

# GrindoSonic

THE IMPULSE EXCITATION TECHNIQUE

*Un potenziale metodo per la definizione di tensioni nelle lastre*

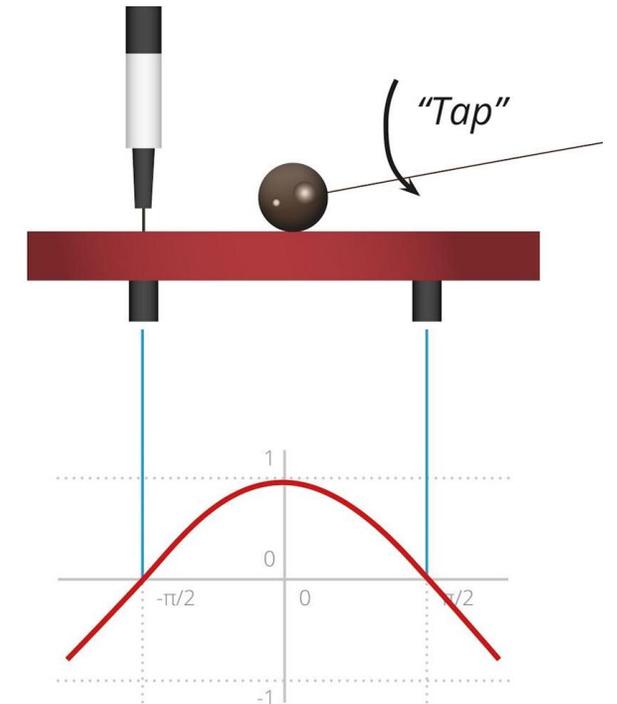
16 Novembre 2023

## IMPULSE EXCITATION TECHNIQUE (IET)

Un **controllo non distruttivo** per determinare le proprietà elastiche e gli attriti interni dei materiali:

- Si tocca (eccita) il campione e si registra la vibrazione
- Mostra la firma in frequenza unica per ogni oggetto
- Misurazione rapida della **vibrazione di risonanza** e dello **smorzamento**
- Calcolo dei moduli **E/G** e **coefficiente di Poisson** dei materiali
- Consente un confronto accurato di parti identiche

È un metodo affidabile, veloce ed intrinsecamente accurato e preciso



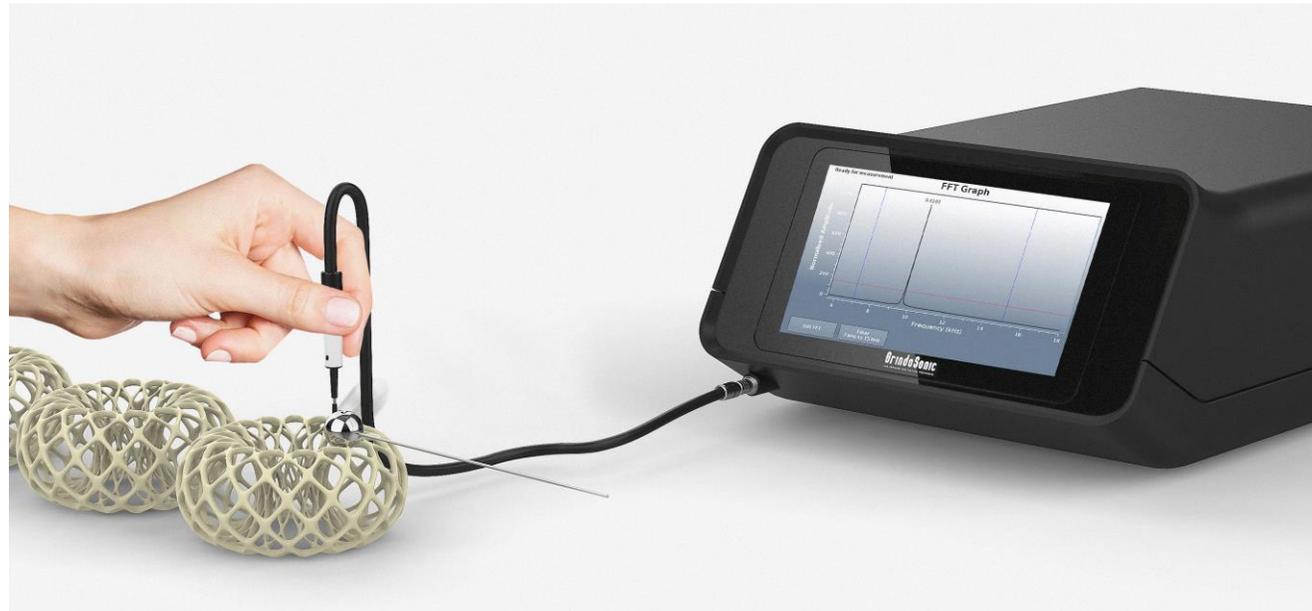
Approvato da standard internazionali come ASTM E1876, C747, C1259, C1548 e altri.

