letteratura che *Pseudomonas Aeruginosa* vive a lungo anche in sola acqua distillata, su superfici di vegetali in presenza di umidità. In buona sostanza è un organismo resistente a tal punto che la sua eliminazione presuppone la contemporanea distruzione di tutte le altre forme batteriche. La sua presenza è un indicatore di contaminazione delle superfici di lavoro<sup>5</sup>.

È stato possibile individuare i diversi veicoli di infezione.

Veicolo 1, diffusione per contatto. Il veicolo materiale può essere l'uomo, l'animale o le apparecchiature che vengono in contatto con le superfici. Un tramite del contagio possono essere anche zone non strettamente adibite alla produzione come uffici, bagni o corridoi. Non sono da sottovalutare le contaminazioni da parte degli alimenti verso le superfici o le attrezzature, specialmente nelle fasi di macellazione delle carni, mungitura o lavaggio dei vegetali freschi. In questo caso i batteri sono presenti nell'alimento stesso e possono trasferirsi sulla superficie. Ogni fase di lavorazione si chiude con un processo di disinfezione per evitare che eventuali contaminazioni degli alimenti del ciclo precedente infettino quelli successivi oltre che per evitare un eccesso di proliferazione.

Veicolo 2, diffusione per via aerea. Il veicolo materiale è l'aria, sia quella interna ai reparti di lavorazione, veicolata dagli impianti di condizionamento, sia quella proveniente dall'esterno. Principalmente nelle zone rurali le correnti d'aria esterne combinate con eventi meteorici trasportano lieviti o spore di muffe anche estranee al processo di lavorazione. Molti di questi microrganismi sono parassiti infettanti o generatori di sostanze tossiche non tremolabili le micotossine.

## 2.2 Analisi delle esigenze tecniche di sicurezza congeneriche ai diversi luoghi.

La sicurezza per chi lavora, rispetto ai rischi di scivolamento o passo falso è dovuta alla presenza di sostanze e liquidi di processo, che possono alterare lo stato della superficie. L'incidenza percentuale di tali infortuni si può ottenere analizzando la banca dati nazionale INAIL da cui risulta che gli infortuni per passo falso/scivolamento indennizzati nel 2005 pesano con un'incidenza del 18% del totale rispetto ai diversi settori dell'industria e che il settore alimentare si mantiene nella media dell'industria italiana con il 15% del totale degli infortuni indennizzati del settore. La durata media di questo tipo di infortuni è di 24 giorni con un premio complessivo di 1,097 Mgl di euro nel 2005 (la cifra oscilla intorno ai 1,097 Mgl di euro per gli anni precedenti). Da questi dati è stata dedotta l'importanza del mantenimento di requisiti antiscivolo per le superfici in generali di camminamento. In generale si è consci del fatto che la ceramica, quando presenta buone doti di aderenza può essere caratterizzata da rugosità o porosità superficiali che contribuiscono a trattenere detriti di sporco.

La sicurezza delle sostanze alimentari lavorate, rispetto ai rischi di contaminazione e la sicurezza per chi opera (infezione dell'operatore), nonché per il rilascio di sostanze nocive e di agenti patogeni, non è contemplata nelle sorgenti di rischio della banca dati INAIL. Per ciò che riguarda l'aggressione chimica delle superfici e la cessione non vi sono dati che permettano di dedurre i rischi connessi. Nemmeno relativamente all'ambito microbiologico è possibile correlare gli infortuni per tossinfezioni da contatto con la contaminazione delle superfici. Inoltre, nessuna banca dati nazionale ha dati che permettano di correlare la trasmissione di agenti patogeni dalle superfici agli alimenti con le tossinfezioni dei consumatori finali. Tutto il lavoro svolto nell'ambito di questa ricerca (nell'ambito dei problemi microbiologico e chimico) è basato sulla bibliografia scientifica<sup>9,10,11</sup> in merito alle conoscenze delle modalità di trasferimento batterico e di compatibilità con gli alimenti. Altresì, per l'aggressione chimica, sulle conoscenze acquisite e dai dati esperienziali relativi all'attacco chimico. In particolare, lo stato attuale delle conoscenze sui livelli delle sollecitazioni citate – e, corrispondentemente, sulle caratteristiche che i mate-

riali di rivestimento di pavimenti e pareti debbono possedere per assicurare sia la resistenza e la durabilità, nelle condizioni di esercizio previste, sia la soddisfazione delle esigenze sopra elencate – è sufficiente per gli aspetti fisico-meccanici, ma solo qualitativa per gli aspetti di contaminazione. Non è noto nessun lavoro in merito alla valutazione del rischio di contaminazione biologica.

Ricordiamo che, al fine di definire le caratteristiche di contaminazione e di sviluppare specifici metodi di prova, occorre sviluppare dei modelli di simulazione standardizzati che riproducano adeguatamente le condizioni di esercizio negli ambienti in questione. Attualmente poco si sa circa i meccanismi di interazione dei fenomeni chimici, fisici e biologici coinvolti. Risulta dalle ricerche bibliografiche, in particolare dall'importante lavoro svolto da Sergio Di Macco circa gli Standard Igienico Sanitari nei luoghi degli alimenti, che non vi è alcuna indicazione specifica, in campo normativo e legislativo, che possa orientare il lavoro in funzione di predefiniti requisiti meccanici, chimici o biologici di pavimenti e rivestimenti. Nonostante, nell'industria alimentare, si siano compiuti innumerevoli progressi al fine di migliorare le prassi di igiene connesse alla produzione e la conservazione degli alimenti, ci si trova nella condizione in cui non si ha alcuno strumento in grado di valutare la miglior predisposizione di certi materiali ad essere impiegati, in luogo di altri. In effetti gli unici criteri di impiego suggeriti possono essere brevemente riassunti in: durabilità, o resistenza all'uso, pulibilità delle superfici, disinfettabilità nonché la facilità di drenaggio dei liquidi di lavaggio: dove però di tali caratteristiche vengono fornite solo definizioni e valutazioni qualitative.

Vengono ora proposti alcuni approfondimenti, che hanno costituito la base di partenza per l'attività sperimentale svolta.

Un punto critico è la presenza di umidità alle basse temperature poiché provoca condensazione del vapore acqueo sulle superfici, questo favorisce l'aggressione chimica e la formazione di contaminazioni biologiche. Si ritiene quest'ultimo punto di estrema importanza in questa ricerca a causa delle ricadute immediate e pesanti che può avere sull'uomo.



Allo stato attuale della conoscenza risulta che non siano state indicate da leggi o norme specifiche tecniche circa l'utilizzo di materiali più resistenti di altri alla contaminazione da microrganismi, né che vi siano ricerche sulla intrinseca resistenza dei materiali ceramici nei loro confronti. E' noto, però, quanto sia alto il rischio di contrarre o trasmettere infezioni batteriche attraverso il contatto da superfici o utensili infetti. E' importante perciò che una simulazione di resistenza all'attacco biologico sia il più possibile corrispondente al reale e che permetta di individuare possibili sorgenti di rischio, soprattutto in ragione dell'accresciuta resistenza di alcuni ceppi batterici sia ai trattamenti con i comuni disinfettanti che, quando già entrati a contatto con l'uomo, ai trattamenti con antibiotici<sup>6</sup>. Ne consegue l'importanza di valutare anche l'entità di proliferazione delle colonie al fine di garantire la minor interazione con gli alimenti e la ridotta propensione all'infettabilità delle superfici di esercizio.

I batteri, se non completamente eliminati, possono acquisire delle resistenze specifiche. Un esempio per tutti, ricavato dalle fonti dell'Istituto Superiore di Sanità, è l'aumento di casi clinici di infezioni dovute a ceppi antibiotici a resistenza multipla verso più classi antibiotiche. Si sottolinea in particolare la resistenza anche al trattamento con vancomicina da parte di *Staphylococcus aureus*, battere decisamente patogeno già da tempo a resistenza multipla. Non risulta documentazione o simili ricerche statistiche per il settore alimentare.

A questo riguardo, per avere una stima di quanto la lotta ai microrganismi sia all'ordine del giorno, è sufficiente citare quanto, in ambito ospedaliero, l'accresciuto livello di allerta degli istituti nazionali ospedalieri di sorveglianza di Giappone, Regno Unito e USA, nei confronti di MRSA (Methicillin – Resistant *Staphylococcus Aureus*)<sup>6</sup>. Viene consigliato, come unica soluzione sicura, al fine di evitare i processi infettivi sull'uomo, di aumentare i livelli di controllo nelle procedure di profilassi di igiene. Tali procedure includono l'aumento dei processi di disinfezione e della loro forza e, di conseguenza, tanto più una superficie è resistente alla colonizzazione tanto più sicuro è il grado di disinfezione dopo il trattamento di profilassi. Si può concludere questa rapida panoramica sul problema della conta-

minazione microbiologica accennando all'aumentato interesse della comunità scientifica anche nei confronti della prevenzione dalle intossicazioni da micotossine (tossine dei funghi o miceti, altra classe di microrganismi). Il controllo della proliferazione dei miceti avviene prevalentemente attraverso l'utilizzo di materiali che consentano di mantenere un elevato livello di pulizia e che contribuiscano a controllare l'umidità relativa delle zone di stoccaggio dei prodotti alimentari affetti dal problema delle contaminazioni micotiche (prodotti della panificazione, cereali, prodotti per la prima colazione etc.).

Alla luce del quadro conoscitivo ora sinteticamente tracciato e delle indagini e delle visite effettuate presso diverse tipologie di industrie alimentari si rileva che le caratteristiche chimico – meccaniche da studiare saranno molteplici. Sarà, prima di tutto, necessario valutare il comportamento all'usura, allo scivolamento ed all'aggressione di microrganismi ed identificare una corretta procedura di disinfezione, inquadrabile nelle normali prassi di igiene imposte dalle leggi, che né danneggino né alteri il supporto ceramico.

### 2.3 Selezione dei materiali in funzione delle esigenze.

Vista la notevole quantità di prodotti attualmente sul mercato si è stato messo a punto un protocollo di prova (Allegato 1) per selezionare solo materiali ad elevata resistenza e durabilità, che consentisse, allo stesso tempo, di valutare quantitativamente la capacità discriminante dei metodi di prova attualmente utilizzati. Lo scopo era di poter studiare il comportamento su campioni di materiale tra loro differenti ma con caratteristiche di eccellenza. Mediante il processo di caratterizzazione si è valutato se i materiali scelti posseggano le caratteristiche tecniche che definiremo di base, ovvero che possano sopportare fenomeni di gelività ed aggressioni chimico meccaniche valutati secondo le procedure ed i metodi di prova descritti dalla ISO 10545. Si è proceduto poi ad ampliare i metodi che si sono ritenuti di maggiore utilità per l'approfondimento delle conoscenze.

Il processo di selezione dei materiali è avvenuto in tre fasi:

Ricerca sul mercato di prodotti differenziati per struttura-composizione superficiale, processo produttivo.

Il criterio utilizzato nella scelta è stato quello della massima differenziazione pur mantenendo lo stesso lotto per ogni prodotto.

Identificazione dei prodotti commerciali con caratteristiche tecniche *dichiarate* compatibili alle esigenze sinora descritte. Valutando quanto dichiarato dal produttore e in base ai dati forniti è stata effettuata la campionatura. I requisiti essenziali erano:

- assorbimento d'acqua come per gruppo BIa e BIb o AI [ $E < 3\%$  (m/m)],
- modulo di rottura come previsto dalla ISO 14411,
- resistenza al gelo,
- resistenza all'attacco chimico.

Il criterio utilizzato è stato quello della simulazione di progettazione, ovvero ci si è posti nelle condizioni di scegliere come per costruire un ambiente destinato ai vari usi. Si sono inclusi anche gli uffici, i bagni ed i corridoi considerati parte integrante della struttura di una azienda. Durante i sopralluoghi gli enti preposti al controllo dell'igiene (ASL e NAS) valutano, infatti, anche il livello di igiene di questi ambienti.

L'applicazione del protocollo (Allegato 1) ci ha consentito di verificare esattamente le caratteristiche tecniche dei prodotti oggetto di esame oltre che la correttezza di quanto dichiarato dal fornitore.

Il criterio utilizzato in questa fase è stato quello di valutare attentamente l'effettiva idoneità dei prodotti scelti. Non sono state riscontrate significative difformità da quanto dichiarato.

### **3 Caratterizzazione per la conoscenza dei materiali.**

La caratterizzazione deve essere intesa come un'operazione diversa dalla precedente di scelta e scrematura. In questa fase sono stati utilizzati, per un più approfondito studio dei materiali, metodi e tecnologie non previsti dalla ISO 10545. In questo capitolo, sulla base del quadro che è stato sinora tracciato, vengono non solo identificate le caratteristiche tecniche *rilevanti* rispetto alle sollecitazioni ed esigenze associate alle pavimentazioni dei locali di lavorazione dei prodotti alimentari; vengono anche descritti i metodi di misura ed i criteri di valutazione dei materiali.

Il principale riferimento è rappresentato dalle norme vigenti per le piastrelle di ceramica:

la norma UNI EN 14411<sup>13</sup>, che classifica le piastrelle di ceramica, riporta l'elenco delle caratteristiche tecniche che le piastrelle debbono possedere in relazione al loro impiego, e le specifiche tecniche di riferimento, con requisiti di accettabilità o criteri di valutazione delle diverse caratteristiche. Questa norma contiene anche le prescrizioni relative alla marcatura CE;

la norma UNI EN ISO 10545, che riporta i metodi di misura e prova delle diverse caratteristiche.

Queste norme si sono rivelate sufficienti ed adeguate per alcune caratteristiche, ma non per altre, ritenute di significativa importanza ai fini della ricerca. In questa sezione vengono pertanto introdotte e documentate anche nuove metodologie per alcune caratteristiche normalizzate, o nuove caratteristiche, non contemplate nell'attuale corpo normativo. Le caratteristiche ritenute pertinenti e significative, in relazione alle sollecitazioni ed esigenze per le pavimentazioni dei locali di lavorazione dei prodotti alimentari, sono indicate in Tabella 1. Su queste caratteristiche è stata focalizzata l'attenzione, al fine di perseguire gli obiettivi del lavoro di tesi. Si noti che, accanto a caratteristiche normalizzate (incluse nella specifica riportata nelle norme vigenti, e con metodi di misura anch'essi normalizzati, o comunque accettati anche se non ancora incluse nei corpi normativi internazionali), ve ne sono alcune non normalizzate, per le quali è stato necessario sviluppare sia la definizione, sia il metodo di misura.

Tabella I – Caratteristiche pertinenti per le piastrelle di ceramica per locali di lavorazione di sostanze alimentari.

<i>Tipo di caratteristiche sollecitazioni-esigenze</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Metodo normalizzato</i>	<i>Note</i>
<b>Struttura porosa</b>	Assorbimento d'acqua	UNI EN ISO 10545. 3	Metodi: 5.1.1. Ebollizione 5.1.2. Sotto vuoto
<b>Meccaniche massive</b>	Modulo di rottura	UNI EN ISO 10545. 4	
<b>Meccaniche superficiali</b>	Resistenza all'abrasione (UGL)	UNI EN ISO 10545. 6	
<b>Chimiche superficiali</b>	Resistenza chimica	UNI EN ISO 10545. 13	
	Resistenza alle macchie	UNI EN ISO 10545. 14	
<b>Sicurezza</b>	Resistenza allo scivolamento (coefficiente di attrito statico e dinamico)	ASTM C 1028 BCR Tortus	
	Cessione di elementi		Nuovo metodo sviluppato nell'ambito del progetto
	Disinfettabilità		Nuovo metodo sviluppato nell'ambito del progetto
<b>Durabilità</b>	Mantenimento nel tempo delle caratteristiche rilevanti		Nuova procedura sviluppata nell'ambito del progetto
<b>Microstruttura della superficie</b>	Rugosità	ENV 623-4.23	Rugosimetro Hommel Tester, T2000
	Morfologia della superficie		Microscopio elettronico a scansione, SEM, (Zeiss EVO 40).

Fra le caratteristiche “non normalizzate” vi è anche la durabilità. Il concetto sotteso da questo termine – e quindi la definizione adottata nell’ambito di questa ricerca – è di “mantenimento nel tempo delle caratteristiche rilevanti”. Ovviamente, non tanto il tempo, quanto “l’uso e l’usura” nel tempo possono, in linea di principio, alterare le proprietà iniziali di un materiale da pavimento.

Per la durabilità, nell’accezione ora proposta, non esiste un metodo di misura o valutazione specifico – e standardizzato – per le piastrelle di ceramica. E’ stato pertanto sviluppato ex novo un procedimento di misura, basato sul confronto fra i risultati di alcune caratteristiche misurate, rispettivamente, sulla superficie tal quale e sulla superficie dopo invecchiamento. Si assume che un materiale sia durevole, se le caratteristiche pertinenti non subiscono variazioni significative in funzione dello

stato della superficie, e si mantengono – misurate sulla superficie dopo invecchiamento - su livelli comunque accettabili.

Le proprietà e caratteristiche ritenute pertinenti ai fini della valutazione della durabilità sono le seguenti:

- Resistenza chimica
- Resistenza alle macchie
- Resistenza allo scivolamento
- Rugosità
- Cessione di elementi
- Disinfettabilità

E' stato sviluppato un metodo di preparazione di “superfici invecchiate. Questo metodo – dettagliatamente descritto per quanto concerne gli aspetti tecnici e procedurali in (Allegato 2) – si basa sull'applicazione di una prefissata sollecitazione abrasiva, corrispondente a 24.000 rivoluzioni di una carica abrasiva in conformità con il metodo riportato in UNI EN ISO 10545.7 (Metodo PEI).

### 3.1 Caratterizzazione della microstruttura. Metodi normalizzati e non normalizzati

#### ***Metodi normalizzati:***

Assorbimento d'acqua – UNI EN ISO 10545.3.

L'assorbimento d'acqua fornisce una misura della porosità aperta della piastrella, e viene espresso in termini di massa di acqua assorbita, in definite condizioni di imbibizione, rapportata percentualmente al peso della piastrella essiccata. I metodi di imbibizione proposti sono due: il metodo per ebollizione (mantenimento dei provini in acqua bollente per due ore), ed il metodo sotto vuoto (imbibizione in camera sotto vuoto, ad una pressione di 10 kPa).

Nell'ambito della ricerca sono stati adottati entrambi i metodi di imbibizione previsti dalla suddetta norma. Il metodo rappresenta un parametro di influenza sul risultato della misura, ma l'entità di tale influenza varia da prodotto a prodotto. Si può ritenere che il metodo sotto vuoto si qualifichi per la maggiore efficacia di riempimento dei pori – fra loro collegati - di piccola dimensione, per cui, almeno in linea di principio, la differenza fra risultato sotto vuoto e risultato per ebollizione è positiva e rilevante, tanto più quanto maggiore è l'incidenza di pori di piccole dimensioni. Il confronto fra i valori fornisce dunque, seppure in termini non rigorosi, un'interessante indicazione microstrutturale, possibilmente significativa – per i prodotti non smaltati - in rapporto alle caratteristiche prestazionali rilevanti per le applicazioni in esame.

#### Misure di rugosità superficiale

Sono stati misurati i parametri di rugosità superficiale rugosità media,  $R_a$ , e la rugosità massima,  $R_M$ . E' stato utilizzato un rugosimetro (Hommel Tester, T2000). Le misure sono state effettuate in conformità con la norma ENV 623-4.23.

#### ***Metodi non normalizzati:***

##### Morfologia della superficie

La microstruttura delle superfici dei campioni è stata studiata utilizzando un microscopio elettronico a scansione, SEM, (Zeiss EVO 40).

### 3.2 Caratteristiche prestazionali

#### Modulo di rottura – UNI EN ISO 10545.4

Il Modulo di rottura a flessione è la caratteristica utilizzata per misurare la resistenza meccanica delle piastrelle di ceramica. Secondo il metodo citato, ciascuna piastrella costituente il lotto di prova viene appoggiata su due rulli mentre una forza crescente viene applicata, attraverso un terzo rullo, lungo l'intera mezzeria della

superficie di esercizio fino alla rottura della piastrella. Il valore della forza di rottura F viene espresso in N.

Il modulo di rottura a flessione R viene calcolato con la formula

$$R = 3 FL/2bh^2$$

dove F è la forza di rottura (N), L è la distanza fra gli appoggi (mm), b è il lato della piastrella parallelo agli appoggi (mm) e h è lo spessore minimo (mm) della sezione di rottura della piastrella. R è espresso in N/mm<sup>2</sup>.

Resistenza all'abrasione (UGL) – UNI EN ISO 10545.6

La resistenza all'abrasione rappresenta la resistenza che la superficie oppone alle azioni di usura connesse con il movimento di corpi, superfici o materiali a contatto con essa. I corpi che si muovono a contatto con una superficie piastrellata a pavimento possono essere diversi (suole delle scarpe, ruote di veicoli, etc.). Fra i corpi citati e la superficie piastrellata possono poi essere interposti materiali diversamente abrasivi. Anche le operazioni di pulizia e manutenzione ordinaria, effettuate, negli ambienti in esame, con mezzi forzatamente aggressivi, sono all'origine di movimenti relativi di materiali duri a contatto con la superficie piastrellata.

Gli effetti delle azioni abrasive possono essere di due tipi:

- l'asportazione di materiale dalla superficie, che quindi viene progressivamente consumata;
- l'alterazione delle caratteristiche estetiche della superficie stessa, con perdita di brillantezza, variazione di tonalità cromatica, etc.

Nel caso delle piastrelle non smaltate – che negli ambienti industriali sono le più utilizzate – la resistenza all'abrasione viene valutata misurando il volume rimosso in particolari condizioni di abrasione (abrasione profonda). Una piastrella è considerata tanto più resistente, quanto minore è il volume di materiale rimosso.

Resistenza chimica – UNI EN ISO 10545.13



La resistenza all'attacco chimico è la caratteristica che definisce il comportamento della superficie ceramica a contatto con agenti chimicamente aggressivi, ossia potenzialmente in grado, per la loro composizione e caratteristiche chimiche, di reagire con la superficie ceramica stessa, alterandone le prestazioni funzionali e/o estetiche.

Aggressivi chimici, acidi o basici, possono costituire diversi liquidi di processo (sostanze alimentari), oltre che i detersivi usati nella pulizia e nelle manutenzioni ordinarie e straordinarie.

Per l'azione deteriorante che gli agenti citati possono esercitare sulla superficie di piastrelle ceramiche si possono ipotizzare, in generale, due distinti meccanismi: un'azione chimica vera e propria, secondo la quale l'alterazione della superficie ceramica è dovuta ad una reazione chimica fra l'agente aggressivo e i costituenti della superficie stessa (in generale tutte le superfici ceramiche sono relativamente inerti nei confronti degli aggressivi citati; l'unica eccezione è costituita dall'acido fluoridrico); un'azione fisica, di assorbimento, secondo la quale l'agente aggressivo riesce a penetrare, per così dire, all'interno della superficie, così da esservi trattenuto in modo, se non permanente, comunque tale da renderne estremamente difficoltosa la rimozione.

La misura viene effettuata, secondo il metodo citato, osservando visivamente le alterazioni verificate sui appositi provini (estratti dalle piastrelle per taglio), dopo che questi sono stati mantenuti immersi nelle soluzioni di prova per un tempo specificato. Le soluzioni sperimentate nell'ambito della ricerca sono quelle degli acidi e delle basi prescritte nella norma UNI EN ISO 10545.13, sia a bassa che ad alta concentrazione. Il risultato della prova è la classe di resistenza, che può essere A, B o C, in ordine decrescente di resistenza:

Classe A: Nessun effetto visibile.

Classe B: Modificazioni effettive nell'aspetto.

Classe C: Perdita parziale o completa della superficie originale.

#### Resistenza alle macchie – UNI EN ISO 10545.14

La resistenza alle macchie, strettamente collegata alla resistenza all'attacco chimico, definisce il comportamento della superficie ceramica a contatto con sostanze macchianti, ed è valutata in funzione dell'efficacia - e della facilità - con cui le macchie di definite sostanze, applicate sulla superficie stessa in condizioni specificate, possono venire rimosse. La resistenza alle macchie permette dunque di valutare la "pulibilità" di una superficie ceramica. La norma citata specifica gli agenti macchianti, le modalità di contatto agente/superficie di prova, le modalità di pulizia da provare, le modalità di valutazione dei risultati e di definizione della classe di resistenza (da 5 a 1, in ordine decrescente di resistenza: 5 = macchia rimossa solo con acqua calda corrente → 1 = macchia non rimossa con nessuno dei metodi indicati).

#### Coefficiente di attrito statico – ASTM C 1028

Questo metodo misura il coefficiente di attrito statico mediante un dispositivo che determina, attraverso un dinamometro, la massima forza orizzontale necessaria ad iniziare il movimento tra l'elemento scivolante (rivestito in gomma standardizzata 4S e caricato con un peso noto) e la superficie delle piastrelle sia in condizioni asciutte che bagnate. Può essere impiegato sia in laboratorio che sul campo.

#### Coefficiente di attrito dinamico – BCR Tortus

Questo metodo, di derivazione inglese, misura il coefficiente di attrito dinamico mediante un dispositivo mobile portatile; tale apparecchio mobile é dotato di motore elettrico e si muove a velocità costante sulla superficie delle piastrelle da provare. Si misura il coefficiente di attrito che si esercita fra le piastrelle ed un opportuno elemento di contatto (elemento scivolante), rivestito di gomma standardizzata (4S) e caricato con un peso prefissato di 200g. L'apparecchio si muove alla velocità di 17 mm/s. Si determina il coefficiente di attrito dinamico, sia medio che puntuale, in diverse condizioni della superficie (asciutta, bagnata con acqua). Questo metodo può essere impiegato sia in laboratorio che sul campo.

### 3.3 Risultati della caratterizzazione e necessità di perfezionamento dei metodi

Sono stati così selezionati ed analizzati 20 campioni di piastrelle di ceramica di diverse tipologie (superfici smaltate e non, strutturati, levigati e non levigati ) come gruppo rappresentativo dei prodotti in commercio potenzialmente utilizzabili nell'industria alimentare. Sono state applicate su di essi sia le prove normalizzate descritte nel protocollo (Allegato 1) che quelle non normalizzate.

Una volta ottenuti i risultati della caratterizzazione è emerso che non è possibile stabilire un'idoneità all'uso mediante i soli metodi descritti dalla ISO 10545 (si vedano i risultati elencati in tabella 2). Tali metodi hanno scarsa capacità discriminatoria e non consentono di effettuare precise valutazioni in particolare per quanto riguarda la resistenza all'attacco chimico e la pulibilità. Proprio riguardo a questa caratteristica, la norma attualmente in vigore, prevede una semplice valutazione visiva della permanenza di agenti macchianti sulla superficie; al contrario, le esigenze dell'industria alimentare richiedono una valutazione della permanenza di tracce anche invisibili che possono essere veicolo di formazione di colonie batteriche.

I metodi utilizzati hanno la funzione di valutare i materiali ceramici per un impiego generico ad uso civile, è questa la ragione per cui non trovano adeguata applicazione quando vengono impiegati per la valutazione di idoneità all'impiego in settori specifici. Certo è che il superamento di alcuni requisiti minimi di prova è un dato imprescindibile per passare poi a prove più specifiche. L'intento era che il superamento di tali prove costituisse una condizione sufficiente ma non necessaria allo stesso tempo.

Tabella 2 – Risultati relativi alle prove standardizzate effettuati sui venti campioni selezionati.

Campione	Stato della superficie (GL/UGL)	Assorbimento d'acqua	Assorbimento (V d'acqua)	Modulo di rottura (N/mm <sup>2</sup> )	Abrasione profonda (mm <sup>3</sup> )	Macchie			Attacco Chimico		
		[Eb]	[V]			(Classe di resistenza)			(Classe di resistenza)		
		(%)	(%)			Cr	I	Olio	Uso domestico e Sali per piscina	Acidi e basi a bassa concentrazione	Acidi e basi ad alta concentrazione
1	UGL	0,04	0,04	51,6	131	4	5	4	A	A	A
2	UGL	0,03	0,04	51,1	146	4	5	4	A	A	A
3	UGL	0,04	0,06	53,2	135	4	4	4	A	A	A
4	UGL	0,02	0,04	48,9	147	4	4	4	A	A	A
5	UGL	0,23	0,27	72,3	141	4	5	4	A	A	A
6	UGL	0,17	0,23	61,9	141	4	5	4	A	A	A
7	UGL	0,02	0,05	46,3	160	4	5	4	A	A	A
8	UGL	0,04	0,06	51,2	161	4	5	4	A	A	A
9	UGL	0,05	0,08	55,5	150	4	5	4	A	A	A
10	UGL	0,02	0,06	52,5	150	4	5	4	A	A	A
11	UGL	0,09	0,10	60,4	146	4	5	4	A	A	A
12	UGL	0,05	0,07	55,0	140	4	5	4	A	A	A
13	UGL	0,54	0,56	34,3	176	4	5	4	A	A	A
14	UGL	0,02	0,03	57,0	144	4	5	4	A	A	A
15	GL	0,02	0,05	34,0	137	4	5	4	A	A	A
16	UGL	0,02	0,05	54,1	145	4	5	4	A	A	A
17	GL	0,40	0,42	43,2	107	5	5	4	A	A	A
18	GL	0,23	0,25	42,7	109	5	5	4	A	A	A
19	GL	1,09	1,10	55,8	135	5	5	5	A	A	A
20	GL	1,54	1,56	36,0	136	5	5	5	A	A	A

#### **4 Caratteristiche e metodi non normalizzati: identificazione di nuovi metodi di prova**

Per valutare le necessità delle aziende del settore alimentare e caratterizzati i prodotti secondo le metodiche in uso, si è tentato di raggiungere l'obiettivo di perfezionare i metodi che maggiormente interessano il settore alimentare: quelli connessi alla scivolosità, alla cessione di sostanze ed al rischio microbiologico.

Per quanto riguarda la prova di scivolosità, ci si trova in presenza di un metodo, già di per sé soddisfacentemente preciso e discriminante; la precisione del metodo deriva dal fatto che per prove ripetute a diverse condizioni di umidità ambientale o temperatura non vi sono evidenze della variazione dei coefficienti di attrito dinamico su superficie asciutta  $\mu_d$  e dinamico su superficie bagnata  $\mu_w$ . Il tipo di misurazione, effettuata mediante un pattino che genera un attrito dinamico discontinuo – *Stick Slip* –, consente, inoltre, di avere una misura quantitativa del fenomeno che genera l'evento di caduta per scivolamento/passaggio falso. Il metodo offre una buona riproducibilità poiché prove ripetute hanno dato uno scarto tipo dell'1% rispetto al valor medio. Esistono innumerevoli metodi di misurazione dell'attrito o di resistenza allo scivolamento ma considerato il fatto che la velocità di scorrimento impiegata è una simulazione ottimale dell'attrito dinamico presente nell'insieme di attriti che si sviluppano nel muovere il passo<sup>14</sup> e che la perdita di aderenza si manifesta con la comparsa di un attrito dinamico<sup>15</sup> è ragionevole asserire che il metodo in questione sia la miglior simulazione quantitativa possibile.

Un aspetto importante è la necessità di valutare l'effetto dell'invecchiamento sulle caratteristiche prestazionali dei materiali. All'interno di strutture chiuse o semi-chiuse come le sale di lavorazione o stoccaggio l'invecchiamento è principalmente dovuto a fenomeni di aggressione chimica e di abrasione. Per questa ragione è stato necessario definire un protocollo di prova che consentisse di uniformare il processo

di invecchiamento dei materiali già caratterizzati con superficie tal quale. In questo modo si è ritenuto fosse possibile effettuare una duplice valutazione di idoneità sia relativa ai materiali non invecchiati sia relativa, per differenza, al mantenimento prestazionale dei materiali sottoposti ad invecchiamento.

#### 4.1 Il metodo di invecchiamento delle superfici

La sola misurazione della capacità di resistenza all'attacco o della capacità favorire la disinfezione non sarebbe stata sufficiente per valutare adeguatamente l'idoneità all'uso di un materiale ceramico. La necessità era principalmente di valutare il mantenimento dei requisiti iniziali sia in funzione dei nuovi metodi che in funzione di quantificare la capacità di mantenere i requisiti posseduti all'inizio del ciclo vitale, anche dopo anni di utilizzo. È stato, perciò, necessario individuare un metodo che simulasse l'invecchiamento e l'usura secondo i meccanismi fisico-chimici che all'interno dei luoghi dell'industria alimentare possono intervenire. Tale metodo avrebbe dovuto mantenere il principio di massima similitudine e di corretta simulazione.

La prova di usura per superfici ceramiche attualmente in uso, la ISO 10545.7, ancorchè pensata per superfici smaltate, e tecnicamente applicabile ad ogni tipo di superficie. Dal punto di vista della simulazione d'usura prevede una severa sollecitazione abrasiva compiuta mediante la seguente carica abrasiva

70,0g di sfere di acciaio di 5mm di diametro;

52,5g di sfere di acciaio di 3mm di diametro;

43,75g di sfere di acciaio di 2mm di diametro;

8,75g di sfere di acciaio di 1mm di diametro;

3,0g polvere di corindone FEPA 80 in conformità alla ISO 8486;

20ml di acqua deionizzata o distillata.

All'interno di questa carica è ovviamente, il corindone a costituire l'abrasivo e, allo stesso tempo, l'elemento che simula l'usura dovuta a strofinamento. Le fotografie al microscopio elettronico (Allegato 3) mostrano visivamente la tipologia di abrasione che genera microfratturazioni e microfessurazioni.. La polvere di corindone è stata mantenuta anche per la sua caratteristica di dare abrasioni omogenee e ben distribuite. Differentemente in lavori di ricerca inerenti lo stesso campo<sup>16,17</sup> si è preferito utilizzare processi di sabbiatura con sabbiatrici ad alta pressione. Ritenendo troppo severo il metodo e scarsamente simulante uno strofinamento la scelta è ricaduta sul mantenimento della logica procedurale della prova PEI come da ISO 10545.7.

Questo sistema di abrasione meccanica simula, infatti, in modo sufficientemente corretto tutte le sollecitazioni superficiali descritte al paragrafo 2.1.1 (Gruppo 3.). Dagli studi compiuti preliminarmente all'interno delle aziende del settore risulta però che difficilmente l'usura meccanica è a se stante ma sempre combinata con una aggressione chimica. Le sollecitazioni sono combinate sia in fase di lavorazione per presenza di acidi organici in combinazione al transito di uomini o mezzi sia nelle fasi di pulizia e disinfezione per presenza di prodotti basici combinati con sistemi meccanici di rimozione dello sporco. Si è ritenuto opportuno, quindi, operare l'abrasione in ambiente basico per Ammoniaca 1M, la carica abrasiva è perciò diventata:

70,0g di sfere di acciaio di 5mm di diametro;

52,5g di sfere di acciaio di 3mm di diametro;

43,75g di sfere di acciaio di 2mm di diametro;

8,75g di sfere di acciaio di 1mm di diametro;

3,0g polvere di corindone FEPA 80 in conformità alla ISO 8486;

20ml di ammoniaca 1M.

Si è scelto l'ammoniaca in luogo dell'acqua al fine di accentuare i fenomeni di lisciviazione della superficie come in presenza di un agente detergente-disinfettante

e di raddoppiare, portandoli a 24.000, il numero di giri di prova massimi previsti dalla norma preesistente.

È necessario aggiungere che la scelta è ricaduta sull'ammoniaca, oltre che per i motivi citati, anche per agire sulle superfici con un meccanismo simile a quello dei sali quaternari di ammonio – disinfettanti comunemente usati –. È stato preso spunto anche dalla ISO 10545.13§4.1 in cui si prevede l'aggressione chimica con  $\text{NH}_4\text{CL}$  per simulare i *Prodotti chimici di uso domestico*, l'analogia tra i due reagenti sta nel comportamento dello ione ammonio quando, in soluzione acquosa, si trova a contatto con metalli.

Lo scopo di questo metodo era di invecchiare la superficie senza dare valutazioni in merito al mantenimento delle caratteristiche estetico-prestazionali dei materiali così come accade per la ISO 10545.7, questa è la ragione per cui si è scelto di inasprire l'invecchiamento raddoppiando, a fini precauzionali, il massimo numero di giri normalmente previsto. I due nuovi metodi *Cessione di elementi da attacco chimico* e *Disinfettabilità* sono stati applicati sia sulle superfici tal quali che invecchiate, un'analisi comparativa dei dati ottenuti ha consentito di definire i criteri di eccellenza in funzione dell'uso

#### 4.2 Cessione di elementi da attacco chimico, l'obiettivo iniziale

Il principio ispiratore del metodo è di consentire di analizzare il contenuto di elementi e silice all'interno del solvente di attacco più che i danni, spesso invisibili, riportati dalla superficie. Lo scopo di questo semplice approccio è duplice e mira sia a valutare se elementi dannosi possano arrivare a contatto con l'uomo nella catena superficie-alimento-uomo sia a quantificare i danni dovuti ad un attacco in termini di sostanze liberate dallo scheletro della struttura ceramica verso il reagente. Inoltre la cessione di elementi dalla superficie di esercizio delle piastrelle è un fenomeno direttamente ed unicamente associato all'attacco chimico: i liquidi ag-



gressivi, di processo, come provenienti dagli stessi prodotti alimentari (l'acido lattico, l'acido oleico, etc.) possono attaccare le superfici con cui sono a contatto, dissolvendo o estraendo elementi, fra cui, potenzialmente, anche metalli pesanti.

D'altro canto, la cessione di elementi sottende un fenomeno che potremmo descrivere come di "destrutturazione" della superficie, con possibile variazione della struttura porosa: quanto maggiore è la cessione di elementi, tanto maggiore dovrebbe essere il deterioramento microstrutturale della superficie, e quindi, prevedibilmente, il decadimento prestazionale della superficie stessa

Per valutare qualitativamente la potenziale dannosità di un attacco per acidi organici, si pensi all'effetto dell'acido formico  $\text{HCOOH}$ , utilizzato dalle formiche per aprirsi varchi nel cemento o in taluni tipi di resine plastiche.

Ovviamente si è mantenuto il principio della simulazione restringendo il campo di analisi alle sole sostanze chimiche che si possono trovare nell'industria alimentare. L'iniziale raggruppamento delle sostanze e mezzi di attacco era finalizzato a sostenere e razionalizzare la struttura di questo metodo di prova. Si è partiti dal presupposto che sarebbe stato inattuabile oltre che inutile un metodo che prevedesse l'attacco con un elevato numero di reagenti. L'inutilità consiste nel fatto che gli acidi organici mantengono, negli alimenti, livelli di pH molto simili e che l'unica differenziazione da considerare era la capacità complessante-chelante in presenza di un doppio gruppo carbossilico ( $-\text{COOH}$ ) in catena.

Questo metodo è il primo strumento di controllo, ai fini della sicurezza, per le piastrelle destinate ai locali dell'industria alimentare. Il metodo è completamente riportato in Allegato 4

#### *4.2.1 La messa a punto del metodo*

Il "meccanismo di funzionamento" è simile a quello descritto in UNI EN ISO 10545.15, e deriva dal metodo americano ASTM C-895: una definita soluzione

chimica viene mantenuta a contatto con la superficie da caratterizzare per un certo tempo ed in definite condizioni. Successivamente la soluzione viene recuperata ed analizzata, allo scopo di determinare la concentrazione degli elementi di interesse. Il risultato di cessione viene infine calcolato, noti la concentrazione dell'elemento, il volume della soluzione e l'area della superficie di contatto, in  $\text{mg}/\text{dm}^2$ .

La cessione di elementi è, in linea di principio, funzione non solo della microstruttura e delle proprietà del prodotto (della sua superficie), ma anche delle condizioni operative di prova: in particolare, della soluzione di attacco e del tempo di contatto. Una leggera differenza metodologica è stata introdotta nella preparazione del campione: mentre la prova UNI EN ISO 10545.15 prevede di applicare una *striscia di sigillante siliconico largo 6mm sulla superficie smaltata attorno a tutto il perimetro* (UNI EN ISO 10545.15§6.2), nel metodo di prova che è stato messo a punto si prevede l'impiego di un tubo di vetro borosilicato *Pyrex*<sup>®</sup> dal diametro di 8mm a diretto contatto con la superficie e sigillato con lo stesso prodotto siliconico come previsto dalla UNI EN ISO 10545.15§5.2. Quest'ultima scelta, unitamente alla decisione di utilizzare autoburette graduate con precisione 0,1ml per l'erogazione dei reagenti, è stata dettata dalla necessità di avere una zona di contatto che fosse della stessa dimensione della zona invecchiata (l'area è condizionata da parametri strutturali dell'apparecchiatura con la quale è stato eseguito l'invecchiamento, oltre che dall'esigenza di una maggior precisione nel definire la zona di attacco).

Le misure di concentrazione delle sostanze disciolte sono state eseguite con uno spettrometro per emissione atomica modello "OPTIMA 3200 XL" con torcia orizzontale della Perkin Elmer.

**Ottica:** policromatore con reticolo di tipo ECHELLE che permette il massimo di trasferimento di energia tra 167 e 770 nm, la risoluzione a 200 nm è migliore di 0.007 nm, la stabilità della lunghezza d'onda è migliore di  $\pm 0.0005$  nm in 4 ore.

**Rivelatore:** il rivelatore allo stato solido di tipo SCD ( Segmented-array- Charged-

coupled-device Detector) raccoglie simultaneamente l'emissione dei vari elementi. E' raffreddato a -40°C tramite effetto PELTIER per ottenere il massimo rapporto segnale/disturbo e quindi i migliori limiti di determinazione. Tutti gli elementi vengono determinati simultaneamente così pure i punti di correzione del fondo.

Vista la sensibilità dello strumento è stato necessario avere un materiale di contenimento idoneo ed il più possibile inerte per il tubo di contenimento della soluzione di attacco.

La scelta è ricaduta sul *Pyrex*<sup>®</sup> per le sue ben note doti di inerzia chimica. La formulazione della ricetta di produzione mette in evidenza la scarsa probabilità di rilascio di interferenti come calcio o sodio che invece possono abbondare come stabilizzatori di struttura in materiali polimerici come il PVC.

*Tabella 3: Composizione del vetro Pyrex<sup>17</sup>:*

Densità = 2.23 g/cm<sup>3</sup>

Elemento	Numero atomico	Frazione
B	5	0.040064
O	8	0.539562
Na	11	0.028191
Al	13	0.011644
Si	14	0.377220
K	19	0.003321

L'alternativa dei vetri acrilici *Plexiglass* è stata scartata per la documentata scarsa resistenza agli acidi e alle basi<sup>18</sup>

### **Lavoro di studio preliminare**

Per valutare gli effetti di ognuno dei parametri considerati (tempo di attacco e soluzione di contatto), è stata eseguita una campagna sistematica di misure su alcuni prodotti selezionati fra quelli campionati per la ricerca

I risultati di questa campagna di misure sono riportati in Allegato 5. I reagenti in questa prima fase sono stati utilizzati nelle seguenti concentrazioni  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0.5 mol/l, Acido Lattico 0,2% (V/V), Acido Citrico 0,2% (g/V)  $\text{NH}_4\text{OH}$  1mol/l. Le concentrazioni sono state scelte per simulare quelle esistenti in natura negli alimenti che, come limoni, aranci, vino, aceto o latte, possono presentare un'acidità che raggiunge, in molti casi quella da noi prevista.

L'acido ortofosforico è stato scelto per la sua reattività unita al fatto che è utilizzato come trattamento nelle sollecitazioni di *Gruppo1 § 2.1.2* oltre al fatto che viene spesso usato come correttore di acidità. La concentrazione utilizzata vede l'acido attivo in prima dissociazione ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) come riportato dalle tabelle in letteratura<sup>4</sup>.

Essi hanno confermato l'influenza dei citati parametri in particolare la concentrazione delle sostanze rilasciate ha un andamento direttamente proporzionale al tempo (Allegato 5)

Dopo elaborazione ed attenta valutazione, osservando che gli andamenti sono simili per tutti i prodotti, si è giunti alla conclusione che, per quanto concerne il tempo, conviene specificare nel metodo di prova una durata del contatto di 24 h. Le concentrazioni dei singoli elementi aumenta in modo direttamente proporzionale con il tempo di attacco Per quanto concerne gli agenti chimici, le variazioni significative che si osservano in ogni prodotto, passando dall'uno all'altro reagente, e per ogni

reagente, passando dall'uno all'altro prodotto, inducono o ritenere indispensabile il mantenimento di 24ore di attacco ed il cambiamento di  $\text{NH}_4\text{OH}$  con  $\text{KOH}$  al fine di aumentare la forza basica. Oltretutto il noto effetto di complessazione dello ione ammonio verso i metalli, nella loro forma cationica, pare non avere rilevanza. L'ipotesi che l'ammoniaca, peraltro spesso usata nei processi di detersione, possa unire all'effetto di lisciviazione della silice ( $\text{SiO}_2$ ) quello di trasporto dei metalli pur mantenendo la sua validità teorica, non è stata suffragata dai dati sperimentali. Si vedrà in seguito che  $\text{KOH}$  possiede una notevole capacità aggressiva di lisciviazione dovuta alla sua elevata basicità.

### **Perfezionamento del metodo**

È stato ritenuto opportuno modificare le concentrazioni delle quattro sostanze in modo che simulassero quelle appartenenti al *Gruppo 1 § 2.1.2* ma che allo stesso consentissero di conferire ai due acidi organici con diversa catena e meccanismo di azione, un'acidità il più possibile simile tra loro. Si ricorda che gli acidi deboli aumentano la loro attività per basse concentrazioni quindi una riduzione eventuale di concentrazione non fa che favorire una maggiore aggressività.

Per le concentrazioni di  $\text{KOH}$  e  $\text{H}_3\text{PO}_4$  si è fatto in modo che fossero il più possibile agli estremi simmetrici della scala di pH rispetto al punto neutro di pH 7.

La valutazione della resistenza chimica si è effettuata, quindi, utilizzando quattro soluzioni di attacco:

<b>Reagente</b>	<b>pH</b>
- acido ortofosforico [7664-38-2] 0,5M:	1,21 ± 0,01,
- acido L-(+)-lattico [79-33-4] 0,03M:	2,55 ± 0,01,
- acido citrico [77-92-9] 0,01M,	2,55 ± 0,01,
- potassio idrossido [1310-58-3] 0,05M.	12,60 ± 0,01.

Campioni dello stesso materiale invecchiati e non invecchiati sono stati attaccati a 24 ore con i quattro reagenti indicati. I reagenti sono stati sottoposti a misure di pH e potenziometriche (mV) per valutare la loro forza prima e dopo l'attacco. La concentrazione di  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$  è stata misurata con un pHmetro Orion 420 A+ ed un elettrodo a membrana Orion. Mentre le misure di mV sono state eseguite con un elettrodo Hammliton.

### 4.3 Disinfettabilità

La valutazione della incompatibilità microbiologica può essere compiuta solamente utilizzando un sistema di controllo della proliferazione batterica di alcune selezionate specie viventi dopo opportuno processo di disinfezione. Il microrganismo selezionato per la prova possiede caratteristiche vitali e riproduttive comuni alla maggior parte dei ceppi batterici.

Sul meccanismo di infestazione delle superfici e la difficoltà di rimuovere biofilms si vedano i lavori inerenti ai meccanismi di colonizzazione dei batteri su materiali lapidei naturali<sup>7</sup> e su materiali plastici<sup>8,9</sup>.

La valutazione della incompatibilità microbiologica è strettamente legata al grado di pulibilità dei materiali, poiché vi è una correlazione tra le condizioni ambientali in cui si opera, la natura della superficie del materiale e la capacità di aggrappaggio dei batteri o delle colonie sotto forma di biofilms di polisaccaridi. È stato perciò necessario prevedere l'utilizzo di un protocollo di prova in cui un ceppo di microrganismi (*Pseudomonas Aeruginosa*) viene dapprima inoculata su piastrelle impregnate di una soluzione acquosa ad alta concentrazione di peptoni quindi sottoposta ad un processo di disinfezione calibrata. La conta delle colonie superstiti dopo disinfezione ci porta a capire se il materiale favorisce o no il proliferare di forme di vita anche in condizioni di elevata contaminazione superficiale.

Con il termine “*Disinfettabilità*” – applicato ad un materiale/sistema - si intende la predisposizione a subire le azioni di disinfezione senza subire danni o alterazioni in modo permanente. In accordo con tale definizione, “*disinfettare*”, nella sua accezione più estesa, significa liberare – materiali/sistemi; solidi, liquidi e gas - da colonie di microrganismi patogeni, batteri, muffe e lieviti, in grado di causare infezioni o danni alla salute; l’azione del disinfettare si può applicare sia su solidi che su liquidi e gas.

Le “*condizioni vitali*” che consentono la sopravvivenza e la riproduzione dei microrganismi sono:

- La presenza di sostanze nutritive, quali zuccheri, grassi vegetali o animali.
- La presenza di elementi necessari al metabolismo: acqua, luce e aria.
- Il sussistere di precise condizioni di microclima, ovvero umidità e temperatura.

Non esiste attualmente un metodo normalizzato di misura della disinfettabilità: anche se il tema della presenza di batteri e microrganismi sulla superficie di materiali è stato oggetto di studio – anche dal punto di vista metodologico – nell’ambito di un progetto di ricerca del *Centro Ceramico*, finalizzato allo sviluppo di speciali superfici antibatteriche di materiali ceramici<sup>19</sup>.

Il nuovo metodo sviluppato nell’ambito e per gli obiettivi specifici della ricerca in esame, **prevede che un microrganismo vengano dapprima inoculati** su piastrelle impregnate di una soluzione acquosa ad alta concentrazione di peptoni, quindi sottoposti a processi di disinfezione sempre più stressanti per le forme di vita. La conta delle colonie superstiti dopo disinfezione dovrebbe condurre a capire se il materiale favorisce o no il proliferare di forme di vita anche in condizioni di elevata contaminazione superficiale.

In collaborazione con l’UO di Microbiologia e Virologia dell’Università di Bologna (DMC SS), sono state condotte prove preliminari e, sulla base dei risultati ottenuti, è stato messo a punto un protocollo di prova. E’ stata ricreata in laboratorio una situazione di contaminazione microbiologica analoga a quella riscontrabile

nell'industria alimentare. Si è cercato di riprodurre le condizioni di microclima in modo tale che fossero il più possibile simili a quelle reali. Umidità relativa  $\approx 60\%$  e temperatura  $\approx 36^\circ\text{C}$  sono condizioni che possono simulare alcuni ambienti dell'industria alimentare come, ad esempio, reparti di torrefazione, cagliatura, pastorizzazione.

La procedura preliminare prevedeva la formatura di una tessera di piastrella di 60x40mm, che veniva quindi sterilizzata per condizionarla all'inoculo. Successivamente la superficie è stata impregnata con una soluzione acquosa Brain Hearth Infusion Broth contenente cloruro di sodio, peptoni, lipidi, polisaccaridi e albumina, quindi contaminata con un ceppo di *Pseudomonas Aeruginosa*. Le colonie sono state fatte proliferare per 72 ore e quindi disinfettate per 14 secondi in una soluzione 0,01% di *Benzalconio Cloruro*. Questo tipo di disinfettante è largamente usato in ambito dell'industria alimentare ma anche sanitario ospedaliero per la sua comprovata efficacia.

Una serie di prove preliminari ha messo in evidenza che 14 secondi sono il tempo minimo necessario per una disinfezione accurata in cui si abbia abbassamento o azzeramento delle colonie batteriche. I campioni venivano disinfettati per completa immersione nella soluzione di benzalconio che al termine di ogni serie di prove è sempre stata controllata per escludere il proliferare di colonie parassite o l'eventuale perdita di efficacia.

Il ceppo di *Pseudomonas Aeruginosa*, scelto per le sue caratteristiche già enunciate al paragrafo 2.1.3, ha dimostrato di resistere a semplici lavaggi di risciacquo con acqua di rete idrica destinata al consumo umano contenente cloro. La concentrazione *all'utente* è stata misurata ad ogni sessione di prova con metodo Spettrofotometrico in assorbimento di luce visibile e con reattivo DPD. Le misurazioni hanno dato conferma che la concentrazione era  $[\text{Cl}_2] \approx 0,2\text{ppm}$ , così come previsto dal DPR n. 236/1988 Allegato III e dai decreti legislativi n. 31/2001 e n. 27/2002il per il valore di cloro libero, garantendo la resistenza delle colonie all'azione di una concentrazione di cloro potenzialmente già dannosa per i microrganismi. Infine è da segnalare l'utilizzo di diversi fornitori di benzalconio cloruro utilizzato come disinfettante. Ogni fornitura è stata sottoposta ad analisi IR evidenziando che non vi



era nessuna sostanziale differenza nella miscela di molecole costituenti il disinfettante (Allegato 6). Il Benzalconio cloruro viene infatti prodotto come una miscela di sali quaternari di ammonio i quali hanno legato al gruppo funzionale una catena alchilica di lunghezza diversa per circa 10 unità di carbonio.

Il metodo sviluppato ed utilizzato nel corso della ricerca è più dettagliatamente descritto, negli aspetti tecnici e procedurali, in Allegato 6.

#### 4.4 Coefficiente di attrito: note sul metodo BCR.

Durante questo lavoro di tesi, si è evidenziata la necessità di ampliare e potenziare il metodo di scivolamento BCR sia perché altamente indicativo delle condizioni prestazionali delle superfici in esame ---- sia perché la caduta da passo falso-scivolamento è dovuta ad uno scarso attrito dinamico più che statico. Il valore utilizzato del metodo di prova e visualizzato nelle tabelle comparative presentate in Allegato 8 è un valore determinato dalla media di 5 valori medi ottenuti da 5 letture distinte effettuate secondo un preciso schema che può essere così schematizzato:

*Tabella 5: Schematizzazione dei percorsi per l'effettuazione della prova secondo il metodo BCR*

Elemento Scivolante	Condizione della superficie di prova	Coefficiente di attrito $\mu_d$					$\mu_d$ Medio
		Per ogni percorso					
		Misura 1	Misura 2	Misura 3	Misura 4	Misura 5	
Gomma	Asciutta						
Gomma	Baganta						

Dove:

= Direzione del moto del dispositivo

= Superficie di prova

$\langle \mu_d \rangle$  = Media delle 5 misure effettuate, essa è a sua volta mediata lungo tutto il percorso

Si ritiene, quindi, che un perfezionamento del metodo possa fornire un più approfondito livello di conoscenza. A suffragare questa ipotesi vi sono i dati di una serie di misure effettuate con un nuovo modello di dispositivo Tortus in grado di compiere una lettura ogni 0,1s e di memorizzare i valori ottenuti in un file elettronico. Si è deciso, perciò di svolgere una serie di prove su di un gruppo campione rappresentativo dei venti campioni di prova.

Dalle misure effettuate è emerso che la scivolosità media, pur indicativa delle caratteristiche prestazionali di una superficie è il risultato di significative variazioni di attrito (i risultati dell'Allegato 7 saranno discussi al capitolo 6). Si prospetta l'ipotesi che, per avere il più elevato coefficiente medio di attrito dinamico  $\mu_d$ , sia necessaria una superficie con picchi di rugosità massima il più possibile uniformemente distribuiti al fine di assicurare sempre, in caso di scivolamento, il maggior attrito possibile in qualunque punto della superficie il piede appoggi.

Le possibilità del metodo sono molteplici grazie alla possibilità di utilizzare qualunque tipo di elemento scivolante si desideri anche se in questo lavoro è stata utilizzata solamente gomma durezza Shore A 95 in condizioni asciutta e bagnata in modo da avere dati esperienziali anche per il fatto che questo tipo di elemento scivolante è ben rappresentativo di quello costituente la suola dei vari tipi di calzature utilizzate nell'industria alimentare.

Si è cercato di uniformare la condizione di scivolosità con superficie bagnata utilizzando sempre lo stesso agente surfactante in tutte le misurazioni compiute. Dopo una valutazione delle caratteristiche chimico fisiche di quattro tra saponi e tensioattivi si è dedotto che l'alcol grasso etossilato *Lutensol*<sup>®</sup> AO3 fosse il miglior agente surfactante. La scelta, a parità di densità delle soluzioni, è stata dettata dalla condizione pressoché neutralità di pH della soluzione

*Tabella 4: dati chimico fisici dei surfactanti analizzati.*

SURFACTANS (Concentrazione 0,1% m/m)	Parametri chimico fisici misurati		
	ph	mV	Densità g/mm <sup>3</sup>
<b>Lutensol<sup>®</sup> AO3</b>	6,43	279	0,98
<b>Nonifenolo</b>	5,58	312	0,98
<b>Trietanolamina</b>	10,35	51,9	0,98
<b>Glicole Etilenico</b>	9,16	215,9	1

Si ritiene che vi sia spazio per potenziare questo metodo di prova sia rendendo più frequente la lettura del valore puntuale che testando i materiali con diverse concentrazioni di agente bagnante ed altri materiali come elemento scivolante al fine di approfondire i meccanismi che correlano microstruttura, composizione ed attrito.

Per fornire nuove soluzioni al problema della sicurezza delle superfici sono stati svolti importanti lavori con un approccio simile al nostro introducendo anche elementi sporcanti o lubrificanti<sup>20,21</sup>.

La completa trattazione dei dati ottenuti è al capitolo 6.

## 5 Definizione dei criteri di eccellenza in funzione dell'uso.

I dati ottenuti configurano una situazione piuttosto complessa dal punto di vista dell'analisi e valutazione dei dati. Ne consegue che non è possibile definire un unico indicatore che, con precisione, collochi un materiale ad un preciso livello all'interno di una graduatoria predefinita. Soprattutto se questa graduatoria è stata ottenuta da un indice di correlazione che sia una funzione multivariabile dei parametri disinfezione, durabilità chimica, porosità e coefficiente di attrito. Bisogna aver presente che il comportamento dei batteri non rispecchia precise leggi fisiche, essendo esseri viventi, essi sono dotati di un loro preciso grado di organizzazione ed esigenze legate alla nutrizione ed alla possibilità di riproduzione.

Se si pone, quindi, che la disinfettabilità sia il più importante tra i parametri di selezione, allora sarà necessario correlare quantitativamente le *ufc* residue dopo la disinfezione con il grado di durabilità chimica, di porosità e di coefficiente di attrito, ma poiché le grandezze ottenute – si veda allegato 9 e 10 – variano spesso di uno o due ordini di grandezza per ogni serie di provini dello stesso campione non è possibile stabilire esatte correlazioni quantitative. Utilizzando la moda come parametro di valutazione del comportamento più probabile delle colonie si è in grado di fornire un dato riproducibile utile, soprattutto, se confrontato con il dato relativo alle piastrelle sottoposte ad invecchiamento.

È però stato possibile definire scale relative alla sola disinfettabilità ed al solo attacco chimico (si vedano gli Allegati 4 e 6) Una particolare trattazione dei dati è stata richiesta in ambito microbiologico per l'oggettiva difficoltà nel manipolare analiticamente<sup>22</sup> e statisticamente<sup>23</sup> i dati ottenuti in termini di *ufc* (unità formanti colonia). È stata riscontrata, infatti, una carenza di esempi specifici e dedicati all'ambito microbiologico nella norma UNI CEI ENV 13005:2000 – Guida all'espressione dell'incertezza di misura. Essa prende in considerazione il fatto che *“[...]in talune applicazioni [...] e là dove sono coinvolte la salute e la sicurezza pubblica, è sovente necessario dare una valutazione quantitativa dell'incertezza*

*che definisca un'intervallo intorno al risultato della misurazione che si aspetti comprendere una gran parte della distribuzione dei valori.*” Si può dire, dopo le opportune ricerche bibliografiche in merito all'argomento che l'insieme dei documenti attualmente disponibili per affrontare la valutazione dell'incertezza di misura è carente o del tutto mancante di norme o guide tecniche applicabili alla microbiologia.

É da sottolineare che i criteri di eccellenza per le prove di attacco chimico e disinfettabilità sono stati creati utilizzando i dati esperienziali in nostro possesso e le informazioni derivanti dalle metodiche di disinfezione di altri ambienti operativi in particolare ci si è rifatti alla metodica di controllo delle cariche microbiche delle stanze sterili UNI EN ISO 14698-1,2.

Per quanto riguarda il coefficiente di attrito esistono già parametri di riferimento di buona o cattiva prestazione. La legge italiana, con il D.M 14 06 1989 N°236 § 8.2.2, pone ad  $\mu_d > 0,40$  il limite di accettazione dell'attrito dinamico per collocare i materiali da pavimento in luoghi pubblici.. Secondo un criterio prudenziale è stato necessario, in questo lavoro di ricerca, porre  $\mu_d > 0,50$  come limite di prima accettazione e  $\mu_d > 0,60$  per l'impiego in luoghi con particolari esigenze di resistenza allo scivolamento come le sale di lavorazione carni, sale di lavorazione di frutta o verdura

La convinzione di compiere un arbitrio nel trovare forzatamente correlazioni tra le tre scale di misurazione deriva dal fatto che non sempre la disinfettabilità aumenta o diminuisce linearmente con l'aumentare dell'attrito dinamico o la resistenza all'aggressione chimica. Resta, però, il fatto che se un campione ottiene elevati punteggi in tutte e tre le classificazioni avrà un grado di eccellenza tanto più elevato quanto più le singole classificazioni danno alti valori di scala.

Si ritiene che l'obbiettivo di definire l'eccellenza dei materiali sia stato in gran parte raggiunto, sia grazie alla buona ripetibilità delle misure microbiologiche che garantiscono la solidità del metodo di prova sia grazie all'elevata precisione e sensibilità del metodo chimico che permette di stabilire con esattezza la resistenza del ma-

teriale oggetto di prova. Si auspica che incrementando le conoscenze in ambito microbiologico si possa raggiungere una maggior consapevolezza circa i sistemi di aggancio dei batteri alle superfici, quindi definire un parametro quantificatore della disinfettabilità che possa essere unificato con i più discriminanti parametri fisici e chimici.

Per l'attacco chimico sono state sommate le concentrazioni dei soluti nelle soluzioni di attacco e ricondotte ad un valore percentuale per cui con una classe 100 si ha rilascio nullo mentre per una classe 0 si ha un rilascio complessivo di sostanze pari al valore di  $2 \text{ mg/dm}^2$  che corrisponde al rilascio medio di una superficie smaltata dopo 24h di attacco. Si considera che una superficie smaltata sia ricoperta da uno strato di fase vetrosa strutturalmente amorfa e meno resistente all'attacco chimico. Questo tipo di superficie la si è considerata antagonista per caratteristiche ad una superficie a minor grado di vetrificazione e con meno componente amorfa.

I dati relativi alle prove di disinfettabilità sono riportati negli Allegati 9 e 10.

## 6 Descrizione dei risultati

I risultati ottenuti dalle prove fisiche, di attacco chimico e disinfettabilità, configurano un quadro assai complesso che, nel seguito della trattazione, verrà adeguatamente illustrato.

### 6.1 Dati fisici

Nell'allegato 7 troviamo una serie di misure di attrito svolte su di un campione rappresentativo di piastrelle di ceramica, tali misure sono state condotte con un dispositivo Tortus, *modello: Dynamic Slip DS GT 0809 – prodotto da Gab-Tec –*, modificato su indicazioni di Centro Ceramico, per la misura dell'attrito dinamico. Esso è in grado di effettuare una lettura di attrito dinamico con frequenza di 0,1s contro una frequenza di 1s dei modelli precedenti. La maggior rapidità di misura consente di valutare più precisamente il comportamento della superficie ceramica all'attrito dinamico e di evidenziare eventuali disuniformità nel comportamento. Per ogni campione sono state effettuate 73 letture solo in condizione di superficie asciutta al fine di escludere influenze dovute ad agenti bagnanti, alla stessa stregua di alti lavori di ricerca in merito alla sicurezza delle superfici di camminamento<sup>20</sup>.

Questa serie di misure preliminari è stata condotta sia sul campione tal quale che invecchiato al fine di visualizzare l'andamento dell'attrito dinamico nel tempo e valutarlo comparato agli effetti dell'invecchiamento. L'obiettivo era di valutare la possibilità che uno scivolamento del piede di appoggio fosse dovuto anche ad una scarsa uniformità della superficie.

Si noti la notevole variabilità con presenza anche di valori negativi dei valori di attrito dinamico – i grafici allegati sono omogenei per scala di attrito che è collocata in ordinata – e si ricordi che il valore utilizzato del metodo di prova originale e visualizzato nelle tabelle comparative presentate in Allegato 8 è un valore determinato dalla media di 5 valori medi ottenuti da 5 letture distinte

*Tabella 6: Identificazione dei campioni usati – tal quali ed invecchiati – nella serie di prove preliminari*

Campione	Condizione della Superficie	Assorbimento d'acqua(%)
11	UGL	0,09
12	UGL	0,05
13	UGL	0,54
14	UGL	0,02
15	GL	0,02
16	UGL	0,02

Dove:

GL = superficie smaltata, *Glazed*,

UGL = superficie non smaltata, *Unglazed*

I materiali scelti per questa serie di prove sono prodotti per pressatura ed estrusione appartenenti sia al gruppo BIa, quindi con assorbimento d'acqua per ebollizione  $E < 0,5\%$  (m/m), che al gruppo e AI, quindi con assorbimento d'acqua per ebollizione  $E < 3\%$  (m/m), uno di essi, il campione 15, presenta smalto sulla superficie.

In Allegato 8 viene riportata una visione sinottica di tutte le misure fisiche effettuate sia sui campioni invecchiati che non invecchiati (si è inclusa la prova di resistenza alle macchie). La dicitura GL e UGL si riferisce sempre alla tipologia della superficie smaltata e non. Si ricordi che il campione 13 è l'unico prodotto per estrusione. A pagina 6 e seguenti dell'allegato 8 sono riportati gli indici di correlazione lineare e lo studio dei dati mediante indici di regressione. Si noti, in particolare, che, sulle superfici tal quali, la rugosità media è correlata per  $r=0,70$  per tutta la serie di campioni *a meno dei prodotti levigati* mentre con l'introduzione dei due prodotti levigati si passa ad un notevolmente meno significativo  $r=0,54$ . Partendo dal presupposto che la superficie intatta di un prodotto presenta caratteristiche microstrutturali estremamente diverse rispetto a quella di un prodotto levigato industrialmente dal quale è stata asportata la superficie originale, si può desumere che l'attrito statico, che gioca un ruolo nella dinamica del passo, risente della composizione chimica oltre che della conformazione delle superfici. Infatti se la correlazione si va a ricercare sulle superfici invecchiate, includendo i prodotti levigati, anche



essi sottoposti ad invecchiamento ma con una superficie di esercizio molto più vicina al centro della piastrina poiché molto abrasa precedentemente al processo di invecchiamento, si troverà un indice  $r=0,40$ . Mediamente tutti gli indici di correlazione descrivono un miglioramento se si eliminano i due prodotti levigati, ivi inclusi anche i parametri  $\Delta R(Tq) - \mu s(Tq)$  e  $\Delta R(I) - \mu s(I)$  che misurano gli indici di correlazione tra il delta di rugosità massima meno media e l'attrito statico per i campioni tal quali ed invecchiati.

Nessuna correlazione migliore di  $r=0,50$  è stata trovata tra rugosità ed attriti dinamici. Una valutazione più dettagliata, fuori dalle tavole sinottiche si troverà in Allegato 14

## 6.2 Dati microbiologici

In Allegato 9 e 10 sono rappresentate le tabelle contenenti le quantità di unità formanti colonia presenti sulla superficie dopo la disinfezione. Con controllo si esprime la quantità di unità formanti colonia residue dopo solo lavaggio con acqua corrente proveniente da rete idrica. Il campione di controllo è rappresentativo del materiale testato. I dati si riferiscono ai campioni con superficie tal quale ed invecchiata. A seguire, dopo le tabelle, vengono rappresentati gli andamenti delle colonie residue dopo disinfezione e risciacquo sia per i campioni con superficie tal quale che invecchiata. In particolare in Allegato 10 si può trovare un doppio confronto di prove ripetute sugli stessi campioni sottoposti ad un secondo ciclo di attacco batterico. La scala dei diagrammi a barre è stata linearizzata in ascissa per consentire una più comprensibile lettura della quantità di ufc.

È da notare che il fondo scala dell'ascissa dei diagrammi a barre è stato posto uguale a  $10^5$  ufc poiché questa è la massima quantità di colonie contabili su piastra dopo deposizione con ansa calibrata. Avrebbe, peraltro, poco senso distinguere tra contaminazioni maggiori di  $10^5$  ufc che, ai nostri fini, indicherebbero comunque una sicura contaminazione della superficie.

In Allegato 11 sono riportate le tabelle relative alla classificazione dei materiali in funzione della loro disinfettabilità per la prima e per la seconda serie di prove ripe-

tute; la classificazione è stata fatta utilizzando i criteri espressi al paragrafo 10 del metodo di misura della disinfettabilità (Allegato 6).

Per il rispetto di una imprescindibile prassi di igiene i campioni infetti possono uscire dai laboratori di microbiologia solo se sterili, la sterilizzazione avviene mediante ciclo in autoclave a 121 °C per 15 min. Dai dati e dalle conoscenze in nostro possesso risulta che un simile trattamento può apportare danni minimi ai materiali ceramici. Per la mancanza di conoscenza pregressa e per la scarsità di dati bibliografici è impossibile ipotizzare, a priori, se i danni riportati sono tali da assicurare un miglior aggancio alle colonie ma il leggero cambiamento nella classificazione, può essere ragionevolmente interpretato come un decadimento delle caratteristiche prestazionali dei materiali.

### 6.3 Dati chimici

I risultati delle prove di attacco chimico sono riportati negli Allegati 12 e 13, i dati sono stati così suddivisi:

In Allegato 12 sono riportate 8 tabelle sinottiche di tutti i risultati per tutti i campioni 4 tabelle per le piastrelle invecchiate e 4 le non invecchiate. Per compattezza grafica è stato indicato il campione e l'agente attaccante con una sequenza alfanumerica come riportato con fine puramente esplicativo, di seguito in tabella 7 e 8.

A fianco di ogni tabella è rappresentato un grafico comparativo rappresentante l'andamento dei rilasci di  $\text{SiO}_2$  espressa come Si,  $\text{Al}^{3+}$  espresso come Al,  $\text{Ca}^{2+}$  espresso come Ca, e  $\text{Na}^+$  espresso come Na.

A seguire, nelle pagine successive si trovano 8 tabelle – 4 per ogni reagente d'attacco per due condizioni superficiali – in cui sono evidenziati gli elementi che maggiormente vengono ceduti per tutti i campioni, questo al fine di meglio osservare che per campioni differenti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$ , sono gli elementi a maggior rilascio.

Nelle ultime due pagine sono rappresentate le scale di valutazione della resistenza chimica dei singoli campioni (condizione non invecchiata ed invecchiata).

Tabella 7: rappresentazione illustrativa del contrassegno campione-agente d'attacco

Data	d'esecuzione	<b>1 / 4.1:</b>	<b>2 / 4.1:</b>	<b>1 / 4.1A:</b>	<b>2 / 4.1A:</b>
del test		1=Campione	2=Campione	1=Campione	2=Campione
		4.=Condizione	4.=Condizione	4.=Condizione	4.=Condizione
Contrassegno campione di laboratorio	cam-	d'attacco di 24 ore	d'attacco di 24 ore	d'attacco di 24 ore	d'attacco di 24 ore
		1=Acido Ortofosforico	1=Acido Ortofosforico	1=Acido Ortofosforico	1=Acido Ortofosforico
				A=Superficie invecchiata	A=Superficie invecchiata
16/06/06		1/4.1	2/4.1	1/4.1A	2/4.1A
06/104/C		mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2
		1	2	1	2
Si		0,03	0,01	0,09	0,05
Al		0,00	0,00	0,04	0,02
Ti		0,00		0,00	
Fe					

In Allegato 13 sono rappresentati, in ogni pagina, i dati comparati relativi alla cessione di elementi ottenuta mediante attacco di acido ortofosforico, acido lattico, acido citrico e potassio idrossido, riportati distintamente sia per le prove effettuate sui campioni non invecchiati sia per quelle effettuate sui campioni invecchiati. Sotto alla tabella, nella stessa pagina vengono riportati due grafici, uno per la superficie tal quale ed uno per quella invecchiata, nei quali vengono comparati, in funzione delle diverse soluzioni d'attacco, gli elementi che maggiormente sono stati rilasciati.

Tali elementi sono risultati essere Si, Al, Ca, Na; i dati riportati evidenziano un rilascio più evidente di Si per l'attacco basico con KOH che può essere considerato come un indicatore della quantità di fase vetrosa sulla superficie.

## **7      Discussione dei risultati**

Va innanzitutto premesso che per disporre di un campione significativo di dati si sono differenziate le tipologie di superficie includendo prodotti diversificati tra loro. In particolare si ponga attenzione ad alcune particolarità:

- i campioni 5 e 6 sono prodotti tecnici non smaltati formati singolarmente per pressatura costituiti da tessere di mosaico di dimensioni 17x35mm e 58x98mm rispettivamente. Contengono un'importante quantità di ossidi coloranti a tutta massa. Per la preparazione dei campioni da sottoporre all'invecchiamento si è proceduto a costituire un'accrocchio sul quale le tessere potessero essere poste a giunto unito. Per escludere l'influenza del sigillante, nelle prove di tipo chimico e microbiologico, si è utilizzato un prodotto silossanico dello stesso tipo di quello utilizzato per fissare il tubo in Pyrex destinato a contenere il reagente durante le prove di aggressione chimica.
- i campioni dal 7 all'10 sono prodotti tecnici levigati e non levigati. I materiali sottoposti a levigatura industriale appartengono allo stesso lotto di quelli non levigati, le materie prime costituenti sono le stesse a meno del colorante. Schematizzando:
  - Campione 7: nero levigato
  - Campione 8: nero
  - Campione 9: bianco levigato
  - Campione 10: bianco.
- il campione 13 è stato prodotto per estrusione e non è smaltato in superficie; si è scelto un solo prodotto estruso perché già di per sé rappresentativo di una gran parte di tipologie oggi presenti sul mercato. L'estrusione è un processo notevolmente meno utilizzato per la produzione di piastrelle della pressatura.

– i campioni dal 17 al 20 sono prodotti tecnici smaltati con l’assorbimento d’acqua più elevato all’interno del gruppo di materiali campionati, superano le prove preliminari descritte in Allegato 1, possono, quindi essere selezionati e potenzialmente venduti in zone di transito adiacenti a sale di lavorazione. Hanno un coefficiente d’attrito statico e dinamico piuttosto elevato che supera lo 0,7. Potenzialmente hanno buone caratteristiche tecniche. Le nuove prove metteranno in evidenza alcune lacune carenze prima non determinabili.

Le maggiori novità si sono riscontrate nelle comparazioni tra le misure di attrito porosità e disinfettabilità. Le misure di  $\mu_{d,s}$ , vista la natura dei prodotti, sono tutte piuttosto elevate e garantiscono mediamente i requisiti necessari all’impiego in zone ad alto rischio di scivolamento ma il dato più interessante è legato al fatto che le piastrelle provate, pur essendo comparabilmente rugose e ad alto coefficiente di attrito danno diverse risposte in termini di disinfettabilità e di ospitalità ai microrganismi.

Alcuni prodotti risultano eccellenti secondo il criterio di valutazione microbiologico. Le esperienze fatte sono ancora poche e i dati in letteratura insufficienti per individuare le ragioni di un tale comportamento. Si può però rilevare che per i campioni 10, 12, 8 e 13, non vi è nessun apparente legame tra irregolarità dei porirugosità e maggiore o minore disinfettabilità.

*Tabella 8 illustrativa del rapporto porosità-disinfettabilità*

<b>Disinfettabilità Assoluta</b>	<b>Disinfettabilità Relativa</b>	<b>Microstruttura (Descrittivo)</b>	<b>Campione</b>
<b>Gruppo A</b>	<b>1</b>	<b>Porosità estese collegate</b>	<b>10</b>
		<b>Porosità chiuse</b>	<b>12</b>
	<b>2</b>	<b>Superficie piuttosto liscia</b>	<b>8</b>
		<b>Aree in rilievo fratturate</b>	<b>13</b>

Presumibilmente è necessario definire sia le proprietà antiscivolo di un materiale che la sua disinfettabilità, simultaneamente, per poterlo classificare. È ovvio che la

disinfettabilità avrà sempre la prevalenza nello stabilire l'eccellenza di un materiale a parità di elevati coefficienti di attrito.

Sorprendentemente i campioni migliori dal punto di vista della disinfettabilità sono quelli che hanno un livello di inerzia chimica tra i più bassi (ovvero una quantità di elementi rilasciati più elevata) riscontrati in termini di quantità totale di metalli rilasciati in soluzione

- Campione 12            40,70 mg/ dm<sup>2</sup>
- Campione 13            144,58 mg/ dm<sup>2</sup>

I campioni 12 e 13 mantengono un buon livello di disinfettabilità anche nella serie di prove ripetute:

*Tabella 9 illustrativa del rapporto porosità-disinfettabilità per prove ripetute.*

Disinfettabilità Assoluta	Disinfettabilità Relativa	Campione
<b>Gruppo A</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
		<b>3</b>
		<b>7</b>
		<b>10</b>
		<b>12</b>
		<b>14</b>
	<b>16</b>	
	<b>2</b>	<b>4</b>
		<b>8</b>
		<b>13</b>

Porosità e rugosità superficiale sono parametri di influenza certamente significativi, anche se il loro impatto – soprattutto quella della rugosità – sull'idoneità di un prodotto agli ambienti dell'industria alimentare può essere contrastante. A parità di porosità, espressa in termini di percentuale d'acqua assorbita, anche la forma e la dimensione dei pori superficiali, quale è descritta dall'analisi morfologica superficia-

le, possono esercitare un'influenza significativa sulle prestazioni "alimentari" delle piastrelle.

Si è osservato che, per diversi prodotti, le superfici invecchiate sono caratterizzate da una minore rugosità. Questo effetto, potenzialmente favorevole rispetto alla disinfezione, è controbilanciato da un aumento della porosità superficiale rilevabile qualitativamente dai risultati della caratterizzazione microstrutturale riportati in Allegato 3. Per i prodotti 9 e 15, ad esempio, si ha una risalita nella classificazione della disinfezione, che senz'altro non dipende dalla porosità aperta che dopo l'invecchiamento è maggiore rispetto all'equivalente non invecchiato, ma probabilmente dalla maggior affinità chimica che le colonie batteriche hanno nei confronti del materiale al quale si agganciano mediante strutture di polisaccaridi.

È presumibile che pur essendo in presenza di porosità profonde o interconnesse in esse non vi siano le condizioni necessarie alla vita dei microrganismi e che la maggiore o minore affinità biologica, letta in termini di maggiore o minore infettività, sia da imputare ad una affinità chimica dei polisaccaridi con i quali i batteri si agganciano alle colonie sulla superficie, per così dire esposta all'esterno, della piastrella. È da stabilire se vengano prediletti per l'aggancio minerali di neoformazione o fasi vetrose.

Va rilevato che cessione di elementi da attacco chimico e disinfezione non sono – almeno allo stato attuale – direttamente correlabili l'una all'altra e la microanalisi è troppo selettiva per determinare una composizione o una struttura del materiale adatta all'aggancio dei batteri.

È un risultato tutto sommato atteso e coerente con la stessa natura dei rispettivi metodi. Appare per altro evidente che, sulla base delle osservazioni sopra effettuate, tutti i parametri debbono essere presi in considerazione ai fini dell'identificazione dei prodotti adatti per gli ambienti dell'industria alimentare.

La difficoltà maggiore, per le prove di tipo microbiologico, è consistita nell'individuazione del parametro (il descrittore della colonizzazione dei microrganismi) da correlare con gli altri dati chimico-fisici. In effetti la quasi totale assenza

di bibliografia circa l'uso di strumenti statistici in ambito microbiologico induce un discreto livello di incertezza circa la correttezza del descrittore usato.

Si è scelto di usare la Moda come indicatore del livello più probabile di infezione, secondo i lavori citati in bibliografia, è preferibile considerare l'insieme dei risultati come un andamento della funzione multimodale. L'andamento è quello del dato più frequente. Si riportano gli ordini di grandezza del numero di colonie quindi in realtà un divario di nell'indicatore corrisponde ad una variazione di 1000 ufc. Si noti quindi che la deviazione standard, utilissimo nell'analisi dei dati chimico-fisici, è qua inapplicabile perchè dello stesso ordine di grandezza dei parametri misurati

È interessante notare che i risultati proliferazione di *ufc* ottenuti, sembrano rispecchiare un'effettiva caratteristica dei materiali; infatti andamenti come quelli dei campioni 6, 7, 15 e 18, nei quali la distribuzione di cariche batteriche mostra lo stesso andamento, per superficie invecchiata e tal quale, anche se con ordini di grandezza diversi, sono da ricondurre a caratteristiche chimiche e morfologiche della superficie del campione testato.

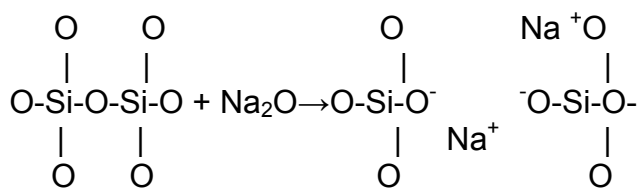
Un risultato ritenuto interessante è anche la maggiore aggressività di taluni acidi polifunzionali nei confronti dei materiali provati: l'acido citrico ha un effetto aggressivo sicuramente comparabile con un più forte acido ortofosforico ma il dato di effettivo interesse è che, premesso che citrico e lattico sono stati applicati con pari acidità e che entrambi hanno comparabile costante di dissociazione ionica, il citrico è in grado di estrarre silice dalla superficie dei materiali e che la quantità di silice estratta è linearmente e direttamente proporzionale con la quantità complessiva di metalli estratti dalla fase vetrosa.

Il coefficiente di correlazione vicino ad 1 ( $r=0,99$ ) e la scarsissima dispersione dei dati confortano sul fatto che vi sia un meccanismo di interazione tra citrati ed acido silicico. Anche l'indice di confidenza molto basso evidenzia la scarsissima probabilità che le due serie di dati (concentrazione di silicio e concentrazioni di metalli) siano tra loro incorrelate.



In questo tipo di materiali prodotti ad elevate temperature la fase vetrosa abbonda anche sulla superficie. E pare che l'acido citrico e fosforico abbiano una maggiore affinità chimica con la fase vetrosa. Il modello ispiratore di questo meccanismo è che i citrati siano in grado di consentire al debole acido silicico di permanere in soluzione acquosa.

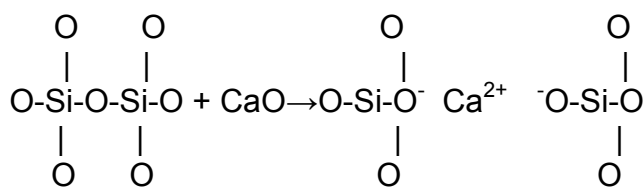
Gli ossidi modificatori del reticolo sono tra i più abbondanti trovati in soluzione; sono ossidi la cui elettronegatività è tale da formare con l'ossigeno legame di tipo prevalentemente ionico. Questi legami interrompono la struttura tridimensionale del reticolo vetroso riducendo la stabilità.



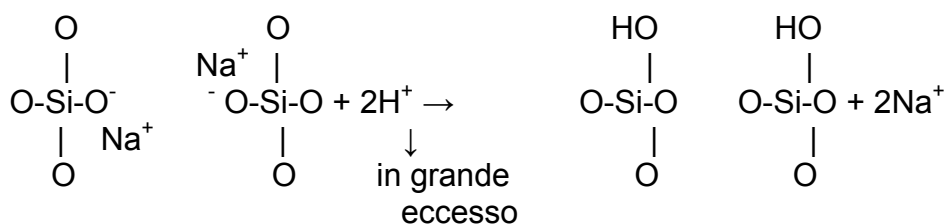
Questi elementi sono caratterizzati da:

- numero di ossidazione basso
- elevato numero di coordinazione
- legame debole X-O.

Abbondano, in soluzione, soprattutto gli ossidi intermedi; sono gli ossidi di quegli elementi la cui elettronegatività è intermedia fra quella dei formatori e dei modificatori di reticolo e quindi formano l'ossigeno legami di forza intermedia.



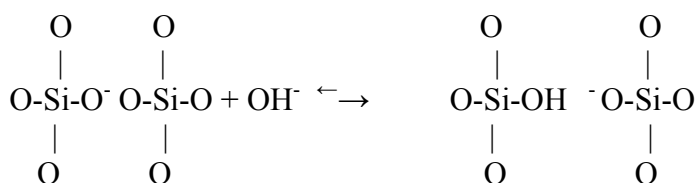
Gli ossidi stabilizzatori interpongono la struttura tridimensionale del reticolo con minore efficacia rispetto ai modificatori, destabilizzandolo in maniera minore. Sembra che l'aggressività dipenda dal meccanismo di azione dell'agente attaccante. Una fase vetrosa che contiene al suo interno un modificatore del reticolo è soggetta ad un attacco acido in quanto gli H<sup>+</sup> vanno a sostituire gli ioni alcalini presenti nel reticolo.



La reazione è controllata dalla diffusione degli  $\text{H}^+$  nel vetro e da quella degli  $\text{Na}^+$  verso la soluzione e la durabilità acida dipende dalla compattezza del reticolo, perciò cala al crescere della percentuale di ossidi modificatori.

Ma in questo caso a parità di ossidi modificatori si ha un più elevato rilascio di silice con citrico e fosforico che con lattico. Probabilmente anche l'acido fosforico è in grado di concorrere mantenendo in soluzione l'acido silicico grazie ad una intrinseca capacità coordinante dello ione fosfato e chelante del citrato.

L'attacco basico mostra il consueto effetto di lisciviazione della superficie così come atteso dai dati in letteratura. Procede secondo la reazione:



Anche in questo caso metalli presenti in soluzione e silice sono assolutamente incorrelati.

Si noti che la correlazione e la dispersione dei dati migliora per acido lattico quando l'attacco avviene sui campioni abrasivi. Si presume un cambiamento nella concentrazione di formatori e modificatori di reticolo verso il centro della piastrella favorisca la dissoluzione di silice.

Infine si è notato che normalmente la destrutturazione per attacco acido sui materiali non è ben correlata con la porosità tranne che nel caso in cui dall'insieme di dati si eliminino i levigati per cui si ottiene un indice di correlazione dei dati

$r=0,77$ . Si auspica che l'andamento ottenuto possa migliorare se si potesse eliminare l'effetto dovuto al fatto che la porosità è misurata su tutte e sei le superfici della piastrella di ceramica e non solo su quella dell'attacco

Il risultato per i campioni in grés non levigati è riassunto nella tabella seguente:

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,77
R al quadrato	0,59
R al quadrato corretto	0,55

L'indice di significatività delle misure è pari a  $6,05E-05$ .

Questi risultati sembrano indicare che la porosità influisca sull'intensità dell'attacco, anche se altri parametri, non tenuti in considerazione in questa ricerca, come la viscosità e la polarità della soluzione di attacco possono influire sui risultati ottenuti.

## 8 Conclusioni

La ricerca effettuata su caratteristiche e prestazioni delle piastrelle di ceramica idonee all'utilizzo per il rivestimento di pavimenti nei locali dell'industria alimentare ha portato a risultati concreti ed interessanti, anche se non ancora esaustivi. In particolare:

- sono stati sviluppati nuovi metodi di misura – cessione di elementi da attacco chimico, disinfettabilità, invecchiamento – dei quali è stata dimostrata, con una sperimentazione certamente estesa, anche se meritevole di ulteriori approfondimenti, per altro già programmati, la funzionalità ai fini di identificare e classificare le piastrelle di ceramica in relazione all'idoneità di impiego negli ambienti dell'industria alimentare;
- sono state approfondite le conoscenze sull'aggressività, rispetto alle superfici ceramiche, di diverse sostanze chimiche spesso associate ai processi ed alle lavorazioni dell'industria alimentare, non solo e non tanto valutando una variazione di aspetto della superficie, ma quantificando l'intensità dell'attacco in funzione dell'estrazione di elementi dalla superficie, da parte degli agenti aggressivi considerati;
- è stata compiuta una prima sperimentazione sistematica sulla misura di disinfettabilità. Il risultato ottenuto – il metodo di misura – non può ritenersi ancora completamente soddisfacente. Tuttavia si sono osservati alcuni effetti interessanti, ed è stata costruita una base di dati e di esperienze che saranno di grande utilità nel prosieguo della ricerca;
- è stato quantificato il ruolo dello stato della superficie sulle prestazioni chimico-fisico-microbiologiche delle piastrelle di ceramica (più precisamente, delle tipologie più frequentemente utilizzate nelle applicazioni in esame). Alcune relazioni si sono dimostrate di grande interesse applicativo;
- sono state sviluppate, attraverso un lavoro analitico rigoroso, diverse ed ampie basi di dati. L'utilizzo che ne è stato fatto nell'ambito della presente

attività di ricerca, finalizzato agli specifici obiettivi, sembra ancora parziale, rispetto ad alcune ulteriori potenzialità.

A completamento dell'attività svolta, si ritiene utile aggiungere che, con un sistema di giudizio a logica fuzzy (vedi Allegato 15), si può impostare un metodo per effettuare una valutazione oggettiva del materiale basandosi su un insieme di dati esperienziali. Questo approccio ha dato i suoi frutti anche se applicato solamente ai parametri fisici e chimici. Esso consentirebbe di sopperire ad una serie di difficoltà, la maggiore delle quali è associata alla mancanza di dati in bibliografia cui fare riferimento per valutare i dati ottenuti.

E' quanto avvenuto particolarmente per le prove di tipo microbiologico, per cui appunto sarebbe necessario un ampliamento del sistema Fuzzy finalizzato ad una introduzione del parametro disinfettabilità. In questo primo lavoro, ancora in fase sperimentale, sono mancate le grandi quantità di dati per singolo campione che costituiscono condizione irrinunciabile per l'applicazione ai cosiddetti *sistemi esperti*. Nell'analisi dei dati relativi alle misure microbiologiche si sono dovuti superare ostacoli connessi alla natura del misurando, come ad esempio:

- Instabilità dei campioni biologici, qualunque sia la matrice costituente.
- Variabilità tra i sottocampioni, più elevata di quella derivante dall'esecuzione di prove ripetute.
- Difficoltà nella distribuzione dei microrganismi nel campione, le quali hanno impedito di acquisire una sufficiente base esperienziale.

Per i dati più noti (chimico e fisico) l'applicazione di un sistema esperto ha dato risultati analoghi a quelli attesi dall'operatore umano. Si auspica che questo tipo di approccio possa semplificare la creazione di un unico indice qualitativo del materiale testato, che per ora consiste nell'ottenere i migliori valori di disinfettabilità, attrito e resistenza chimica.

## Bibliografia

- [1] **UNI EN ISO 10545 Piastrelle di Ceramica** Ed. UNI
- [2] **S. Di Macco** Standard igienico-sanitari – edilizia ed impianti nei luoghi degli alimenti. Edizioni: *Legislazione Tecnica*, § 5.1,5.1.1 pag. 118 – 121.
- [3] **D.lg. 26 maggio 1997, n.155** Attuazione delle direttive 93/43/CEE e 96/3/CE concernenti l'igiene dei prodotti alimentari.
- [4] **P.Chiorboli** *Fondamenti di chimica*, UTET.
- [5] **UNI EN ISO 14698-1,2** Camere bianche ed ambienti associati alla biocontaminazione. Edizioni *UNI Ente nazionale Italiano di Unificazione*.
- [6] **Fonte ISS** Seminario su “Micotossine dal Campo al Piatto” *Piacenza, Università del Sacro Cuore, 10 settembre 2004*.
- [7] **C. A. Crispima, C. C. Gaylardeb, P. M. Gaylardea** Biofilms on church walls in Porto Alegre, RS, Brazil, with special attention to cyanobacteria - *Soils Department, MIRCEN, Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Cx.P.776, Porto Alegre-RS 91501-970, Brazil - Biophysics Department, UFRGS, Av.Bento Goncalves 9500, Porto Alegre-RS 91501-970, Brazil*.
- [8] **S. Maeda, A. Sawamura 1, A. Matsuda** Transformation of colonial Escherichia coli on solid media - *Food Safety Laboratory, Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University, Kitaoyanishi-machi, Nara 630-8506, Japan*.
- [9] **K. Vickery, BVSc, MVSc, PhD, A. Pajkos, BSc, and Y. Cossart, MB BS, BSc (Med)** - Removal of biofilm from endoscopes: Evaluation of detergent efficiency, *FRCPA Sydney, New South Wales, Australia*
- [10] **H. Aycicek, S. Cakiroglu, T. H. Stevenson** Incidence of Staphylococcus aureus in ready-to-eat meals from military cafeterias in Ankara, Turkey. *Department of Food Hygiene and Technology, Gulhane Military Medical Academy, 06018 Etlik-Ankara, Turkey*
- [11] **J. T. Holah** Test Methods for Food Hygiene, Institutional, Industrial and Domestic Applications. *Progress Report on CEN/TC 216/Working Group 3:Disinfectant*.
- [12] **H. Kobayashi:** National hospital infection surveillance on methicillin-resistant Staphylococcus aureus. *Kanto Medical Centre NTT EC, 5-9-22 Higashi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo 141-8625, Japan*.
- [13] **UNI EN ISO 14411 Piastrelle di ceramica – Definizioni, classificazione, caratteristiche, marcatura.** Ed. UNI
- [14] **W. R. Chang,** The effects of surface roughness and contaminants on the dynamic friction between porcelain tile and vulcanized rubber. *Safety Science 40 (2002) 577–591*
- [15] **W. R. Chang, S. Matz:** The effect of Altering processes on surface roughness parameters and their correlation with the measured friction, Part I: quarry tiles *Liberty Mutual Research Center for Safety and Health, 71 Frankland Road, Hopkinton, MA 01748, USA*.
- [16] **W. R. Chang:** The effect of Altering processes on surface roughness parameters and their correlation with the measured friction, Part II: porcelain tiles quarry tiles *Liberty Mutual Research Center for Safety and Health, 71 Frankland Road, Hopkinton, MA 01748, USA*.
- [17] **NIST National Institute of Standard and Technology** (<http://physics.nist.gov>)
- [18] **Perry's Chemical Engineers' Handbook** 6th ed. Mc Graw Hill.
- [19] **A.Tucci, A.Nanetti, L.Malmusi, G.Timellini** Ceramic Surfaces with Microbiological Action for Healthcare Buildings. *Cfi/Ber. DKG, 84 (3), 47-50 2007*.
- [20] **W. R. Chang:** The effect of surface roughness on dynamic friction between neolite and quarry tile. *Liberty Mutual Research Center for Safety and Health, Hopkinton, MA 01748, USA Journal of Safety Research, Vol. 29, No. 4, pp. 275–283, 1998*
- [21] **D. P. Manning, C. Jones, F. J. Rowland, and M. Roff:** The Surface Roughness of a Rubber Soling Material Determines the Coefficient of Friction on Water-Lubricated Surfaces
- [22] **G. R. Norman; D. L. Strainer** Bistatistics: the bare essentials *B.C. Decker Inc*.
- [23] **A. Maiello e D. Spolaor** Guida per l'espressione dell'Incertezza di misura nelle Prove Microbiologiche,

- [24] **J. R. Taylor** *An introduction to error analysis, The study of uncertainties in physical Measurements.* University Science Book
- [25] **S. I. Nimelä** *Uncertainty of Quantitative Determinations Derived by Cultivation of Micro-organisms.*





Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 1**

**Definizione della specifica tecnica di piastrelle di  
ceramica destinate all'utilizzo nell'industria  
alimentare**



Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Materiali ING-IND/22 XIX Ciclo a.a. 2005-06	<b>Allegato 1</b>
	<b>dott. Paolo Malavasi</b>

**DEFINIZIONE DELLA SPECIFICA TECNICA DI PIASTRELLE DI  
CERAMICA DESTINATE ALL'UTILIZZO NELL'INDUSTRIA  
ALIMENTARE.**

INDICE

1. Scopo del documento
2. Riferimenti
3. Termini e Definizioni
4. Criteri per la caratterizzazione
5. Valutazione dei dati riscontrati con la caratterizzazione
6. Documenti di archiviazione dei dati

## 1. Scopo del documento

Il presente documento definisce i criteri di selezione delle piastrelle di ceramica da impiegabili nei locali di preparazione, lavorazione e trasformazione di prodotti alimentari.

---

## 2. Riferimenti

LEGGE n° 283, DEL 30.4.1962 art. 11 “É vietato produrre, detenere per il commercio ... e rendano nocive le sostanze alimentari.

D.P.R. n. 547 aprile 1955 “... i pavimenti devono essere in condizioni tali da rendere sicuro il movimento dei lavoratori.”

D.L. 626/94 Sicurezza nei luoghi di lavoro

D.P.R. n. 503 luglio 1996. Fissa un requisito minimo per la scivolosità misurato mediante il metodo BCR che fornisce una misura di attrito dinamico  $\mu_d > 0,40$ ;

STANDARD IGIENICO – SANITARI EDILIZIA ED IMPIANTI NEI LUOGHI DEGLI ALIMENTI. Di Sergio Di Macco. Ed. Legislazione Tecnica

UNI EN ISO 14698-1, 2 Controllo della Biocontaminazione (Principi generali e metodi. Valutazione ed interpretazione dei dati generali di biocontaminazione).

ISO 7218:1996 Microbiology of food and animal feeding stuffs -- General rules for microbiological examinations.

D.lg. 26 maggio 1997, n.155 Attuazione delle direttive 93/43/CEE e 96/3/CE concernenti l'igiene dei prodotti alimentari.

Decreto 23 agosto 1982 n. 777 attuazione della direttiva 76/893/CEE relativa ai materiali e agli oggetti destinati a venire a contatto con i prodotti alimentari.

UNI EN ISO 9004-1 Gestione per la qualità ed elementi del sistema qualità. Guida generale.

UNI EN 14411- Piastrelle di ceramica – Definizioni, classificazione, caratteristiche, marcatura.

UNI EN ISO 10545-1 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Campionamento e criteri di accettazione

UNI EN ISO 10545-2 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione delle caratteristiche dimensionali e della qualità della superficie

UNI EN ISO 10545-3 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione dell'assorbimento d'acqua, della porosità apparente, della densità relativa apparente e della densità apparente

UNI EN ISO 10545-4 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza a flessione e della forza di rottura

UNI EN ISO 10545-5 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'urto mediante misurazione del coefficiente di restituzione

UNI EN ISO 10545-6 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'abrasione profonda per piastrelle non smaltate.

UNI EN ISO 10545-7 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'abrasione superficiale per piastrelle smaltate.

UNI EN ISO 10545-8 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della dilatazione termica lineare.

UNI EN ISO 10545-9 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza agli sbalzi termici.

UNI EN ISO 10545-10 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della dilatazione dovuta all'umidità

UNI EN ISO 10545-11 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza al cavillo per piastrelle smaltate

UNI EN ISO 10545-12 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza al gelo.

UNI EN ISO 10545-13 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza chimica .

UNI EN ISO 10545-14 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza alle macchie.

UNI EN ISO 10545-15 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione del piombo e del cadmio ceduto dalle piastrelle smaltate

---

METODO DI PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI INVECCHiate

METODO DI MISURA DELLA CESSIONE DI ELEMENTI DA ATTACCO CHIMICO

METODO DI MISURA DELLA DISINFETTABILITA'

---

### **3. Termini e Definizioni**

Ai fini del presente documento si applicano i seguenti termini e definizioni.

#### **3.1 Generalità**

**3.1.1 Disinfettare:** nella sua accezione più estesa, l'azione di liberare da colonie di microorganismi patogeni, batteri, muffe e lieviti, in grado di causare infezioni o danni alla salute; l'azione del disinfettare si può applicare sia su solidi che su liquidi e gas.

**3.1.2 Disinfettabilità:** predisposizione a subire le azioni di disinfezione senza subire danni o alterazioni in modo permanente.

**3.1.3 Ristagno:** qualunque formazione localizzata di pellicole di liquido o accumuli dello stesso presso rilievi della superficie. Qualunque accumulo di elementi indesiderati veicolati dalle azioni di lavaggio.

**3.1.4 Matrice:** microstruttura della superficie capace, per composizione chimica e forma di trattenere particellato estraneo, umidità o residui dei prodotti derivanti dalle operazioni di disinfezione.

**3.1.5 Macchianti:** sostanze costituite da molecole contenenti cromofori, aventi la caratteristica di aderire alle superfici di contatto per azione chimica o meccanica..

**3.1.6 Scivolosità:** resistenza offerta da una superficie alla perdita di aderenza quindi alla caduta, la misurazione della scivolosità effettuata con il metodo descritto dalla DIN 51130 fornisce un indice, espresso in gradi sessagesimali, attraverso il quale è possibile valutare la capacità di evitare il processo di caduta dovuto alla perdita di aderenza.

**3.1.7 Coefficiente di attrito statico ( $\mu_s$ ) e attrito dinamico ( $\mu_d$ ):** rapporto tra la forza di trazione  $F_t$  e la forza gravante espressa come forza peso  $F_g$ .

---

### **4. Criteri per la caratterizzazione**

Le piastrelle devono innanzitutto ottemperare ai requisiti imposti ai luoghi per gli alimenti, che possono essere riassunti in quattro fondamentali criteri di idoneità:

- a. Devono essere disinfettabili ovvero sopportare tutti i tipi di disinfezione sia fisici che meccanici.
- b. Devono consentire un facile drenaggio dei liquidi e liquami ne favorire alcun tipo di ristagno.
- c. Non devono costituire matrice per sostanze macchianti o per i nutrienti dei microorganismi.
- d. Non devono essere scivolosi in presenza di acqua, liquidi o altre sostanze (oli, grassi, polveri).

Per valutare se un materiale possiede i requisiti preliminari all'impiego e può, quindi, rientrare tra quelli studiati, é necessario che superi alcune delle prove di caratterizzazione tecnica di prodotto descritte dalla norma 10545:

- a. UNI EN ISO 10545-3 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione dell'assorbimento d'acqua, al fine di valutare la porosità del materiale ovvero la sua repellenza all'assorbimento di soluzioni acquose. NECESSARIA
- b. UNI EN ISO 10545-4 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza a flessione e della forza di rottura, al fine di valutare la resistenza al transito di carrelli o al carico statico di impianti. NECESSARIA
- c. UNI EN ISO 10545-5 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'urto mediante misurazione del coefficiente di restituzione, al fine di valutare la resistenza del materiale alla caduta di oggetti. NECESSARIA
- d. UNI EN ISO 10545-6 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'abrasione profonda per piastrelle non smaltate, al fine di valutare la compattezza del materiale. OPZIONALE
- e. UNI EN ISO 10545-7 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'abrasione superficiale per piastrelle smaltate, al fine di valutare la resistenza alle operazioni meccaniche di pulizia e la resistenza alla macchiabilità OPZIONALE
- f. UNI EN ISO 10545-11 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza al cavillo per piastrelle smaltate, al fine di valutare, per le piastrelle smaltate, la predisposizione alla formazione di microfratture che possono essere sede di focolai di infezione OPZIONALE
- g. UNI EN ISO 10545-12 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza al gelo, al fine di valutare l'idoneità all'impiego per esterni e in luoghi climatizzati, celle frigo OPZIONALE
- h. UNI EN ISO 10545-13 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza chimica, al fine di valutare la resistenza agli agenti chimici normalmente usati per la disinfezione. NECESSARIA

- i. UNI EN ISO 10545-14 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza alle macchie, al fine di valutare la predisposizione a trattenere agenti macchianti, sporcanti o nutrienti per microorganismi NECESSARIA
- j. UNI EN ISO 10545-15 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione del piombo e del cadmio ceduto dalle piastrelle smaltate. OPZIONALE
- k. ASTM C 1028 - Piastrelle di ceramica – Determinazione dell’attrito statico NECESSARIA
- l. Metodo BCR - Piastrelle di ceramica – Determinazione dell’attrito dinamico NECESSARIA
- m. DIN 51130 - Piastrelle di ceramica – Determinazione dell’angolo di scivolamento NECESSARIA

Saranno accettati i campioni con basso assorbimento d’acqua, elevata resistenza a flessione, compatti, resistenti ai prodotti chimici ed alle macchie. Per i materiali a pavimento é richiesto un basso grado di scivolosità. I limiti di riferimento per le prove che fanno capo alla 10545 sono elencati dalla EN 14411 per le prove di scivolosità é necessario fare riferimento alle singole leggi cogenti dei paesi in cui se ne presume l’impiego. Per quanto riguarda i seguenti:

*Metodo di prova per la misura della cessione di elementi da attacco chimico,*

*Metodo di prova per la misura e della disinfettabilità.*

Sarà indispensabile il superamento della prova di disinfettabilità che diventerà necessaria e necessaria solo quando è previsto un contatto con gli alimenti per la prova di misura della cessione di elementi.