## GRINDOSONIC®: BREVE INTRODUZIONE

GrindoSonic è la prima spin-off dell'Università KU Leuven e **leader mondiale nell'Impulse Excitation Technology (IET)**, con oltre 2000 dispositivi installati in giro per il mondo.

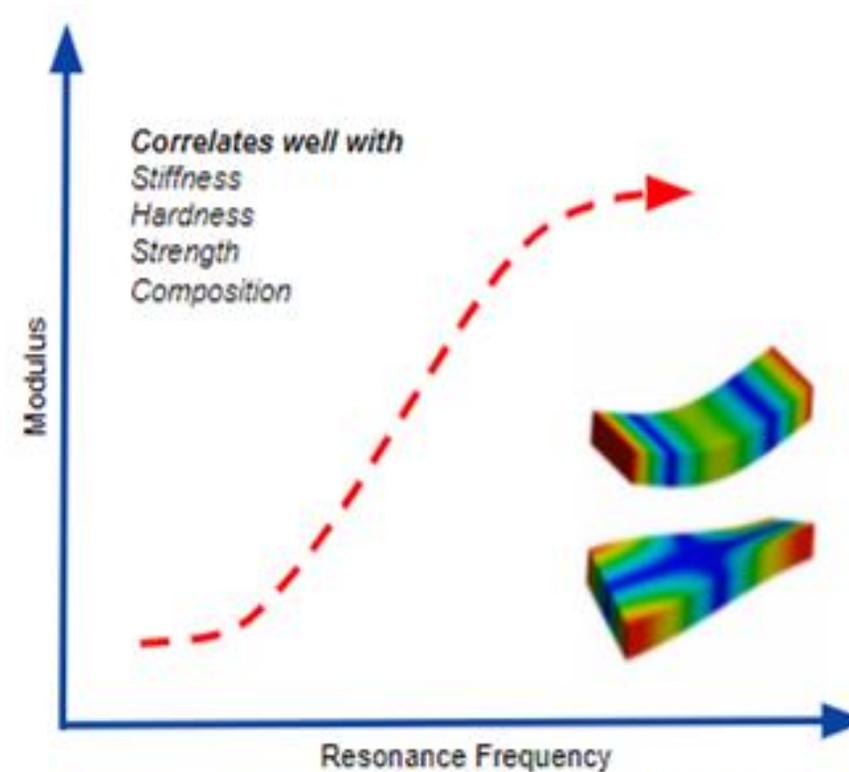
Il primo utilizzo di questa tecnologia è stato **misurare la durezza dei dischi abrasivi** (Grinding Wheels, da qui il nome GrindoSonic) in materiale ceramico.

Tra le applicazioni più recenti c'è quella nel settore dell'Additive Manufacturing, dove è possibile misurare l'uniformità della stampa e quantificare l'impatto che ogni processo di finitura o trattamento ha sull'oggetto.



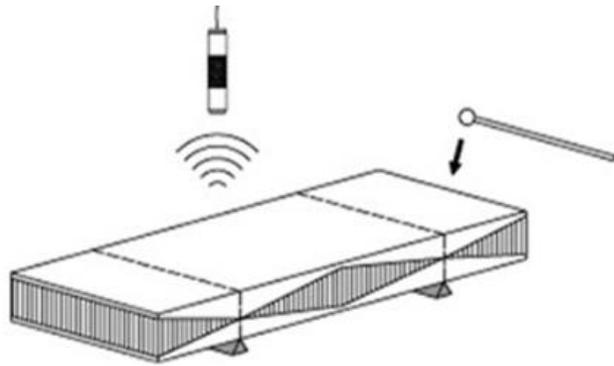
## MISURE DI FREQUENZA TRADOTTE IN PROPRIETÀ MECCANICHE

- Geometrie semplici predefinite
  - Dimensioni e massa
  - Frequenze
  - Coefficiente di Poisson
- Lettura su MK7
  - Flessionale: Modulo di Young (E)
  - Torsionale: Modulo di Taglio (G)
  - Longitudinale: Modulo di Young (E)

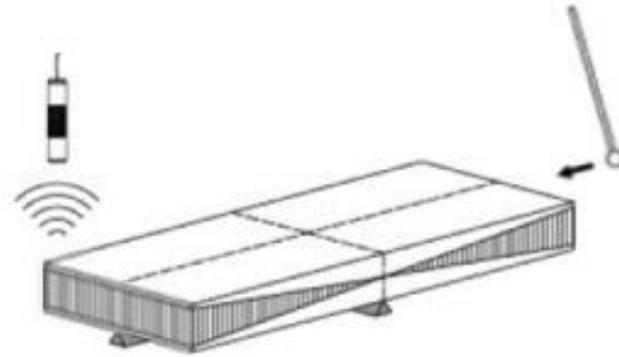
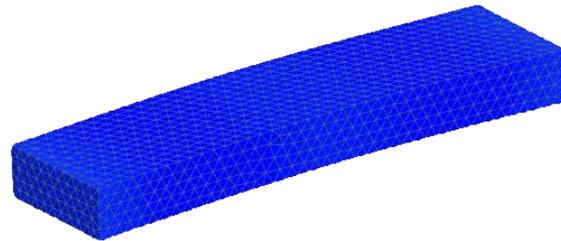