## **5. Valutazione dei dati riscontrati con la caratterizzazione**

Considerando che, nei luoghi dell’industria alimentare, il grado di usura dei pavimenti, dovuto a sollecitazioni sia fisiche che chimiche é sempre molto elevato. Tenuto conto del fatto che la superficie di calpestio difficilmente si presenta asciutta o priva di agenti estranei, si ritiene opportuno che il limite di accettazione sia:

- a Per campioni sottoposti alle prove caratterizzate dalla dicitura NECESSARIA, quello indicato in **Tab. 1**. Gli intervalli di accettazione sono motivati in ragione del campo di applicazione del prodotto:



**Tabella 1 schema di base suggerito per la caratterizzazione-accettazione**

ACCETTAZIONE - RESISTENZA MECCANICA		ACCETTAZIONE - RESISTENZA CHIMICA		Scivolosità (solo per pavimenti)
Gruppo di appartenenza	Resistenza a flessione	Attacco Chimico	Macchie	
Da: BIa A: Bib	Da 35 N/mm <sup>2</sup> A 22 N/mm <sup>2</sup>	Resistente	Resistente	$\mu_s > 0,60$ ; $\mu_d > 0,40$ ; $R \geq 9$
AI	Da 23 N/mm <sup>2</sup> A 13 N/mm <sup>2</sup>	Resistente	Resistente	$\mu_s > 0,60$ ; $\mu_d > 0,40$ ; $R \geq 9$

b Per campioni sottoposti *anche* alle prove caratterizzate dalla dicitura OPZIONALE quello indicato in **Tab. 1.** più quello strettamente indicato dalla **EN 14411.**:

## 5.1 Prove critiche per la definizione di idoneit'

### 5.1.1 Misure di scivolosità e attrito

La resistenza allo scivolamento e l'attrito sono misure critiche per la collocazione di superfici da pavimentazione in luoghi di lavoro. Non esistono leggi cogenti che impongano un limite tranne che in Italia, con l'applicazione del D.P.R. n. 503 luglio 1996 che richiede un  $\mu_s > 0,40$ .

Tenendo conto di ciò si è ritenuto opportuno utilizzare, per la misurazione di scivolosità ed attrit, i seguenti metodi:

- a Scivolosità (°):** . . . . . DIN 51130 R-V
- b Attrito Statico ( $\mu_s$ ):** . . . . . ASTM C1028
- c Attrito Dinamico ( $\mu_d$ ):** . . . . . Metodo BCR

Si è, inoltre, deciso che le piastrelle da pavimentazione debbano ottenere risultati come indicato in **Tab. 1.**

### 5.1.1.1 Valutazioni tecnico scientifiche sulla ripetibilità e riproducibilità dei dati

È noto che le misure di attrito effettuate sulla stessa superficie siano difficilmente riproducibili e ripetibili. Per di più a tutt'oggi non esistono teorie in grado di descrivere con precisione, a livello di microstruttura, come si sviluppi il fenomeno dell'attrito.

Da misure ed analisi da noi effettuate su superfici di gres porcellanato e superfici smaltate risulta che la scivolosità è correlata sia ai coefficienti di attrito di una superficie che al fattore forma (macroasperità e profilature della superficie) ma non a una di queste due caratteristiche singolarmente.

Applicando il metodo dall'ANOVA risulta, inoltre, che non vi sono dirette correlazioni tra micro rugosità superficiali e coefficienti di attrito. In altre parole scivolosità, rugosità e coefficienti di attrito, statico e dinamico, non sono tra loro correlabili.

È evidente che ci si trova di fronte a un'eccessiva semplificazione delle equazioni utilizzate per descrivere i fenomeni fisici in questione ( $\mu_s = F_t/F_p + \chi$ ;  $\mu_d = F_t/F_p$ ). Le equazioni dell'andamento delle forze d'attrito, dovranno essere integrate, in questo progetto di ricerca con fattori di forma, microstruttura, legami chimici deboli superficie-superficie (elettrostatici, Van der Waals), fattori microclimatici. Solo così si sarà in grado di fornire, con una legge predittiva, l'andamento delle forze di attrito statico e dinamico sulle superfici esaminate.

Solo completando la struttura delle equazioni utilizzate si potranno correlare Scivolosità ed attriti così da poter prevedere il comportamento della superficie al momento della sua progettazione.

In una prima fase, nella mancanza di una legge quantitativa, non resta che imporre l'esecuzione delle prove in condizioni di microclima controllate ( $T^\circ$  e  $H$  in camere a microclima), congiuntamente all'impiego di apparecchiature che consentano un preciso ed accurato controllo delle forze impiegate nella misurazione (dinamometri e celle di carico con precisione di almeno 0,1g) dei coefficienti.

### 5.1.2 Metodo di misura della cessione di elementi da attacco chimico

Ai fini dell'utilizzo nei luoghi dell'industria degli alimenti è necessario che le piastrelle di ceramica siano in grado di sopportare forti trattamenti di disinfezione. Per sapere *ab initio* se un campione possiede questo requisito deve necessariamente superare il test di attacco chimico previsto dalla UNI EN ISO 10545-13. Questa prova costituisce, però, soltanto il punto di partenza. Per stabilire la resistenza di un materiale, infatti, essa è scarsamente selettiva e molti materiali soddisfano i requisiti previsti dalla 14411. È necessaria, quindi, una prova maggiormente discriminante per valutare i rischi derivanti dall'utilizzo di materiali che, pur mantenendo le loro caratteristiche macroscopiche estetiche e strutturali, possano rilasciare elementi tossico-nocivi all'interno degli alimenti o delle acque di lavaggio. Il metodo di *Misura della cessione di elementi da attacco chimico* è stato concepito con la finalità di valutare i rischi connessi ad un eventuale rilascio e di valutare l'effetto sinergico sulla salute umana.

Il materiale sarà definito idoneo quando ottempererà ai requisiti definiti nel metodo stesso in **tabella 1**

### **5.1.3 Metodo di misura della disinfettabilità**

Non esistono metodiche in grado di prevedere il comportamento di un materiale quando infestato da colonie di microrganismi. Per questa ragione è stato messo a punto un metodo in grado di valutare la capacità di resistere alla colonizzazione dei batteri lungo tutto il ciclo di vita di un materiale. Il *Metodo di misura della disinfettabilità* è stato messo a punto per stimare la resistenza all'aggancio di microrganismi, sulla superficie di esercizio anche in condizioni favorevoli alla crescita e moltiplicazione degli stessi.

Il microrganismo utilizzato nelle prove di simulazione è, *Pseudomonas Aeruginosa*. Tale battere è in grado di simulare il comportamento della maggior parte dei batteri, patogeni e non, che possono venire a contatto con le superfici di utilizzo.

E' importante sottolineare che la prova va condotta sullo stesso prodotto sia prima che dopo un opportuno processo di invecchiamento definito nel *Metodo di preparazione delle superfici invecchiate*.

Il materiale sarà definito idoneo quando ottempererà ai requisiti definiti nel metodo stesso al **capitolo 10**

### **5.1.4 UNI EN ISO 10545-5 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'urto mediante misurazione del coefficiente di restituzione**

Poiché, nell'industria alimentare, a causa della tipologia delle lavorazioni effettuate, i casi di caduta dall'alto di oggetti contundenti sono quantomai frequenti è necessario valutare la probabilità di frattura della superficie a causa di un urto dall'alto per evitare la formazione di zone difficilmente pulibili e disinfettabili oltre che evitare l'introduzione di schegge di ceramica nel ciclo produttivo.

Si suggerisce che i limiti inferiori per un materiale destinato all'impiego nei luoghi dell'industria alimentare siano:

1. Coefficiente di restituzione  $e \geq 0,80$  per superfici non profilate.
2. Coefficiente di restituzione  $e \geq 0,78$  per superfici profilate
3. Nessuna rottura e nessuna scheggiatura anche dovute ad effetti Hertiani.

## **6. Documenti di archiviazione dei dati**

I dati relativi ai prodotti caratterizzati saranno riportati nel documento identificato Doc 05

Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

**Allegato 2**

**Metodo di preparazione delle superfici invecchiate**



Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Materiali ING-IND/22 XIX Ciclo a.a. 2005-06	<b>Allegato 2</b>
	<b>dott. Paolo Malavasi</b>

## **METODO DI PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI INVECCHiate**

### INDICE

1. Scopo e campo di applicazione.
2. Riferimenti.
3. Termini e Definizioni.
4. Cariche abrasive.
5. Apparecchiature.
6. Provini.
7. Procedura.
8. Espressione dei risultati.

---

## 1. Scopo e campo di applicazione

Il presente documento espone il metodo proposto per la simulazione di invecchiamento mediante usura. Il metodo è applicabile a tutti i tipi di superficie ceramica.

---

## 2. Riferimenti

LEGGE n° 283, DEL 30.4.1962 art. 11 “É vietato produrre, detenere per il commercio ... e rendano nocive le sostanze alimentari.

D.P.R. n. 547 aprile 1955 “... i pavimenti devono essere in condizioni tali da rendere sicuro il movimento dei lavoratori.”

D.L. 626/94 Sicurezza nei luoghi di lavoro.

STANDARD IGIENICO – SANITARI EDILIZIA ED IMPIANTI NEI LUOGHI DEGLI ALIMENTI. Di Sergio Di Macco. Ed. Legislazione Tecnica

UNI EN 14411- Piastrelle di ceramica – Definizioni, classificazione, caratteristiche, marcatura.

UNI EN ISO 10545-7 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all’abrasione superficiale..

UNI EN ISO 10545-13 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza chimica.

UNI EN ISO 10545-14 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza alle macchie.

---

## 3. Termini e Definizioni

Ai fini del presente documento si applicano i seguenti termini e definizioni.

### 3.1 Generalità

- *Invecchiamento*: in relazione a questa procedura, la simulazione, in laboratorio, dei principali processi di usura e deterioramento.
  - *Detergente*: ogni sostanza o miscela di sostanze atta ad eliminare materiale estraneo all’oggetto della detersione, che non lasci residui propri sull’oggetto e che non muti o danneggi la natura dell’oggetto stesso.
  - *Usura*: consumo, logorio dovuto alla frizione di parti tra loro, spesso unitamente all’azione aggressiva di agenti chimici e fisico-microclimatici che genera il progressivo deterioramento di un oggetto con perdita della sua primigenia funzionalità.
-



---

#### 4. Cariche abrasive

La carica totale su ogni campione di prova consiste di:

70,0 g	di sfere di acciaio di 5 mm di diametro;
52.5 g	di sfere di acciaio di 3 mm di diametro;
43,75 g	di sfere di acciaio di 2 mm di diametro;
8,75 g	di sfere di acciaio di 5mm di diametro;
3,0 g	di polvere di ossido di alluminio di granulometria F 80 in conformità alla ISO 84886;
20 ml	di soluzione di ammoniaca 1 M.

---

#### 5. Apparecchiature

**5.1 Dispositivo per l'abrasione** consistente in un involucro di acciaio contenente un dispositivo elettrico di messa in movimento collegato ad una piastra orizzontale di supporto con sedi predisposte per i campioni di prova con dimensioni di almeno 110 mm x 110 mm. La piastra di supporto deve potere ruotare a 300 giri al minuto, con un'eccentricità,  $e$ , di 22,5 mm, in modo che tutte le parti di ciascun campione di prova descrivano una traiettoria circolare del diametro di 45 mm. I campioni di prova sono fissati per mezzo di coperchi metallici dotati di guarnizioni di tenuta. Il diametro interno dei coperchi è di 83 mm, in modo da avere una superficie di prova di circa 54 cm<sup>2</sup>. Lo spessore della gomma è di 9 mm e l'altezza dello spazio sotto il coperchio è di 22,5 mm.

**5.2 Stufa** funzionante alla temperatura di  $(110 \pm 5)$  °C.

**5.5 pHmetro-redoximetro** sensibilità  $\pm 0,1$  unità di pH e  $\pm 1$  mV.

**5.5 Bagno ad ultrasuoni** con opportuna soluzione detergente.

---

#### 6. Provini

**6.1 Numero di provini:** devono essere sottoposti a prova, per ogni materiale, un minimo di 3 provini provenienti da tre piastrelle distinte.

**6.2 Preparazione dei provini:** preparati con taglio ad umido, devono essere rappresentativi del campionamento ed avere dimensioni di 110 mm x 110 mm. In caso di provini di dimensioni inferiori devono essere posti l'uno accanto all'altro su un supporto opportuno mantenendo il più possibile la planarità superficiale del provino finale.

---

**6.3 Condizionamento:** dopo il taglio devono essere mantenuti in bagno ad ultrasuoni per 60 secondi utilizzando una soluzione detergente non aggressiva, quindi sciacquati con abbondante acqua distillata di grado 2 per rimuovere eventuali tracce di detergente.

## **7. Procedura**

Fissare un coperchio metallico sulla superficie di ogni campione sull'apparecchio per l'abrasione, introdurre la carica abrasiva nel coperchio attraverso l'apposito foro superiore. Sigillare il foro per impedire la perdita di qualunque elemento della carica abrasiva impostare un programma di 24.000 rivoluzioni.

Rimuovere il provino e sciacquare il campione con acqua di rete idrica. Rimuovere eventuali residui mediante bagno ad ultrasuoni per 60 secondi utilizzando una soluzione detergente non aggressiva, quindi sciacquati con abbondante acqua distillata di grado 2 per rimuovere eventuali tracce di detergente.

Porre in stufa a 110 ° C per 24 ore oppure in essiccatore a microonde. Al termine dell'essiccamento saranno posti sotto vuoto per 4 ore in essiccatore a gel di silice.

---

## **8. Espressione dei risultati**

Questo metodo, atto al condizionamento di campioni di materiale ceramico non prevede né misure né risultati.

---

Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 3**

**Risultati delle misure di rugosità ed osservazioni al  
microscopio elettronico a scansione**



Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Materiali  
ING-IND/22 XIX Ciclo a.a. 2005-06

**Allegato 3**

**dott. Paolo Malvasi**

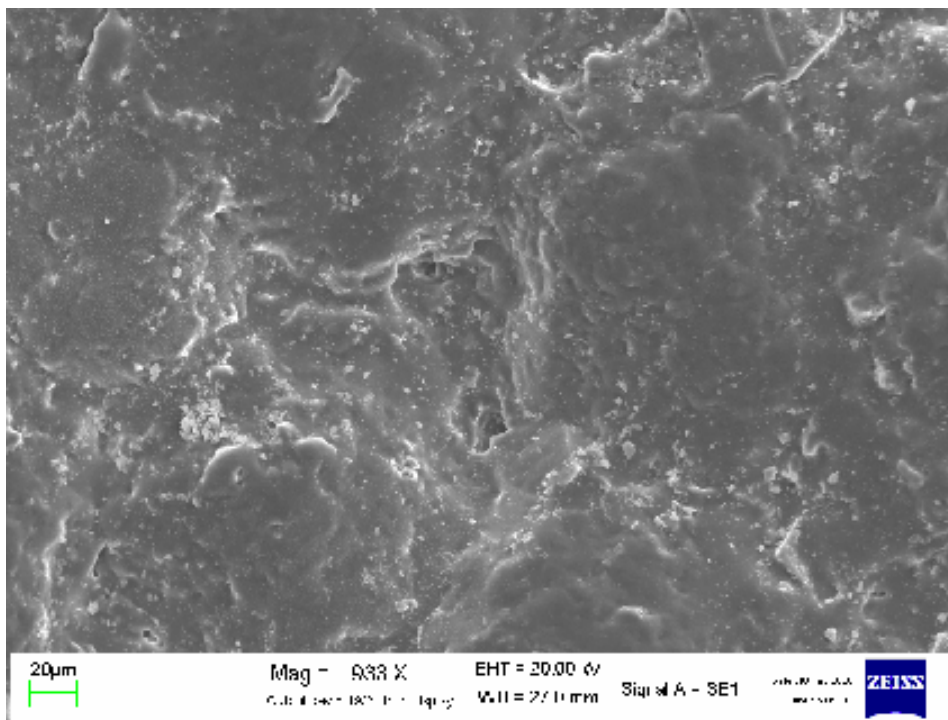
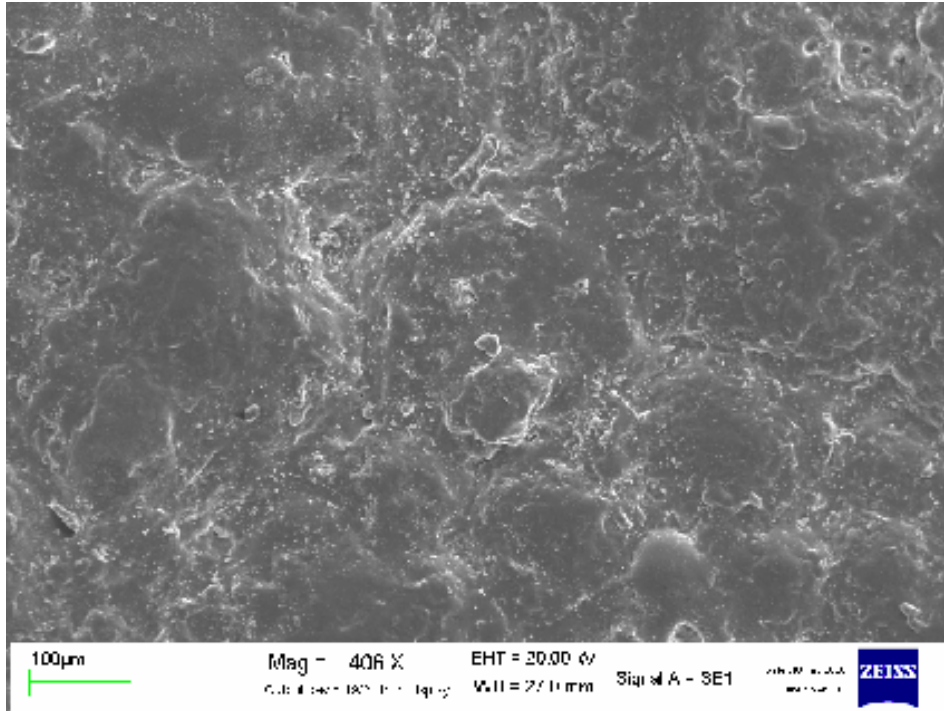
## **Misure di rugosità e osservazioni al SEM**

Nei campioni con strutturazioni macro, le misure di rugosità sono state eseguite nelle aree prive di strutturazioni.

Campione 1

$R_a$   
 $10,6 \pm 1,9$

$R_{Max}$   
 $67,0 \pm 15,5$

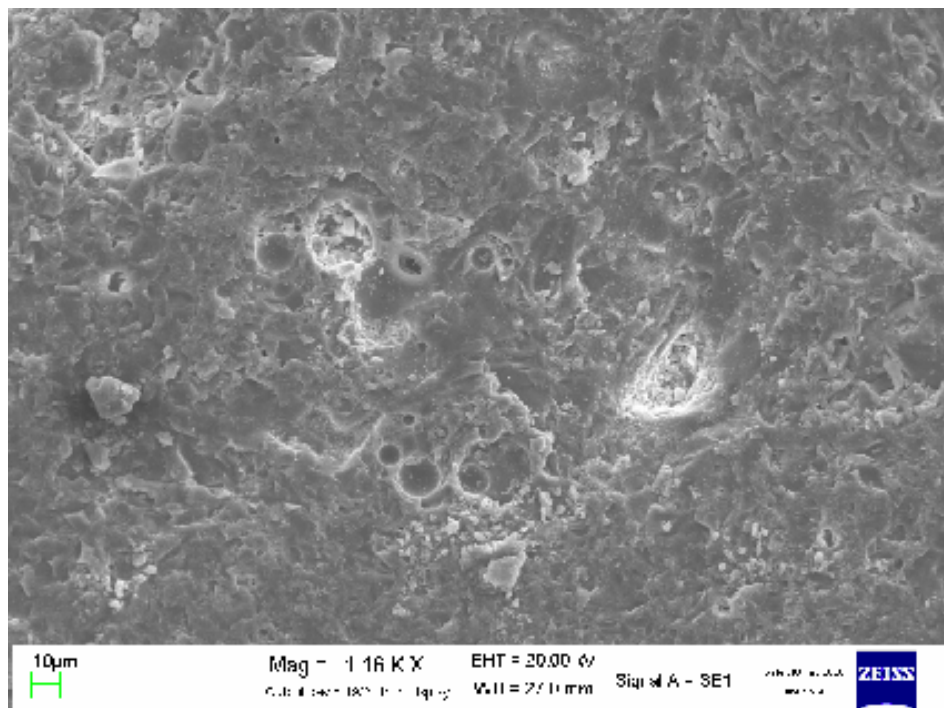
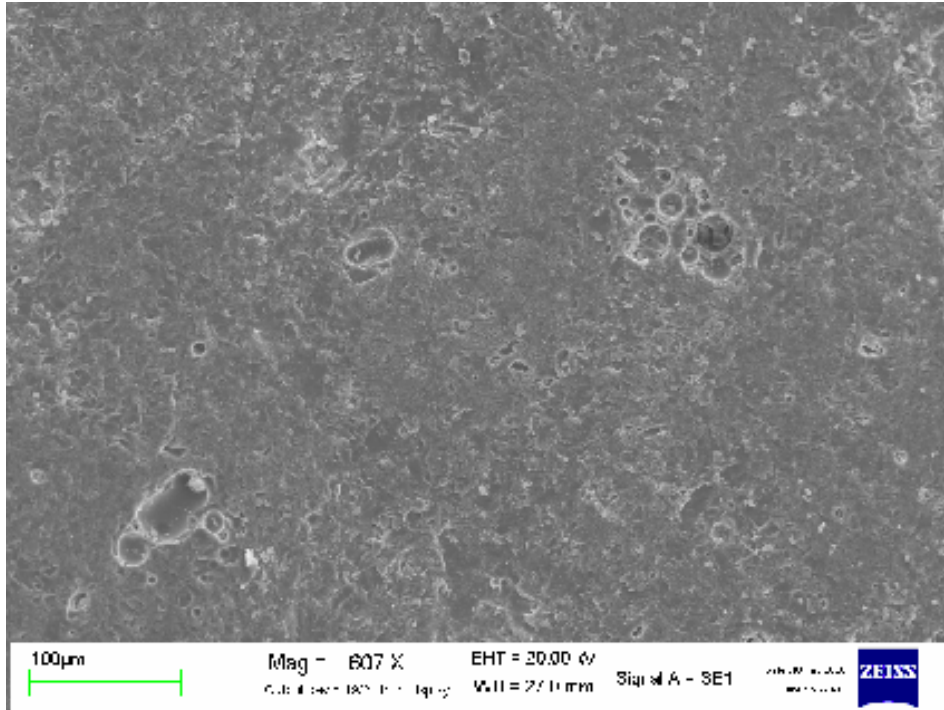


Superficie caratterizzata dalla presenza di granuli in rilievo, corrispondenti alle particelle di atomizzato. Sono presenti microporosità essenzialmente chiuse.

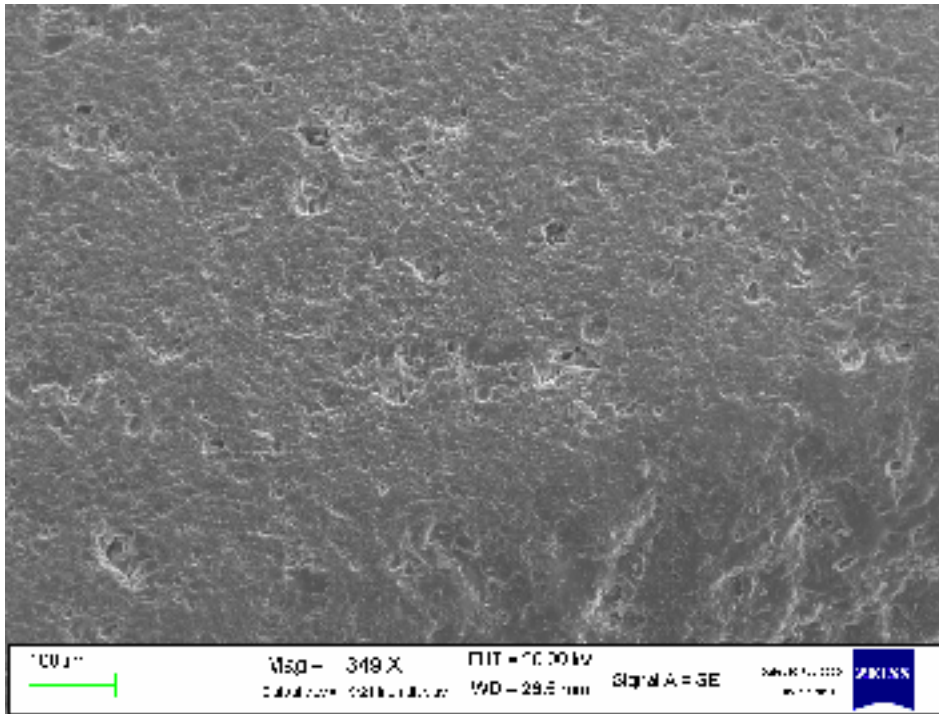
Campione 1A

$R_a$   
 $7,0 \pm 2,1$

$R_{Max}$   
 $53,3 \pm 12,5$



Superficie scabra, microfratturazioni (da urto) e porosità, anche agglomerati di pori.



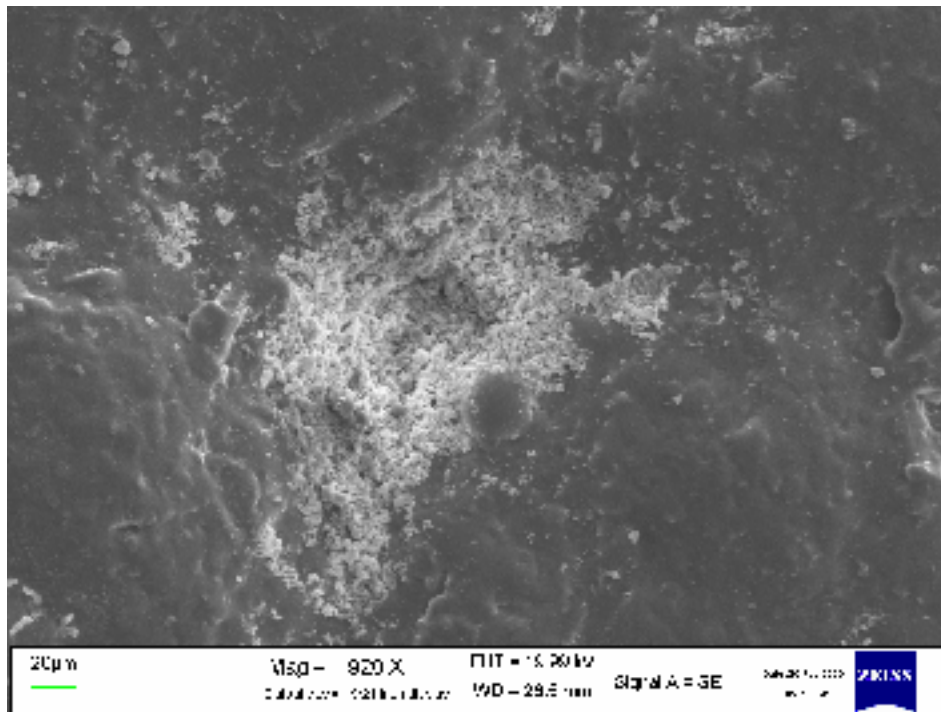
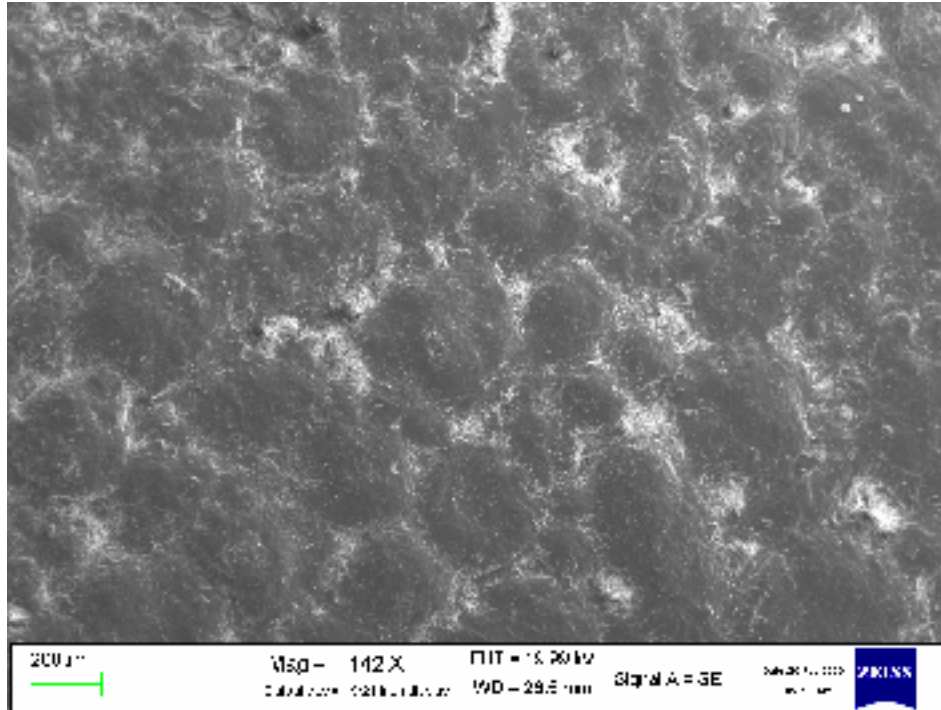
Apice di una strutturazione, la superficie appare scabra lungo un'unica direzione, usura non omogenea.



Campione 2

$R_a$   
16,3±2,2

$R_{Max}$   
89,9±20,4

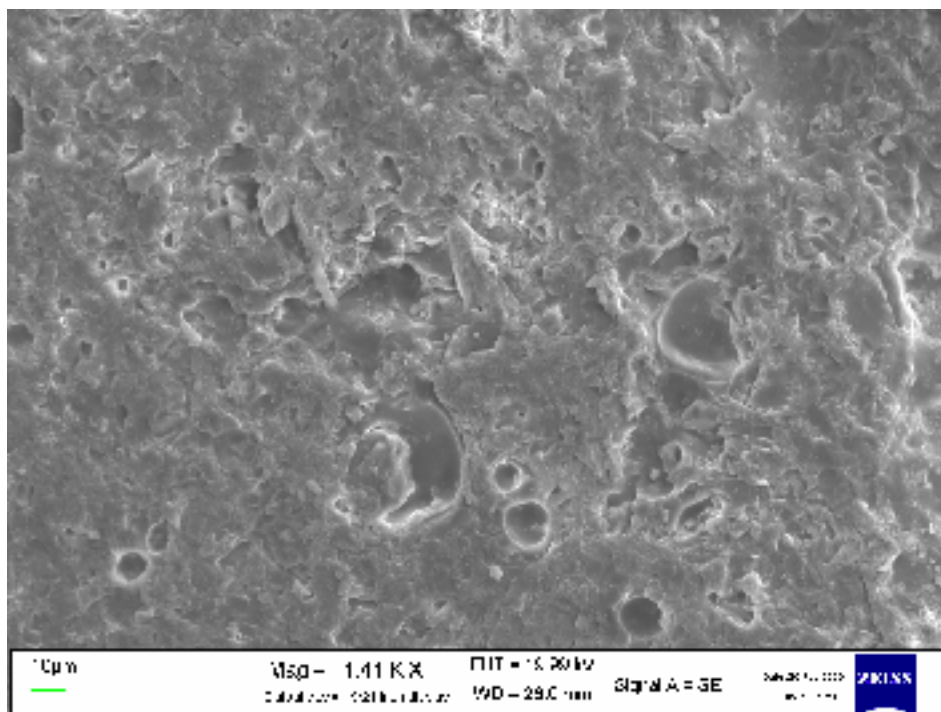
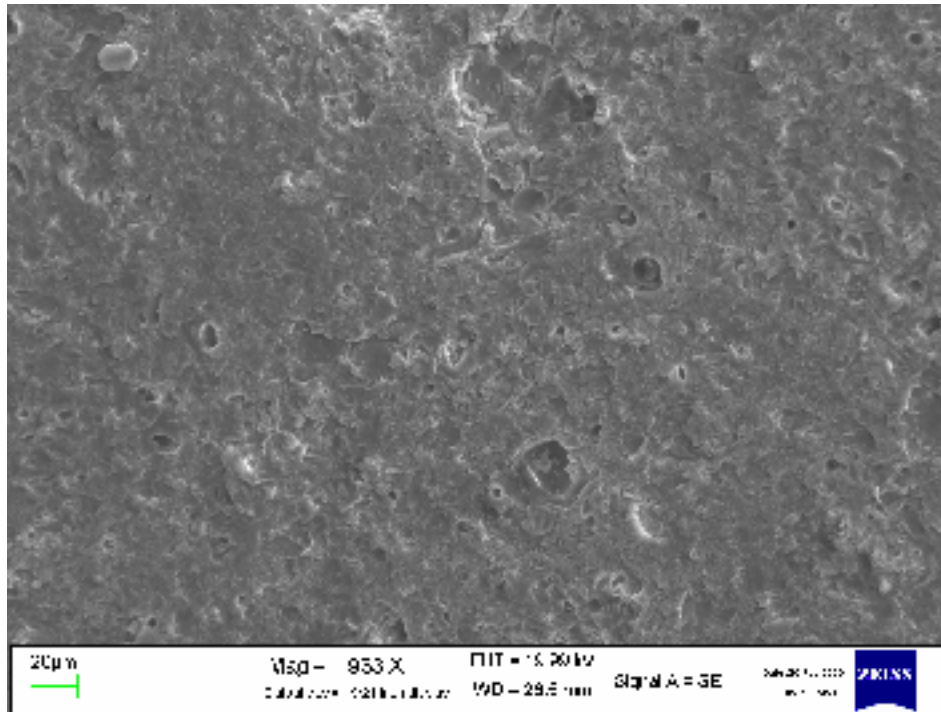


Superficie caratterizzata dalla presenza di granuli in rilievo, corrispondenti alle particelle di atomizzato. Sono presenti microporosità essenzialmente chiuse.

Campione 2A

$R_a$   
 $13,5 \pm 3,9$

$R_{Max}$   
 $75,7 \pm 11,2$

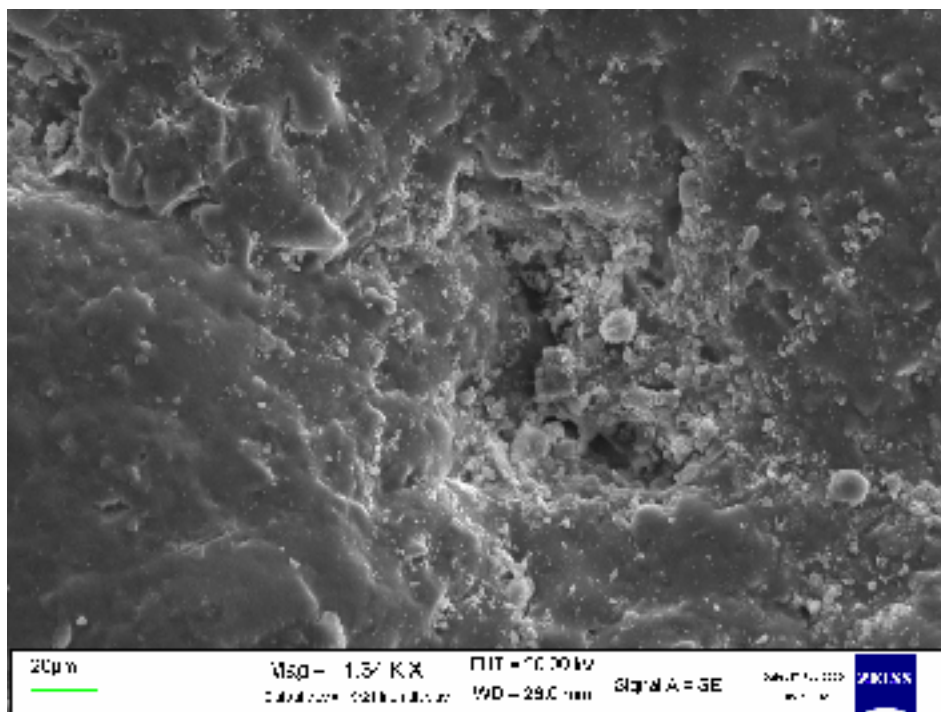
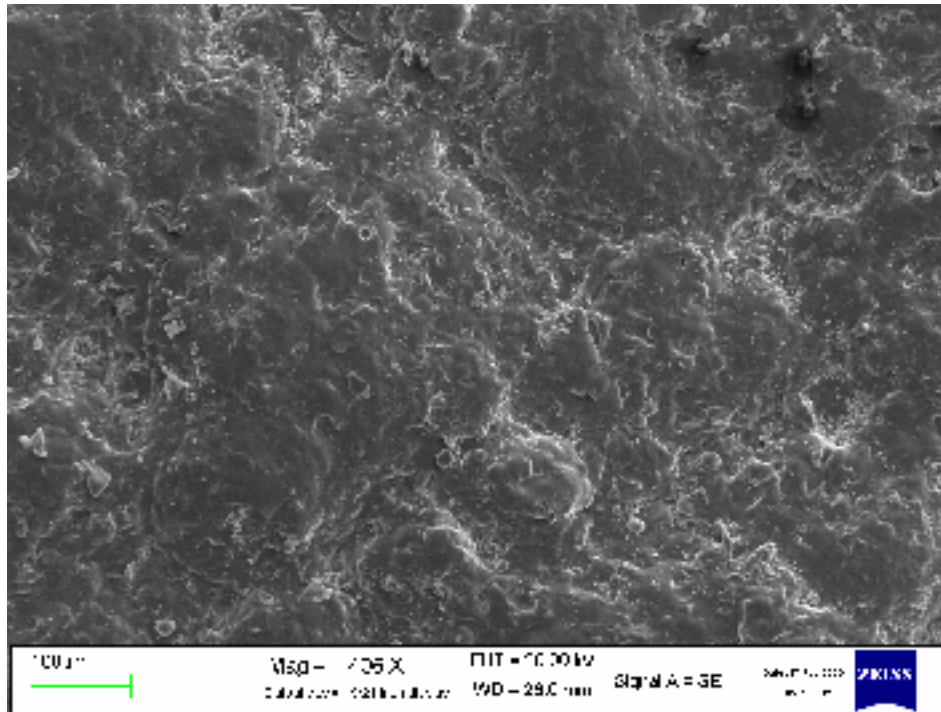


Superficie è molto scabra, microfratturazioni (da urto) e porosità, anche agglomerati di pori.

### Campione 3

$R_a$   
11,4±1,1

$R_{Max}$   
72,4±8,6



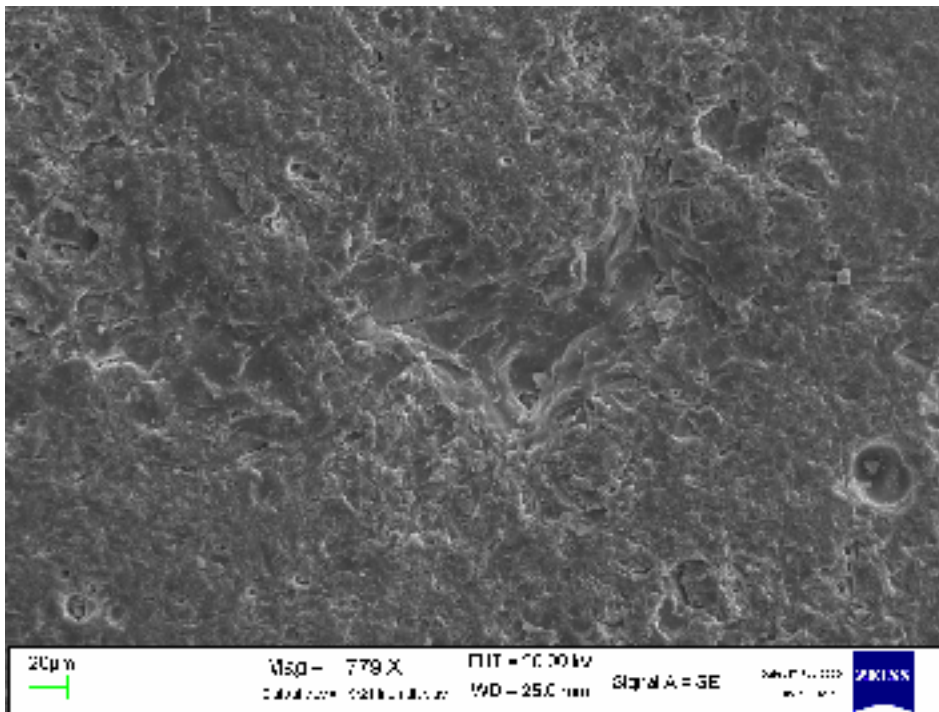
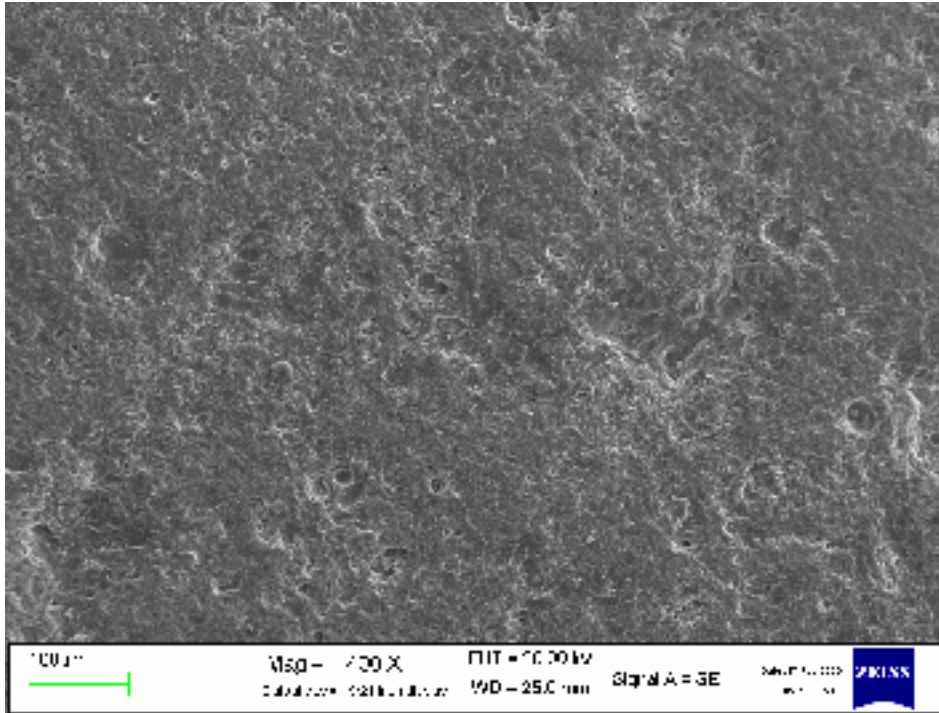
Superficie caratterizzata dalla presenza di granuli in rilievo, corrispondenti alle particelle di atomizzato. Sono presenti microporosità essenzialmente chiuse.



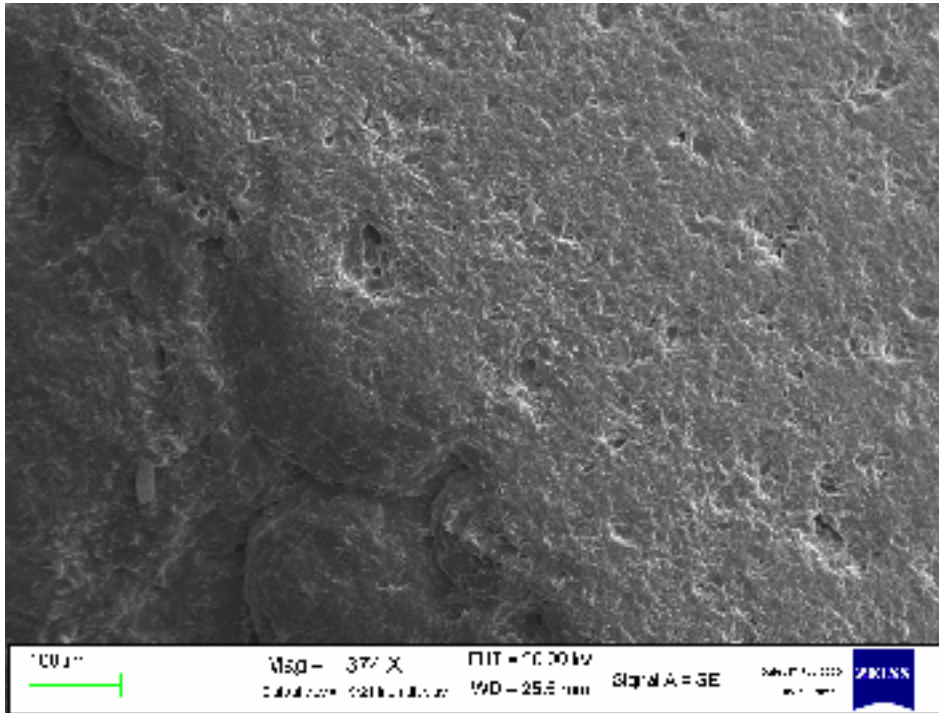
Campione 3A

$R_a$   
 $7,4 \pm 2,4$

$R_{Max}$   
 $48,2 \pm 10,6$



Superficie scabra, microfratturazioni (da urto) e porosità, anche agglomerati di pori. Si rilevano aree non usurate, corrispondenti alle aree di contatto fra i differenti granuli in rilievo.

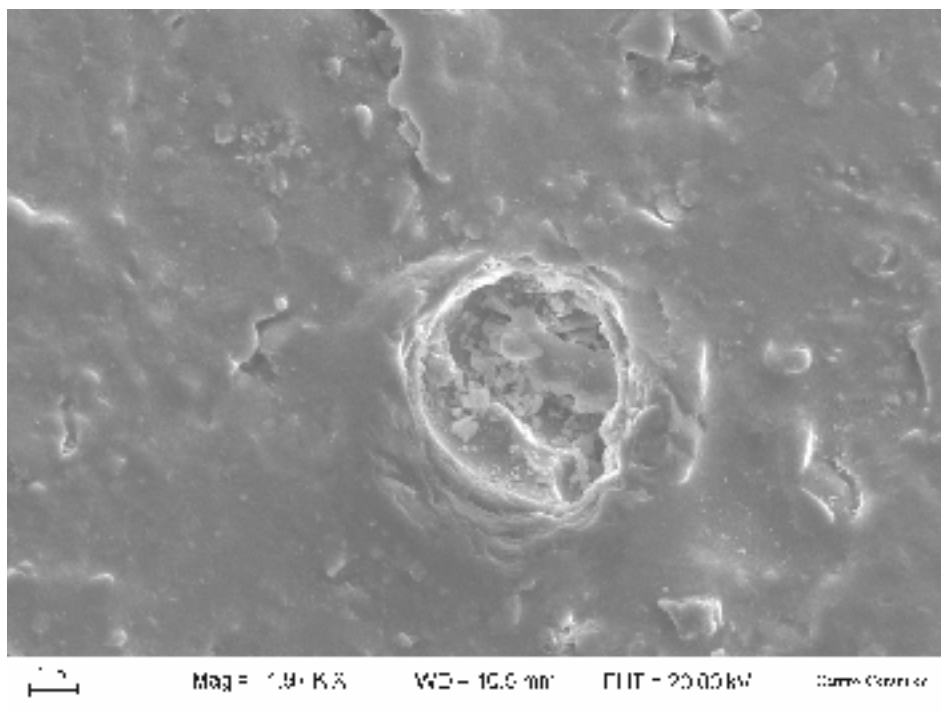
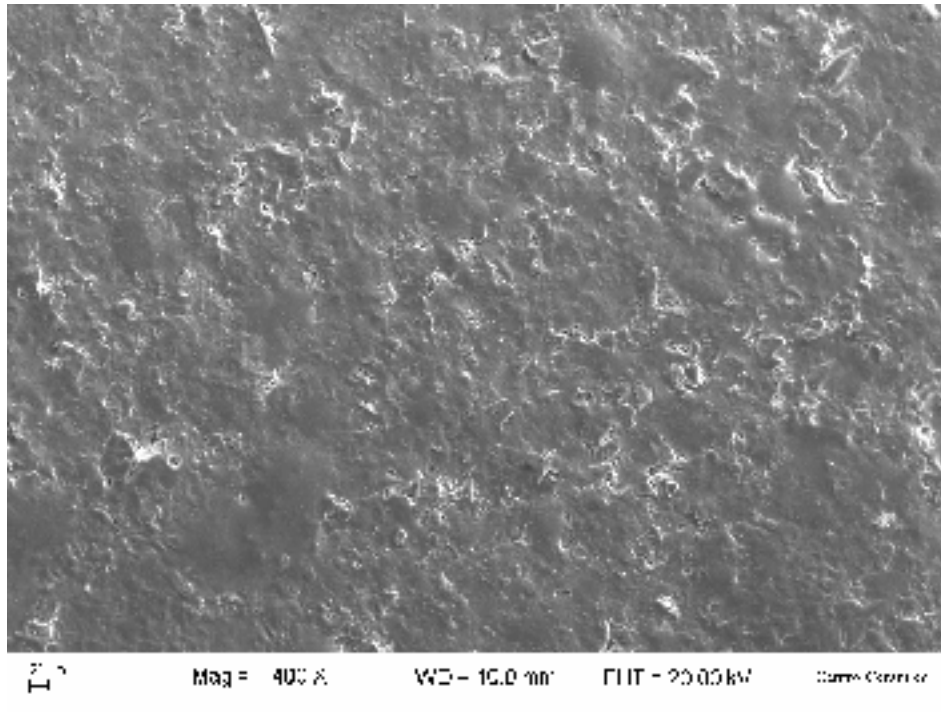


Apice di una strutturazione, la superficie risulta abrasa lungo un'unica direzione.

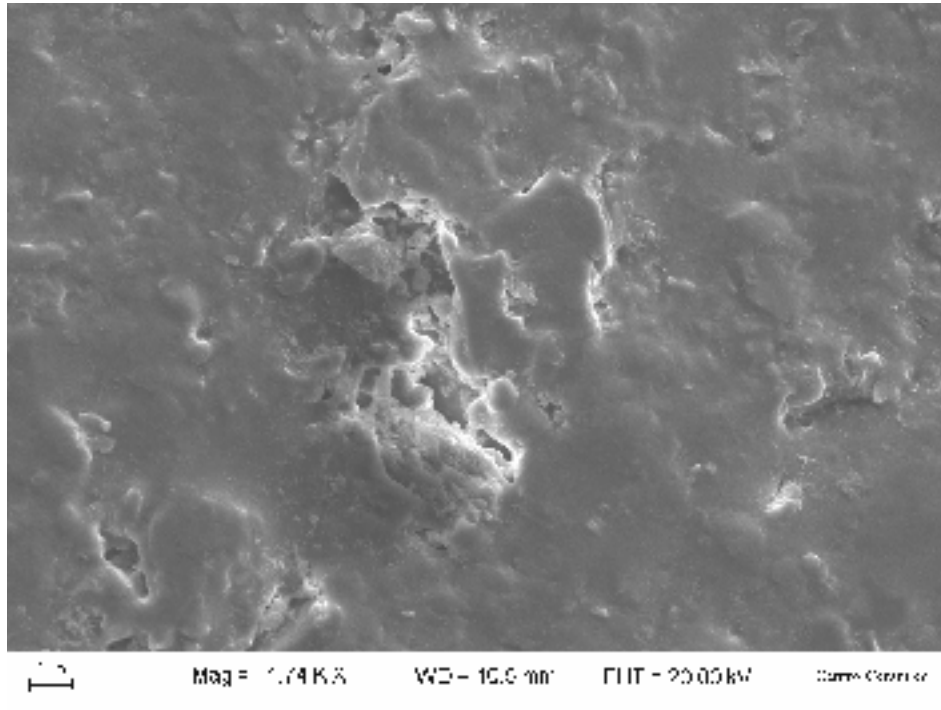
Campione 4

$R_a$   
 $1,8 \pm 0,2$

$R_{Max}$   
 $15,6 \pm 3,9$



La superficie appare non molto scabra, le irregolarità sono causate da piccole fratturazioni, materiale sollevato e porosità di forma semisferica.

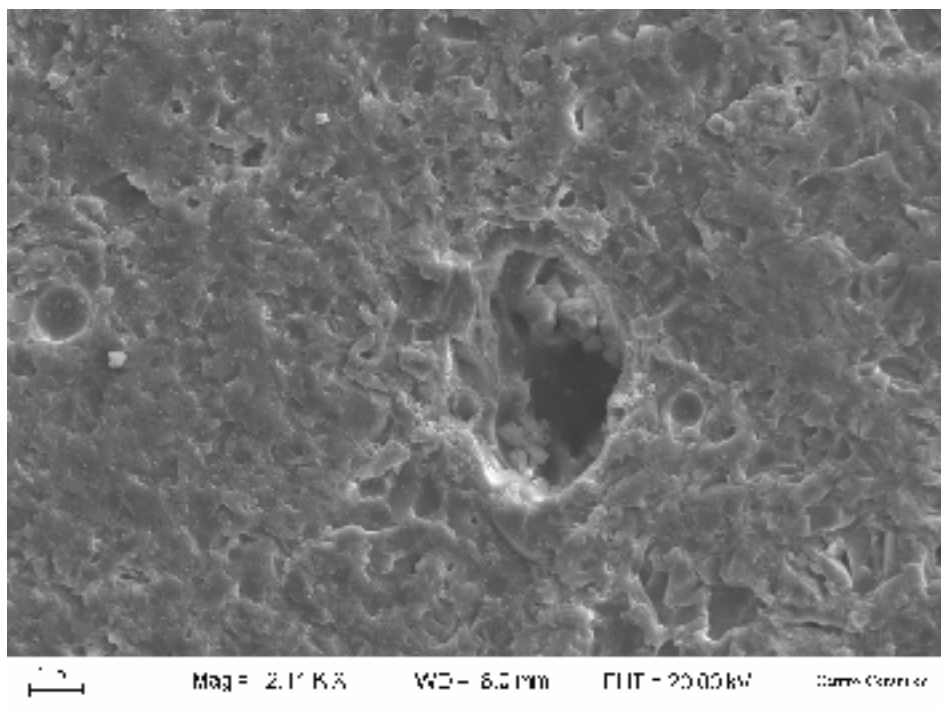
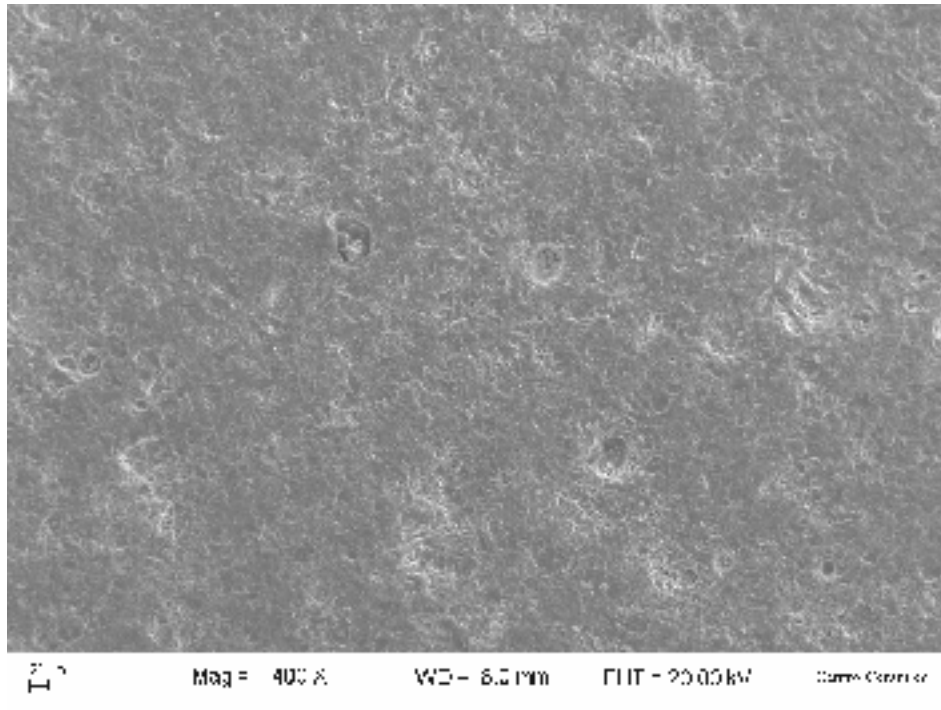


La superficie appare non molto scabra, le irregolarità sono causate da piccole fratturazioni, materiale sollevato e porosità di forma emisferica.

Campione 4A

$R_a$   
 $2,2 \pm 0,3$

$R_{Max}$   
 $23,5 \pm 8,1$



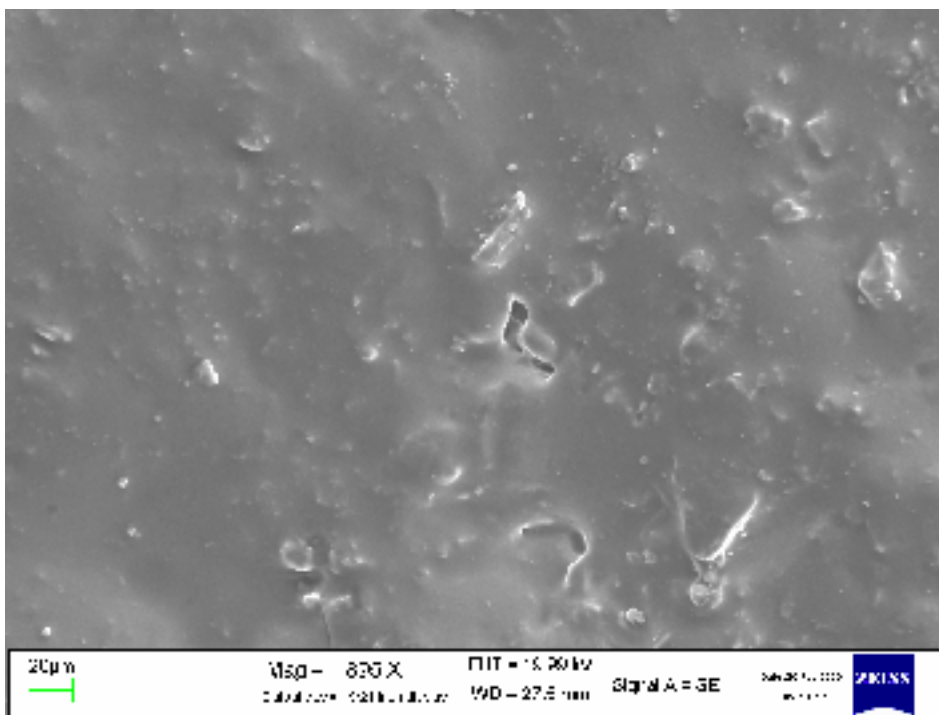
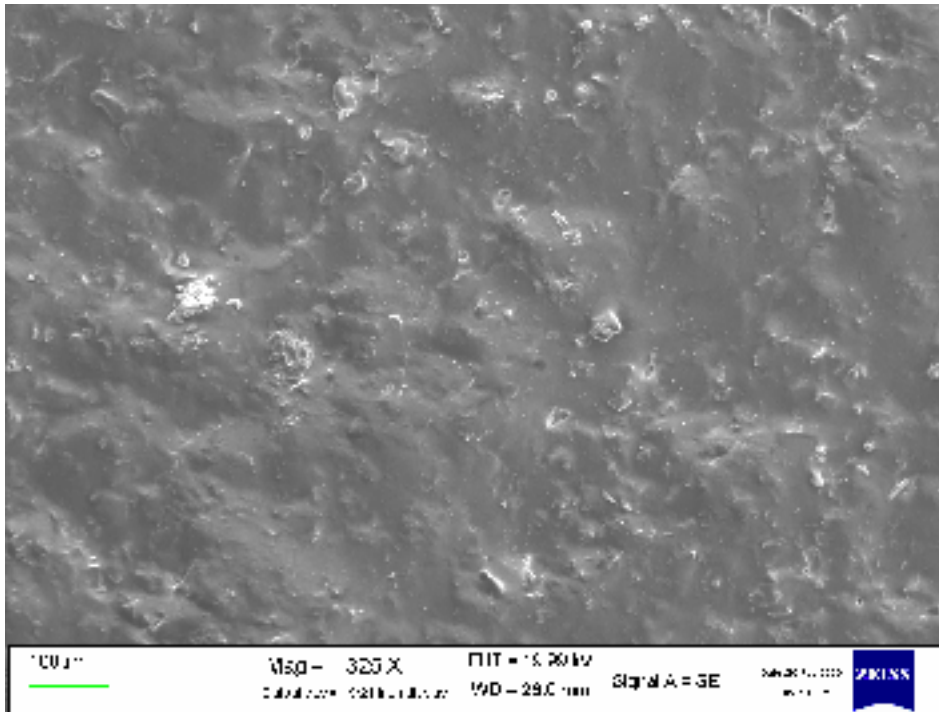
La superficie appare più scabra rispetto al prodotto tal quale, in accordo con i valori più elevati di rugosità. Si osservano aree con estese microfratturazioni, causate da fenomeni di urto, e numerose porosità, anche di notevoli dimensioni, che caratterizzano il materiale.



Campione 5

$R_a$   
 $5,7 \pm 0,6$

$R_{Max}$   
 $36,3 \pm 6,3$

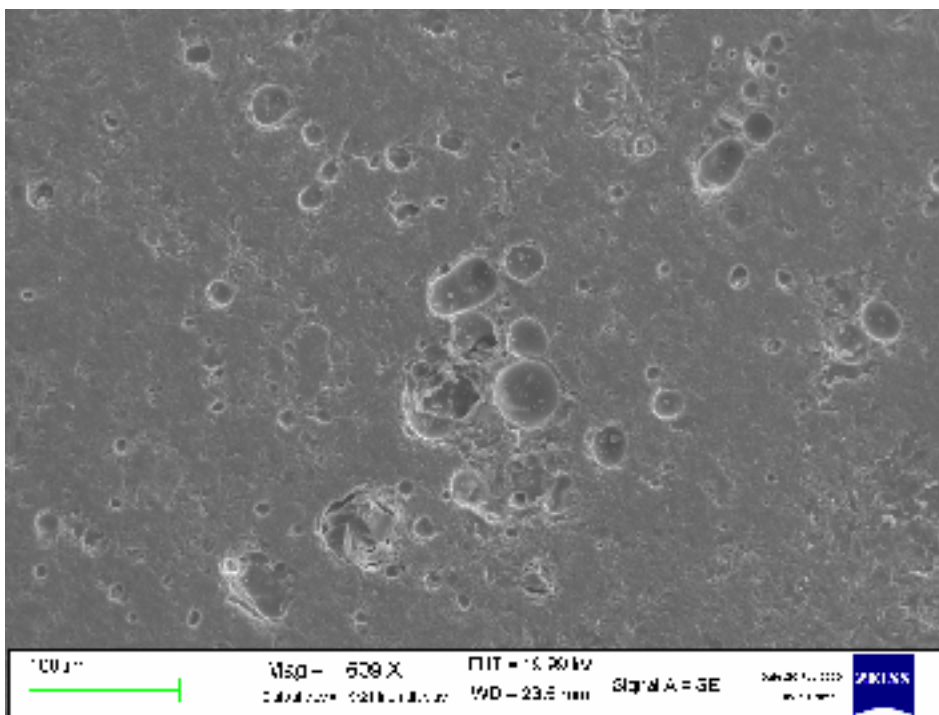
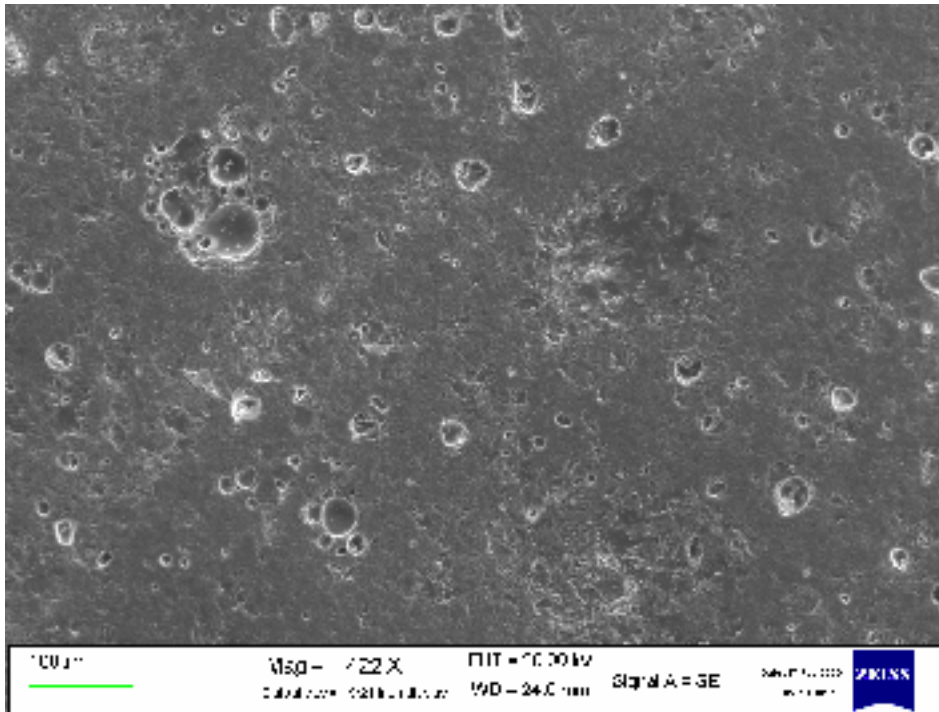


Superficie piuttosto liscia, con presenza di microporosità essenzialmente chiuse.

Campione 5A

$R_a$   
 $3,4 \pm 0,6$

$R_{Max}$   
 $25,6 \pm 8,1$

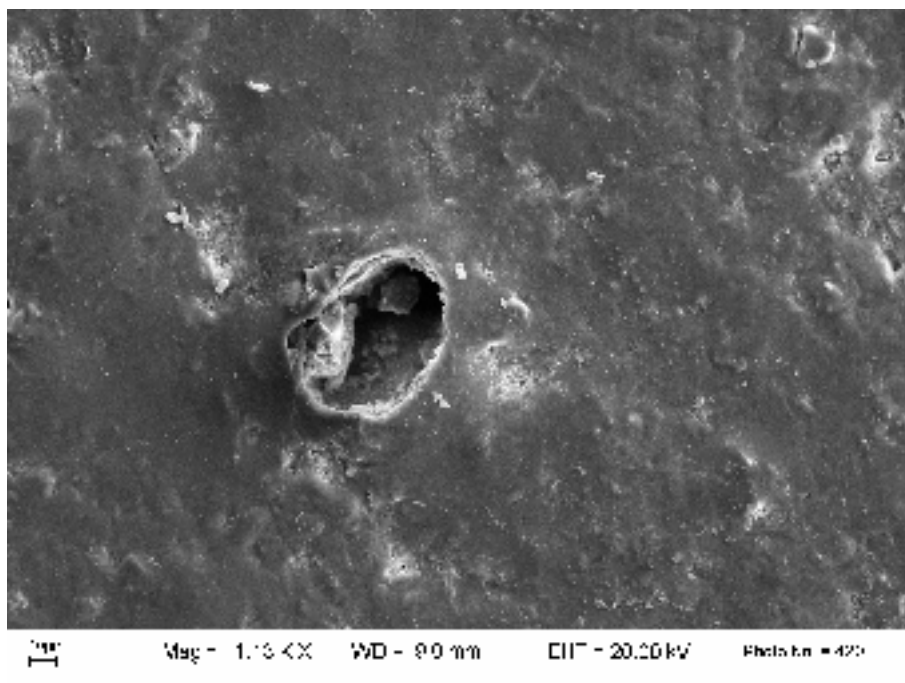
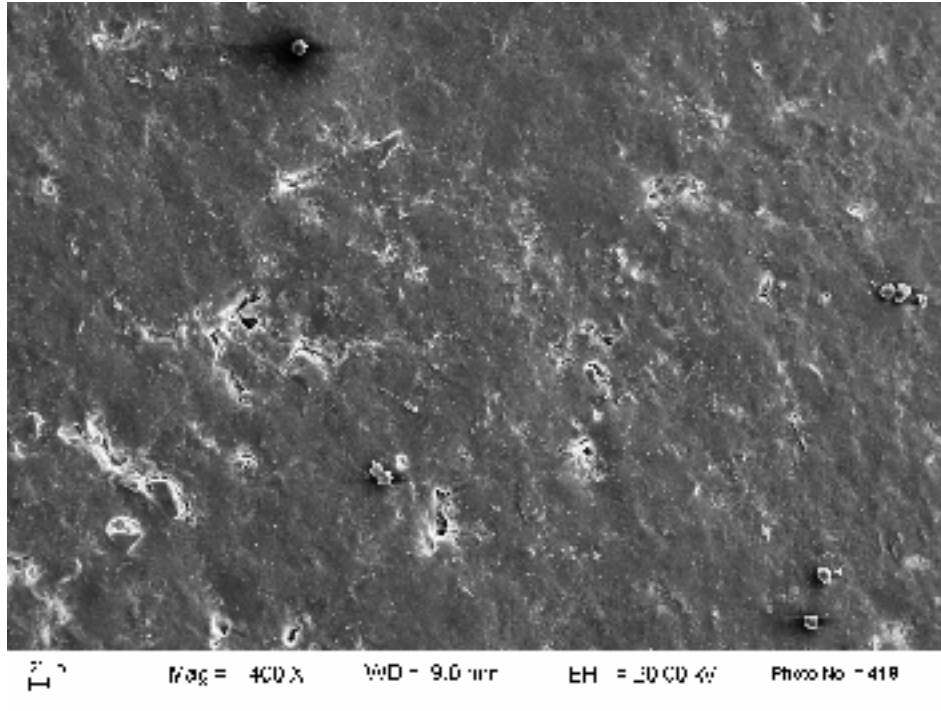


Superficie scabra, microfratturazioni (da urto) e porosità, anche agglomerati di pori. Si rilevano aree non usurate.

Campione 6

$R_a$   
 $3,2 \pm 0,7$

$R_{Max}$   
 $31,2 \pm 6,9$

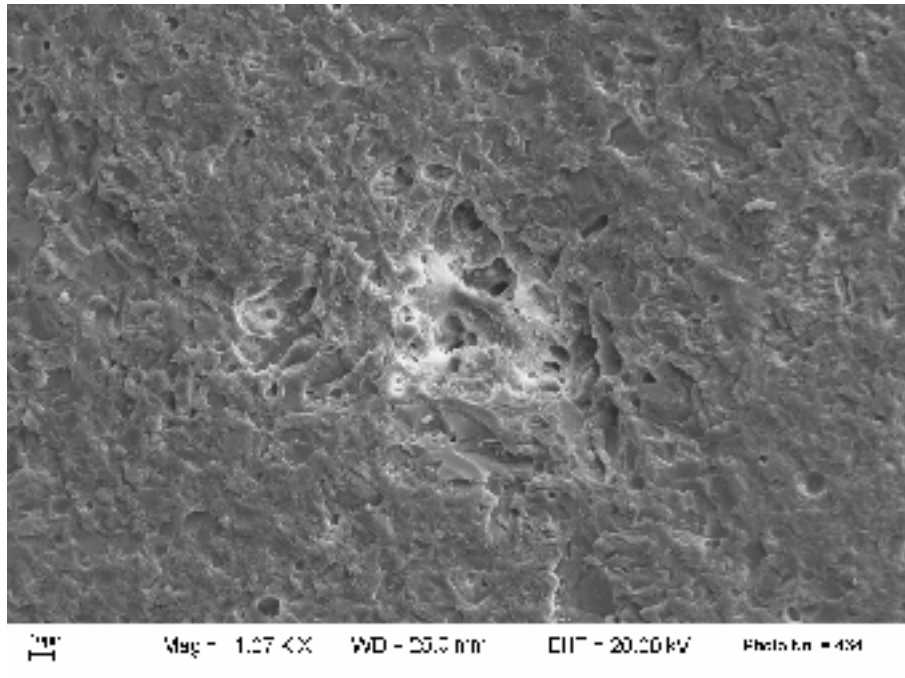
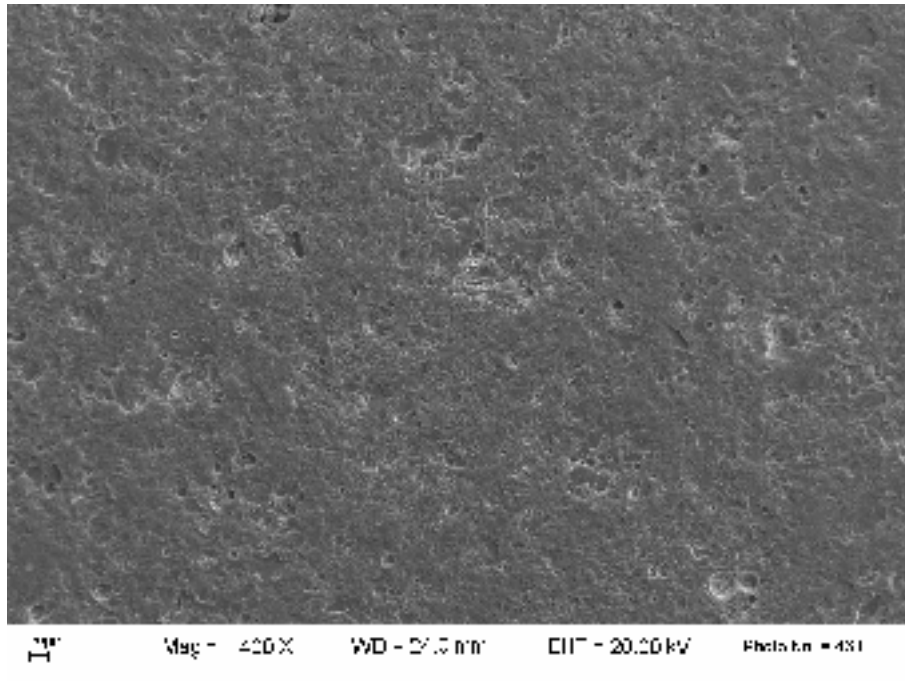


La superficie appare non molto scabra, sono presenti numerose e piccole aree microporose, di forma sia sferica che ellissoidale, responsabili del relativamente elevato valore di assorbimento di acqua dal tale materiale.

Campione 6A

$R_a$   
 $2,2 \pm 0,3$

$R_{Max}$   
 $23,0 \pm 6,9$

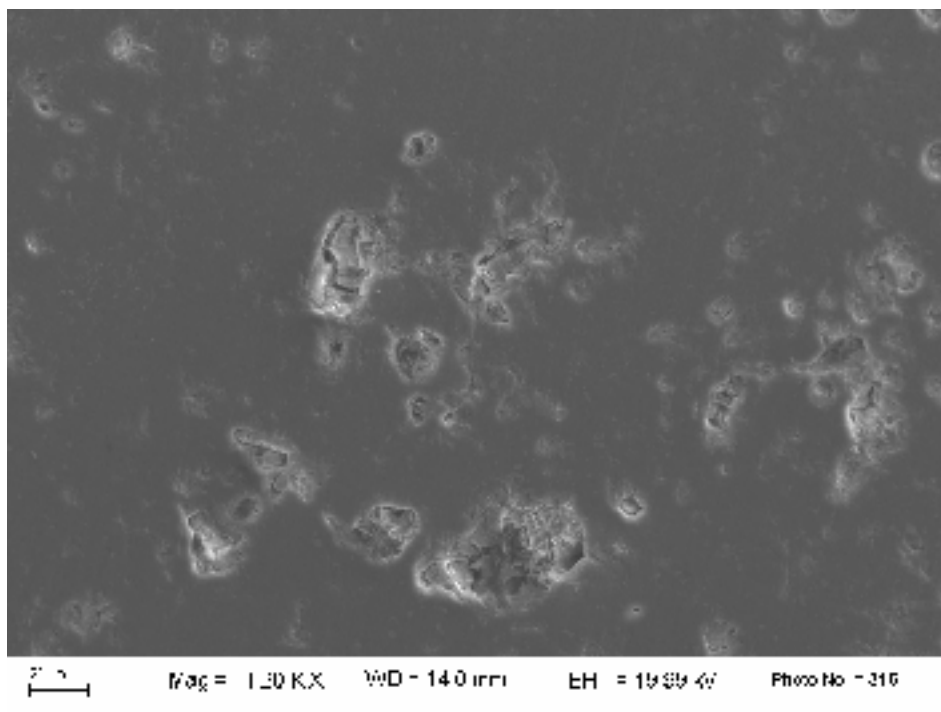
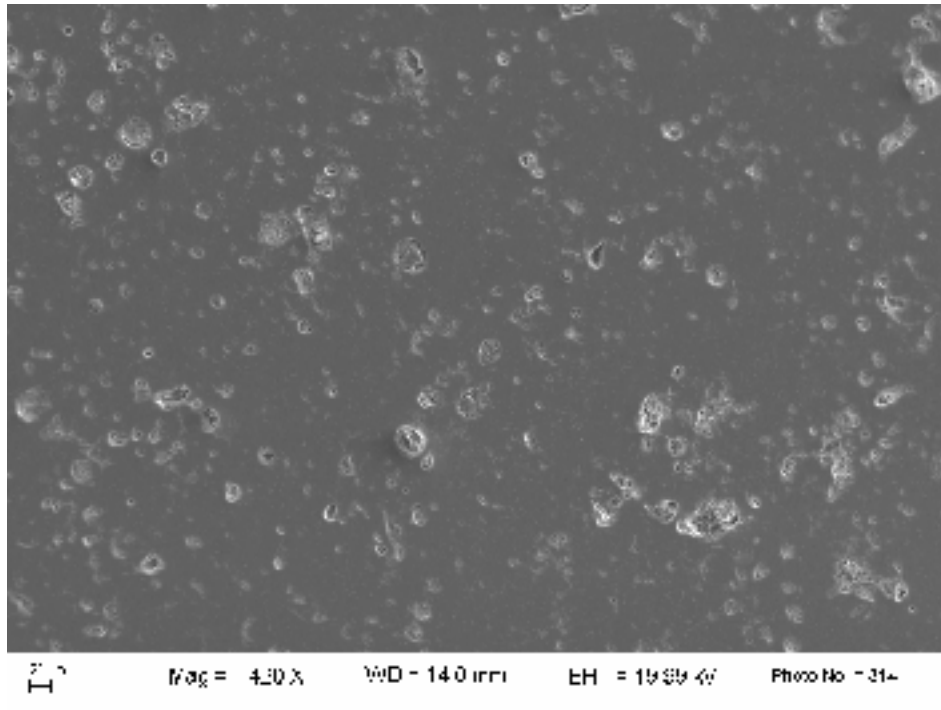


La superficie appare da estese microfratturazioni, causate da fenomeni di urto, e da numerose porosità che caratterizzano il materiale.

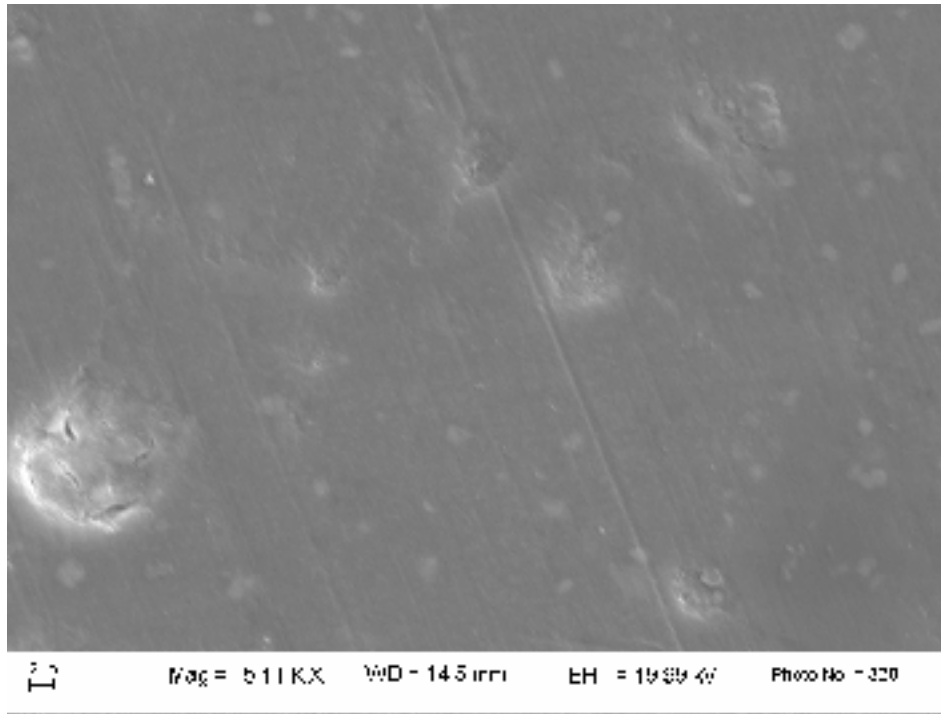
Campione 7

$R_a$   
 $0,4 \pm 0,1$

$R_{Max}$   
 $7,8 \pm 1,7$



La superficie levigata è caratterizzata dalla presenza di numerose porosità, non sempre di forma circolare, a volte raggruppate in agglomerati di pori.



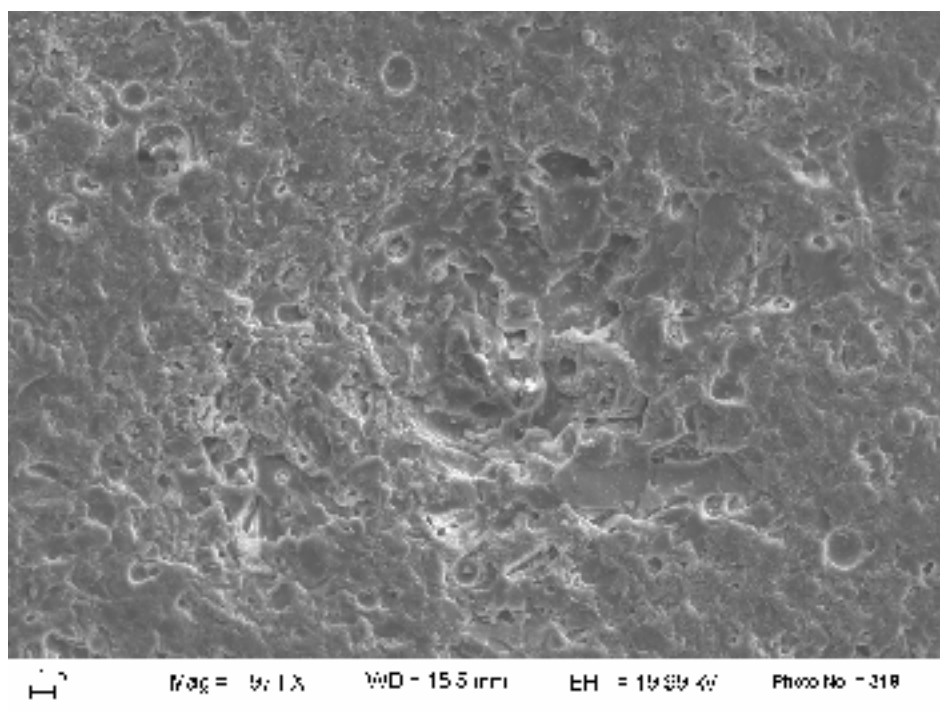
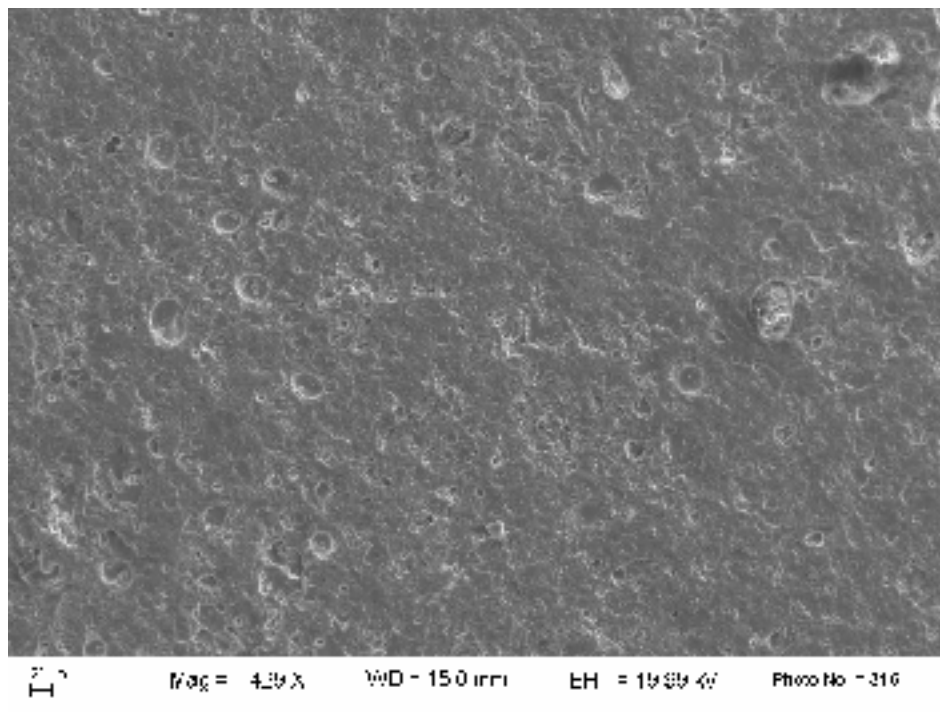
Si osservano numerose incisioni, riconducibili all'operazione di levigatura industriale.



Campione 7A

$R_a$   
 $2,9 \pm 0,3$

$R_{Max}$   
 $23,4 \pm 2,8$

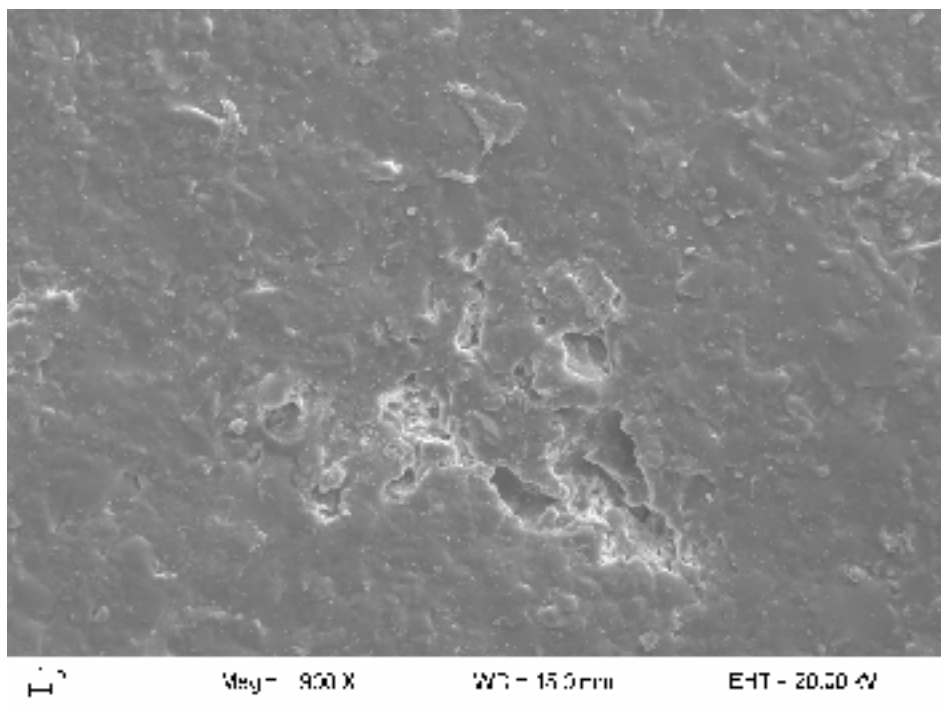
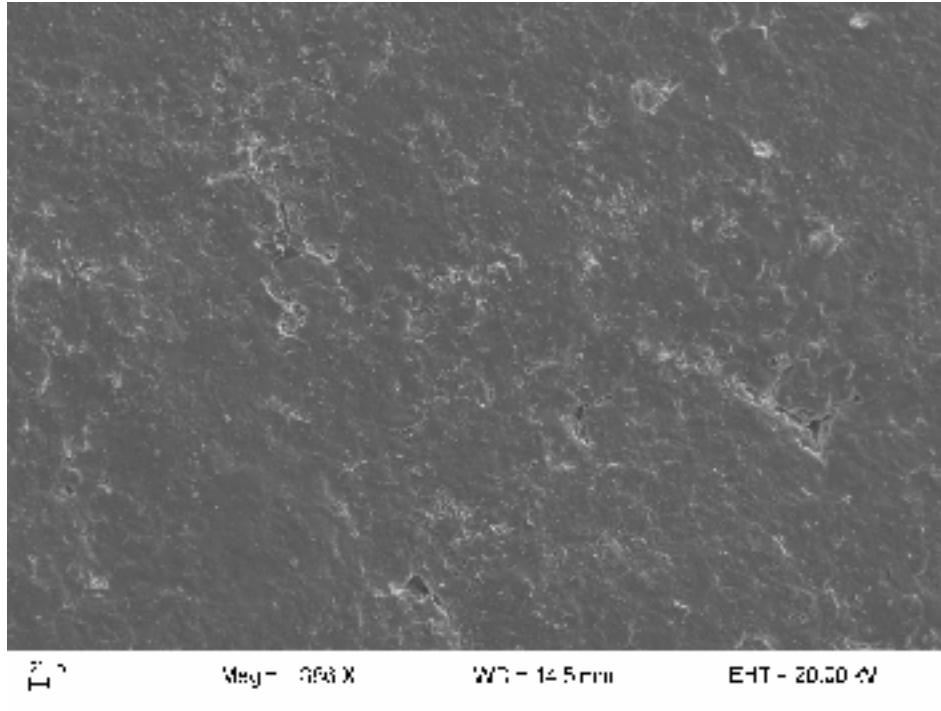


La superficie appare molto scabra, si osserva una estesa porosità.

Campione 8

$R_a$   
 $2,1 \pm 0,3$

$R_{Max}$   
 $20,0 \pm 5,6$



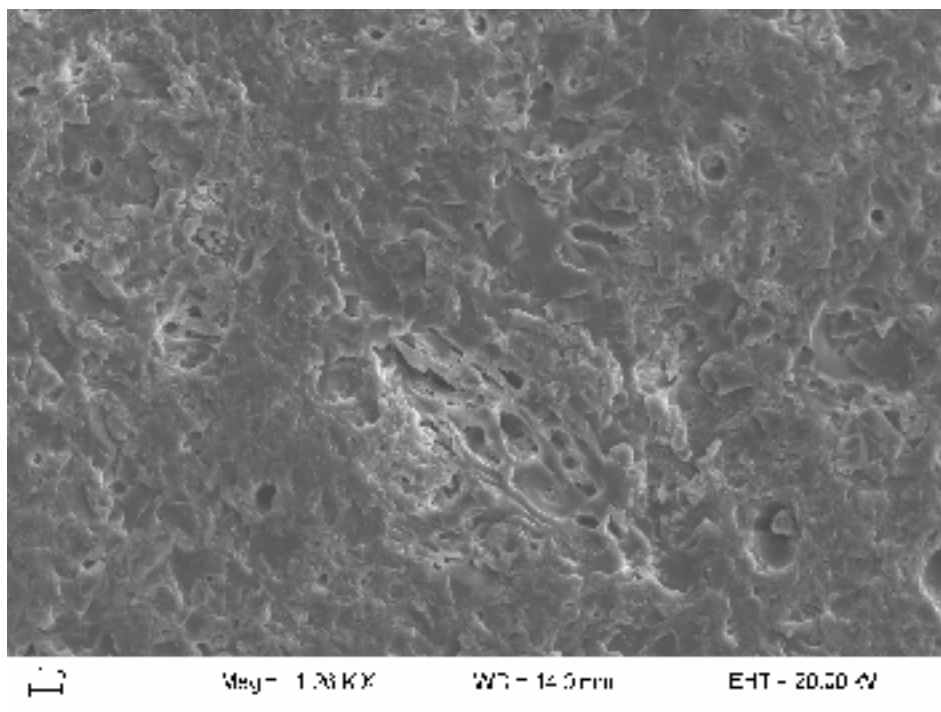
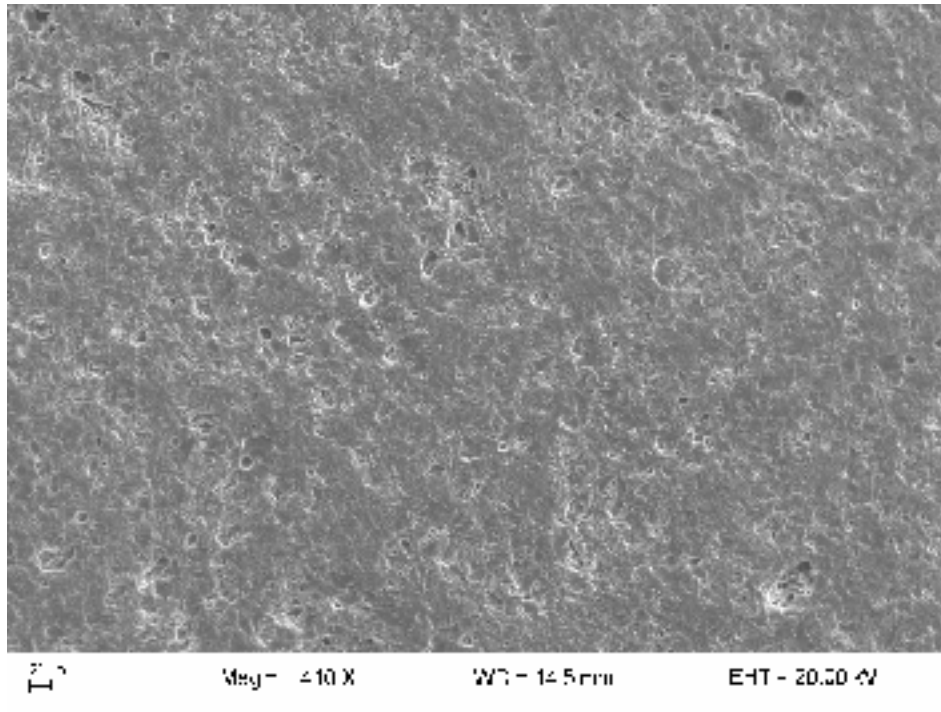
Superficie piuttosto liscia, sono presenti microporosità piuttosto estese, a volte si rilevano pori che potrebbero essere collegati con l'interno.



Campione 8A

$R_a$   
 $3,2 \pm 0,5$

$R_{Max}$   
 $26,7 \pm 3,7$

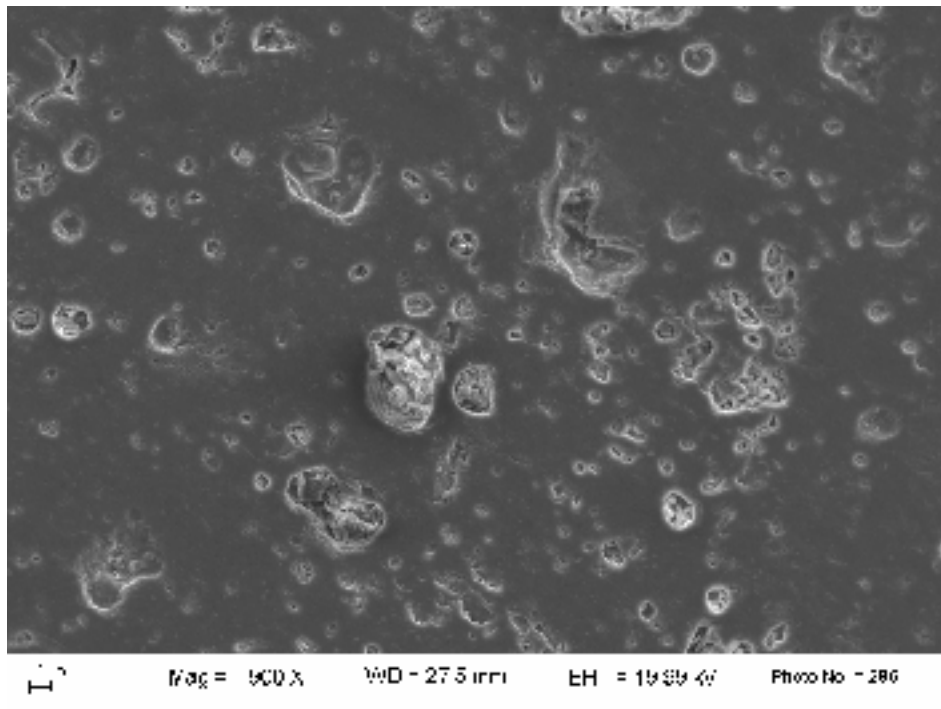
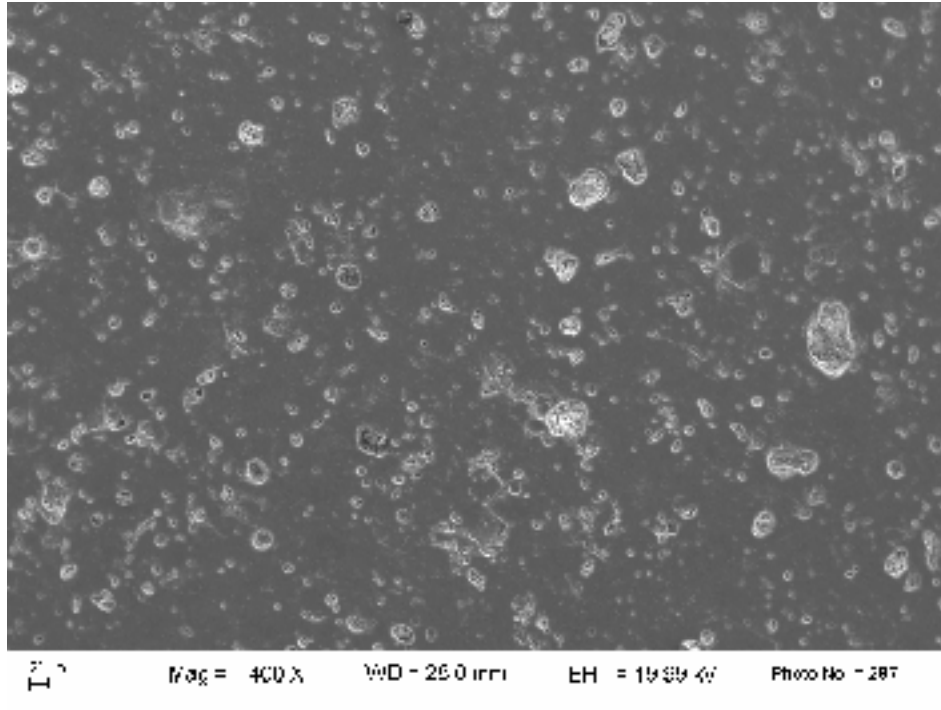


Superficie scabra, microfratturazioni (da urto) e porosità. Nella foto si osserva un'area vetrosa altamente porosa.

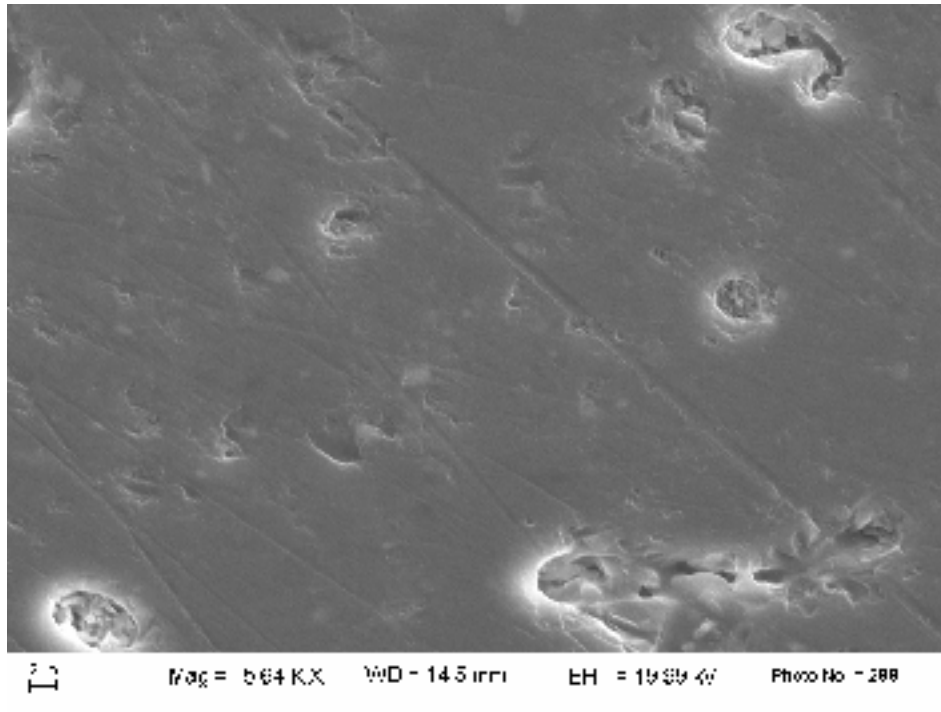
Campione 9

$R_a$   
 $0,6 \pm 0,2$

$R_{Max}$   
 $14,8 \pm 5,4$



La superficie levigata è caratterizzata dalla presenza di numerosi pori sferici o agglomerati di pori, si rilevano anche scheggiature, sempre legate alla lavorazione superficiale.

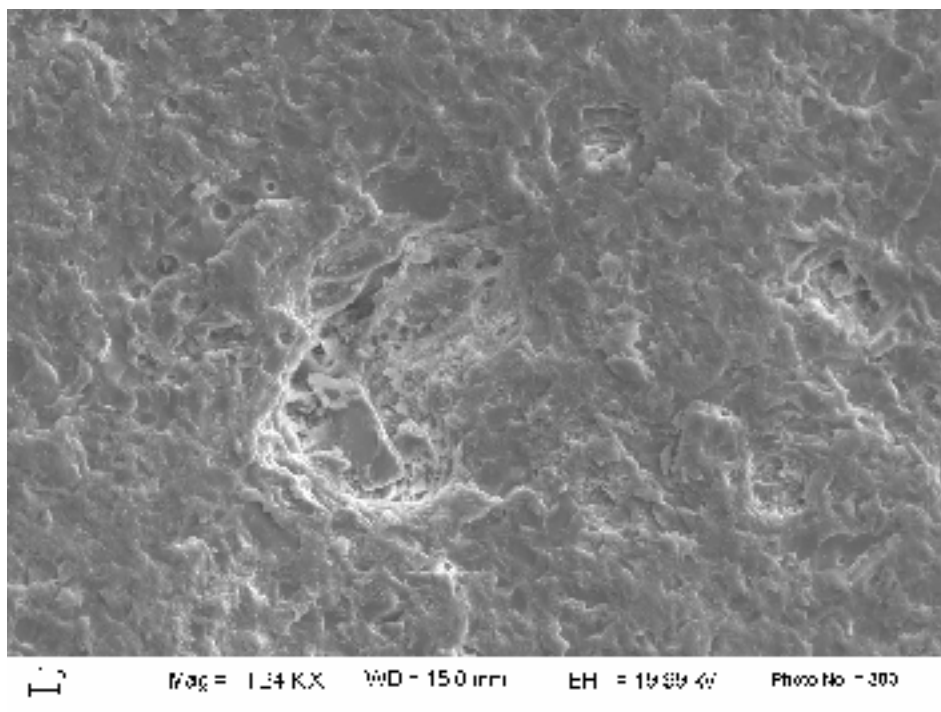
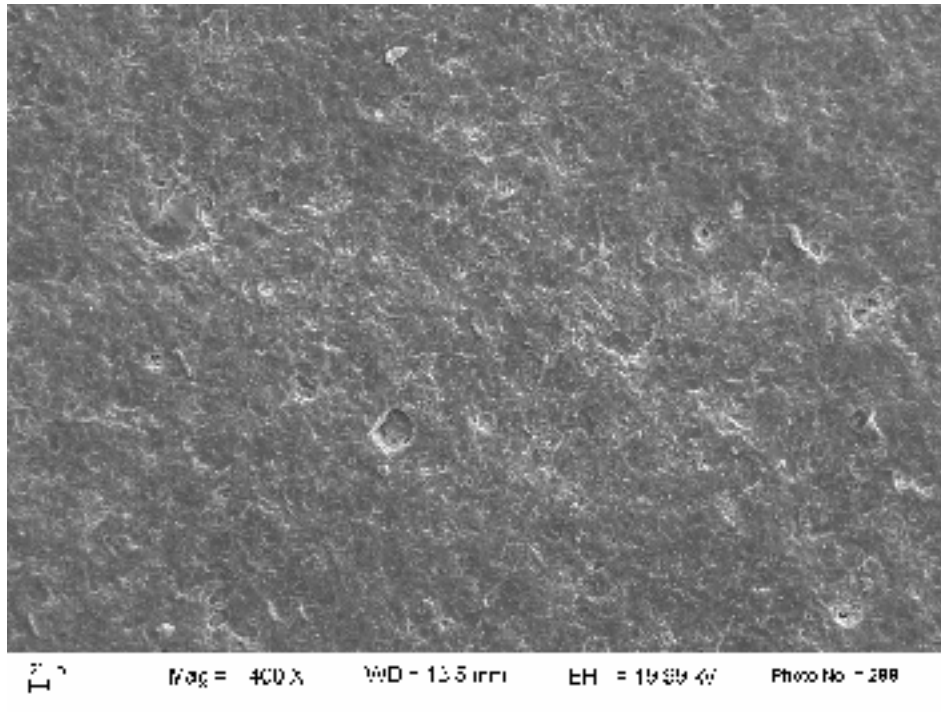


Nella foto si rilevano lunghe incisioni, corrispondenti ai residui della lavorazione superficiale.

Campione 9A

$R_a$   
 $2,8 \pm 1,0$

$R_{Max}$   
 $30,7 \pm 17,4$

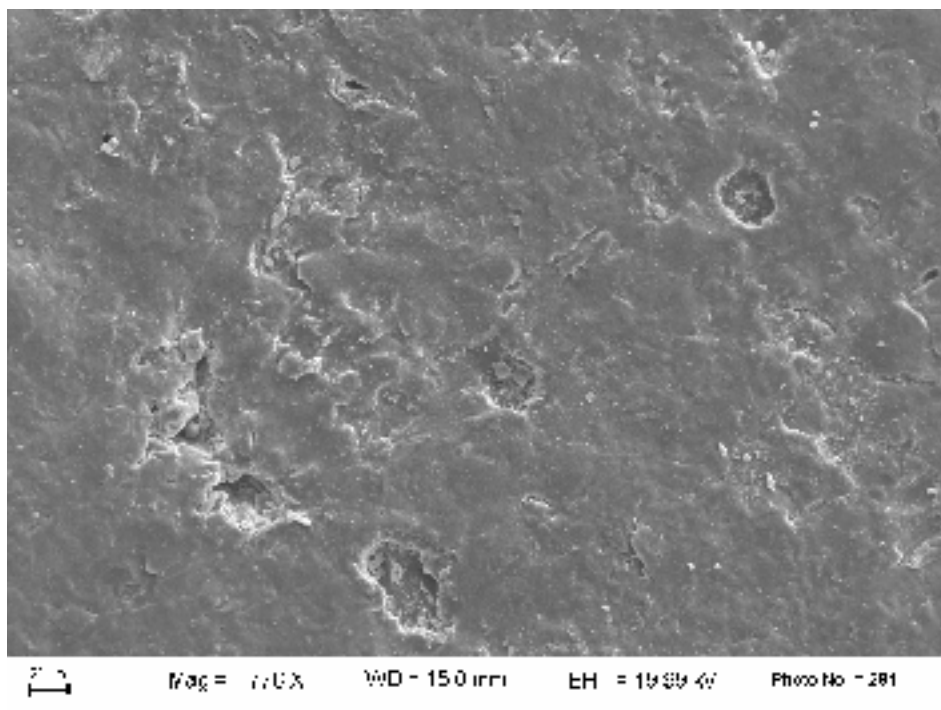
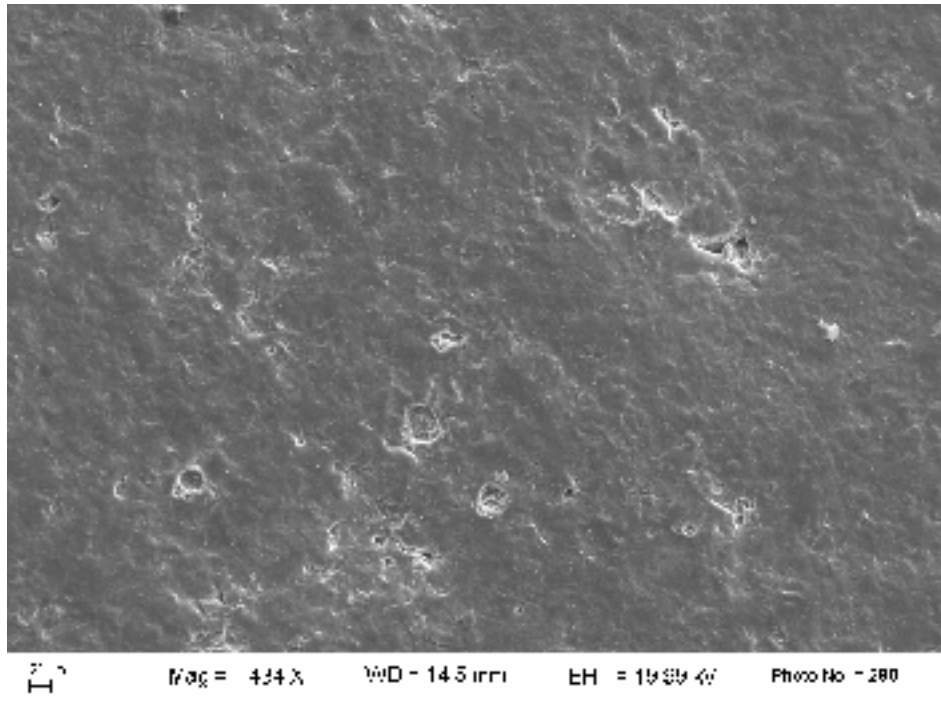


Superficie scabra più della corrispondente non invecchiata. Sono presenti microfratturazioni (da urto) e porosità, non sempre di forma sferica.

Campione 10

$R_a$   
 $2,4 \pm 0,2$

$R_{Max}$   
 $25,6 \pm 8,2$

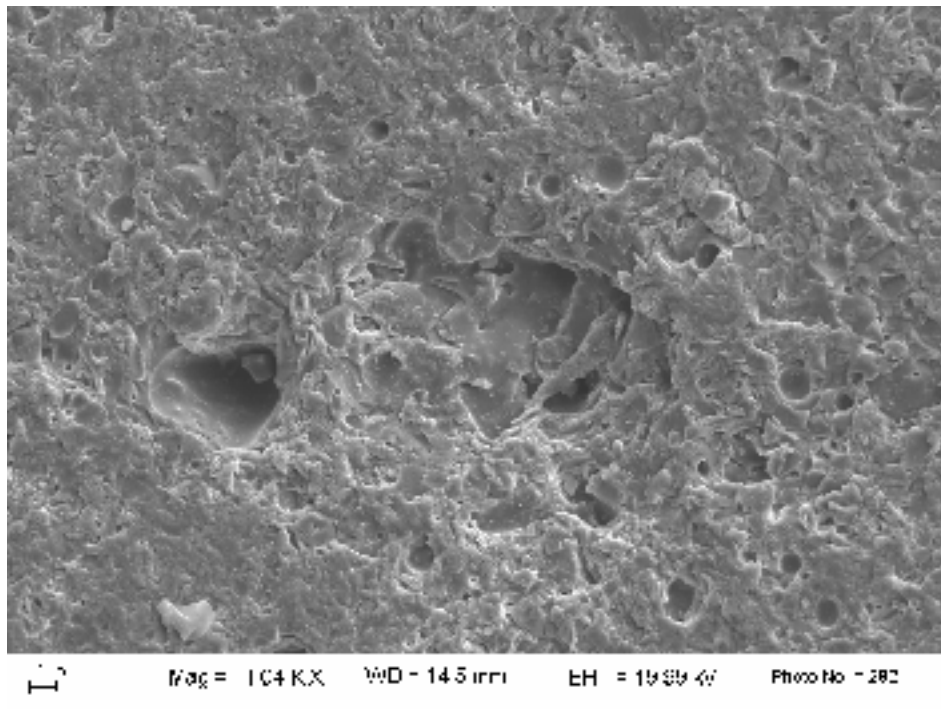
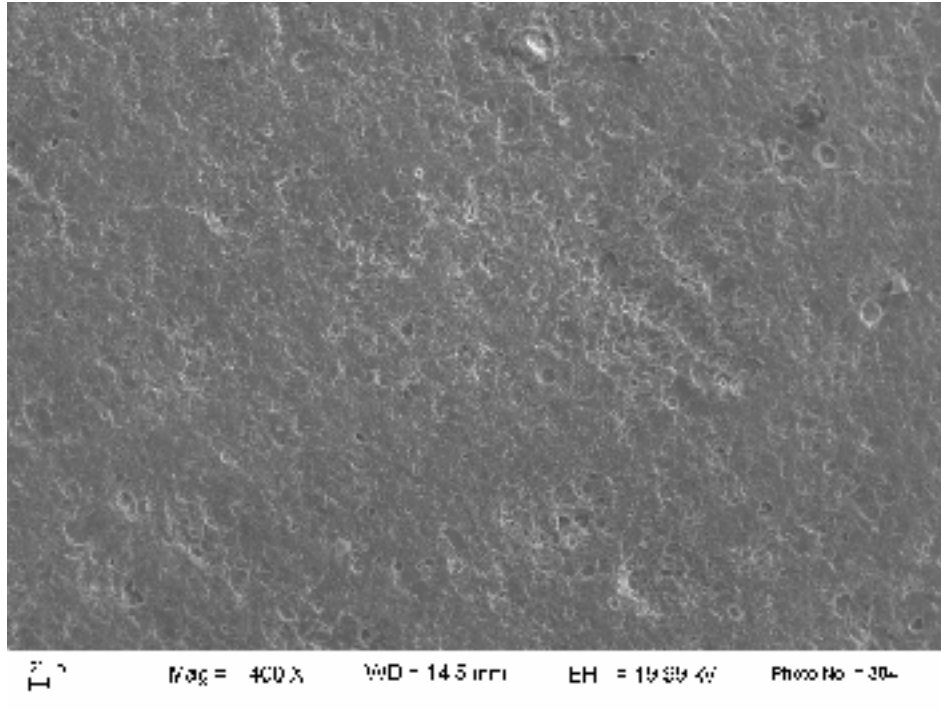


Superficie piuttosto liscia, sono presenti microporosità piuttosto estese, non sempre di forma circolare, che potrebbero essere collegati con l'interno.

Campione 10A

$R_a$   
 $3,6 \pm 0,9$

$R_{Max}$   
 $30,9 \pm 9,3$

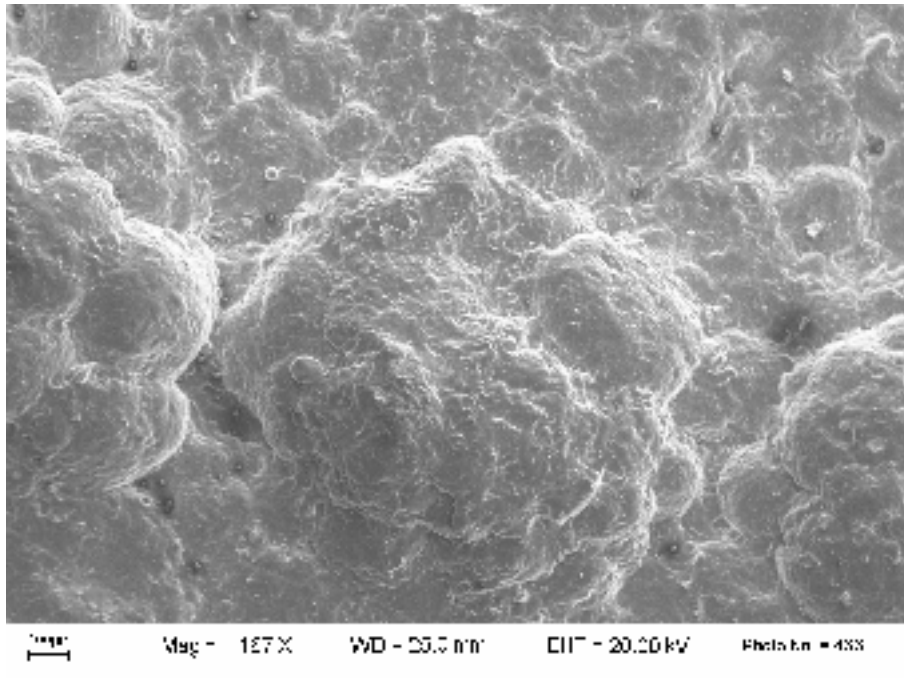
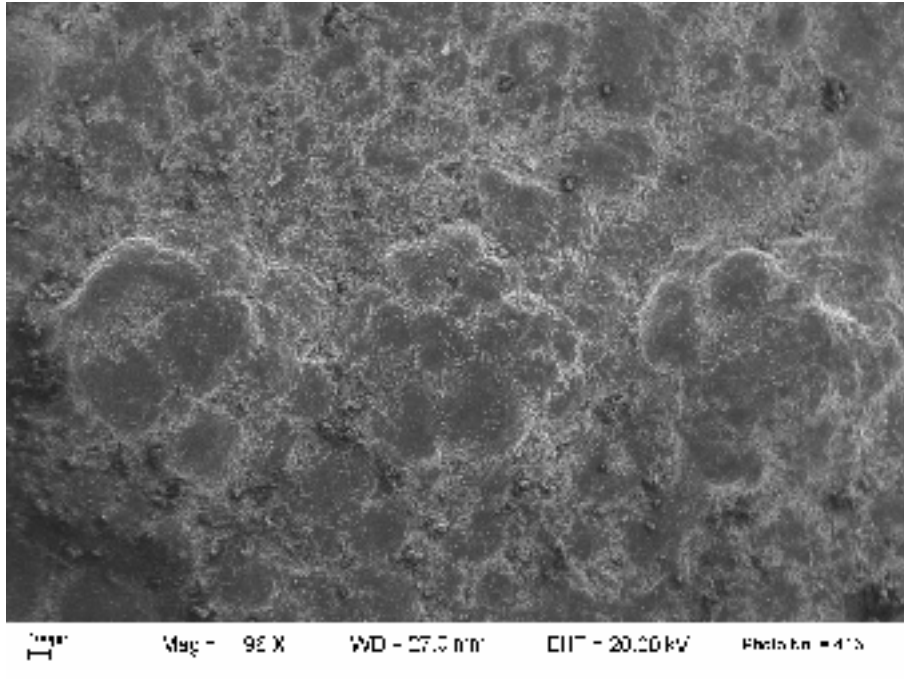


Superficie scabra, microfratturazioni (da urto) e porosità, in genera di piccole dimensioni. Saltuariamente si rilevano porosità, con dimensioni maggiori rispetto alla media, come nella foto.

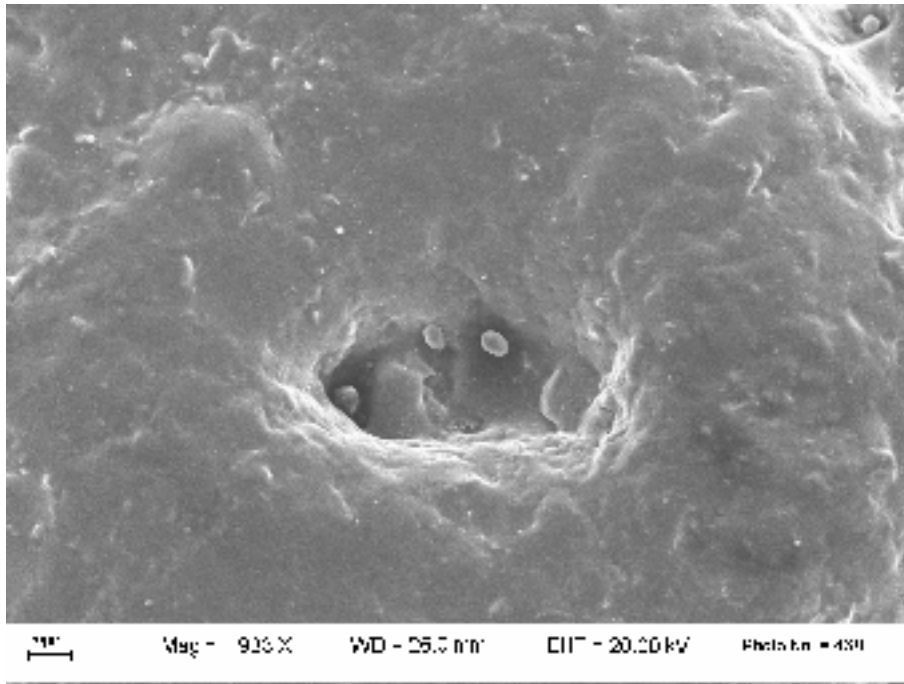
Campione 11

$R_a$   
 $16,8 \pm 3,2$

$R_{Max}$   
 $96,4 \pm 18,0$



La superficie è caratterizzata dalla presenza di granuli in rilievo, corrispondenti alle particelle di atomizzato. Sono presenti diverse microporosità, in parte chiuse.



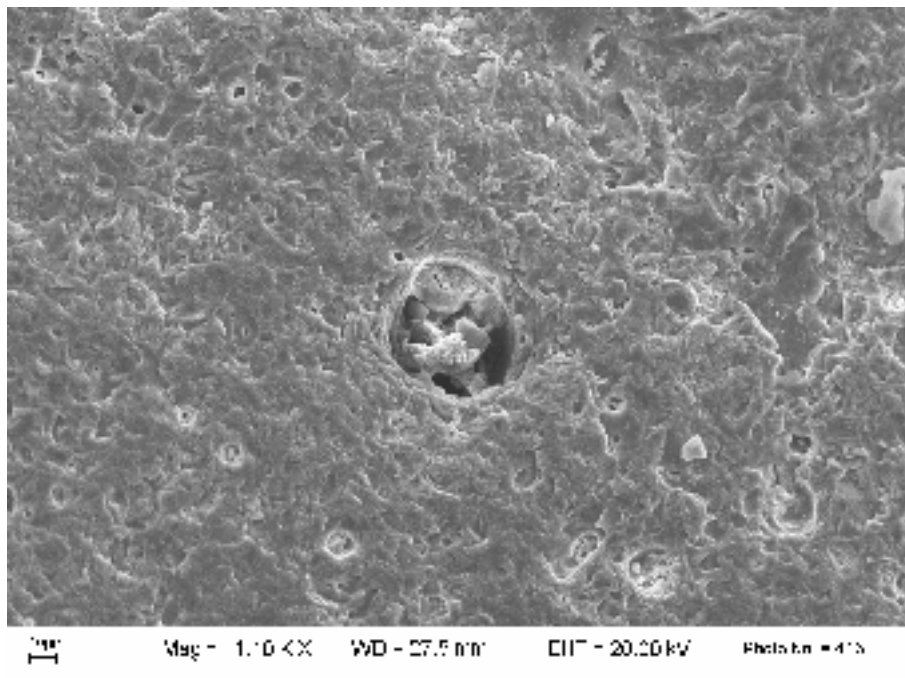
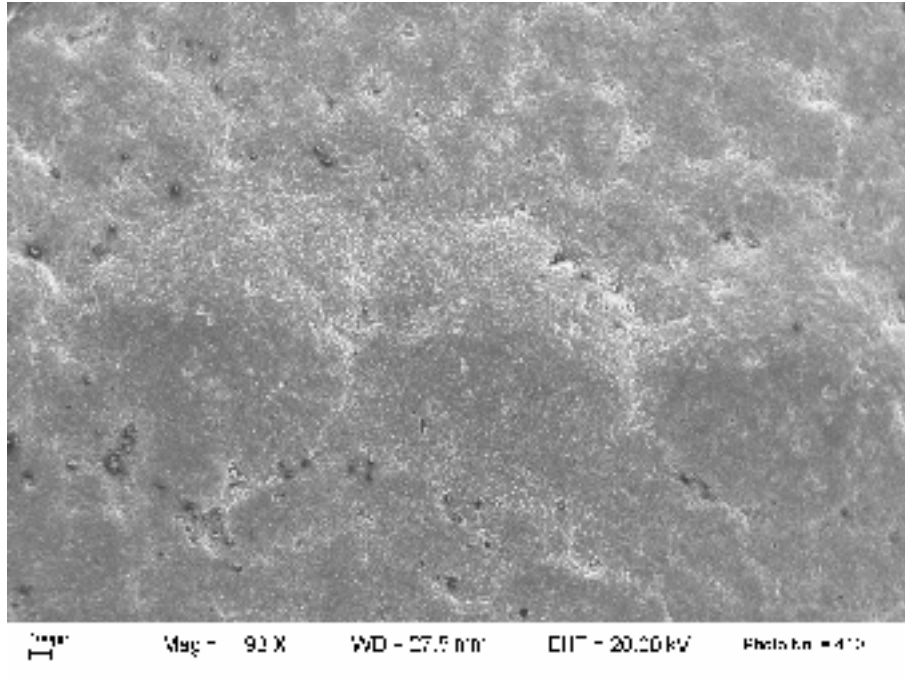
Particolare di un granulo di atomizzato in rilievo.



## Campione 11A

$R_a$   
 $7,7 \pm 2,0$   
 $16,5 \pm 2,4$

$R_{Max}$   
 $59,7 \pm 19,6$   
 $103,0 \pm 19,5$

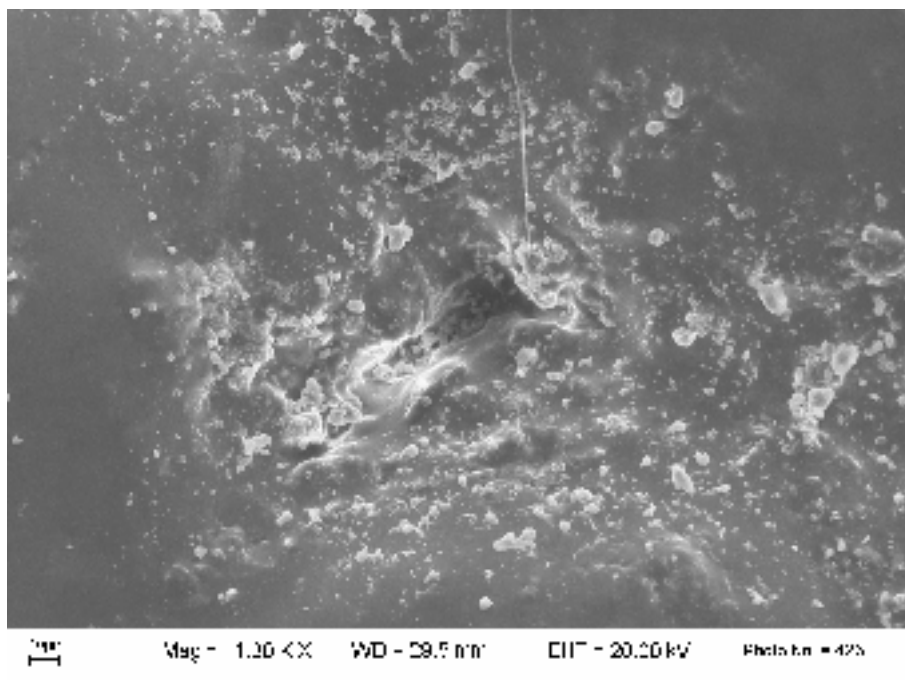
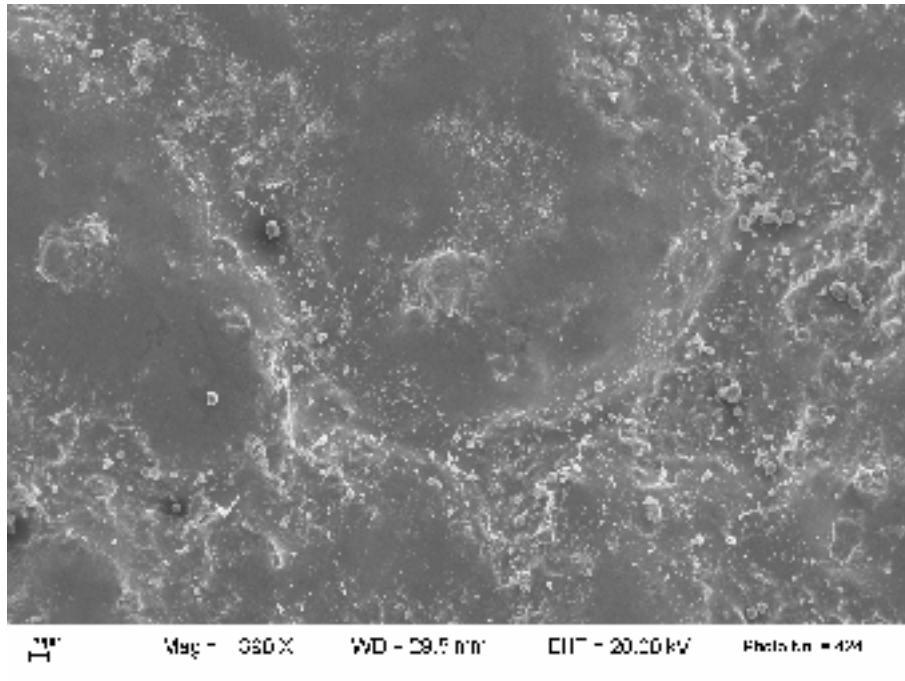


La superficie appare molto scabra, si riconoscono ancora i granuli di atomizzato in rilievo, ma le corrispondenti superfici sono fortemente abrase. Si osservano aree con estese microfratturazioni, causate da fenomeni di urto, e numerose porosità che caratterizzano il materiale.

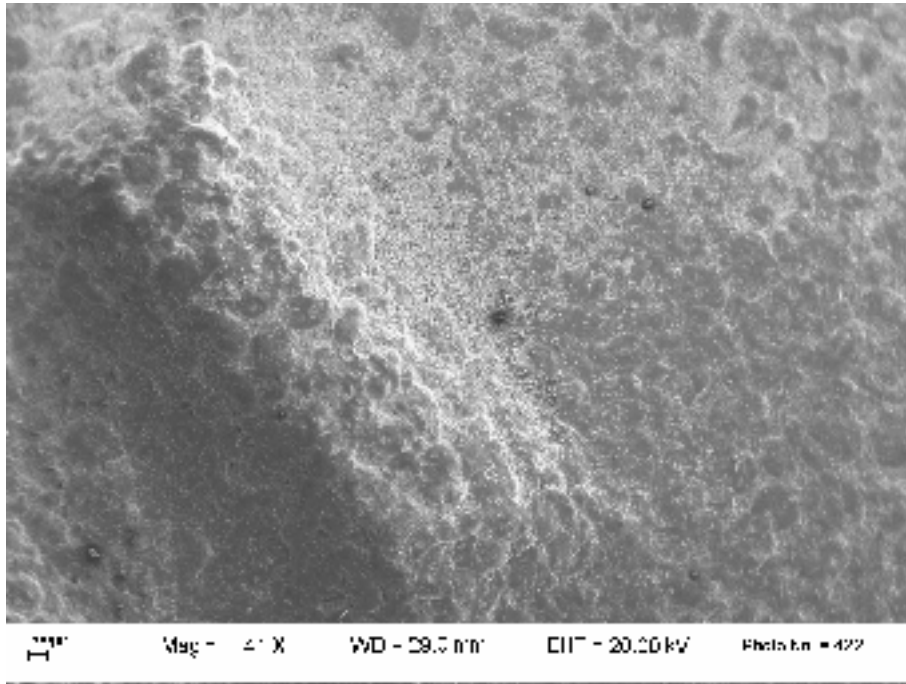
Campione 12

$R_a$   
 $14,4 \pm 2,5$

$R_{Max}$   
 $87,2 \pm 15,5$



La superficie è caratterizzata dalla presenza di granuli in rilievo, corrispondenti alle particelle di atomizzato. Sono presenti microporosità essenzialmente chiuse.

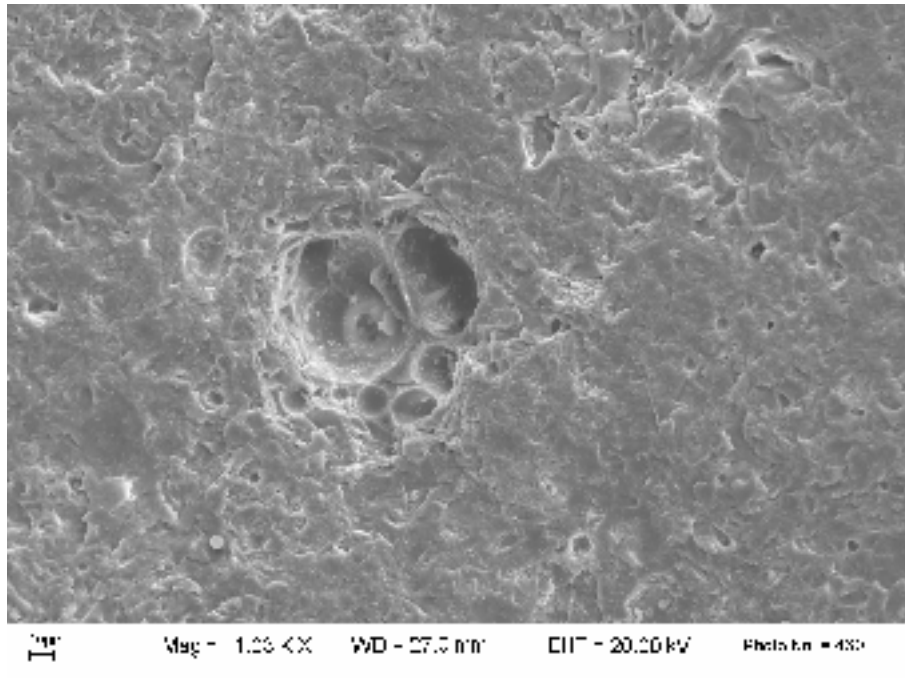
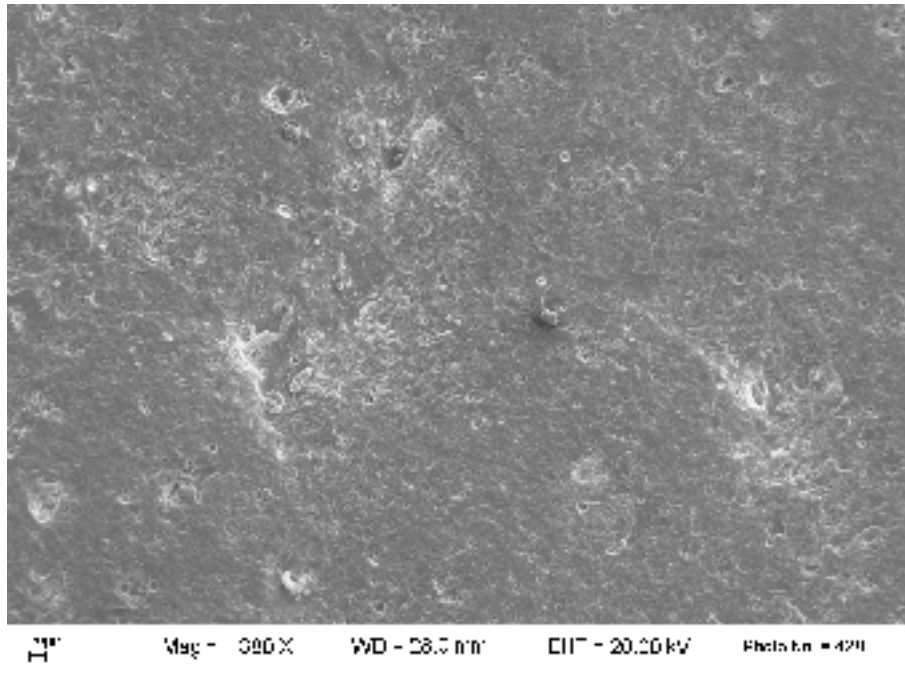


Area strutturata

Campione 12A

$R_a$   
 $6,8 \pm 1,4$

$R_{Max}$   
 $51,0 \pm 13,4$

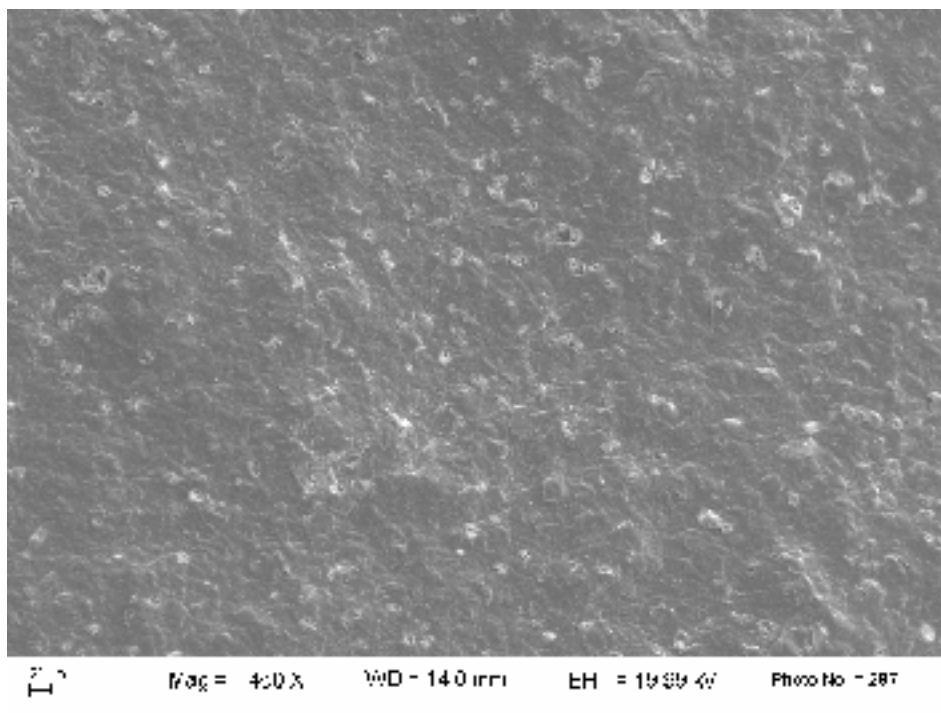
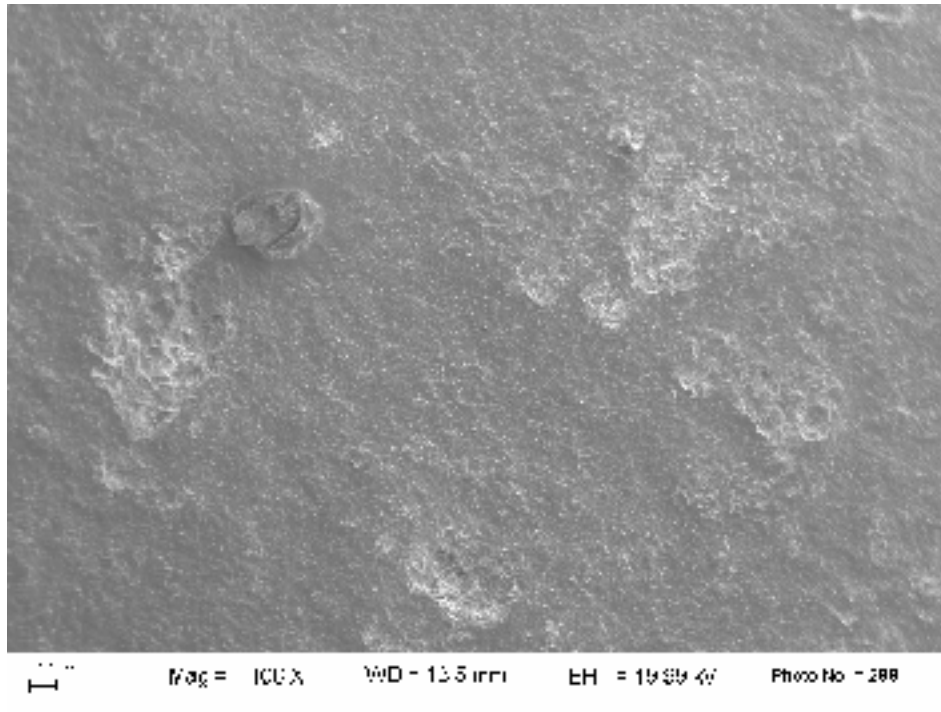


La superficie appare scabra, si rilevano estese microfratturazioni, causate da fenomeni di urto, e numerose porosità, anche agglomerati di pori, che caratterizzano il materiale.

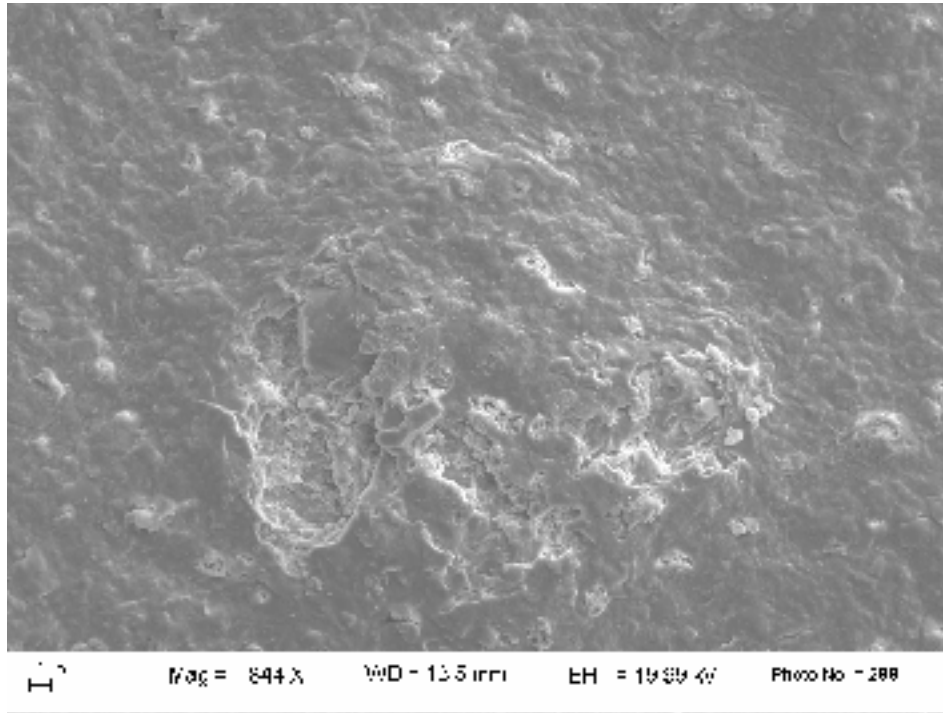
Campione 13

$R_a$   
 $5,4 \pm 0,8$

$R_{Max}$   
 $31,0 \pm 6,7$



Superficie piuttosto irregolare con presenza di aree in rilievo a volte fratturate. Sono presenti numerose microporosità collegati con l'interno.

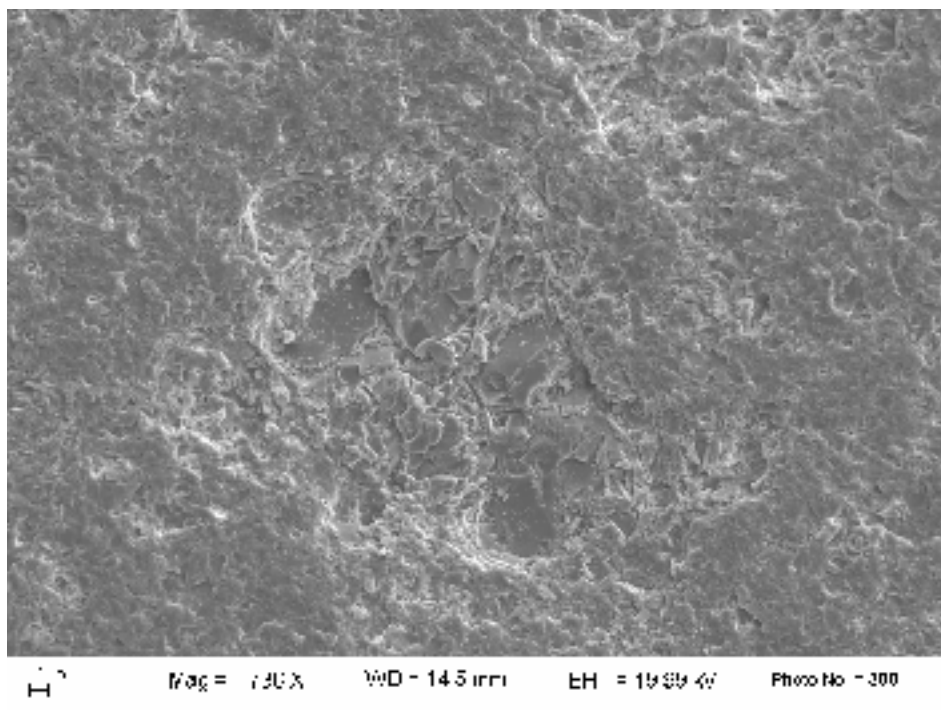
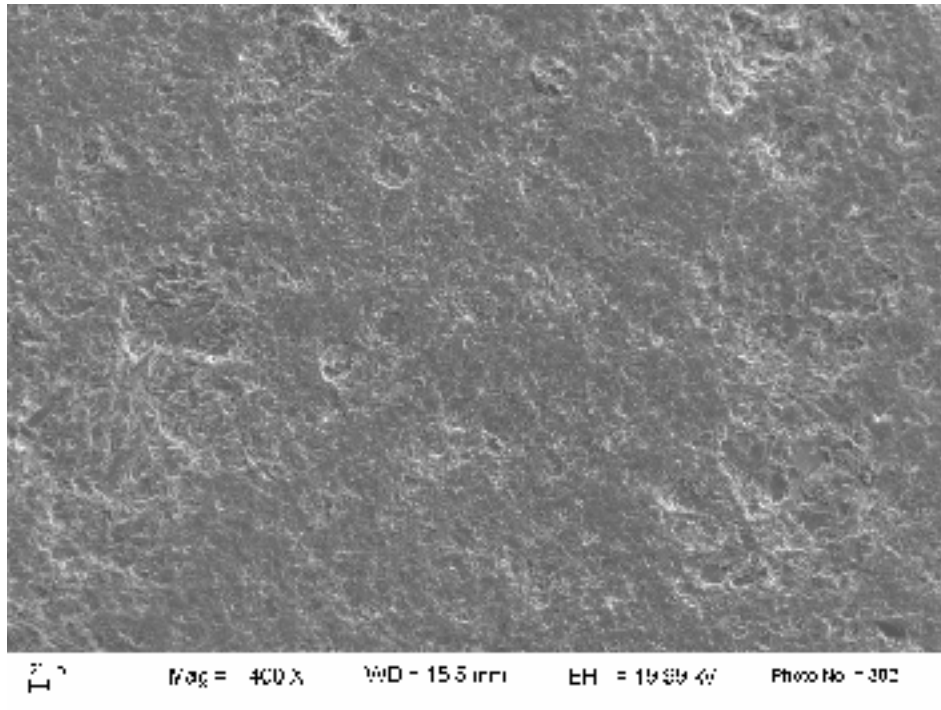


Esempio di aree in rilievo con superficie scabra.

Campione 13A

$R_a$   
 $5,6 \pm 1,7$

$R_{Max}$   
 $42,5 \pm 16,0$



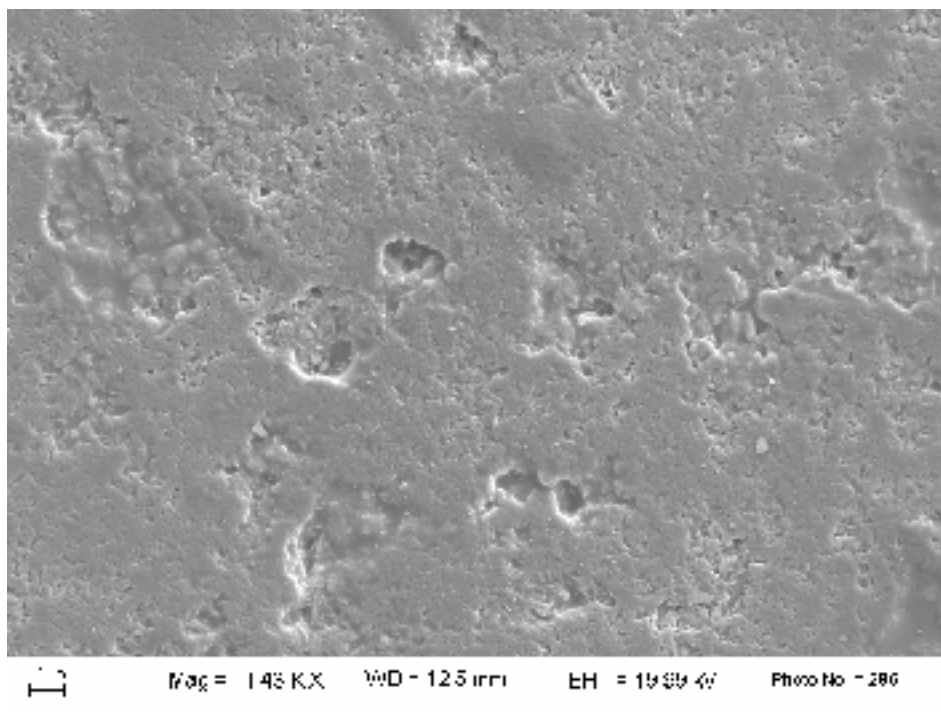
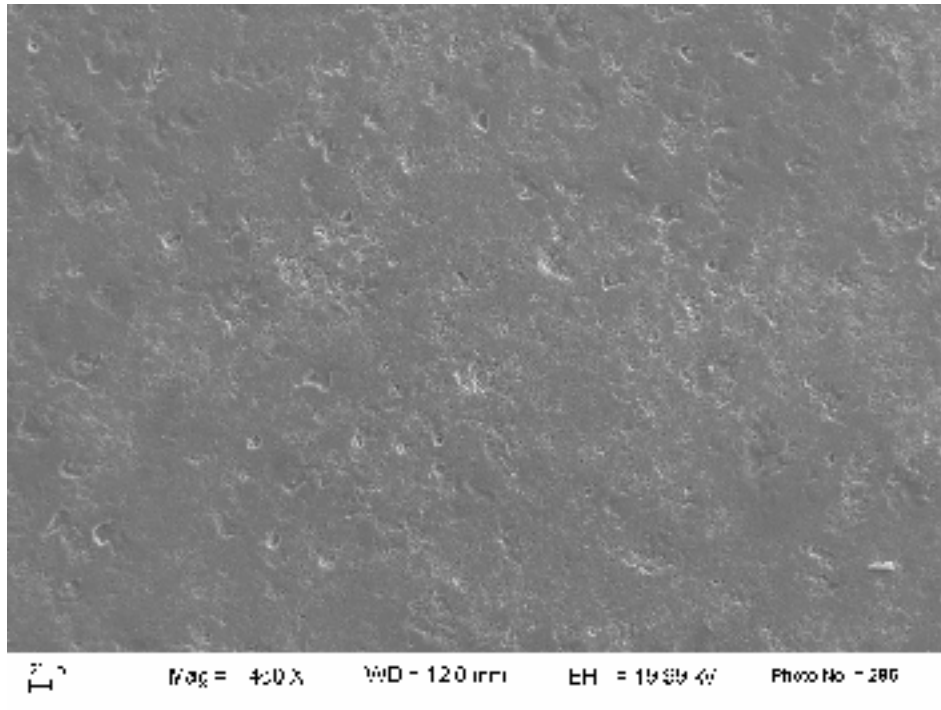
Superficie scabra per la presenza di microfratturazioni da urto, microposità e, più rari, pori circolari di grandi dimensioni.



Campione 14

$R_a$   
 $2,2 \pm 0,3$

$R_{Max}$   
 $13,6 \pm 2,8$



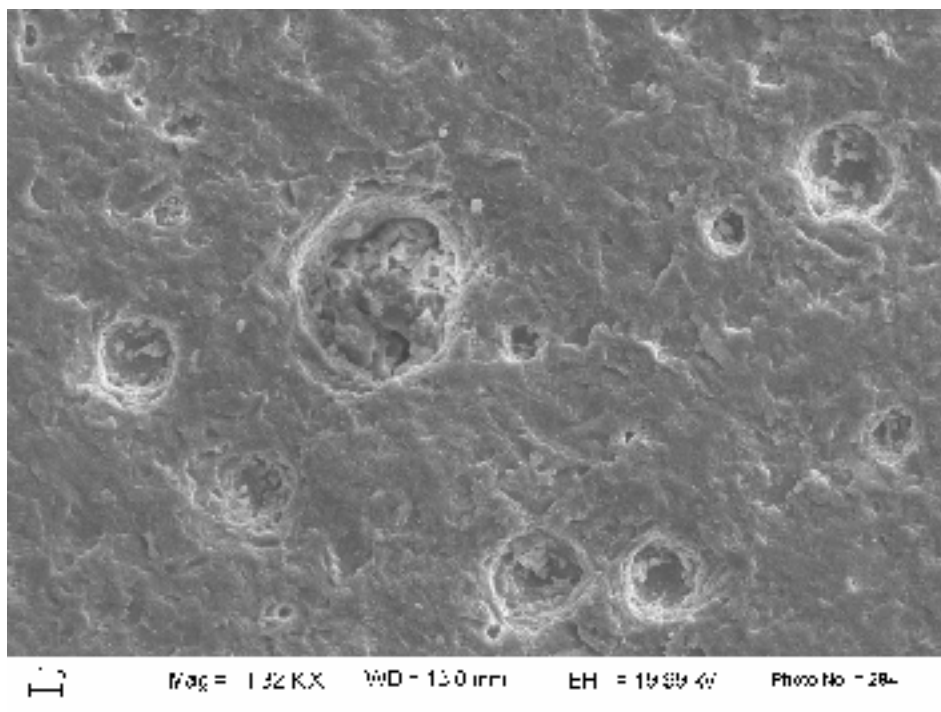
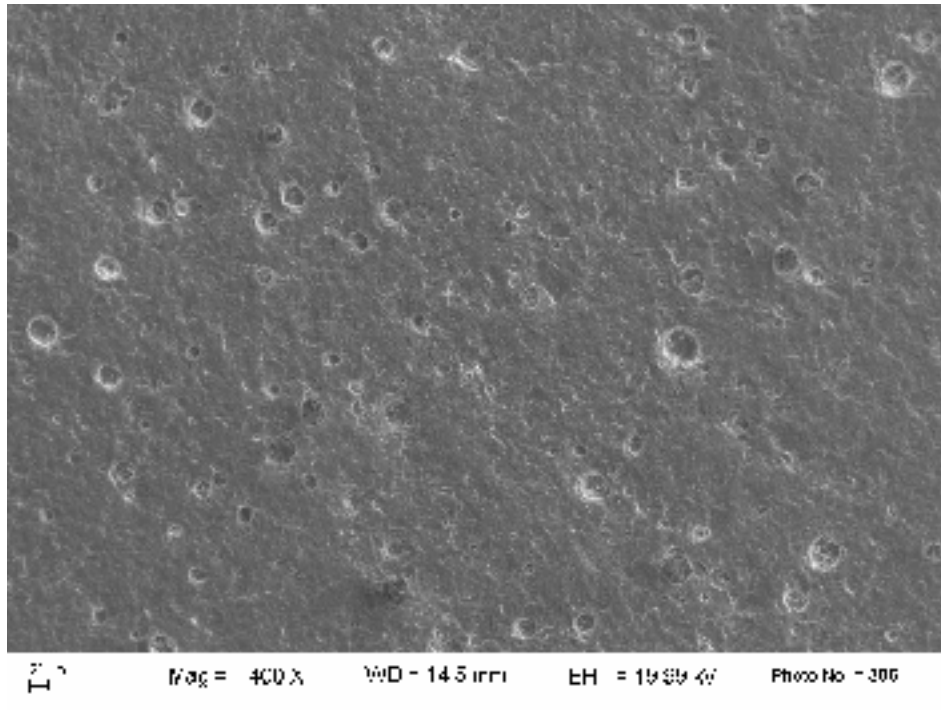
Superficie irregolare, anche se piuttosto liscia, per la presenza di aree con diverso grado di sinterizzazione. Aree più vetrificate si alternano ad aree microporose o ad aree con pori di forma semicircolare. In ogni caso le porosità non sono collegate con l'interno del prodotto.



Campione 14A

$R_a$   
 $3,1 \pm 0,4$

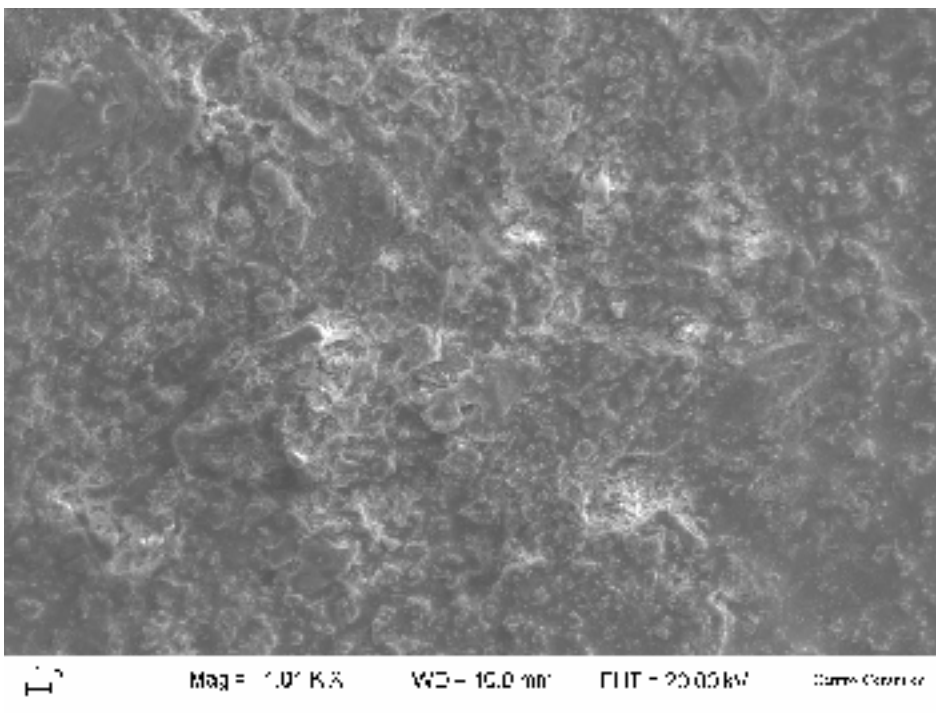
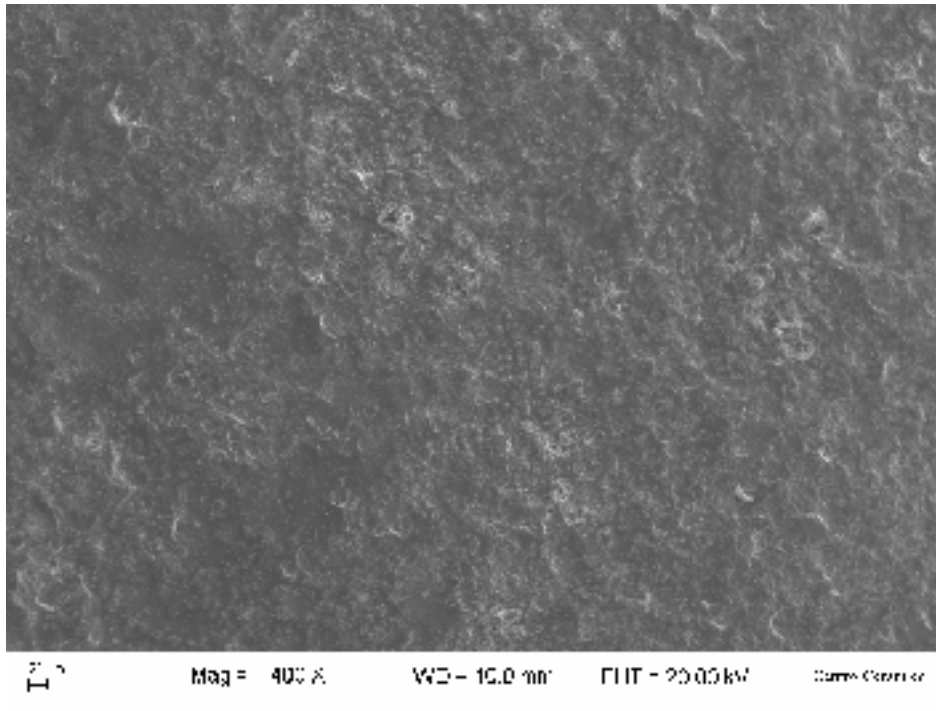
$R_{Max}$   
 $27,0 \pm 1,4$



La superficie molto scabra, presenta numerosi pori di dimensioni variabili tutti perfettamente circolari, si tratta di porosità non interconnessa.

## Campione 15

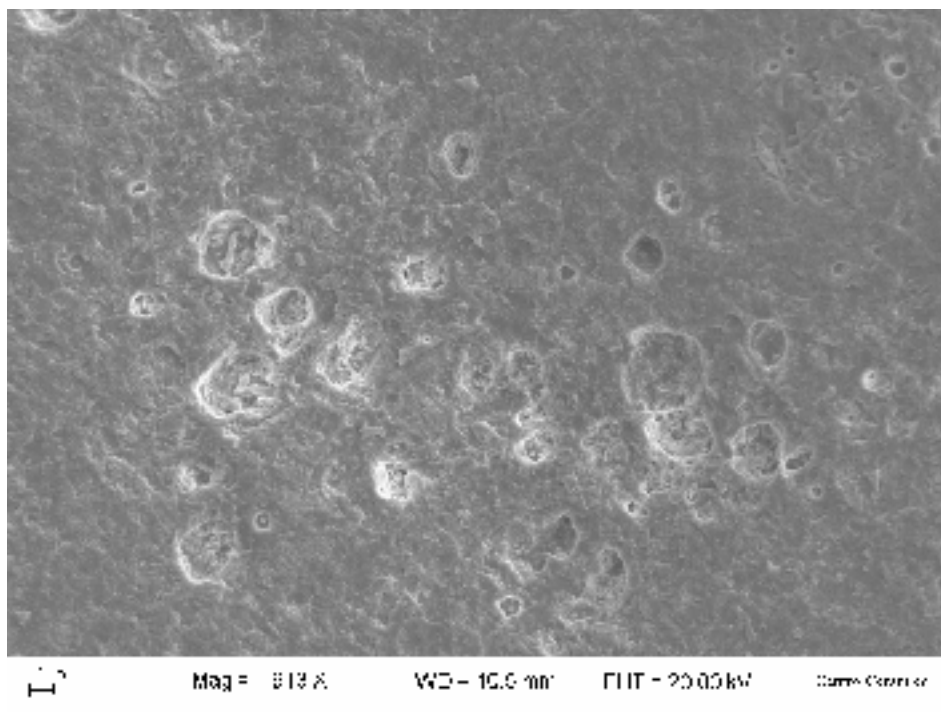
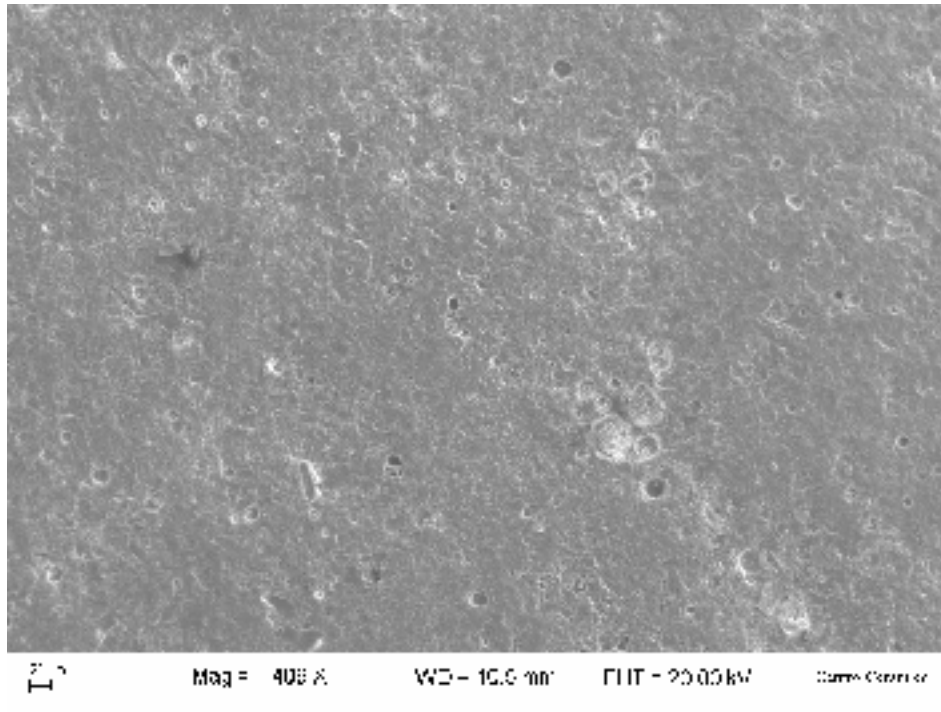
Non è stato possibile misurare la rugosità, superficie troppo scabra



La superficie è estremamente scabra, per la presenza di numerosissime strutture cristalline in rilievo. Il range dimensionale di tali cristalli, estremamente vario, e la loro non omogenea distribuzione sulla superficie, sono responsabili della elevata rugosità.

## Campione 15A

Non è stato possibile misurare la rugosità, superficie troppo scabra

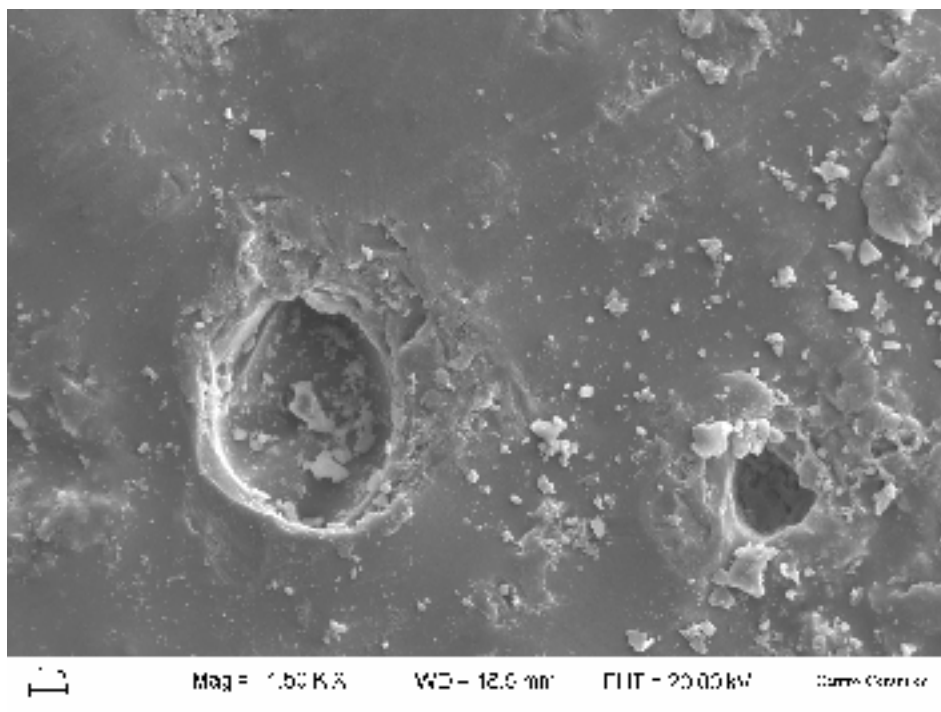
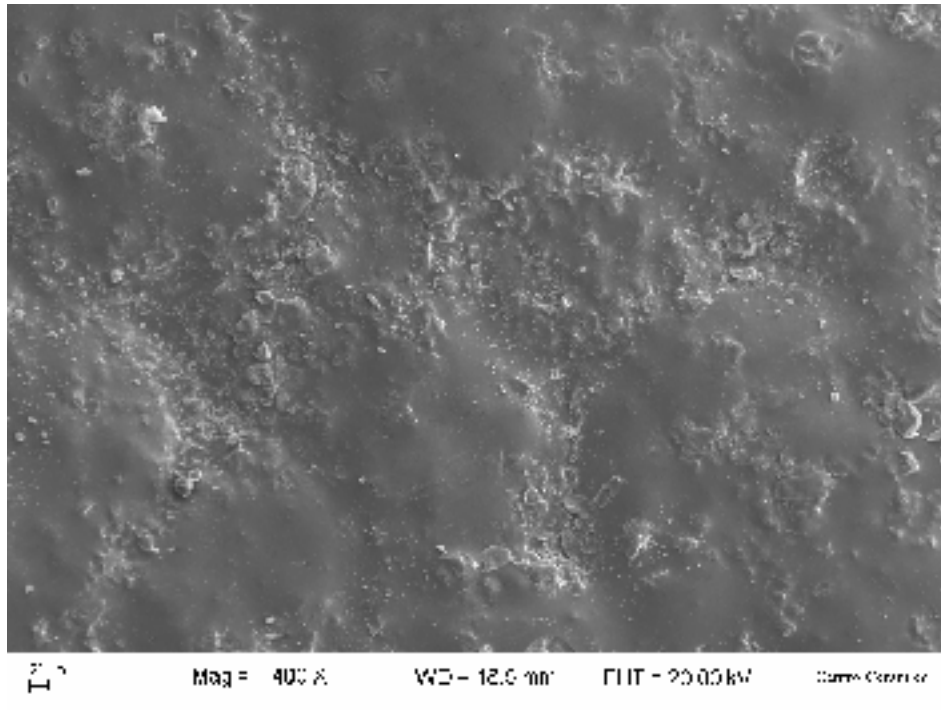


La superficie appare molto scabra. Si osservano aree con estese microfratturazioni, causate da fenomeni di urto, e numerose porosità, tutte di forma circolare, non distribuite in modo uniforme sulla superficie del campione.

Campione 16

$R_a$   
 $8,0 \pm 0,8$

$R_{Max}$   
 $50,0 \pm 9,9$

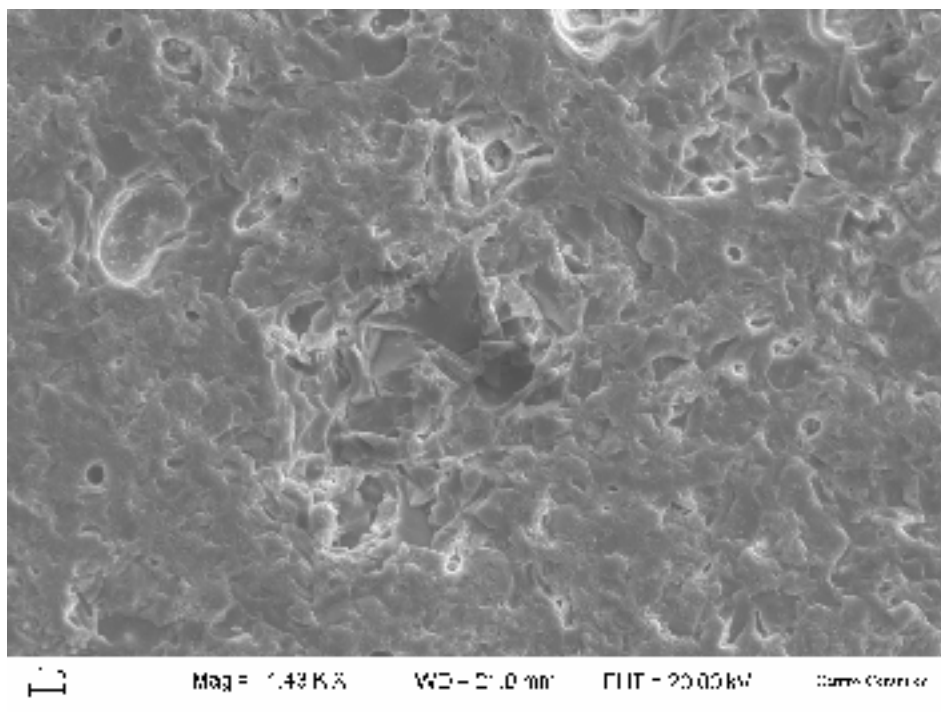
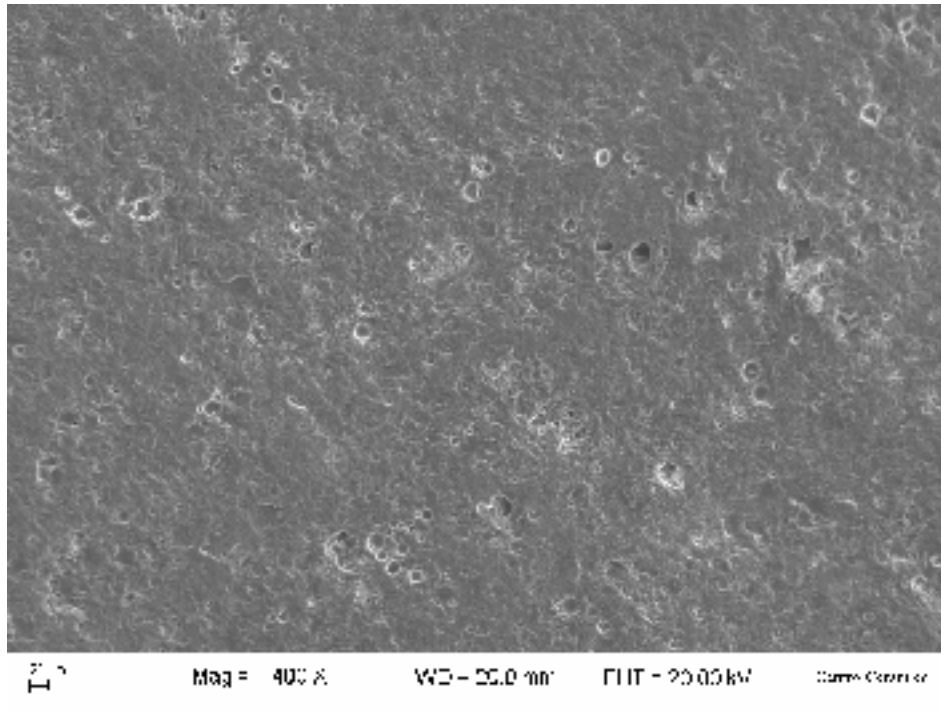


Superficie caratterizzata dalla presenza di granuli in rilievo, corrispondenti alle particelle di atomizzato. Sono presenti microporosità di forma circolare essenzialmente chiuse.

Campione 16A

$R_a$   
4,1±1,2

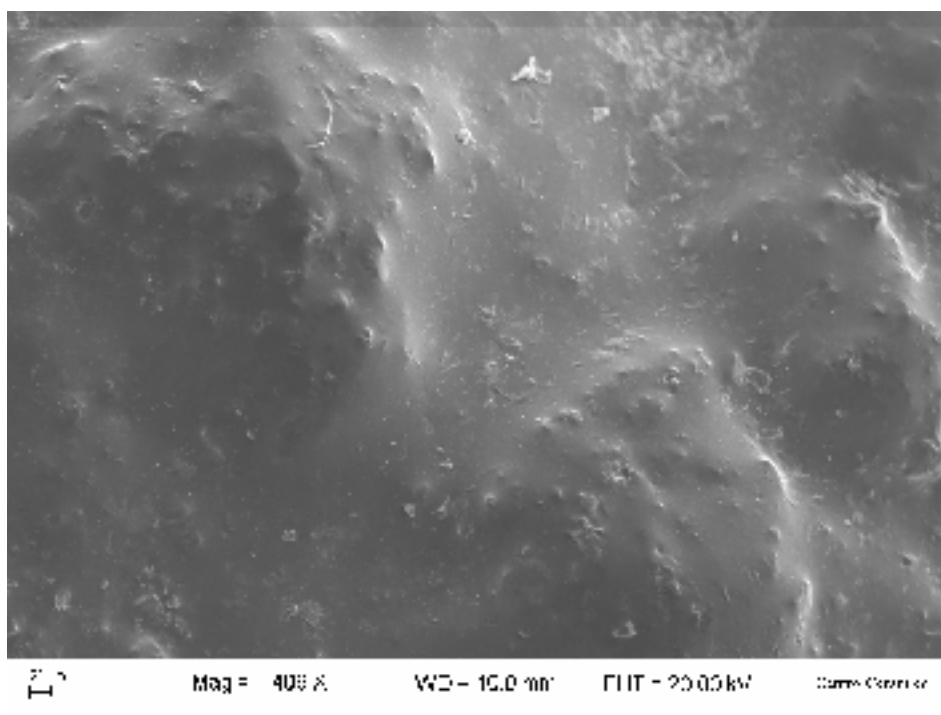
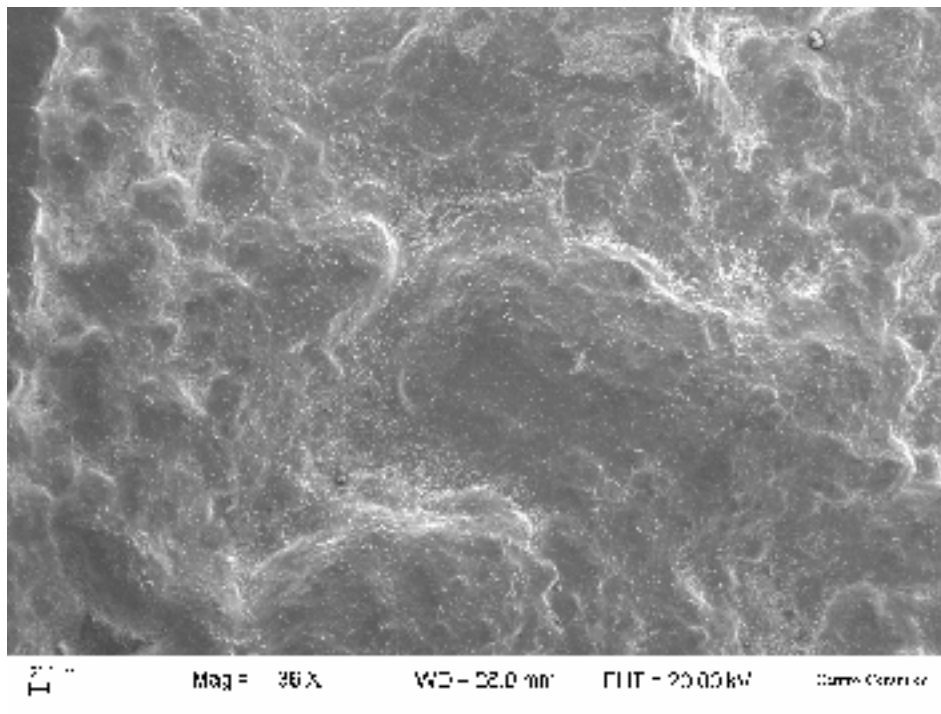
$R_{Max}$   
26,2±6,7



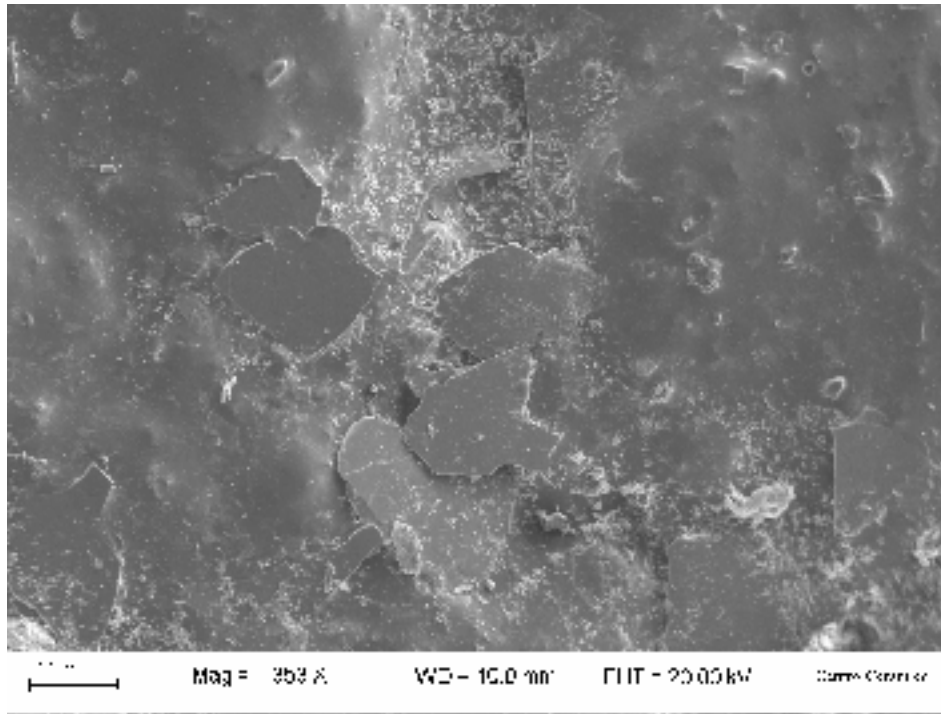
La superficie si presenta scabra, anche se i valori di rugosità sono inferiori alla superficie tal quale. Si osservano microfratturazioni (da urto) e porosità, anche agglomerati di pori.

## Campione 17

Non è stato possibile misurare la rugosità, superficie troppo scabra



Superficie caratterizzata dalla presenza di granuli in rilievo, corrispondenti alle particelle di atomizzato, responsabili dell'elevata scabrosità della superficie.

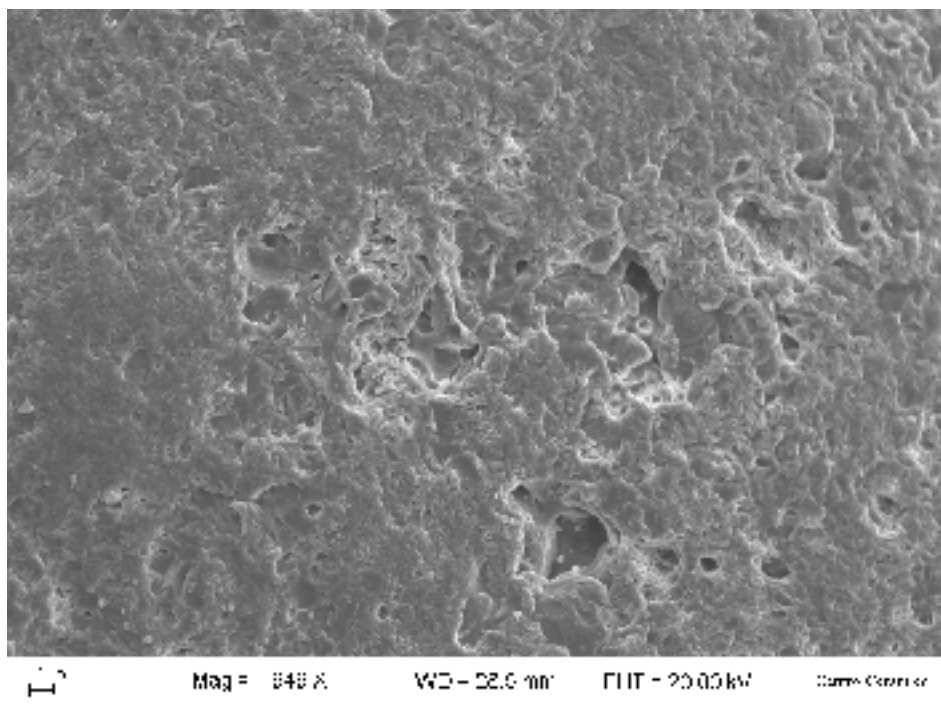
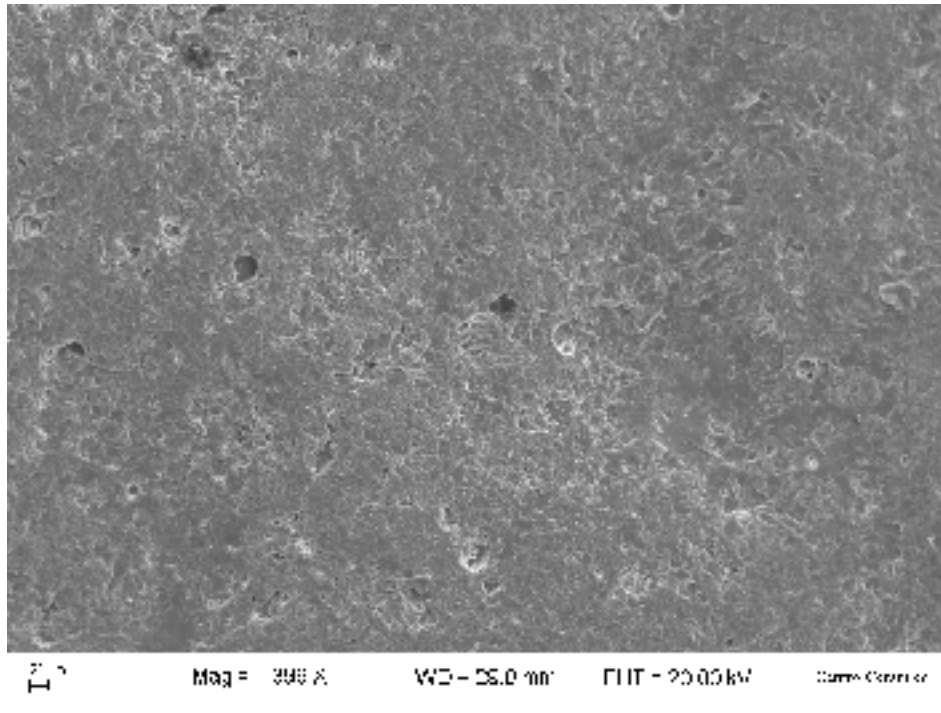


Si osservano microporosità, essenzialmente chiuse, e aree con materiale parzialmente distaccato.



Campione 17A

Non è stato possibile misurare la rugosità, superficie troppo scabra

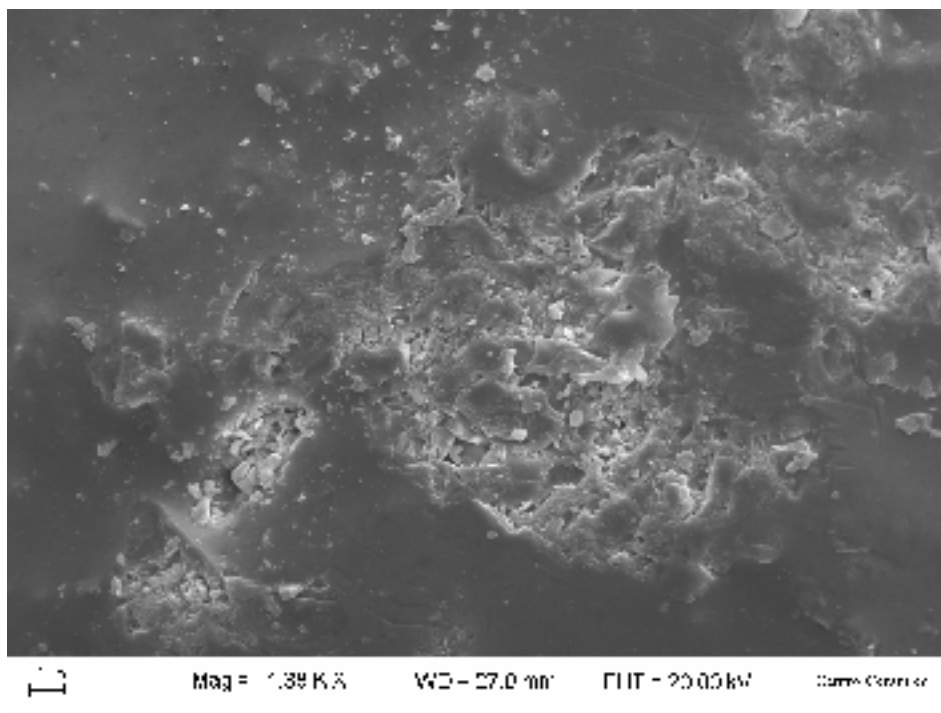
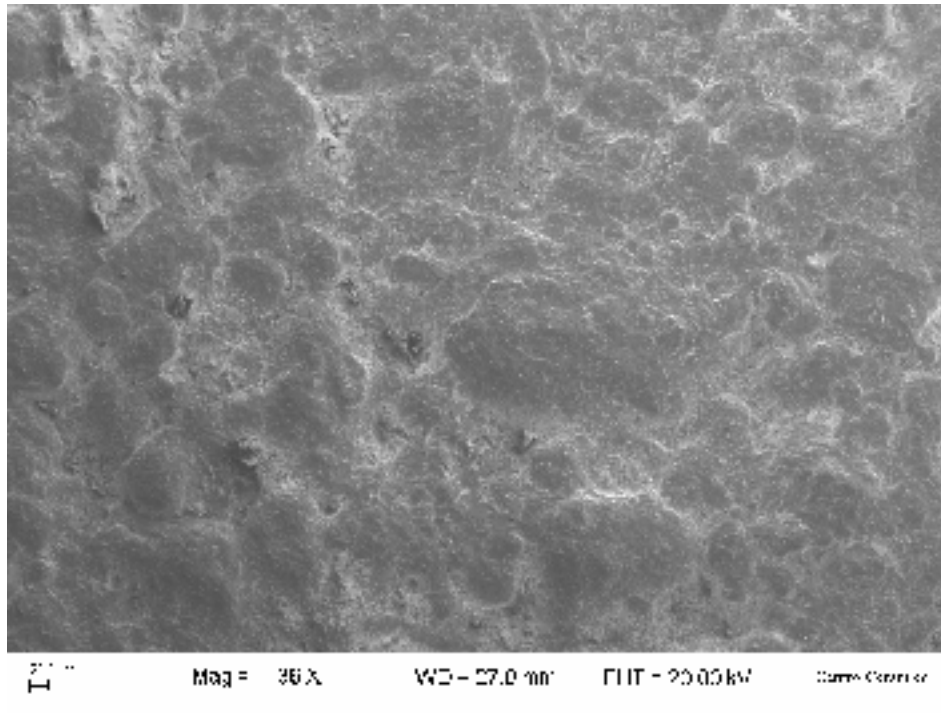


Superficie scabra, microfratturazioni (da urto) e porosità, anche agglomerati di pori. Si osservano aree, corrispondenti alle “valli” della superficie tal quale che non si sono usurate.

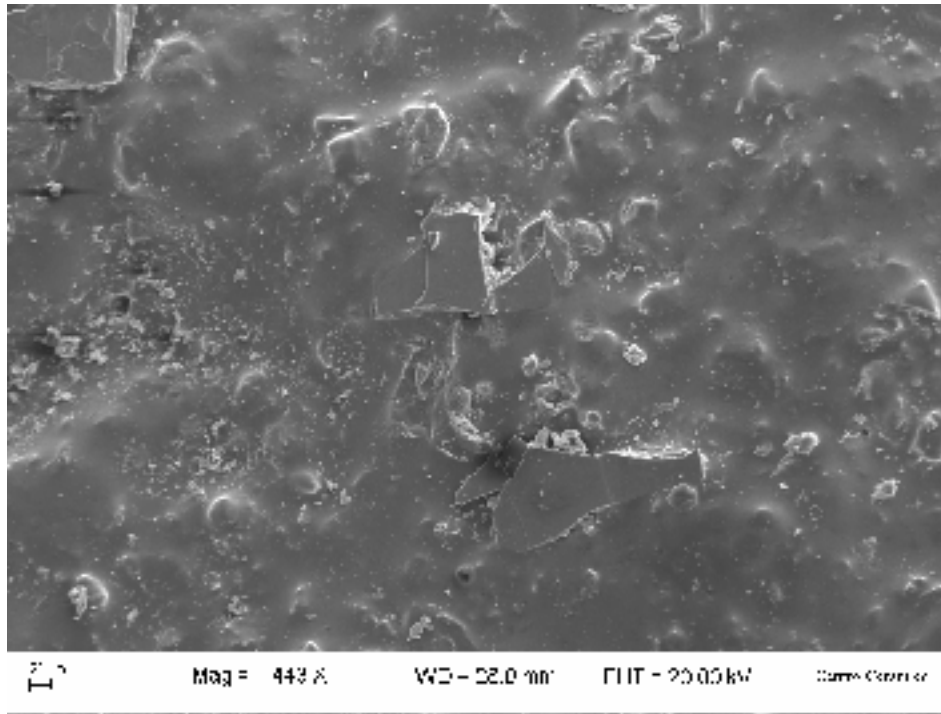


## Campione 18

Non è stato possibile misurare la rugosità, superficie troppo scabra



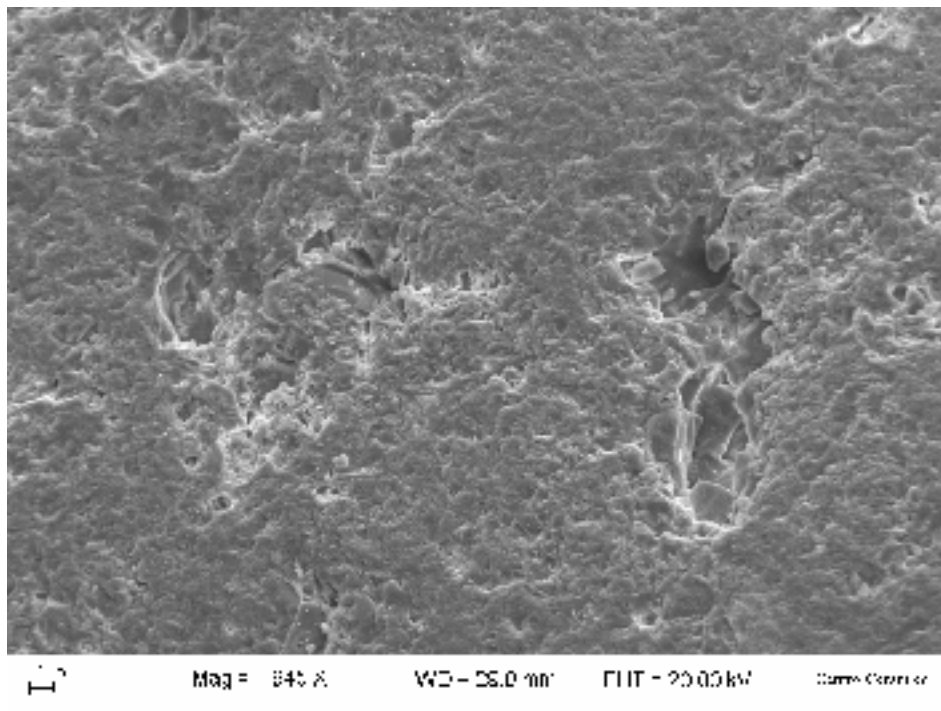
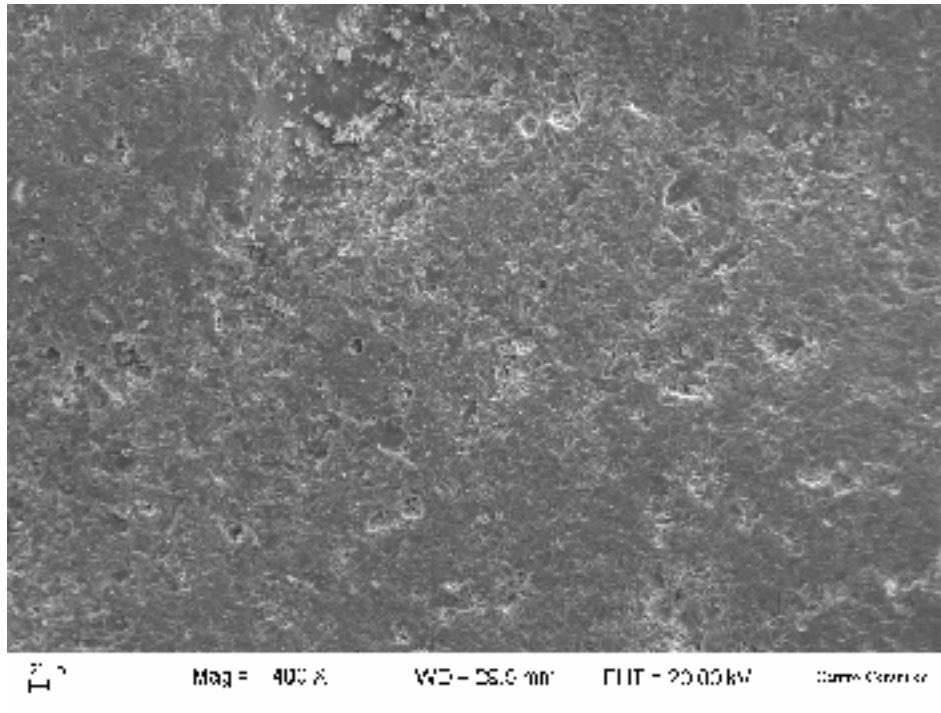
Superficie caratterizzata dalla presenza di granuli in rilievo, corrispondenti alle particelle di atomizzato, responsabili dell'elevata scabrosità della superficie. Si rilevano numerose aree micropose



Si osservano aree caratterizzate dalla presenza di materiale parzialmente

Campione 18A

Non è stato possibile misurare la rugosità, superficie troppo scabra

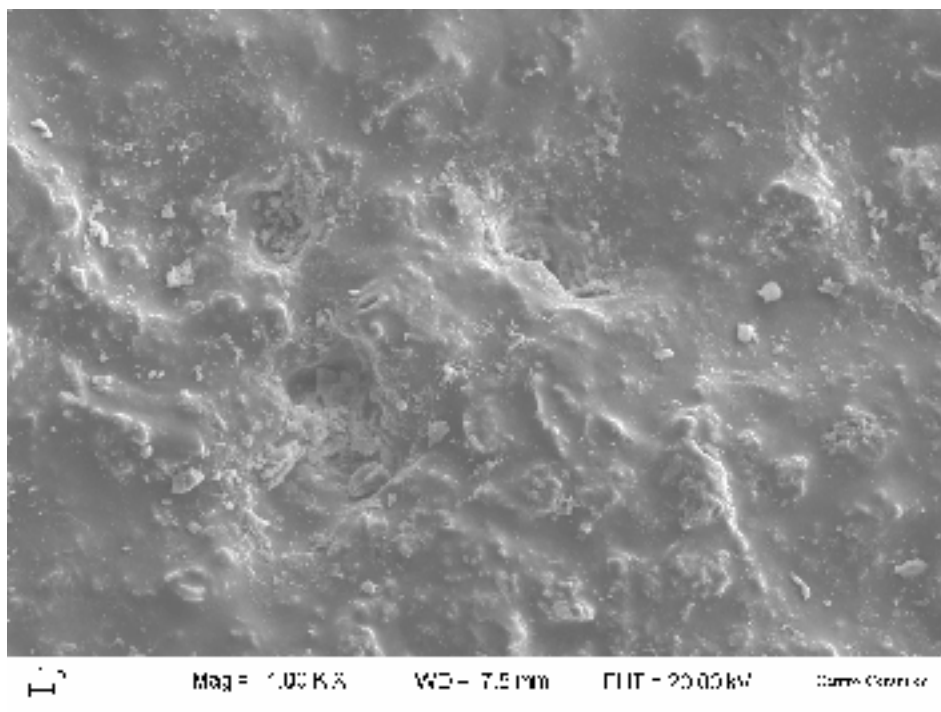
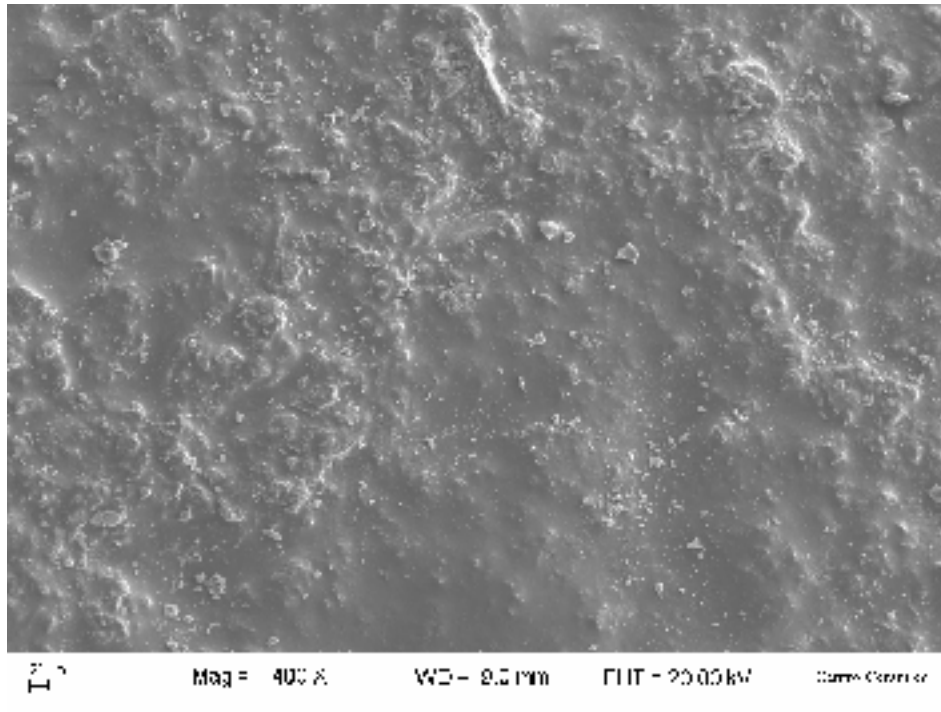


Superficie scabra, microfratturazioni (da urto) e porosità, anche agglomerati di pori. Si osservano aree, corrispondenti alle “valli” della superficie tal quale che non si sono usurate.

Campione 19

$R_a$   
 $6,8 \pm 1,0$

$R_{Max}$   
 $45,5 \pm 8,7$

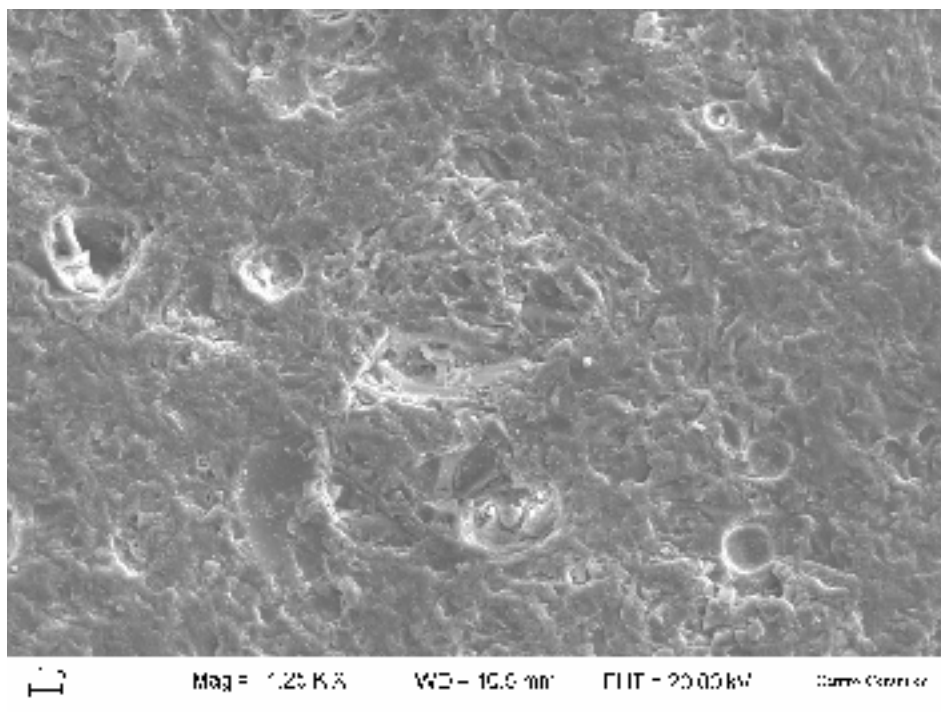
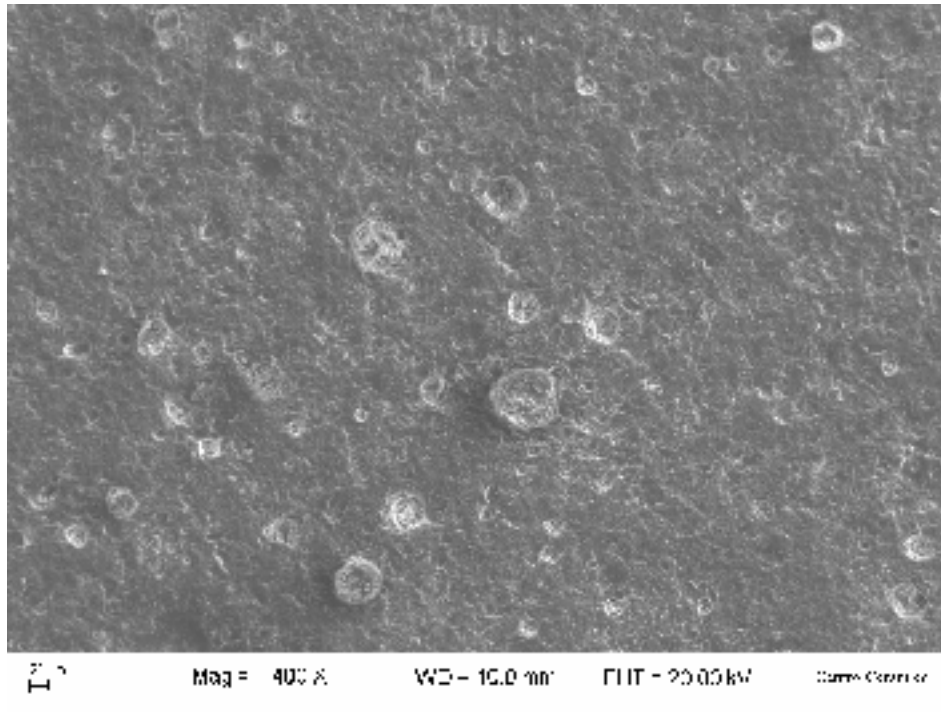


Superficie irregolare, anche se piuttosto liscia, per la presenza di aree con diverso grado di sinterizzazione. Aree più vetrificate si alternano ad aree microporose.