Alta frequenza di risonanza → alto modulo

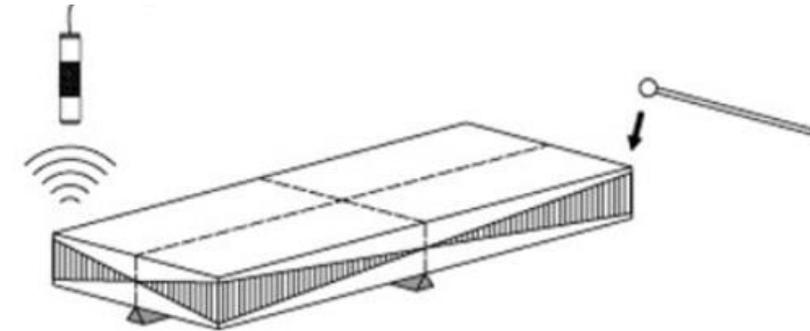
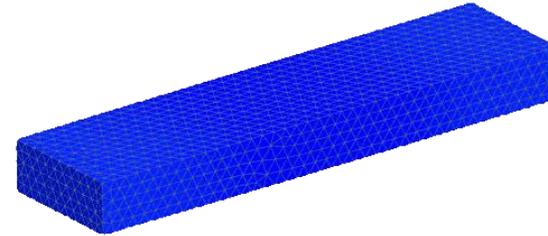
# MODULO DI YOUNG, DI TAGLIO E COEFFICIENTE DI POISSON



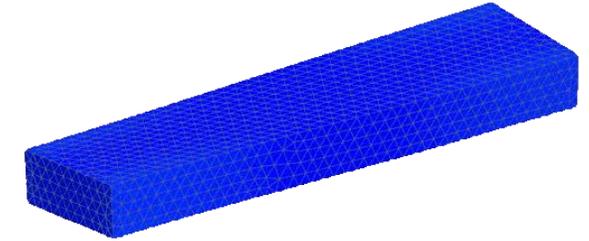
Misurazione del Modulo di Young Flessionale



Misurazione del Modulo di Young Longitudinale



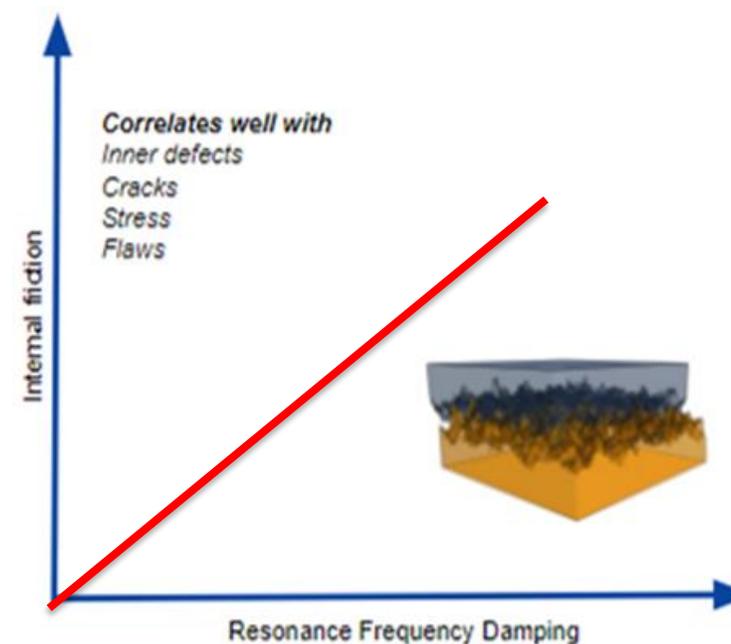
Misurazione del Modulo di Taglio



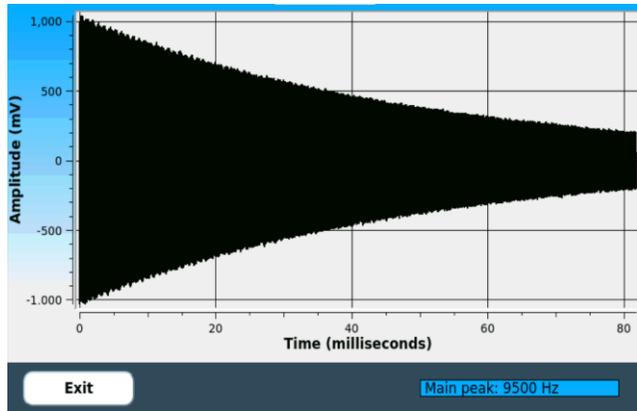
## MISURA DELLO SMORZAMENTO

La misura dello smorzamento quantifica gli **attriti interni**

- Alto smorzamento → Maggiore attrito interno → Maggiori difetti
- Basso smorzamento → Minore attrito interno → Minori difetti
  - Le microfratture creano attriti interni
  - Altri meccanismi dissipativi
- La misura è riferita a tutto l'oggetto
  - non dipende dalle dimensioni
- Risultati
  - Microfratture
  - Difetti che dissipano energia
  - Fatica