Campione 19A

$R_a$   
 $3,6 \pm 0,6$

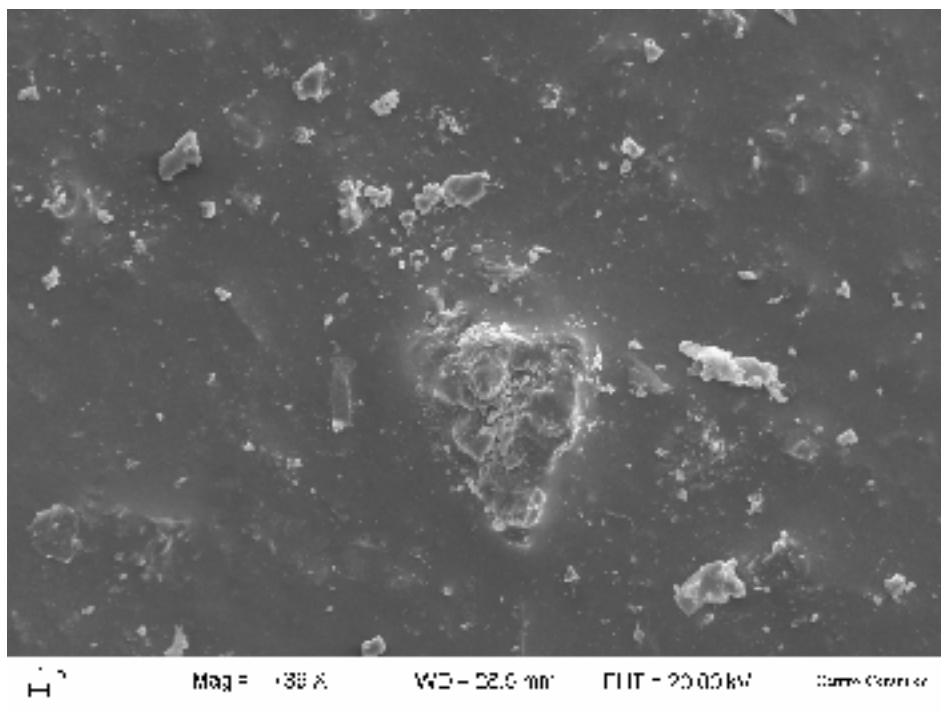
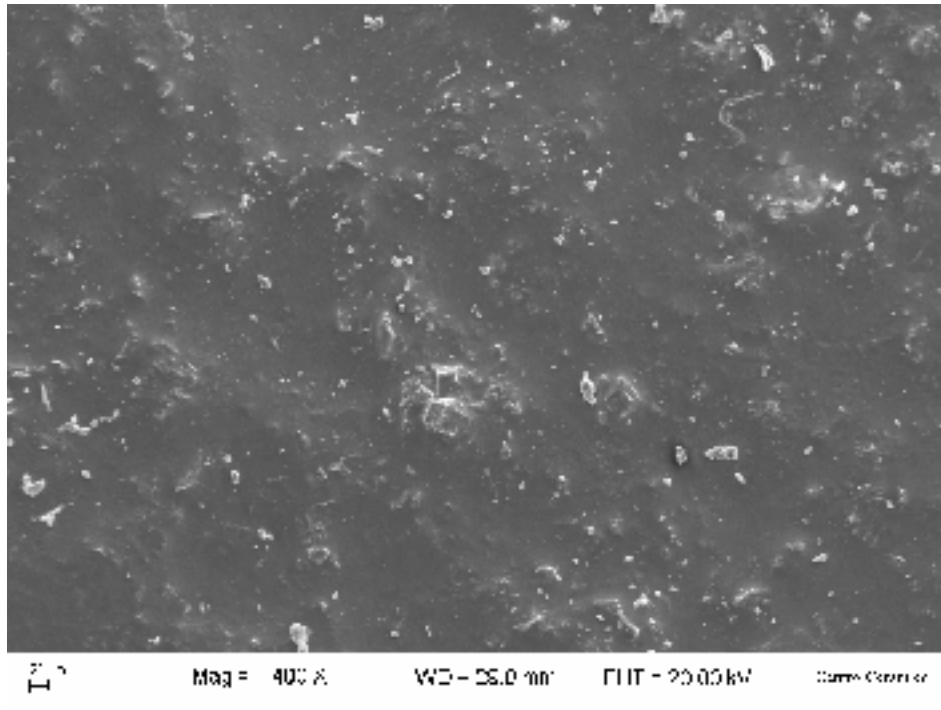
$R_{Max}$   
 $30,6 \pm 4,8$



La superficie molto scabra, presenta numerosi pori di dimensioni variabili tutti perfettamente circolari, si tratta di porosità non interconnessa.

## Campione 20

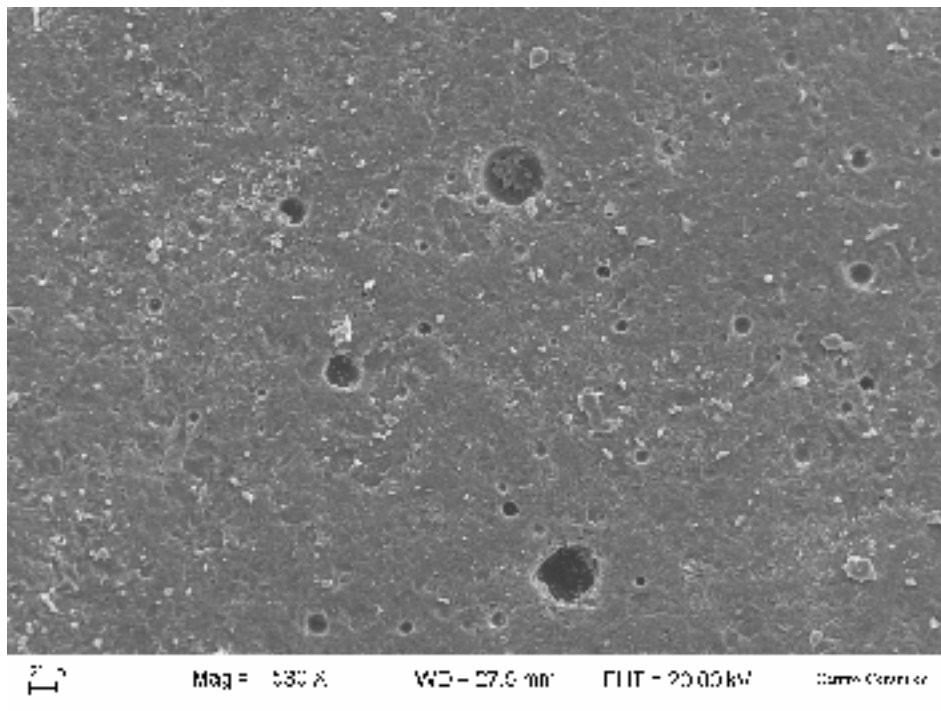
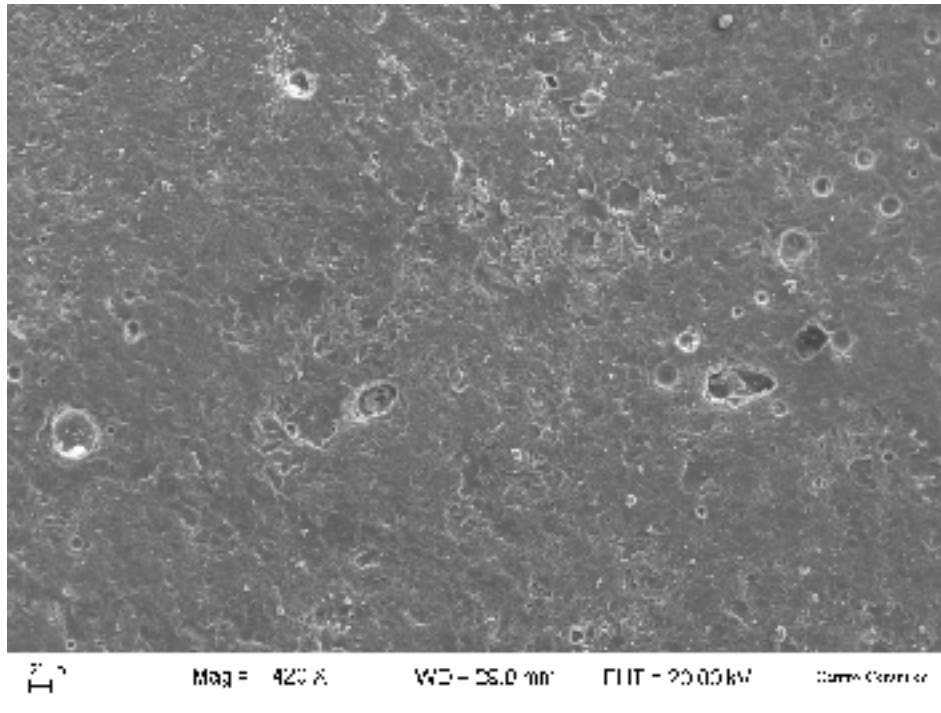
Non è stato possibile misurare la rugosità, superficie troppo scabra



La superficie è caratterizzata dalla presenza di granuli di forma irregolare in rilievo.

Campione 20A

Non è stato possibile misurare la rugosità, superficie troppo scabra



La superficie molto scabra, presenta numerosi pori di dimensioni variabili tutti perfettamente circolari, si tratta di porosità non interconnessa.





Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 4**

**Metodo di misura della cessione di elementi da  
attacco chimico**



Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Materiali ING-IND/22 XIX Ciclo a.a. 2005-06	<b>Allegato 4</b>
	<b>dott. Paolo Malavasi</b>

## **METODO DI MISURA DELLA CESSIONE DI ELEMENTI DA ATTACCO CHIMICO**

### INDICE

1. Scopo e campo di applicazione.
2. Riferimenti.
3. Termini e Definizioni.
4. Soluzioni di attacco.
5. Apparecchiature.
6. Provini.
7. Procedura.
8. Espressione dei risultati.

---

## 1. Scopo e campo di applicazione

Il presente documento espone il metodo proposto per la prova di attacco chimico esteso. Il metodo è applicabile a tutti i tipi di superficie ceramica.

---

## 2. Riferimenti

LEGGE n° 283, DEL 30.4.1962 art. 11 “É vietato produrre, detenere per il commercio ... e rendano nocive le sostanze alimentari.

D.P.R. n. 547 aprile 1955 “... i pavimenti devono essere in condizioni tali da rendere sicuro il movimento dei lavoratori.”

D.L. 626/94 Sicurezza nei luoghi di lavoro.

STANDARD IGIENICO – SANITARI EDILIZIA ED IMPIANTI NEI LUOGHI DEGLI ALIMENTI. Di Sergio Di Macco. Ed. Legislazione Tecnica

UNI EN 14411- Piastrelle di ceramica – Definizioni, classificazione, caratteristiche, marcatura.

UNI EN ISO 10545-13 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza chimica.

UNI EN ISO 10545-14 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza alle macchie.

UNI EN ISO 10545-15 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione del piombo e del cadmio ceduto dalle piastrelle smaltate.

---

## 3. Termini e Definizioni

Ai fini del presente documento si applicano i seguenti termini e definizioni.

### 3.1 Generalità

- *Disinfettare*: nella sua accezione più estesa, l'azione di liberare da colonie di microrganismi patogeni, batteri, muffe e lieviti, in grado di causare infezioni o danni alla salute; l'azione del disinfettare si può applicare sia su solidi che su liquidi e gas.
  - *Disinfettante*: ogni sostanza o miscela di sostanze in grado di esplicare l'azione del disinfettare.
  - *Detergente*: ogni sostanza o miscela di sostanze atta ad eliminare materiale estraneo alla superficie da pulire, che non lasci residui propri sull'oggetto e che non muti o danneggi la natura dell'oggetto stesso.
  - *Matrice del solvente*: la definisce la tipologia della soluzione di attacco (matrice organica, inorganica).
- 

## 4. Soluzioni di attacco

---

<b>4.1</b>	Soluzione di acido Ortofosforico H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	.	.	.	.	.	.	.	: 0,5M
<b>4.2</b>	Soluzione di acido Lattico	.	.	.	.	.	.	.	: 0,03M
<b>4.3</b>	Soluzione di acido Citrico	.	.	.	.	.	.	.	: 0,01M
<b>4.4</b>	Soluzione di potassio idrossido	.	.	.	.	.	.	.	: 0,05M

---

## **5. Apparecchiature**

**5.1 Cilindri di vetro borosilicato** (ISO 3585) diametro interno ( $75 \pm 5$ )mm.

**5.2 Parafilm M<sup>®</sup>**, o qualsiasi altro materiale adatto a coprire e sigillare l'estremità superiore del tubo reattore.

**5.3 Materiale sigillante** silicone trasparente e incolore.

**5.4 Stufa** funzionante alla temperatura di ( $110 \pm 5$ ) ° C o essiccatore a microonde.

**5.5 pHmetro-redoximetro** sensibilità  $\pm 0,1$  unità di pH e  $\pm 1$  mV.

**5.6 Spettrometro simultaneo per emissione atomica ICP-OES** "OPTIMA 3200 XL" con torcia orizzontale - PERKIN ELMER avente le prestazioni presentate nella seguente tabella 1 dove vengono riportati il limite di rilevabilità (DL), la concentrazione critica ed il BEC calcolati secondo manuale UNICHIM n. 177/3

---

	DL	Critical Conc	BEC
Si	0.068 mg/l	0.7 mg/l	2.18 mg/l
Al	0.018 mg/l	0.2 mg/l	0.34 mg/l
Ti	0.00035 mg/l	0.004 mg/l	0.00 mg/l
Fe	0.01 mg/l	0.1 mg/l	0.01mg/l
Ca	0.002 mg/l	0.02 mg/l	0.01 mg/l
Mg	0.0008 mg/l	0.008 mg/l	0.002 mg/l
K	0.02 mg/l	0.2 mg/l	0.01 mg/l
Na	0.24 mg/l	2.4 mg/l	3.93 mg/l
Cd	0.0006 mg/l	0.006 mg/l	0.01 mg/l
Cr	0.001 mg/l	0.01 mg/l	0.003 mg/l
Cu	0.002 mg/l	0.02 mg/l	0.03 mg/l
Ni	0.009 mg/l	0.09 mg/l	0.009 mg/l
Mn	0.0002 mg/l	0.002 mg/l	0.001 mg/l
Pb	0.008 mg/l	0.08 mg/l	0.01 mg/l

---

## 6. Provini

**6.1 Numero di provini:** vengono sottoposti a prova, per ogni materiale, un provino tal quale ed uno invecchiato

### 6.2 Preparazione dei provini:

#### 6.2.1 Con invecchiamento

I campioni, preparati come descritto nella procedura *invecchiamento campioni*, saranno accuratamente sciacquati con acqua proveniente dalla rete idrica, quindi, trattati in immersione per 5min in bagno ad ultrasuoni. Saranno , quindi, risciacquati con acqua distillata di grado 2 e fatti, quindi, asciugare in stufa a 110 ° C per 24 ore o essiccatore a microonde.

---

### 6.2.2 Senza invecchiamento

Devono essere quadrati di lato  $(11,0 \pm 0,5)$ cm, preparati per taglio ad umido. I provini saranno poi accuratamente sciacquati con acqua proveniente dalla rete idrica, quindi, trattati in immersione per per 5min in bagno ad ultrasuoni. Saranno, quindi, risciacquati con acqua distillata di grado 2 e fatti, quindi, asciugare in stufa a  $110^{\circ}\text{C}$  per 24 ore o essiccatore a microonde.

---

## 7. Procedura

Applicare uno strato uniforme di materiale sigillante (5.3), dello spessore di circa 3mm, al bordo del cilindro (5.1) capovolgere il cilindro al centro del provino. Se si tratta di provini invecchiati evitare accuratamente di includere parti non abrasi nella zona di attacco. Versare 50ml di ogni matrice di attacco nel rispettivo reattore e mantenere il liquido a contatto con la piastrina a  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  per 24 ore; chiudere il reattore sigillandolo alla sommità con Parafilm M<sup>®</sup>. Al termine delle 24h prelevare un'aliquota di soluzione da ogni reattore di ogni campione, quindi analizzare i metalli in soluzione mediante spettrometro ICP-OES.

---

## 8. Espressione dei risultati

La quantità di elementi estratti per unità di superficie  $\rho_A(M)$ , espressa in milligrammi per decimetro quadrato, è calcolata usando la:

$$\rho_A(M) = \rho(M) \cdot (V/1000) \cdot A^{-1}$$

Dove:

M: è il metallo estratto;

$\rho(M)$ : è la concentrazione in mg/l, di metallo, M, nell'estratto;

V: è il volume, in millilitri, di sostanza d'attacco introdotta;

A: è l'area in  $\text{dm}^2$  della superficie sottoposta a prova.

I risultati, ottenuti per ogni campione, vengono presentati come indicato nella tabella 2 dove le misura di pH delle soluzioni sia prima che dopo la prova servono per valutare un eventuale deterioramento delle soluzioni.

**Tab. 2****CAMPIONE -**

Superficie Tal Quale					Superficie Invecchiata			
sol.attacco	Ac.Fosf. <sup>1</sup>	Ac.Latt. <sup>2</sup>	Ac.Citr. <sup>3</sup>	Idrossido <sup>4</sup>	Ac.Fosf. <sup>1</sup>	Ac.Latt. <sup>2</sup>	Ac.Citr. <sup>3</sup>	Idrossido <sup>4</sup>
<b>Si</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Al</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Ti</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Fe</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Ca</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Mg</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>K</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Na</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Cd</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Cr</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Cu</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Ni</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Mn</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
<b>Pb</b>								
(mg/dm <sup>2</sup> )								
pH <sup>5</sup>								
pH <sup>6</sup>								

## Legenda

1 = acido ortofosforico 0.5M

2 = acido lattico 0.03M

3 = acido citrico 0.01M

4 = potassio idrossido 0.05M

5 = valore pH soluzione dopo attacco

6 = valore pH soluzione di partenza



Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 5**

**Cessione di elementi da attacco chimico. Risultati  
delle prove preliminari**



METODO DI MISURA DELLA CESSIONE DI ELEMENTI DA ATTACCO CHIMICO

Tabelle e grafici comparativi relativi alla serie di prove preliminari

6 ore di attacco

	GRES CAD 1				SMALTATO CAD 4				GRES CAD 8				GRES CAD 10				KLINKER CAD 13			
	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH
	1,1	1,2	1,3	1,4	4,1	4,2	4,3	4,4	8,1	8,2	8,3	8,4	10,1	10,2	10,3	10,4	13,1	13,2	13,3	13,4
mg/dm <sup>2</sup>																				
Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca	0,0	0,3	0,3	0,0	3,6	0,6	0,8	0,0	1,1	0,3	0,4	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	0,9	0,0
Mg	0,1	0,3	0,3	0,1	1,1	0,3	1,3	0,1	1,2	0,4	0,4	0,1	2,9	0,4	0,6	0,1	0,2	2,0	0,2	0,1
K	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Na	0,1	0,1	0,1	0,2	0,7	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,3
S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Cu	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σ Met.	0,3	0,7	0,8	0,5	5,6	1,2	2,5	0,6	2,6	1,0	1,1	0,6	3,3	0,7	1,0	0,5	0,4	2,5	1,2	0,6

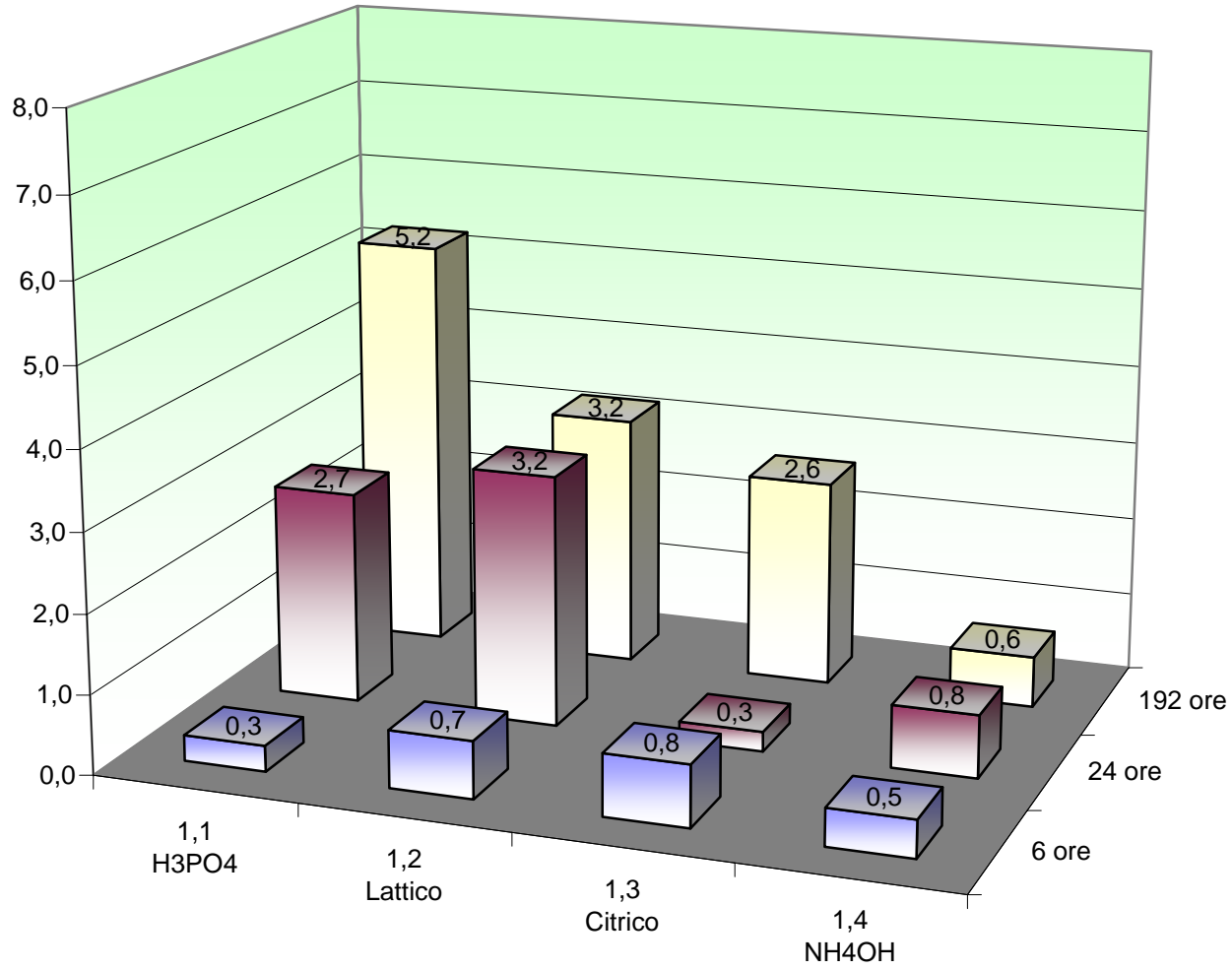
## 24 ore di attacco

	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH
	1,1,2	1,2,2	0	1,4,2	4,1,2	4,2,2	0	4,4,2	0	0	0	0	10,1,2	10,2,2	0	10,4,2	13,1,2	13,2,2	0	13,4,2
	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>
Si	7,0	0,3	0,3	0,0	5,4	0,0	0,4	0,0	1,3	0,0	0,0	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Al	0,4	0,1	0,0	0,0	10,9	0,8	0,1	3,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2	0,0	0,0	2,4	0,3	0,0	0,0
Ti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe	0,2	0,1	0,0	0,0	5,8	0,7	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0
Ca	1,0	0,9	0,0	0,2	7,5	3,6	0,7	0,2	0,4	0,0	0,1	0,0	1,2	0,8	0,0	0,3	2,1	1,7	0,1	0,2
Mg	0,7	1,4	0,2	0,0	0,9	2,3	0,3	0,0	1,6	0,5	0,6	0,1	3,5	1,5	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0
K	0,3	0,3	0,1	0,3	0,8	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1	0,3	0,5	0,4	0,1	0,4
Na	0,7	0,6	0,0	0,4	2,7	1,0	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,8	0,6	0,0	0,3	0,9	0,6	0,1	0,5
S	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1
Cr	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Cu	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σ Met.	2,7	3,2	0,3	0,8	11,8	7,2	1,3	0,9	2,2	0,7	0,8	0,5	5,7	3,2	0,5	1,0	3,6	2,7	0,4	1,1

## 196 ore di attacco

	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH	H3PO4	Lattico	Citrico	NH4OH
	1,1,4,A	1,2,4,B	1,3,4,C	1,4,4,D	4,1,4,E	4,2,4,F	4,3,4,G	4,4,4,H	8,1,4,Q	8,2,4,R	8,3,4,S	8,4,4,T	10,1,4,I	10,2,4,J	10,3,4,K	10,4,4,L	13,1,4,M	13,2,4,N	13,3,4,O	13,4,4,P
	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>
Si	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al	0,6	0,1	0,1	0,0	23,7	0,8	1,1	1,0	1,1	0,3	0,4	0,0	1,5	0,1	0,2	0,0	2,2	0,6	0,5	0,0
Ti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe	0,3	0,1	0,1	0,0	17,7	0,5	0,8	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0
Ca	1,4	0,6	0,7	0,0	14,8	2,2	2,8	0,0	2,1	1,7	1,9	0,1	1,6	0,3	0,4	0,0	4,5	2,1	2,2	0,0
Mg	3,2	2,0	1,5	0,2	2,7	0,3	0,3	0,2	2,8	4,8	3,1	0,6	5,0	0,7	0,9	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
K	0,2	0,2	0,1	0,1	2,7	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,3	0,3	0,3
Na	0,4	0,3	0,3	0,4	9,0	0,6	0,7	0,6	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4
S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0
Cr	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Cu	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σ Met.	5,2	3,2	2,6	0,6	29,2	3,2	4,0	0,9	5,5	7,1	5,6	1,2	7,1	1,2	1,6	0,7	5,5	2,8	2,9	0,9

Comparazione sulla somma degli elementi rilasciati  
6 ore 192 ore CAMPIONE 1





Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 6**

**Metodo di misura della disinfettabilità**





## **METODO DI MISURA DELLA DISINFETTABILITÀ**

### INDICE

1. Scopo e campo di applicazione
2. Riferimenti normativi e bibliografici
3. Termini e definizioni
4. Principi per la disinfezione di una superficie
5. Infettanti
6. Disinfettanti
7. Apparecchiature e prodotti chimici
8. Provini
9. Procedura
10. Espressione ed interpretazione dei risultati

---

## **1 - SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

Il presente protocollo di prova stabilisce il metodo di prova per la *determinazione della disinfettabilità*, delle superfici di ceramica.

Si applica a **tutte** le superfici di ceramica.

---

## **2 – RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI**

- UNI EN ISO 10545-1 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Campionamento e criteri di accettazione
- UNI EN ISO 10545-2 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione delle caratteristiche dimensionali e della qualità della superficie
- UNI EN ISO 10545-3 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione dell'assorbimento d'acqua, della porosità apparente, della densità relativa apparente e della densità apparente
- UNI EN ISO 10545-4 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza a flessione e della forza di rottura
- UNI EN ISO 10545-5 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'urto mediante misurazione del coefficiente di restituzione
- UNI EN ISO 10545-6 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'abrasione profonda per piastrelle non smaltate
- UNI EN ISO 10545-7 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza all'abrasione superficiale per piastrelle smaltate
- UNI EN ISO 10545-8 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della dilatazione termica lineare
- UNI EN ISO 10545-9 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza agli sbalzi termici.
- UNI EN ISO 10545-10 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della dilatazione dovuta all'umidità
- UNI EN ISO 10545-11 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza al cavillo per piastrelle smaltate
- UNI EN ISO 10545-12 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN ISO 10545-13 (giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza chimica.

- UNI EN ISO 10545-14 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione della resistenza alle macchie.
- UNI EN ISO 10545-15 (Giugno 2000) - Piastrelle di ceramica - Determinazione del piombo e del cadmio ceduto dalle piastrelle smaltate
- UNI EN ISO 14698-1, 2 Controllo della Biocontaminazione (Principi generali e metodi. Valutazione ed interpretazione dei dati generali di biocontaminazione).
- ISO 7218:1996 Microbiology of food and animal feeding stuffs -- General rules for microbiological examinations.
- D.lg. 26 maggio 1997, n.155 Attuazione delle direttive 93/43/CEE e 96/3/CE concernenti l'igiene dei prodotti alimentari.
- Decreto 23 agosto 1982 n. 777 attuazione della direttiva 76/893/CEE relativa ai materiali e agli oggetti destinati a venire a contatto con i prodotti alimentari.
- UNI EN ISO 9004-1 Gestione per la qualità ed elementi del sistema qualità. Guida generale.
- STANDARD IGIENICO SANITARI Edilizia ed Impianti nei Luoghi degli Alimenti. Sergio Di Macco; ed. *Legislazione Tecnica*

### **3 – TERMINI E DEFINIZIONI**

Ai fini del presente protocollo di prova, si applicano i seguenti termini e definizioni.

#### **3.1 Generalità**

- 3.1.1** *Disinfettare*: nella sua accezione più estesa, l'azione di liberare da colonie di microrganismi patogeni, batteri, muffe e lieviti, in grado di causare infezioni o danni alla salute; l'azione del disinfettare si può applicare sia su solidi che su liquidi e gas.
- 3.1.2** *Disinfettabilità*: predisposizione a subire le azioni di disinfezione senza subire danni o alterazioni in modo permanente.
- 3.1.3** *Igiene*: ramo della medicina che mira alla conservazione della salute fisica e psichica dell'individuo e della collettività. Esso definisce insiemi di norme e procedure che mirano alla salvaguardia della salute. Le operazioni di *disinfezione* fanno parte di tali procedure.
- 3.1.4** *Condizioni vitali*: insieme di elementi che consente la sopravvivenza e la riproduzione dei microrganismi. Tali elementi sono:
- La presenza di sostanze nutritive. quali polisaccaridi, proteine, lipidi.
  - La presenza di elementi necessari al metabolismo (luce o aria).
  - Il sussistere di precise condizioni di microclima, ovvero umidità e temperatura.
- 3.1.5** *Biocontaminazione*: contaminazione di materiali, superfici, dispositivi, liquidi, individui gas o aria con particelle vitali.
- 3.1.6** *Dispositivo di contatto*: apparecchio progettato specificamente per ospitare un idoneo terreno di coltura sterile con una superficie accessibile utilizzata per il campionamento della superficie.

- 3.1.7** *Piastra di contatto*: dispositivo di contatto in cui il contenitore è un supporto circolare rigido.
- 3.1.8** *Punto di controllo*: punto di un ambiente controllato in cui è applicato il controllo ed è possibile prevenire, eliminare o ridurre un pericolo a livelli accettabili.
- 3.1.9** *Sistema formale*: sistema di controllo della biocontaminazione con procedure stabilite e documentate.
- 3.1.10** *Pericolo*: potenziale fonte di danno.
- 3.1.11** *Rischio*: combinazione tra la probabilità del verificarsi di un danno e la gravità del danno stesso.
- 3.1.12** *Zona di rischio*: Spazio definito o delimitato in cui individui, prodotti o materiali (o qualsiasi loro combinazione) sono particolarmente vulnerabili alla contaminazione.
- 3.1.13** *Tampone*: dispositivo sterile di raccolta atossico e non inibente la crescita dei microrganismi campionati, formato da una specifica matrice di idonee dimensioni, montato su un applicatore.
- 3.1.14** *Particella vitale (colonia)*: particella formata da o che supporta uno o più organismi vivi.
- 3.1.15** *Untà formanti colonia*: singolo microrganismo generatore di una particella vitale o colonia.
- 

#### **4. PRINCIPI PER LA DISINFEZIONE DI UNA SUPERFICIE**

Per la disinfezione di una superficie sono necessaria:

La distruzione delle particelle vitali. Ciò consiste nell'eliminare o alterare le condizioni vitali necessarie al loro sostentamento e nell'operare con sistemi chimici o fisici (battericidi, ossidanti, temperatura, radiazioni) in grado di sopprimere ogni forma vivente. E' da tener presente che le sostanze nutritive di cui al punto **3.1.4** si trovano perlopiù in aggregati di particellato multicomposto, comunemente chiamati 'sporco'. Tali aggregati sono spesso di difficile rimozione e contengono gruppi di microrganismi che vivono in simbiosi essi, fino a farne strutturalmente parte, sotto forma di colonie di particelle vitali. Gli aggregati di materiale estraneo forniscono a loro volta una difesa contro le attività di disinfezione.

Talvolta la riproduzione delle colonie avviene anche sui supporti apparentemente ostili alla vita (superfici lisce di ceramica, metalli vetri apparentemente privi di sostanze estranee). Taluni batteri sono in grado di formare vaste colonie organizzate e coerenti riorganizzandosi in biofilm che possono assumere l'aspetto di ampie pellicole o membrane viscoso.

Poste le suddette condizioni risulta che il più delle volte può essere difficoltosa l'identificazione delle zone di rischio a causa della loro vastità o per la tipologia della distribuzione e collocazione negli ambienti. Si rende, perciò, necessaria l'applicazione di sistemi formali di controllo sulle zone a rischio.

Da quanto detto ne deriva, perciò, che, *l'azione del disinfettare* prevede necessariamente, la previa individuazione delle zone a rischio in cui sono presenti colonie di particelle vitali quindi la loro distruzione sia con un'efficace azione di asportazione dei corpi estranei al disinfettando sia con interventi chimico-fisici atti a sopprimere forme viventi indesiderate. Il tutto dovrà essere svolto con mezzi proporzionati alla quantità, al tipo e alla natura delle unità formanti colonia.

Per i solidi si è soliti operare utilizzando sistemi meccanici abrasivi di asportazione dei corpi estranei e sistemi di aggressione chimica (via liquida o gassosa) la rimozione deve essere tanto più efficace quanto più è alto il rischio di presenza di spore batteriche o micotossine.

---

## 5 – INFETTANTI

### 5.1 Soluzione di preparazione della superficie e di sospensione

#### 5.1.1 Soluzione di impregnazione delle superfici ceramiche.

Si utilizzeranno i seguenti componenti:

- un brodo cuore-cervello (*Brain Heart Infusion Broth*), con la seguente composizione:

▪ cervello di vitello in polvere	. . . . .	12,5 g/l;
▪ cuore di manzo in polvere	. . . . .	5,0 g/l;
▪ peptoni	. . . . .	10 g/l;
▪ NaCl	. . . . .	5,0 g/l;
▪ di-sodio fosfato	. . . . .	2,5 g/l;
▪ glucosio	. . . . .	2,0 g/l.

Addizionato con:

- albumina proveniente da uova di gallina	. . . . .	10 g/l;
- Tween 80 <sup>®</sup>	. . . . .	1 g/l.

#### 5.1.2 Terreno per la conta batterica e inoculo

- E' stato utilizzato un terreno solido per la conta batterica totale, l'inoculo è stato fatto utilizzando un'ansa calibrata da 10µl strisciati sulla sup della piastra in quattro quadranti.

### 5.2 Microrganismo infettante

E' stato usato per la prova il seguente ceppo batterico

- <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	. . . . .	ATCC 58253.
---------------------------------	-----------	-------------

---

## 6. Disinfettante

6.1 **Benzalconio cloruro [CAS N°: 8001-54-5]:** utilizzato diluito in acqua distillata in rapporto di 0,01% (M/V).

---

## 7. Apparecchiature e prodotti chimici

7.1 Stufa termostata a 37°C.

7.2 Camera sotto vuoto.

7.3 Termografo con sistema di registrazione della temperatura in continuo, per misurare costantemente la temperatura per tutta la durata della prova avente una precisione di  $\pm 1^\circ\text{C}$

7.4 Taglierina ad umido o taglierina a secco.

7.5 Acqua distillata.

7.6 Soluzione fisiologica.

7.7 Tamponi sterili.

- 7.8** Contnitore in Pyrex ® per la disinfezione
- 7.9** Brain Hearth Infusion Broth in polvere.
- 7.10** Albumina estratta da uova bianche di gallina.
- 7.11** Tween 80®.
- 

## **8. PROVINI**

Per effettuare la prova di *determinazione della disinfettabilità*, delle piastrelle di ceramica si devono usare:

**8.1 Campioni di controllo:** per ogni prodotto deve essere ottenuto un campione di prova esente da difetti di dimensione 9x5cm (con un errore ammissibile sulla lunghezza del lato di  $\pm 1$ cm); su di esso verrà effettuato un solo inoculo. Il campione sarà semplicemente sciacquato con acqua corrente per valutare eventuali effetti legati al risciacquo ed alla pressione idrodinamica.

**8.2 Campioni non invecchiati:** campioni di prova esenti da difetti di dimensione 9x5cm (con un errore ammissibile sulla lunghezza del lato di  $\pm 1$ cm); nel caso di piastrelle con differenti strutture superficiali, occorre includere nei campioni di prova tutte le diverse caratteristiche. Devono essere provati due campioni con inoculo doppio su entrambi (vedi figura 1).

**8.3 Campioni invecchiati:** campioni di prova trattati come previsto nel protocollo *DOC 07 Invecchiamento Campioni* da difetti di dimensione 9x5cm (con un errore ammissibile sulla lunghezza del lato di  $\pm 1$ cm); nel caso di piastrelle con differenti strutture superficiali, occorre includere nei campioni di prova tutte le diverse caratteristiche. Devono essere provati due campioni con inoculo doppio su entrambi (vedi figura 1).

Nel caso di piastrelle con superficie inferiore a 100 cm<sup>2</sup>, preparare i provini incollandoli su un adeguato supporto. L'adesivo ed il sigillante saranno dello stesso tipo di quello previsto per la posa in opera.

---

## **9. Procedura**

### **6.1 Preparazione dell'inoculo**

Concentrazioni necessarie all'inoculo:

- Batteri: si deve ottenere una sospensione batterica a densità nota di (**10<sup>8</sup>** ufc/ml) misurando al concentrazione con metodo turbidimetrico.

La preparazione dell'inoculo sarà effettuata presso i laboratori di microbiologia dell'ospedale S.Orsola di Bologna.

### **6.2 Controlli**

Conta delle unità vitali prelevate da superfici campione non disinfettate.

## 6.3 Prova

### 9.4.1 Impregnazione del campione

Introdurre i campioni in camera a vuoto sterilizzata quindi chiudere il coperchio e produrre un vuoto di -80kPa per 15min riempire la camera con la soluzione di cui al punto 5.1.1. Mantenere la depressione, per 15min quindi evacuare. Prelevare i provini avendo cura di non contaminarli con le stesse unità vitali che saranno usate nella prova e portare a contatto 1ml di sospensione di microrganismi come descritto in **tabella 1**.

**Tabella 1** schema di applicazione degli agenti infettanti sui provini

<b>Schema sinottico esemplificativo</b>	
Provino	Microrganismo: <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (§ 5.2)
1	Inoculare in doppio
2	Inoculare in doppio
Controllo (K)	Inoculare in doppio

### 9.4.2 Disinfezione

Per ogni tipo di microrganismo applicare i disinfettanti previsti al punto 6.1 sui due campioni inoculati come in figura 1.

I campioni sono posti su un idoneo supporto in grado di mantenerli obliqui. questo al fine di drenare sia il disinfettante che l'acqua utilizzata per il risciacquo. Il disinfettante viene a contatto con la superficie dei provini immergendo provino e supporto. Il disinfettante agisce per 14 secondi quindi viene risciacquato con acqua distillata.

### 9.4.3 Controlli

Si opera una conta delle unità vitali prelevate da superfici campione non disinfettate.

Per il provino *Controllo (K)* si provvederà a nebulizzarlo con sola acqua distillata al fine di valutare l'effetto del risciacquo.

In ogni caso l'acqua non deve essere erogata in pressione sulla superficie ma diffusa nebulizzandola e permettendo un corretto drenaggio.

### 9.4.3 Conta delle colonie

Innanzitutto, è necessario procedere al rilievo dell'avvenuta disinfezione utilizzando un tampone di cotone sterile per ogni zona di inoculo. Esso sarà inumidito in 1ml di soluzione fisiologica e agitato con Vortex.

Il tampone, dopo essere stato preparato, è sfregato sulla superficie della piastrina in un'area quadrata che circonda l'inoculo. E' azionato con passate parallele e vicine, sull'area di campionamento

definita, eseguendo contemporaneamente una lenta rotazione. Il campionamento della stessa area dovrebbe essere ripetuto, passando lo stesso tampone in perpendicolare rispetto alla passata iniziale

Le colonie sono, quindi, trasferite sulla piastra di coltura utilizzando un'ancia calibrata, incubate a 37°C a 55% di umidità per 72. Trascorso il tempo necessario si procede alla conta delle colonie.

È necessario calcolare la predisposizione alla disinfezione valutando la riduzione percentuale di microrganismi in funzione dei provini di controllo (vedi § 9.3) e dell'inoculo.

La riduzione del numero di *u.f.c* sarà funzione soltanto delle caratteristiche microstrutturali della superficie.

---

## 10 Espressione ed interpretazione dei risultati

Il numero delle particelle vitali sulle superfici sarà espresso in unità vitali per 1 dm<sup>2</sup> (u.f.c./dm<sup>2</sup>).

### 10.1 Valutazione dell'efficienza microstrutturale assoluta

Infine è opportuno valutare se in termini assoluti il materiale sottoposto a prova è in grado di diminuire sensibilmente la carica batterica per sue intrinseche caratteristiche microstrutturali. Questo lo si ottiene valutando l'*Efficienza Assoluta*. Con tale parametro si intende valutare la variazione assoluta di u.f.c

La perdita sarà ritenuta significativa e direttamente correlabile con la struttura del materiale solo se implica la riduzione di cinque ordini di grandezza di u.f.c.

**Tabella 2:** Valutazione secondo la classe di disinfettabilità assoluta.

<i>Classi di disinfettabilità assoluta</i>	
<i>Resistenza offerta dalle superfici (n° di ufc)</i>	<i>Classe prima di Resistenza</i>
$Ea \ll 10^3$ u.f.c	A
$Ea = 10^3$ u.f.c	B
$Ea > 10^3$ u.f.c	C

### 10.2 Valutazione dell'efficienza microstrutturale relativa

Si misura la resistenza all'infezione del materiale ceramico sia in termini di *Efficienza Microstrutturale Relativa* che in termini di *Efficienza Microstrutturale Assoluta*

A questo scopo si utilizzeranno le seguenti equazioni:

Sia l'*Efficienza Microstrutturale Relativa* definita dalla:



$$- \quad EMR(\%) = \frac{U_{md}}{U_{mr}} \times 100$$

Dove:

$U_{md}$ : u.f.c. contaminate sul materiale disinfettato

$U_{mr}$ : u.f.c. contaminate sul materiale di riferimento

Sia l'Efficienza Microstrutturale Assoluta definita dalla:

$$- \quad EMA(\%) = \frac{U_{mr}}{C_{mf}} \times 100$$

Dove:

$U_{mr}$ : u.f.c. contaminate sul materiale di riferimento

$C_{mf}$ : Concentrazione u.f.c. nella soluzione inoculata.

La classe di disinfezione sarà funzione delle  $EMR(\%)$  ed  $EMA(\%)$ . Spesso si troverà una coincidenza delle due classi quando la microstruttura è tale da non consentire l'eliminazione delle colonie per pressione del flusso d'acqua corrente:

**Tabella 3:** Valutazione secondo la classe di disinfettabilità relativa.

<i>Classi di disinfettabilità relativa</i>		
<i>Resistenza offerta dalle superfici (%)</i>		<i>Classe Seconda di Resistenza</i>
$EMR(\%) \leq 20$	$EMA(\%) \leq 20$	1
$20 < EMR(\%) \leq 40$	$20 < EMA(\%) \leq 40$	2
$40 < EMR(\%) \leq 60$	$40 < EMA(\%) \leq 60$	3
$60 < EMR(\%) \leq 80$	$60 < EMA(\%) \leq 80$	4
$80 < EMR(\%) \leq 100$	$80 < EMA(\%) \leq 100$	5

Solo dall'unione delle due classi si potrà valutare l'effettiva inerzia al fenomeno dell'infezione.

### 10.3 Valutazione dell'efficienza microstrutturale totale

La suddivisione finale definirà l'*Efficienza Totale*:

**Tabella 4:** Valutazione di *Efficienza Totale*.

<i>Efficienza Totale</i>	
Classe Prima	Classe Seconda
A	1
	2
	3
	4
	5
B	1
	2
	3
	4
	5
C	1
	2
	3
	4
	5

Sarà necessario applicare limiti di incertezza diversi alla classe seconda in funzione della *Classe Prima*. Per la classe prima di tipo A, l'incertezza può considerarsi come l'intervallo di confidenza derivato dalla Poisson mentre per la classe B e C quello derivato dalla gaussiana.

---

Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 7**

**Risultati delle misure di attrito dinamico effettuate  
con letture ogni 0,1s**



Tabelle ed analisi dei dati effettuate con letture ogni 0,1 s  
 Modello: *Dynamic Slip DS GT 0809* – Produttore: *Gab-Tec*

Campione 11 Tal quale					Campione 11 Invecchiato				
Nr.Misure	Frequenza di lettura	Media	Max	Min	Nr.Misure	Frequenza di lettura	Media	Max	Min
73	sE-1	82	216	-11	73	sE-1	80	140	63
Nr.	$\mu$				Nr.	$\mu$			
1	-0,11				1	0,73			
2	0,89				2	0,99			
3	0,67				3	0,88			
4	0,71				4	0,72			
5	0,92				5	0,79			
6	0,85				6	0,67			
7	0,78				7	0,63			
8	0,78				8	0,92			
9	0,76				9	0,82			
10	0,79				10	0,84			
11	0,83				11	0,8			
12	0,82				12	0,82			
13	0,68				13	0,85			
14	0,57				14	0,8			
15	0,83				15	0,73			
16	1,18				16	0,66			
17	0,99				17	0,68			
18	0,85				18	0,69			
19	0,86				19	0,66			
20	0,78				20	0,78			
21	0,73				21	0,87			
22	0,78				22	0,76			
23	0,78				23	0,8			
24	0,71				24	0,73			
25	0,71				25	0,65			
26	0,87				26	0,67			
27	0,88				27	1,4			
28	0,83				28	0,91			
29	0,8				29	0,85			
30	0,82				30	0,87			
31	0,81				31	0,85			
32	0,76				32	0,95			
33	0,53				33	0,86			
34	0,77				34	0,85			
35	0,87				35	0,63			
36	0,76				36	0,65			
37	0,75				37	0,71			
38	0,78				38	1,31			
39	0,76				39	0,65			
40	0,82				40	0,79			
41	0,82				41	0,85			
42	0,76				42	0,85			
43	0,73				43	0,8			
44	0,64				44	0,79			
45	0,83				45	0,85			
46	1,06				46	0,76			
47	0,88				47	0,63			
48	0,8				48	0,69			
49	0,83				49	0,83			
50	0,72				50	0,76			
51	0,73				51	0,8			
52	0,88				52	0,87			
53	0,79				53	0,92			
54	0,73				54	0,9			
55	0,95				55	0,84			
56	1,03				56	0,71			
57	1,26				57	0,66			
58	1,04				58	0,87			
59	0,98				59	0,84			
60	0,85				60	0,8			
61	1,01				61	0,78			
62	-0,03				62	0,75			
63	0,86				63	0,75			
64	0,96				64	0,82			
65	0,9				65	0,81			
66	0,88				66	0,78			
67	0,75				67	0,69			
68	0,81				68	0,69			
69	0,83				69	0,73			
70	0,82				70	0,91			
71	0,76				71	0,87			
72	0,93				72	0,87			
73	2,16				73	0,76			

Media	Deviazione Standard			Media	Deviazione Standard		
	Normale	Poisson			Normale	Poisson	
0,82	0,22	0,09		0,80	0,13	0,09	

Campione 12 Tal quale					Campione 12 Invecchiato				
<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>
71	sE-1	83	213	-7	75	sE-1	76	188	8
<b>Nr.</b>	<b>μ</b>				<b>Nr.</b>	<b>μ</b>			
1	0,55				1	0,63			
2	0,78				2	0,74			
3	0,73				3	0,69			
4	0,74				4	0,74			
5	0,76				5	0,83			
6	0,77				6	0,79			
7	0,72				7	0,79			
8	0,77				8	0,72			
9	0,73				9	0,74			
10	0,81				10	0,62			
11	0,83				11	0,58			
12	0,78				12	0,69			
13	0,86				13	0,7			
14	1,9				14	0,73			
15	0,8				15	0,74			
16	0,77				16	1,48			
17	0,78				17	1,27			
18	0,76				18	0,68			
19	0,71				19	1,39			
20	0,64				20	0,9			
21	0,97				21	0,8			
22	1,11				22	0,72			
23	0,73				23	0,72			
24	0,71				24	0,67			
25	0,75				25	0,65			
26	2,13				26	0,63			
27	0,75				27	1,06			
28	1,11				28	1,73			
29	0,87				29	0,54			
30	0,72				30	0,62			
31	0,72				31	0,67			
32	0,76				32	0,8			
33	0,72				33	0,84			
34	0,75				34	0,83			
35	0,81				35	0,67			
36	0,7				36	0,23			
37	-0,07				37	0,62			
38	1,33				38	1,33			
39	1,17				39	1,88			
40	0,97				40	0,83			
41	0,86				41	0,74			
42	0,76				42	0,76			
43	0,79				43	0,75			
44	0,66				44	0,69			
45	0,72				45	0,76			
46	0,69				46	0,47			
47	0,69				47	0,44			
48	0,75				48	0,62			
49	0,49				49	0,62			
50	0,14				50	0,66			
51	0,61				51	0,69			
52	0,67				52	0,65			
53	0,72				53	0,65			
54	0,74				54	0,65			
55	0,77				55	0,71			
56	0,72				56	0,67			
57	0,83				57	0,68			
58	1,9				58	0,18			
59	1,74				59	0,62			
60	0,9				60	0,65			
61	0,79				61	0,73			
62	0,73				62	0,71			
63	0,77				63	1,08			
64	0,69				64	1,69			
65	0,45				65	0,64			
66	1				66	0,62			
67	0,9				67	0,69			
68	1,57				68	0,67			
69	0,84				69	0,35			
70	0,71				70	0,48			
71	0,65				71	0,83			
72	0,93				72	0,64			
73	0,69				73	0,62			

<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>			<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>		
	<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>			<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>	
0,83	0,34	0,09		0,77	0,30	0,09	

Campione 13 Tal quale					Campione 13 Invecchiato				
<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>
74	sE-1	80	138	62	78	sE-1	68	228	6
<b>Nr.</b>	<b>μ</b>				<b>Nr.</b>	<b>μ</b>			
1	0,83				1	0,06			
2	0,94				2	0,39			
3	0,86				3	0,56			
4	0,79				4	0,74			
5	0,78				5	0,7			
6	0,71				6	0,69			
7	0,72				7	0,78			
8	0,77				8	0,78			
9	0,76				9	0,83			
10	0,72				10	0,78			
11	0,79				11	0,79			
12	0,69				12	0,74			
13	0,76				13	0,81			
14	0,74				14	0,76			
15	0,76				15	0,74			
16	0,8				16	0,74			
17	0,69				17	0,73			
18	0,78				18	0,76			
19	0,69				19	0,82			
20	0,68				20	0,79			
21	0,75				21	0,78			
22	1,38				22	0,81			
23	0,65				23	0,81			
24	0,62				24	0,79			
25	0,68				25	0,69			
26	0,73				26	0,72			
27	0,76				27	0,72			
28	0,84				28	0,67			
29	0,83				29	0,69			
30	0,83				30	0,62			
31	0,77				31	0,74			
32	0,78				32	0,63			
33	0,78				33	0,64			
34	0,78				34	0,64			
35	0,88				35	0,67			
36	0,88				36	0,7			
37	0,79				37	0,69			
38	0,79				38	0,72			
39	0,81				39	0,69			
40	0,8				40	0,67			
41	0,99				41	0,69			
42	0,97				42	0,68			
43	0,99				43	0,71			
44	0,89				44	0,69			
45	0,85				45	0,72			
46	0,86				46	0,69			
47	0,84				47	0,67			
48	0,77				48	0,67			
49	0,78				49	0,72			
50	0,71				50	0,7			
51	0,79				51	0,72			
52	0,81				52	0,72			
53	0,8				53	0,72			
54	0,76				54	2,28			
55	0,92				55	0,79			
56	0,81				56	0,63			
57	0,79				57	0,53			
58	0,9				58	0,44			
59	0,9				59	0,32			
60	0,9				60	0,39			
61	0,84				61	0,4			
62	0,8				62	0,49			
63	0,83				63	0,5			
64	0,82				64	0,37			
65	0,88				65	0,62			
66	0,85				66	0,71			
67	0,81				67	0,69			
68	0,78				68	0,67			
69	0,76				69	0,67			
70	0,78				70	0,7			
71	0,79				71	0,71			
72	0,82				72	0,69			
73	0,87				73	0,65			

<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>	
	<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>
0,81	0,10	0,09

<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>	
	<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>
0,69	0,22	0,08

Campione 14 Tal quale					Campione 14 Invecchiato				
<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>
76	sE-1	59	86	-18	91	sE-1	69	169	1
<b>Nr.</b>	<b>μ</b>				<b>Nr.</b>	<b>μ</b>			
1	-0,18				1	0,01			
2	0,83				2	0,78			
3	0,74				3	0,74			
4	0,73				4	0,67			
5	0,65				5	0,74			
6	0,65				6	0,65			
7	0,65				7	0,6			
8	0,6				8	0,62			
9	0,58				9	0,6			
10	0,6				10	0,65			
11	0,62				11	0,65			
12	0,6				12	0,68			
13	0,63				13	0,73			
14	0,63				14	0,7			
15	0,58				15	0,74			
16	0,58				16	0,69			
17	0,59				17	0,64			
18	0,58				18	0,63			
19	0,62				19	0,65			
20	0,6				20	0,65			
21	0,62				21	0,67			
22	0,58				22	0,68			
23	0,6				23	0,7			
24	0,58				24	0,67			
25	0,64				25	0,67			
26	0,6				26	0,63			
27	0,53				27	0,7			
28	0,55				28	0,74			
29	0,58				29	0,67			
30	0,58				30	0,72			
31	0,55				31	0,69			
32	0,55				32	0,69			
33	0,57				33	0,69			
34	0,55				34	0,62			
35	0,52				35	0,68			
36	0,54				36	0,72			
37	0,55				37	0,69			
38	0,54				38	0,67			
39	0,57				39	0,67			
40	0,57				40	0,68			
41	0,6				41	0,76			
42	0,63				42	0,76			
43	0,54				43	0,69			
44	0,56				44	0,64			
45	0,58				45	0,65			
46	0,56				46	0,63			
47	0,58				47	0,67			
48	0,6				48	0,65			
49	0,57				49	0,71			
50	0,61				50	0,7			
51	0,64				51	0,7			
52	0,63				52	0,72			
53	0,63				53	0,65			
54	0,58				54	0,62			
55	0,58				55	0,65			
56	0,79				56	0,65			
57	0,76				57	0,62			
58	0,72				58	0,65			
59	0,67				59	0,66			
60	0,66				60	0,67			
61	0,57				61	0,69			
62	0,86				62	0,62			
63	0,61				63	0,69			
64	0,58				64	0,72			
65	0,55				65	0,76			
66	0,59				66	0,8			
67	0,56				67	0,69			
68	0,62				68	0,72			
69	0,58				69	0,66			
70	0,57				70	0,72			
71	0,59				71	0,82			
72	0,6				72	0,66			
73	0,65				73	0,79			

<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>			<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>		
	<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>			<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>	
0,60	0,07	0,08		0,67	0,05	0,08	



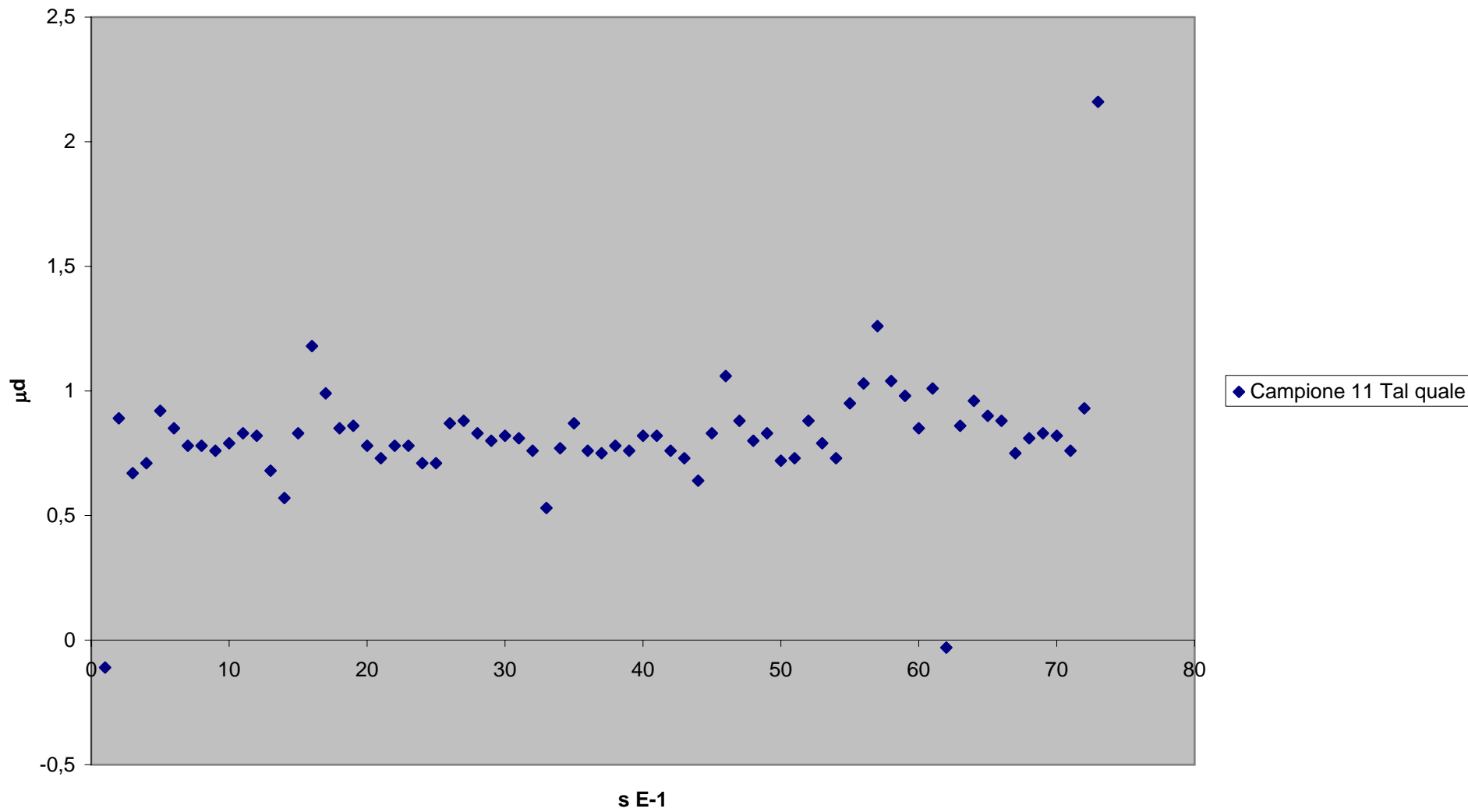
Campione 15 Tal quale					Campione 15 Invecchiato				
<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>
72	sE-1	64	81	16	77	sE-1	70	89	-12
<b>Nr.</b>	<b>μ</b>				<b>Nr.</b>	<b>μ</b>			
1	0,16				1	-0,12			
2	0,53				2	0,89			
3	0,41				3	0,74			
4	0,55				4	0,69			
5	0,62				5	0,63			
6	0,68				6	0,7			
7	0,66				7	0,71			
8	0,62				8	0,7			
9	0,69				9	0,72			
10	0,7				10	0,73			
11	0,65				11	0,69			
12	0,6				12	0,69			
13	0,67				13	0,68			
14	0,81				14	0,61			
15	0,78				15	0,63			
16	0,67				16	0,72			
17	0,66				17	0,66			
18	0,61				18	0,62			
19	0,62				19	0,63			
20	0,59				20	0,66			
21	0,56				21	0,7			
22	0,75				22	0,62			
23	0,69				23	0,74			
24	0,74				24	0,71			
25	0,65				25	0,67			
26	0,61				26	0,72			
27	0,61				27	0,88			
28	0,64				28	0,83			
29	0,61				29	0,72			
30	0,69				30	0,72			
31	0,58				31	0,65			
32	0,68				32	0,69			
33	0,68				33	0,66			
34	0,75				34	0,72			
35	0,63				35	0,73			
36	0,7				36	0,7			
37	0,69				37	0,73			
38	0,68				38	0,71			
39	0,69				39	0,73			
40	0,78				40	0,69			
41	0,74				41	0,81			
42	0,75				42	0,86			
43	0,65				43	0,79			
44	0,65				44	0,73			
45	0,65				45	0,68			
46	0,76				46	0,72			
47	0,66				47	0,76			
48	0,67				48	0,76			
49	0,62				49	0,79			
50	0,65				50	0,79			
51	0,63				51	0,77			
52	0,6				52	0,74			
53	0,63				53	0,74			
54	0,6				54	0,77			
55	0,51				55	0,78			
56	0,61				56	0,72			
57	0,76				57	0,69			
58	0,76				58	0,69			
59	0,67				59	0,61			
60	0,67				60	0,56			
61	0,66				61	0,72			
62	0,58				62	0,74			
63	0,65				63	0,81			
64	0,72				64	0,74			
65	0,69				65	0,74			
66	0,65				66	0,79			
67	0,65				67	0,79			
68	0,62				68	0,77			
69	0,54				69	0,71			
70	0,73				70	0,62			
71	0,62				71	0,58			
72	0,75				72	0,69			
73	0				73	0,72			

<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>			<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>		
	<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>			<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>	
0,65	0,07	0,08		0,71	0,06	0,08	

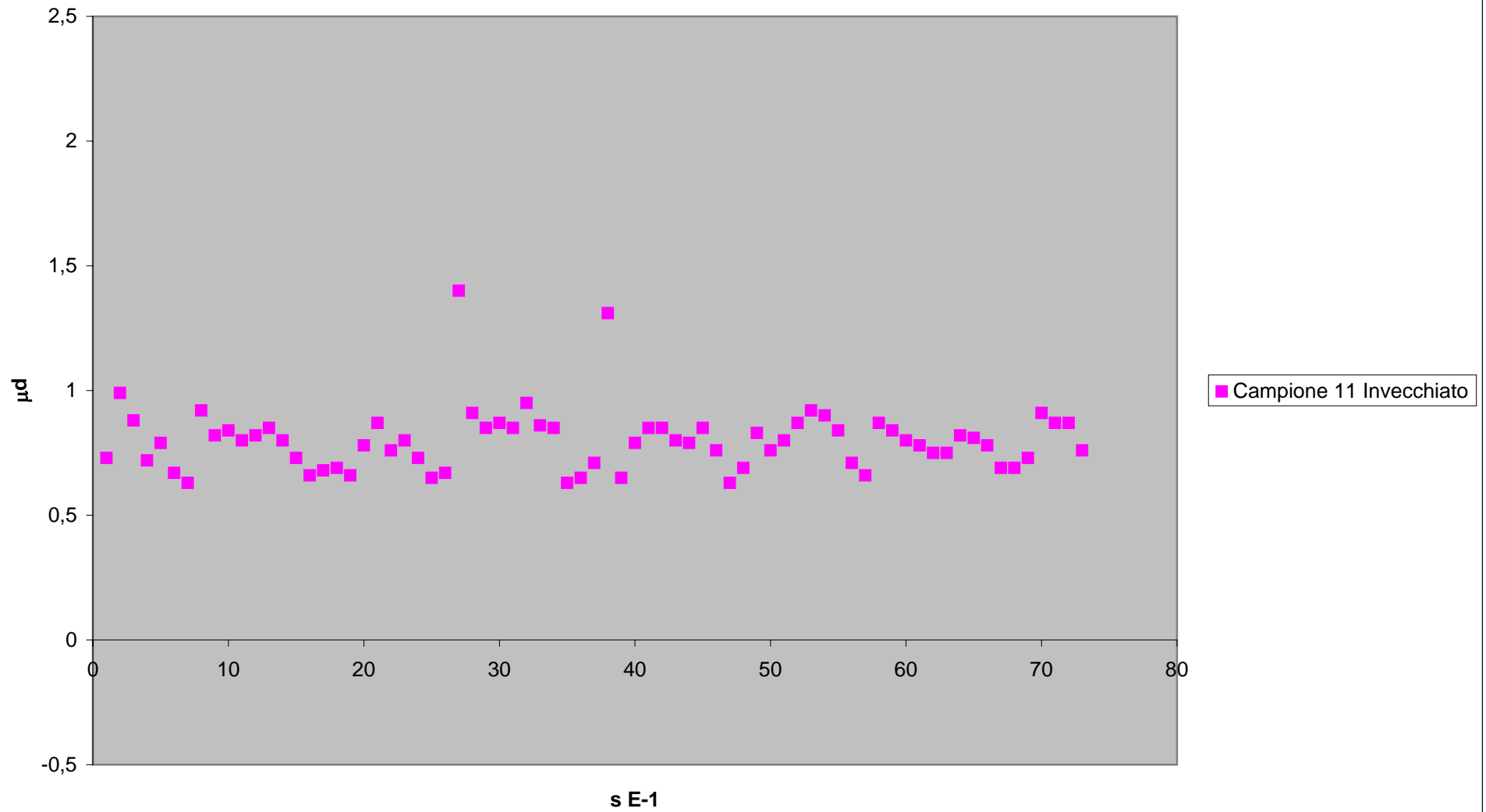
Campione 16 Tal quale					Campione 16 Invecchiato				
<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Nr.Misure</i>	<i>Frequenza di lettura</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>
75	sE-1	56	92	-9	79	sE-1	71	99	-25
<b>Nr.</b>	<b>m</b>				<b>Nr.</b>	<b>μ</b>			
1	-0,09				1	-0,25			
2	0,44				2	0,61			
3	0,46				3	0,64			
4	0,56				4	0,67			
5	0,57				5	0,72			
6	0,53				6	0,74			
7	0,58				7	0,74			
8	0,62				8	0,68			
9	0,6				9	0,75			
10	0,59				10	0,77			
11	0,55				11	0,76			
12	0,53				12	0,77			
13	0,54				13	0,74			
14	0,53				14	0,73			
15	0,51				15	0,71			
16	0,53				16	0,75			
17	0,53				17	0,74			
18	0,52				18	0,74			
19	0,52				19	0,74			
20	0,52				20	0,77			
21	0,54				21	0,7			
22	0,55				22	0,69			
23	0,55				23	0,69			
24	0,92				24	0,99			
25	0,81				25	0,88			
26	0,65				26	0,8			
27	0,63				27	0,76			
28	0,58				28	0,76			
29	0,59				29	0,74			
30	0,53				30	0,66			
31	0,53				31	0,67			
32	0,56				32	0,69			
33	0,55				33	0,69			
34	0,51				34	0,67			
35	0,62				35	0,66			
36	0,63				36	0,78			
37	0,58				37	0,86			
38	0,62				38	0,79			
39	0,58				39	0,72			
40	0,57				40	0,73			
41	0,58				41	0,72			
42	0,52				42	0,77			
43	0,5				43	0,73			
44	0,53				44	0,69			
45	0,59				45	0,7			
46	0,6				46	0,71			
47	0,61				47	0,74			
48	0,57				48	0,73			
49	0,59				49	0,69			
50	0,59				50	0,67			
51	0,56				51	0,73			
52	0,58				52	0,74			
53	0,57				53	0,69			
54	0,52				54	0,64			
55	0,55				55	0,93			
56	0,6				56	0,81			
57	0,58				57	0,62			
58	0,54				58	0,69			
59	0,55				59	0,69			
60	0,61				60	0,76			
61	0,61				61	0,79			
62	0,6				62	0,71			
63	0,58				63	0,73			
64	0,6				64	0,74			
65	0,58				65	0,76			
66	0,56				66	0,76			
67	0,57				67	0,72			
68	0,55				68	0,83			
69	0,62				69	0,78			
70	0,59				70	0,7			
71	0,57				71	0,69			
72	0,56				72	0,68			
73	0,63				73	0,76			

<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>			<i>Media</i>	<b>Deviazione Standard</b>		
	<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>			<i>Normale</i>	<i>Poisson</i>	
0,56	0,06	0,08		0,72	0,06	0,08	

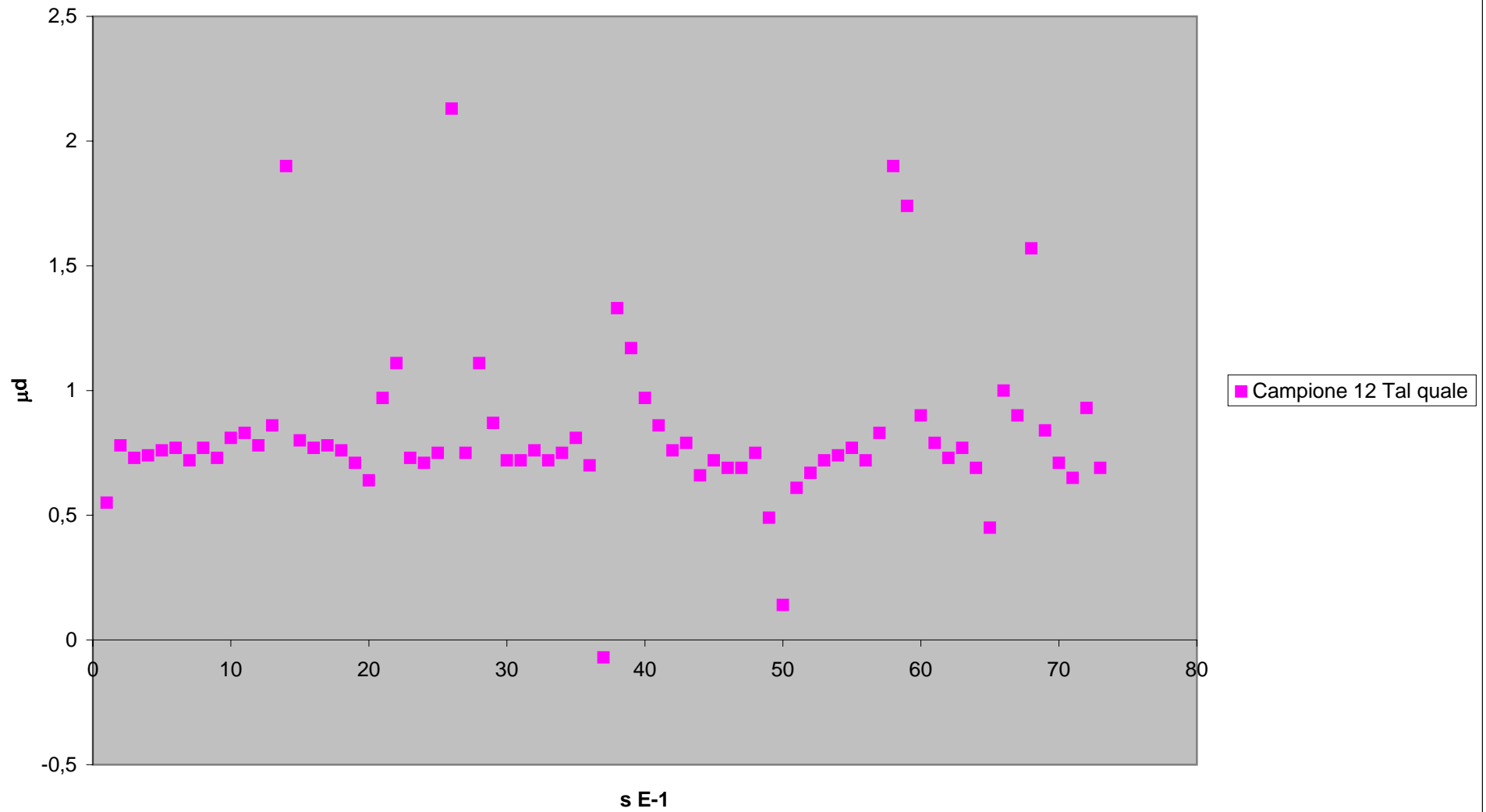
Campione 11 Tal quale



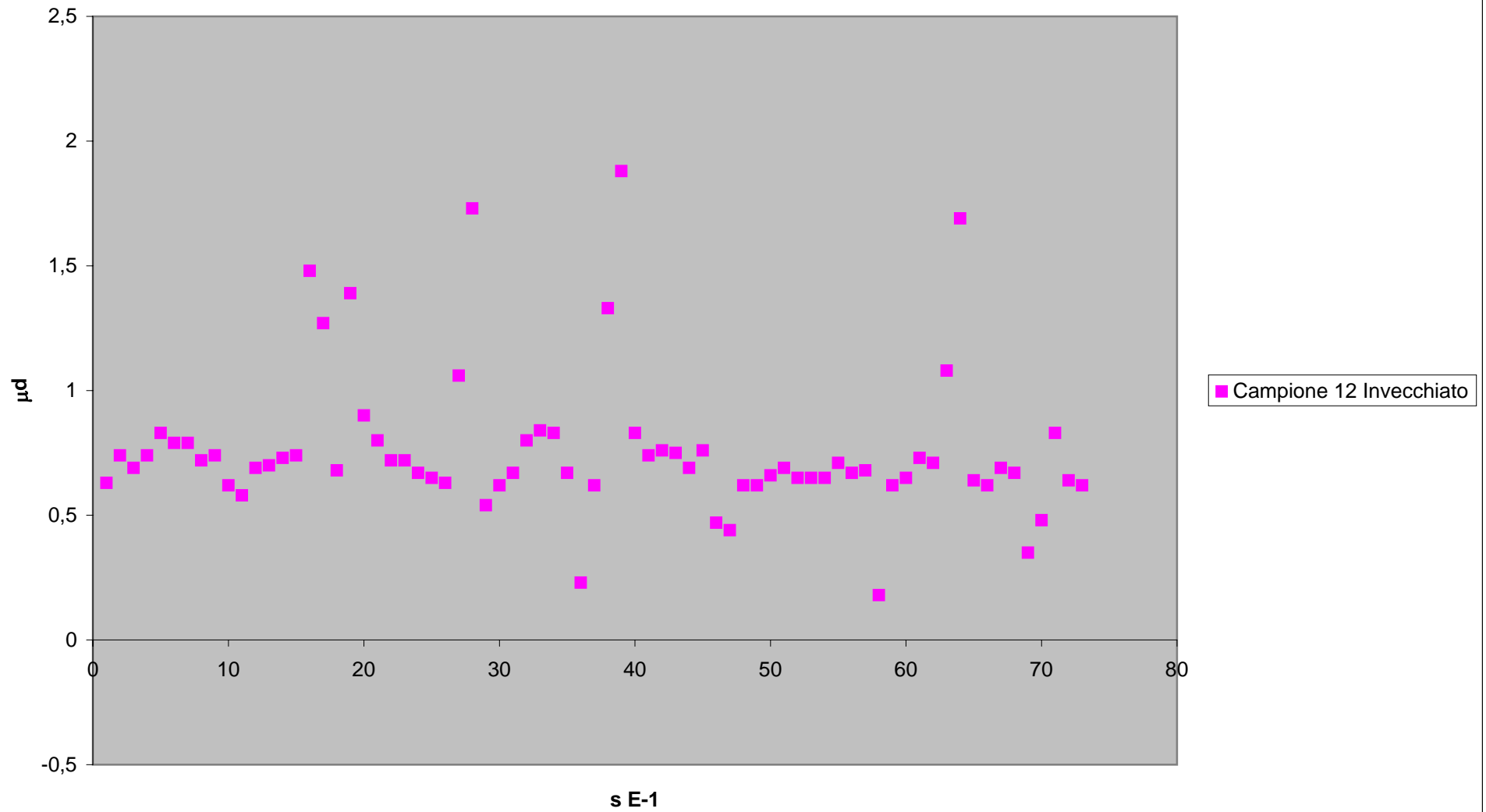
Campione 11 Invecchiato



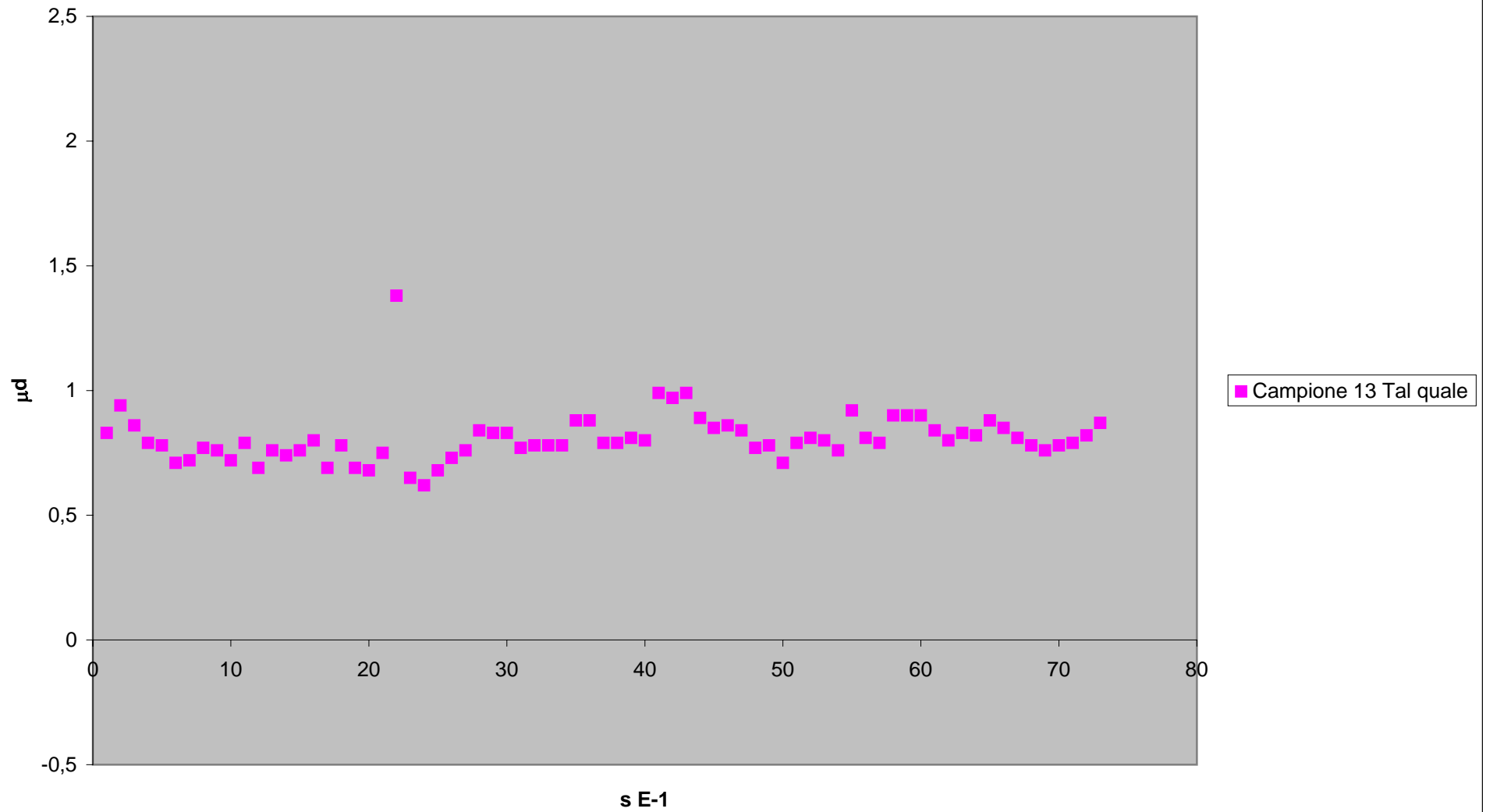
Campione 12 Tal quale



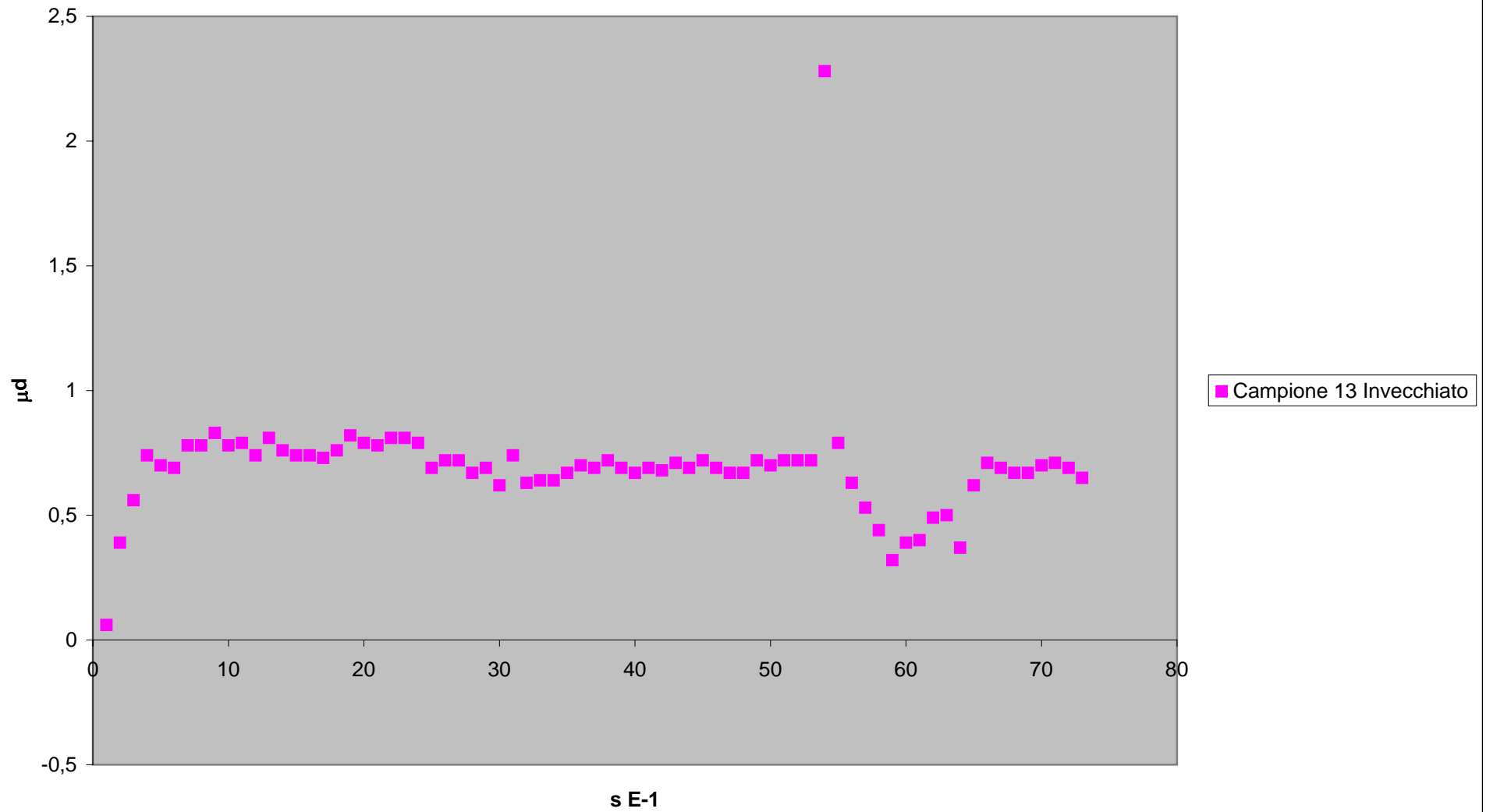
Campione 12 Invecchiato



Campione 13 Tal quale

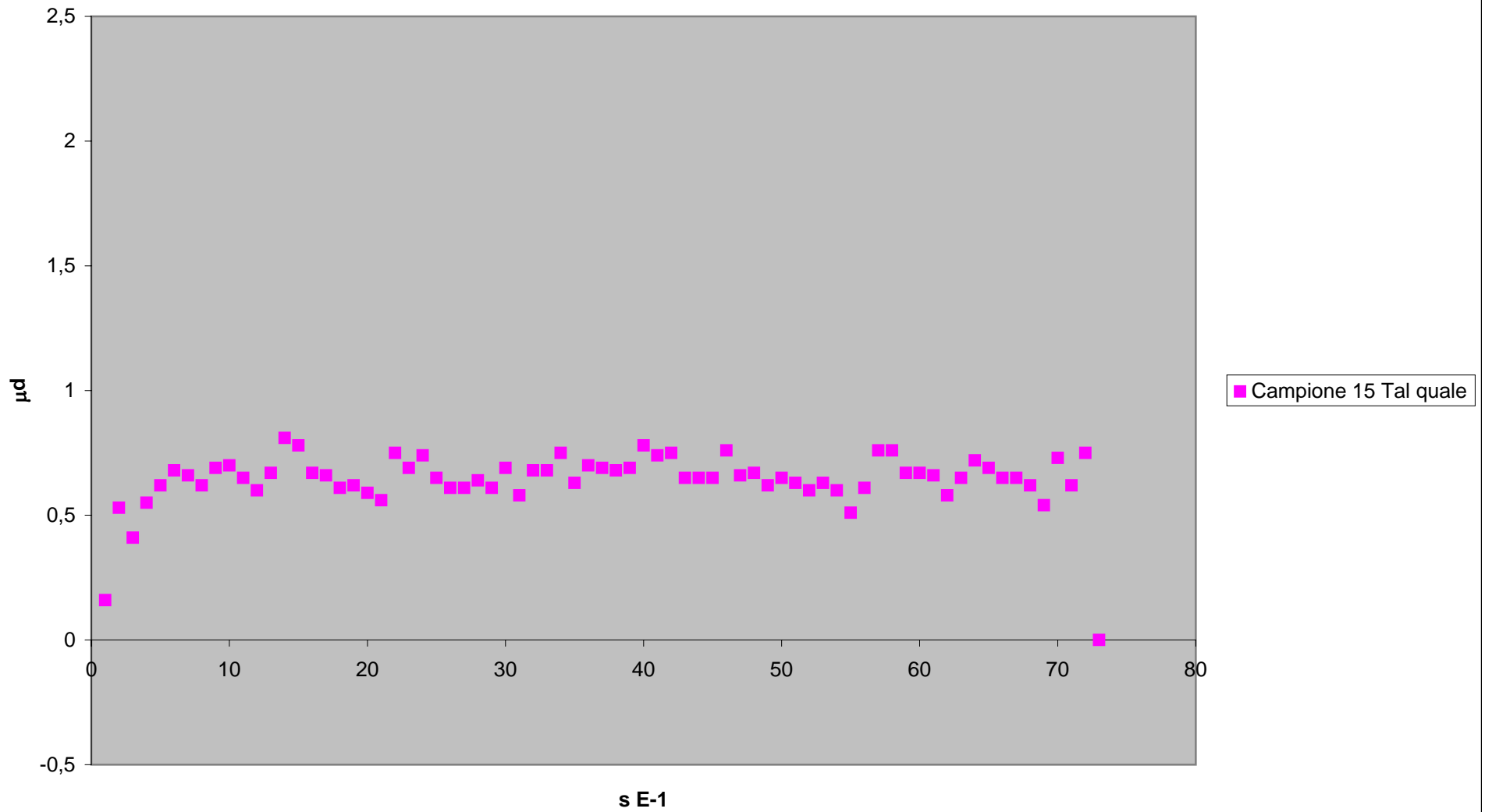


Campione 13 Invecchiato

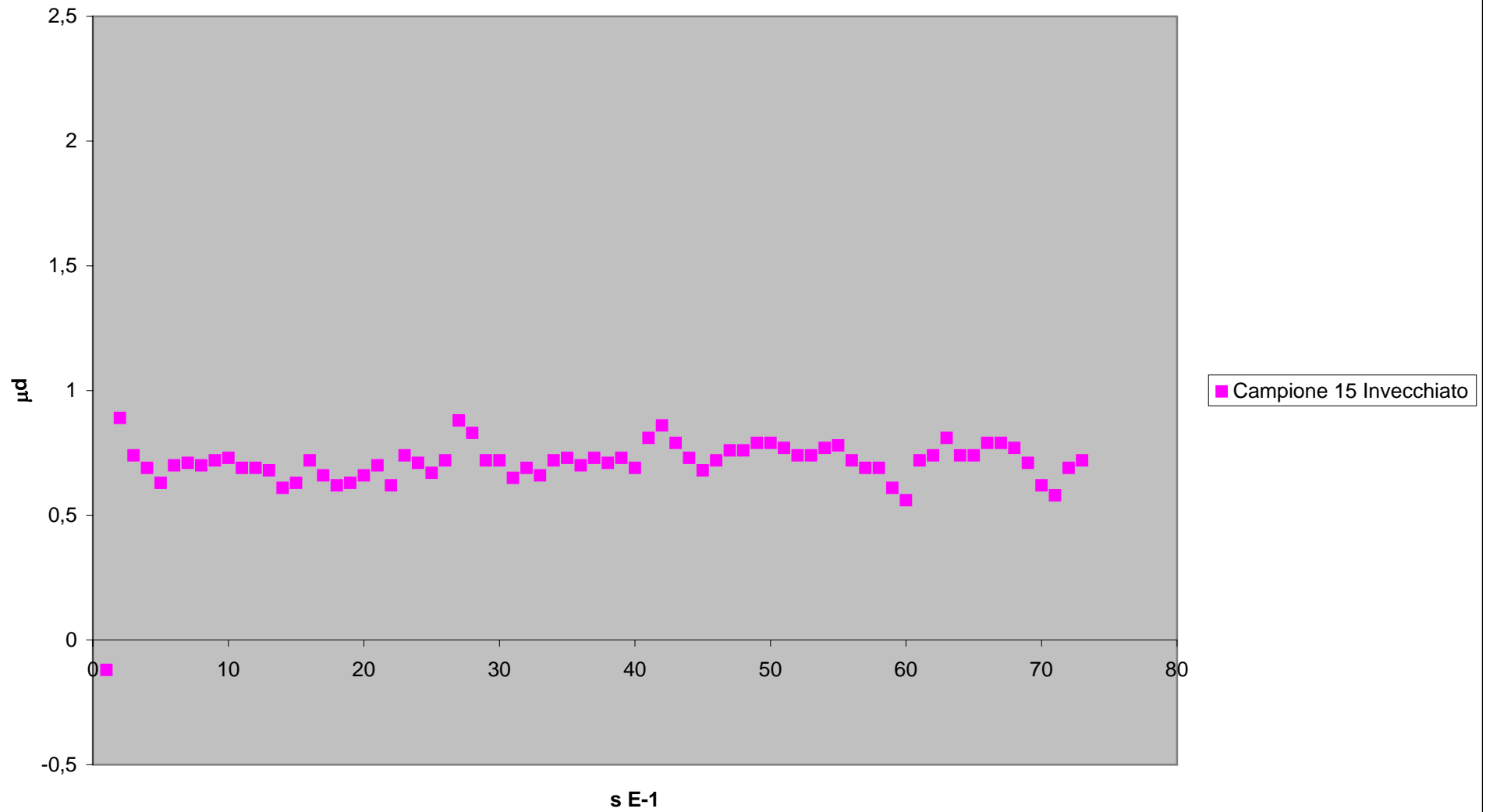




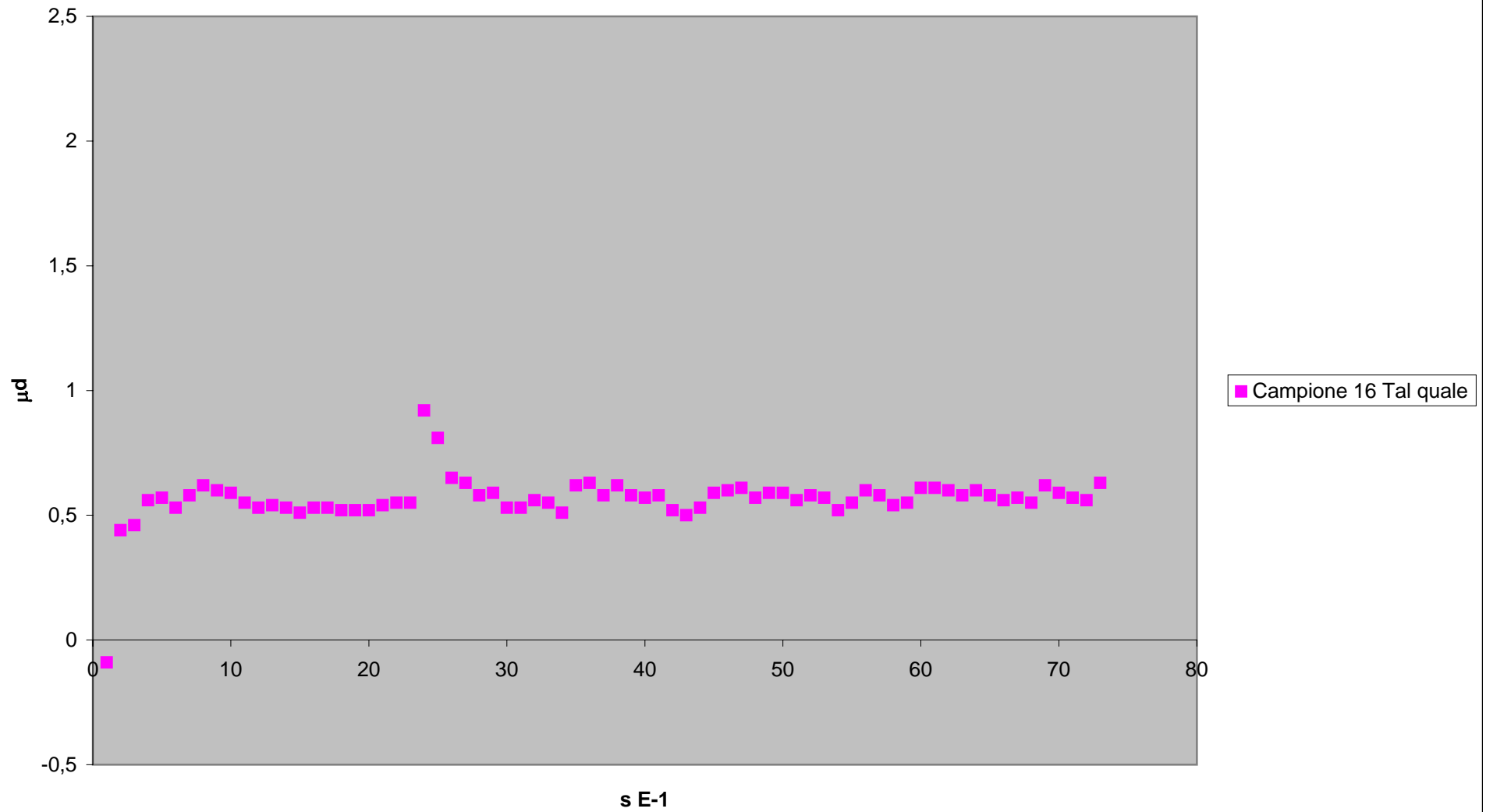
Campione 15 Tal quale



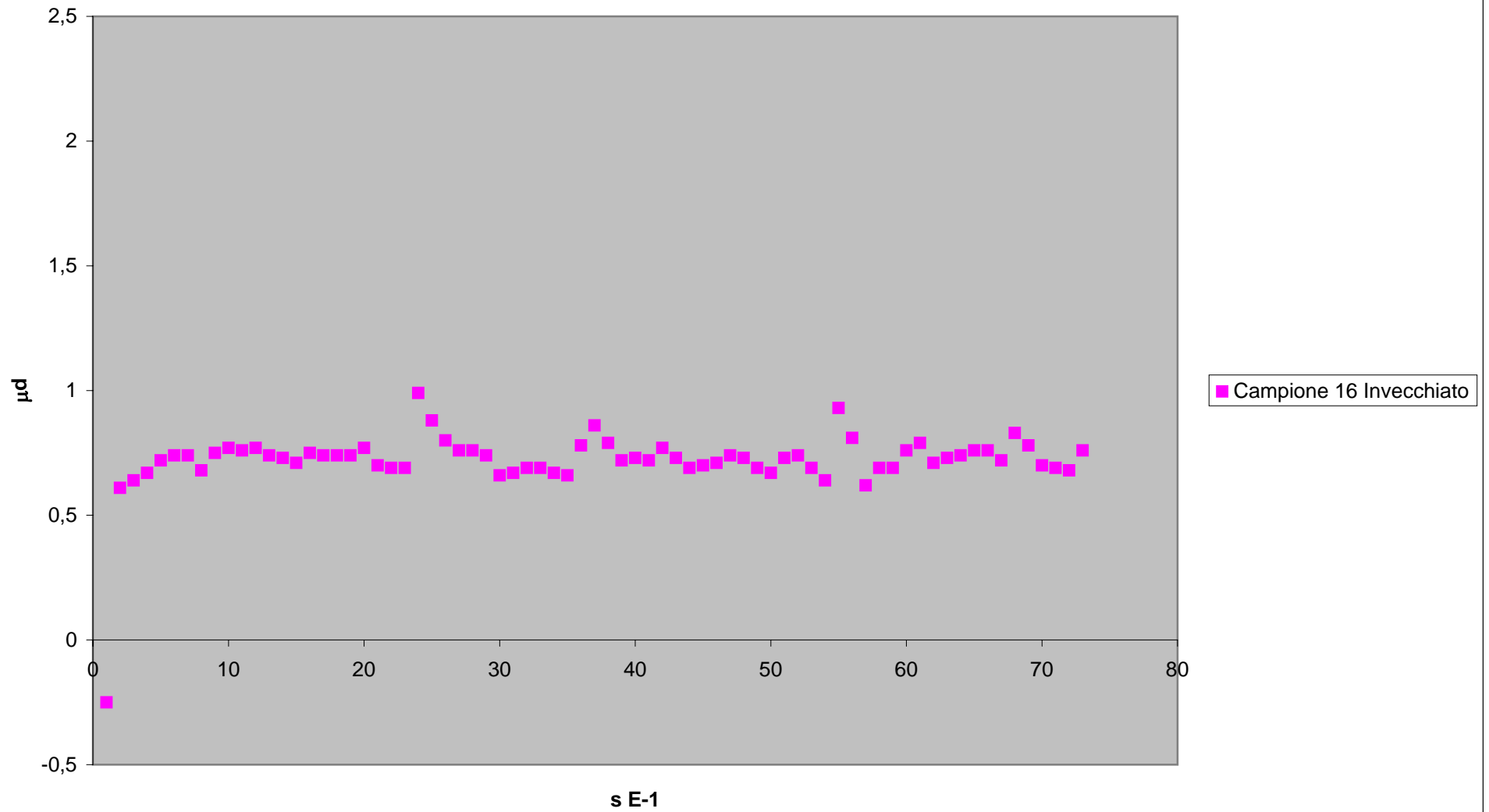
Campione 15 Invecchiato



Campione 16 Tal quale



Campione 16 Invecchiato



Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 8**

**Quadro sinottico dei risultati della caratterizzazione  
fisica dei prodotti campione**



Campione	Stato della superficie	AA (eb)	AA (V)	MR	Capon	Macchie			Macchie		
						Tal quale			Invecch.		
						Cr	I	Olio	Cr	I	Olio
1	UGL	0,04	0,04	51,6	131	4	5	4	4	5	3
2	UGL	0,03	0,04	51,1	146	4	5	4	4	5	3
3	UGL	0,04	0,06	53,2	135	4	4	4	4	5	3
4	UGL	0,02	0,04	48,9	147	4	4	4	4	5	3
5	UGL	0,23	0,27	72,3	141	4	5	4	4	5	3
6	UGL	0,17	0,23	61,9	141	4	5	4	4	5	3
7	UGL	0,02	0,05	46,3	160	4	5	4	4	5	3
8	UGL	0,04	0,06	51,2	161	4	5	4	4	5	3
9	UGL	0,05	0,08	55,5	150	4	5	4	3	4	3
10	UGL	0,02	0,06	52,5	150	4	5	4	3	4	3
11	UGL	0,09	0,10	60,4	146	4	5	4	4	5	3
12	UGL	0,05	0,07	55,0	140	4	5	4	4	5	3
13	UGL	0,54	0,56	34,3	176	4	5	4	4	5	3
14	UGL	0,02	0,03	57,0	144	4	5	4	4	5	3
15	GL	0,02	0,05	34,0	137	4	5	4	4	5	3
16	UGL	0,02	0,05	54,1	145	4	5	4	4	5	3
17	GL	0,40	0,42	43,2	107	5	5	4	4	5	3
18	GL	0,23	0,25	42,7	109	5	5	4	4	5	3
19	GL	1,09	1,10	55,8	135	5	5	5	4	5	4
20	GL	1,54	1,56	36,0	136	5	5	5	4	5	4

Campione	Attrito statico										
	Tal quale				Invecch.				Asciutto	Bagnato	
	Asciutto		Bagnato		Asciutto		Bagnato				
	Coeff. Statico	$\Delta s$	Coeff. Statico	$\Delta s$	Coeff. Statico	$\Delta s$	Coeff. Statico	$\Delta s$	$\mu(\mu_{sTq}-\mu_{sI})$	$\mu(\mu_{stq}-\mu_{si})$	
1	0,63	0,08	0,54	0,07	0,78	0,09	0,72	0,08	-0,15	-0,18	
2	0,78	0,09	0,71	0,08	0,72	0,08	0,69	0,08	0,06	0,02	
3	0,82	0,09	0,86	0,09	0,74	0,09	0,79	0,09	0,08	0,07	
4	0,62	0,08	0,96	0,10	0,68	0,08	0,71	0,08	-0,06	0,25	
5	0,50	0,07	0,43	0,07	0,45	0,07	0,45	0,07	0,05	-0,02	
6	0,50	0,07	0,52	0,07	0,68	0,08	0,63	0,08	-0,18	-0,11	
7	0,67	0,08	0,67	0,08	0,65	0,08	0,79	0,09	0,02	-0,12	
8	0,65	0,08	0,78	0,09	0,70	0,08	0,70	0,08	-0,05	0,08	
9	0,76	0,09	0,59	0,08	0,71	0,08	0,82	0,09	0,05	-0,23	
10	0,68	0,08	0,75	0,09	0,71	0,08	0,71	0,08	-0,03	0,04	
11	0,86	0,09	0,86	0,09	0,82	0,09	0,79	0,09	0,04	0,07	
12	0,76	0,09	0,74	0,09	0,72	0,08	0,72	0,08	0,04	0,02	
13	0,78	0,09	0,77	0,09	0,76	0,09	0,74	0,09	0,02	0,03	
14	0,68	0,08	0,58	0,08	0,66	0,08	0,66	0,08	0,02	-0,08	
15	0,75	0,09	0,73	0,09	0,72	0,08	0,72	0,08	0,03	0,01	
16	0,72	0,08	0,71	0,08	0,69	0,08	0,69	0,08	0,03	0,02	
17	0,78	0,09	0,72	0,08	0,78	0,09	0,78	0,09	0,00	-0,06	
18	0,77	0,09	0,71	0,08	0,69	0,08	0,73	0,09	0,08	-0,02	
19	0,89	0,09	0,72	0,08	0,73	0,09	0,73	0,09	0,16	-0,01	
20	0,72	0,08	0,71	0,08	0,74	0,09	0,67	0,08	-0,02	0,04	



Campione	Attrito dinamico									
	Tal quale				Invecch.					
	Tal quale		Invecch.		Asciutto		Bagnato			
Coeff. Dinamico	$\mu d$	Coeff. Dinamico	$\mu d$	Coeff. Dinamico	$\mu d$	Coeff. Dinamico	$\mu d$	$\mu(\Delta T_q - \Delta I)$	$\mu(\Delta T_q - \Delta I)$	
1	0,67	0,08	0,63	0,08	0,68	0,08	0,72	0,08	-0,01	-0,09
2	0,72	0,08	0,64	0,08	0,67	0,08	0,64	0,08	0,05	0,00
3	0,68	0,08	0,60	0,08	0,75	0,09	0,65	0,08	-0,07	-0,05
4	0,72	0,08	0,59	0,08	0,67	0,08	0,63	0,08	0,05	-0,04
5	0,38	0,06	0,25	0,05	0,55	0,07	0,45	0,07	-0,17	-0,20
6	0,68	0,08	0,61	0,08	0,79	0,09	0,69	0,08	-0,11	-0,08
7	0,60	0,08	0,44	0,07	0,80	0,09	0,71	0,08	-0,20	-0,27
8	0,66	0,08	0,61	0,08	0,69	0,08	0,74	0,09	-0,03	-0,13
9	0,51	0,07	0,49	0,07	0,74	0,09	0,69	0,08	-0,23	-0,20
10	0,61	0,08	0,48	0,07	0,71	0,08	0,70	0,08	-0,10	-0,22
11	0,80	0,09	0,70	0,08	0,77	0,09	0,68	0,08	0,03	0,02
12	0,75	0,09	0,62	0,08	0,79	0,09	0,69	0,08	-0,04	-0,07
13	0,69	0,08	0,63	0,08	0,69	0,08	0,74	0,09	0,00	-0,11
14	0,54	0,07	0,46	0,07	0,63	0,08	0,59	0,08	-0,09	-0,13
15	0,64	0,08	0,49	0,07	0,69	0,08	0,63	0,08	-0,05	-0,14
16	0,56	0,07	0,51	0,07	0,69	0,08	0,66	0,08	-0,13	-0,15
17	0,67	0,08	0,55	0,07	0,76	0,09	0,68	0,08	-0,09	-0,13
18	0,75	0,09	0,56	0,07	0,74	0,09	0,68	0,08	0,01	-0,12
19	0,90	0,09	0,81	0,09	0,67	0,08	0,66	0,08	0,23	0,15
20	0,67	0,08	0,58	0,08	0,68	0,08	0,61	0,08	-0,01	-0,03



Campione	Rugosità media		Rugosità massima		$\Delta(\text{RaM} - \text{Rm})$	
	Tal quale	Invecch.	Tal quale	Invecch.	Tal quale	Invecch.
1	10,6	7,0	67,0	53,3	56,4	46,3
2	16,3	13,5	89,9	75,7	73,6	62,2
3	11,4	7,4	72,4	48,2	61,0	40,8
4	1,8	2,2	15,6	23,5	13,8	21,3
5	5,7	3,4	36,3	25,6	30,6	22,2
6	3,2	2,2	31,2	23,0	28,0	20,8
7						
8	2,1	3,2	20,0	26,7	17,9	23,5
9						
10	2,4	3,6	25,6	30,9	23,2	27,3
11	16,8	7,7	96,4	59,7	79,6	52,0
12	14,4	6,8	87,2	51,0	72,8	44,2
13						
14	2,6	2,8	15,1	26,5	12,5	23,7
16	8,0	4,1	50,0	26,2	42,0	22,1
20	6,8	3,6	45,5	30,6	38,7	27,0

Campione	Rugosità media		Rugosità massima		Rugosità (Massima - Media)		Rugosità media		Rugosità massima		Rugosità (Massima - Media)		Campione
	Tal quale	Invecch.	Tal quale	Invecch.	Tal quale	Invecch.	Tal quale	Invecch.	Tal quale	Invecch.	Tal quale	Invecch.	
1	10,6	7,0	67,0	53,3	56,4	46,3	10,6	7,0	67,0	53,3	56,4	46,3	1
2	16,3	13,5	89,9	75,7	73,6	62,2	16,3	13,5	89,9	75,7	73,6	62,2	2
3	11,4	7,4	72,4	48,2	61,0	40,8	11,4	7,4	72,4	48,2	61,0	40,8	3
4	1,8	2,2	15,6	23,5	13,8	21,3	1,8	2,2	15,6	23,5	13,8	21,3	4
5	5,7	3,4	36,3	25,6	30,6	22,2	5,7	3,4	36,3	25,6	30,6	22,2	5
6	3,2	2,2	31,2	23,0	28,0	20,8	3,2	2,2	31,2	23,0	28,0	20,8	6
7	0,4	2,9	7,8	23,4	7,4	20,5							7
8	2,1	3,2	20,0	26,7	17,9	23,5	2,1	3,2	20,0	26,7	17,9	23,5	8
9	0,6	2,8	14,8	30,7	14,2	27,9							9
10	2,4	3,6	25,6	30,9	23,2	27,3	2,4	3,6	25,6	30,9	23,2	27,3	10
11	16,8	7,7	96,4	59,7	79,6	52,0	16,8	7,7	96,4	59,7	79,6	52,0	11
12	14,4	6,8	87,2	51,0	72,8	44,2	14,4	6,8	87,2	51,0	72,8	44,2	12
13	5,4	5,6	31,0	42,5	25,6	36,9							13
14	2,6	2,8	15,1	26,5	12,5	23,7	2,6	2,8	15,1	26,5	12,5	23,7	14
16	8,0	4,1	50,0	26,2	42,0	22,1	8,0	4,1	50,0	26,2	42,0	22,1	16
20	6,8	3,6	45,5	30,6	38,7	27,0	6,8	3,6	45,5	30,6	38,7	27,0	20

*Indice di correlazione r*

Rm(Tq) - □s(Tq)	Rm(I) - □s(i)	Ra(Tq) - □s(Tq)	Ra(I) - □s(I)	□R(Tq) - □s(Tq)	□R(I) - □s(I)
0,54	0,40	0,52	0,53	0,51	0,55

*Indice di correlazione r (solo Grés non levigati)*

Rm(Tq) - □s(Tq)	Rm(I) - □s(i)	Ra(Tq) - □s(Tq)	Ra(I) - □s(I)	□R(Tq) - □s(Tq)	□R(I) - □s(I)
0,70	0,40	0,68	0,52	0,68	0,54

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra attrito statico e la variazione tra rugosità media e massima

*Statistica della regressione*

R multiplo	0,51
R al quadrato	0,26
R al quadrato corretto	0,21
Errore standard	0,09
Osservazioni	16

ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	0,0	0,0	5	4,37E-02
Residuo	14	0,1	0,0		
Totale	15	0,2			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	0,62	0,0	1,44E+01	8,80E-10	5,24E-01
Variabile X 1	0,00	0,0	2,22E+00	4,37E-02	6,96E-05

OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>Residui standard</i>
1	0,74	-0,11	-1,22
2	0,77	0,01	0,07
3	0,75	0,07	0,84
4	0,65	-0,03	-0,28
5	0,68	-0,18	-2,06
6	0,68	-0,18	-2,00
7	0,63	0,04	0,44
8	0,65	0,00	-0,04
9	0,65	0,11	1,30
10	0,67	0,01	0,17
11	0,79	0,07	0,84
12	0,77	-0,01	-0,14
13	0,67	0,11	1,25
14	0,64	0,04	0,43
15	0,71	0,01	0,16
16	0,70	0,02	0,24

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra attrito statico rugosità media riferito ai soli Grés non levigati

*Statistica della regressione*

R multiplo	0,70
R al quadrato	0,49
R al quadrato corretto	0,44
Errore standard	0,08
Osservazioni	13

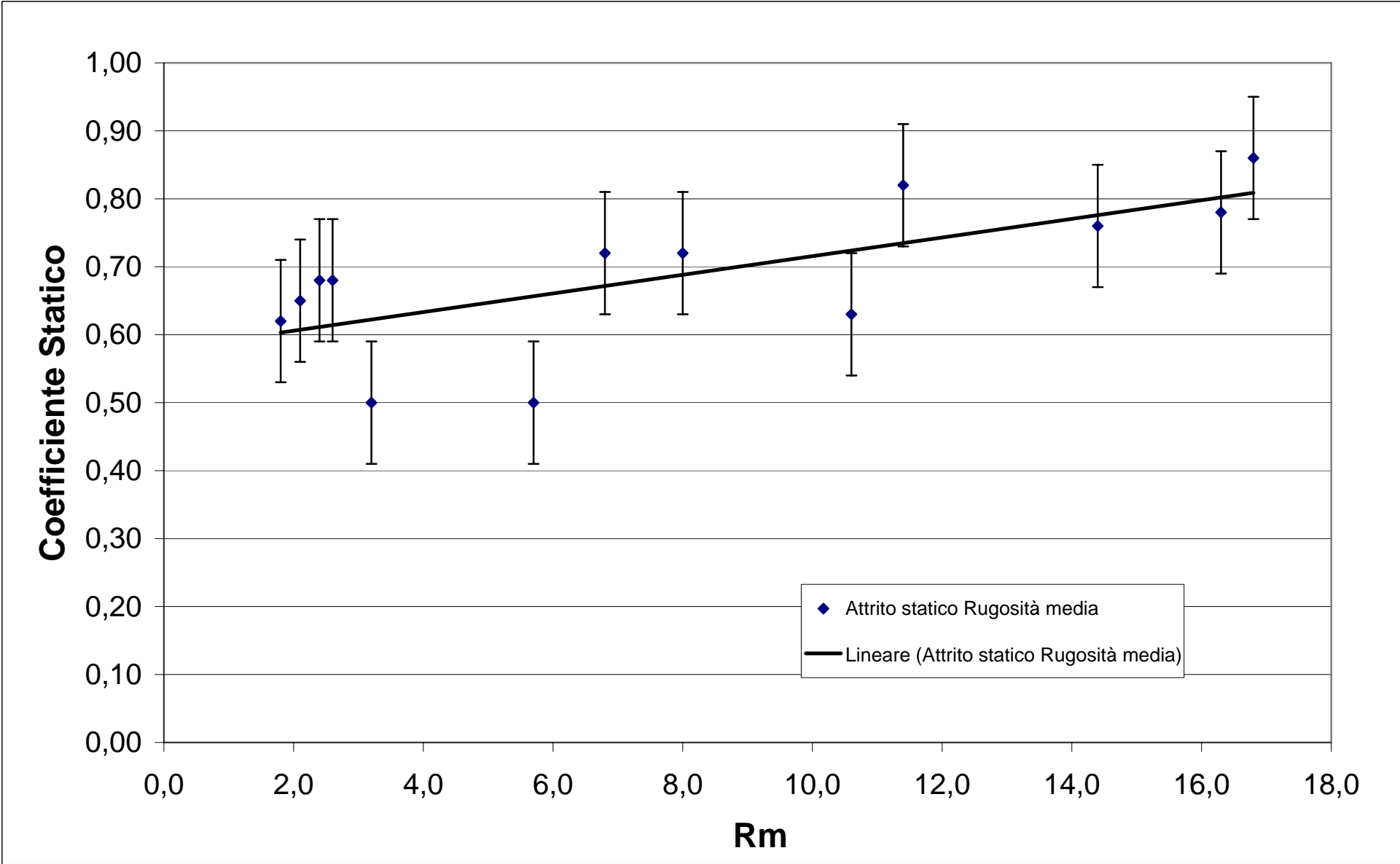
ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	0,07	0,07	10,41	8,07E-03
Residuo	11	0,07	0,01		
Totale	12	0,14			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	0,58	0,0	1,43E+01	1,85E-08	4,90E-01
Variabile X 1	0,01	0,0	3,23E+00	8,07E-03	4,36E-03

OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>Residui standard</i>
1	0,72	-0,09	-1,20
2	0,80	-0,02	-0,28
3	0,73	0,09	1,09
4	0,60	0,02	0,22
5	0,66	-0,16	-2,00
6	0,62	-0,12	-1,56
7	0,61	0,04	0,55
8	0,61	0,07	0,88
9	0,81	0,05	0,65
10	0,78	-0,02	-0,20
11	0,61	0,07	0,84
12	0,69	0,03	0,41
13	0,67	0,05	0,62
14	0,64	0,04	0,43
15	0,71	0,01	0,16
16	0,70	0,02	0,24



Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra concentrazione di silice libera e sommatoria dei metalli rilasciati in soluzione

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,24
R al quadrato	0,06
R al quadrato corretto	0,00
Errore standard	0,10
Osservazioni	20

#### ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	0,011096973	0,011097	1,0578451	0,317330668
Residuo	18	0,188823027	0,0104902		
Totale	19	0,19992			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>z di signific</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	-0,050967941	0,023083228	-2,208008	0,0404574	-0,09946404
Variabile X 1	0,312414794	0,303752976	1,028516	0,3173307	-0,325747022

#### OUTPUT RESIDUI

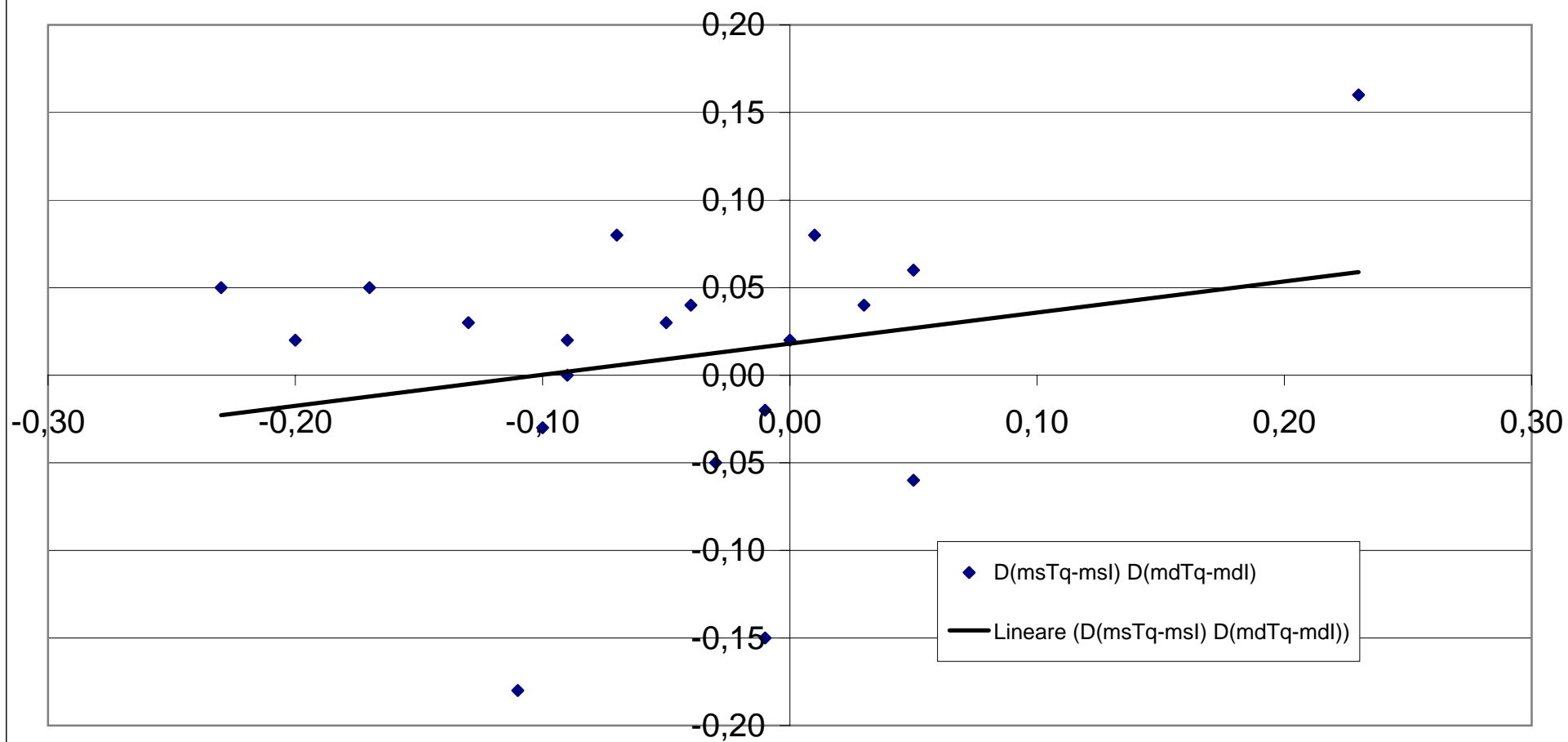
<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>sidui standard</i>
1	-0,09783016	0,08783016	0,8810347
2	-0,032223053	0,082223053	0,8247891
3	-0,025974757	-0,044025243	-0,441622
4	-0,069712828	0,119712828	1,2008535
5	-0,035347201	-0,134652799	-1,350718
6	-0,107202603	-0,002797397	-0,028061
7	-0,044719645	-0,155280355	-1,557636
8	-0,06658868	0,03658868	0,3670254
9	-0,035347201	-0,194652799	-1,952585
10	-0,060340384	-0,039659616	-0,39783
11	-0,038471349	0,068471349	0,6868442
12	-0,038471349	-0,001528651	-0,015334
13	-0,044719645	0,044719645	0,448588
14	-0,044719645	-0,045280355	-0,454213
15	-0,041595497	-0,008404503	-0,084307
16	-0,041595497	-0,088404503	-0,886796
17	-0,050967941	-0,039032059	-0,391535
18	-0,025974757	0,035974757	0,360867
19	-0,000981574	0,230981574	2,3170033
20	-0,057216236	0,047216236	0,4736316



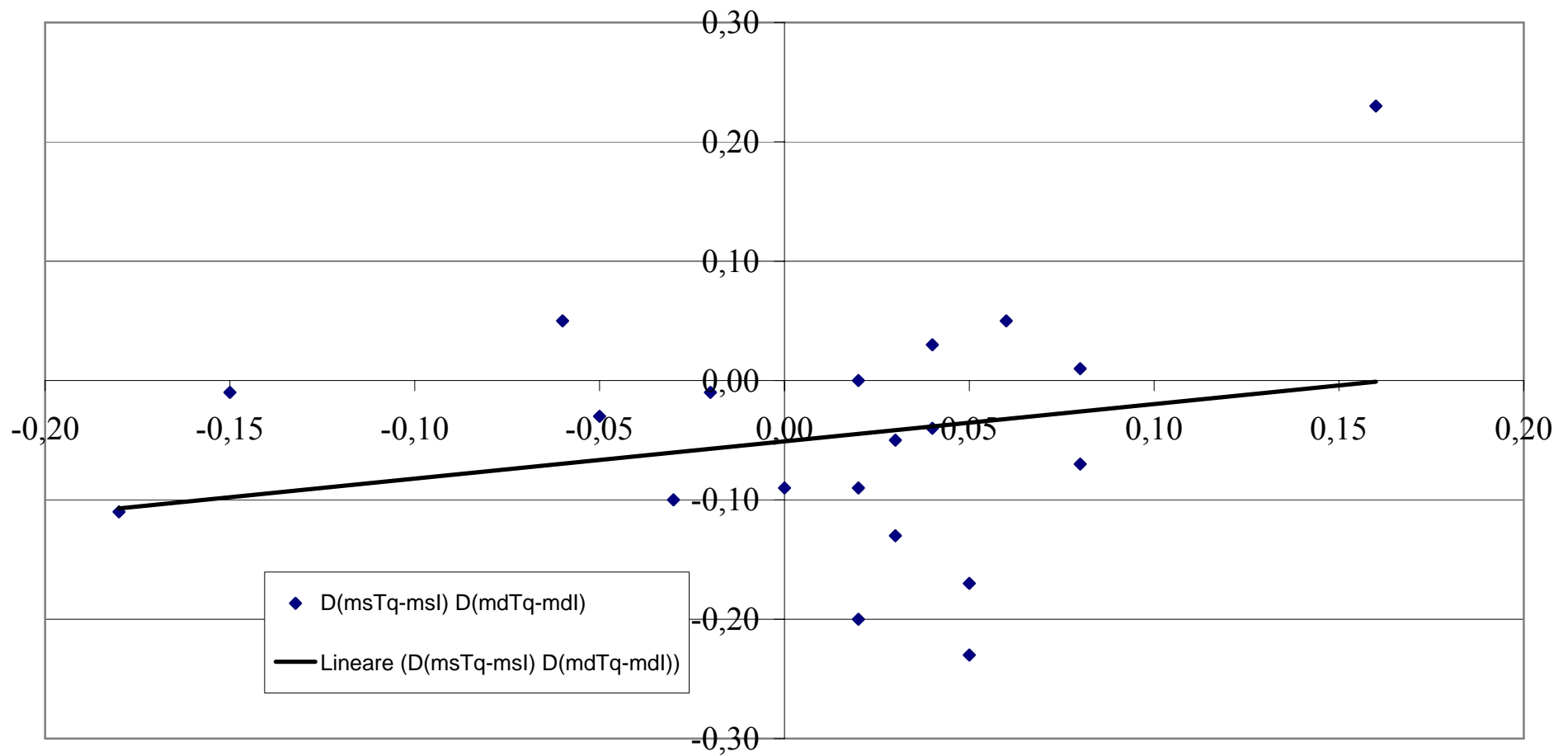
Campione	Asciutto	
	$\Delta(\mu\text{sTq}-\mu\text{sI})$	$\Delta(\mu\text{dTq}-\mu\text{dI})$
6	-0,18	-0,11
1	-0,15	-0,01
4	-0,06	0,05
8	-0,05	-0,03
10	-0,03	-0,10
20	-0,02	-0,01
17	0,00	-0,09
7	0,02	-0,20
13	0,02	0,00
14	0,02	-0,09
15	0,03	-0,05
16	0,03	-0,13
11	0,04	0,03
12	0,04	-0,04
5	0,05	-0,17
9	0,05	-0,23
2	0,06	0,05
3	0,08	-0,07
18	0,08	0,01
19	0,16	0,23

Campione	Asciutto	
	$\Delta(\mu\text{sTq}-\mu\text{sI})$	$\Delta(\mu\text{dTq}-\mu\text{dI})$
9	0,05	-0,23
7	0,02	-0,20
5	0,05	-0,17
16	0,03	-0,13
6	-0,18	-0,11
10	-0,03	-0,10
14	0,02	-0,09
17	0,00	-0,09
3	0,08	-0,07
15	0,03	-0,05
12	0,04	-0,04
8	-0,05	-0,03
1	-0,15	-0,01
20	-0,02	-0,01
13	0,02	0,00
18	0,08	0,01
11	0,04	0,03
2	0,06	0,05
4	-0,06	0,05
19	0,16	0,23

## Possibili correlazioni tra attrito statico in funzione di attrito dinamico



## Possibili correlazioni tra attrito dinamico in funzione di attrito statico





Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

**Allegato 9**

**Risultati delle prove di disinfettabilità: prima serie**



Risultati delle prove effettuate sui prodotti campione (superficie tal quale ed invecchiata) secondo i metodi sviluppati (*Metodo di preparazione delle superfici invecchiate, Metodo di Misura della Disinfettabilità*).

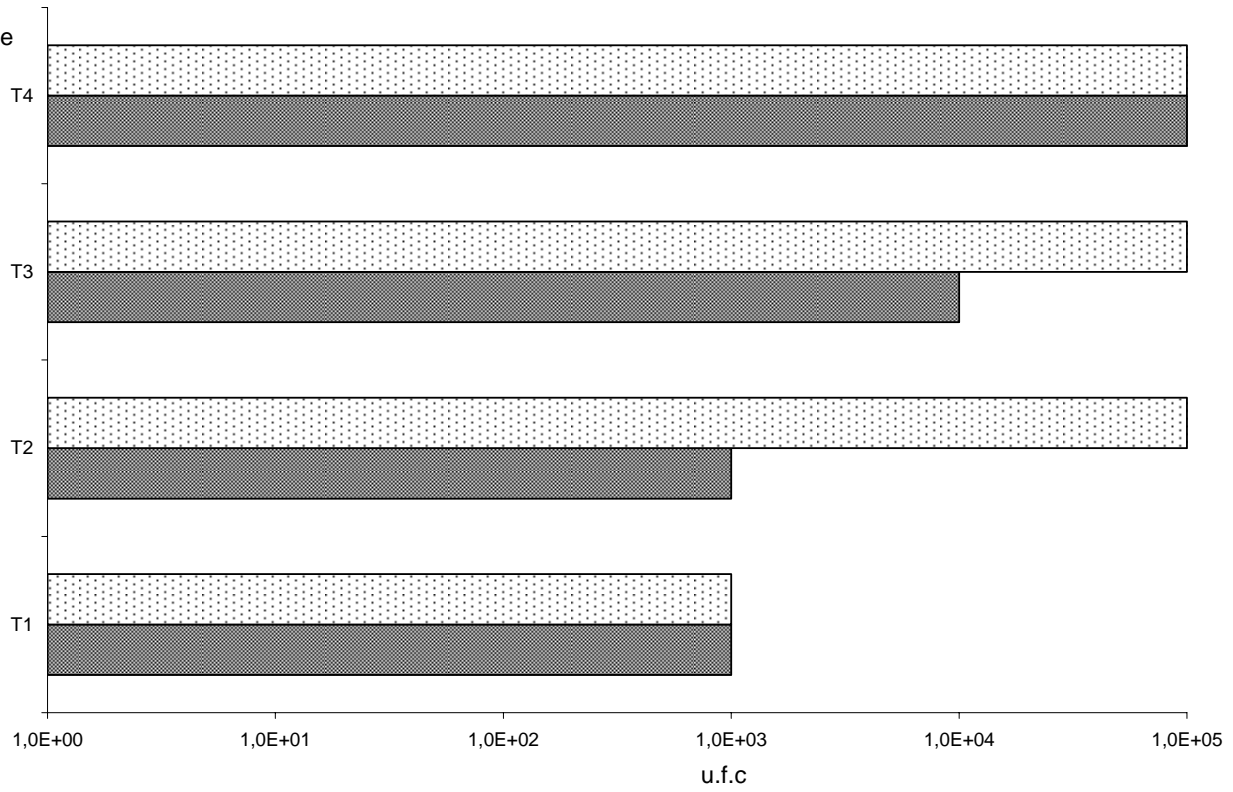
Campione	Superficie	Prova				Controllo
		T1	T2	T3	T4	
		u.f.c				
1	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
2	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
3	Tal quale	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
4	Tal quale	1,7E+01	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
5	Tal quale	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	0,0E+00	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
6	Tal quale	3,7E+01	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
7	Tal quale	3,5E+01	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
8	Tal quale	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
9	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+05
10	Tal quale	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
11	Tal quale	3,0E+01	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
12	Tal quale	1,0E+01	2,0E+01	2,5E+01	3,0E+01	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
13	Tal quale	2,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
14	Tal quale	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
15	Tal quale	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+05
16	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
17	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
18	Tal quale	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
19	Tal quale	1,5E+01	1,0E+02	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
20	Tal quale	5,0E+01	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05

Al termine di ogni serie di prove è stata condotta una conta microbica sul disinfettante utilizzato durante la sessione al fine di escludere propagazioni microbiche accidentali.. I risultati possono essere così riassunti:

- Controllo disinfettante alla concentrazione dello 0.01% (M/V) = nessuna crescita tranne che in data 5 luglio 2006 in cui si è riscontrata la presenza di 1,0E+3 ufc/ml di *Bacillus sp.*. Grazie alla diversa colorazione delle colonie questo non ha comportato interferenze nel riconoscimento del battere da noi inoculato.

### Campione1

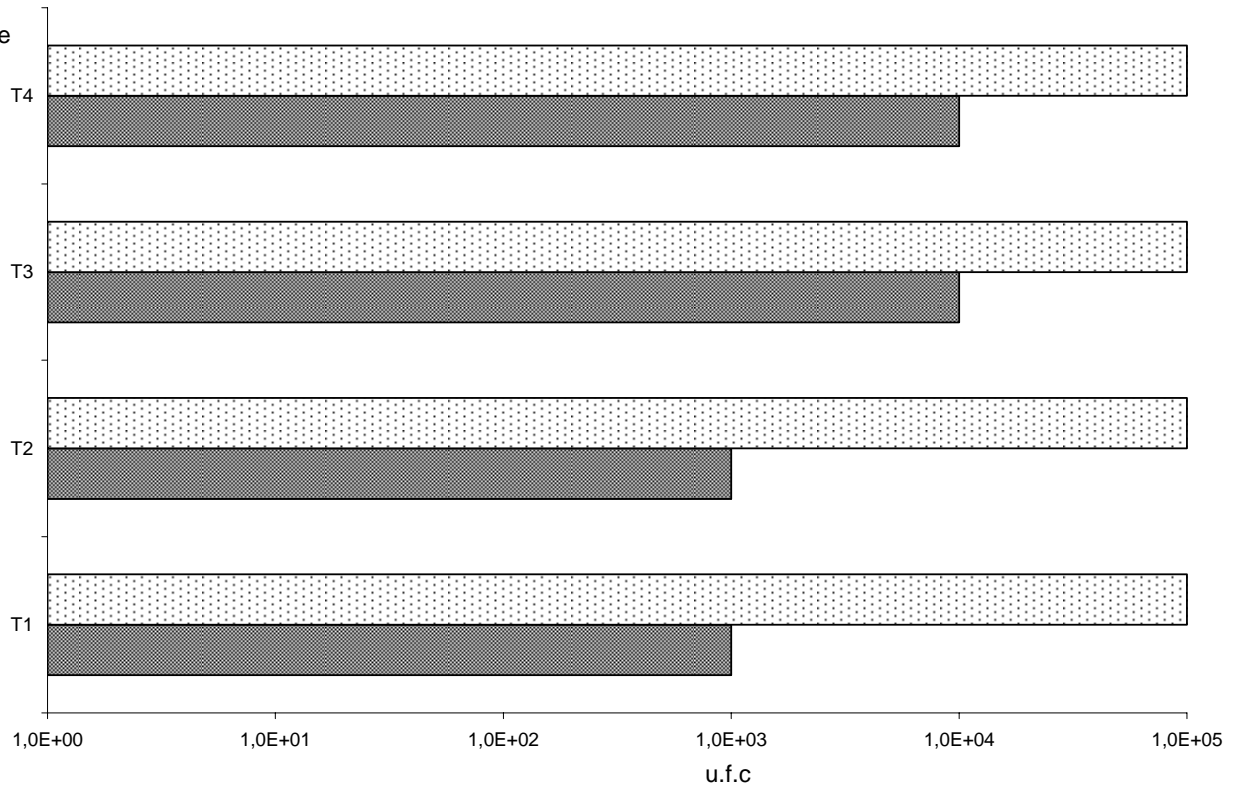
n° campione  
test



□ Invecchiato  
■ Tal quale

### Campione2

n° campione  
test

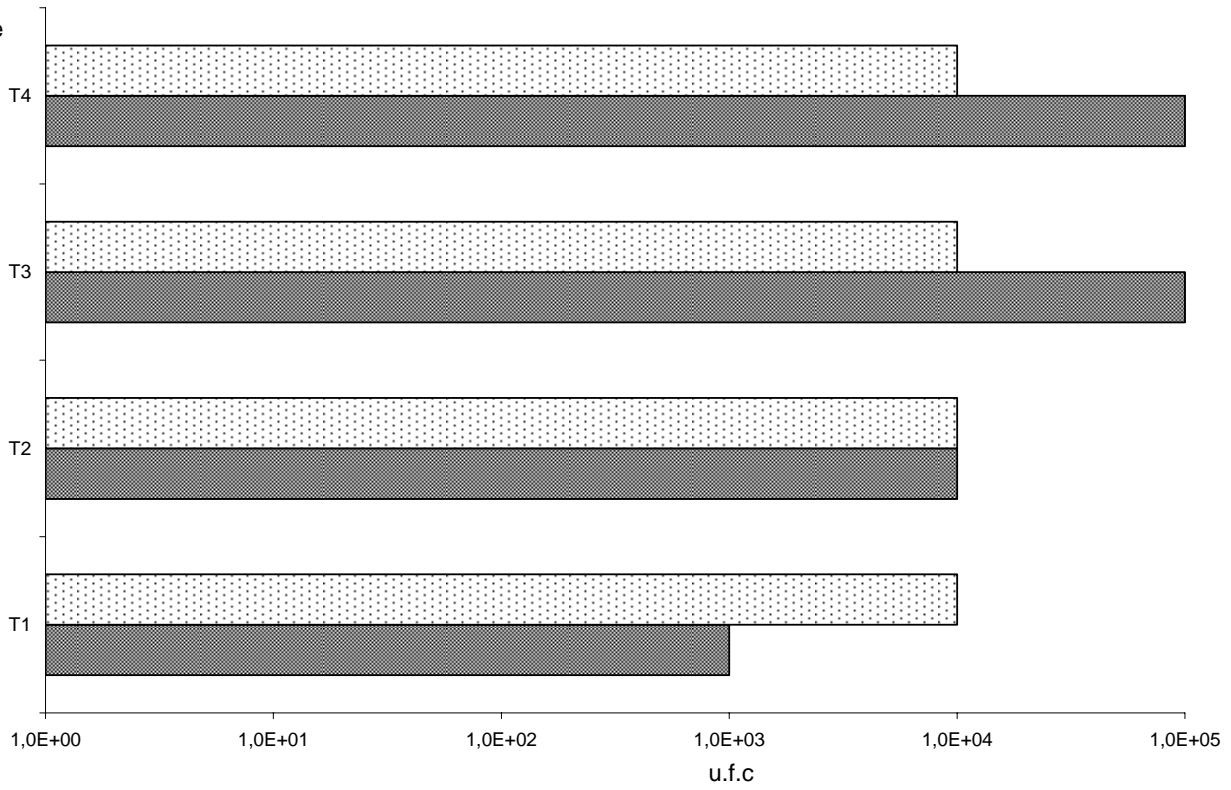


□ Invecchiato  
■ Tal quale



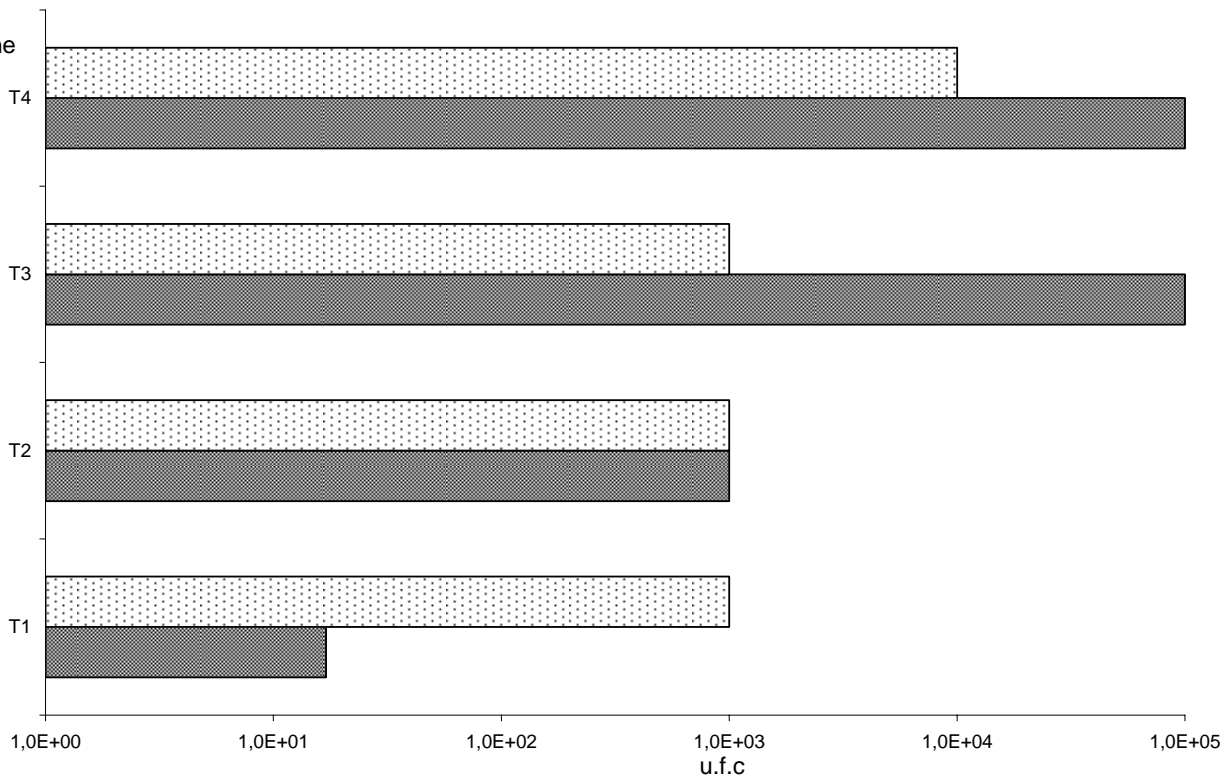
### Campione3

n° campione  
test

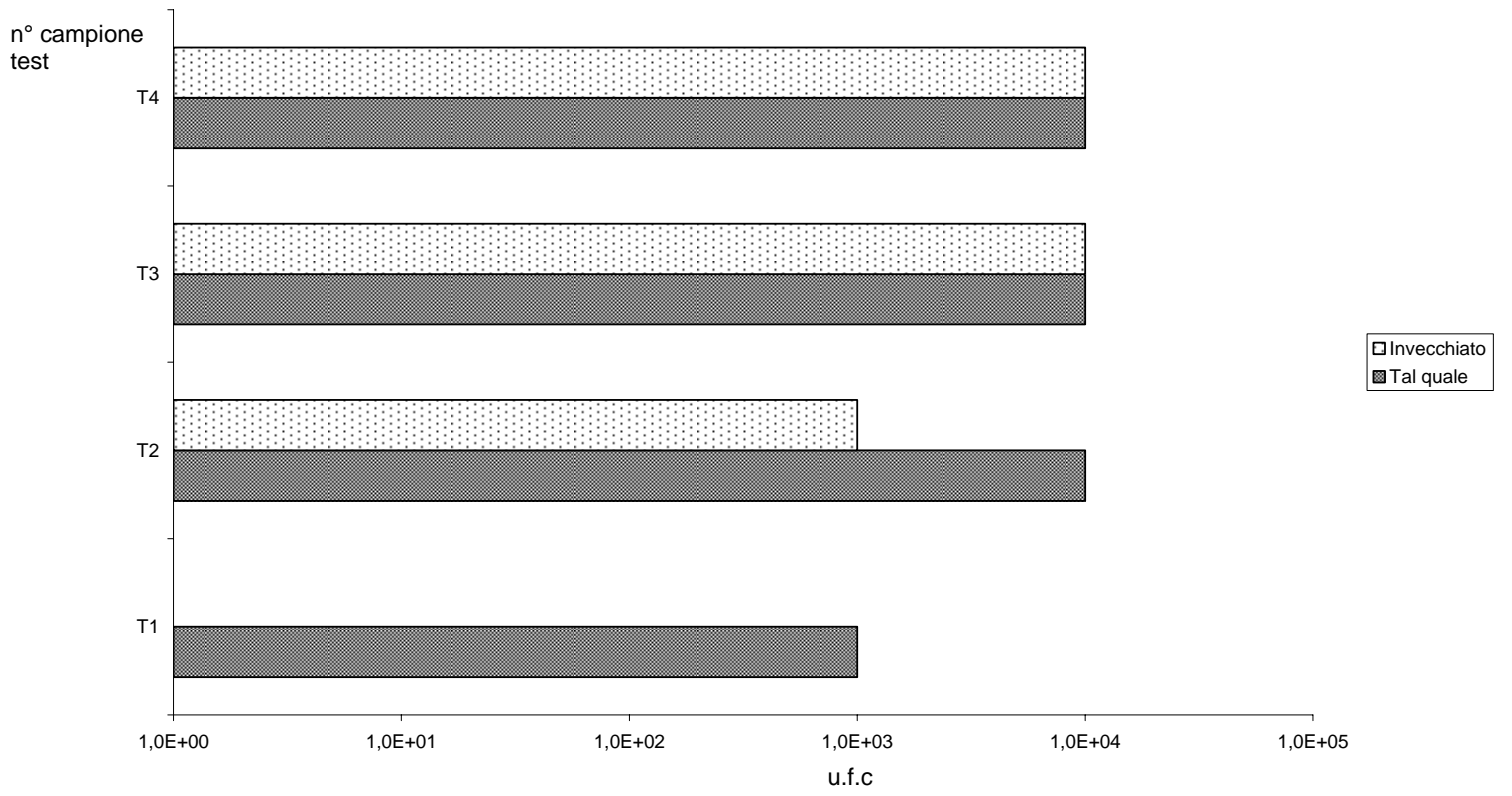


### Campione4

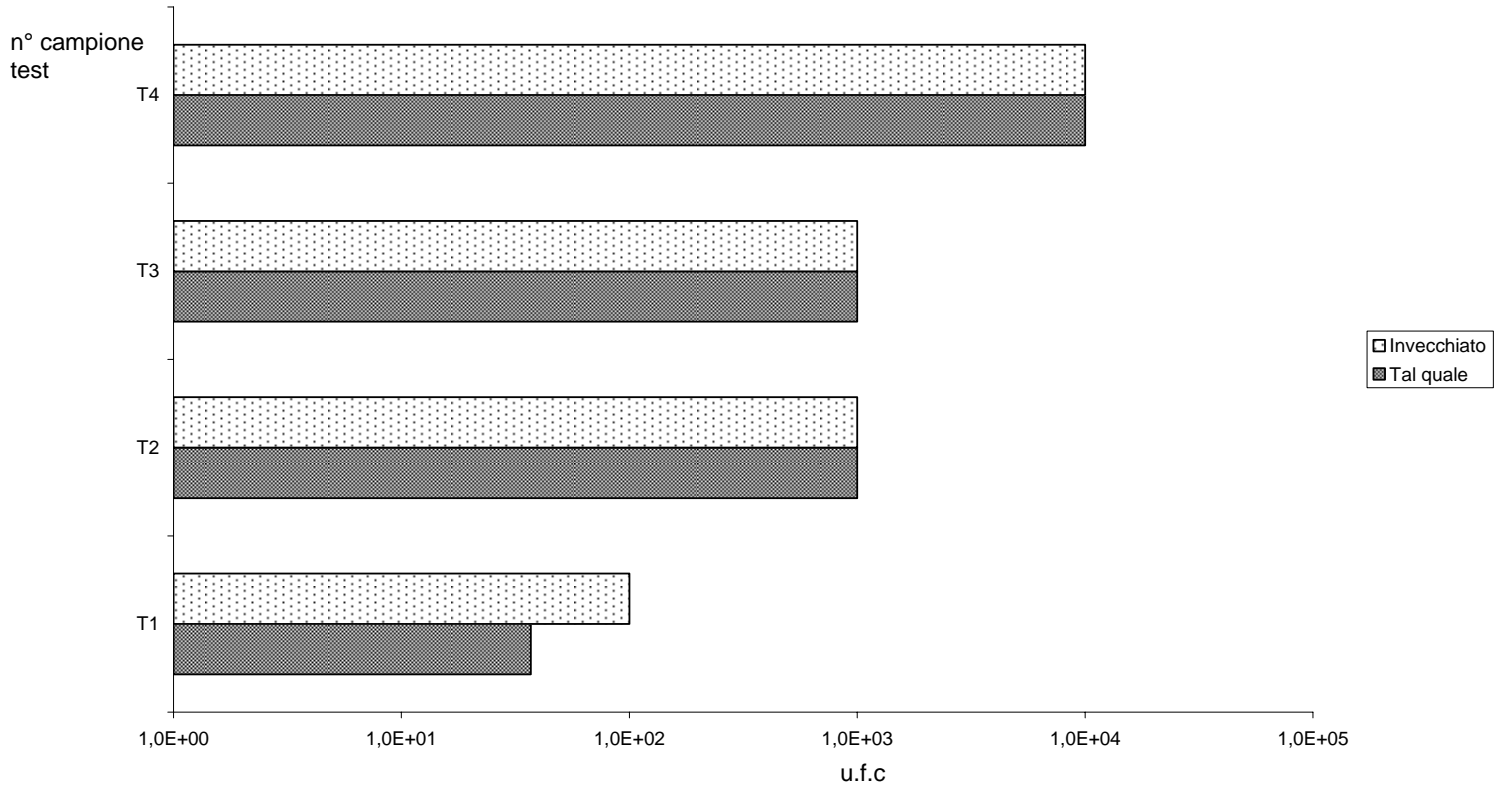
n° campione  
test



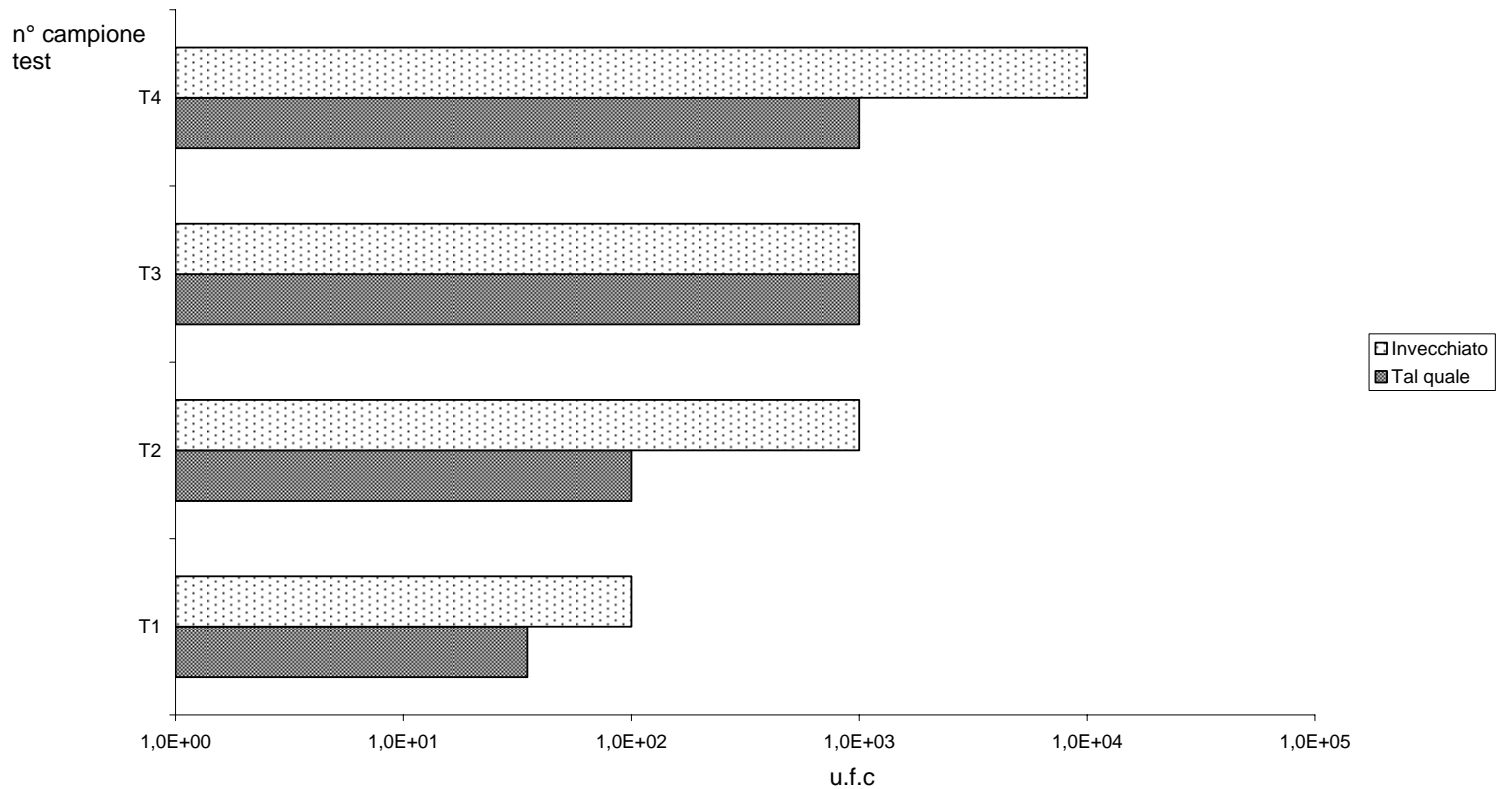
### Campione5



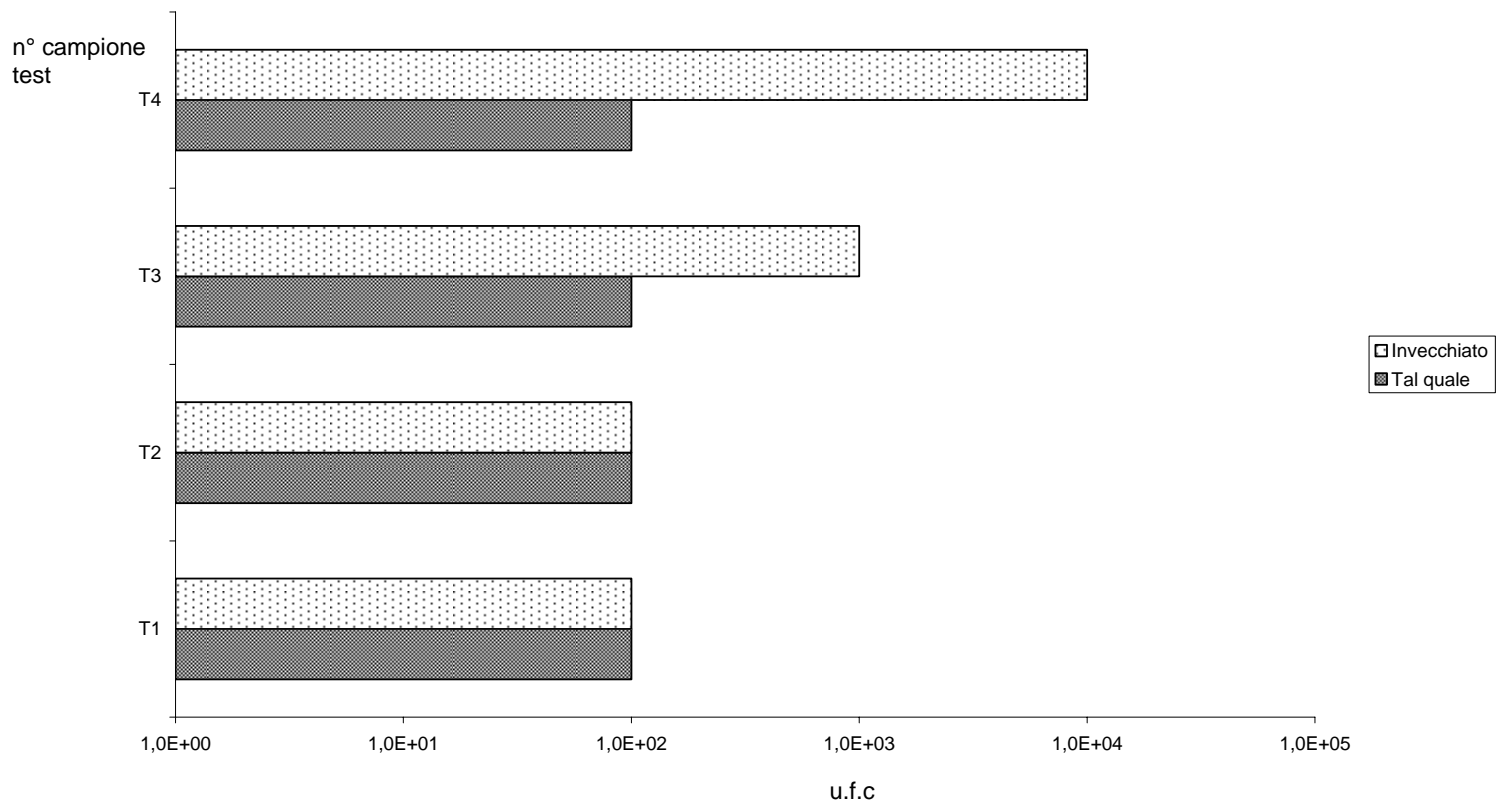
### Campione6



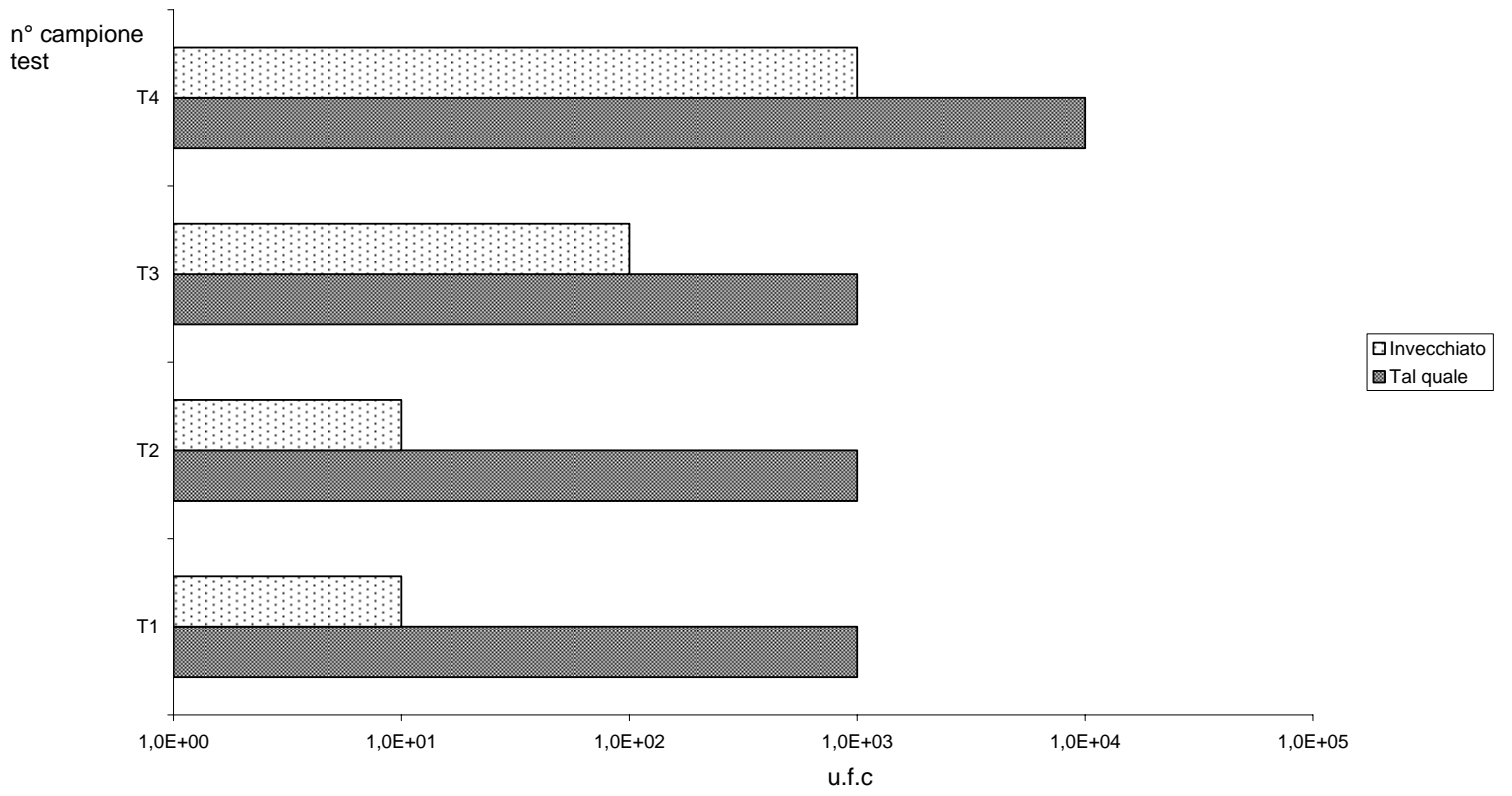
### Campione7



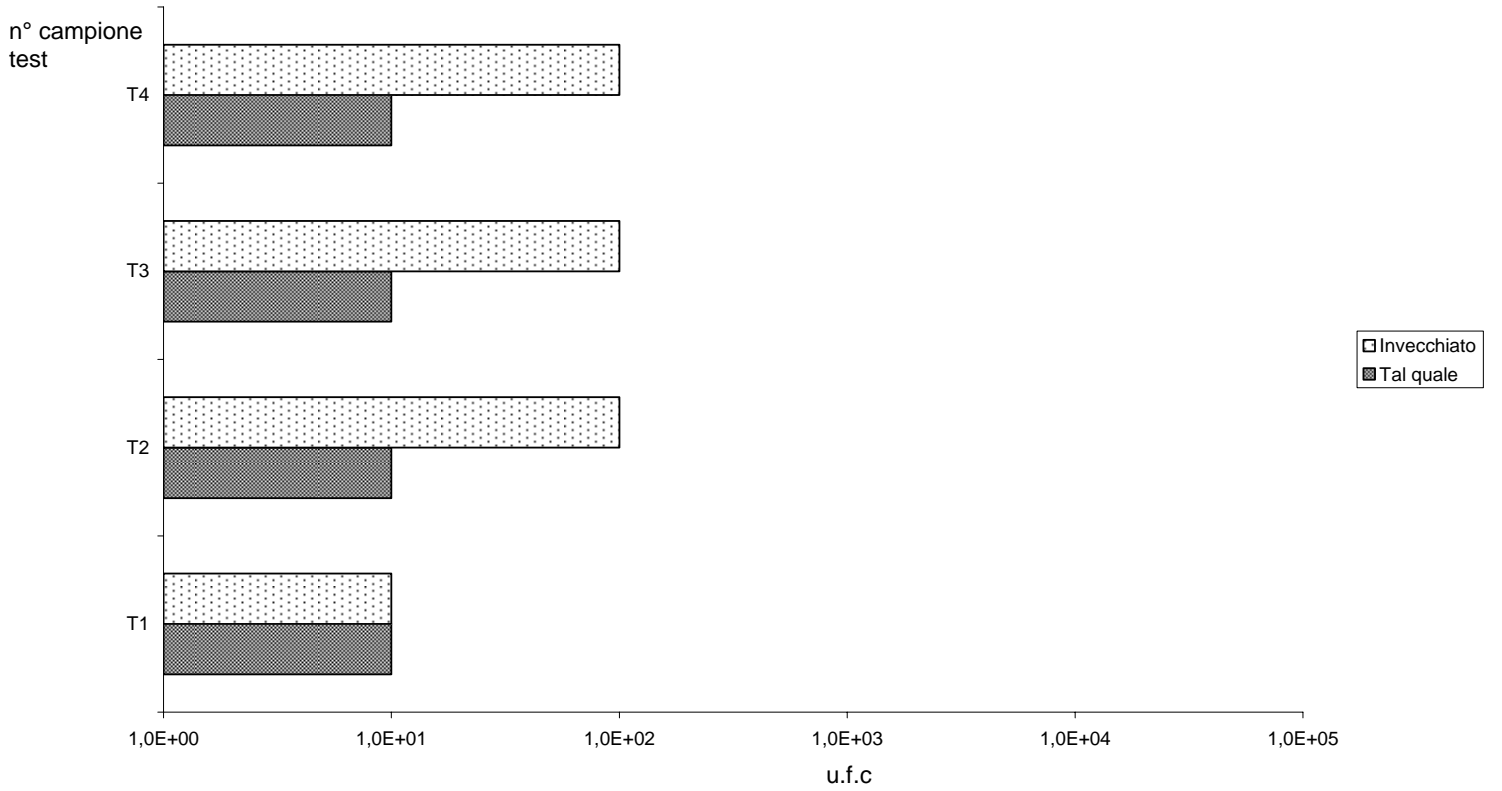
### Campione8



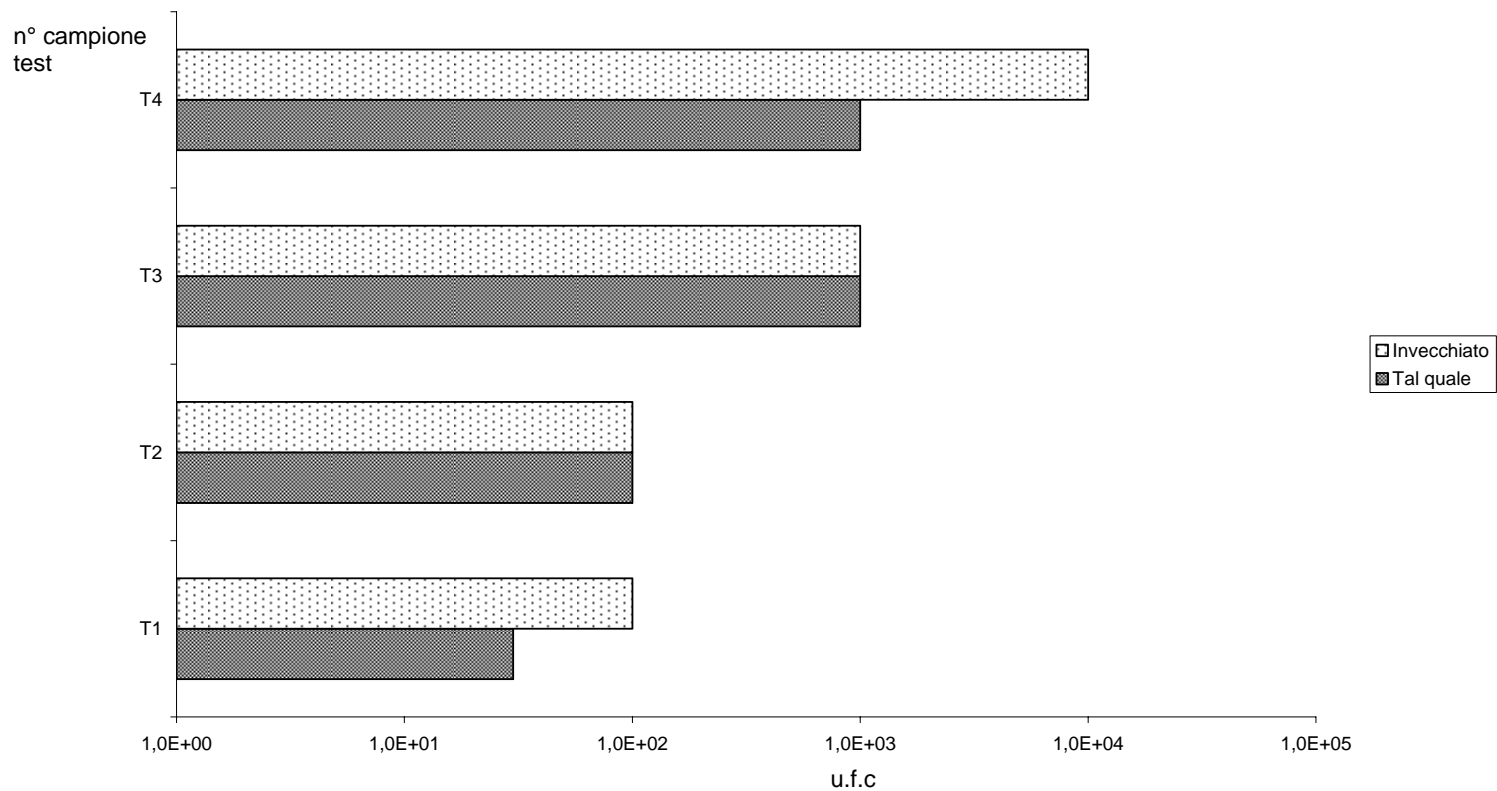
### Campione9



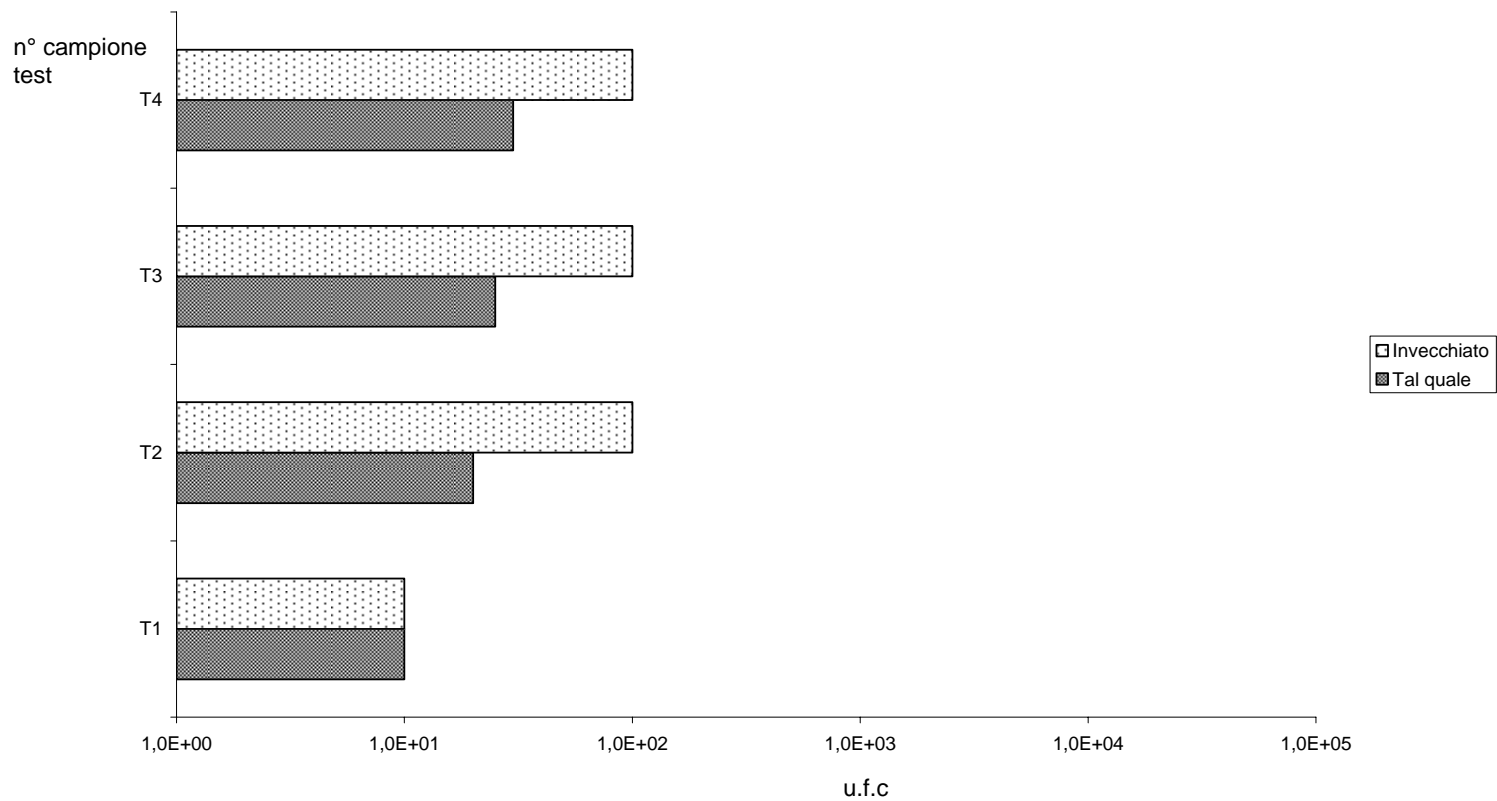
### Campione10



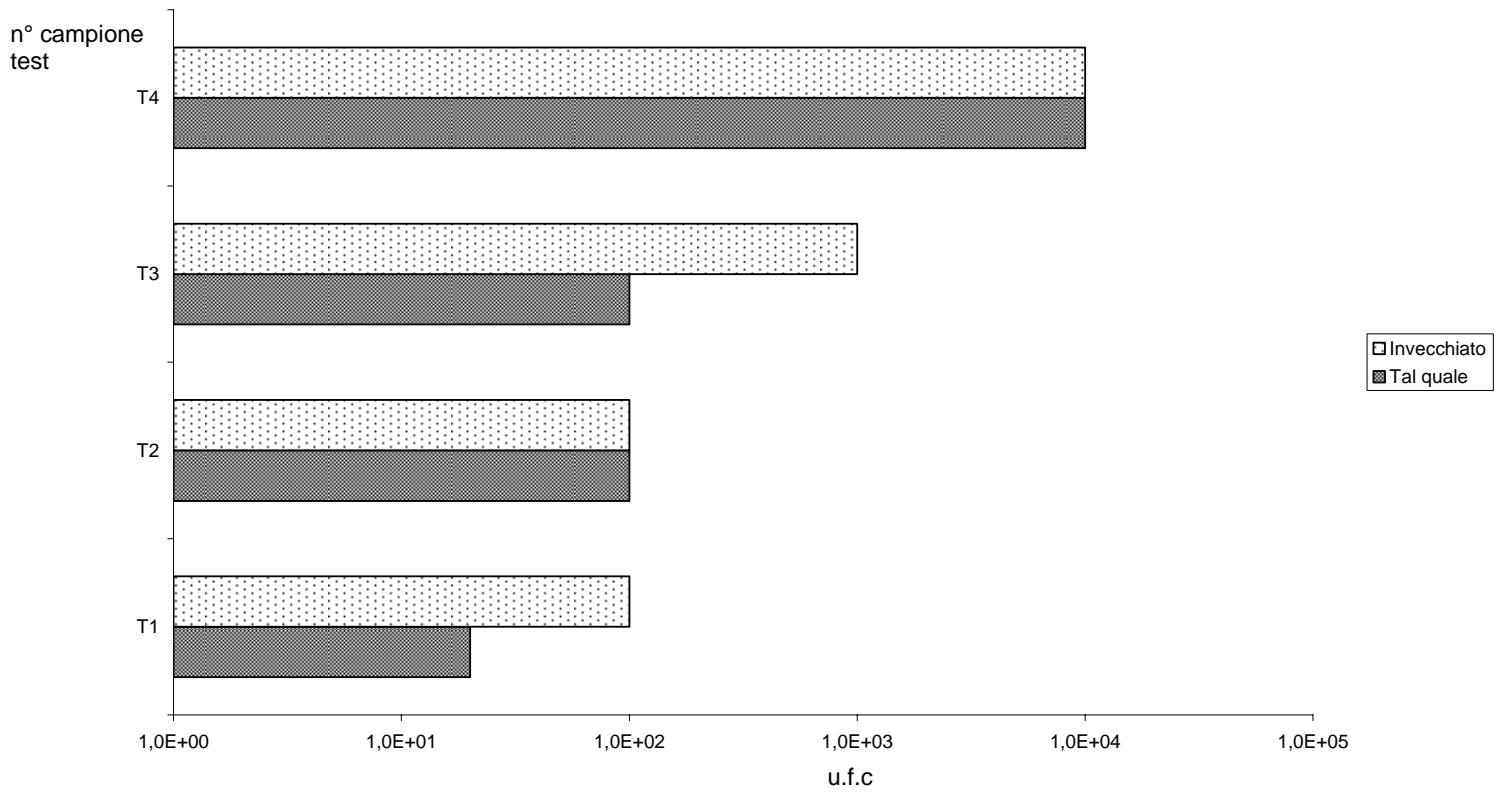
### Campione11



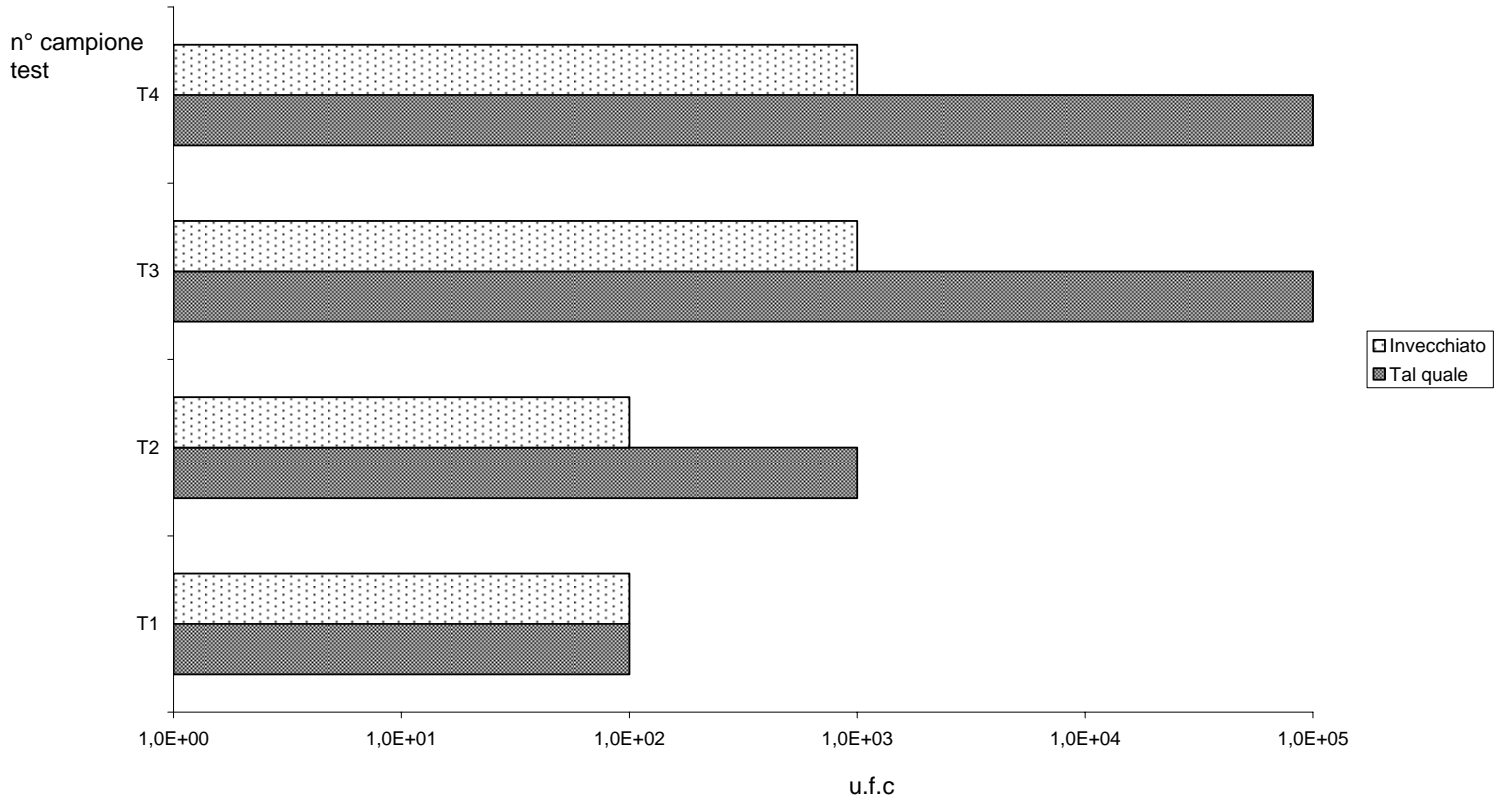
### Campione12



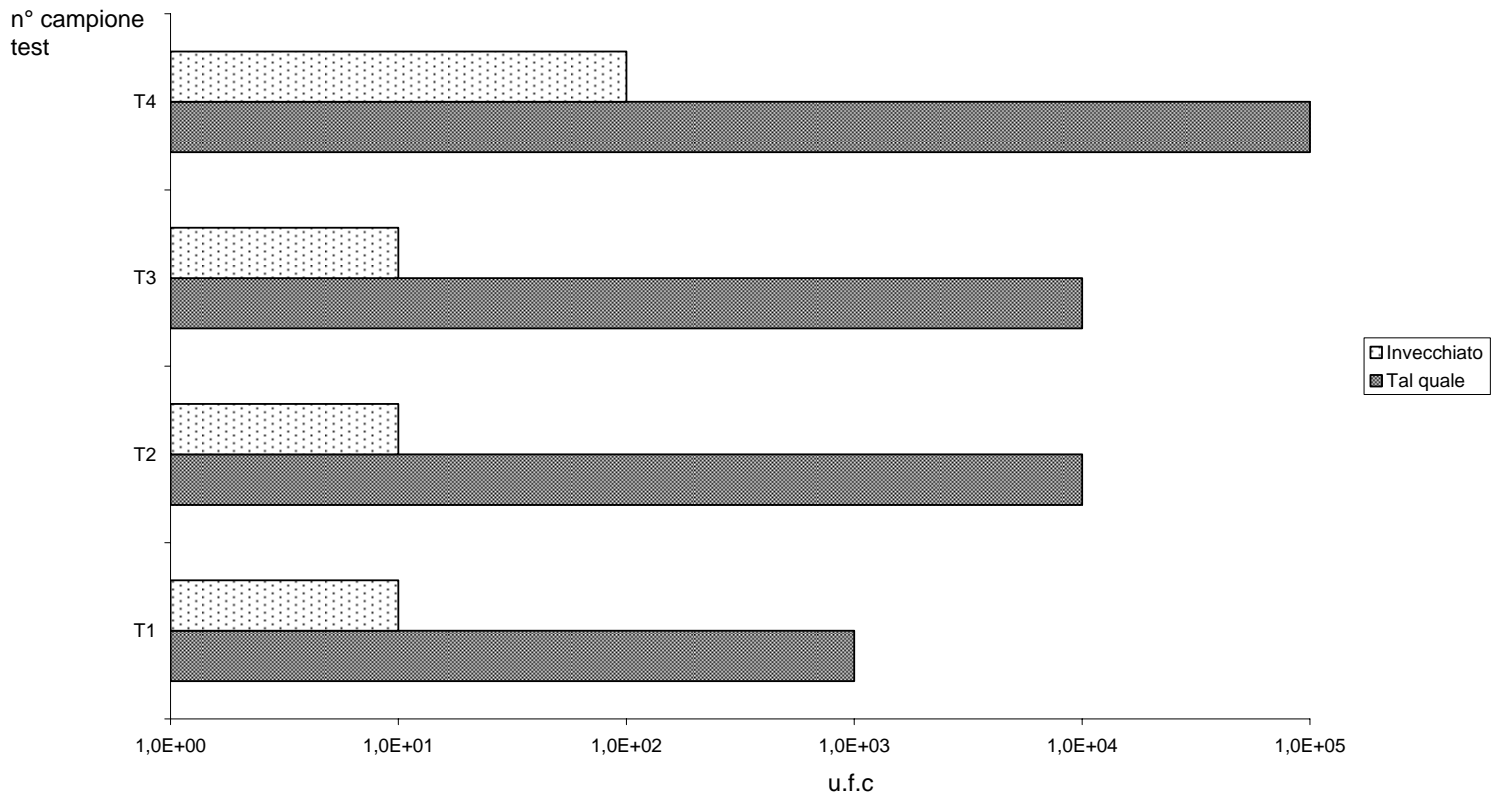
### Campione13



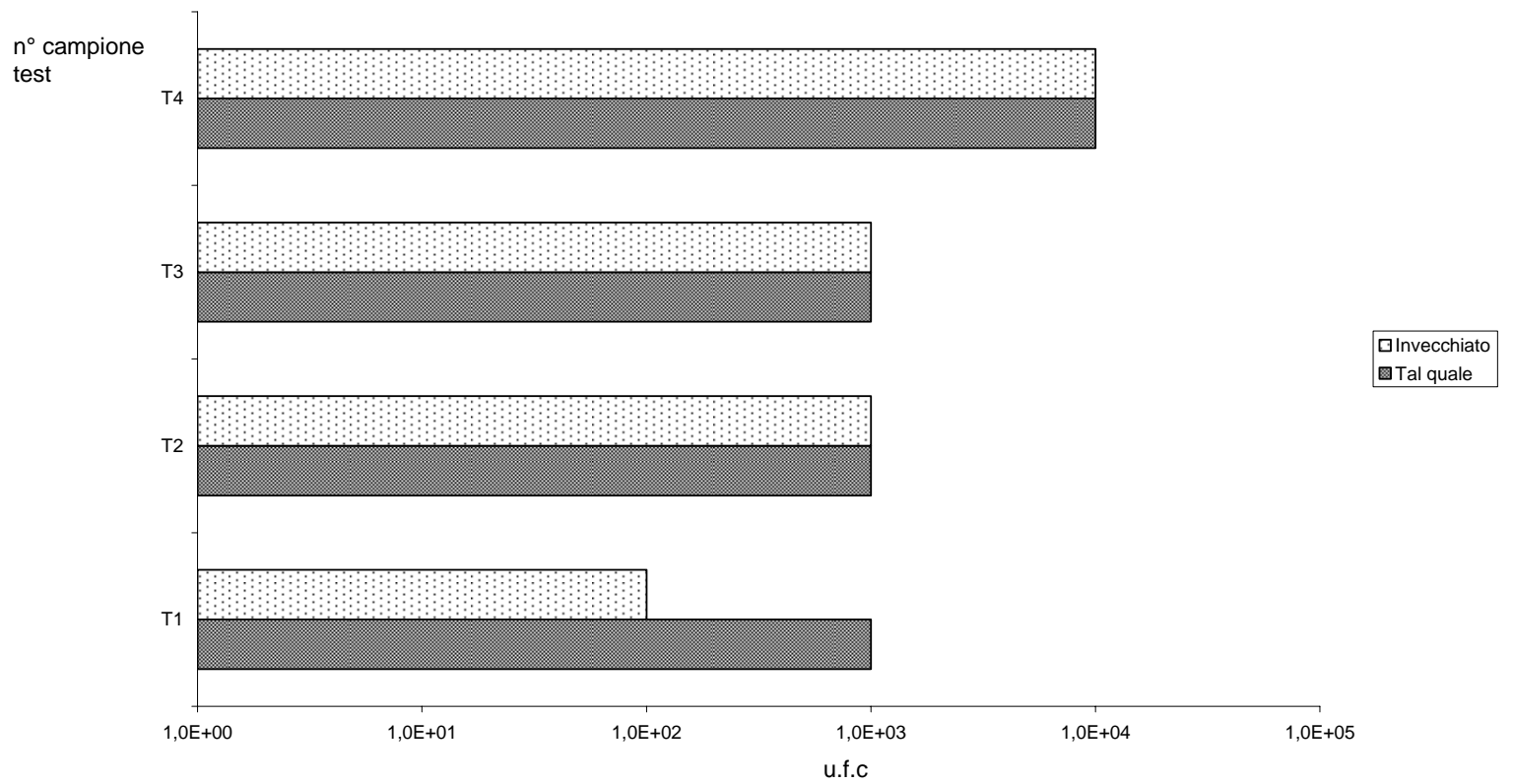
### Campione14



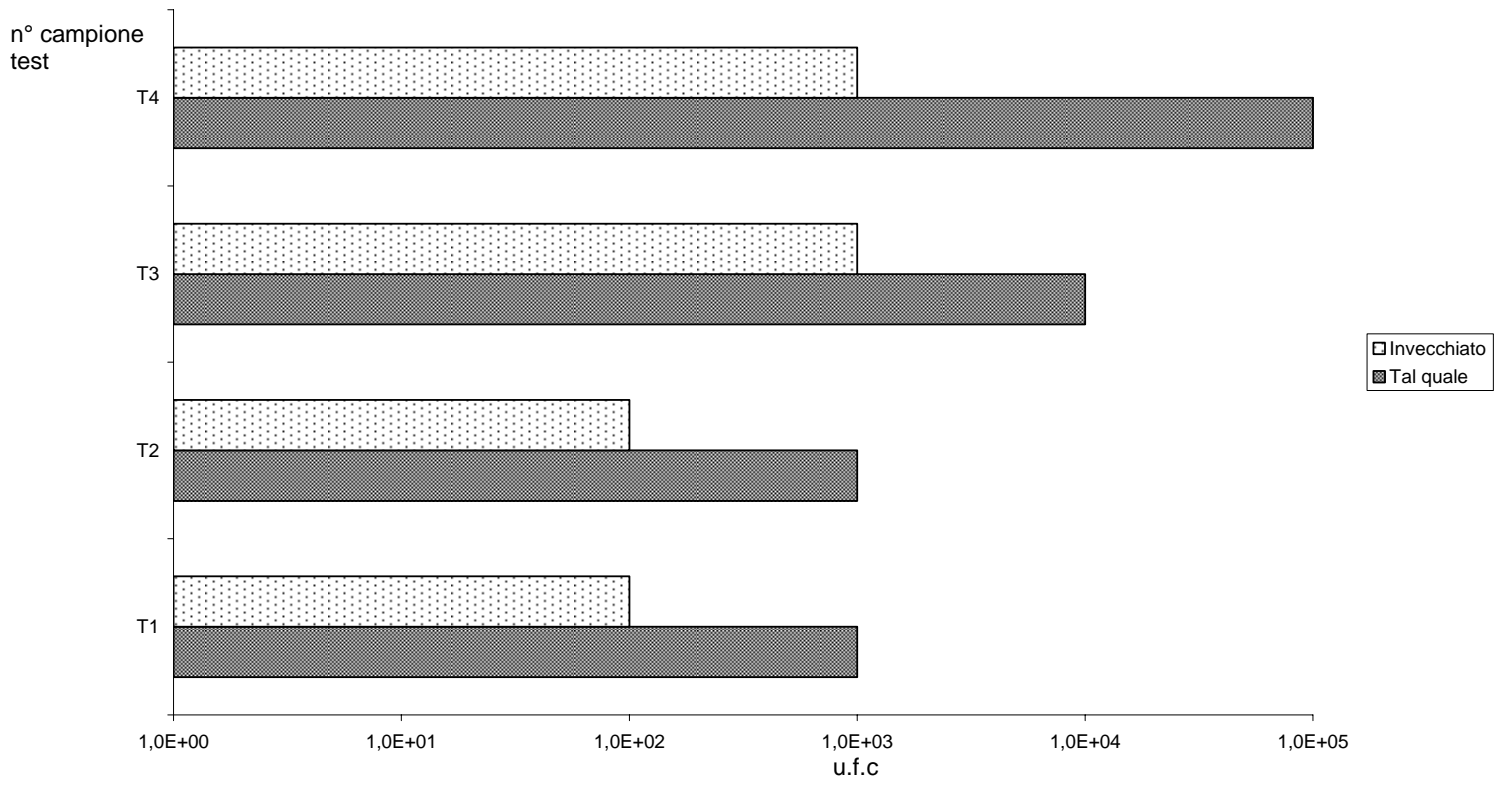
### Campione15



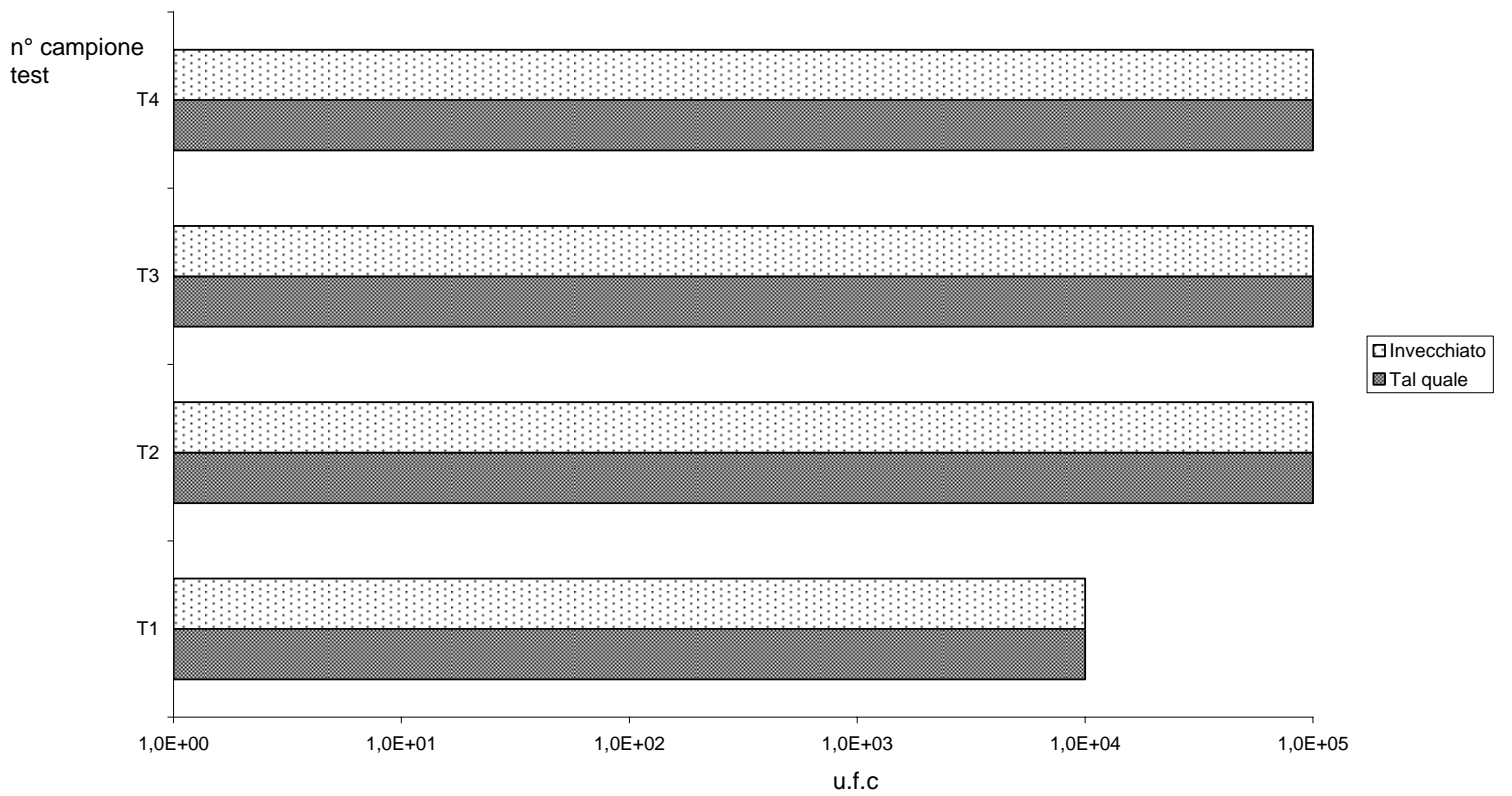
### Campione16



### Campione17

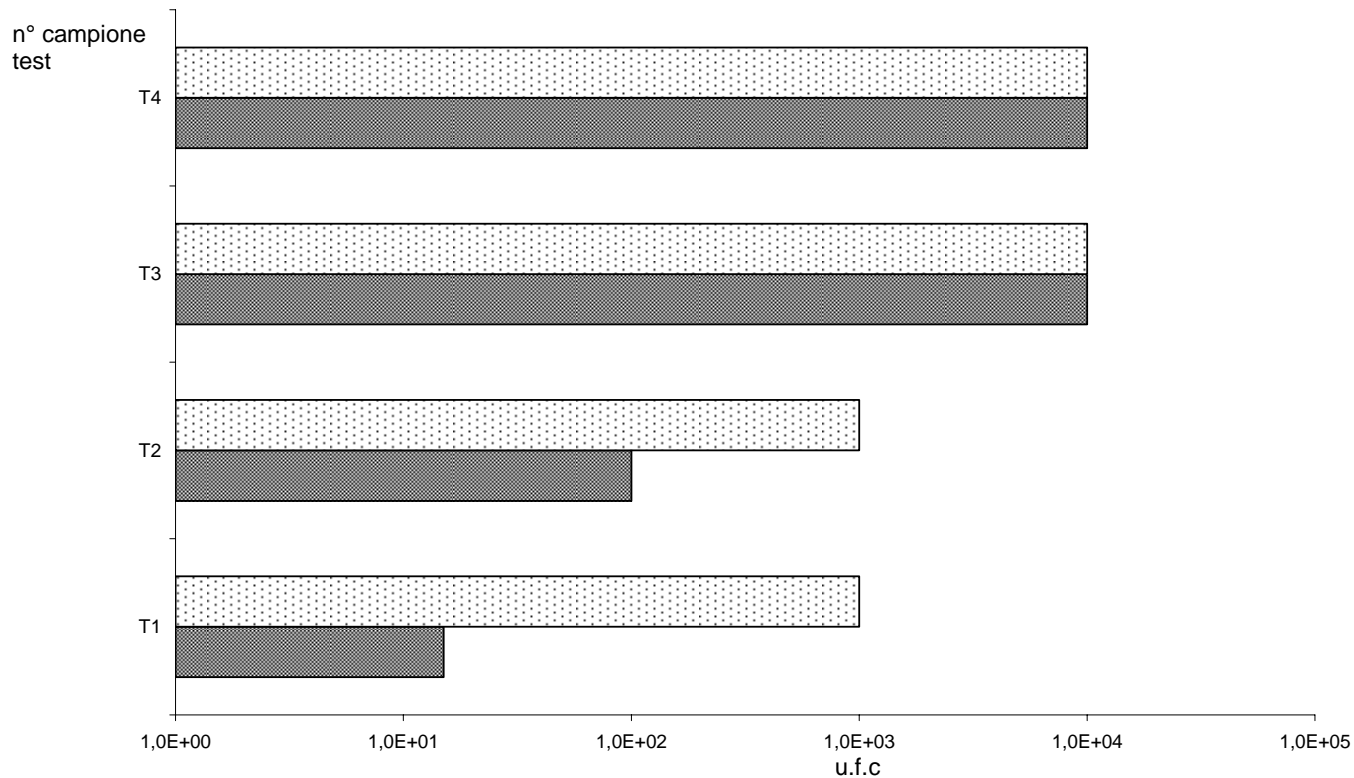


### Campione18

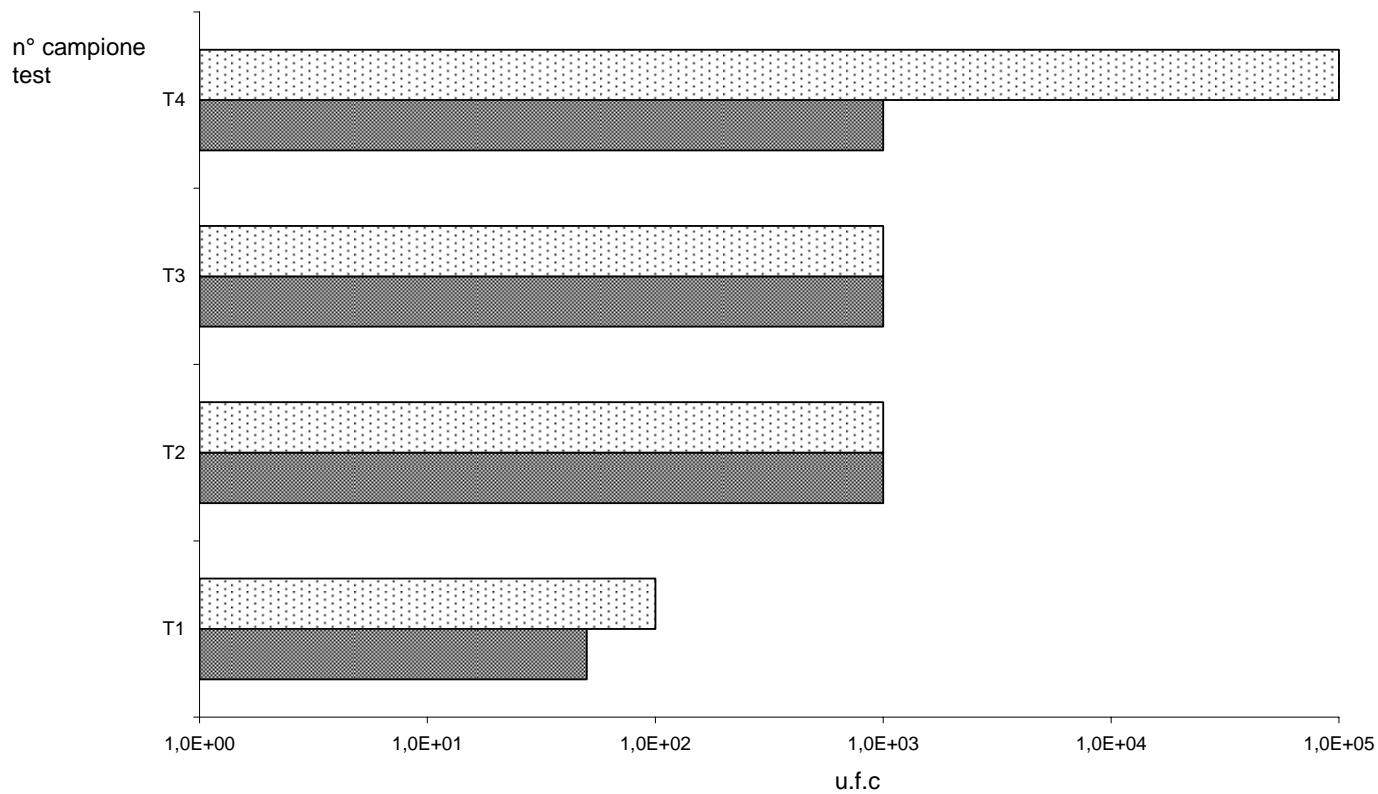




### Campione19



### Campione20





Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 10**

**Risultati delle prove di disinfettabilità: prima e  
seconda serie a confronto**



Risultati delle prove effettuate sui prodotti campione (superficie tal quale ed invecchiata) secondo i metodi sviluppati (*Metodo di preparazione delle superfici invecchiate, Metodo di Misura della Disinfettabilità*).

Campione	Superficie	Prova				Controllo
		T1	T2	T3	T4	
		u.f.c				
1	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
2	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
3	Tal quale	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
4	Tal quale	1,7E+01	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
5	Tal quale	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	0,0E+00	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
6	Tal quale	3,7E+01	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
7	Tal quale	3,5E+01	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
8	Tal quale	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
9	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+05
10	Tal quale	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
11	Tal quale	3,0E+01	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
12	Tal quale	1,0E+01	2,0E+01	2,5E+01	3,0E+01	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
13	Tal quale	2,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
14	Tal quale	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
15	Tal quale	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+05
16	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
17	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
18	Tal quale	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
19	Tal quale	1,5E+01	1,0E+02	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
20	Tal quale	5,0E+01	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05

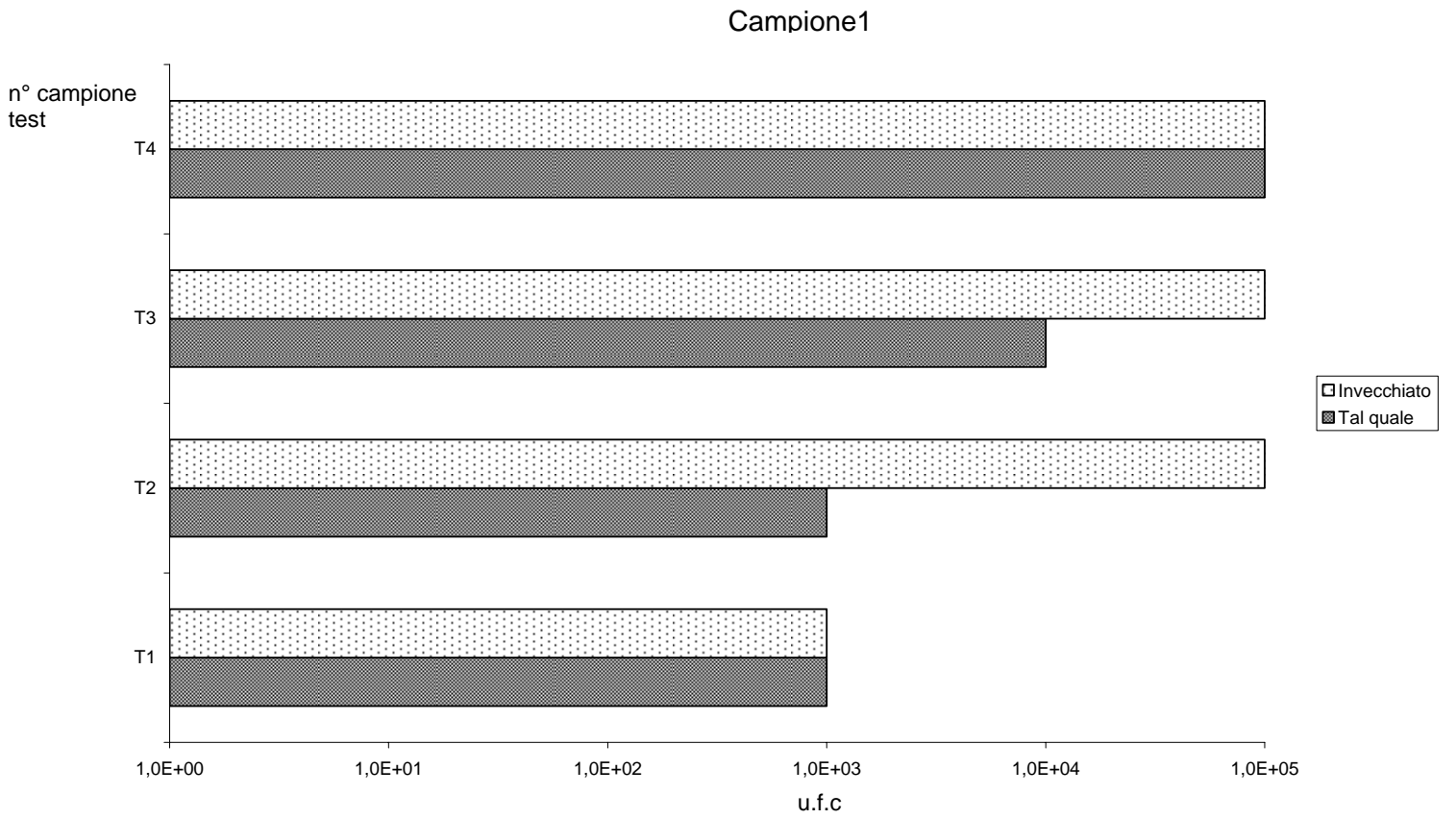
Risultati delle prove effettuate sui prodotti campione per la verifica dei trattamenti ripetuti di contaminazione e disinfezione

Campione	Superficie	Prova				Controllo
		T1	T2	T3	T4	
		u.f.c				
1	Tal quale	1,0E+01	1,0E+00	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
2	Tal quale	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+03	1,0E+02	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+03	1,0E+05
3	Tal quale	1,0E+01	1,0E+00	1,0E+01	1,0E+00	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
4	Tal quale	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+03	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+05
5	Tal quale	1,0E+05	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+05
6	Tal quale	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+01	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
7	Tal quale	1,0E+01	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+05
8	Tal quale	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
9	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+05
10	Tal quale	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
11	Tal quale	3,0E+01	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
12	Tal quale	1,0E+01	2,0E+01	2,5E+01	3,0E+01	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+05
13	Tal quale	2,0E+01	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
14	Tal quale	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
15	Tal quale	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+01	1,0E+02	1,0E+05
16	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05
17	Tal quale	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
18	Tal quale	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+04	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05	1,0E+05
19	Tal quale	1,5E+01	1,0E+02	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+04	1,0E+04	1,0E+05
20	Tal quale	5,0E+01	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05
	Invecchiato	1,0E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+05	1,0E+05

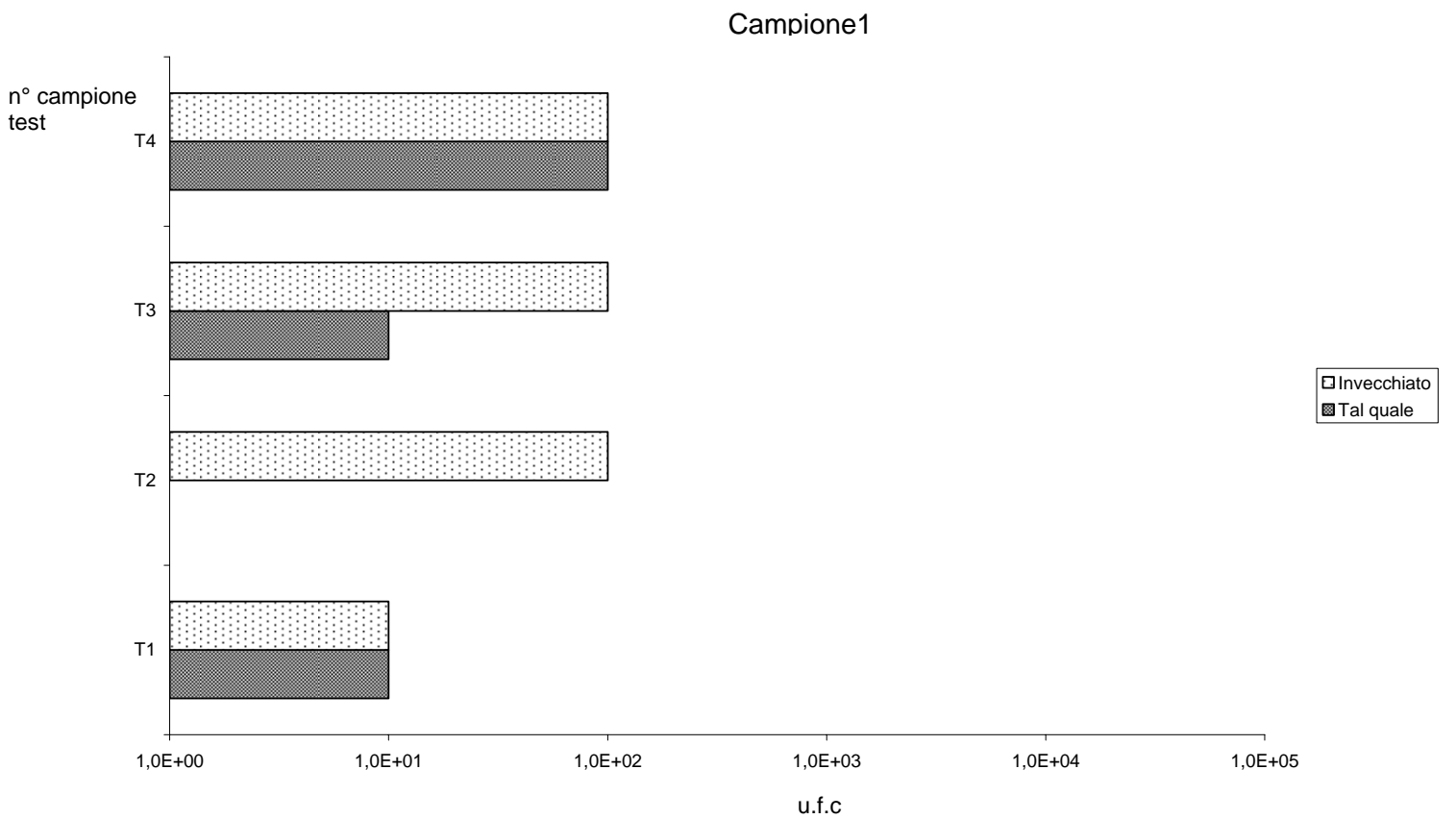
Al termine di ogni serie di prove è stata condotta una conta microbica sul disinfettante utilizzato durante la sessione al fine di escludere propagazioni microbiche accidentali.. I risultati possono essere così riassunti:

- Controllo disinfettante alla concentrazione dello 0.01% (M/V) = nessuna crescita tranne che in data 5 luglio 2006 in cui si è riscontrata la presenza di 1,0E+3 ufc/ml di *Bacillus sp.*. Grazie alla diversa colorazione delle colonie questo non ha comportato interferenze nel riconoscimento del battere da noi inoculato.