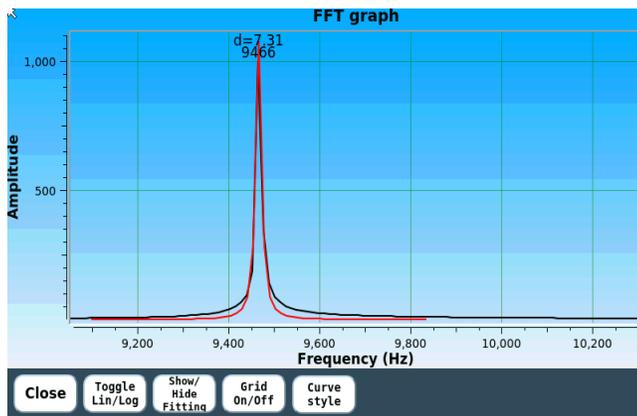


# Analisi dello smorzamento



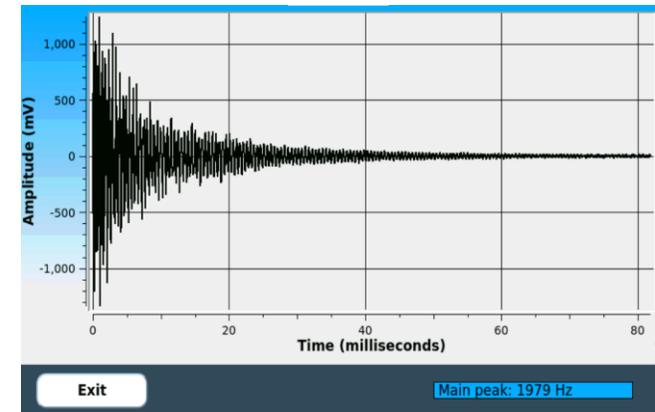
**DOMINIO DEL TEMPO  
(Oscilloscopio)**

Decadimento lento → Basso smorzamento

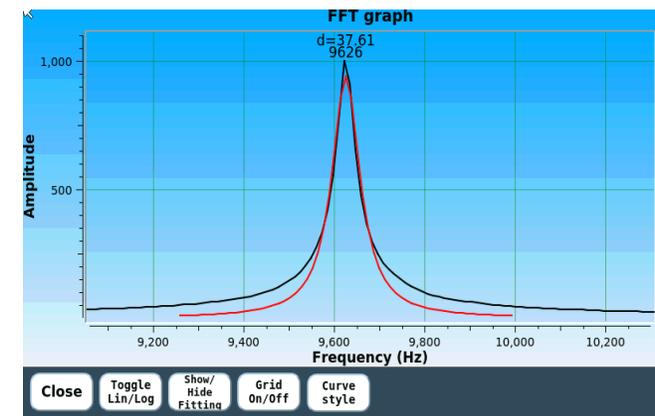


**DOMINIO DELLA FREQUENZA  
(FFT)**

Picco stretto → Basso smorzamento



Decadimento rapido → Alto smorzamento

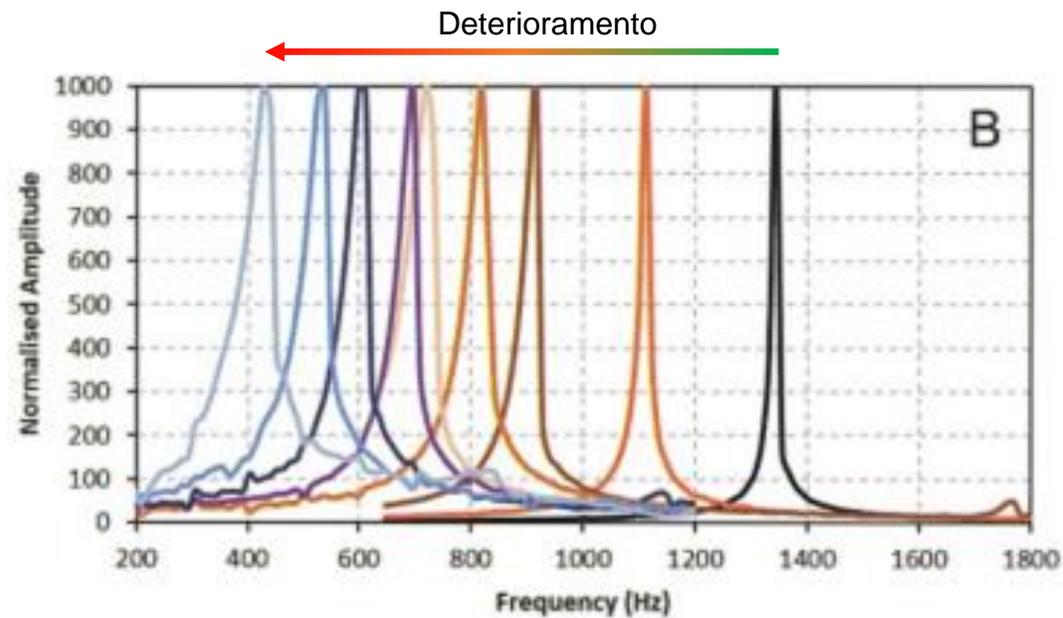


Picco largo → Alto smorzamento

## CICLI TERMICI O DI FATICA

Determinare la robustezza meccanica in funzione del tempo e della temperatura

- Le misurazioni della frequenza sono state utilizzate per controllare i trattamenti termici
- Le **diminuzioni di frequenza** indicano una **perdita di valore del modulo**