## Prima serie di prove

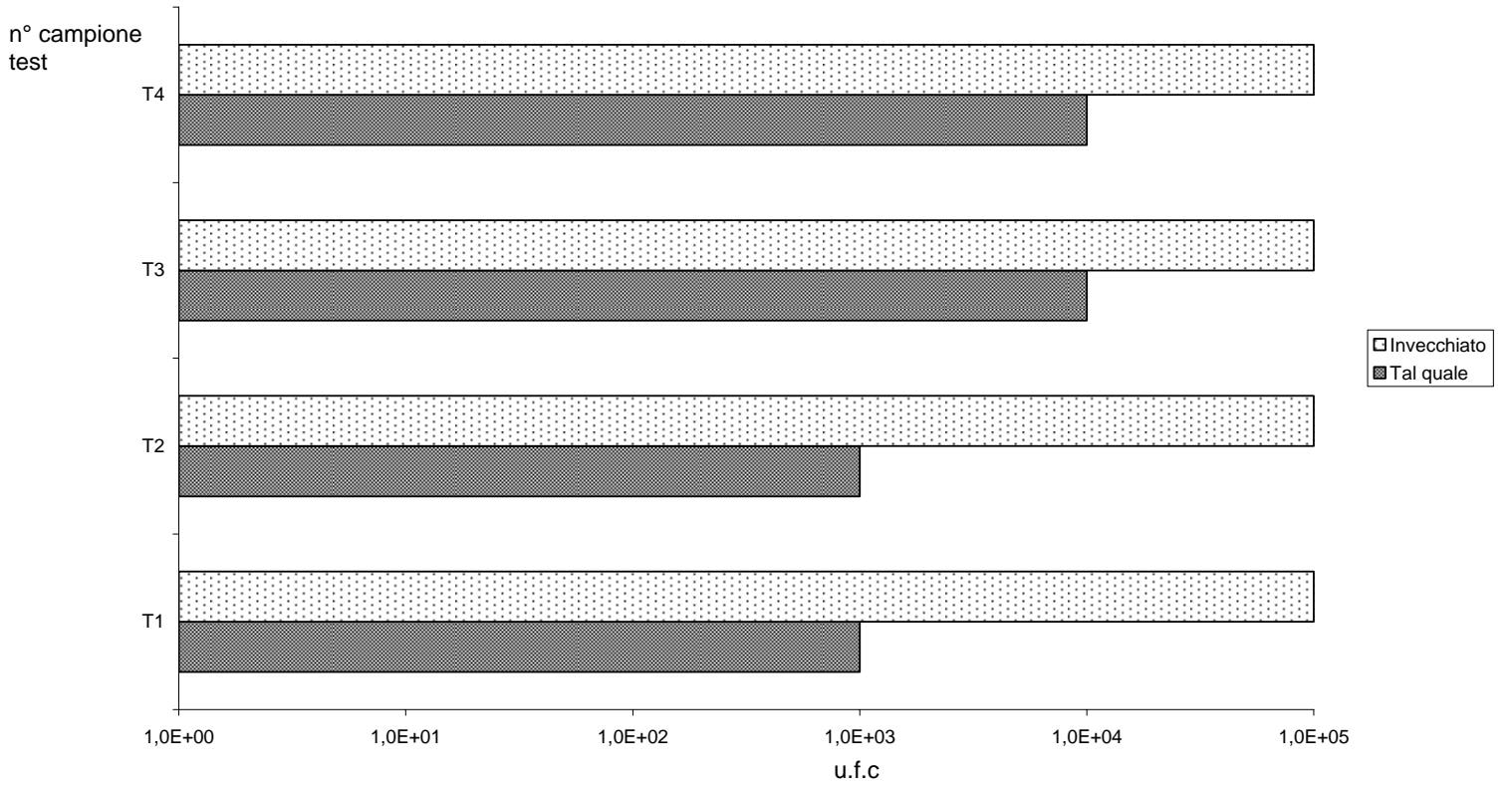


## Seconda serie di prove



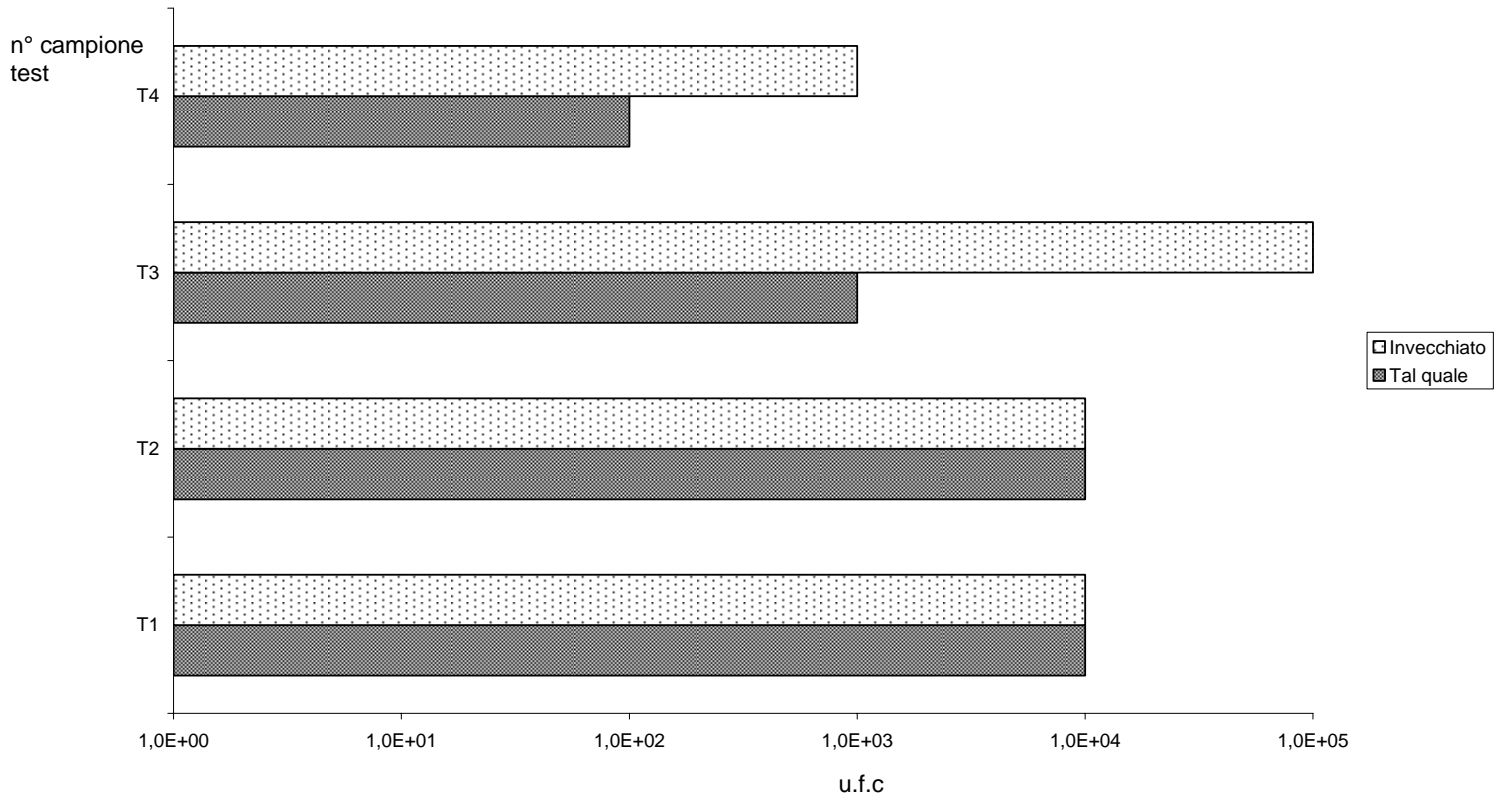
### Prima serie di prove

#### Campione2



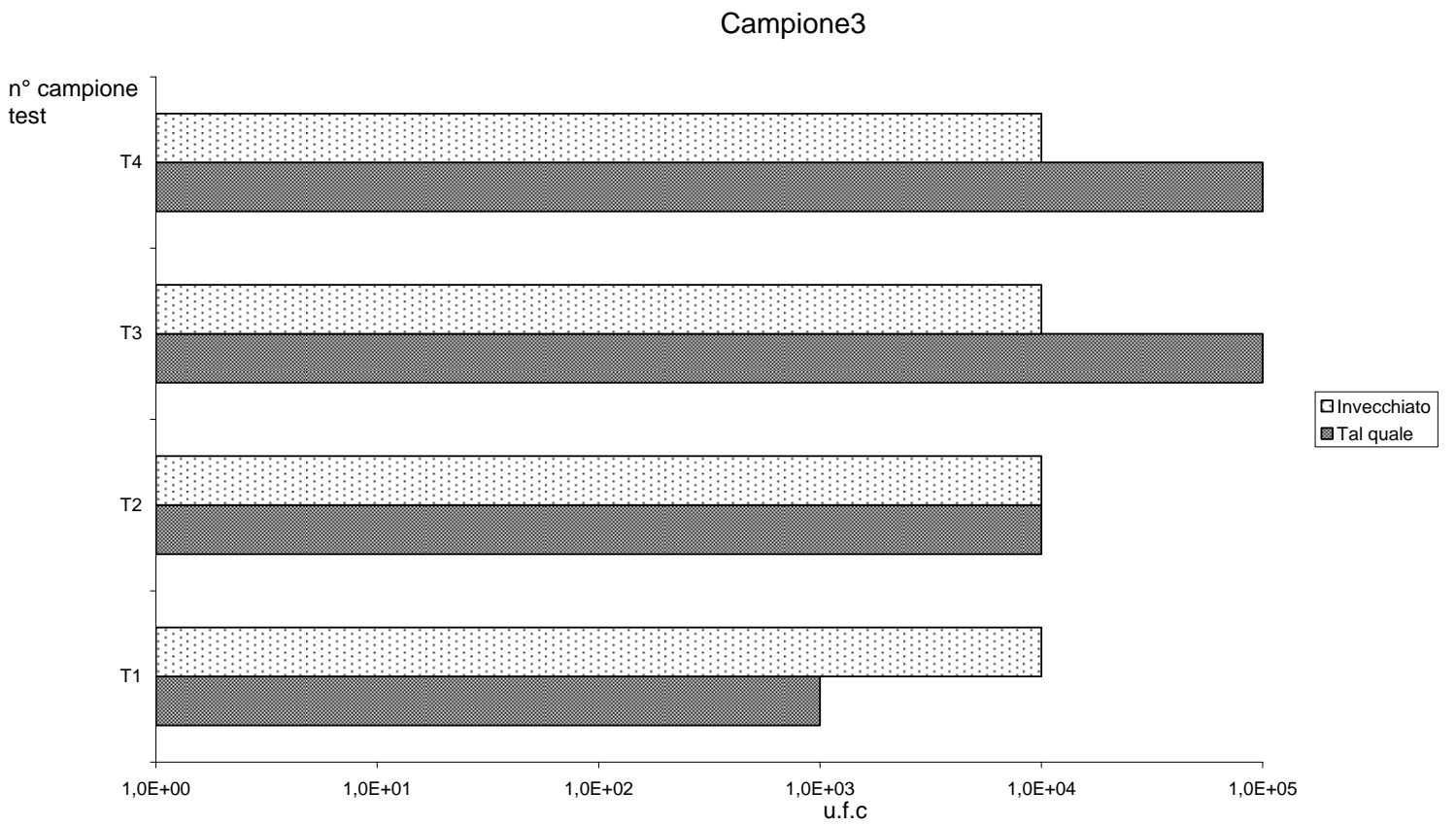
### Seconda serie di prove

#### Campione2

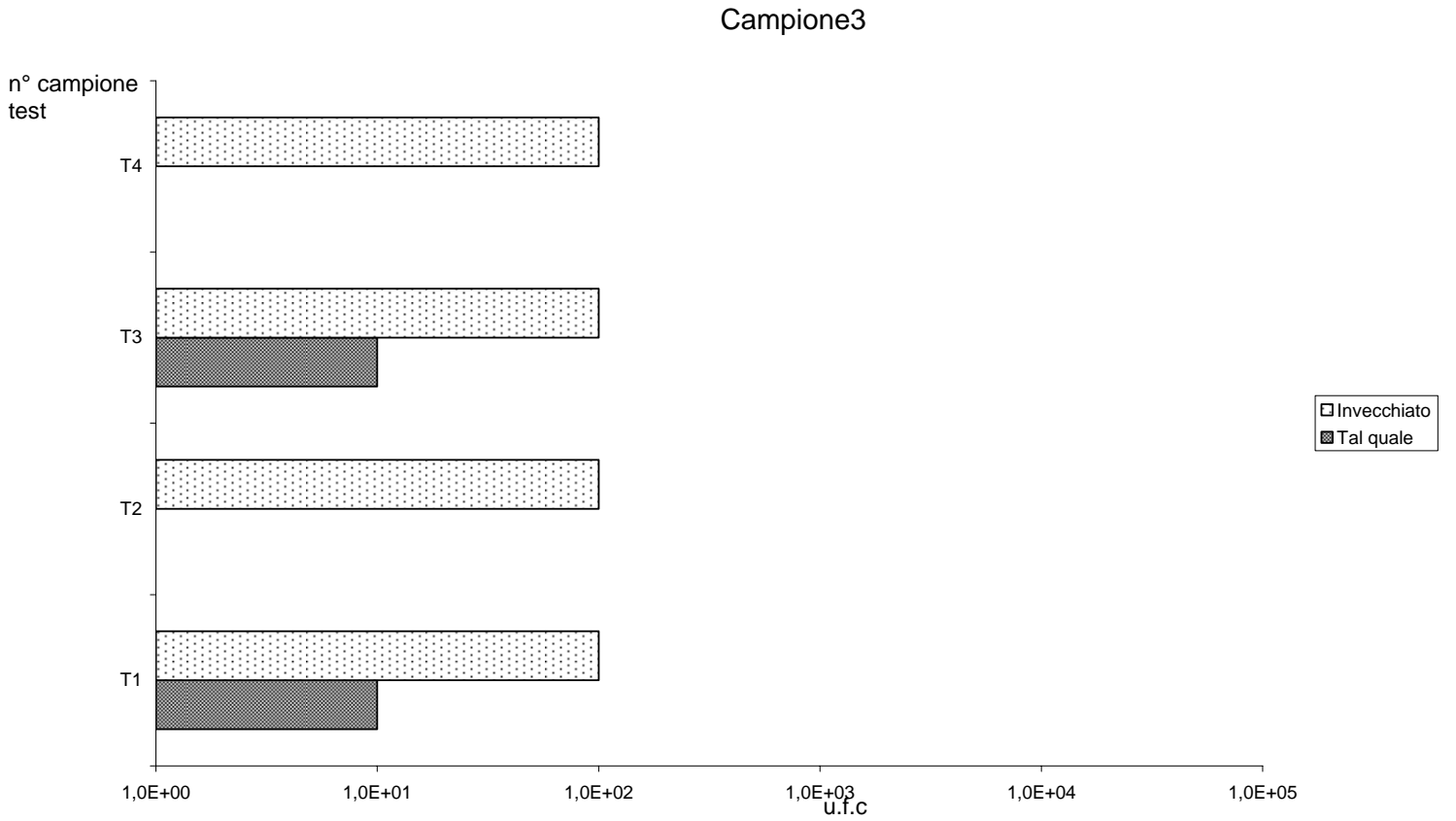




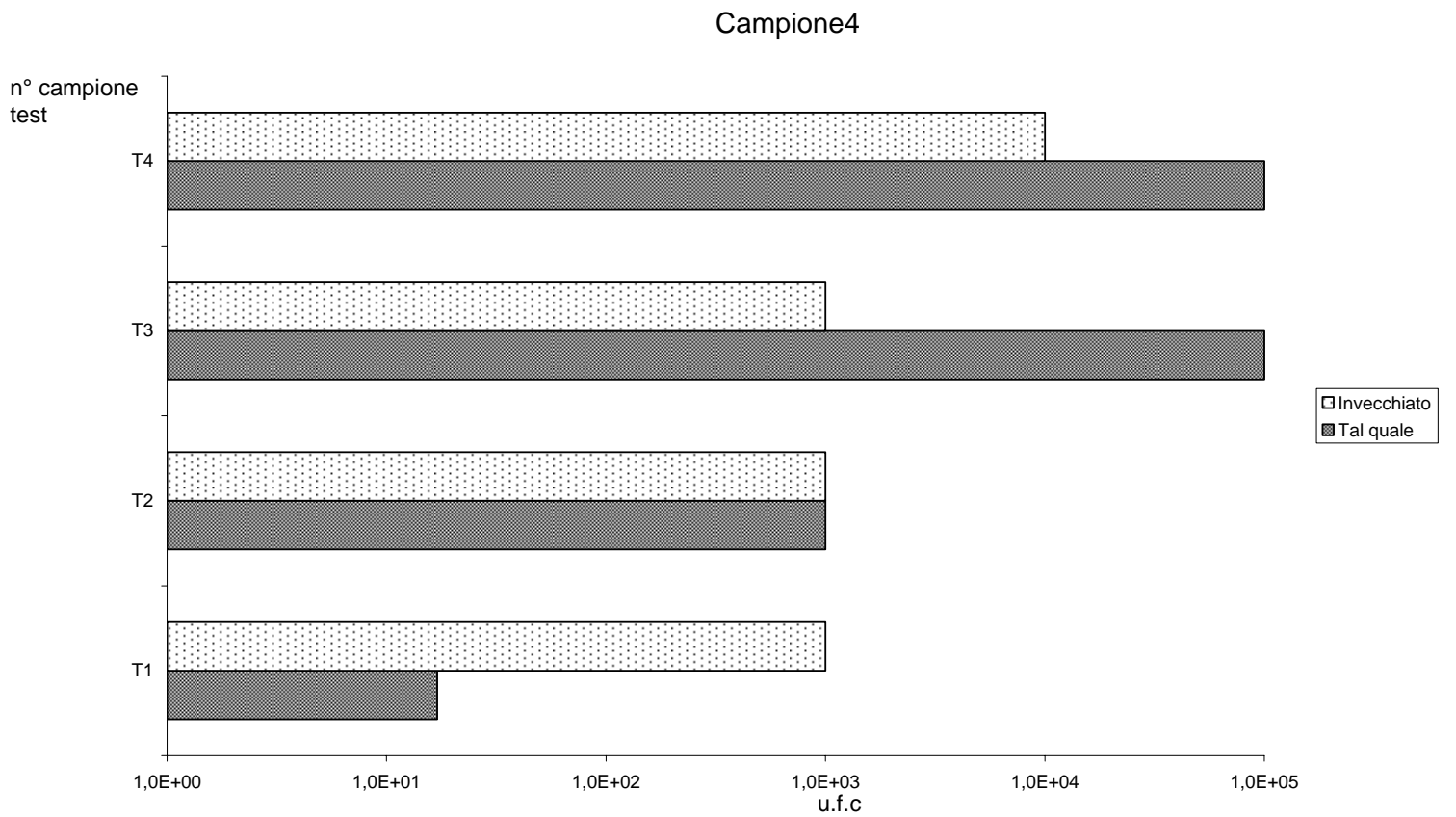
## Prima serie di prove



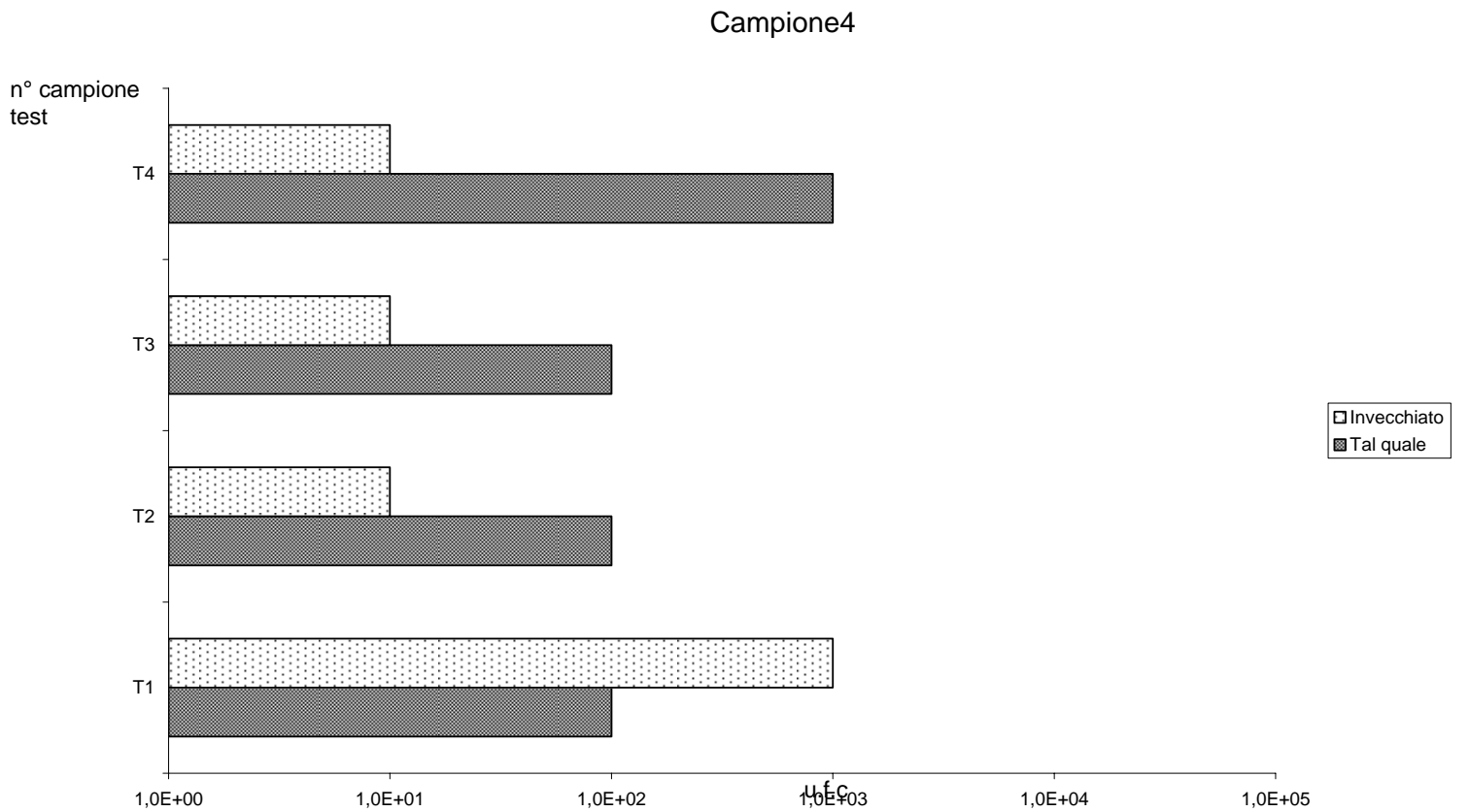
## Seconda serie di prove



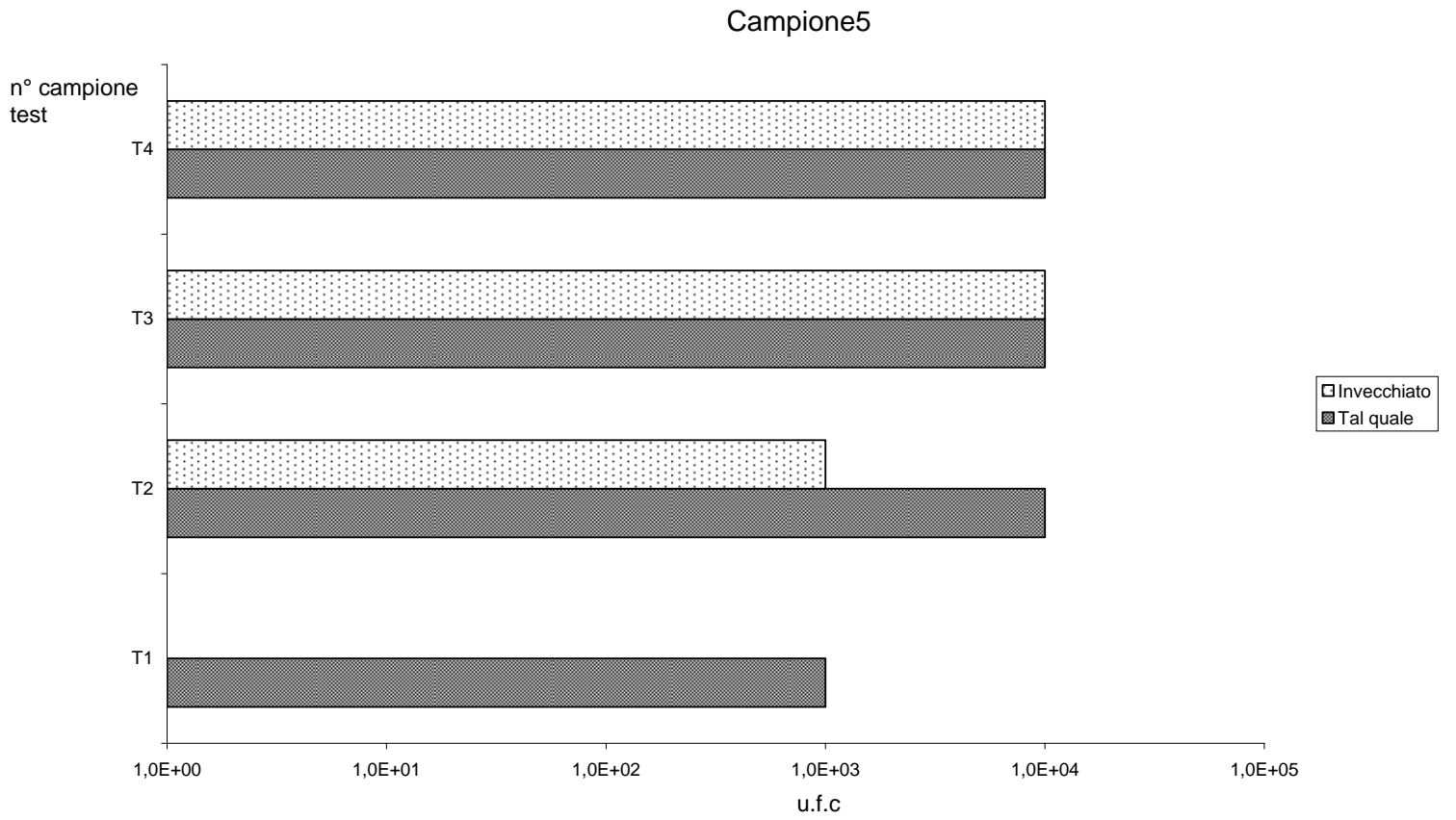
### Prima serie di prove



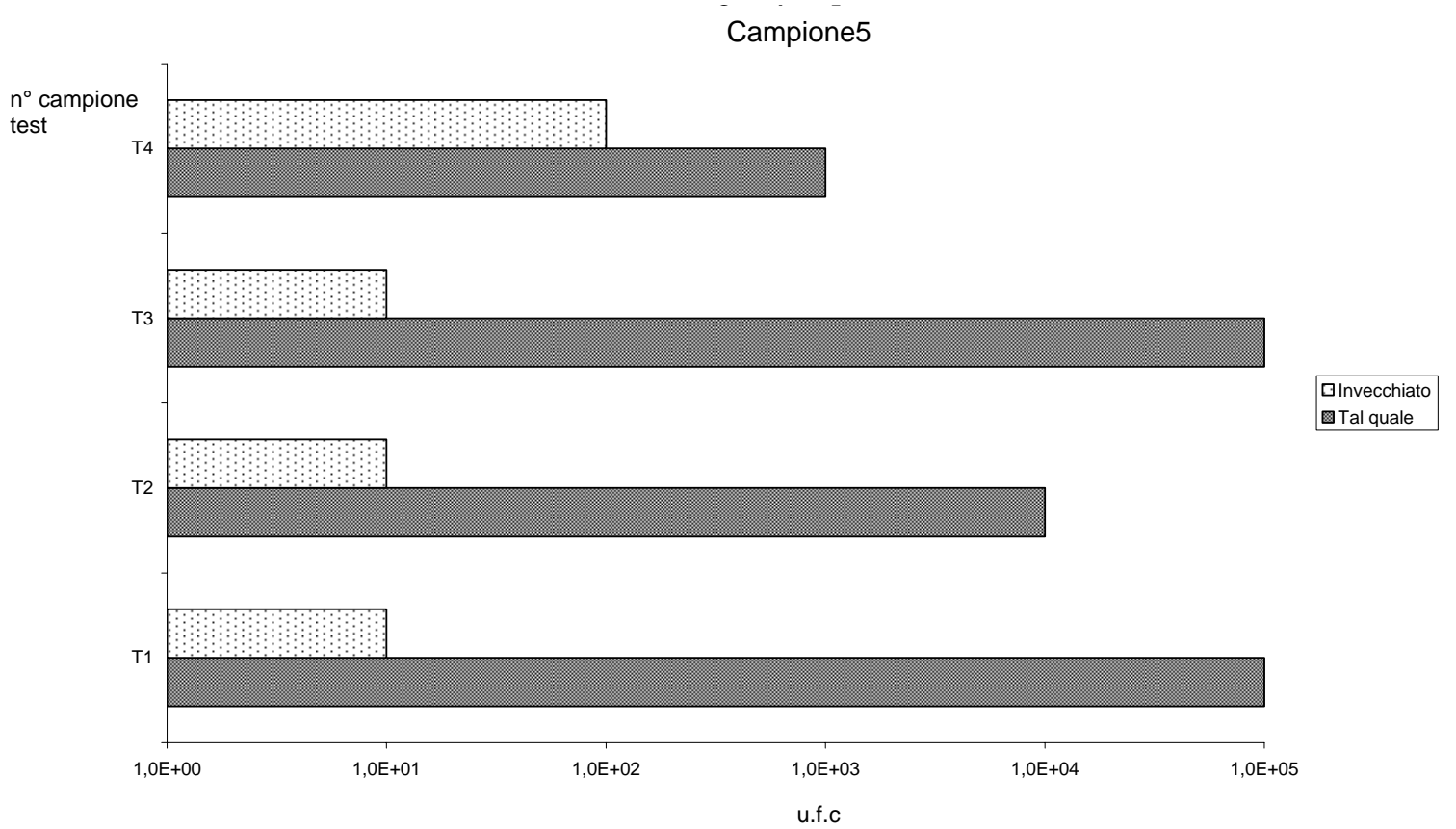
### Seconda serie di prove



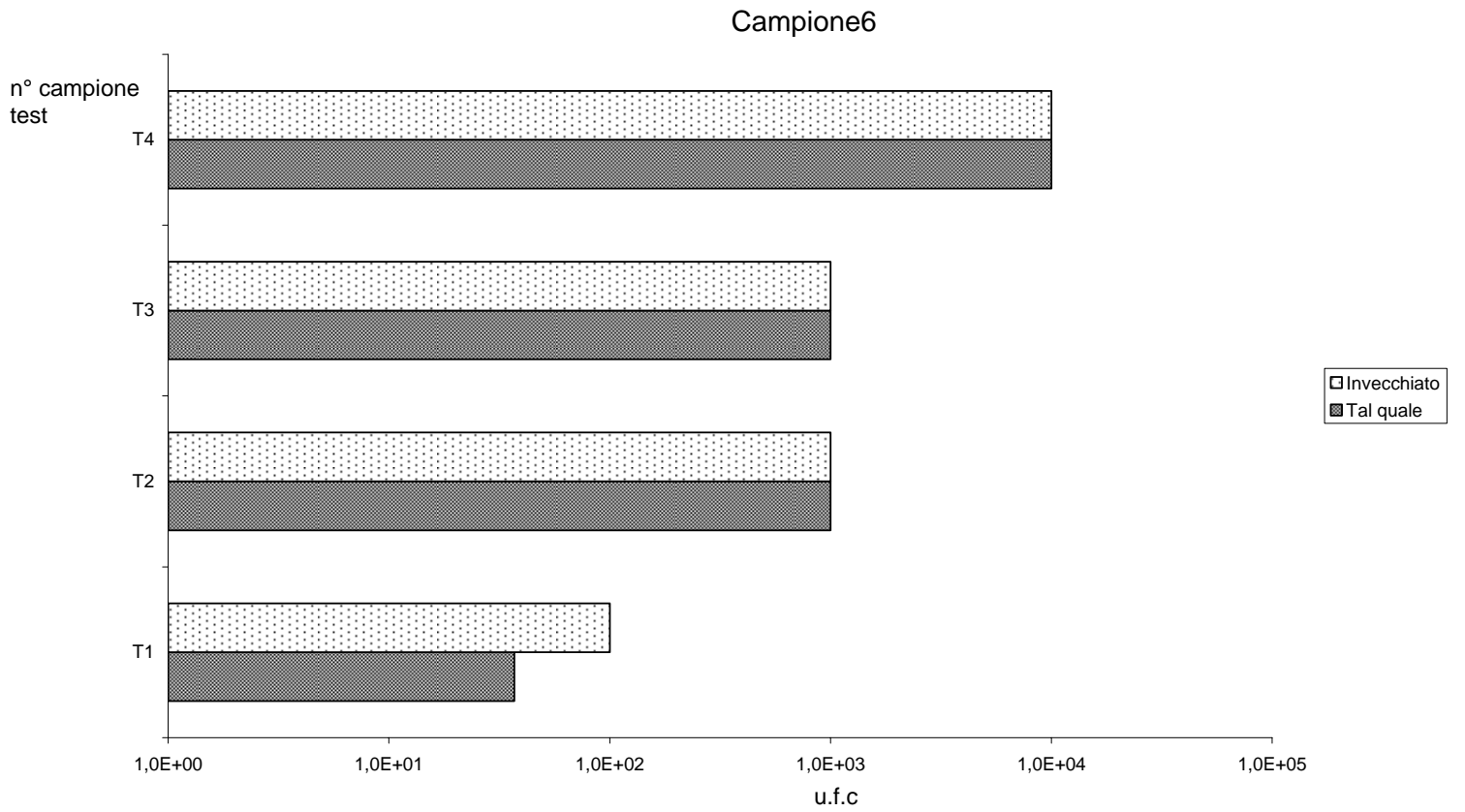
### Prima serie di prove



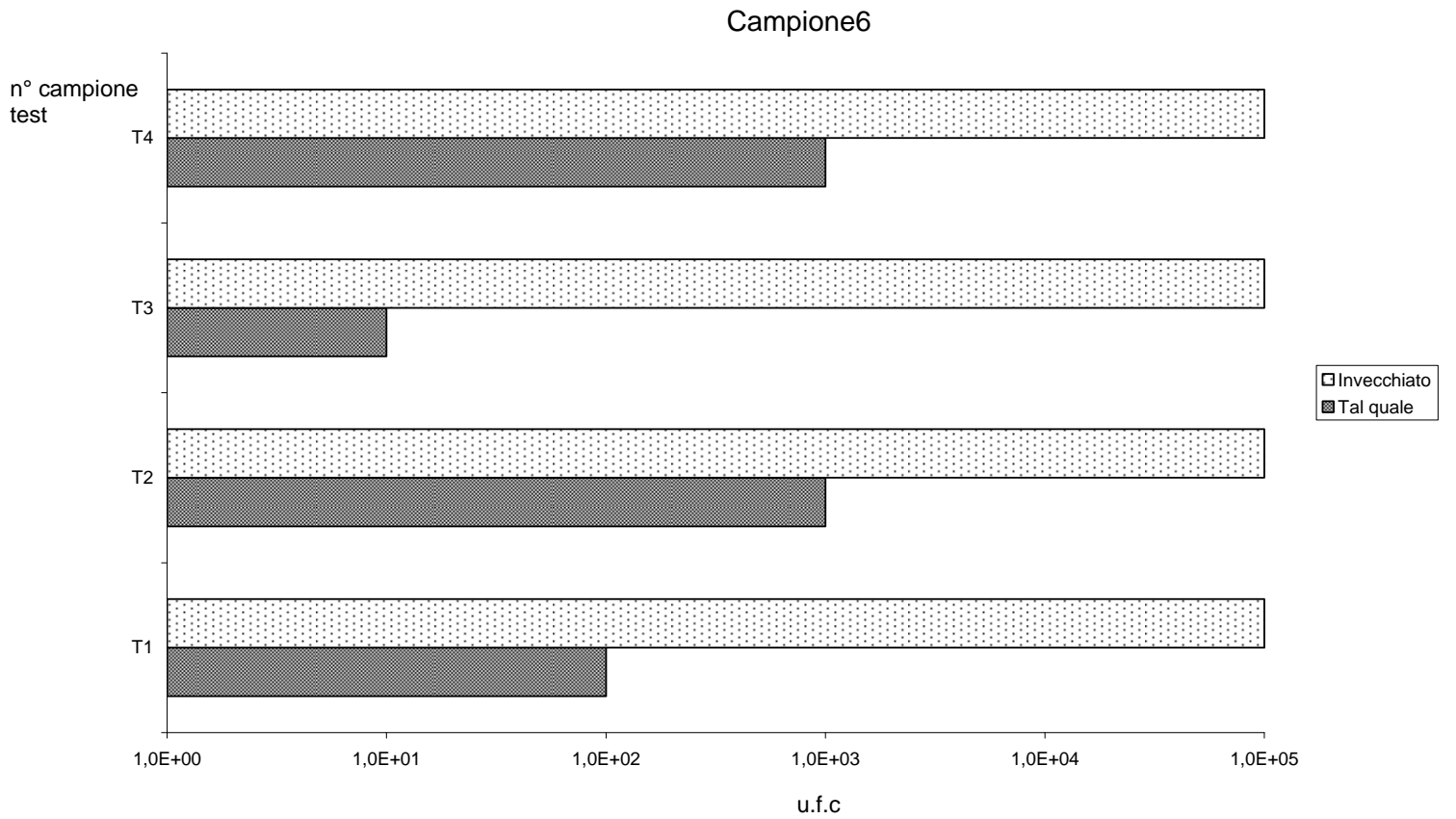
### Seconda serie di prove



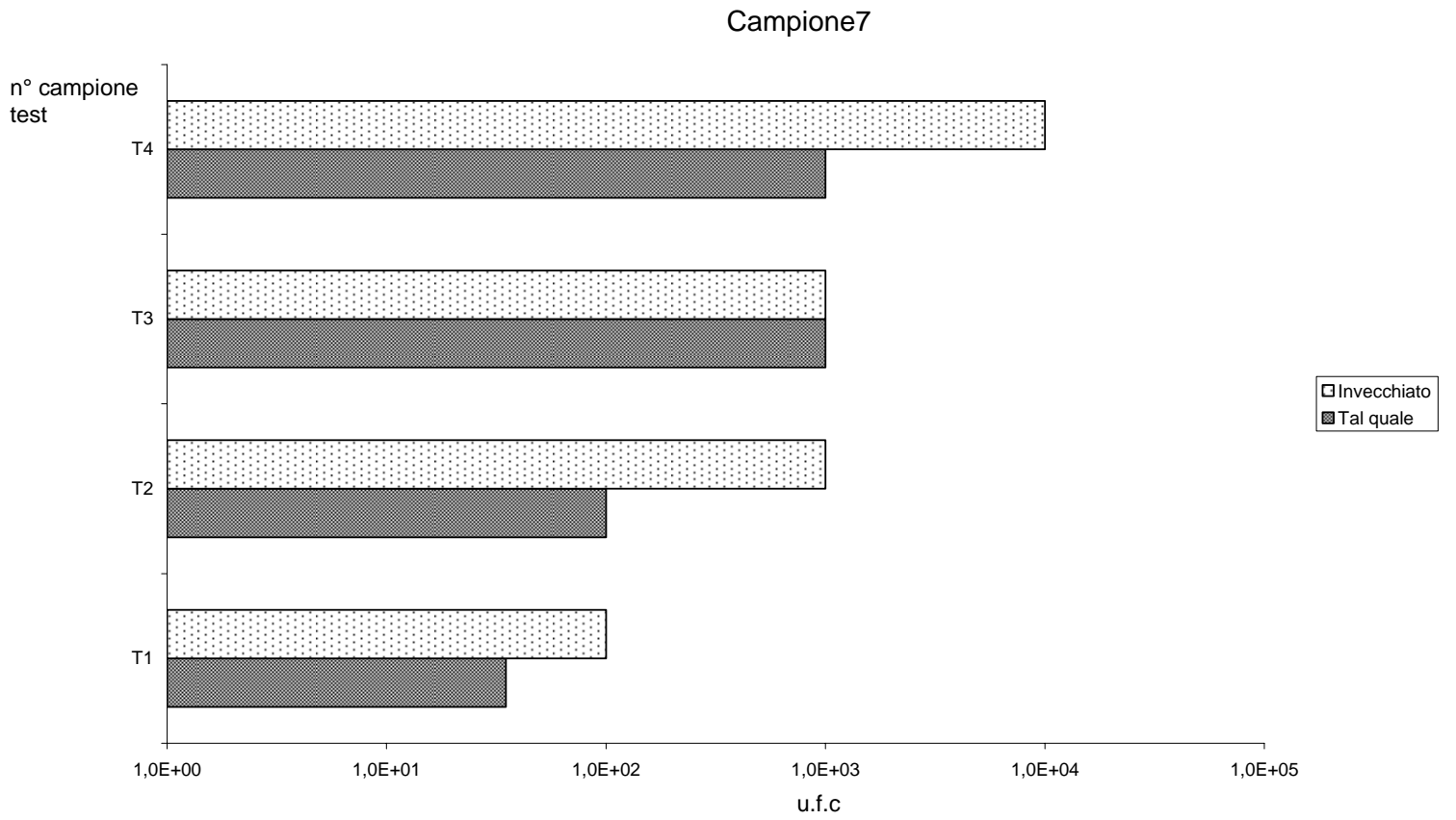
**Prima serie di prove**



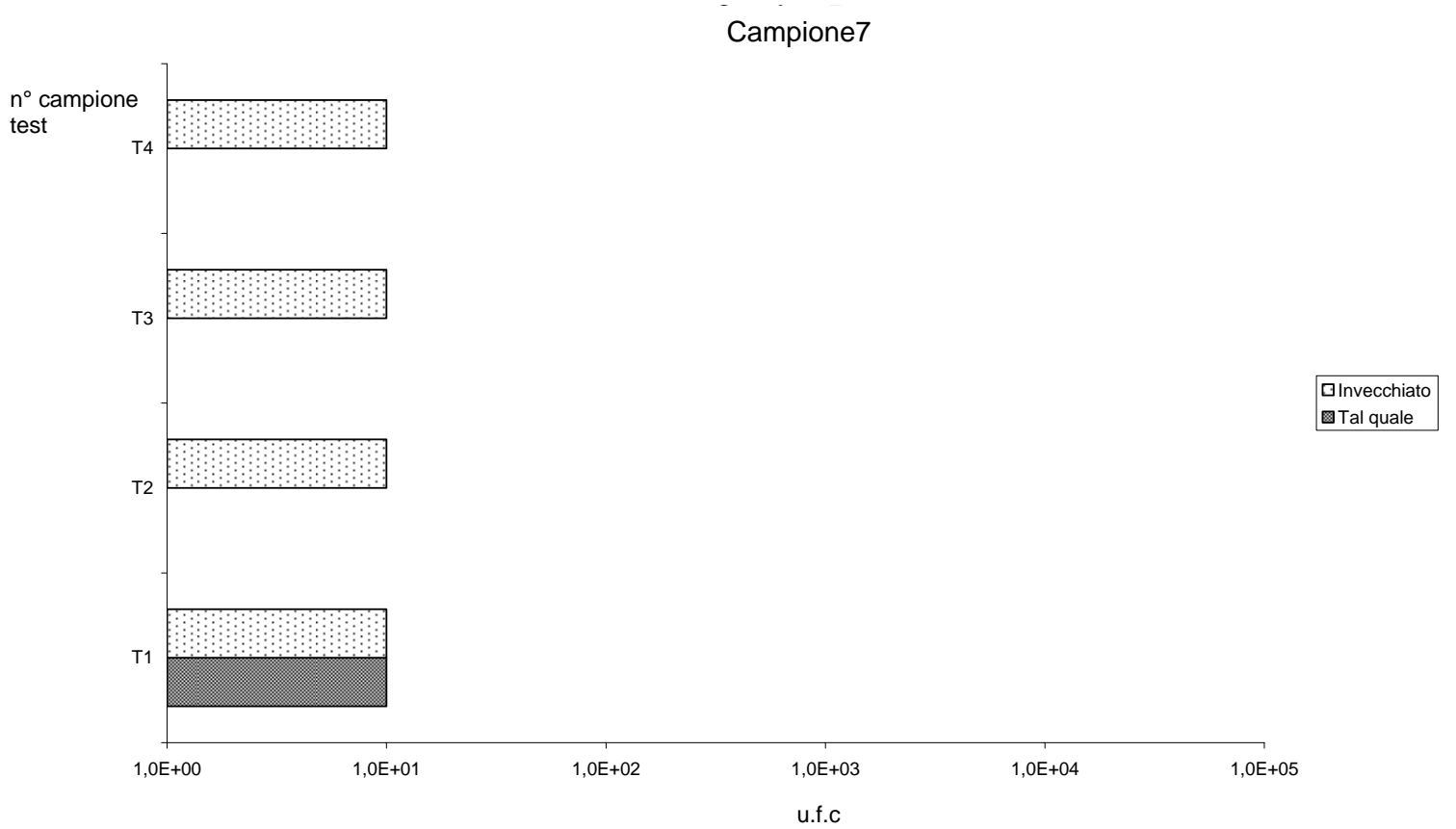
**Seconda serie di prove**



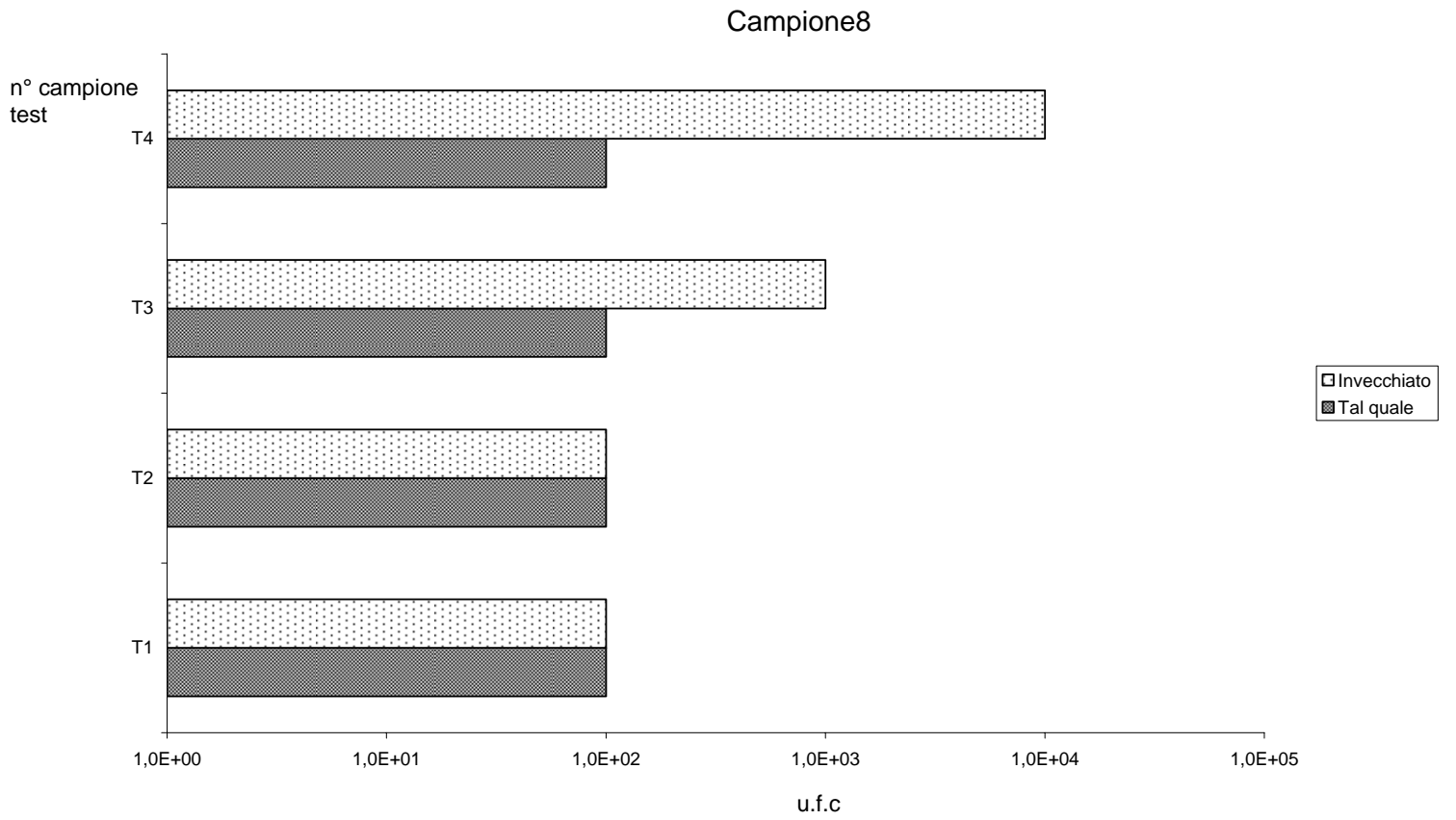
### Prima serie di prove



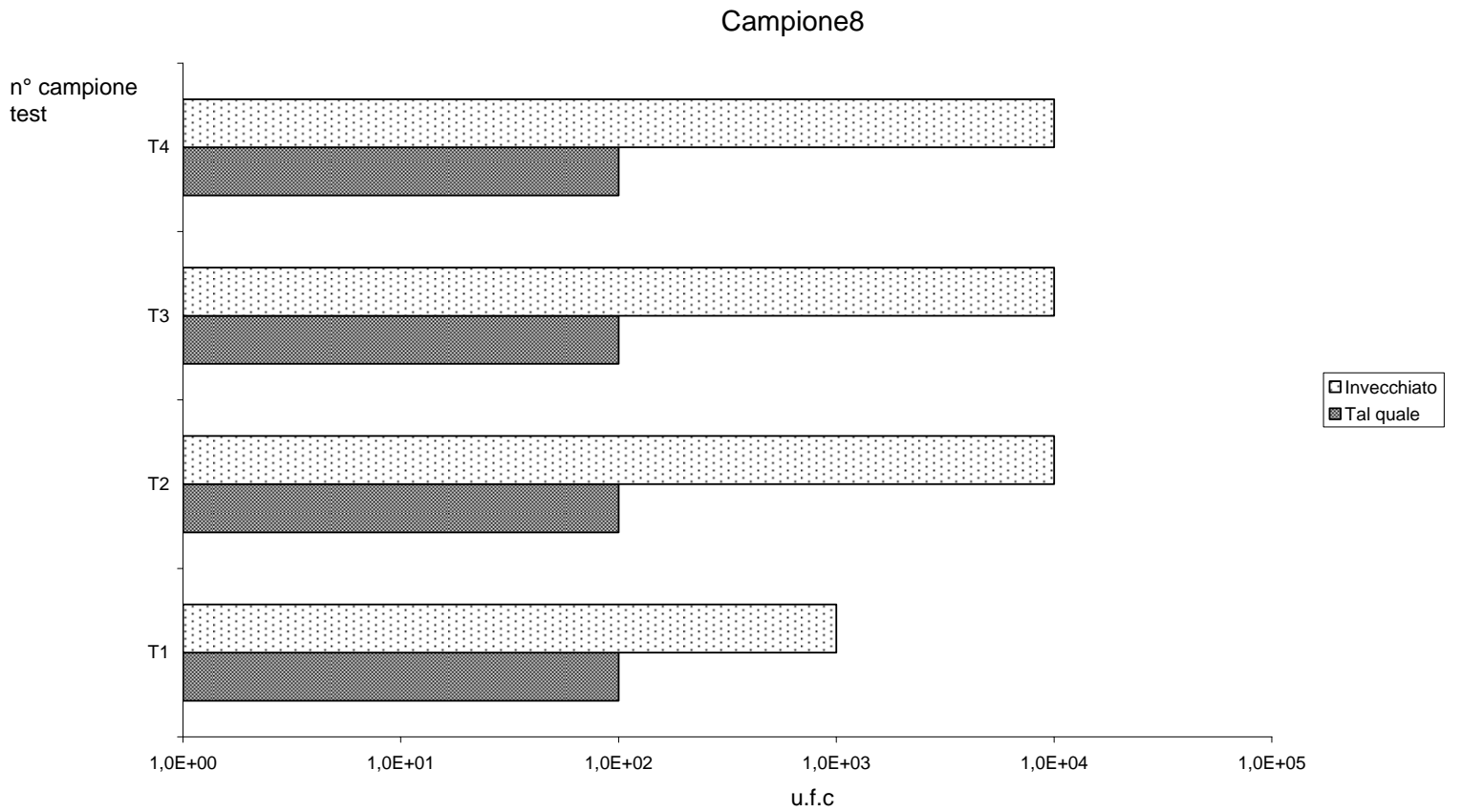
### Seconda serie di prove



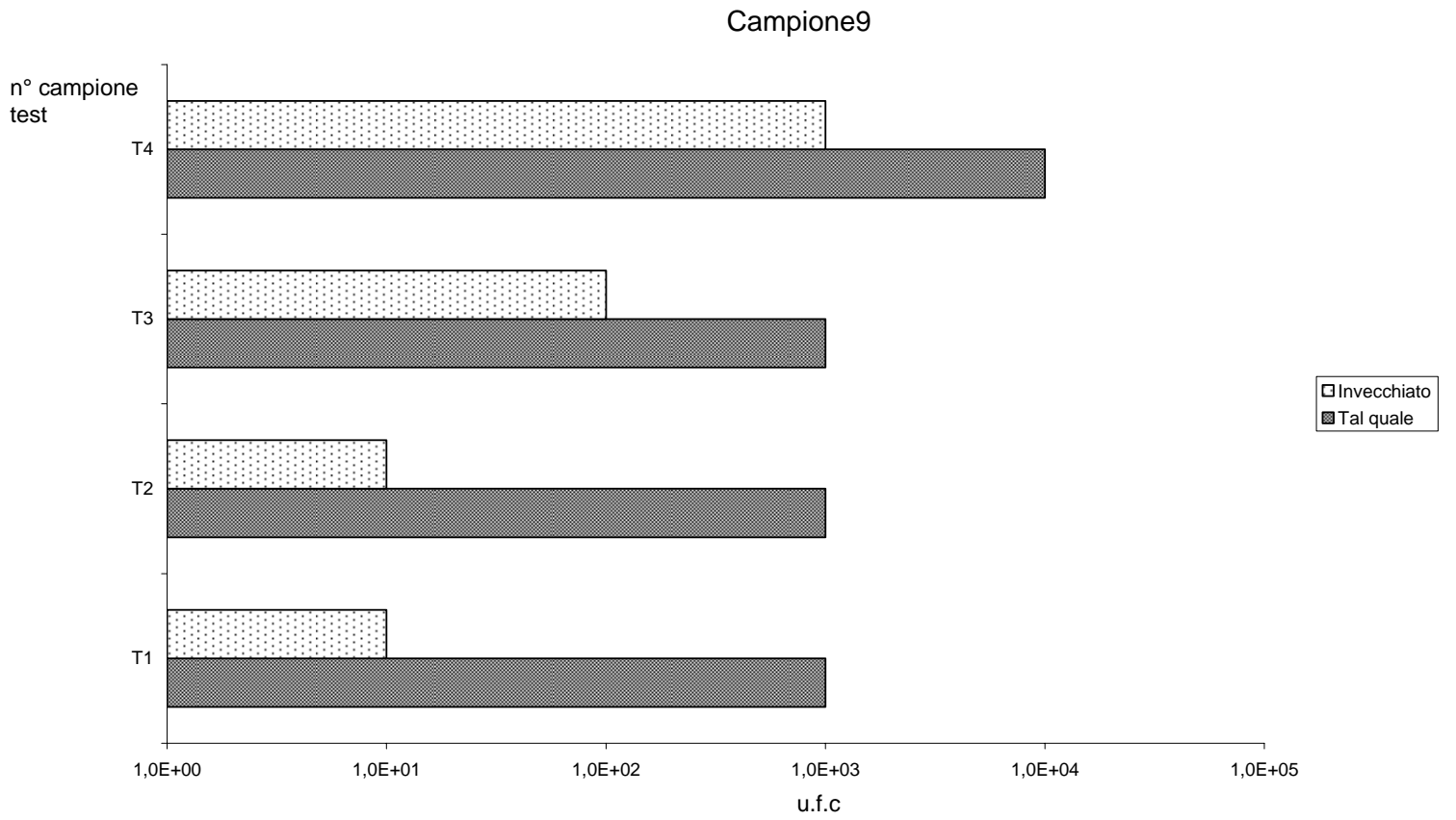
**Seconda serie di prove**



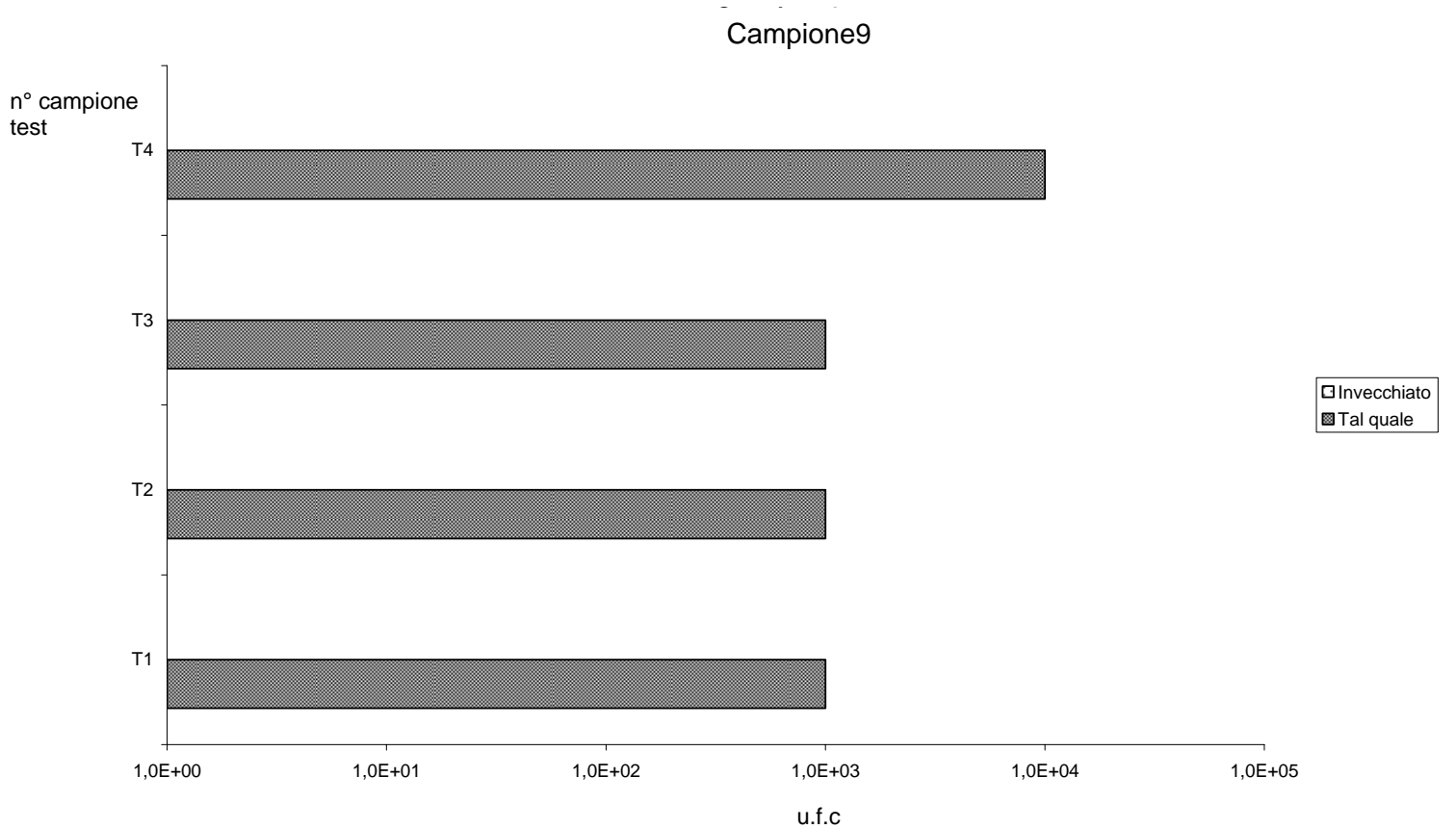
**Seconda serie di prove**



### Prima serie di prove

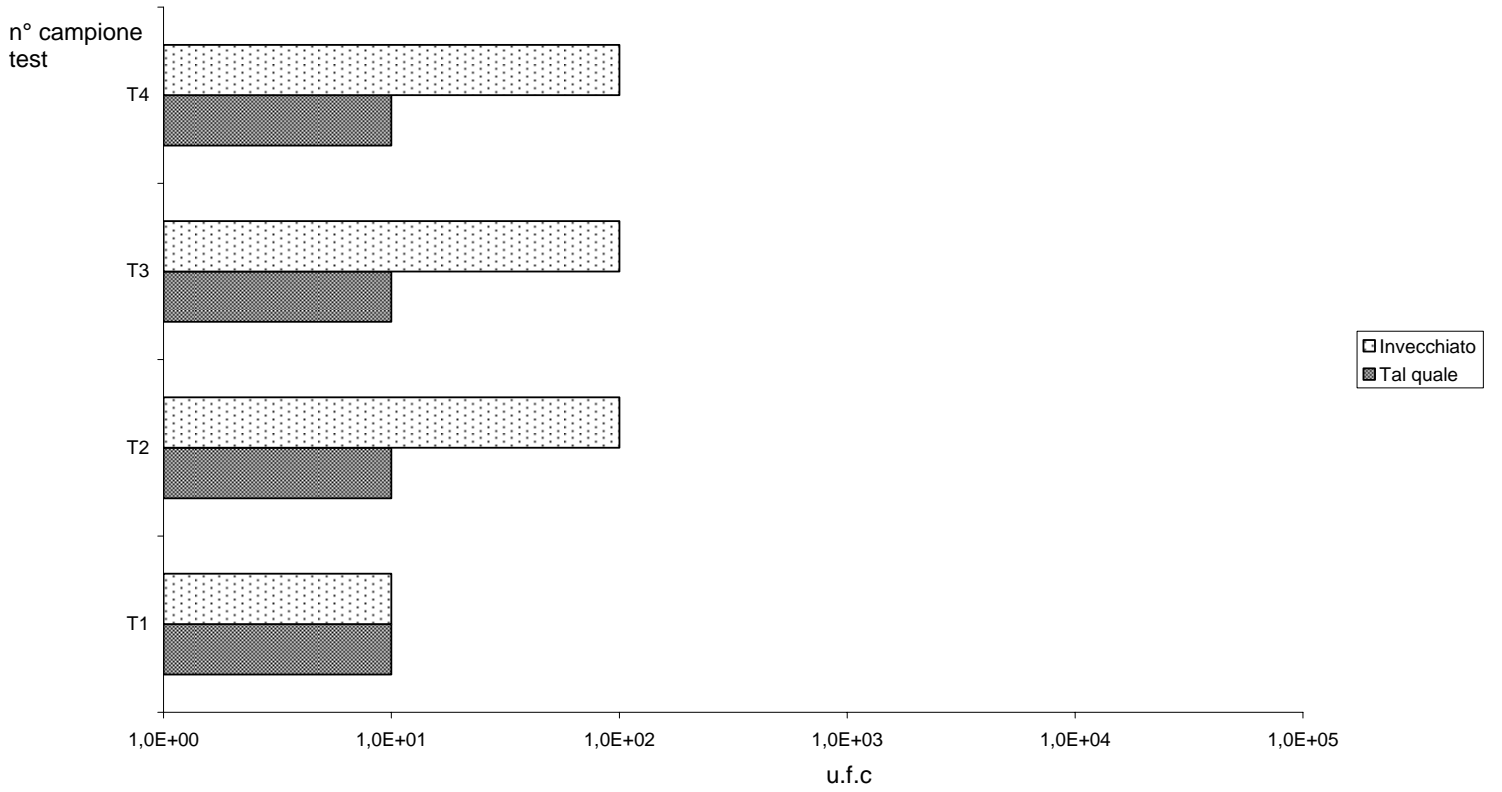


### Seconda serie di prove



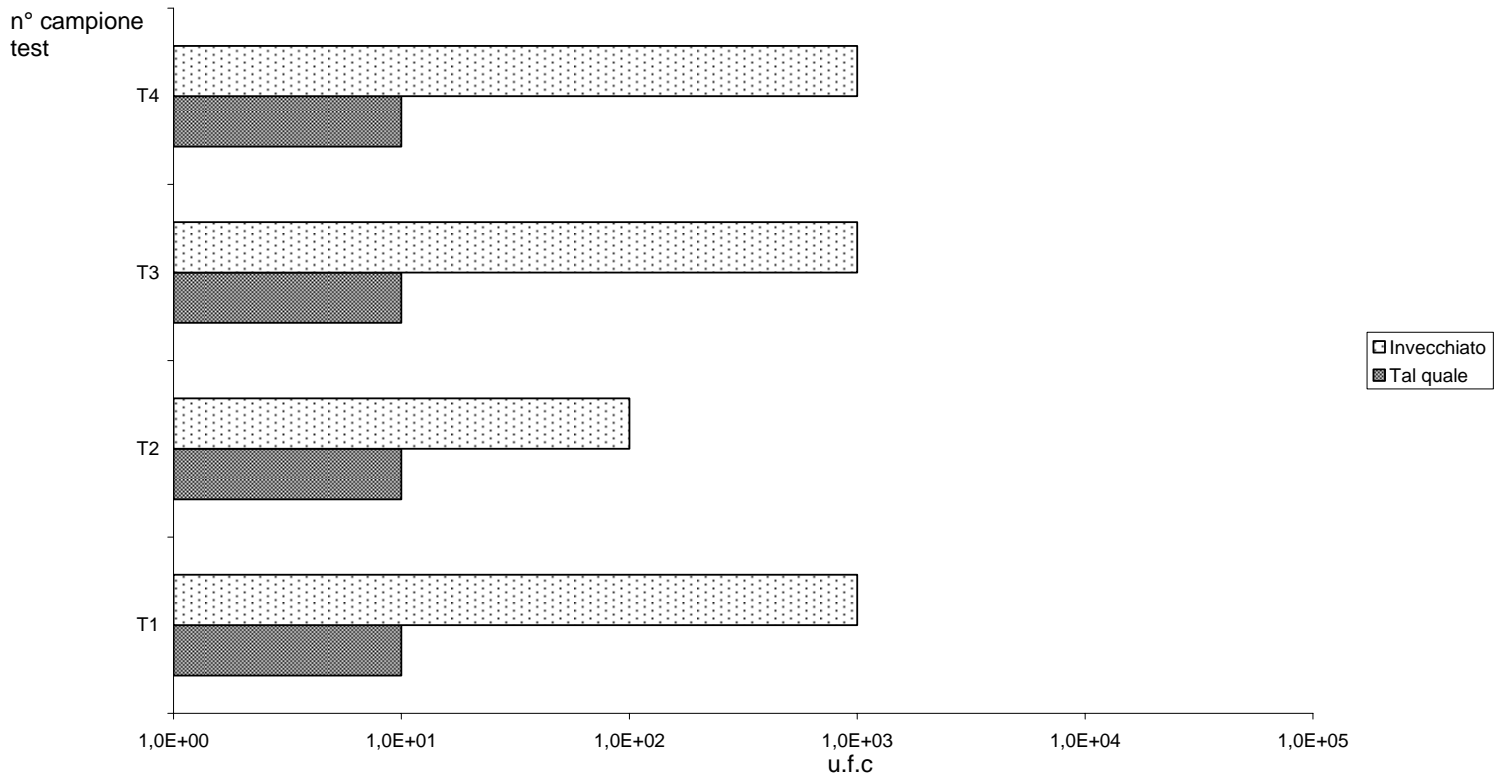
### Prima serie di prove

Campione10



### Seconda serie di prove

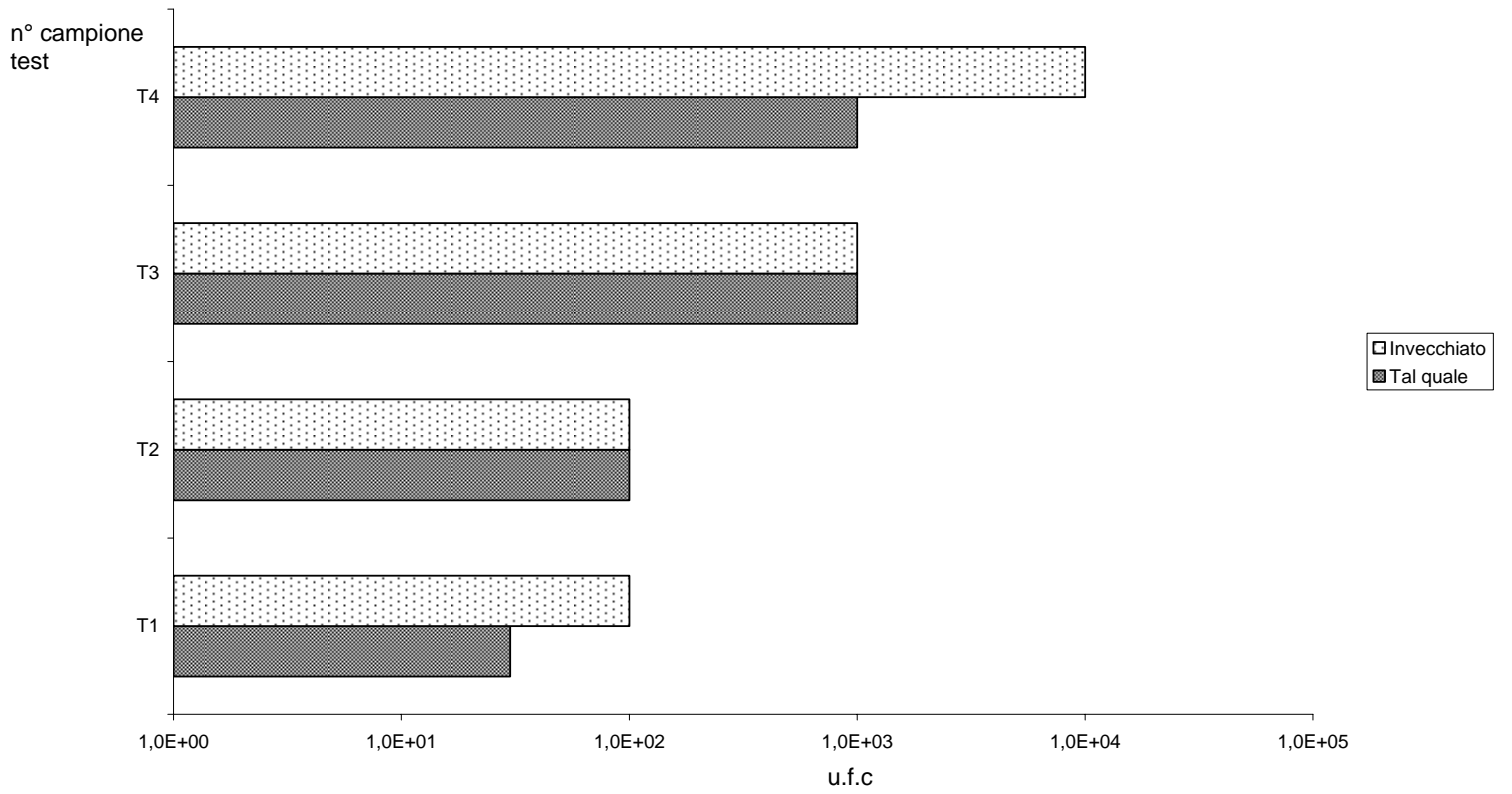
Campione10





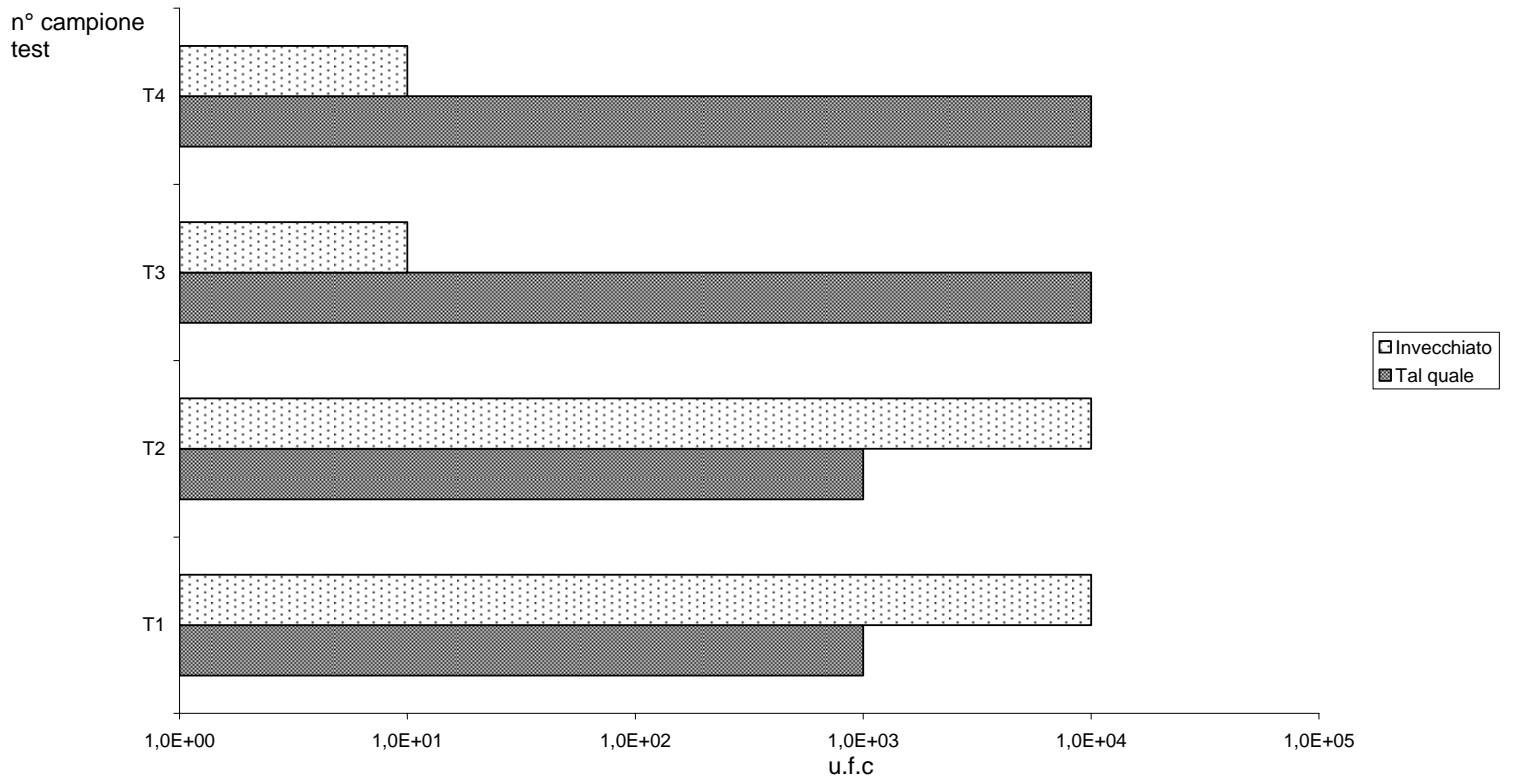
### Prima serie di prove

Campione11

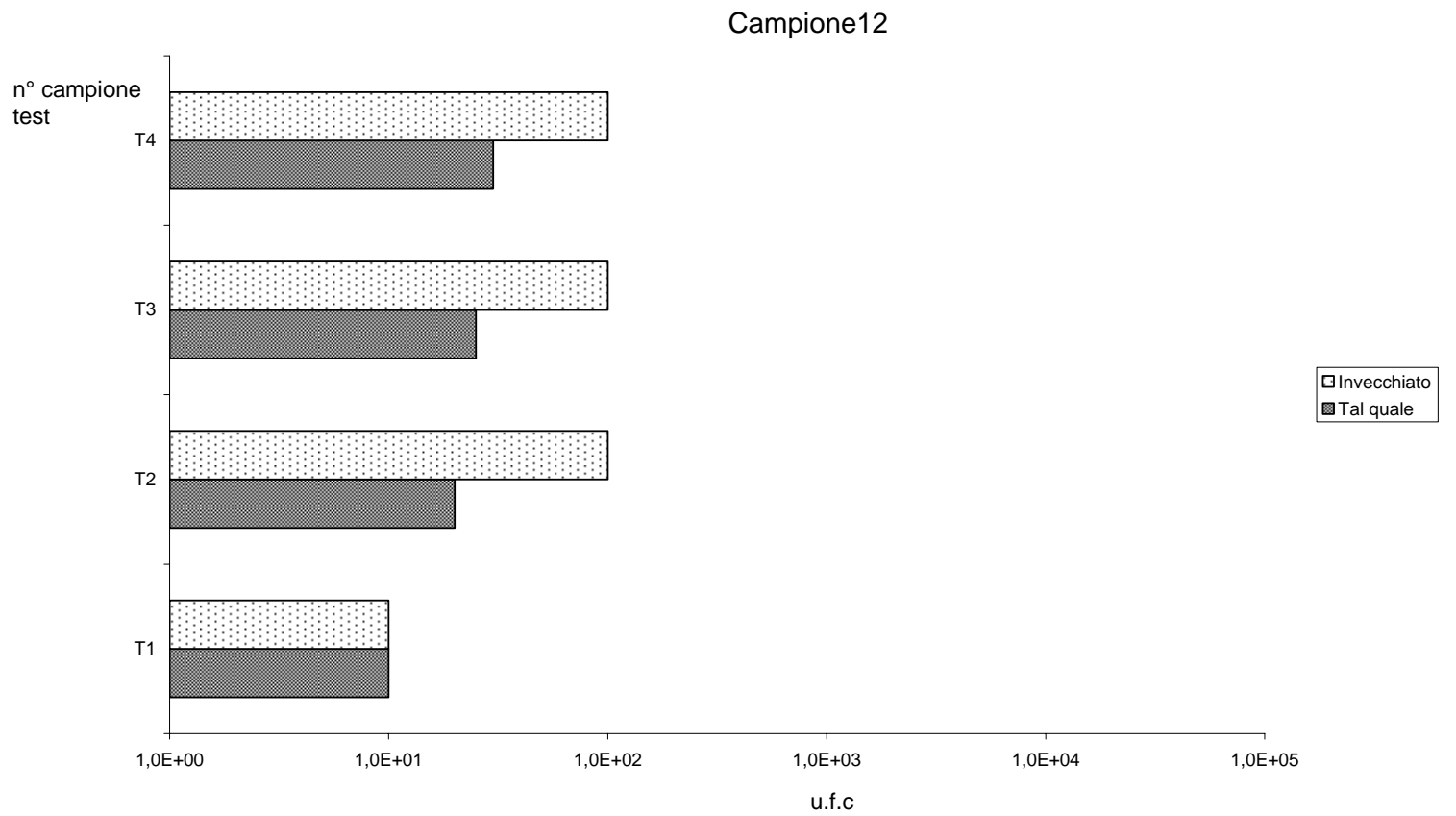


### Seconda serie di prove

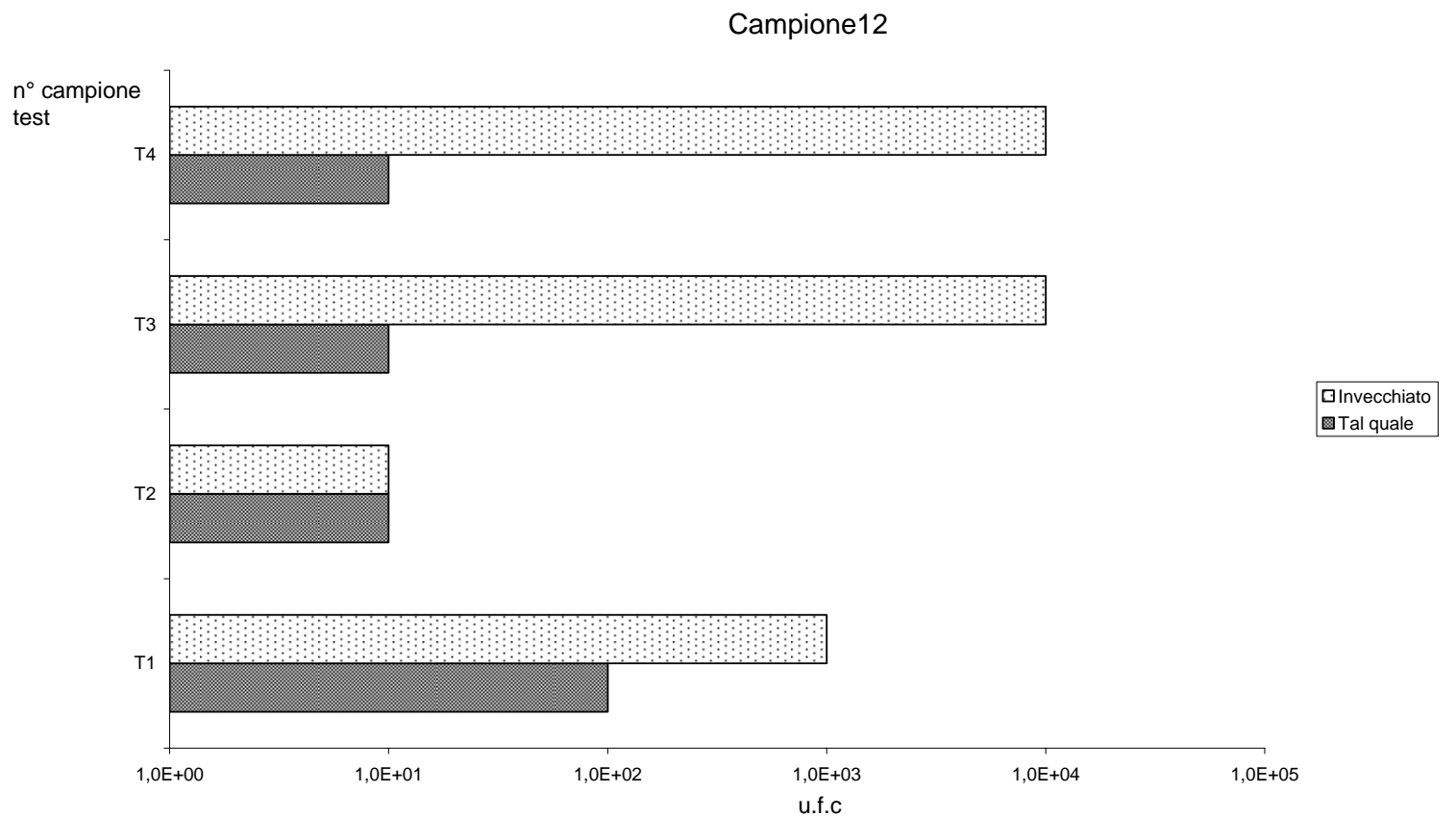
Campione11



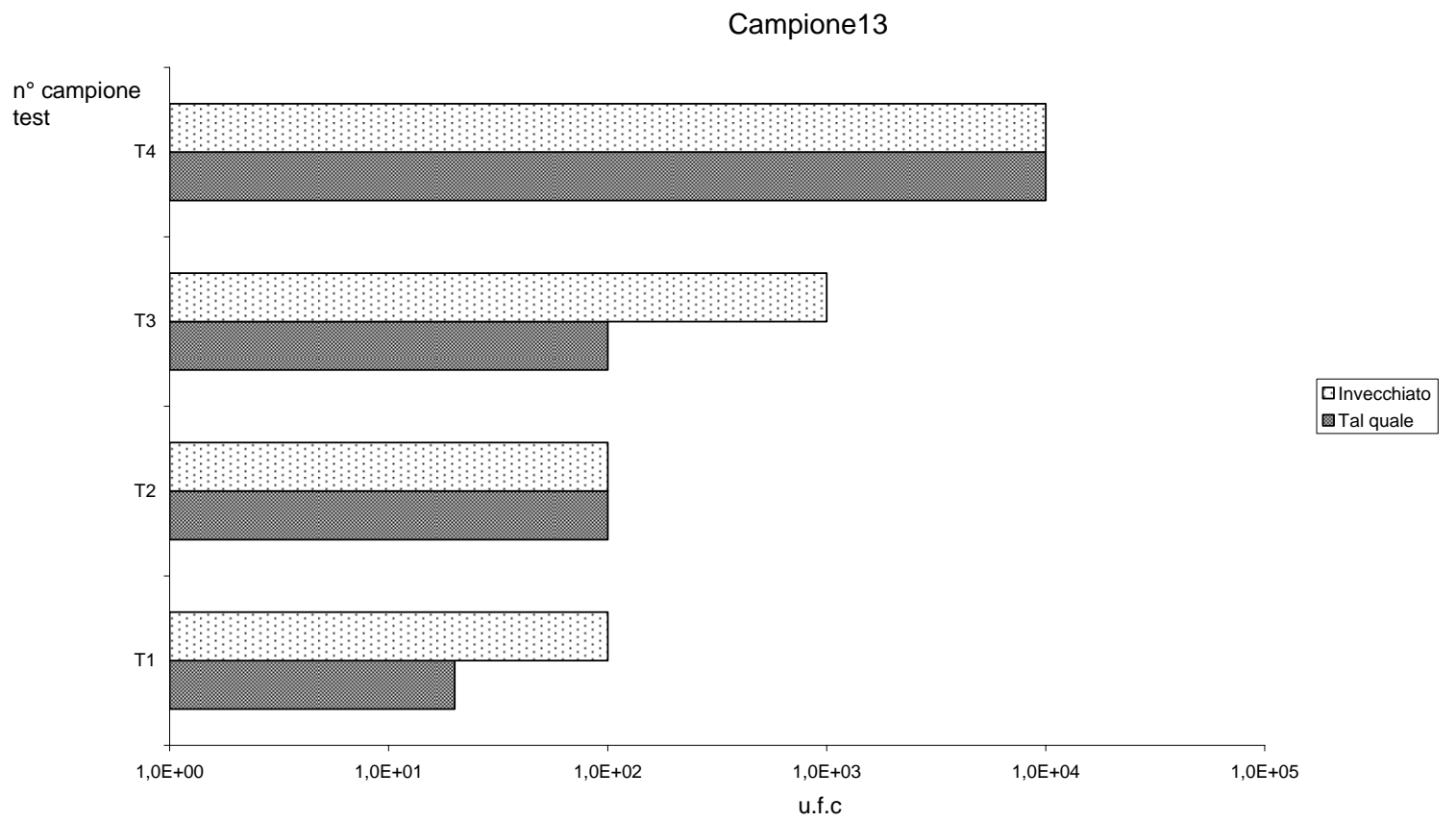
### Prima serie di prove



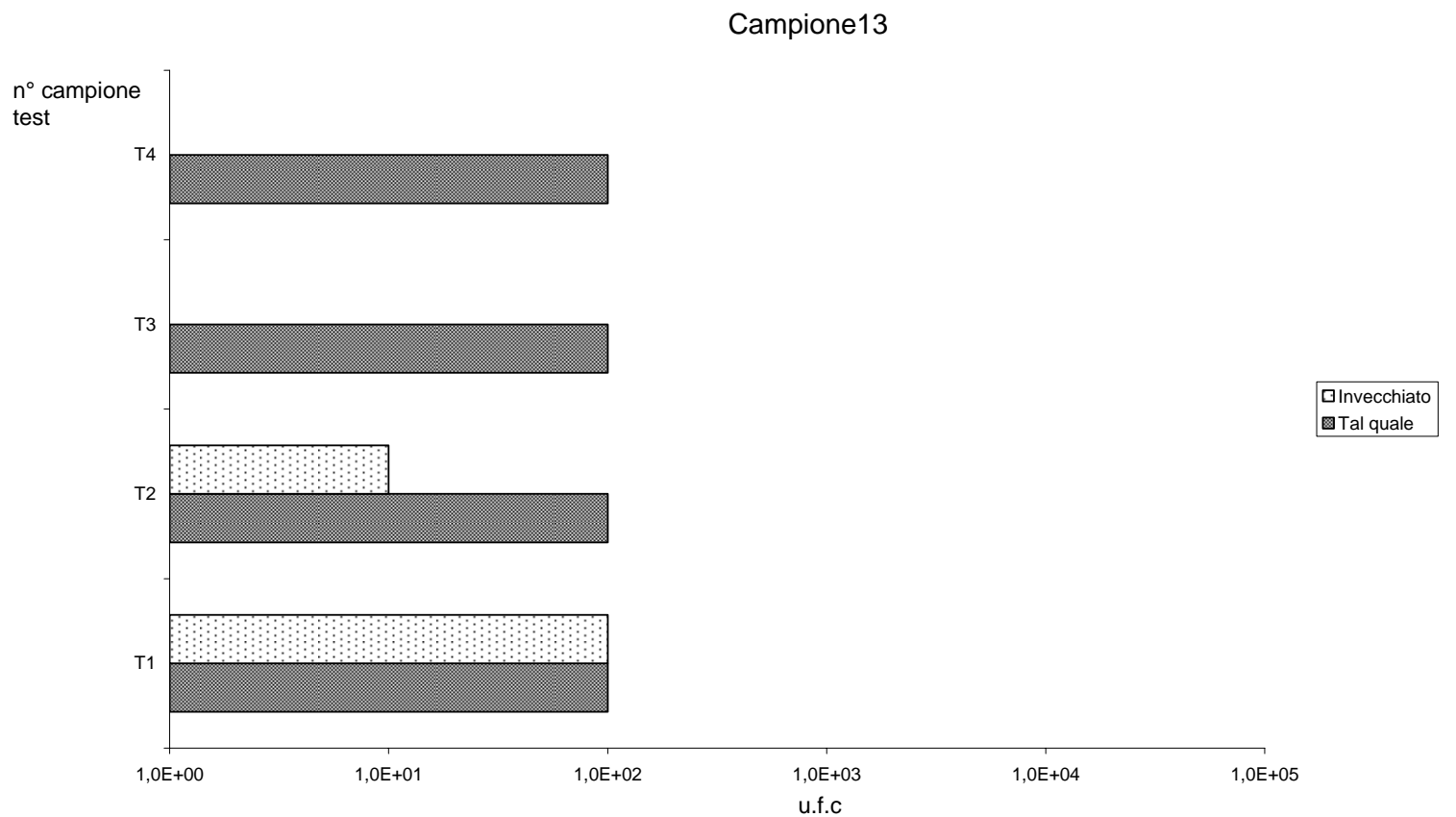
### Seconda serie di prove



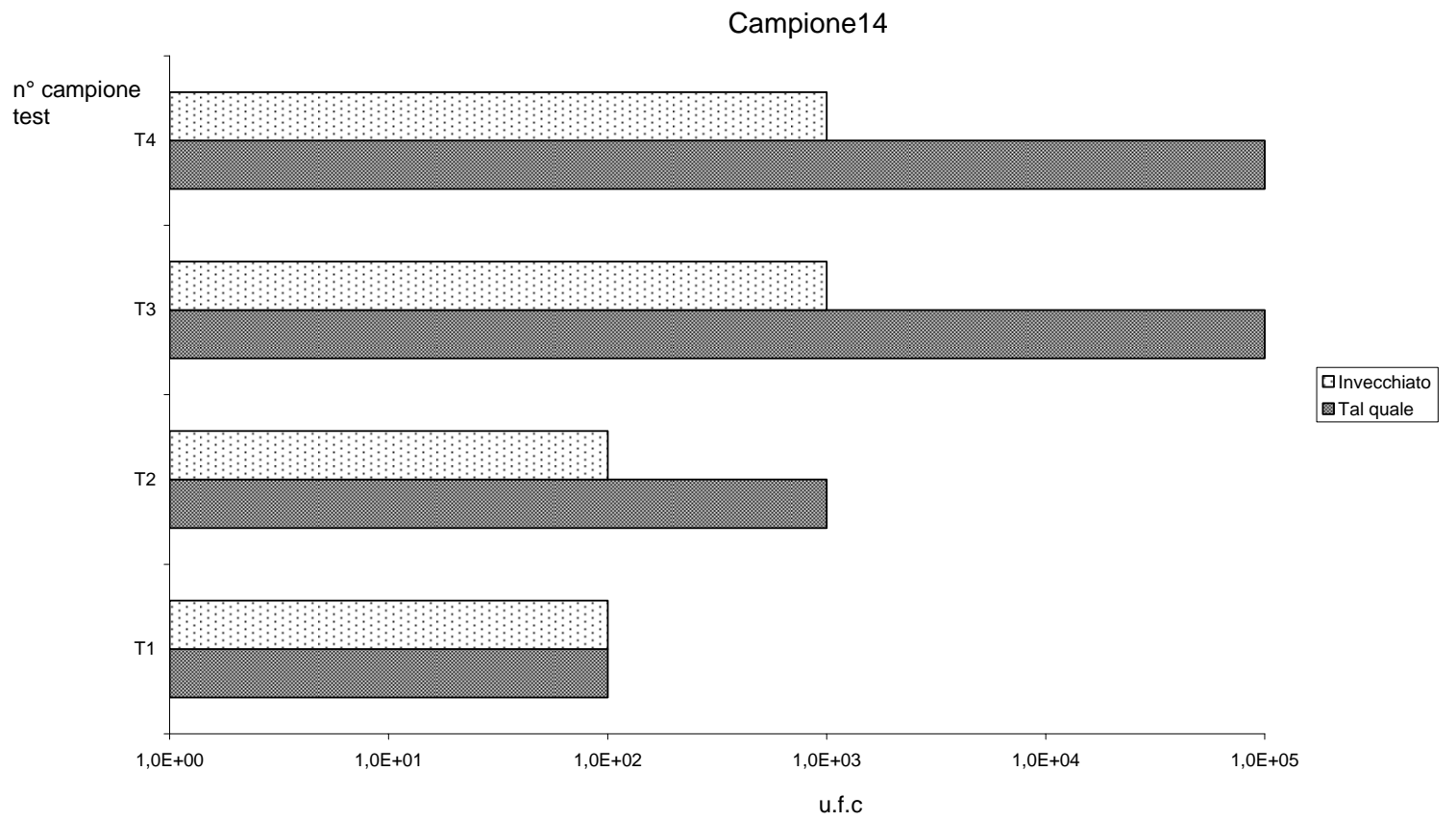
### Prima serie di prove



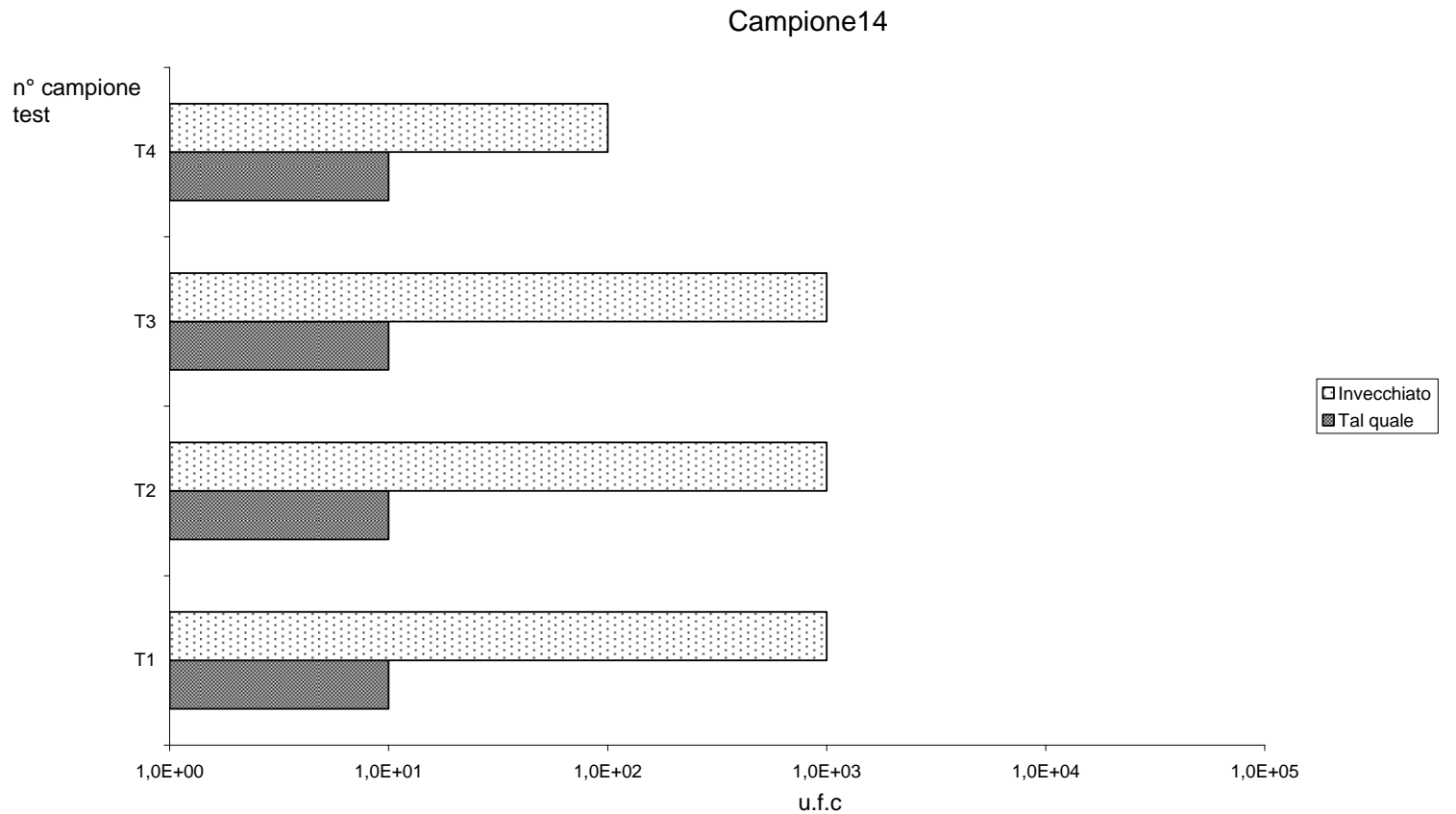
### Seconda serie di prove



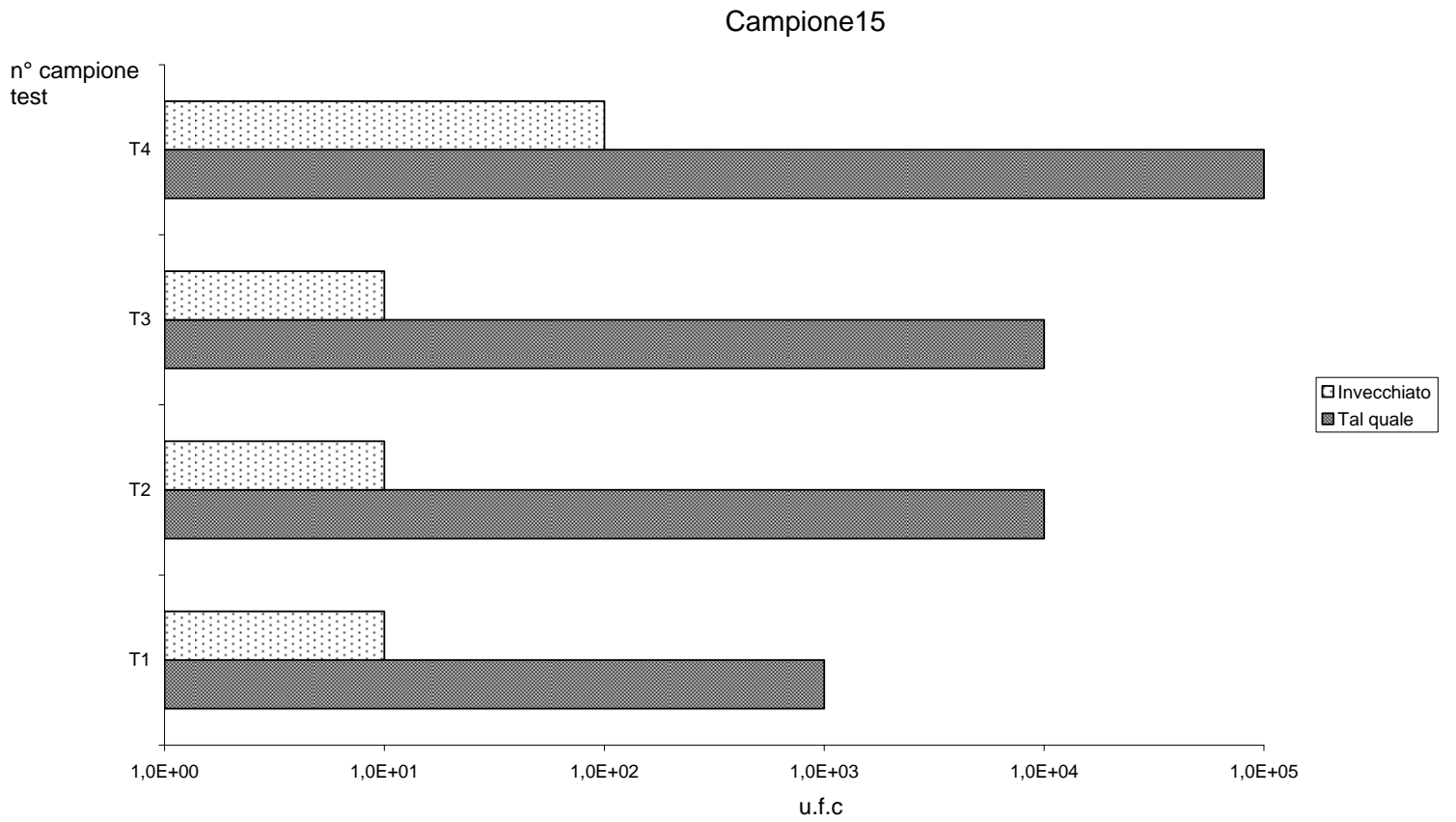
### Prima serie di prove



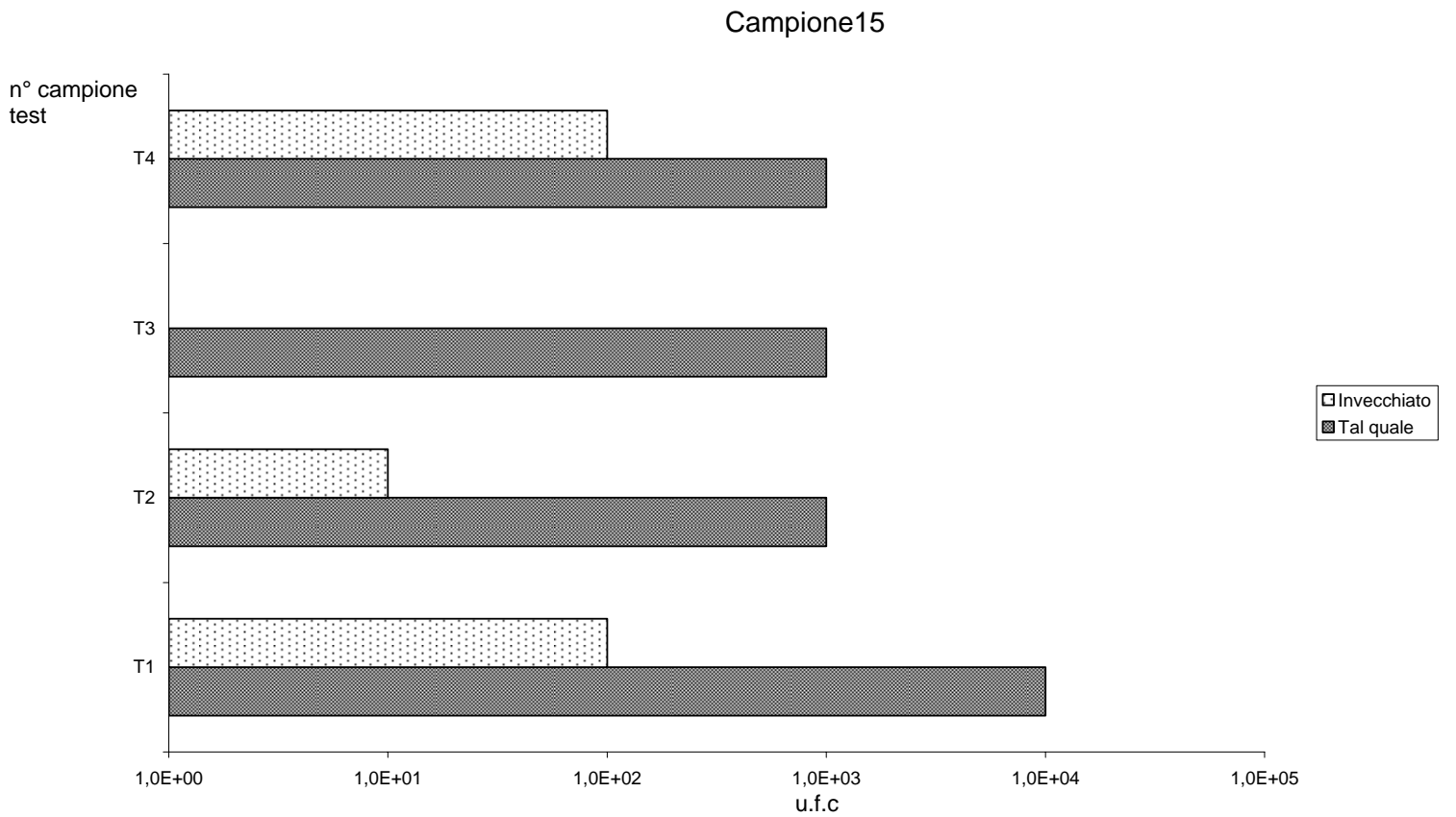
### Seconda serie di prove



## Prima serie di prove

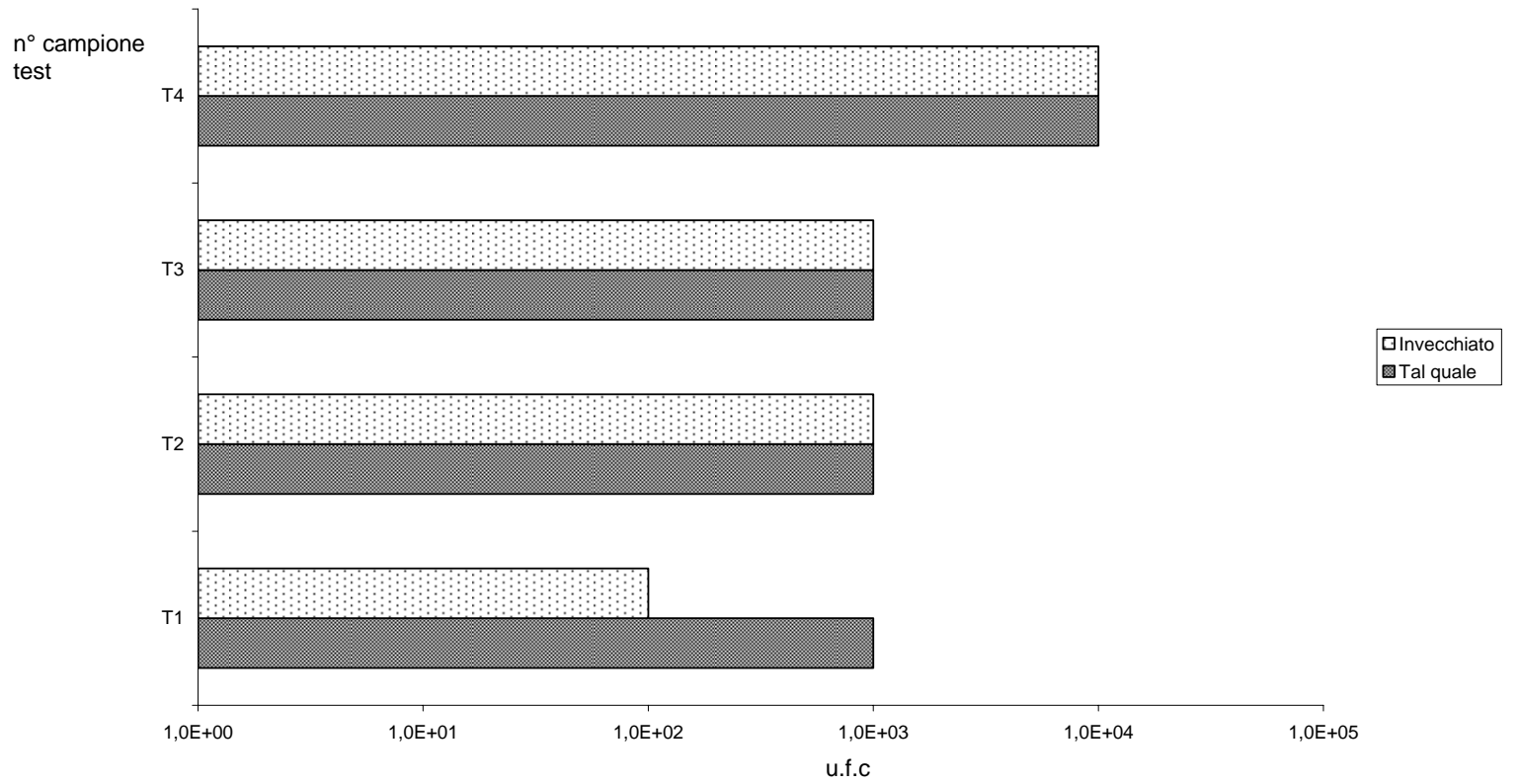


## Seconda serie di prove



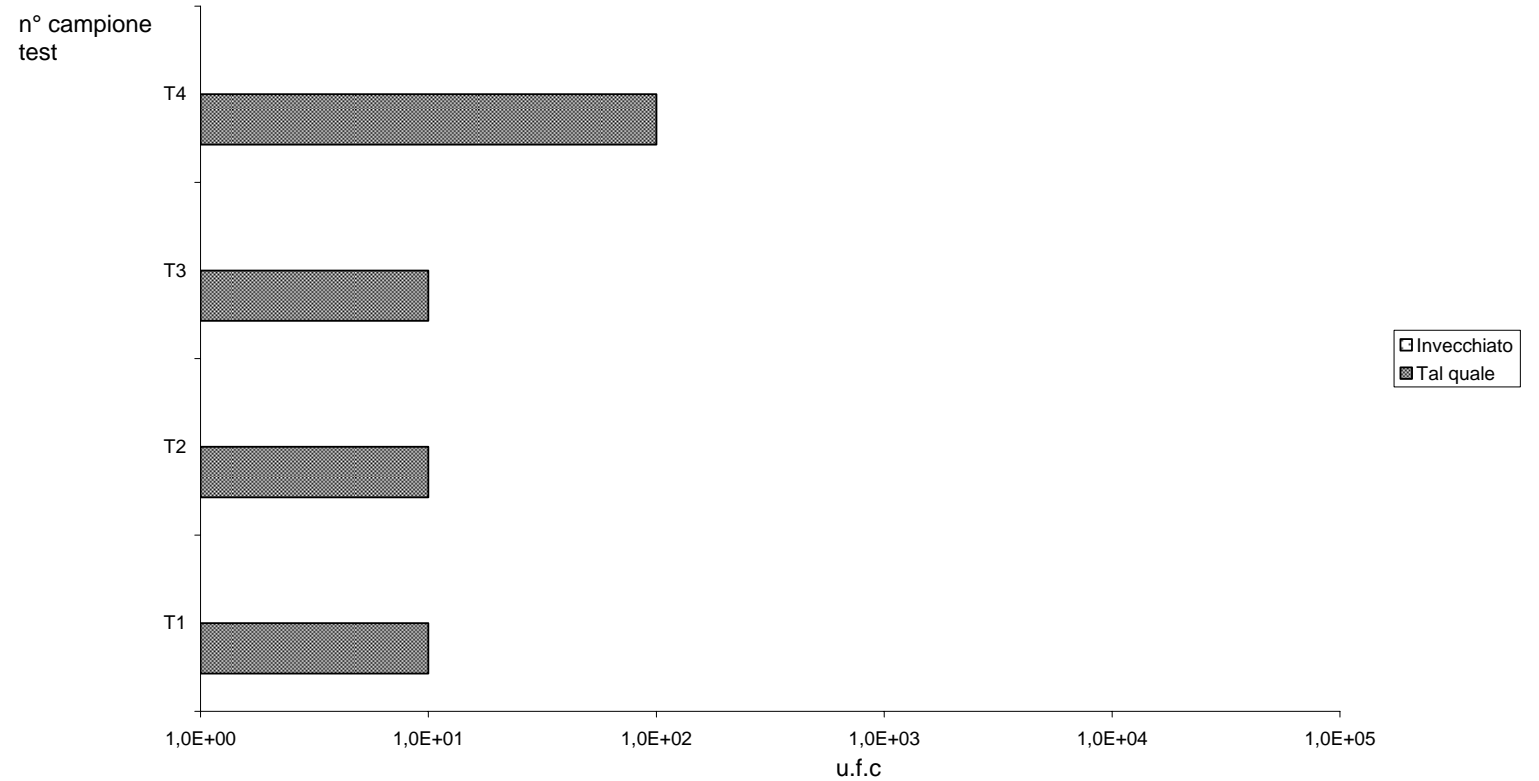
### Prima serie di prove

#### Campione16

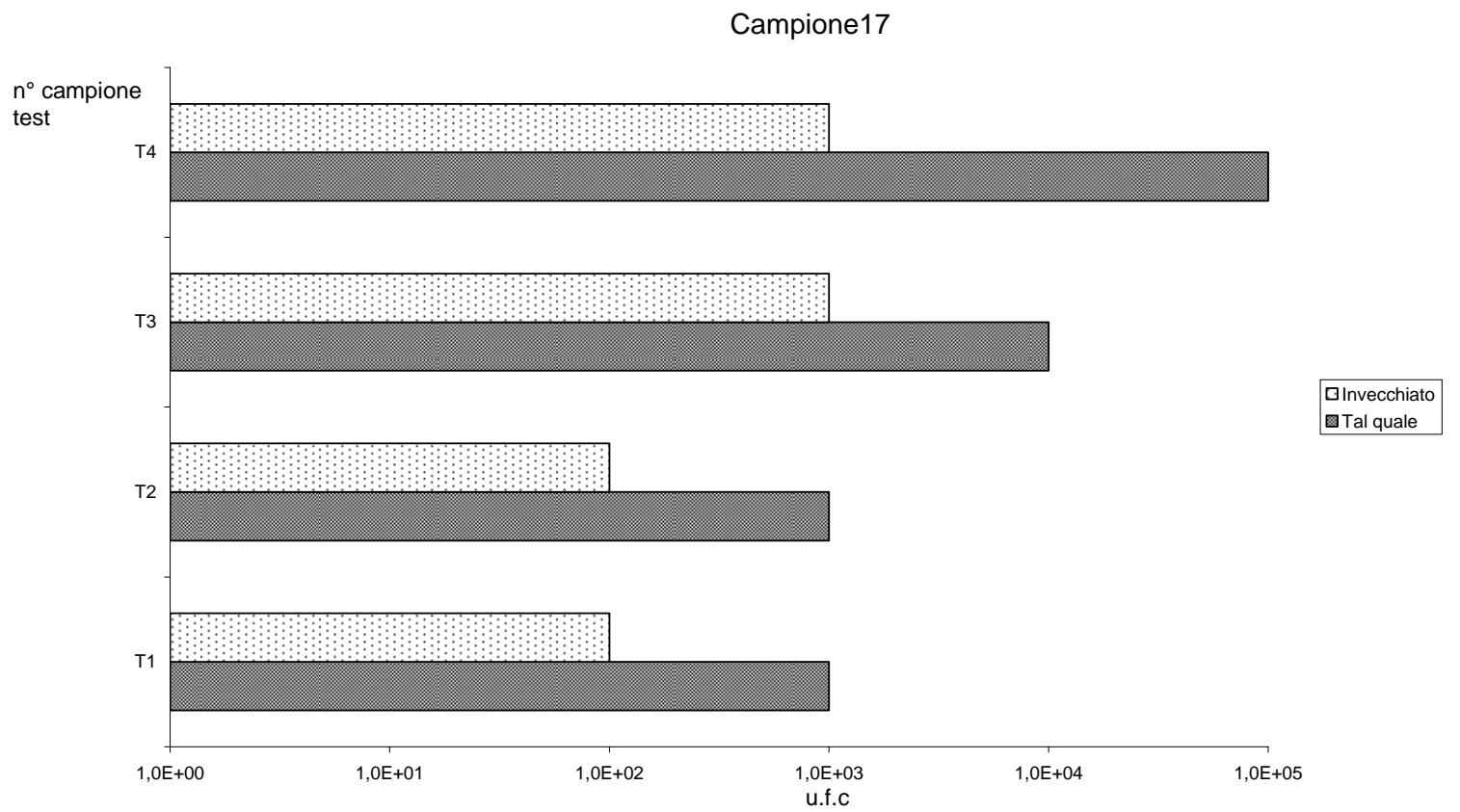


### Seconda serie di prove

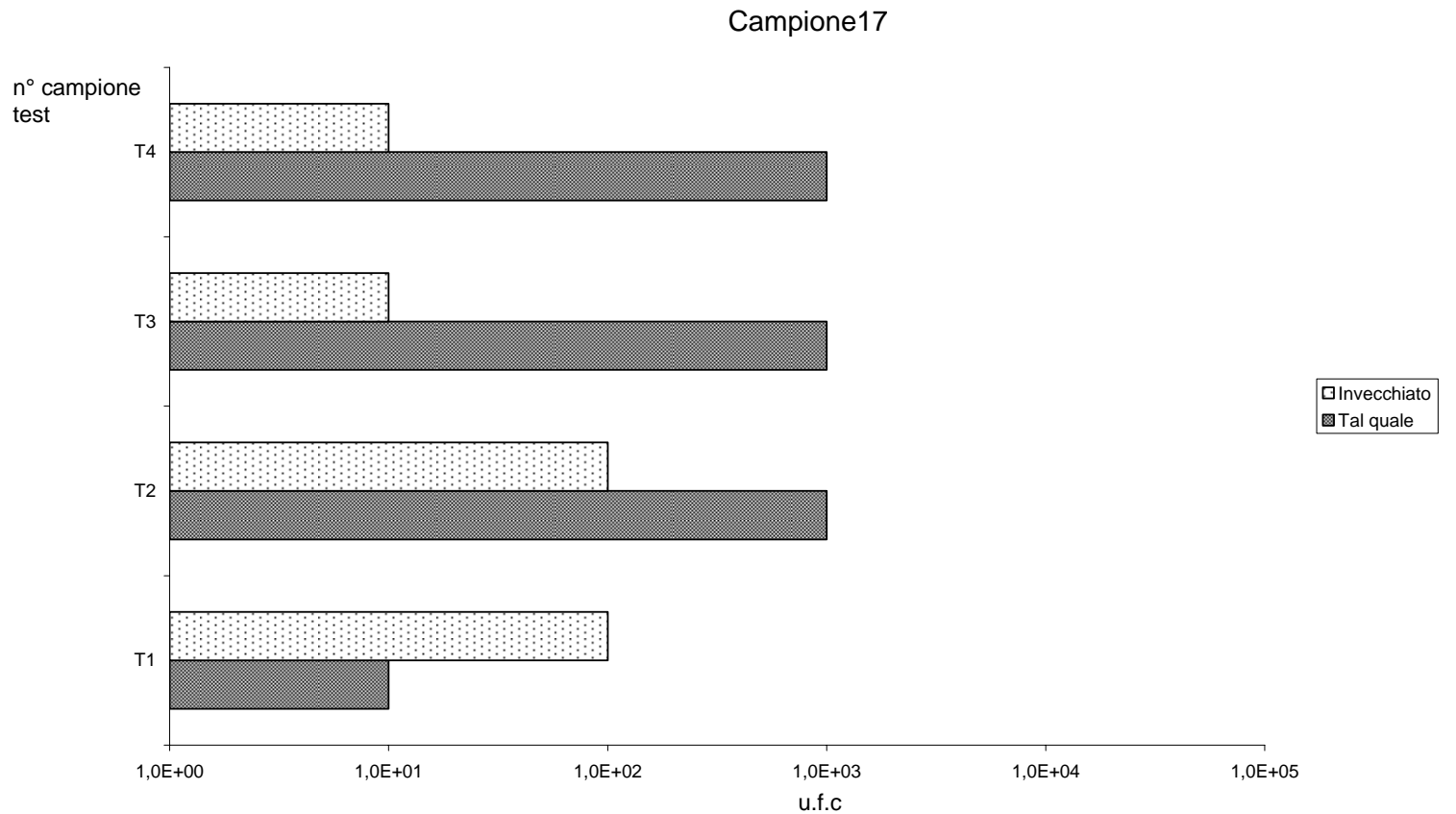
#### Campione16



### Prima serie di prove

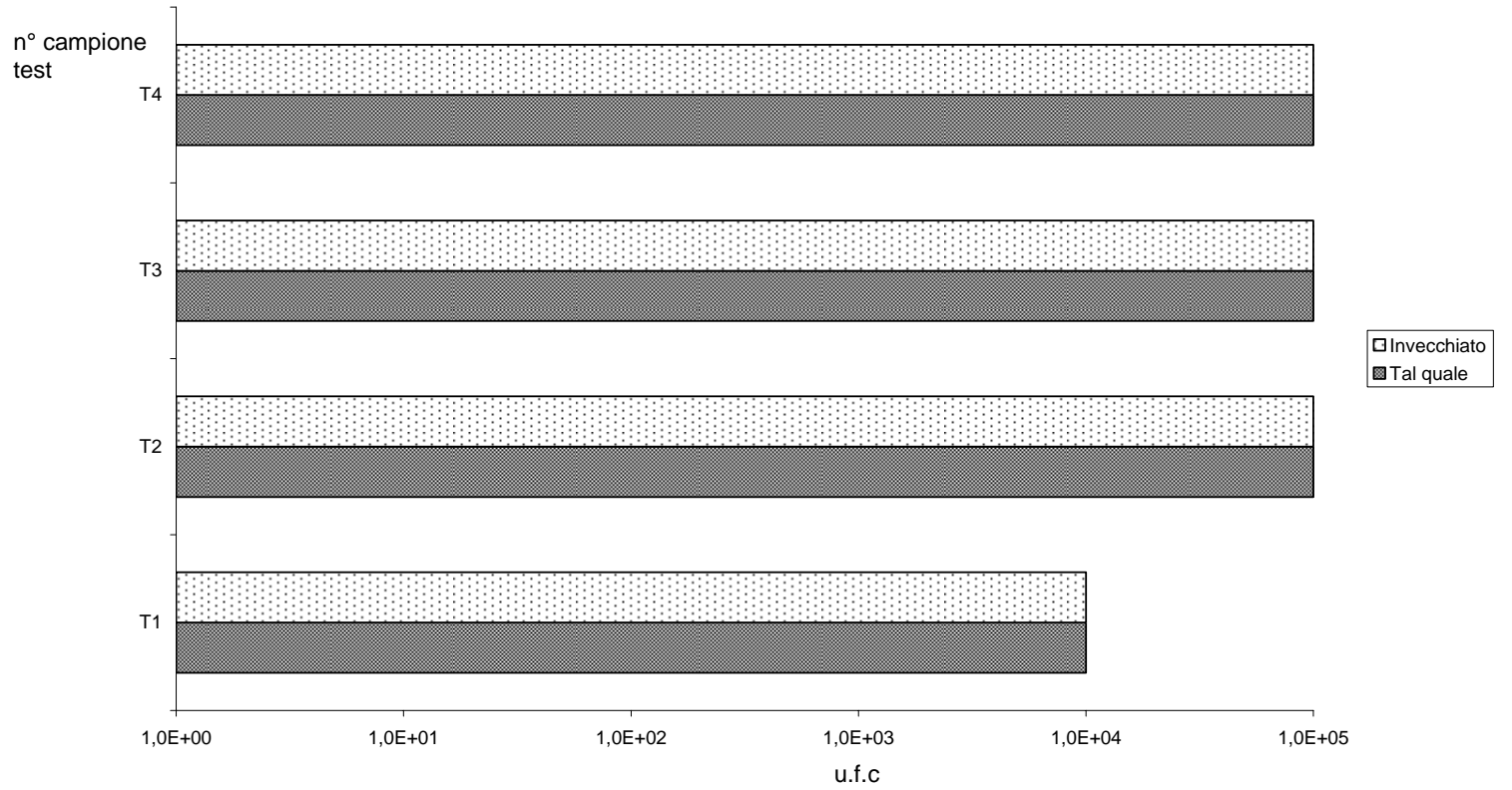


### Seconda serie di prove



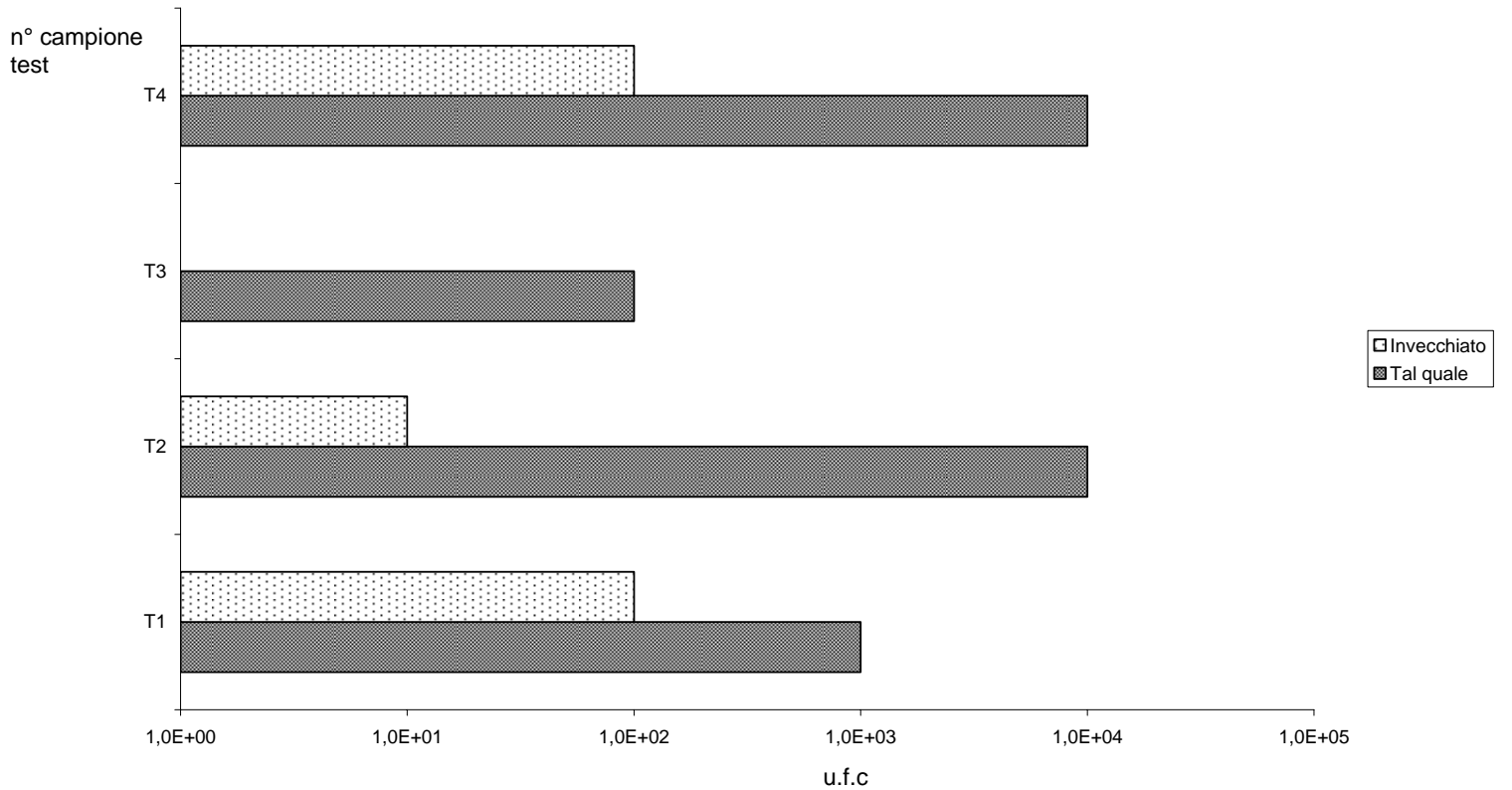
### Prima serie di prove

#### Campione18



### Seconda serie di prove

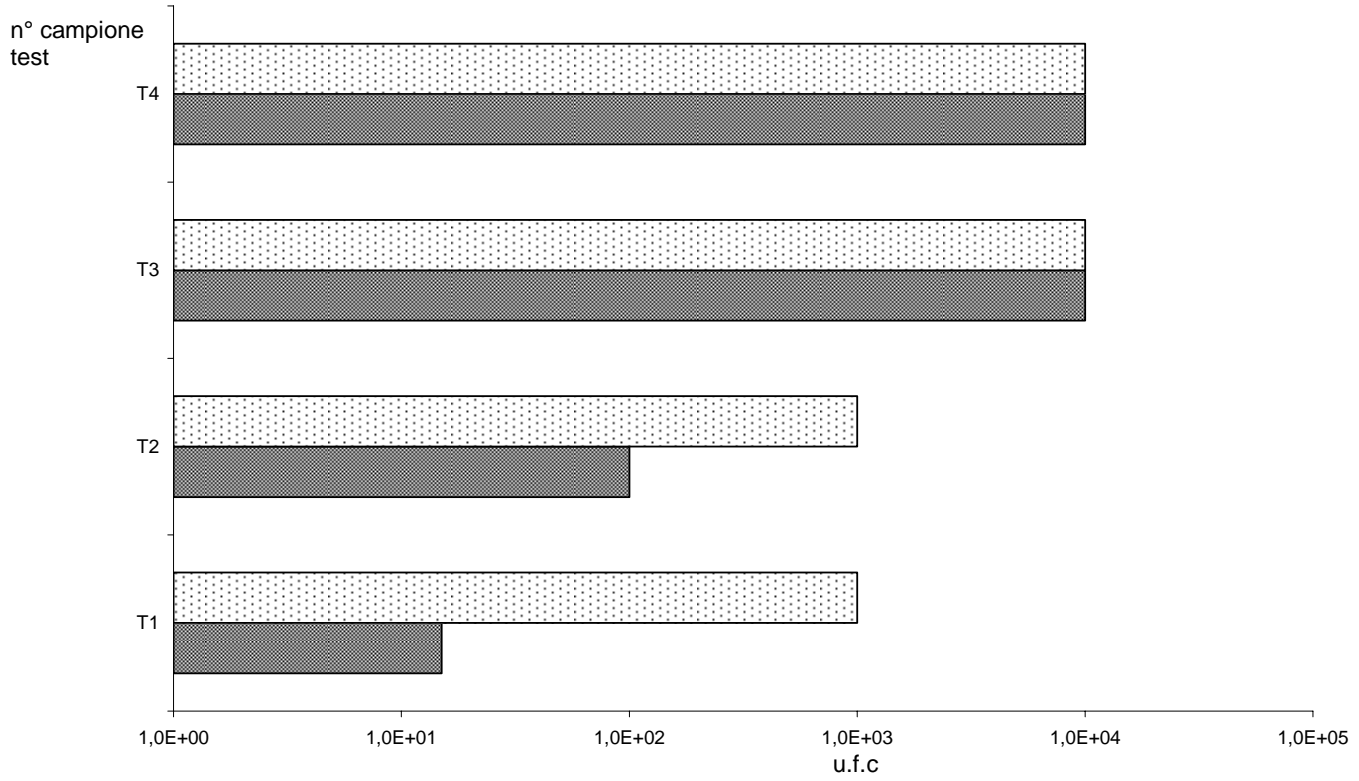
#### Campione18





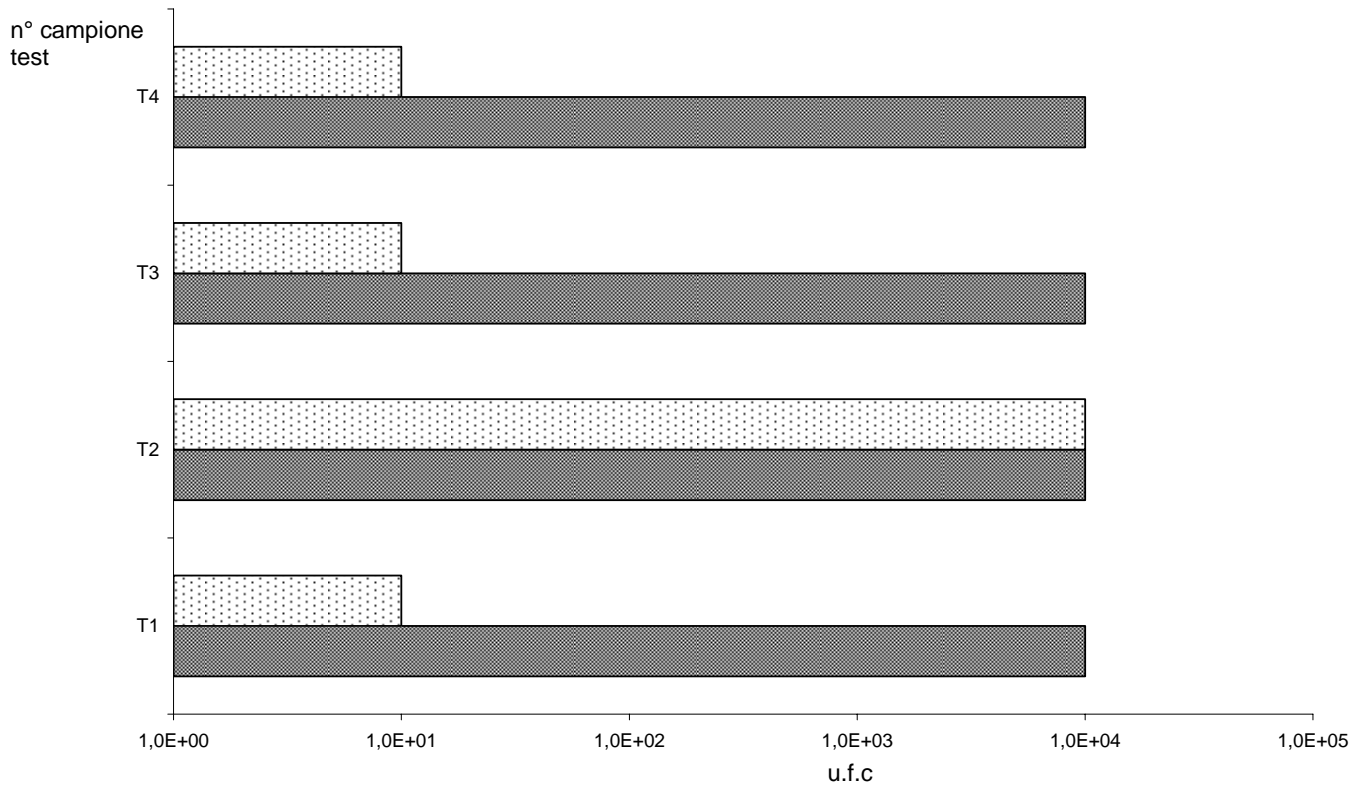
### Prima serie di prove

Campione19



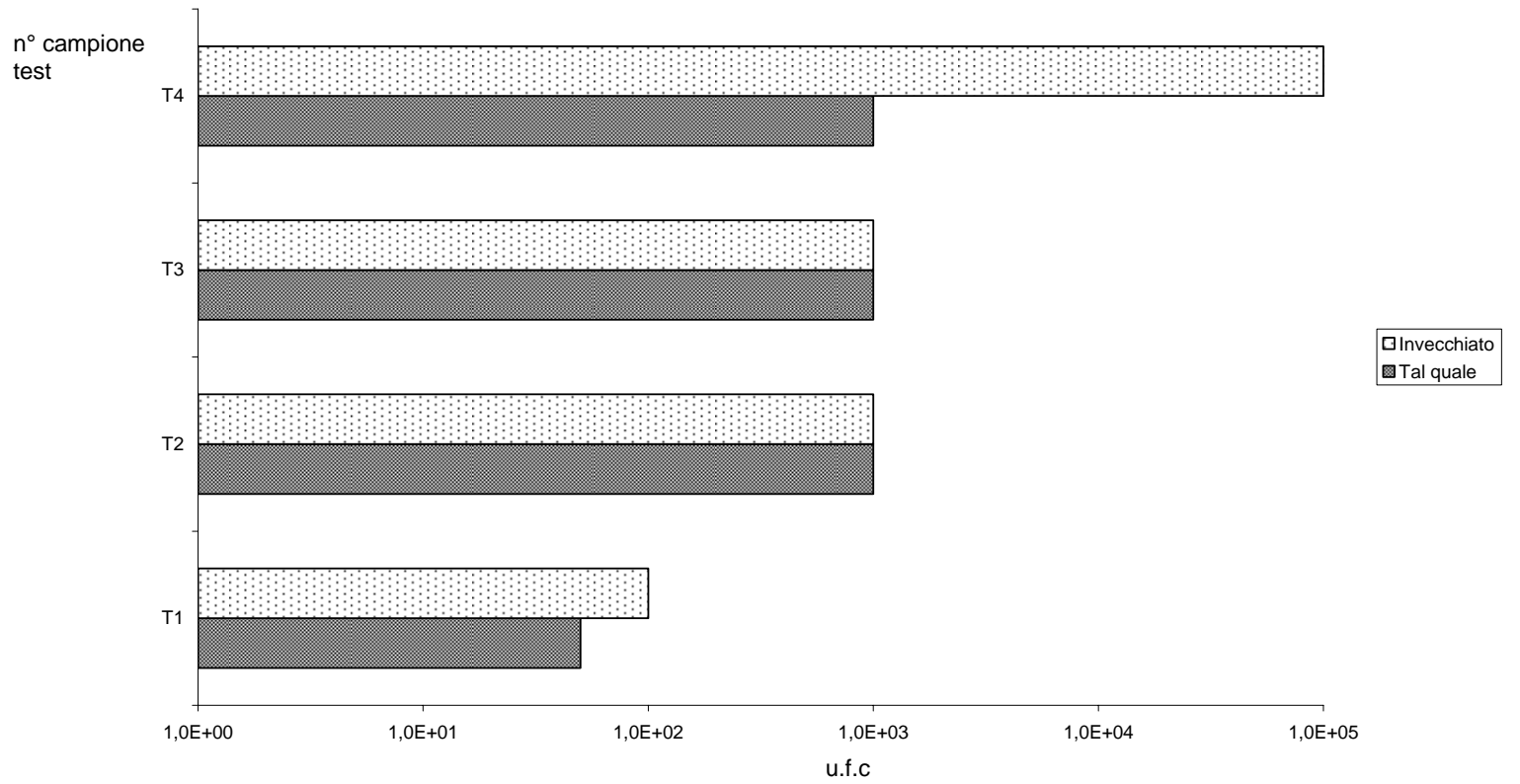
### Seconda serie di prove

Campione19



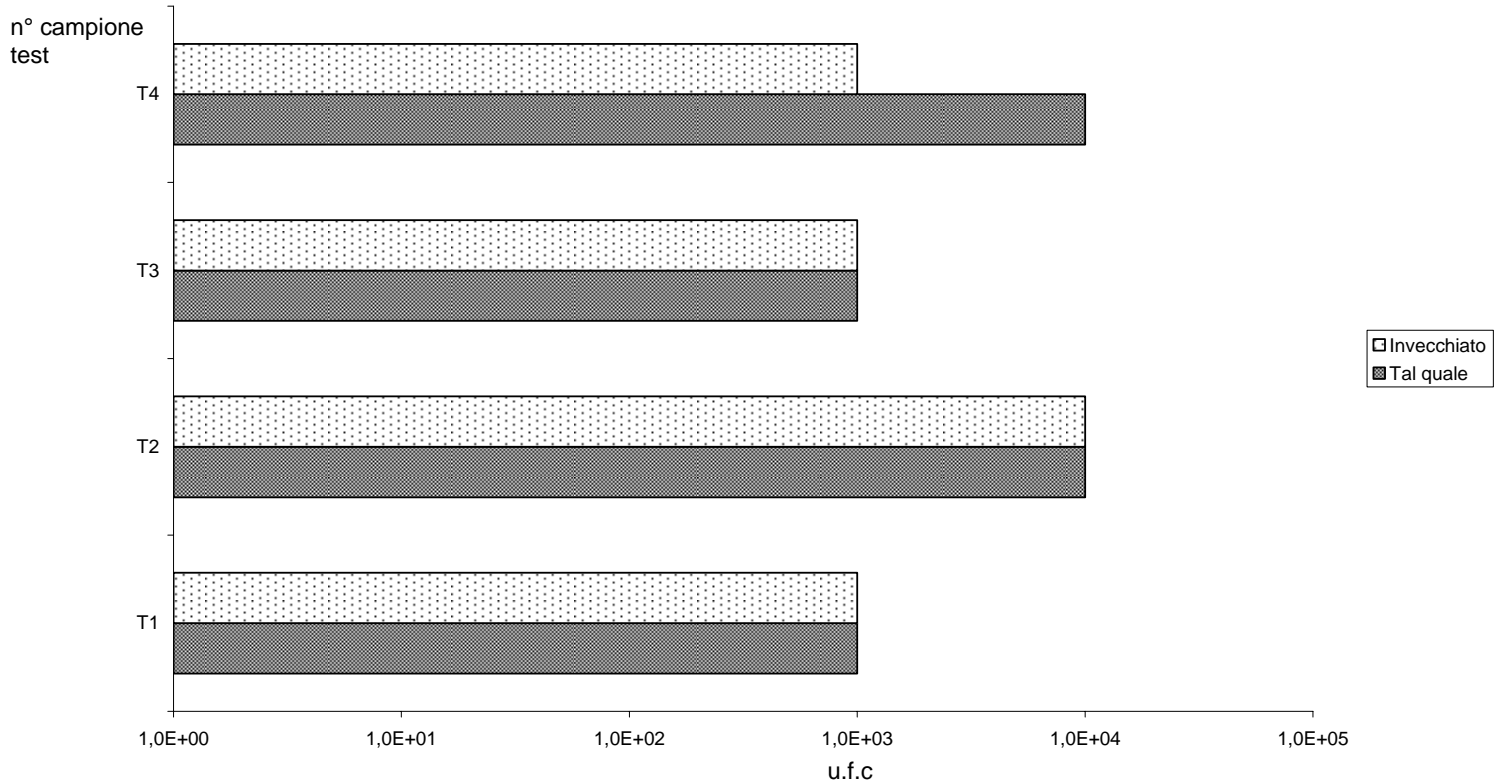
### Prima serie di prove

Campione20



### Seconda serie di prove

Campione20



Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 11**

### **Analisi dei dati microbiologici**



Prima serie di prove

Condizione superficiale	Disinfettabilità		Campione
	Assoluta (vs. Relativa)	(vs. Relativa)	
Tal quale	Gruppo A	1	10
			12
		2	8
			13
	Gruppo B	3	1
			2
			6
			7
			9
			11
			16
			17
	Gruppo C	4	20
			4
			5
			14
			15
			19
5	3		
	18		

Invecchiato	Gruppo A	1	9
			15
		2	8
			10
			11
			12
			13
	Gruppo B	3	14
			17
			4
			6
			7
			16
	Gruppo C	4	19
			20
			3
			5
			1
5	2		
	18		

Seconda serie di prove sugli stessi campioni

Condizione superficiale	Disinfettabilità		Campione
	Assoluta (vs. Relativa)	(vs. Relativa)	
Tal quale	Gruppo A	1	1
			3
			7
			10
			12
			14
	Gruppo B	3	16
			4
			8
	Gruppo C	4	13
			6
			9
			11
			15
			17
5	20		
	2		
5	18		
	19		
5	5		

Invecchiato	Gruppo A	1	4
			5
			7
			9
			11
			13
			16
			17
			18
			19
	Gruppo B	3	1
			3
			15
	Gruppo C	4	10
			14
			20
			2
			8
5	12		
	6		

Prima serie di prove

Campione	Condizione superficiale	T1	T2	T3	T4	Media	Moda	K (Controllo)	EMR Rispetto alla Media	Disinfettabilità Relativa	Disinfettabilità Assoluta
10	Tal quale	1	1	1	1	1	1	5	80	1	Gruppo A
12	Tal quale	1	1	1	1	1	1	5	74	1	Gruppo A
8	Tal quale	2	2	2	2	2	2	5	60	2	Gruppo A
13	Tal quale	1	2	2	4	2	2	5	53	2	Gruppo A
11	Tal quale	1	2	3	3	2	3	5	53	3	Gruppo B
7	Tal quale	2	2	3	3	2	3	5	52	3	Gruppo B
20	Tal quale	2	3	3	3	3	3	5	47	3	Gruppo B
6	Tal quale	2	3	3	4	3	3	5	42	3	Gruppo B
9	Tal quale	3	3	3	4	3	3	5	35	3	Gruppo B
16	Tal quale	3	3	3	4	3	3	5	35	3	Gruppo B
2	Tal quale	3	3	4	4	4	3	5	30	3	Gruppo B
1	Tal quale	3	3	4	5	4	3	5	25	3	Gruppo B
17	Tal quale	3	3	4	5	4	3	5	25	3	Gruppo B
19	Tal quale	1	2	4	4	3	4	5	44	4	Gruppo C
4	Tal quale	1	3	5	5	4	5	5	29	4	Gruppo C
5	Tal quale	3	4	4	4	4	4	5	25	4	Gruppo C
14	Tal quale	2	3	5	5	4	5	5	25	4	Gruppo C
15	Tal quale	3	4	4	5	4	4	5	20	4	Gruppo C
3	Tal quale	3	4	5	5	4	5	5	15	5	Gruppo C
18	Tal quale	4	5	5	5	5	5	5	5	5	Gruppo C

15i	Invecchiato	1	1	1	2	1	1	5	75	1	Gruppo A
10i	Invecchiato	1	2	2	2	2	2	5	65	2	Gruppo A
12i	Invecchiato	1	2	2	2	2	2	5	65	2	Gruppo A
9i	Invecchiato	1	1	2	3	2	1	5	65	1	Gruppo A
14i	Invecchiato	2	2	3	3	3	2	5	50	2	Gruppo A
17i	Invecchiato	2	2	3	3	3	2	5	50	2	Gruppo A
11i	Invecchiato	2	2	3	4	3	2	5	45	2	Gruppo A
13i	Invecchiato	2	2	3	4	3	2	5	45	2	Gruppo A
8i	Invecchiato	2	2	3	4	3	2	5	45	2	Gruppo A
16i	Invecchiato	2	3	3	4	3	3	5	40	3	Gruppo B
6i	Invecchiato	2	3	3	4	3	3	5	40	3	Gruppo B
7i	Invecchiato	2	3	3	4	3	3	5	40	3	Gruppo B
20i	Invecchiato	2	3	3	5	3	3	5	35	3	Gruppo B
4i	Invecchiato	3	3	3	4	3	3	5	35	3	Gruppo B
19i	Invecchiato	3	3	4	4	4	3	5	30	3	Gruppo B
5i	Invecchiato	0	3	4	4	3	4	5	45	4	Gruppo C
3i	Invecchiato	4	4	4	4	4	4	5	20	4	Gruppo C
1i	Invecchiato	3	5	5	5	5	5	5	10	5	Gruppo C
18i	Invecchiato	4	5	5	5	5	5	5	5	5	Gruppo C
2i	Invecchiato	5	5	5	5	5	5	5	0	5	Gruppo C

Seconda serie di prove sugli stessi campioni

Campione	Condizione superficiale	T1	T2	T3	T4	Media	Moda	K (Controllo)	EMR Rispetto alla Media	Disinfettabilità Relativa	Disinfettabilità Assoluta
7	Tal quale	0	0	0	1	0	0	5	95	1	Gruppo A
3	Tal quale	0	0	1	1	1	0	5	90	1	Gruppo A
1	Tal quale	0	1	1	2	1	1	5	80	1	Gruppo A
10	Tal quale	1	1	1	1	1	1	5	80	1	Gruppo A
14	Tal quale	1	1	1	1	1	1	5	80	1	Gruppo A
12	Tal quale	1	1	1	2	1	1	5	75	1	Gruppo A
16	Tal quale	1	1	1	2	1	1	5	75	1	Gruppo A
8	Tal quale	2	2	2	2	2	2	5	60	2	Gruppo A
13	Tal quale	2	2	2	2	2	2	5	60	2	Gruppo A
4	Tal quale	2	2	2	3	2	2	5	55	2	Gruppo A
6	Tal quale	1	2	3	3	2	3	5	55	3	Gruppo B
17	Tal quale	1	3	3	3	3	3	5	50	3	Gruppo B
2	Tal quale	2	3	4	4	3	4	5	35	4	Gruppo C
9	Tal quale	3	3	3	4	3	3	5	35	3	Gruppo B
15	Tal quale	3	3	3	4	3	3	5	35	3	Gruppo B
18	Tal quale	2	3	4	4	3	4	5	35	4	Gruppo C
11	Tal quale	3	3	4	4	4	3	5	30	3	Gruppo B
20	Tal quale	3	3	4	4	4	3	5	30	3	Gruppo B
19	Tal quale	4	4	4	4	4	4	5	20	4	Gruppo C
5	Tal quale	3	4	5	5	4	5	5	15	5	Gruppo C

16i	Invecchiato	0	0	0	0	0	0	5	100	1	Gruppo A
9i	Invecchiato	0	0	0	0	0	0	5	100	1	Gruppo A
13i	Invecchiato	0	0	1	2	1	0	5	85	1	Gruppo A
18i	Invecchiato	0	1	0	2	1	0	5	85	1	Gruppo A
5i	Invecchiato	0	1	1	2	1	1	5	80	1	Gruppo A
7i	Invecchiato	1	1	1	1	1	1	5	80	1	Gruppo A
15i	Invecchiato	0	1	2	2	1	2	5	75	2	Gruppo A
17i	Invecchiato	1	1	2	2	2	1	5	70	1	Gruppo A
4i	Invecchiato	1	1	1	3	2	1	5	70	1	Gruppo A
19i	Invecchiato	1	1	1	4	2	1	5	65	1	Gruppo A
1i	Invecchiato	1	2	2	2	2	2	5	65	2	Gruppo A
3i	Invecchiato	2	2	2	2	2	2	5	60	2	Gruppo A
11i	Invecchiato	1	1	4	4	3	1	5	50	1	Gruppo A
10i	Invecchiato	2	3	3	3	3	3	5	45	3	Gruppo B
14i	Invecchiato	2	3	3	3	3	3	5	45	3	Gruppo B
12i	Invecchiato	1	3	4	4	3	4	5	40	4	Gruppo C
20i	Invecchiato	3	3	3	4	3	3	5	35	3	Gruppo B
8i	Invecchiato	3	4	4	4	4	4	5	25	4	Gruppo C
2i	Invecchiato	3	4	4	5	4	4	5	20	4	Gruppo C
6i	Invecchiato	5	5	5	5	5	5	5	0	5	Gruppo C

Prima serie di prove

Campione	Condizione superficiale	T1	T2	T3	T4	Media	Moda	K Controllo	EMR Rispetto alla Media	EMR Rispetto alla Moda	Disinfettabilità Relativa (vs. % Media)	Disinfettabilità Assoluta (vs. Moda)
1	Tal quale	3	3	4	5	4	3	5	25	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	3	5	5	5	5	5	5	10	0	5	Gruppo C
2	Tal quale	3	3	4	4	4	3	5	30	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5	Gruppo C
3	Tal quale	3	4	5	5	4	5	5	15	0	5	Gruppo C
	Invecchiato	4	4	4	4	4	4	5	20	20	4	Gruppo C
4	Tal quale	1	3	5	5	4	5	5	29	0	4	Gruppo C
	Invecchiato	3	3	3	4	3	3	5	35	40	3	Gruppo B
5	Tal quale	3	4	4	4	4	4	5	25	20	4	Gruppo C
	Invecchiato	0	3	4	4	3	4	5	45	20	4	Gruppo C
6	Tal quale	2	3	3	4	3	3	5	42	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	2	3	3	4	3	3	5	40	40	3	Gruppo B
7	Tal quale	2	2	3	3	2	3	5	52	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	2	3	3	4	3	3	5	40	40	3	Gruppo B
8	Tal quale	2	2	2	2	2	2	5	60	60	2	Gruppo A
	Invecchiato	2	2	3	4	3	2	5	45	60	2	Gruppo A
9	Tal quale	3	3	3	4	3	3	5	35	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	1	1	2	3	2	1	5	65	80	1	Gruppo A
10	Tal quale	1	1	1	1	1	1	5	80	80	1	Gruppo A
	Invecchiato	1	2	2	2	2	2	5	65	60	2	Gruppo A
11	Tal quale	1	2	3	3	2	3	5	53	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	2	2	3	4	3	2	5	45	60	2	Gruppo A
12	Tal quale	1	1	1	1	1	1	5	74	80	1	Gruppo A
	Invecchiato	1	2	2	2	2	2	5	65	60	2	Gruppo A
13	Tal quale	1	2	2	4	2	2	5	53	60	2	Gruppo A
	Invecchiato	2	2	3	4	3	2	5	45	60	2	Gruppo A
14	Tal quale	2	3	5	5	4	5	5	25	0	4	Gruppo C
	Invecchiato	2	2	3	3	3	2	5	50	60	2	Gruppo A
15	Tal quale	3	4	4	5	4	4	5	20	20	4	Gruppo C
	Invecchiato	1	1	1	2	1	1	5	75	80	1	Gruppo A
16	Tal quale	3	3	3	4	3	3	5	35	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	2	3	3	4	3	3	5	40	40	3	Gruppo B
17	Tal quale	3	3	4	5	4	3	5	25	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	2	2	3	3	3	2	5	50	60	2	Gruppo A
18	Tal quale	4	5	5	5	5	5	5	5	0	5	Gruppo C
	Invecchiato	4	5	5	5	5	5	5	5	0	5	Gruppo C
19	Tal quale	1	2	4	4	3	4	5	44	20	4	Gruppo C
	Invecchiato	3	3	4	4	4	3	5	30	40	3	Gruppo B
20	Tal quale	2	3	3	3	3	3	5	47	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	2	3	3	5	3	3	5	35	40	3	Gruppo B

Seconda serie di prove sugli stessi campioni

Campione	Condizione superficiale	T1	T2	T3	T4	Media	Moda	K Controllo	EMR Rispetto alla Media	EMR Rispetto alla Moda	Disinfettabilità Relativa (vs. % Media)	Disinfettabilità Assoluta (vs. Moda)
1	Tal quale	0	1	1	2	1	1	5	80	80	1	Gruppo A
	Invecchiato	1	2	2	2	2	2	5	65	60	2	Gruppo A
2	Tal quale	2	3	4	4	3	4	5	35	20	4	Gruppo C
	Invecchiato	3	4	4	5	4	4	5	20	20	4	Gruppo C
3	Tal quale	0	0	1	1	1	1	5	90	100	£	Gruppo A
	Invecchiato	2	2	2	2	2	2	5	60	60	2	Gruppo A
4	Tal quale	2	2	3	2	2	2	5	55	60	2	Gruppo A
	Invecchiato	1	1	1	3	2	1	5	70	80	1	Gruppo A
5	Tal quale	3	4	5	5	4	5	5	15	0	5	Gruppo C
	Invecchiato	0	1	1	2	1	1	5	80	80	1	Gruppo A
6	Tal quale	1	2	3	3	2	3	5	55	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5	Gruppo C
7	Tal quale	0	0	0	1	0	0	5	95	100	£	Gruppo A
	Invecchiato	1	1	1	1	1	1	5	80	80	1	Gruppo A
8	Tal quale	2	2	2	2	2	2	5	60	60	2	Gruppo A
	Invecchiato	3	4	4	4	4	4	5	25	20	4	Gruppo C
9	Tal quale	3	3	3	4	3	3	5	35	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	0	0	0	0	0	0	5	100	100	£	Gruppo A
10	Tal quale	1	1	1	1	1	1	5	80	80	1	Gruppo A
	Invecchiato	2	3	3	3	3	3	5	45	40	3	Gruppo B
11	Tal quale	3	3	4	4	4	3	5	30	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	1	1	4	4	3	1	5	50	80	1	Gruppo A
12	Tal quale	1	1	1	2	1	1	5	75	80	1	Gruppo A
	Invecchiato	1	3	4	4	3	4	5	40	20	4	Gruppo C
13	Tal quale	2	2	2	2	2	2	5	60	60	2	Gruppo A
	Invecchiato	0	0	1	2	1	0	5	85	100	£	Gruppo A
14	Tal quale	1	1	1	1	1	1	5	80	80	1	Gruppo A
	Invecchiato	2	3	3	3	3	3	5	45	40	3	Gruppo B
15	Tal quale	3	3	3	4	3	3	5	35	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	0	1	2	2	1	2	5	75	60	2	Gruppo A
16	Tal quale	1	1	1	2	1	1	5	75	80	1	Gruppo A
	Invecchiato	0	0	0	0	0	0	5	100	100	£	Gruppo A
17	Tal quale	1	3	3	3	3	3	5	50	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	1	1	2	2	2	1	5	70	80	1	Gruppo A
18	Tal quale	2	3	4	4	3	4	5	35	20	4	Gruppo C
	Invecchiato	0	1	0	2	1	0	5	85	100	£	Gruppo A
19	Tal quale	4	4	4	4	4	4	5	20	20	4	Gruppo C
	Invecchiato	1	1	1	4	2	1	5	65	80	1	Gruppo A
20	Tal quale	3	3	4	4	4	3	5	30	40	3	Gruppo B
	Invecchiato	3	3	3	4	3	3	5	35	40	3	Gruppo B





Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 12**

**Valutazione dei prodotti campione in funzione della  
resistenza chimica**

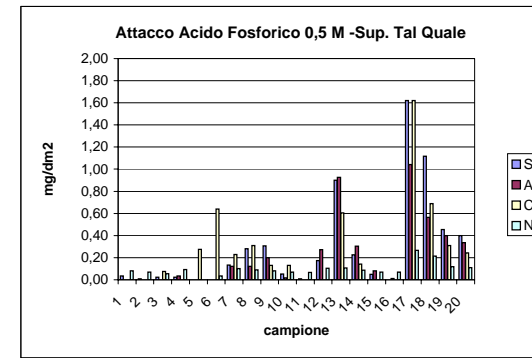


16/06/06	1/4.1	2/4.1	3/4.1	4/4.1	5/4.1	6/4.1	7/4.1	8/4.1	9/4.1	10/4.1	11/4.1	12/4.1	13/4.1	14/4.1	15/4.1	16/4.1	17/4.1	18/4.1	19/4.1	20/4.1
06/104/C	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Si	0,03	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,13	0,28	0,31	0,05	0,01	0,17	0,90	0,23	0,05	0,00	1,62	1,12	0,46	0,40
Al	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,12	0,12	0,20	0,02	0,00	0,27	0,93	0,30	0,08	0,01	1,04	0,56	0,40	0,34
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00	0,13	0,12	0,02	0,02
Ca	0,00	0,00	0,08	0,00	0,27	0,64	0,23	0,31	0,13	0,13	0,00	0,00	0,60	0,14	0,00	0,00	1,62	0,69	0,31	0,24
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,37	0,35	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83	1,53	0,34	0,32
K	0,08	0,09	0,09	0,09	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,10	0,11	0,09	0,08	0,09	0,12	0,11	0,09	0,09
Na	0,08	0,07	0,06	0,09	0,00	0,03	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,10	0,11	0,09	0,07	0,07	0,27	0,21	0,12	0,11
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Superfici Tal Quale

Acido Fosforico H3PO4 0,5 molare

risultati espressi in mg/dm2

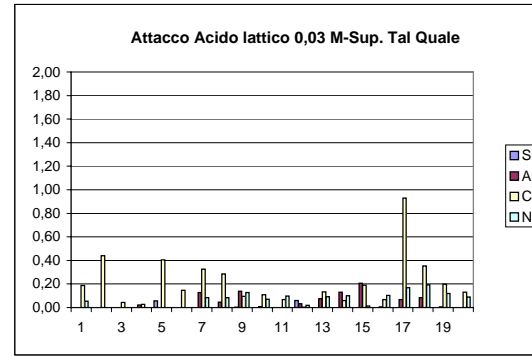


06/07/2006	1/4.2	2/4.2	3/4.2	4/4.2	5/4.2	6/4.2	7/4.2	8/4.2	9/4.2	10/4.2	11/4.2	12/4.2	13/4.2	14/4.2	15/4.2	16/4.2	17/4.2	18/4.2	19/4.2	20/4.2
06/120/C	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Si	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,13	0,05	0,14	0,01	0,00	0,03	0,07	0,13	0,21	0,00	0,07	0,08	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00
Ca	0,19	0,44	0,04	0,03	0,41	0,15	0,33	0,29	0,10	0,11	0,07	0,00	0,13	0,06	0,19	0,07	0,93	0,35	0,20	0,13
Mg	0,00	0,15	0,00	0,00	0,05	0,00	0,60	0,32	0,96	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,18	0,00	0,29	0,24	0,01	0,00
K	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,11	0,14	0,12	0,12	0,12	0,11	0,13	0,13	0,11	0,11	0,11	0,13	0,13	0,11	0,11
Na	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,13	0,07	0,10	0,02	0,09	0,10	0,01	0,10	0,17	0,19	0,12	0,09
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Superfici Tal quale

Acido lattico 0,03 M

risultati espressi in mg/dm2

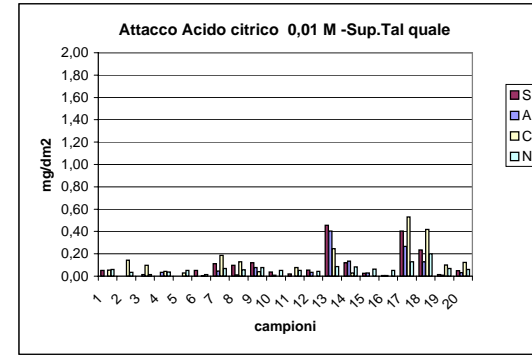


15/06/06	1/4.3	2/4.3	3/4.3	4/4.3	5/4.3	6/4.3	7/4.3	8/4.3	9/4.3	10/4.3	11/4.3	12/4.3	13/4.3	14/4.3	15/4.3	16/4.3	17/4.3	18/4.3	19/4.3	20/4.3
06/104/C	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Si	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,11	0,10	0,12	0,04	0,02	0,06	0,46	0,12	0,03	0,01	0,40	0,23	0,01	0,05
Al	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,05	0,01	0,08	0,01	0,00	0,03	0,41	0,13	0,03	0,00	0,27	0,13	0,01	0,03
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00
Ca	0,05	0,14	0,10	0,04	0,03	0,00	0,19	0,13	0,04	0,00	0,08	0,00	0,25	0,03	0,00	0,00	0,53	0,42	0,10	0,12
Mg	0,00	0,01	0,04	0,01	0,02	0,00	0,20	0,06	0,25	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,32	0,00	0,01
K	0,09	0,11	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,15	0,09	0,09	0,09	0,12	0,11	0,09	0,09
Na	0,06	0,03	0,01	0,04	0,05	0,01	0,07	0,06	0,08	0,05	0,05	0,04	0,09	0,08	0,06	0,05	0,13	0,20	0,07	0,06
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Superfici Tal Quale

Acido Citrico 0,01 M

risultati espressi in mg/dm2



06/07/2006	1/4.4	2/4.4	3/4.4	4/4.4	5/4.4	6/4.4	7/4.4	8/4.4	9/4.4	10/4.4	
------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--







### VALUTAZIONE EFFETTUATA IN BASE Calcio

le celle evidenziate in giallo corrispondono ai valori massimi

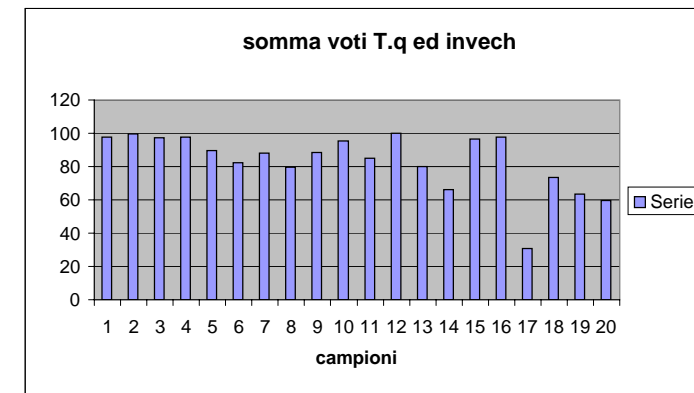
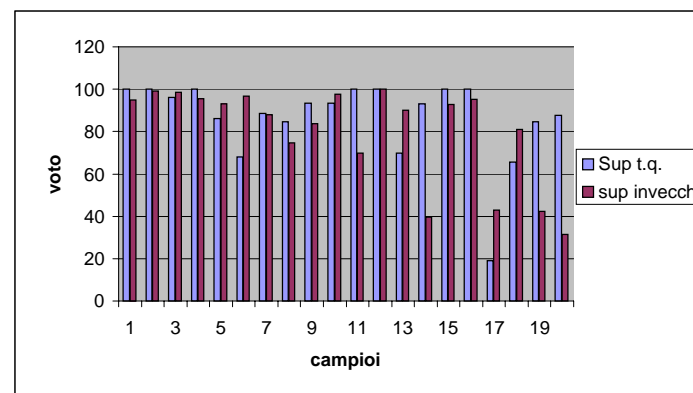
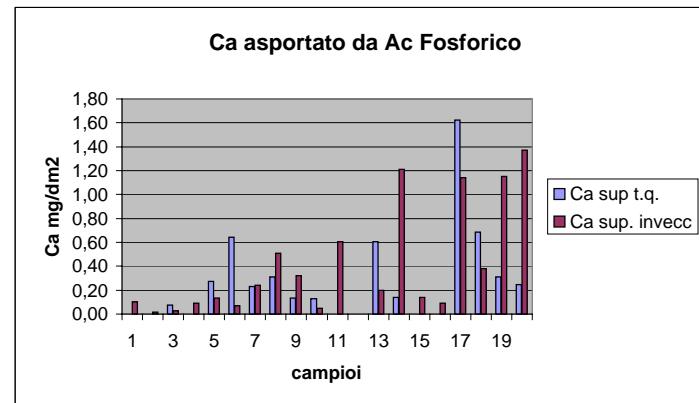
16/06/06	1/4.1	2/4.1	3/4.1	4/4.1	5/4.1	6/4.1	7/4.1	8/4.1	9/4.1	10/4.1	11/4.1	12/4.1	13/4.1	14/4.1	15/4.1	16/4.1	17/4.1	18/4.1	19/4.1	20/4.1	Valore di riferimento (meq/dm2)
06/104/C	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	2
Ca	0,00	0,00	0,08	0,00	0,27	0,64	0,23	0,31	0,13	0,13	0,00	0,00	0,60	0,14	0,00	0,00	1,62	0,69	0,31	0,24	
	0	0	4	0	14	32	11	15	7	7	0	0	30	7	0	0	81	34	15		
	100	100	96	100	86	68	89	85	93	93	100	100	70	93	100	100	19	66	85	88	

numero ottenuto dal rapporto tra singolo valore e il valore di riferimento, moltiplicato per 100 differenza a 100 dei valori di riga sopra - ad alti valori corrisponde una perdita nulla o piccola di Calcio - voto t.q.

16/06/06	1/4.1A	2/4.1A	3/4.1A	4/4.1A	5/4.1A	6/4.1A	7/4.1A	8/4.1A	9/4.1A	10/4.1A	11/4.1A	12/4.1A	13/4.1A	14/4.1A	15/4.1A	16/4.1A	17/4.1A	18/4.1A	19/4.1A	20/4.1A	Valore di riferimento (meq/dm2)
06/104/C	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	2
Ca	0,10	0,01	0,03	0,09	0,14	0,07	0,24	0,51	0,32	0,05	0,60	0,00	0,20	1,21	0,14	0,09	1,14	0,38	1,15	1,37	
	5	1	1	5	7	3	12	25	16	2	30	0	10	61	7	5	57	19	58		
	95	99	99	95	93	97	88	75	84	98	70	100	90	39	93	95	43	81	42	31	
	195	199	195	195	180	165	176	159	177	191	170	200	160	132	193	195	62	147	127	119	
	98	100	97	98	90	82	88	80	89	96	85	100	80	66	96	98	31	73	63	60	

numero ottenuto dal rapporto tra singolo valore e il valore di riferimento moltiplicato per 100 differenza a 100 dei valori di riga sopra - ad alti valori corrisponde una perdita nulla o piccola di Silice - voto invecch

somma voto t.q. + voto invecch



- Gruppo 1 1-2-3-3-4-5-7-9-10-12-15-16
- gruppo 2 6-8-11-13-18
- gruppo 3 14-19-20
- gruppo 4 17

VALUTAZIONE EFFETTUATA IN BASE Silice

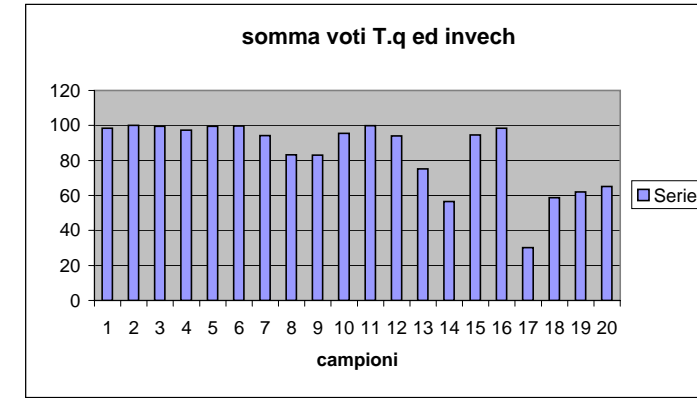
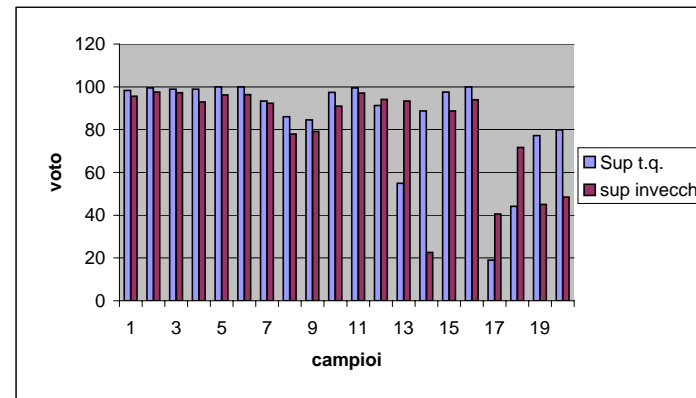
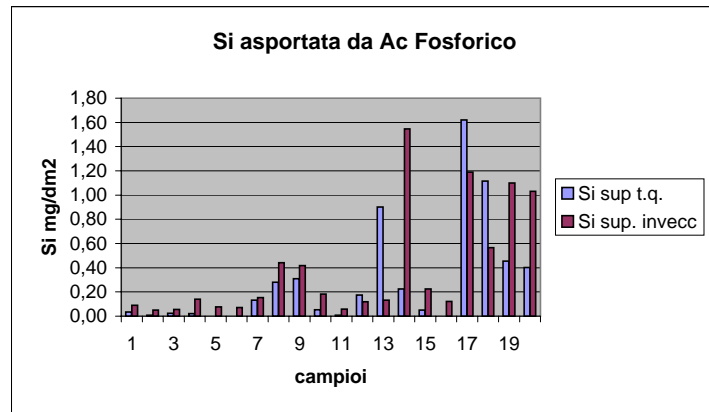
le celle evidenziate in giallo corrispondono ai valori massimi

16/06/06	1/4.1	2/4.1	3/4.1	4/4.1	5/4.1	6/4.1	7/4.1	8/4.1	9/4.1	10/4.1	11/4.1	12/4.1	13/4.1	14/4.1	15/4.1	16/4.1	17/4.1	18/4.1	19/4.1	20/4.1	Valore di riferimento (meq/dm2)
06/104/C	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	2
Si	0,03	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,13	0,28	0,31	0,05	0,01	0,17	0,90	0,23	0,05	0,00	1,62	1,12	0,46	0,40	
	2	0	1	1	0	0	7	14	15	3	0	9	45	11	2	0	81	56	23		
	98	100	99	99	100	100	93	86	85	97	100	91	55	89	98	100	19	44	77	80	

numero ottenuto dal rapporto tra singolo valore e il 20 valore di riferimento, moltiplicato per 100  
 differenza a 100 dei valori di riga sopra - ad alti valori corrisponde una perdita nulla o piccola di Silice - voto t.q.

16/06/06	1/4.1A	2/4.1A	3/4.1A	4/4.1A	5/4.1A	6/4.1A	7/4.1A	8/4.1A	9/4.1A	10/4.1A	11/4.1A	12/4.1A	13/4.1A	14/4.1A	15/4.1A	16/4.1A	17/4.1A	18/4.1A	19/4.1A	20/4.1A	Valore di riferimento (meq/dm2)
06/104/C	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	mg/dm2	2
Si	0,09	0,05	0,06	0,14	0,08	0,07	0,15	0,44	0,42	0,18	0,06	0,12	0,13	1,55	0,22	0,12	1,19	0,57	1,10	1,03	
	4	2	3	7	4	4	8	22	21	9	3	6	7	77	11	6	59	28	55		
	96	98	97	93	96	96	92	78	79	91	97	94	93	23	89	94	41	72	45	48	
	194	197	196	192	196	196	186	164	164	188	197	185	148	111	186	194	59	116	122	128	
	98	100	99	97	100	100	94	83	83	96	100	94	75	57	95	98	30	59	62	65	

numero ottenuto dal rapporto tra singolo valore e il 52 valore di riferimento, moltiplicato per 100  
 differenza a 100 dei valori di riga sopra - ad alti valori corrisponde una perdita nulla o piccola di Silice - voto invecch  
 somma voto t.q. + voto invecch  
 somma voto t.q. + voto invecch riportato in centesimi



Gruppo 1	1-2-3-3-4-5-6-7--10-11-12-15-16
gruppo 2	8-9-13
gruppo 3	14-18-19-20
gruppo 4	17



Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 13**

**Confronto dei prodotti campione in funzione della  
reattività chimica**



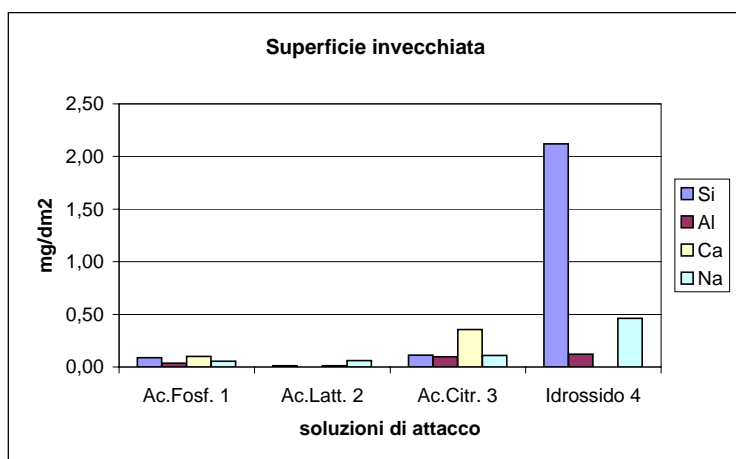
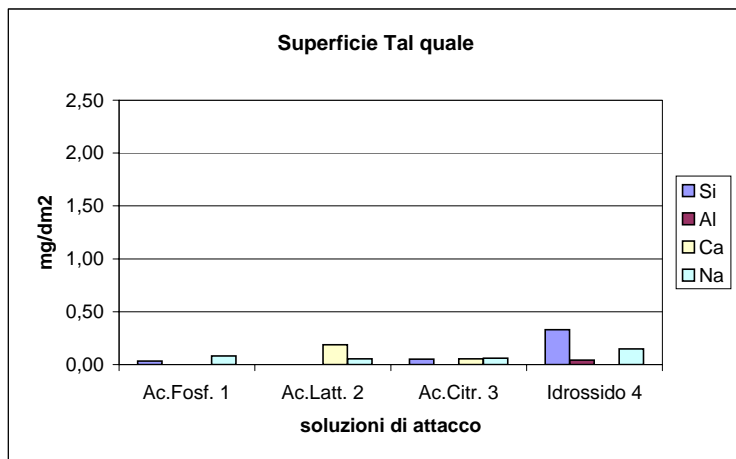
Attacco Chimico

CAMPIONE 1

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	Ac.Fosf. <sup>1</sup>	Ac.Latt. <sup>2</sup>	Ac.Citr. <sup>3</sup>	Idrossido <sup>4</sup>	Ac.Fosf. <sup>1</sup>	Ac.Latt. <sup>2</sup>	Ac.Citr. <sup>3</sup>	Idrossido <sup>4</sup>
<b>Si</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,03	0,00	0,05	0,33	0,09	0,01	0,11	2,12
<b>Al</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,10	0,12
<b>Ti</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
<b>Fe</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,00
<b>Ca</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,19	0,05	0,00	0,10	0,01	0,36	0,00
<b>Mg</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
<b>K</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,08	0,11	0,09	0,00	0,09	0,10	0,17	0,00
<b>Na</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,08	0,05	0,06	0,15	0,06	0,06	0,11	0,46
<b>Cd</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cr</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Cu</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mn</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Pb</b> (mg/dm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,35	2,66	2,93	12,60	1,20	2,65	2,62	12,62
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1 = acido ortofosforico 0,5 M
- 2 = acido lattico 0,03 M
- 3 = acido citrico 0,01 M
- 4 = potassio idrossido 0,05 M
- 5 = valore pH soluzione dopo attacco
- 6 = valore pH soluzione di partenza



CAMPIONE 2

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	Ac.Fosf.	Ac.Latt.	Ac.Citr.	Idrossido	Ac.Fosf. <sup>1</sup>	Ac.Latt. <sup>2</sup>	Ac.Citr. <sup>3</sup>	Idrossido <sup>4</sup>
Si	0,01	0,00	0,00	0,26	0,05	0,00	0,10	1,05
Al	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,08	0,07
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00
Ca	0,00	0,44	0,14	0,00	0,01	0,01	0,30	0,00
Mg	0,00	0,15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
K	0,09	0,11	0,11	0,00	0,09	0,10	0,17	0,00
Na	0,07	0,00	0,03	0,04	0,07	0,09	0,14	0,41
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,29	2,67	2,74	12,64	1,29	2,65	2,65	12,64
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

1- A = acido ortofosforico 0,5 M

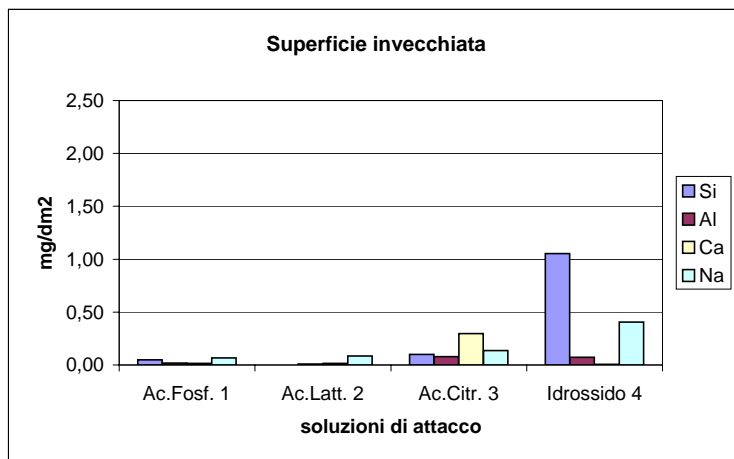
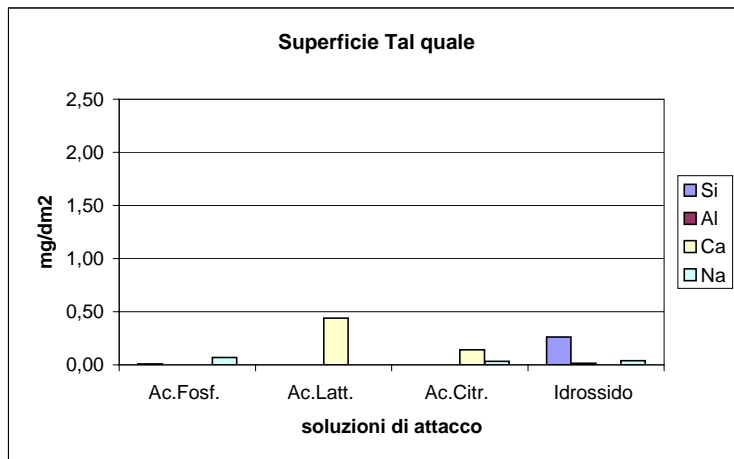
2- B = acido lattico 0,03 M

3- C = acido citrico 0,01 M

4- D = potassio idrossido 0,05 M

5- valore soluzione dopo attacco

6- valore soluzione di partenza

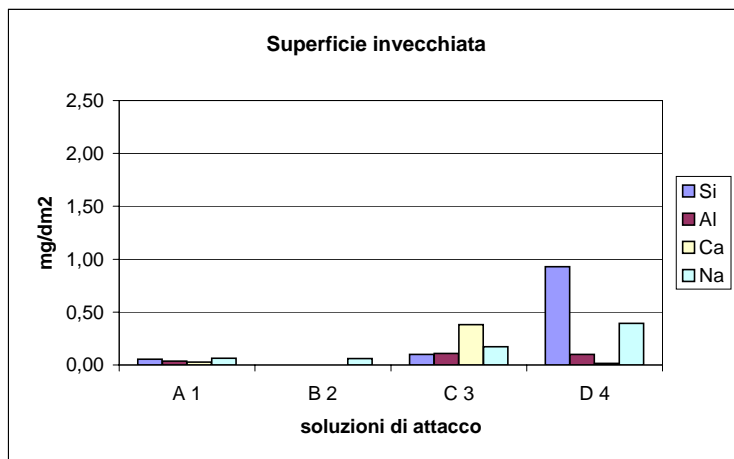
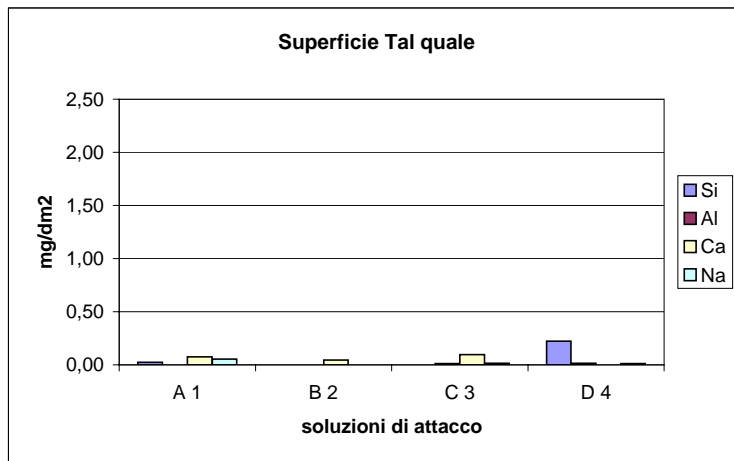


CAMPIONE 3

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,02	0,00	0,00	0,22	0,06	0,00	0,10	0,93
Al	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	0,11	0,10
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00
Ca	0,08	0,04	0,10	0,00	0,03	0,00	0,38	0,02
Mg	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
K	0,09	0,11	0,09	0,00	0,09	0,10	0,17	0,00
Na	0,06	0,00	0,01	0,01	0,06	0,06	0,17	0,39
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,30	2,67	2,56	12,61	1,33	2,62	2,64	12,64
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

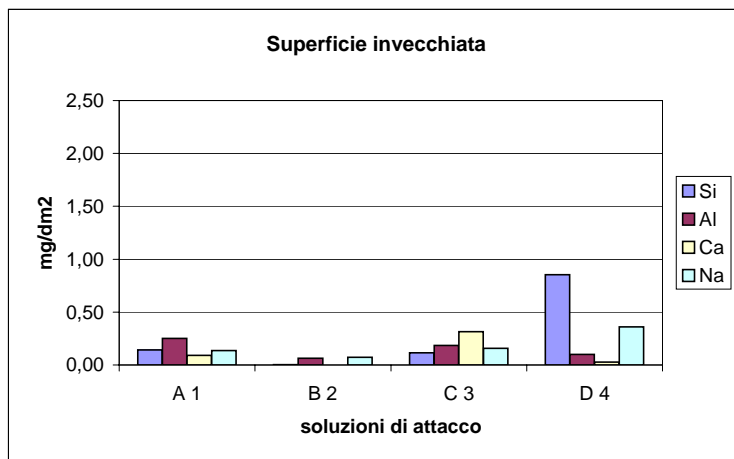
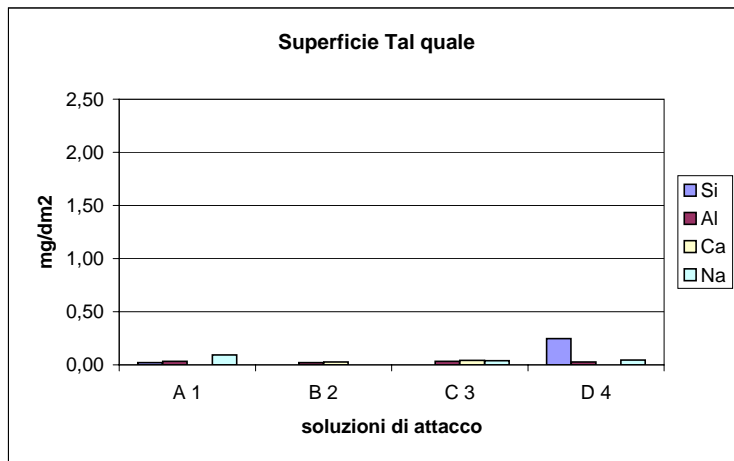


CAMPIONE 4

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,02	0,00	0,00	0,25	0,14	0,00	0,12	0,85
Al	0,03	0,02	0,03	0,03	0,25	0,06	0,18	0,10
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
Ca	0,00	0,03	0,04	0,00	0,09	0,00	0,32	0,03
Mg	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,08	0,00
K	0,09	0,12	0,10	0,00	0,11	0,11	0,18	0,00
Na	0,09	0,00	0,04	0,05	0,14	0,07	0,16	0,36
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,31	2,62	2,59	12,61	1,31	2,61	2,63	12,65
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

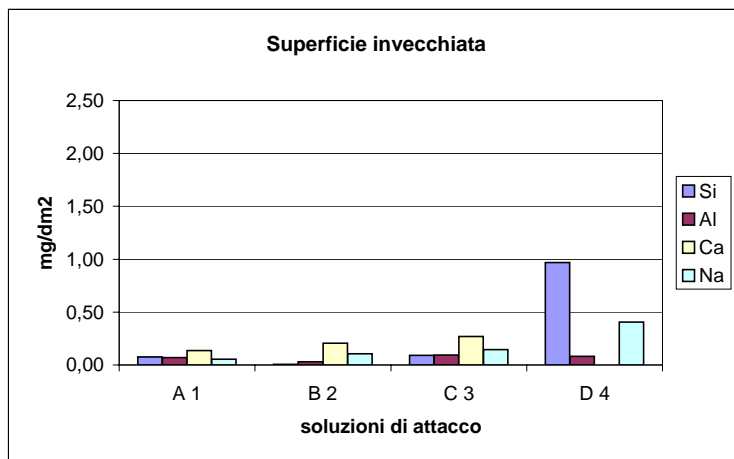
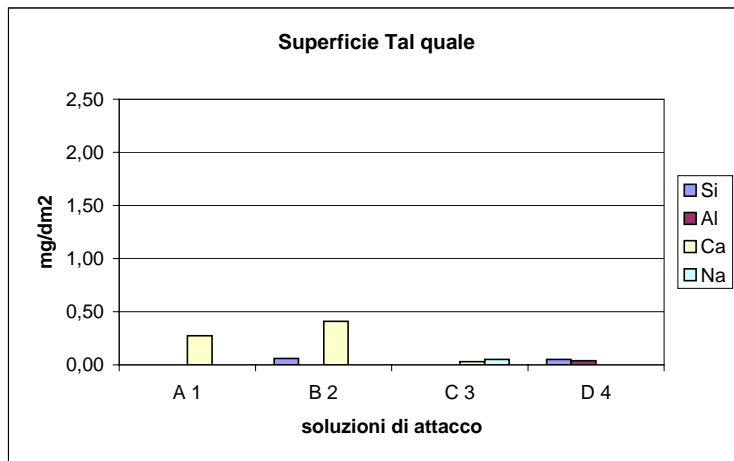


CAMPIONE 5

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,00	0,06	0,00	0,05	0,08	0,01	0,09	0,97
Al	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,03	0,09	0,08
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,04	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,00
Ca	0,27	0,41	0,03	0,00	0,14	0,20	0,27	0,00
Mg	0,00	0,05	0,02	0,00	0,02	0,06	0,07	0,00
K	0,11	0,13	0,09	0,00	0,09	0,11	0,17	0,00
Na	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,10	0,15	0,41
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,32	2,62	2,58	12,45	1,32	2,66	2,62	12,44
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

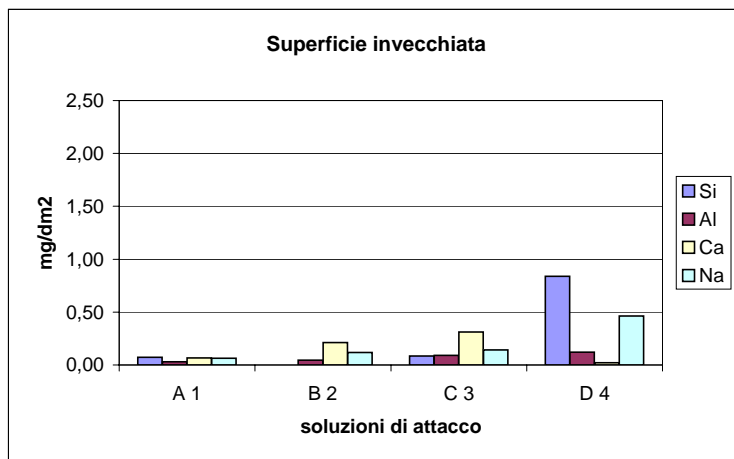
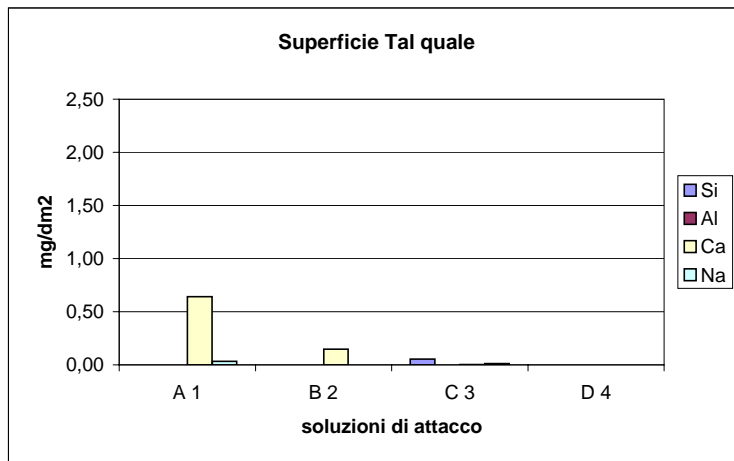


CAMPIONE 6

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,00	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00	0,08	0,84
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,09	0,12
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00
Ca	0,64	0,15	0,00	0,00	0,07	0,21	0,31	0,02
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00
K	0,11	0,11	0,09	0,00	0,09	0,11	0,17	0,00
Na	0,03	0,00	0,01	0,00	0,06	0,12	0,14	0,46
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,35	2,62	2,42	12,60	1,30	2,65	2,62	12,59
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza





CAMPIONE 7

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,13	0,00	0,11	0,44	0,15	0,01	0,10	0,76
Al	0,12	0,13	0,05	0,09	0,14	0,14	0,12	0,11
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,01	0,04	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,00
Ca	0,23	0,33	0,19	0,00	0,24	0,11	0,45	0,03
Mg	0,08	0,60	0,20	0,00	0,08	0,04	0,12	0,00
K	0,09	0,14	0,09	0,00	0,10	0,11	0,17	0,00
Na	0,10	0,08	0,07	0,03	0,11	0,07	0,20	0,36
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,35	2,68	2,56	12,58	1,30	2,64	2,63	12,70
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

1- A = acido ortofosforico 0,5 M

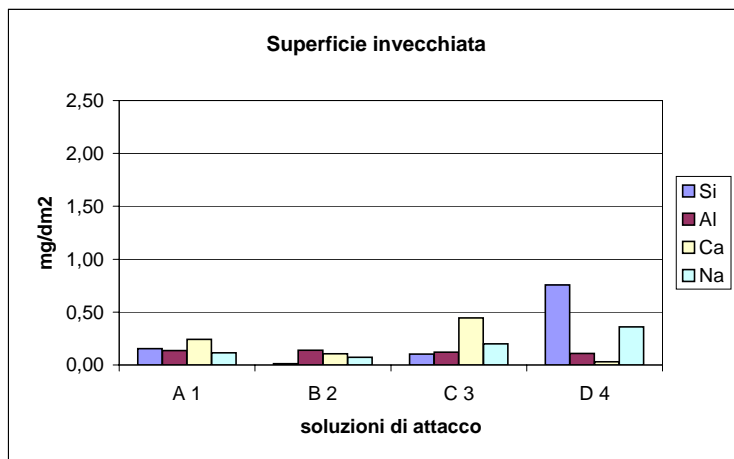
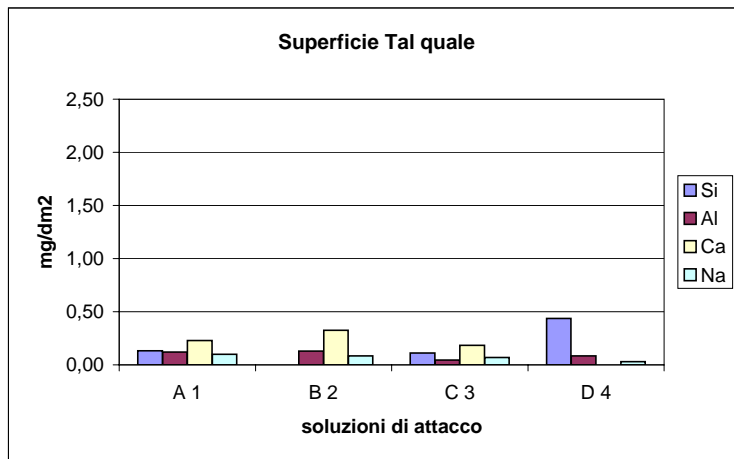
2- B = acido lattico 0,03 M

3- C = acido citrico 0,01 M

4- D = potassio idrossido 0,05 M

5- valore soluzione dopo attacco

6- valore soluzione di partenza



CAMPIONE 8

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,28	0,00	0,10	0,27	0,44	0,03	0,15	0,79
Al	0,12	0,05	0,01	0,03	0,25	0,08	0,14	0,12
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,02	0,01	0,00	0,00	0,06	0,03	0,06	0,00
Ca	0,31	0,29	0,13	0,05	0,51	0,16	0,38	0,02
Mg	0,37	0,32	0,06	0,00	0,54	0,06	0,29	0,00
K	0,09	0,12	0,09	0,00	0,10	0,11	0,18	0,00
Na	0,09	0,08	0,06	0,03	0,12	0,09	0,20	0,36
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,58	2,63	2,61	12,60	1,32	2,62	2,68	12,70
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

1- A = acido ortofosforico 0,5 M

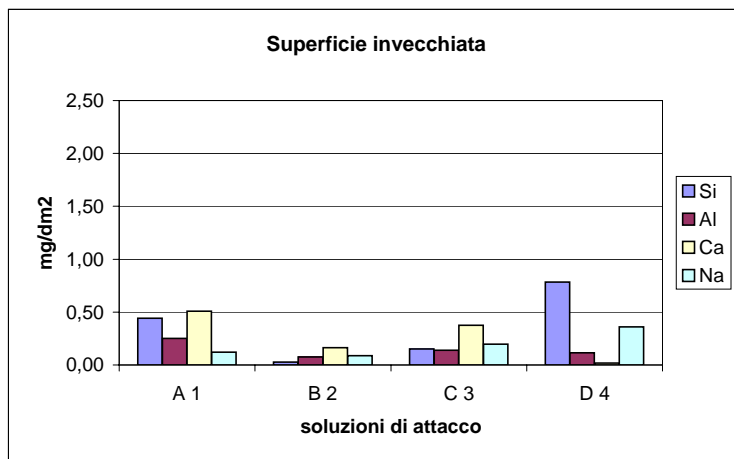
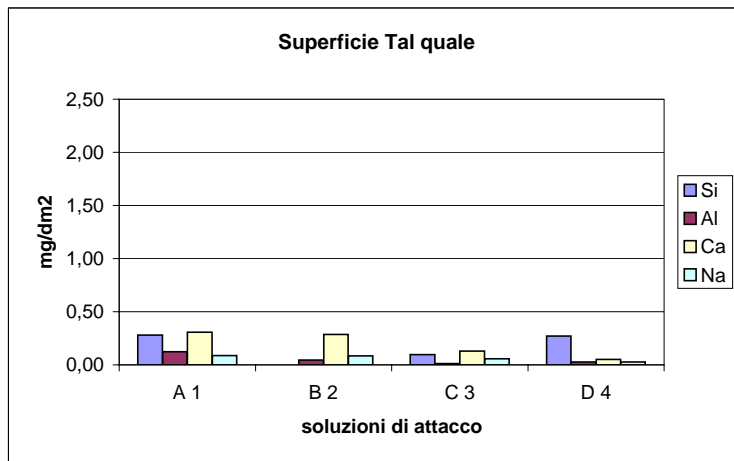
2- B = acido lattico 0,03 M

3- C = acido citrico 0,01 M

4- D = potassio idrossido 0,05 M

5- valore soluzione dopo attacco

6- valore soluzione di partenza

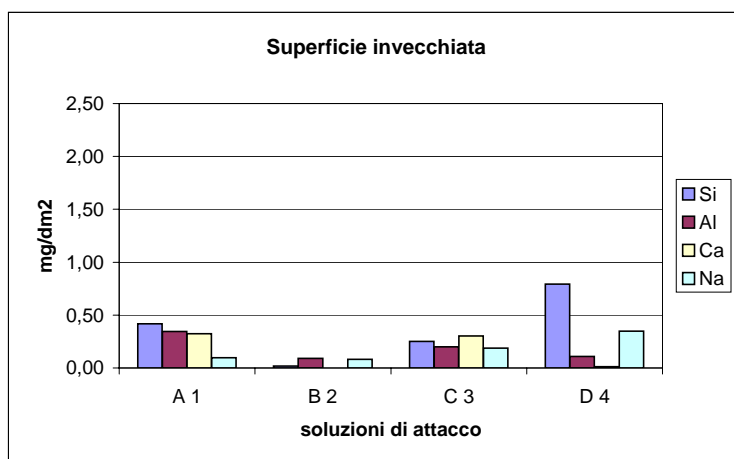
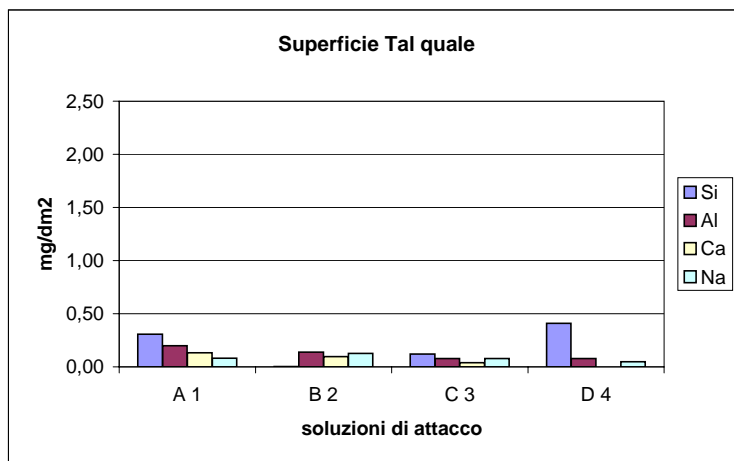


CAMPIONE 9

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,31	0,00	0,12	0,41	0,42	0,02	0,25	0,79
Al	0,20	0,14	0,08	0,08	0,35	0,09	0,20	0,11
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,01	0,05	0,00	0,00	0,03	0,03	0,02	0,00
Ca	0,13	0,10	0,04	0,00	0,32	0,00	0,30	0,01
Mg	0,35	0,96	0,25	0,00	0,54	0,05	0,38	0,00
K	0,09	0,12	0,10	0,00	0,10	0,10	0,18	0,00
Na	0,08	0,13	0,08	0,05	0,10	0,08	0,19	0,35
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
pH <sup>5</sup>	1,61	2,74	2,68	12,61	1,31	2,62	2,62	12,70
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

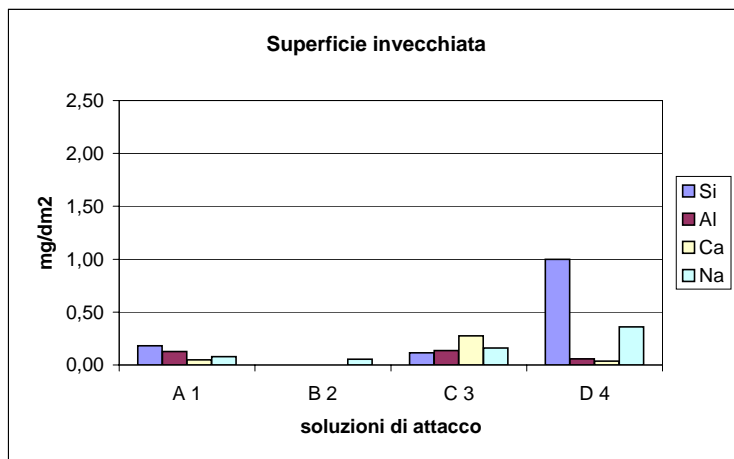
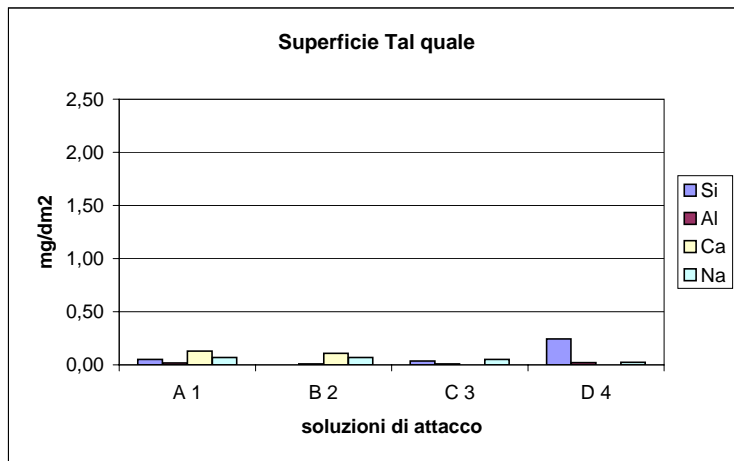