- L'**allargamento dei picchi** di frequenza indica un progressivo **aumento delle microfatture**
- GrindoSonic® consente di mappare l'evoluzione delle proprietà meccaniche

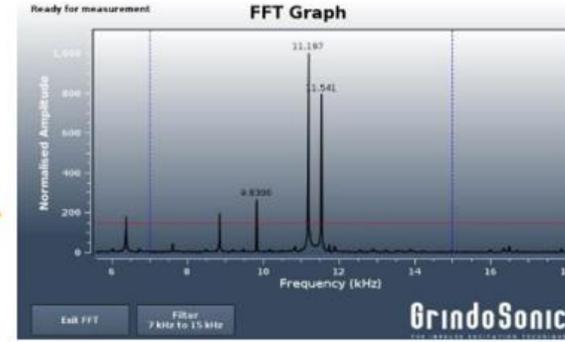
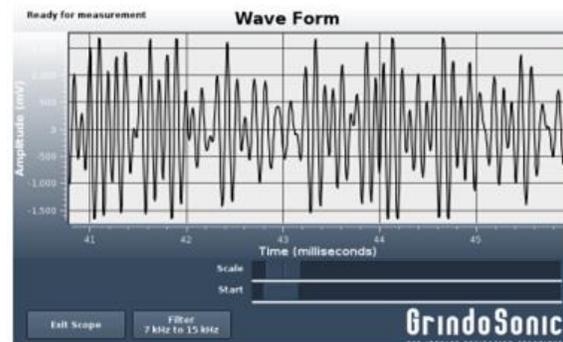
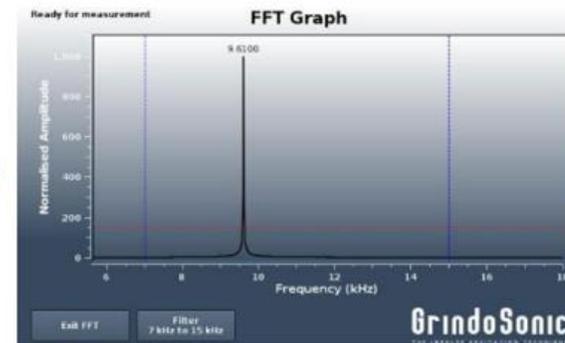
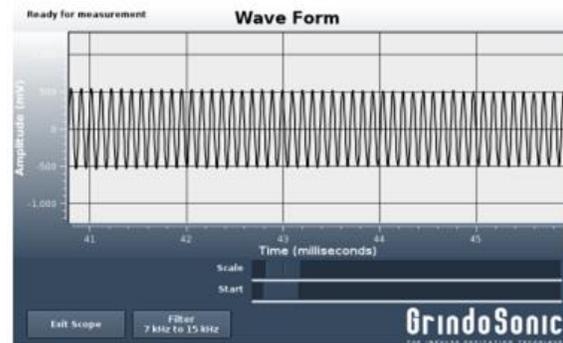


Cicli termici

- 0 Cicli
- 1 Ciclo
- 2 Cicli
- 3 Cicli
- 4 Cicli
- 5 Cicli
- 10 Cicli
- 15 Cicli
- 20 Cicli

## FIRMA IN FREQUENZA UNICA

Ogni oggetto possiede la propria firma in frequenza che è unica e caratteristica. Discrepanze nella firma in frequenza tra 2 oggetti apparentemente identici indicano delle difformità.



## POSIZIONAMENTO DELLE LASTRE

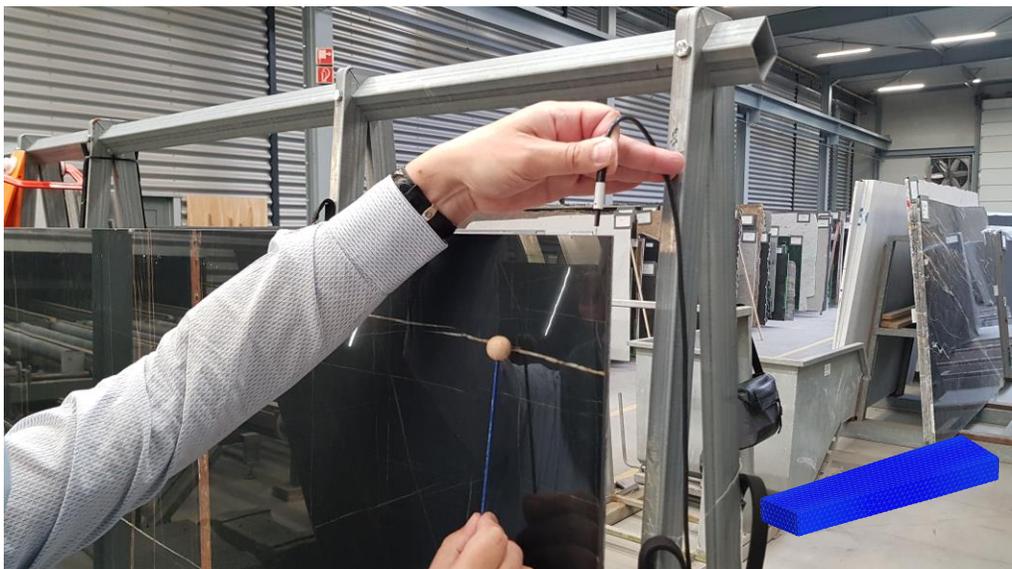
Sono state misurate 21 lastre, di due produttori e tre spessori diversi.



## MISURA DEI MODI TORSIONALE E LONGITUDINALE

19 lastre (due si sono rotte durante lo spostamento) sono state rimisurate dopo aver asportato 2 cm di bordo, per lato, in quanto sono proprio i bordi ad essere le zone dove è maggiormente localizzata la tensione.

Un leggero tocco è dato sul lato della lastra per la misurarne il modo longitudinale e nell'angolo per la misurarne quello torsionale.