CAMPIONE 10

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,05	0,00	0,04	0,24	0,18	0,00	0,12	1,00
Al	0,02	0,01	0,01	0,02	0,13	0,00	0,14	0,06
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
Ca	0,13	0,11	0,00	0,00	0,05	0,00	0,28	0,04
Mg	0,04	0,03	0,01	0,00	0,09	0,00	0,10	0,00
K	0,09	0,12	0,09	0,00	0,09	0,10	0,17	0,00
Na	0,07	0,07	0,05	0,02	0,08	0,05	0,16	0,36
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,50	2,62	2,52	12,60	1,29	2,61	2,63	12,70
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

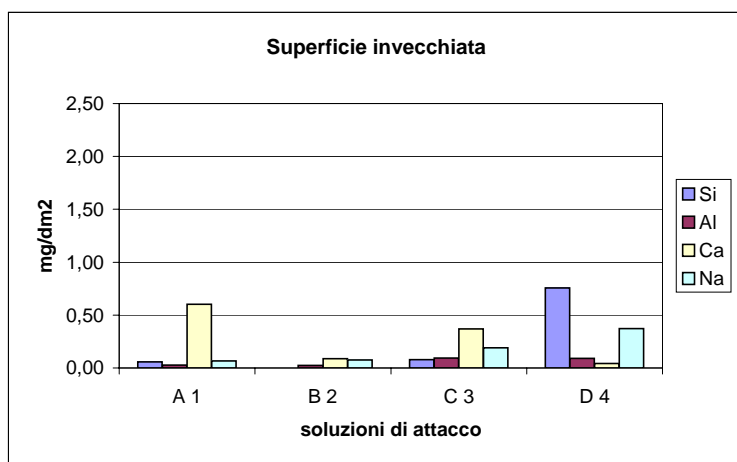
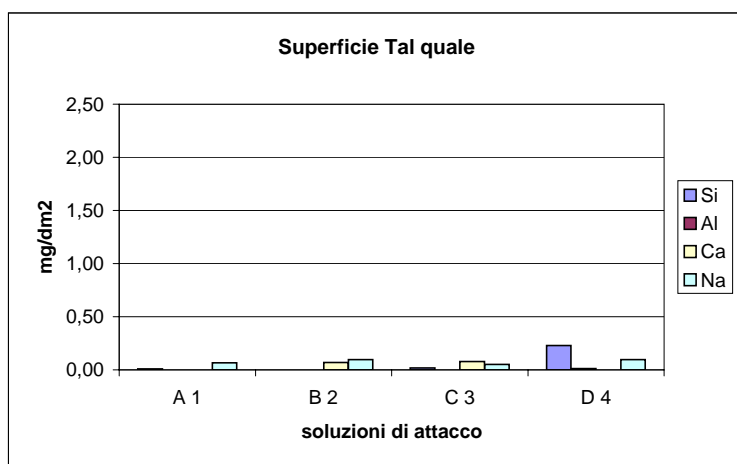


CAMPIONE 11

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,01	0,00	0,02	0,23	0,06	0,00	0,08	0,76
Al	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,10	0,09
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,03	0,00
Ca	0,00	0,07	0,08	0,00	0,60	0,09	0,37	0,04
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00
K	0,08	0,11	0,09	0,00	0,09	0,11	0,17	0,00
Na	0,07	0,10	0,05	0,10	0,07	0,08	0,19	0,37
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,35	2,62	2,55	12,56	1,29	2,62	2,63	12,72
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

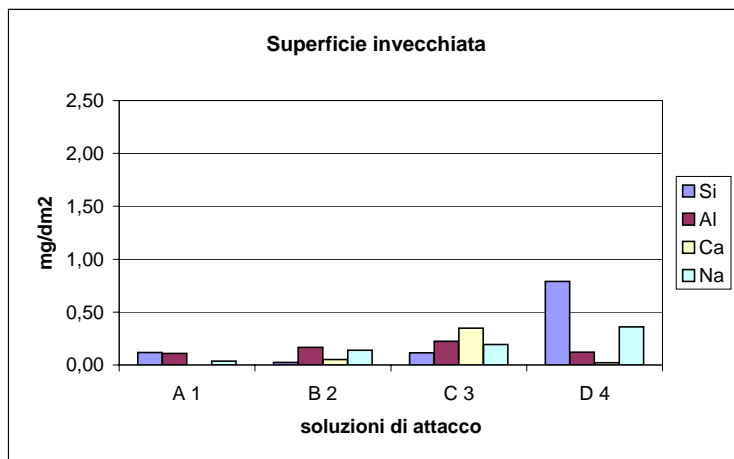
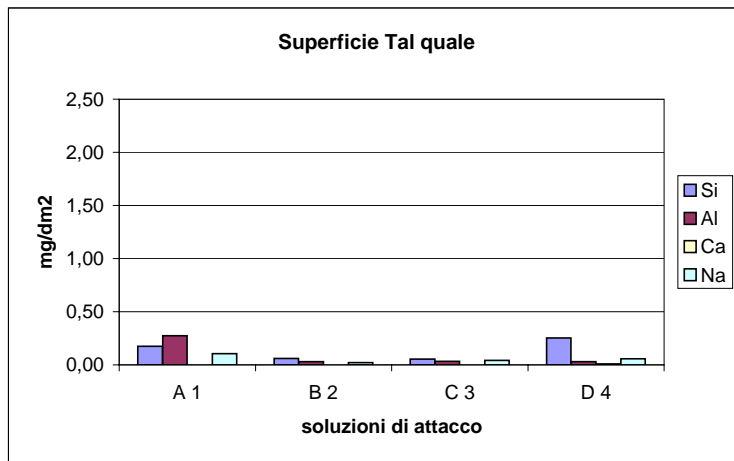


CAMPIONE 12

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,17	0,06	0,06	0,25	0,12	0,03	0,11	0,79
Al	0,27	0,03	0,03	0,03	0,11	0,17	0,22	0,12
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,35	0,02
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
K	0,10	0,13	0,10	0,00	0,09	0,11	0,18	0,00
Na	0,10	0,02	0,04	0,06	0,04	0,14	0,19	0,36
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,29	2,65	2,58	12,45	1,33	2,66	2,62	12,69
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

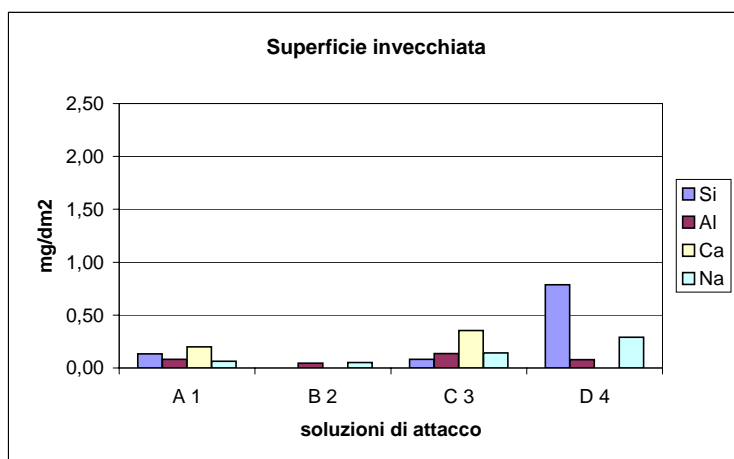
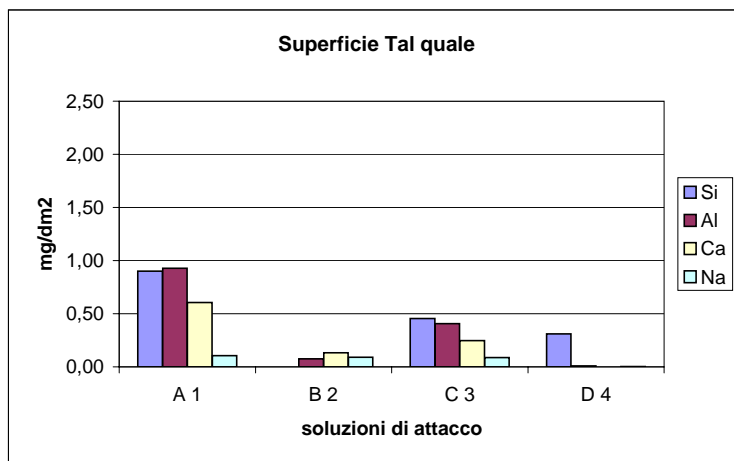


CAMPIONE 13

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,90	0,00	0,46	0,31	0,13	0,00	0,08	0,79
Al	0,93	0,07	0,41	0,01	0,08	0,04	0,14	0,08
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,06	0,01	0,02	0,00	0,01	0,04	0,03	0,00
Ca	0,60	0,13	0,25	0,00	0,20	0,00	0,35	0,00
Mg	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
K	0,11	0,13	0,15	0,00	0,15	0,11	0,20	0,00
Na	0,11	0,09	0,09	0,00	0,06	0,05	0,14	0,29
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,16	2,65	2,61	12,56	1,30	2,61	2,64	12,72
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

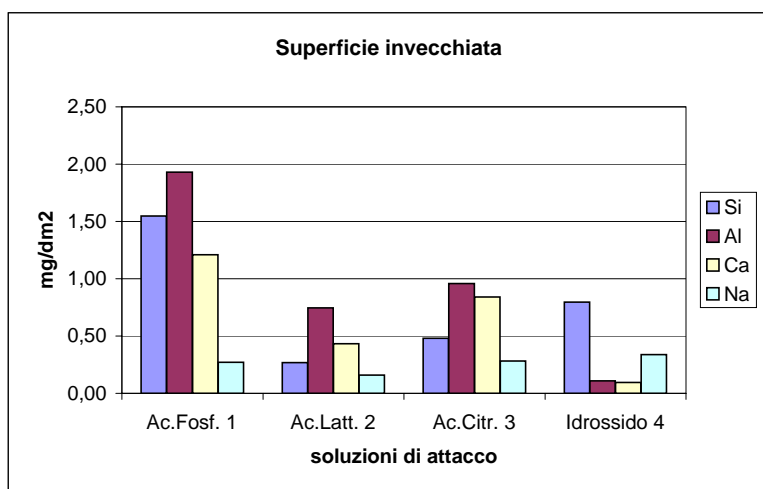
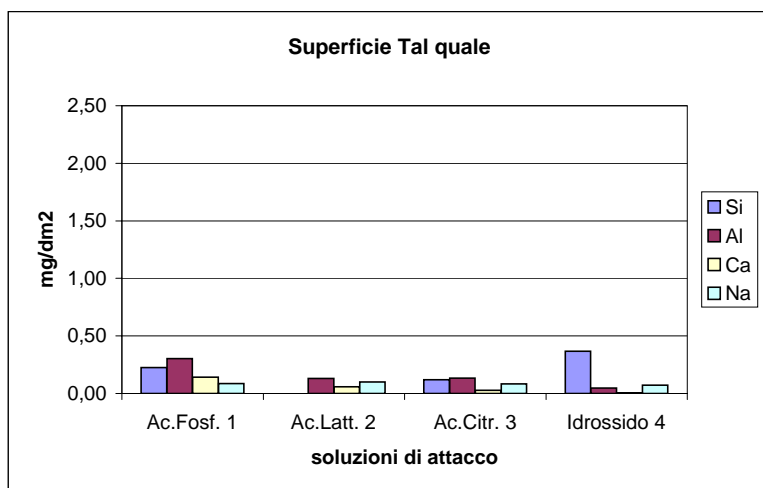


CAMPIONE 14

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	Ac.Fosf. <sup>1</sup>	Ac.Latt. <sup>2</sup>	Ac.Citr. <sup>3</sup>	Idrossido <sup>4</sup>	Ac.Fosf. <sup>1</sup>	Ac.Latt. <sup>2</sup>	Ac.Citr. <sup>3</sup>	Idrossido <sup>4</sup>
<b>Si</b> (mg/dm2)	0,23	0,00	0,12	0,37	1,55	0,27	0,48	0,79
<b>Al</b> (mg/dm2)	0,30	0,13	0,13	0,05	1,93	0,74	0,96	0,11
<b>Ti</b> (mg/dm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
<b>Fe</b> (mg/dm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00
<b>Ca</b> (mg/dm2)	0,14	0,06	0,03	0,00	1,21	0,43	0,84	0,09
<b>Mg</b> (mg/dm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,07	0,19	0,00
<b>K</b> (mg/dm2)	0,09	0,11	0,09	0,00	0,10	0,12	0,19	0,00
<b>Na</b> (mg/dm2)	0,09	0,10	0,08	0,07	0,27	0,16	0,28	0,34
<b>Cd</b> (mg/dm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cr</b> (mg/dm2)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Cu</b> (mg/dm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b> (mg/dm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mn</b> (mg/dm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Pb</b> (mg/dm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH <sup>5</sup>	1,12	2,69	2,56	12,60	1,30	2,78	2,71	12,69
pH <sup>6</sup>	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1 = acido ortofosforico 0,5 M
- 2 = acido lattico 0,03 M
- 3 = acido citrico 0,01 M
- 4 = potassio idrossido 0,05 M
- 5 = valore pH soluzione dopo attacco
- 6 = valore pH soluzione di partenza



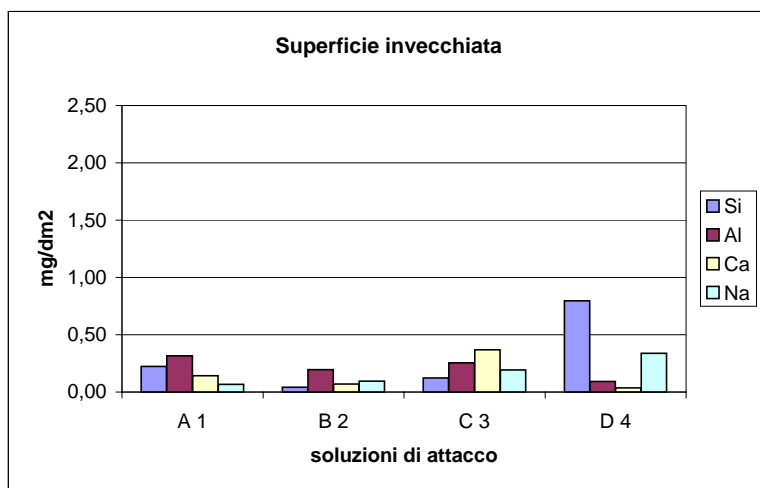
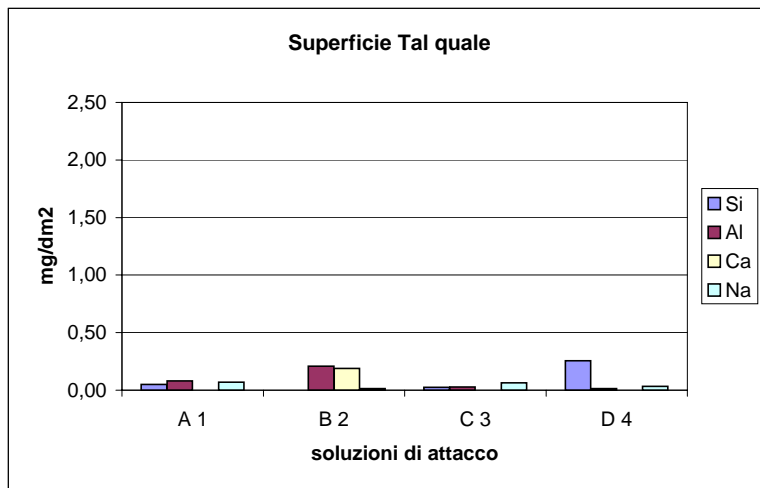


CAMPIONE 15

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,05	0,00	0,03	0,26	0,22	0,04	0,12	0,80
Al	0,08	0,21	0,03	0,01	0,32	0,20	0,25	0,09
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00
Ca	0,00	0,19	0,00	0,00	0,14	0,07	0,37	0,04
Mg	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
K	0,08	0,11	0,09	0,00	0,09	0,10	0,17	0,00
Na	0,07	0,01	0,06	0,03	0,07	0,09	0,19	0,34
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH	1,29	2,66	2,61	12,58	1,34	2,67	2,66	12,67
valori pH	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

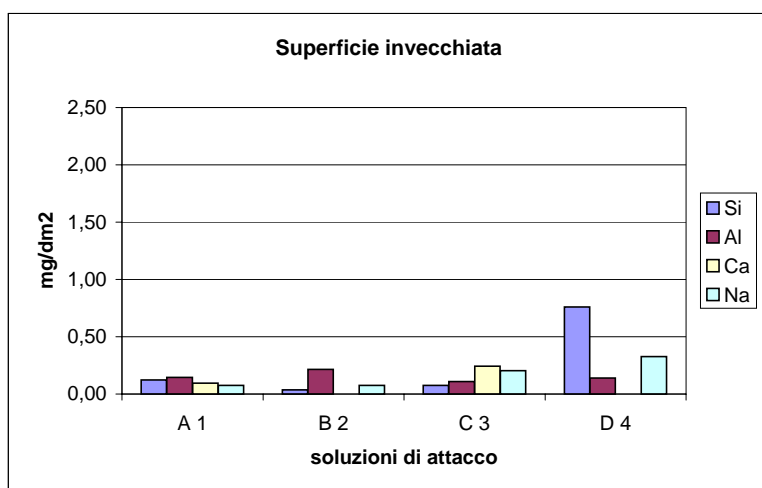
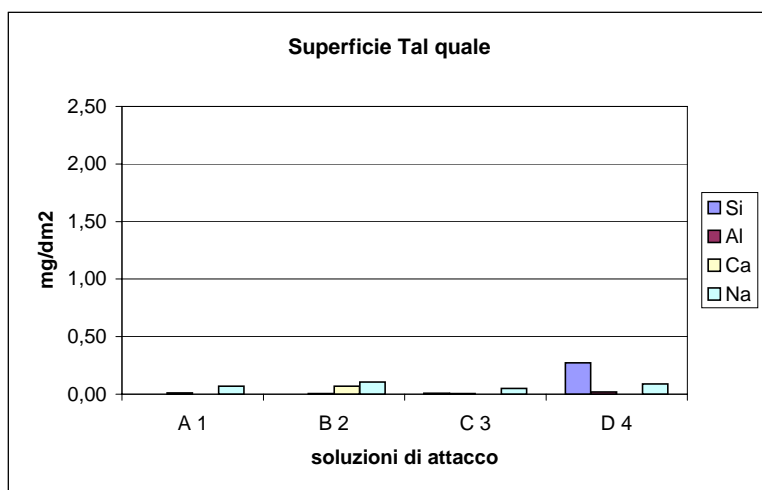


CAMPIONE 16

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,00	0,00	0,01	0,27	0,12	0,04	0,08	0,76
Al	0,01	0,00	0,00	0,02	0,15	0,21	0,11	0,14
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
Ca	0,00	0,07	0,00	0,00	0,09	0,00	0,24	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00
K	0,09	0,11	0,09	0,00	0,09	0,13	0,18	0,00
Na	0,07	0,10	0,05	0,09	0,07	0,08	0,20	0,33
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH	1,31	2,63	2,58	12,47	1,34	2,61	2,63	12,68
valori pH	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

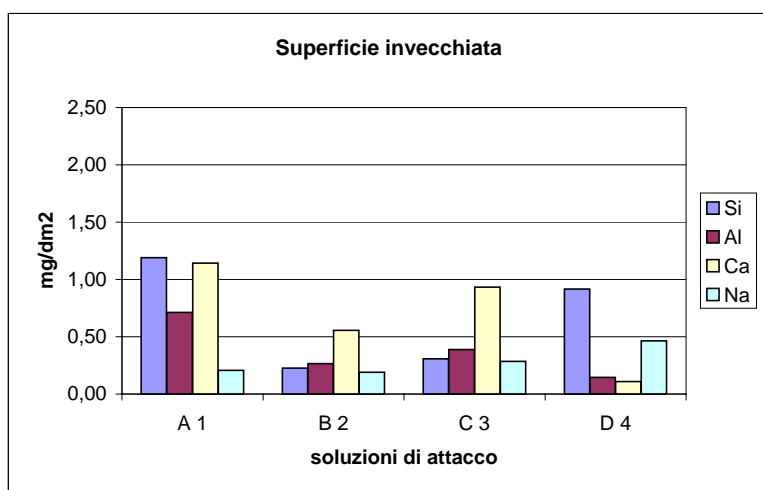
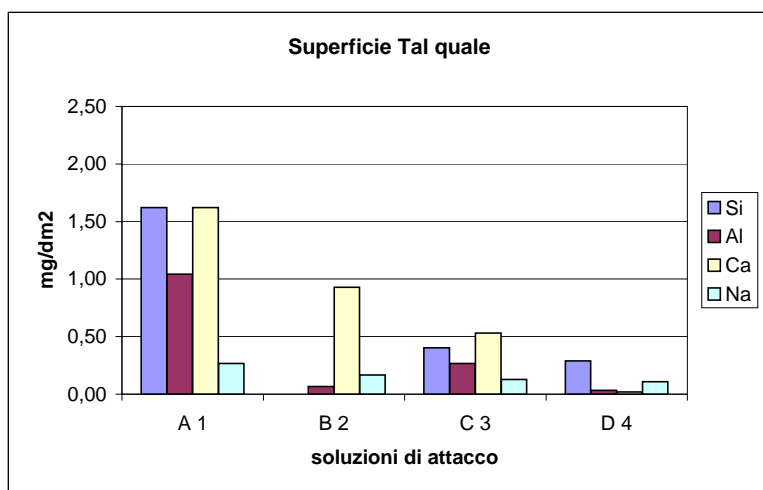


CAMPIONE 17

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	1,62	0,00	0,40	0,29	1,19	0,23	0,31	0,92
Al	1,04	0,07	0,27	0,03	0,71	0,27	0,39	0,14
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,13	0,03	0,06	0,00	0,10	0,03	0,06	0,01
Ca	1,62	0,93	0,53	0,02	1,14	0,56	0,93	0,11
Mg	1,83	0,29	0,41	0,00	1,39	0,59	0,56	0,00
K	0,12	0,13	0,12	0,00	0,12	0,14	0,19	0,00
Na	0,27	0,17	0,13	0,11	0,21	0,19	0,29	0,46
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH	1,52	2,66	2,64	12,59	1,26	2,75	2,68	12,67
valori pH	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

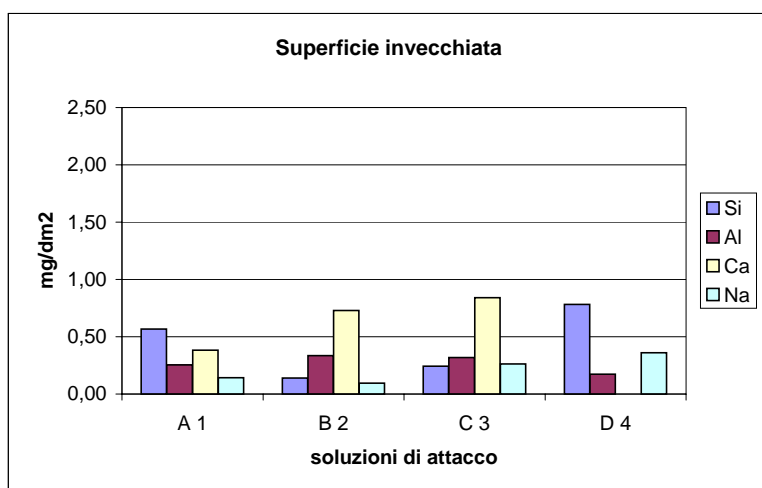
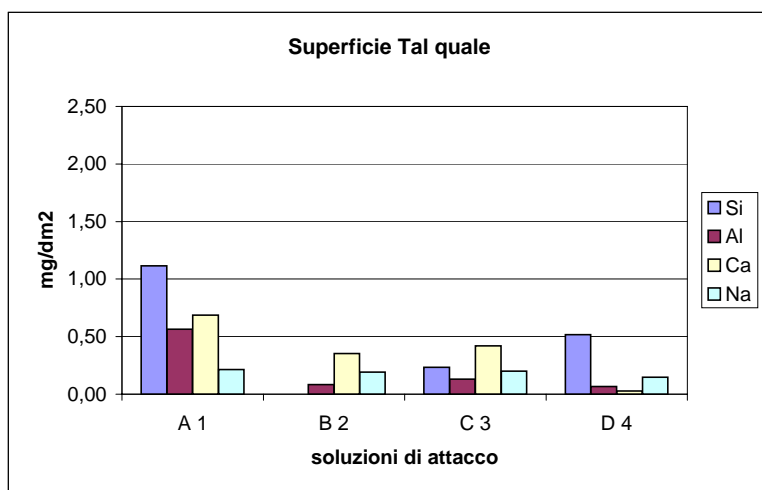


CAMPIONE 18

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	1,12	0,00	0,23	0,52	0,57	0,14	0,24	0,78
Al	0,56	0,08	0,13	0,07	0,25	0,33	0,32	0,17
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,12	0,01	0,01	0,00	0,05	0,06	0,10	0,00
Ca	0,69	0,35	0,42	0,03	0,38	0,73	0,84	0,00
Mg	1,53	0,24	0,32	0,00	0,82	0,36	0,48	0,00
K	0,11	0,13	0,11	0,00	0,10	0,15	0,19	0,00
Na	0,21	0,19	0,20	0,15	0,14	0,10	0,26	0,36
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH	1,27	2,64	2,64	12,60	1,32	2,78	2,67	12,10
valori pH	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

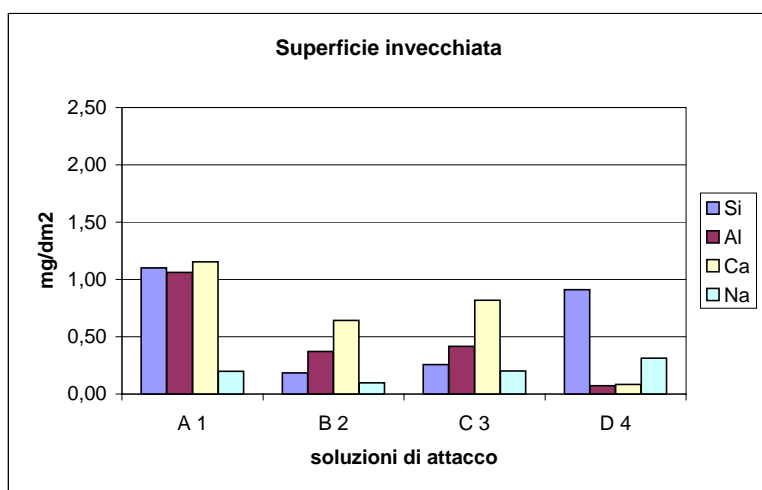
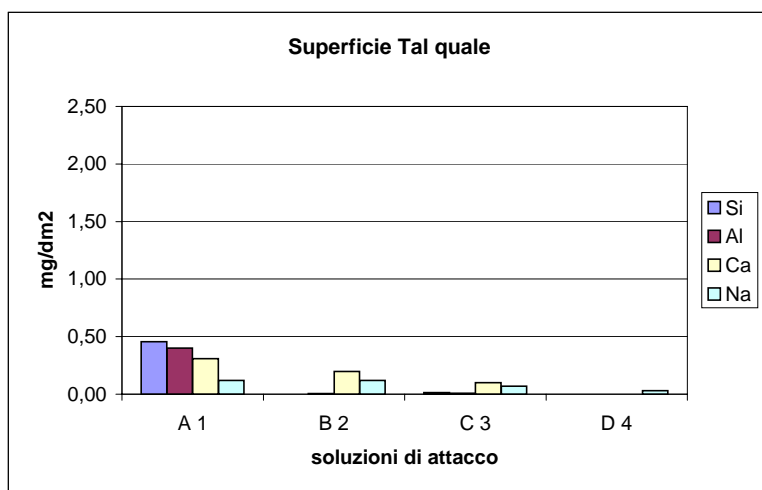


CAMPIONE 19

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,46	0,00	0,01	0,00	1,10	0,18	0,26	0,91
Al	0,40	0,00	0,01	0,00	1,06	0,37	0,42	0,07
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	0,03	0,03	0,00
Ca	0,31	0,20	0,10	0,00	1,15	0,64	0,82	0,08
Mg	0,34	0,01	0,00	0,00	0,62	0,19	0,23	0,00
K	0,09	0,11	0,09	0,00	0,10	0,12	0,18	0,00
Na	0,12	0,12	0,07	0,03	0,20	0,10	0,20	0,31
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00
pH	1,65	2,64	2,59		1,30	2,62	2,65	12,68
valori pH	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza

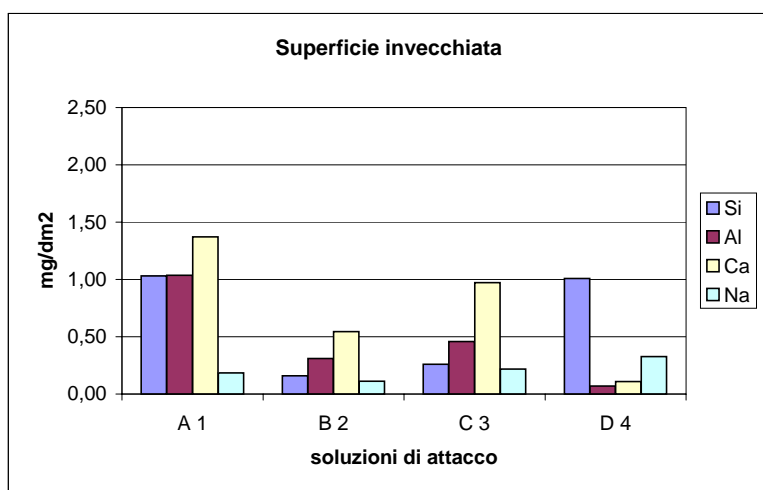
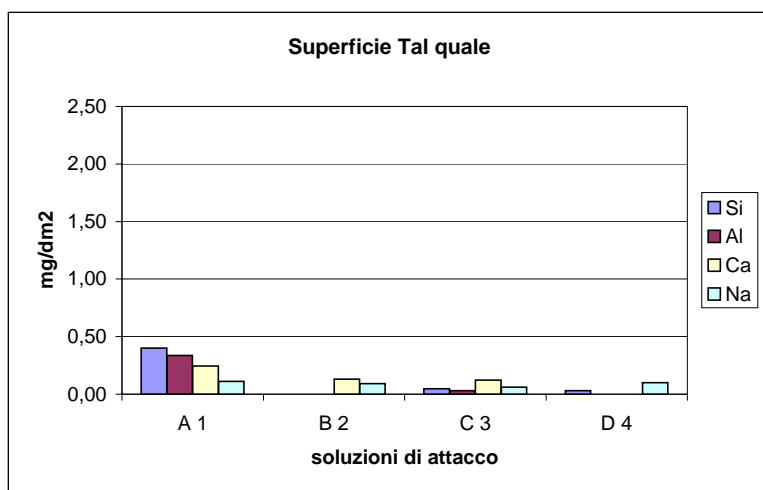


CAMPIONE 20

sol.attacco	Superficie Tal Quale				Superficie Invecchiata			
	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Si	0,40	0,00	0,05	0,03	1,03	0,16	0,26	1,01
Al	0,34	0,00	0,03	0,00	1,04	0,31	0,46	0,07
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,04	0,10	0,00
Ca	0,24	0,13	0,12	0,00	1,37	0,54	0,97	0,11
Mg	0,32	0,00	0,01	0,00	0,52	0,15	0,22	0,00
K	0,09	0,11	0,09	0,00	0,11	0,12	0,18	0,00
Na	0,11	0,09	0,06	0,10	0,19	0,11	0,22	0,33
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00
pH	1,24	2,71	2,61	12,68	1,32	2,64	2,67	12,66
valori pH	1,35	2,63	2,61	12,66	1,35	2,63	2,61	12,66

legenda

- 1- A = acido ortofosforico 0,5 M
- 2- B = acido lattico 0,03 M
- 3- C = acido citrico 0,01 M
- 4- D = potassio idrossido 0,05 M
- 5- valore soluzione dopo attacco
- 6- valore soluzione di partenza



Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 14**

**Elaborazioni dei dati per lo studio delle correlazioni fra diverse proprietà e microstruttura: regressione lineare e ANOVA**





## Acido Ortofosforico 0,5 M. Superficie tal quale

Statistica della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra concentrazione di silice libera e sommatoria dei metalli rilasciati in soluzione

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,99
R al quadrato	0,97
R al quadrato corretto	0,97
Osservazioni	20

### ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	156650,1	156650,1	620	2,14E-15
Residuo	18	4550,8	252,8		
Totale	19	161201,0			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	6,45	4,3	1,50E+00	1,51E-01	-2,59E+00
Variabile X 1	6,23	0,3	2,49E+01	2,14E-15	5,71E+00

### OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>esidui standard</i>
1	13,63	-7,17	-0,46
2	8,32	-2,25	-0,15
3	11,26	-2,01	-0,13
4	11,00	-0,14	-0,01
5	6,45	13,06	0,84
6	6,45	31,40	2,03
7	33,98	5,77	0,37
8	64,51	2,86	0,18
9	70,34	-5,57	-0,36
10	17,28	0,44	0,03
11	8,23	-2,32	-0,15
12	42,69	-1,99	-0,13
13	193,39	-48,81	-3,15
14	53,28	-5,83	-0,38
15	16,61	-1,50	-0,10
16	6,60	0,85	0,06
17	342,56	27,76	1,79
18	237,92	4,53	0,29
19	100,99	-3,90	-0,25
20	89,59	-5,18	-0,33

## Attacco Acido L-(+)- Lattico 0,03 M. Superficie tal quale

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra concentrazione di silice libera e sommatoria dei metalli rilasciati in soluzione

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,15
R al quadrato	0,02
R al quadrato corretto	-0,03
Errore standard	31,91
Osservazioni	20

### ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	441,8	441,8	0	5,18E-01
Residuo	18	18332,1	1018,4		
Totale	19	18773,9			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significativit</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	36,00	7,5	4,77E+00	1,53E-04	2,02E+01
Variabile X 1	-8,10	12,3	-6,59E-01	5,18E-01	-3,39E+01

### OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>esidui standard</i>
1	36,00	-21,19	-0,68
2	36,00	1,93	0,06
3	36,00	-30,90	-0,99
4	36,00	-29,19	-0,94
5	20,61	7,85	0,25
6	36,00	-25,67	-0,83
7	36,00	53,67	1,73
8	36,00	17,50	0,56
9	35,08	74,97	2,41
10	36,00	-20,78	-0,67
11	36,00	-25,15	-0,81
12	20,00	-11,87	-0,38
13	36,00	-10,18	-0,33
14	36,00	-11,31	-0,36
15	36,00	16,44	0,53
16	36,00	-24,27	-0,78
17	36,00	54,00	1,74
18	36,00	23,37	0,75
19	36,00	-16,77	-0,54
20	36,00	-22,46	-0,72

## Acido citrico 0,01 M. Superficie tal quale

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra concentrazione di silice libera e sommatoria dei metalli rilasciati in soluzione

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,91
R al quadrato	0,83
R al quadrato corretto	0,82
Errore standard	11,43
Osservazioni	20

### ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	11346,8	11346,8	87	2,62E-08
Residuo	18	2352,5	130,7		
Totale	19	13699,3			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significativit</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	6,21	3,2	1,96E+00	6,58E-02	-4,50E-01
Variabile X 1	5,67	0,6	9,32E+00	2,62E-08	4,39E+00

### OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>esidui standard</i>
1	6,21	7,02	0,63
2	6,21	6,20	0,56
3	6,21	4,25	0,38
4	6,21	1,46	0,13
5	7,55	-2,27	-0,20
6	8,87	2,36	0,21
7	9,79	-1,13	-0,10
8	11,13	-2,96	-0,27
9	13,31	-6,62	-0,59
10	15,38	0,45	0,04
11	15,72	-8,02	-0,72
12	16,20	-13,15	-1,18
13	16,65	-8,56	-0,77
14	24,67	-6,98	-0,63
15	27,09	9,82	0,88
16	28,86	7,96	0,72
17	28,88	-6,48	-0,58
18	50,40	23,93	2,15
19	82,56	18,93	1,70
20	92,27	-26,23	-2,36

## Potassio Idrossido 0,05 M. Superficie tal quale

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra concentrazione di silice libera e sommatoria dei metalli rilasciati in soluzione

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,73
R al quadrato	0,54
R al quadrato corretto	0,51
Errore standard	2,79
Osservazioni	20

### ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	164,4	164,4	21	2,27E-04
Residuo	18	140,4	7,8		
Totale	19	304,8			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significativit</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	0,85	1,3	6,51E-01	5,23E-01	-1,89E+00
Variabile X 1	0,63	0,1	4,59E+00	2,27E-04	3,42E-01

### OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>esidui standard</i>
1	0,85	-0,67	-0,25
2	0,85	0,66	0,24
3	1,57	2,96	1,09
4	1,81	3,93	1,45
5	5,51	-3,28	-1,21
6	5,68	-0,16	-0,06
7	5,99	-2,57	-0,94
8	6,07	-1,09	-0,40
9	6,17	0,30	0,11
10	6,21	-3,14	-1,15
11	6,37	-3,00	-1,10
12	6,56	-0,47	-0,17
13	6,57	0,22	0,08
14	6,92	2,65	0,97
15	7,39	-6,34	-2,33
16	7,81	3,90	1,44
17	8,56	0,28	0,10
18	9,45	1,35	0,50
19	10,00	0,95	0,35
20	11,71	3,50	1,29

Regressione e ANOVA per destrutturazione contro porosità inclusi i levigati

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,65
R al quadrato	0,42
R al quadrato corretto	0,38
Errore standard	0,58
Osservazioni	16

ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	3,4	3,4	10	6,45E-03
Residuo	14	4,7	0,3		
Totale	15	8,1			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	0,80	0,2	4,58E+00	4,32E-04	4,24E-01
Variabile X 1	3,55	1,1	3,20E+00	6,45E-03	1,17E+00

Solo Gres con levigati

X	Y
<i>%</i>	<i>li tutti gli elementi rilasciati</i>

0,02	0,52	4,00
0,02	1,31	7,00
0,02	0,51	10,00
0,02	0,86	14,00
0,02	0,55	15,00
0,02	0,46	16,00
0,03	0,63	2,00
0,04	0,60	1,00
0,04	0,52	3,00
0,04	0,84	8,00
0,05	1,30	9,00
0,05	0,51	12,00
0,09	0,57	11,00
0,17	0,32	6,00
0,23	0,54	5,00
0,54	1,83	13,00

Regressione e ANOVA per destrutturazione contro porosità esclusi i levigati

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,77
R al quadrato	0,59
R al quadrato corretto	0,55
Errore standard	0,24
Osservazioni	14

ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	1,0	1,0	17	1,37E-03
Residuo	12	0,7	0,1		
Totale	13	1,7			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	0,48	0,1	6,02E+00	6,05E-05	3,03E-01
Variabile X 1	1,95	0,5	4,14E+00	1,37E-03	9,25E-01

OUTPUT DATI

<i>Percentile</i>	<i>Y</i>
3,571428571	0,32
10,71428571	0,46
17,85714286	0,51
25	0,51
32,14285714	0,52
39,28571429	0,52
46,42857143	0,54
53,57142857	0,55
60,71428571	0,57
67,85714286	0,60
75	0,63
82,14285714	0,84
89,28571429	0,86
96,42857143	1,83

## Destutturazione contro porosità per Acido citrico 0,01 M

### OUTPUT RIEPILOGO

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,14217152
R al quadrato	0,02021274
R al quadrato corretto	-0,0342199
Errore standard	0,40954826
Osservazioni	20

### ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	0,06228394	0,06228394	0,37133504	0,549892561
Residuo	18	3,01913606	0,16772978		
Totale	19	3,08142			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standar</i>	<i>Stat t</i>	<i>re di significai</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	0,18323102	0,12270649	1,4932464	0,15269451	-0,074565945
Variabile X 1	0,0018575	0,00304822	0,60937266	0,54989256	-0,004546572

### OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>Residui standard</i>
1	0,20065982	-0,1606598	-0,403035
2	0,20780521	-0,1778052	-0,4460463
3	0,20629769	-0,1662977	-0,4171783
4	0,20266852	-0,1826685	-0,4582465
5	0,19748242	0,03251758	0,08157437
6	0,19216956	-0,0221696	-0,0556151
7	0,2586278	-0,2386278	-0,5986273
8	0,22214653	-0,1821465	-0,456937
9	0,2590333	-0,2090333	-0,5243858
10	0,19798172	-0,1779817	-0,4464891
11	0,20049914	-0,1104991	-0,2772007
12	0,2016826	-0,1516826	-0,3805145
13	0,33406502	0,20593498	0,51661331
14	0,23226834	-0,2122683	-0,5325013
15	0,20002331	-0,1800233	-0,4516107
16	0,19348418	-0,1734842	-0,4352065
17	0,39673662	0,00326338	0,00818658
18	0,33578281	-0,1057828	-0,2653692
19	0,20494952	0,88505048	2,22025829
20	0,21563589	1,32436411	3,32233072

## Acido Ortofosforico 0,5 M. Superficie invecchiata

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra concentrazione di silice libera e sommatoria dei metalli rilasciati in soluzione

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,99
R al quadrato	0,98
R al quadrato corretto	0,98
Errore standard	13,81
Osservazioni	20

### ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	173453,4	173453,4	910	7,29E-17
Residuo	18	3431,9	190,7		
Totale	19	176885,3			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significativit</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	6,57	4,1	1,60E+00	1,26E-01	-2,04E+00
Variabile X 1	6,29	0,2	3,02E+01	7,29E-17	5,85E+00

### OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>esidui standard</i>
1	17,00	-7,70	-0,57
2	18,29	-4,19	-0,31
3	18,84	23,16	1,72
4	21,51	-9,31	-0,69
5	22,50	1,07	0,08
6	25,22	-8,88	-0,66
7	31,29	-14,25	-1,06
8	32,13	-3,76	-0,28
9	34,50	-6,94	-0,52
10	36,12	8,56	0,64
11	38,73	5,46	0,41
12	44,52	-13,42	-1,00
13	53,63	-4,50	-0,33
14	93,89	14,40	1,07
15	99,10	10,97	0,82
16	125,17	1,89	0,14
17	222,29	21,47	1,60
18	236,97	5,36	0,40
19	255,72	13,46	1,00
20	330,55	-32,87	-2,45



## Attacco Acido L-(+)- Lattico 0,03 M. Superficie invecchiata

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra concentrazione di silice libera e sommatoria dei metalli rilasciati in soluzione

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,96
R al quadrato	0,92
R al quadrato corretto	0,92
Errore standard	11,58
Osservazioni	20

### ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	28830,0	28830,0	215	1,88E-11
Residuo	18	2412,2	134,0		
Totale	19	31242,3			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significativit</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	15,44	3,2	4,90E+00	1,16E-04	8,82E+00
Variabile X 1	13,65	0,9	1,47E+01	1,88E-11	1,17E+01

### OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>esidui standard</i>
1	20,53	-13,62	-1,21
2	15,44	-6,36	-0,56
3	15,44	-10,21	-0,91
4	17,00	-3,78	-0,34
5	18,56	8,33	0,74
6	15,44	9,81	0,87
7	20,32	11,10	0,98
8	27,90	1,92	0,17
9	23,56	-1,87	-0,17
10	15,44	-10,49	-0,93
11	15,44	0,83	0,07
12	27,07	5,17	0,46
13	15,96	-3,11	-0,28
14	137,56	-17,14	-1,52
15	35,11	-2,34	-0,21
16	32,31	-1,09	-0,10
17	118,10	1,57	0,14
18	78,71	36,14	3,21
19	99,15	-1,03	-0,09
20	87,63	-3,82	-0,34

## Acido citrico 0,01 M. Superficie invecchiata

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra concentrazione di silice libera e sommatoria dei metalli rilasciati in soluzione

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,95
R al quadrato	0,90
R al quadrato corretto	0,89
Errore standard	14,32
Osservazioni	20

### ANALISI VARIANZA

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	32778,8	32778,8	160	2,16E-10
Residuo	18	3689,6	205,0		
Totale	19	36468,4			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significativit</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	15,49	6,0	2,58E+00	1,87E-02	2,90E+00
Variabile X 1	11,87	0,9	1,26E+01	2,16E-10	9,90E+00

### OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>esidui standard</i>
1	45,58	-0,07	0,00
2	47,12	3,57	0,26
3	47,34	6,60	0,47
4	48,61	-4,57	-0,33
5	50,86	-7,59	-0,54
6	54,47	-12,23	-0,88
7	55,51	-3,22	-0,23
8	55,92	5,62	0,40
9	60,25	-13,58	-0,97
10	60,65	5,87	0,42
11	61,15	-9,52	-0,68
12	61,20	-3,93	-0,28
13	64,17	4,84	0,35
14	74,82	1,28	0,09
15	111,46	28,91	2,07
16	114,66	-28,04	-2,01
17	117,01	6,07	0,44
18	117,96	20,86	1,50
19	136,50	20,99	1,51
20	205,85	-21,88	-1,57

## Potassio Idrossido 0,05 M. Superficie invecchiata

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra concentrazione di silice libera e sommatoria dei metalli rilasciati in soluzione

<i>Statistica della regressione</i>	
R multiplo	0,17
R al quadrato	0,03
R al quadrato corretto	-0,03
Errore standard	4,53
Osservazioni	20

### ANALISI VARIANZA

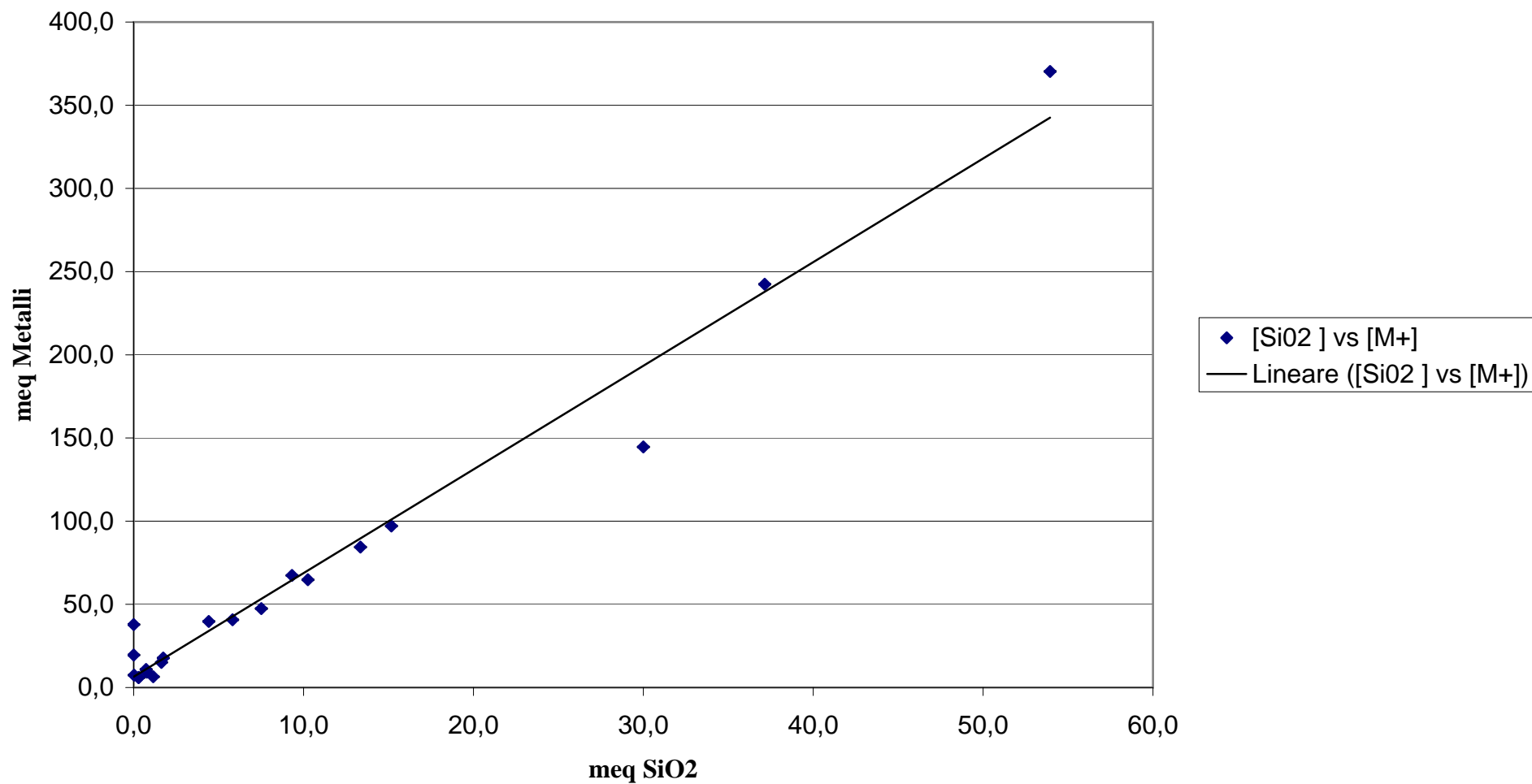
	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	10,7	10,7	1	4,80E-01
Residuo	18	370,2	20,6		
Totale	19	380,9			

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significativit</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	27,02	3,4	8,00E+00	2,43E-07	1,99E+01
Variabile X 1	0,08	0,1	7,21E-01	4,80E-01	-1,45E-01

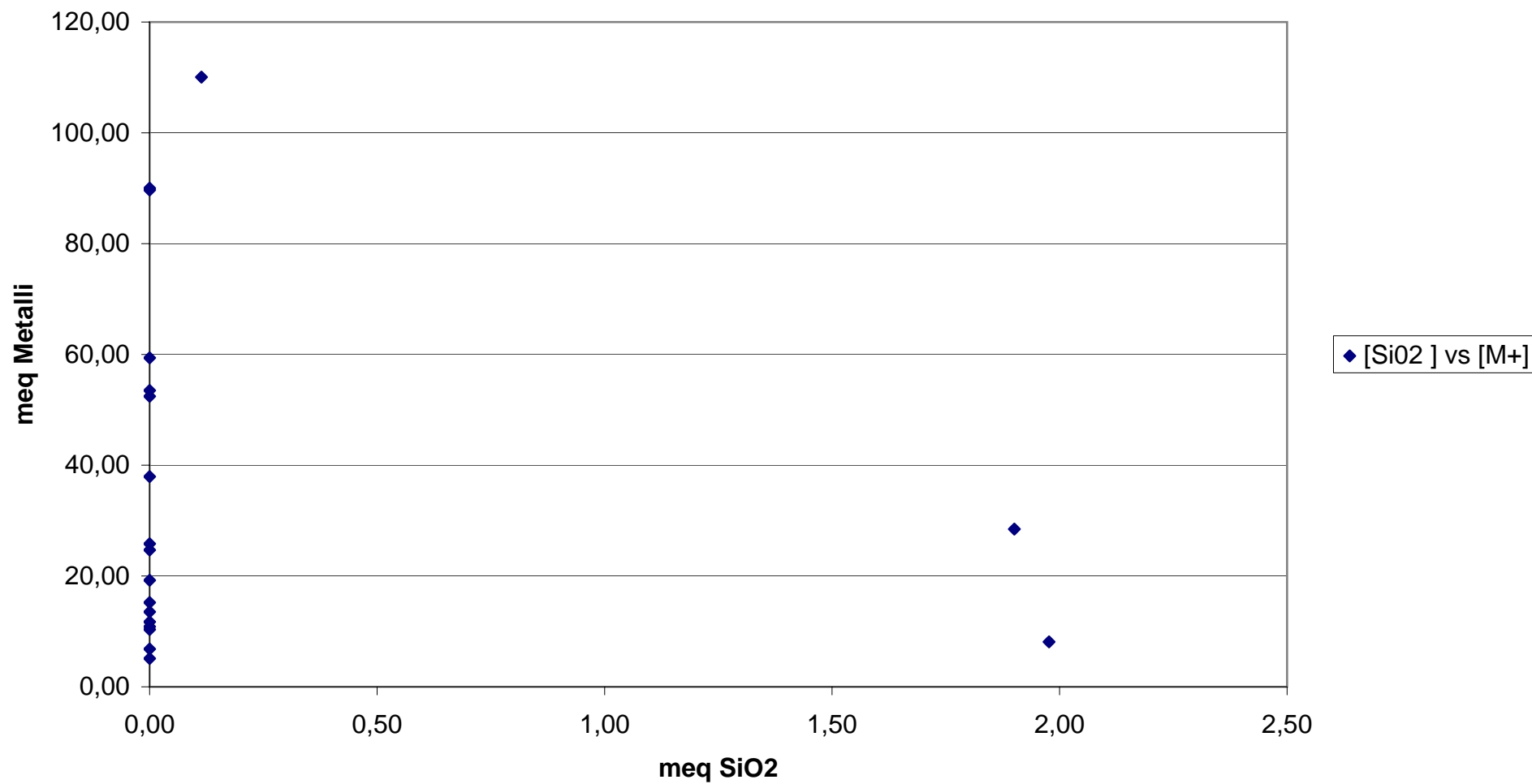
### OUTPUT RESIDUI

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>esidui standard</i>
1	28,93	0,42	0,10
2	28,93	-0,62	-0,14
3	28,93	0,75	0,17
4	28,99	5,97	1,35
5	29,00	0,52	0,12
6	29,01	-7,65	-1,73
7	29,01	1,17	0,26
8	29,02	-1,20	-0,27
9	29,03	2,55	0,58
10	29,03	-2,29	-0,52
11	29,14	5,52	1,25
12	29,17	-1,18	-0,27
13	29,32	-3,23	-0,73
14	29,33	12,56	2,84
15	29,37	-0,50	-0,11
16	29,46	-2,57	-0,58
17	29,54	-5,73	-1,30
18	29,56	-2,15	-0,49
19	29,68	-3,71	-0,84
20	32,36	1,38	0,31

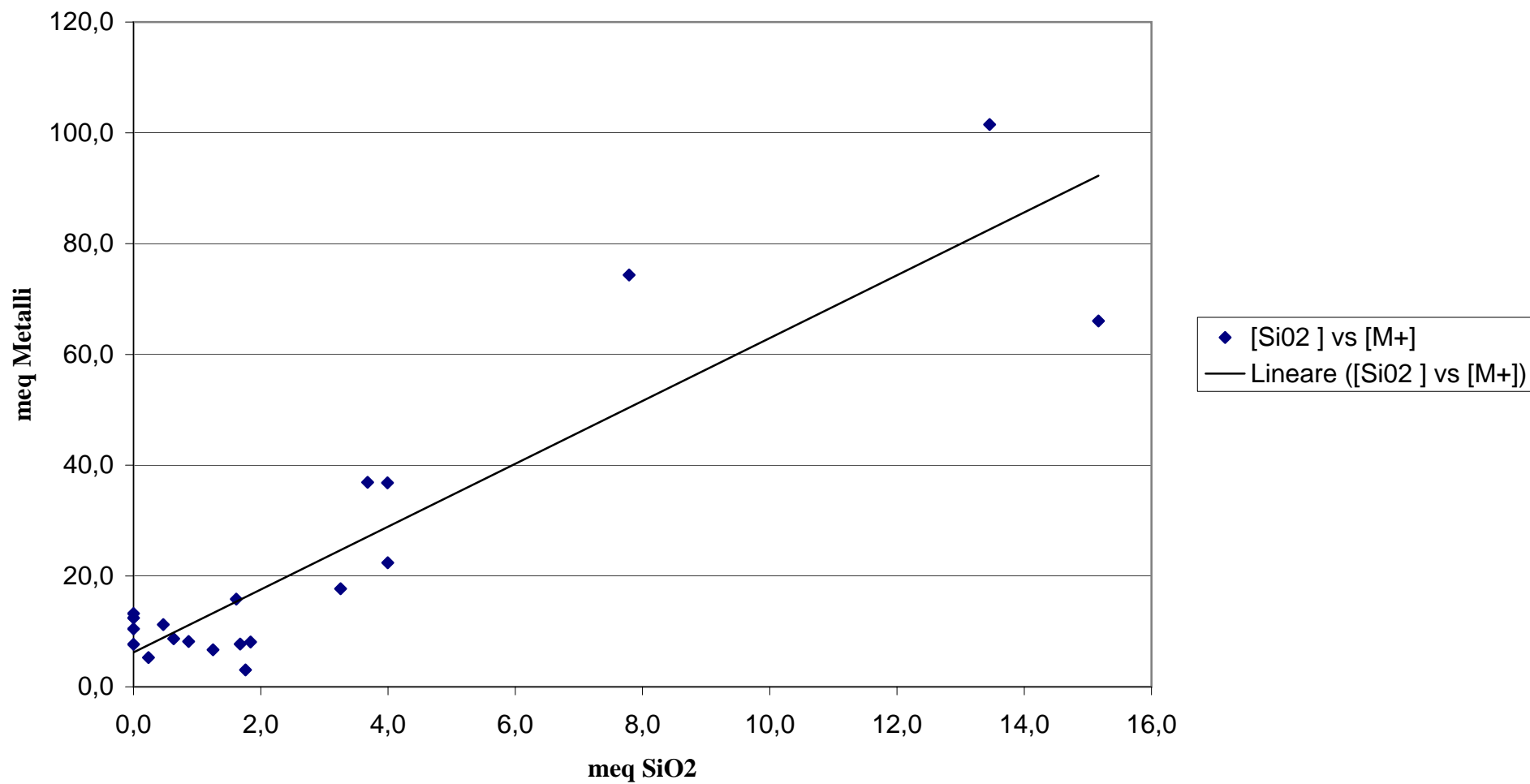
**Acido Ortofosforico 0,5 M superfici tal quale  
[SiO<sub>2</sub>] contro la quantità totale di metalli in soluzione.**



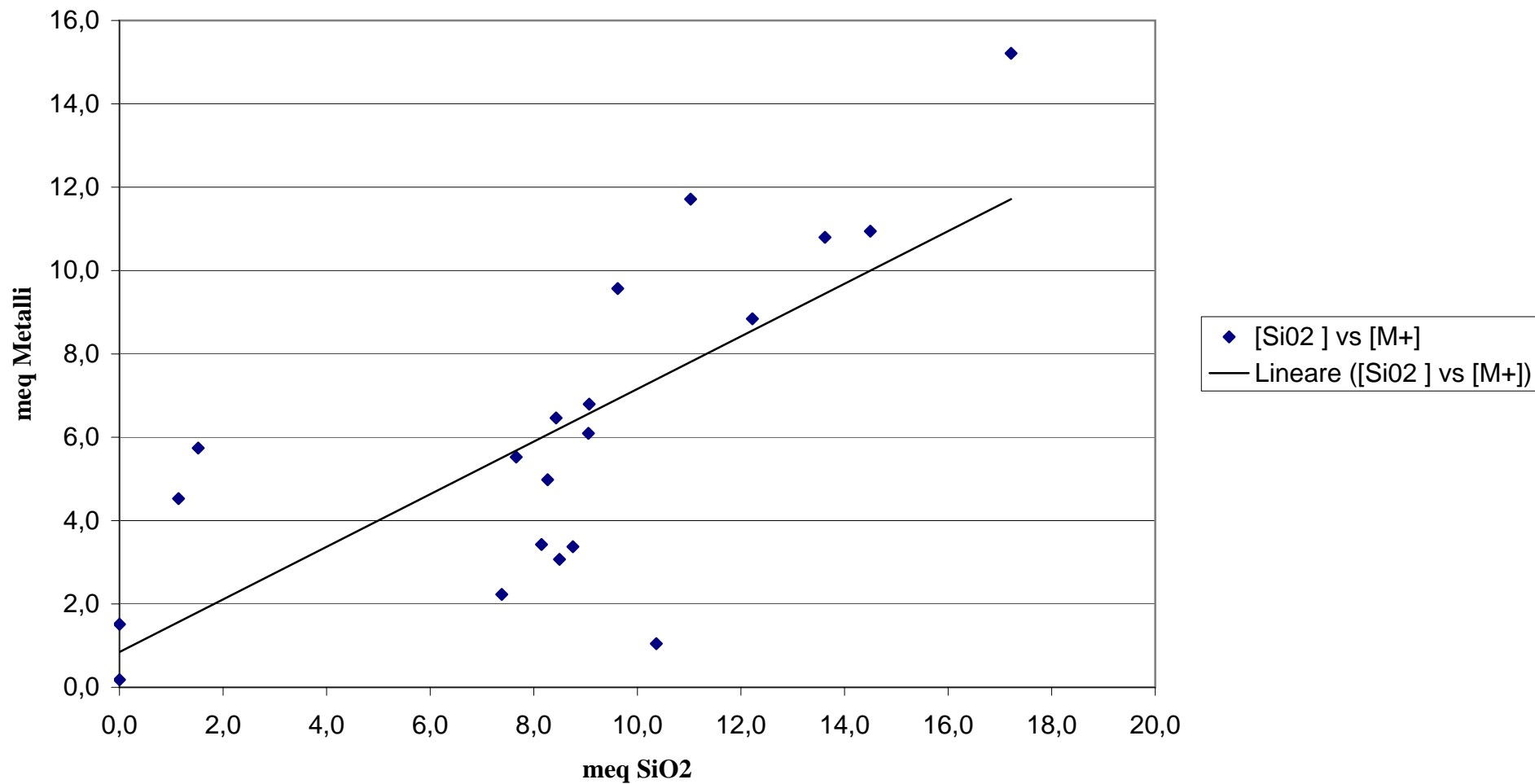
**Acido L-(+)- Lattico 0,03 M**  
**[SiO<sub>2</sub> ]contro la quantità totale di metalli in soluzione.**



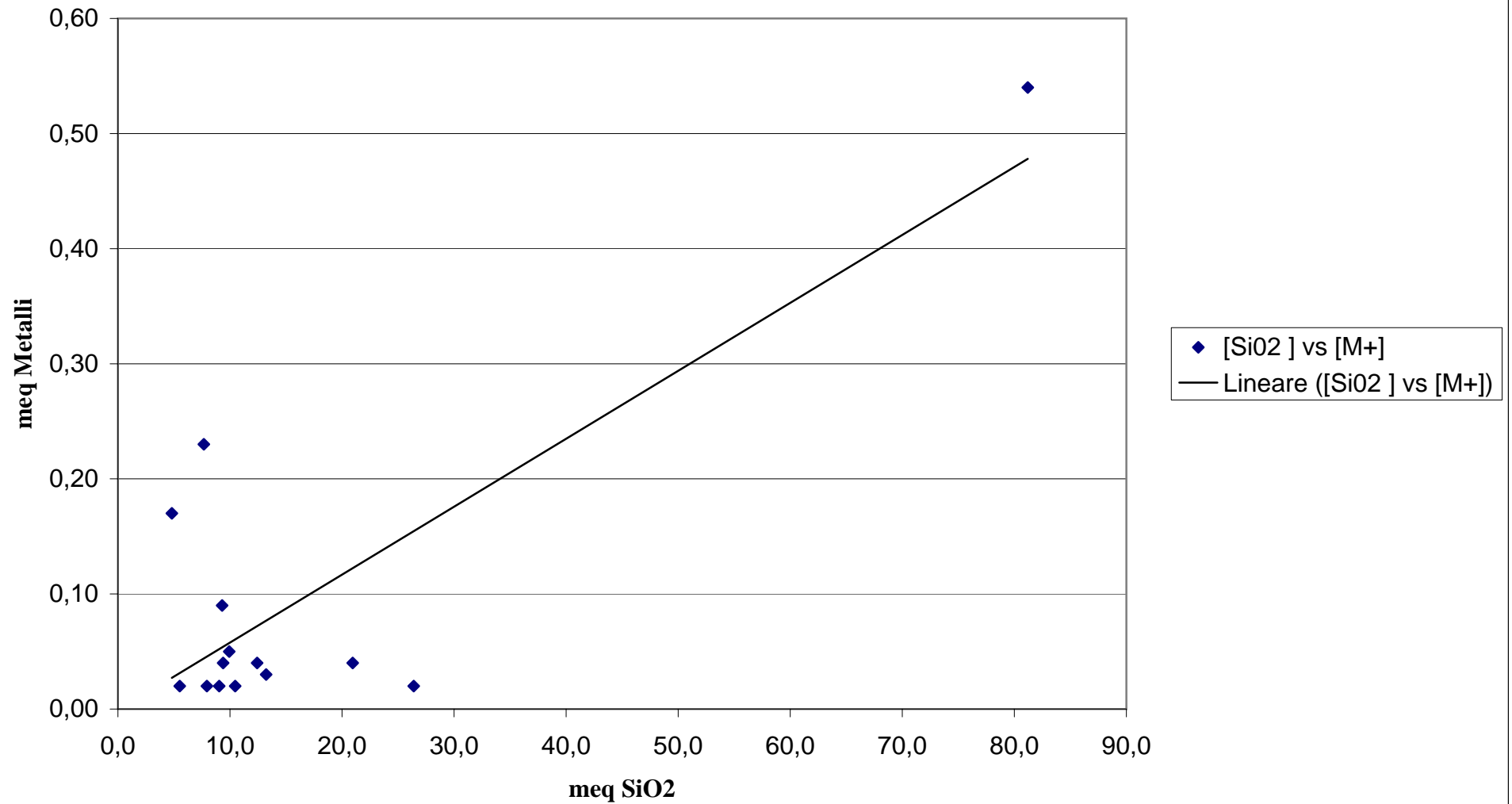
**Acido citrico 0,01 M**  
**[SiO<sub>2</sub>] contro la quantità totale di metalli in soluzione.**



**Potassio Idrossido 0,05 M**  
**[SiO<sub>2</sub>] contro la quantità totale di metalli in soluzione.**

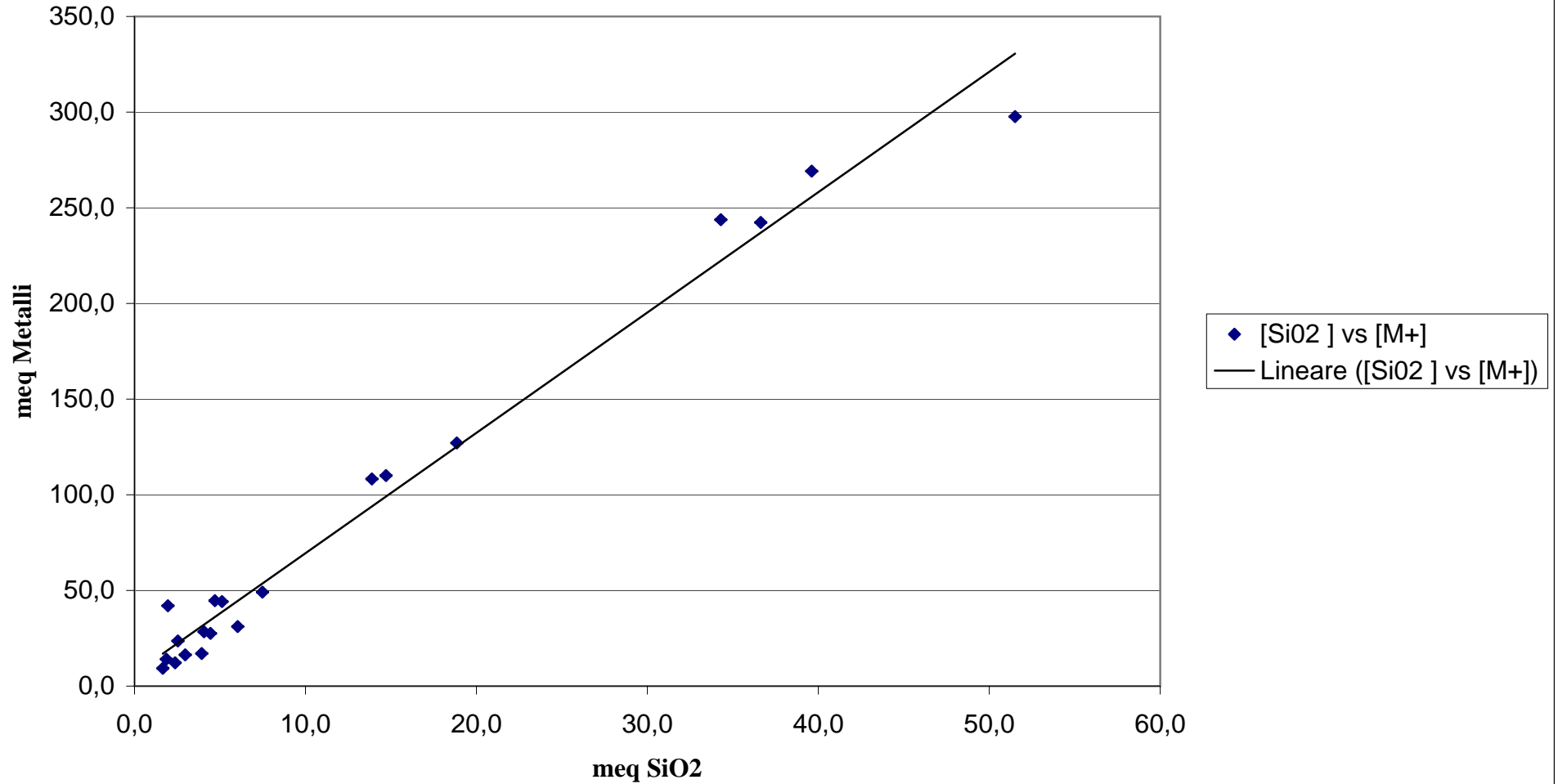


### Destutturazione contro porosità per Acido citrico 0,01 M

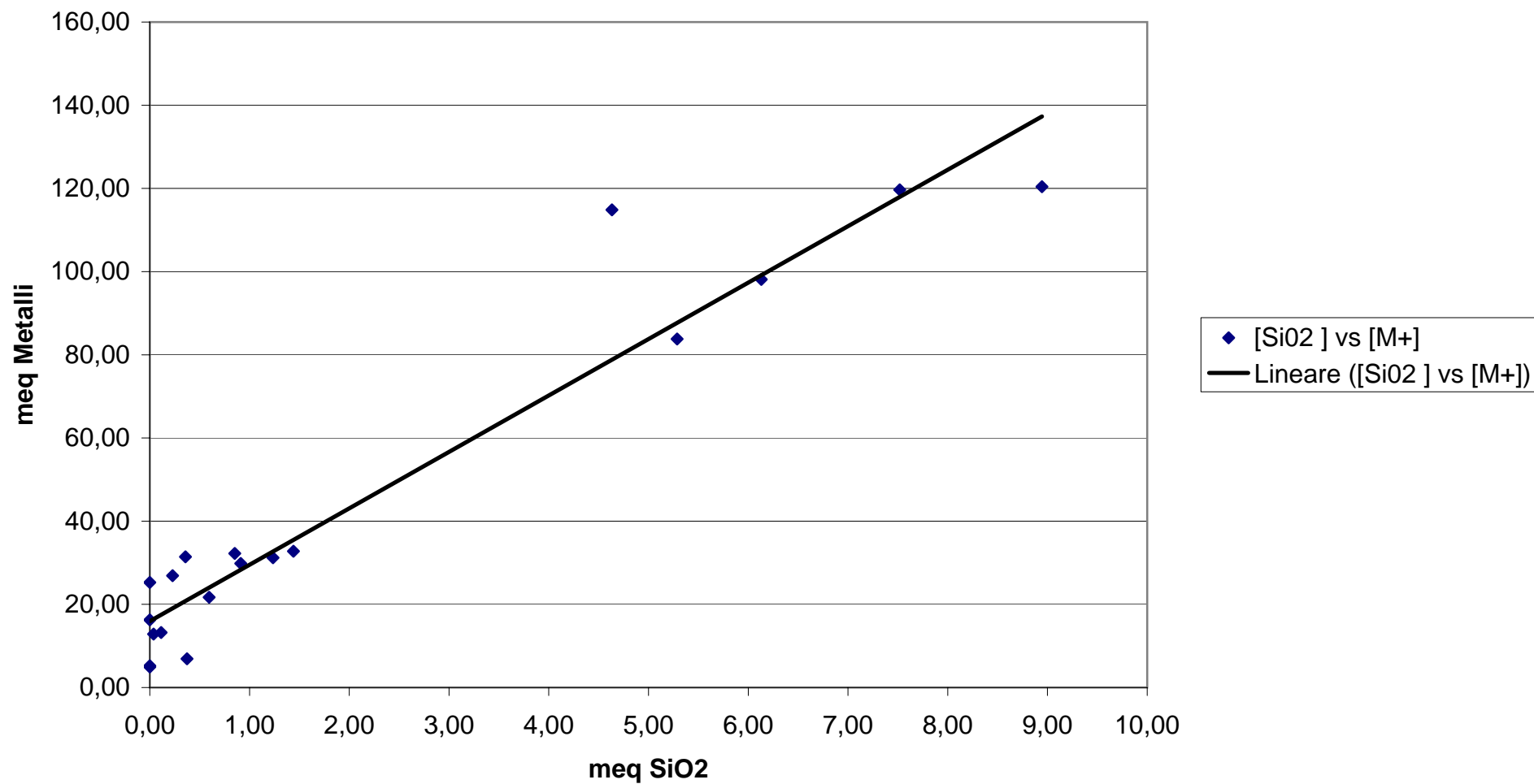




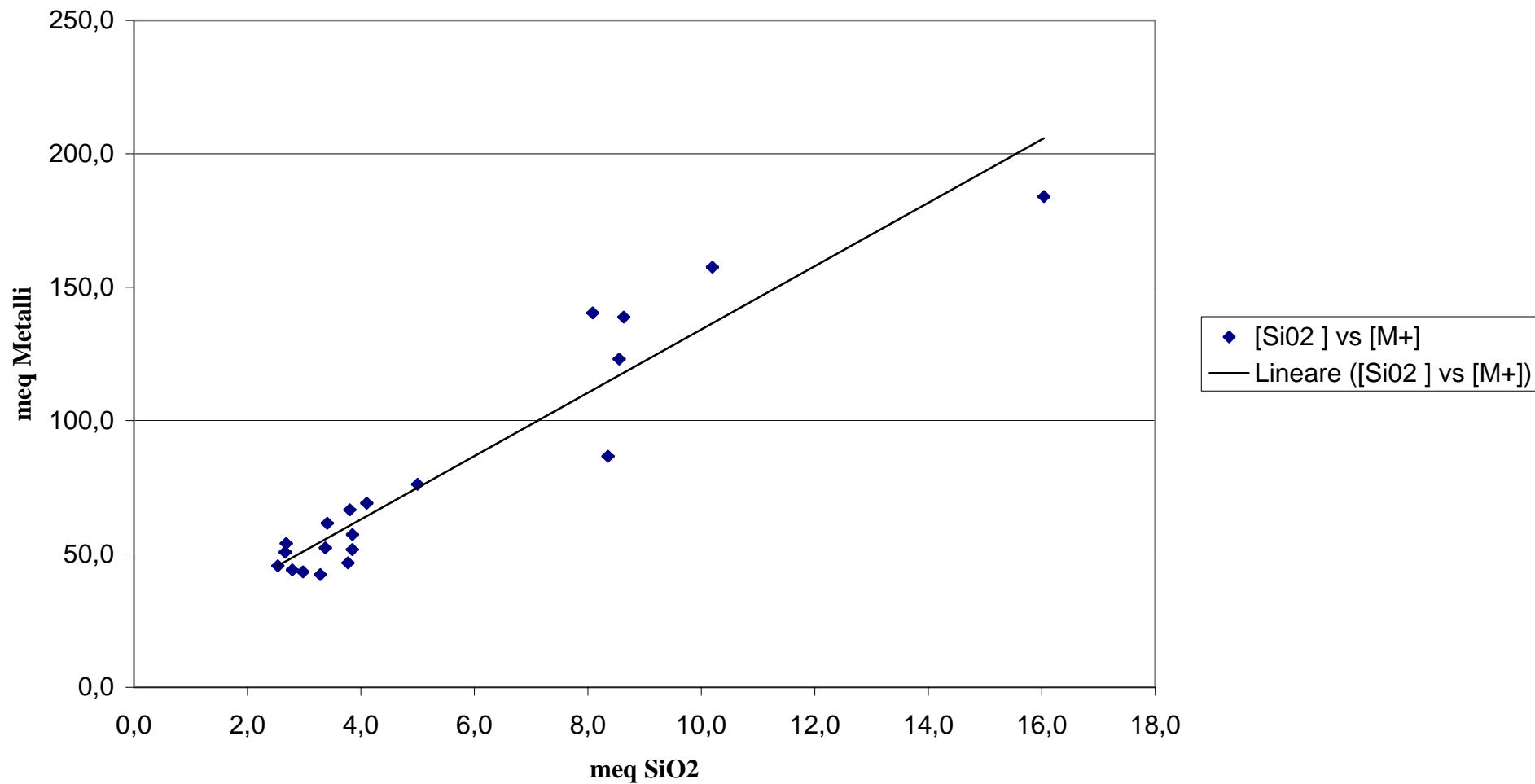
**Acido Ortofosforico 0,5 M**  
**[SiO<sub>2</sub>] contro la quantità totale di metalli in soluzione.**



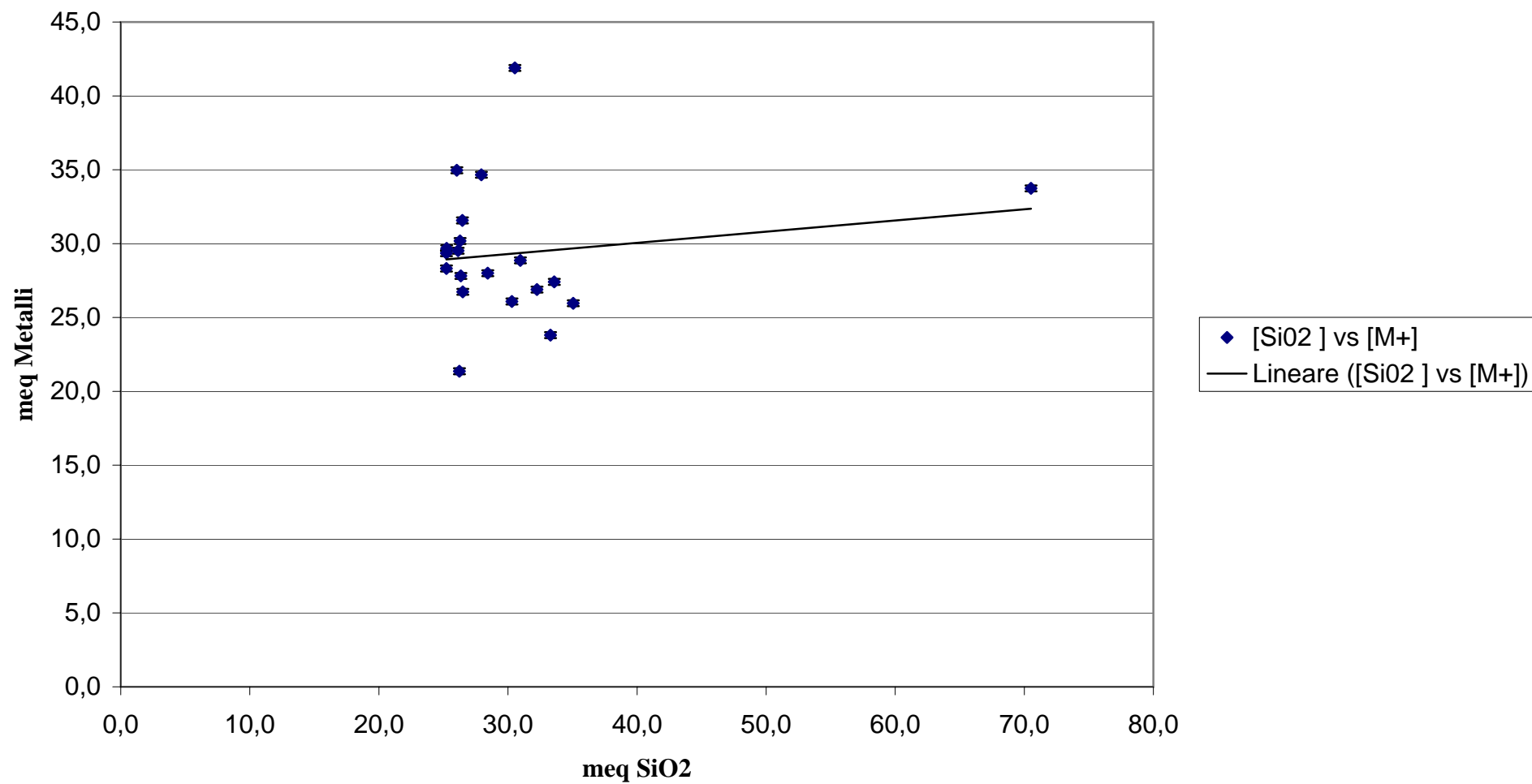
**Acido L-(+)- Lattico 0,03 M**  
**[SiO<sub>2</sub> ]contro la quantità totale di metalli in soluzione.**



**Acido citrico 0,01 M**  
**[SiO<sub>2</sub>] contro la quantità totale di metalli in soluzione.**



**Potassio Idrossido 0,05 M**  
**[SiO<sub>2</sub>] contro la quantità totale di metalli in soluzione.**



Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra attrito statico e la variazione tra rugosità media e massima

---

*Statistica della regressione*

R multiplo	0,51
R al quadrato	0,26
R al quadrato corretto	0,21
Errore standard	0,09
Osservazioni	16

---

ANALISI VARIANZA

---

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	0,0	0,0	5	4,37E-02
Residuo	14	0,1	0,0		
Totale	15	0,2			

---



---

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	0,62	0,0	1,44E+01	8,80E-10	5,24E-01
Variabile X 1	0,00	0,0	2,22E+00	4,37E-02	6,96E-05

---

OUTPUT RESIDUI

---

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>Residui standard</i>
1	0,74	-0,11	-1,22
2	0,77	0,01	0,07
3	0,75	0,07	0,84
4	0,65	-0,03	-0,28
5	0,68	-0,18	-2,06
6	0,68	-0,18	-2,00
7	0,63	0,04	0,44
8	0,65	0,00	-0,04
9	0,65	0,11	1,30
10	0,67	0,01	0,17
11	0,79	0,07	0,84
12	0,77	-0,01	-0,14
13	0,67	0,11	1,25
14	0,64	0,04	0,43
15	0,71	0,01	0,16
16	0,70	0,02	0,24

---

Analisi dei dati col metodo di della regressione e analisi della varianza per il rapporto tra attrito statico rugosità media riferito ai soli Grés non levigati

---

*Statistica della regressione*

R multiplo	0,70
R al quadrato	0,49
R al quadrato corretto	0,44
Errore standard	0,08
Osservazioni	13

---

ANALISI VARIANZA

---

	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>
Regressione	1	0,07	0,07	10,41	8,07E-03
Residuo	11	0,07	0,01		
Totale	12	0,14			

---



---

	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>
Intercetta	0,58	0,0	1,43E+01	1,85E-08	4,90E-01
Variabile X 1	0,01	0,0	3,23E+00	8,07E-03	4,36E-03

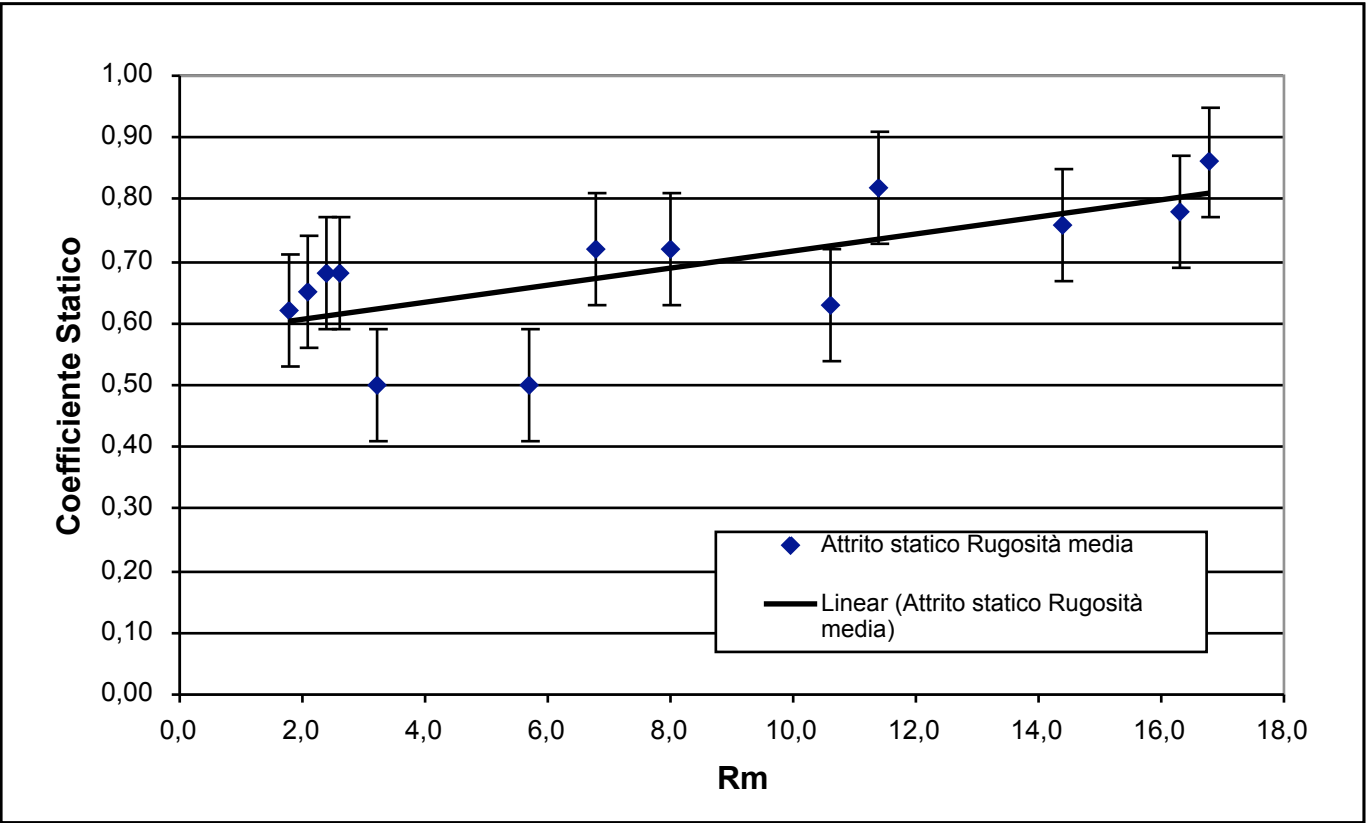
---

OUTPUT RESIDUI

---

<i>Osservazione</i>	<i>Y prevista</i>	<i>Residui</i>	<i>Residui standard</i>
1	0,72	-0,09	-1,20
2	0,80	-0,02	-0,28
3	0,73	0,09	1,09
4	0,60	0,02	0,22
5	0,66	-0,16	-2,00
6	0,62	-0,12	-1,56
7	0,61	0,04	0,55
8	0,61	0,07	0,88
9	0,81	0,05	0,65
10	0,78	-0,02	-0,20
11	0,61	0,07	0,84
12	0,69	0,03	0,41
13	0,67	0,05	0,62
14	0,64	0,04	0,43
15	0,71	0,01	0,16
16	0,70	0,02	0,24

---







Le piastrelle di ceramica per locali di preparazione e  
lavorazione di prodotti alimentari.  
Sviluppo di speciali metodi di caratterizzazione e  
previsione delle prestazioni

Paolo Malavasi

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI  
XIX Ciclo – AA. 2005-'06

## **Allegato 15**

**Approccio di valutazione delle proprietà delle  
piastrelle mediante logica Fuzzy**



# 1 General Information

Author: Tommaso Pirotti  
 Created: martedì 18 luglio 2006  
 Print Date: martedì 18 luglio 2006

## Edition

Edition Name: fuzzyTECH 5.54d Professional Edition  
 Neuro Modul: NeuroFuzzy add-on Module installed

## .1 Table of Contents

## .2 List of Figures

## .3 List of Tables

## .4 List of Abbreviations

attr_dinamico	Misura di attrito dinamico
attr_statico	Misura di attrito statico
destrutturazione	Sommatoria dei valori di elementi rilasciati in soluzione
valutazione	Valutazione finale del sistema di valutazione del materiale ceramico
Compute MBF	Compute Membership Function (Fuzzification Method)
Fast CoA	Fast Center of Area (Defuzzification Methode)
BSUM	Bounded Sum Fuzzy Operator for Result Aggregation
MIN	Fuzzy Operator for AND Aggregation
MAX	Fuzzy Operator for OR Aggregation
GAMMA	Compensatory Operator for Aggregation
PROD	Fuzzy Operator for Composition
LV	Linguistic Variable
MBF	Membership Function
RB	Rule Block

## 2 Consorzio Ceramico 3 var

### .1 Project Description

Input Variables	3
Output Variables	1
Intermediate Variables	0
Rule Blocks	1
Rules	45
Membership Functions	18

Table 1: Project Statistics

### .2 System Structure

The system structure identifies the fuzzy logic inference flow from the input variables to the output variables. The fuzzification in the input interfaces translates analog inputs into fuzzy values. The fuzzy inference takes place in rule blocks which contain the linguistic control rules. The output of these rule blocks are linguistic variables. The defuzzification in the output interfaces translates them into analog variables.

The following figure shows the whole structure of this fuzzy system including input interfaces, rule blocks and output interfaces. The connecting lines symbolize the data flow.

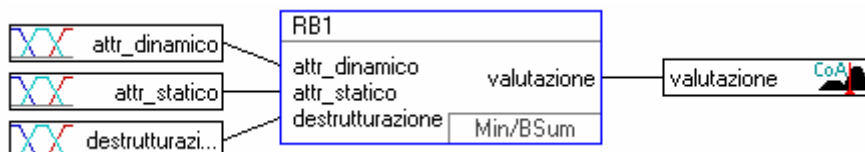


Figure 1: Structure of the Fuzzy Logic System

### .3 Variables

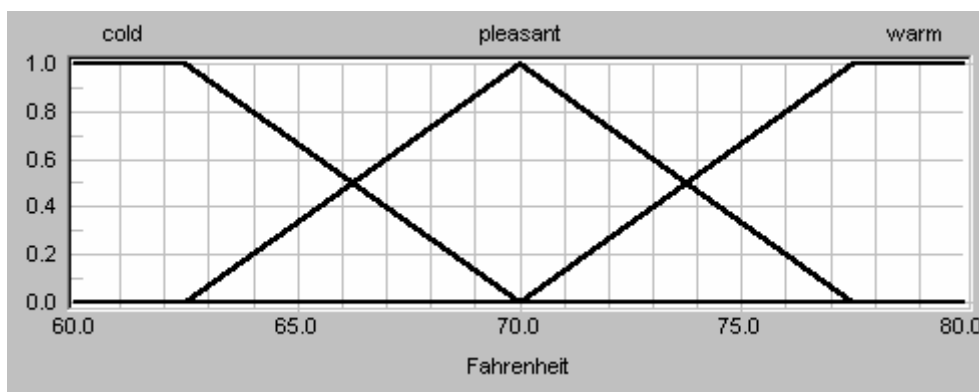
This chapter contains the definition of all linguistic variables and of all membership functions.

Linguistic variables are used to translate real values into linguistic values. The possible values of a linguistic variable are not numbers but so called 'linguistic terms'.

For example:

To translate the real variable 'temperature' into a linguistic variable three terms, 'cold', 'pleasant' and 'warm' are defined. Depending on the current temperature level each of these terms describes the 'temperature' more or less well. Each term is defined by

a membership function (MBF). Each membership function defines for any value of the input variable the associated degree of membership of the linguistic term. The membership functions of all terms of one linguistic variable are normally displayed in one graph. The following figure plots the membership functions of the three terms for the example 'temperature'.



*Membership Function of 'temperature'*

A 'temperature' of 66 °F is a member of the MBFs for the terms:

cold           to the degree of 0.8  
pleasant       to the degree of 0.2  
warm           to the degree of 0.0

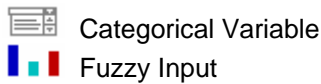
Linguistic variables have to be defined for all input, output and intermediate variables. The membership functions are defined using a few definition points only.

The following tables list all variables of the system as well as the respective fuzzification or defuzzification method. Also the properties of all base variables and the term names are listed.

### .1 Inputs

#	Variable Name	Type	Unit	Min	Max	Default	Term Names
1	attr_dinamico		Units	0.3	1	0.6	low medium high
2	attr_statico		Units	0.5	1.3	0.7	low medium high
3	destrutturazione		mgdm2	0	17	0	Very_low Low Medium High Very_high

*Table 2: Variables of Group "Inputs"*



## .2 Outputs


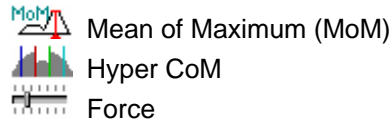
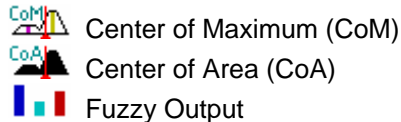
#	Variable Name	Type	Unit	Min	Max	Default	Term Names
4	valutazione	 CoA	Units	0	1	0	very_very_low very_low low medium high very_high very_very_high

Table 3: Variables of Group "Outputs"

### Defuzzification Methods



The default value of an output variable is used if no rule is firing for this variable. Different methods can be used for the defuzzification, resulting either into the 'most plausible result' or the 'best compromise'.

The 'best compromise' is produced by the methods:

- CoM (Center of Maximum)
- CoA (Center of Area)
- CoA BSUM, a version especially for efficient VLSI implementations

The 'most plausible result' is produced by the methods:

- MoM (Mean of Maximum)
- MoM BSUM, a version especially for efficient VLSI implementations

## .3 Input Variable "attr\_dinamico"

Nonostante l'attrito possa assumere valori da 0 a infinito, misurazioni empiriche portano a stabilire che sotto la soglia di 0.4 si abbia un attrito basso, mentre per valori di attrito superiori a 0.9 l'attrito si possa sempre valutare come alto

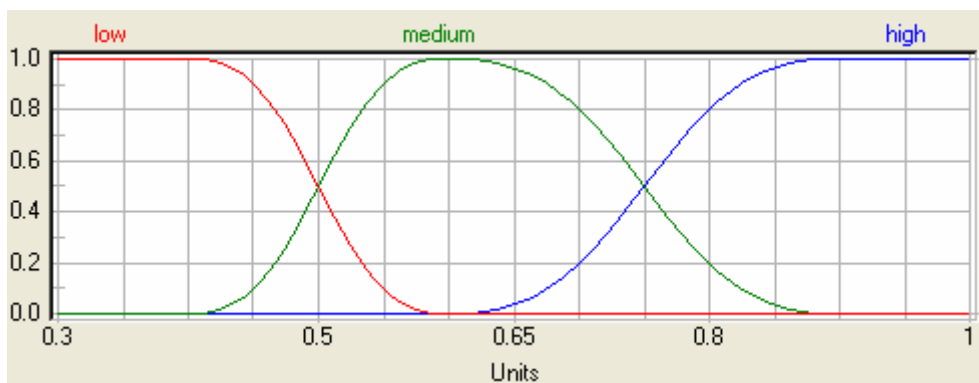


Figure 2: MBF of "attr\_dinamico"

Term Name	Shape/Par.	Definition Points (x, y)
low	S-Shape/0.50	(0.3, 1) (0.4, 1) (0.6, 0) (1, 0)
medium	S-Shape/0.50	(0.3, 0) (0.4, 0) (0.6, 1) (0.9, 0) (1, 0)
high	S-Shape/0.50	(0.3, 0) (0.6, 0) (0.9, 1) (1, 1)

Table 4: Definition Points of MBF "attr\_dinamico"

#### .4 Input Variable "attr\_statico"

Nonostante l'attrito possa assumere valori da 0 a infinito, misurazioni empiriche portano a stabilire che sotto la soglia di 0.6 si abbia un attrito basso, mentre per valori di attrito superiori a 1.2 l'attrito si possa sempre valutare come alto

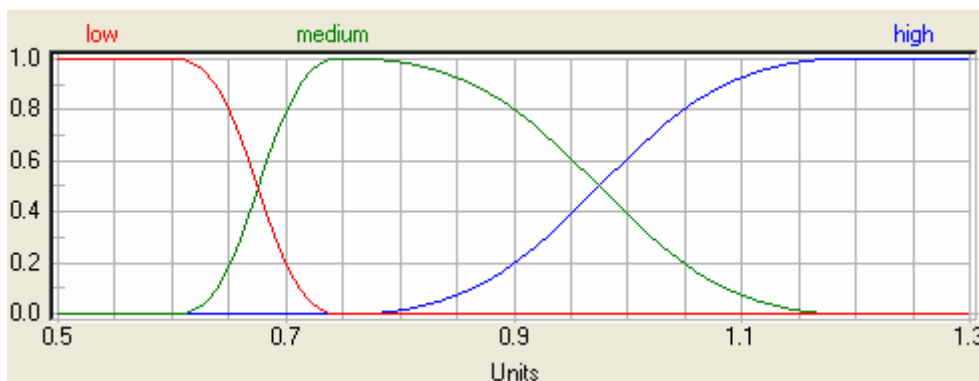


Figure 3: MBF of "attr\_statico"

Term Name	Shape/Par.	Definition Points (x, y)
low	S-Shape/0.50	(0.5, 1) (0.6, 1) (0.75, 0) (1.3, 0)
medium	S-Shape/0.50	(0.5, 0) (0.6019875, 0) (0.75, 1) (1.2, 0) (1.3, 0)
high	S-Shape/0.50	(0.5, 0) (0.75, 0) (1.2, 1) (1.3, 1)

Table 5: Definition Points of MBF "attr\_statico"

### .5 Input Variable "destrutturazione"

La variabile può essere applicata ad ogni genere di materiale. All'aumentare del valore della quantità totale di sostanze disciolte (mg/dm<sup>2</sup>) si riduce la qualità del materiale

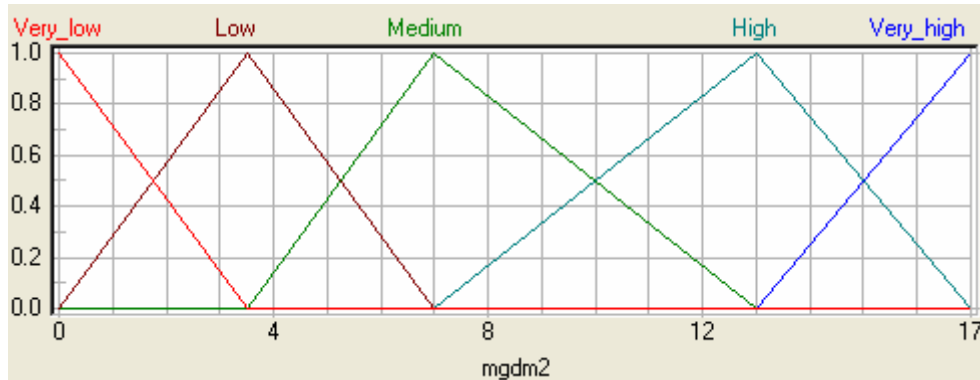


Figure 4: MBF of "destrutturazione"

Term Name	Shape/Par.	Definition Points (x, y)
Very_low	linear	(0, 1) (3.5, 0) (17, 0)
Low	linear	(0, 0) (3.5, 1) (7, 0) (17, 0)
Medium	linear	(0, 0) (3.5, 0) (7, 1) (13, 0) (17, 0)
High	linear	(0, 0) (7, 0) (13, 1) (17, 0)
Very_high	linear	(0, 0) (13, 0) (17, 1)

Table 6: Definition Points of MBF "destrutturazione"

### .6 Output Variable "valutazione"

Questa variabile è la risultante del sistema di valutazione realizzato prendendo in esame le variabili di input "destrutturazione", attrito statico" ed "attrito dinamico" ed aggregandole in un solo passaggio attraverso un blocco di regole.



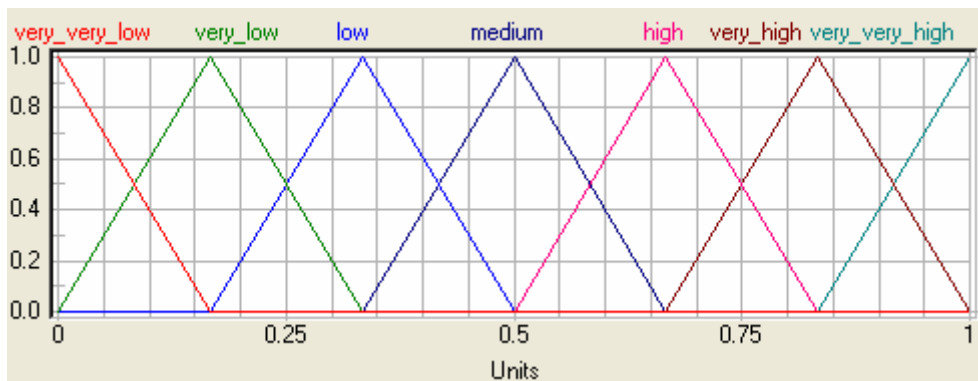


Figure 5: MBF of "valutazione"

Term Name	Shape/Par.	Definition Points (x, y)
very_very_low	linear	(0, 1) (0.16666, 0) (1, 0)
very_low	linear	(0, 0) (0.16666, 1) (0.33332, 0) (1, 0)
low	linear	(0, 0) (0.16666, 0) (0.33332, 1) (0.5, 0) (1, 0)
medium	linear	(0, 0) (0.33332, 0) (0.5, 1) (0.66666, 0) (1, 0)
high	linear	(0, 0) (0.5, 0) (0.66666, 1) (0.83332, 0) (1, 0)
very_high	linear	(0, 0) (0.66666, 0) (0.83332, 1) (1, 0)
very_very_high	linear	(0, 0) (0.83332, 0) (1, 1)

Table 7: Definition Points of MBF "valutazione"

## .4 Rule Blocks

### .1 Rule Block "RB1"

IF			THEN	
attr_dinamico	attr_statico	destrutturazione	DoS	valutazione
low	low	Very_low	1.00	low
low	low	Low	1.00	very_low
low	low	Medium	1.00	very_low
low	low	High	1.00	very_very_low
low	low	Very_high	1.00	very_very_low
low	medium	Very_low	1.00	medium
low	medium	Low	1.00	low
low	medium	Medium	1.00	low
low	medium	High	1.00	very_low
low	medium	Very_high	1.00	very_low
low	high	Very_low	1.00	high
low	high	Low	1.00	medium
low	high	Medium	1.00	medium
low	high	High	1.00	low
low	high	Very_high	1.00	low

IF			THEN	
medium	low	Very_low	1.00	medium
medium	low	Low	1.00	medium
medium	low	Medium	1.00	low
medium	low	High	1.00	low
medium	low	Very_high	1.00	very_low
medium	medium	Very_low	1.00	high
medium	medium	Low	1.00	medium
medium	medium	Medium	1.00	medium
medium	medium	High	1.00	medium
medium	medium	Very_high	1.00	low
medium	high	Very_low	1.00	very_high
medium	high	Low	1.00	high
medium	high	Medium	1.00	high
medium	high	High	1.00	medium
medium	high	Very_high	1.00	medium
high	low	Very_low	1.00	high
high	low	Low	1.00	high
high	low	Medium	1.00	medium
high	low	High	1.00	medium
high	low	Very_high	1.00	low
high	medium	Very_low	1.00	very_high
high	medium	Low	1.00	very_high
high	medium	Medium	1.00	high
high	medium	High	1.00	high
high	medium	Very_high	1.00	medium
high	high	Very_low	1.00	very_very_high
high	high	Low	1.00	very_very_high
high	high	Medium	1.00	very_high
high	high	High	1.00	very_high
high	high	Very_high	1.00	high

Table 8: Rules of the Rule Block "RB1"