Modo torsionale

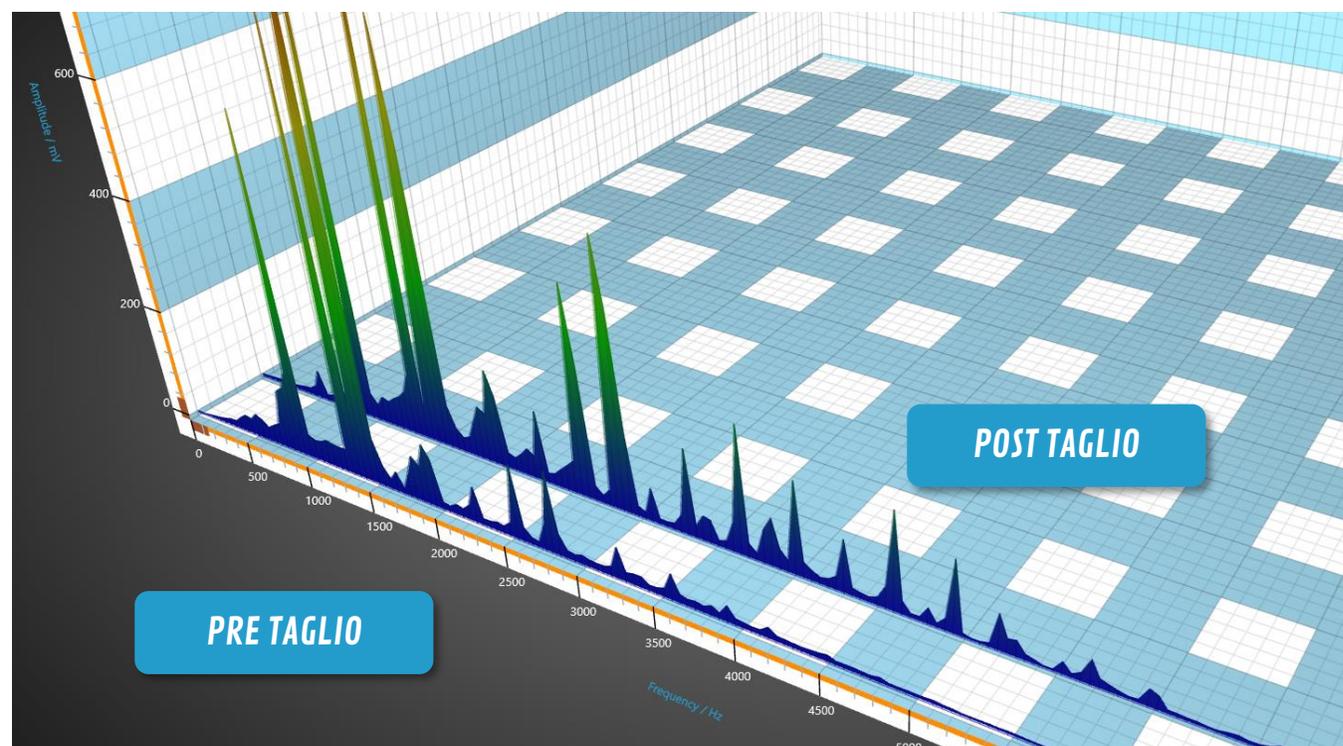


Modo longitudinale

## DEFINIZIONE DELL'INDICE DI MERITO

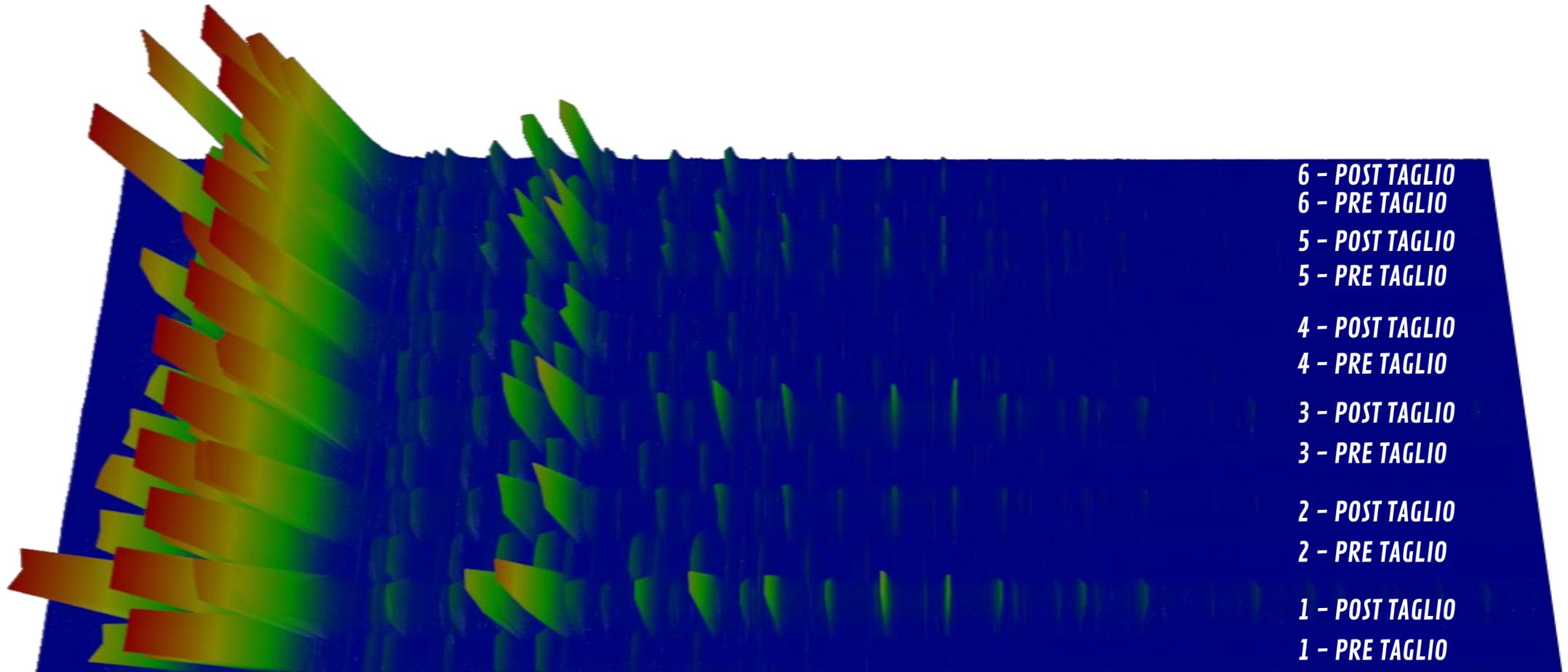
È possibile vedere come il taglio dei bordi della lastra contribuisca alla riduzione della tensione nella lastra, in quanto dopo averla toccata, l'energia arriva anche alle armoniche superiori.

Abbiamo quindi considerato come indice di merito la **somma delle armoniche superiori**.



## VARIAZIONE DELLA FIRMA IN FREQUENZA

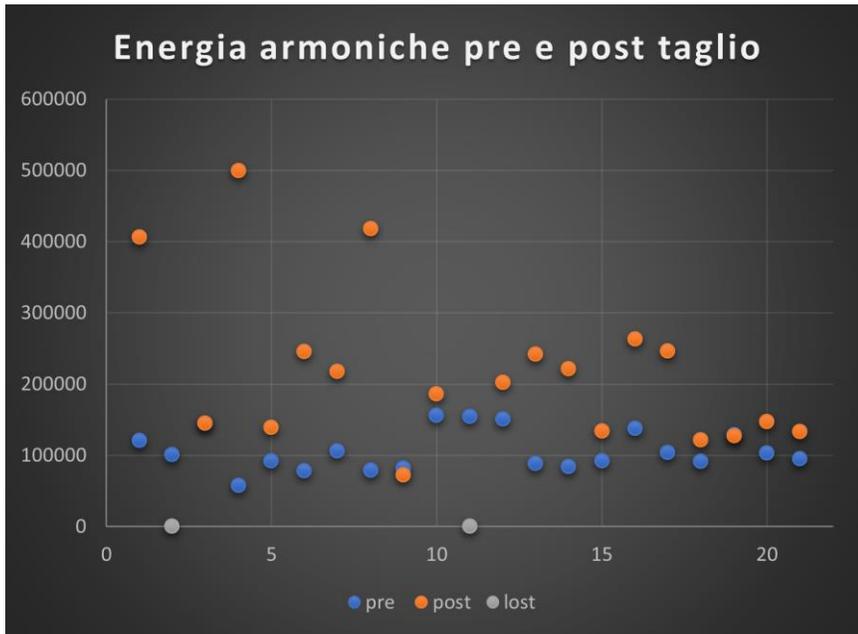
In questo grafico è possibile vedere la firma in frequenza pre e post taglio relativa delle lastre prodotte dalla stessa azienda e con uguale spessore (Ogni misurazione è effettuata 3 volte per mostrare la ripetibilità).



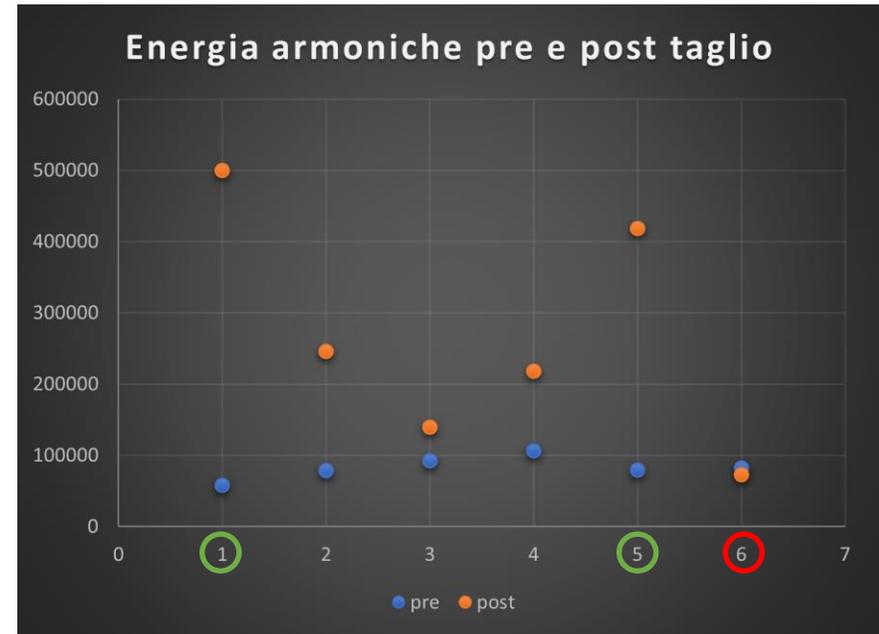
## RISULTATI

I grafici mostrano chiaramente che il taglio dei bordi della lastre contribuisca alla riduzione della tensione (maggiore è la differenza tra pre e post taglio, maggiore è il beneficio).

Dal grafico possiamo anche determinare le lastre con il minor rischio di rottura e quelle con il maggior rischio di rottura:



Differenza pre e post taglio su tutte e 21 le lastre



Differenza pre e post taglio, produttore e spessore uguali

## CONCLUSIONE

Con questo studio di fattibilità abbiamo dimostrato che il taglio dei bordi delle lastre è un metodo efficace per ridurre la tensione presente nelle lastre

Dai risultati acquisiti possiamo stimare il rischio di rottura di una lastra durante la lavorazione. Le lastre con un alto indice di merito saranno meno soggette a rotture durante la lavorazione rispetto alle lastre con un indice basso.

Questo metodo può essere utilizzato per selezionare le lastre: quelle con indice alto per le sezioni con tagli e ritagli più grandi mentre quelle con indice basso per le sezioni senza tagli o solo piccoli fori.

## GrindoSonic® MK7

### Caratteristiche

- Intervallo di frequenza 20 Hz - 100 KHz
- Precisione di riferimento migliore dello 0.005%
- Risoluzione fino a 1/1.000.000
- Rilevatore di vibrazioni (sensore piezometrico)
- Rilevatore acustico (microfono)
- Alimentazione 100 - 240 VAC



### Specifiche tecniche

- Misura in modo non distruttivo le proprietà elastiche dei materiali
- Rapido e semplice: basta un leggero tocco e il risultato viene visualizzato in brevissimo tempo
- Misure dei moduli E e G e del coefficiente di Poisson
- Un'alternativa ai test distruttivi: esistono eccellenti correlazioni tra carico di rottura e frequenza naturale
- Monitoraggio del processo produttivo e controllo qualità
- La più ampia gamma di materiali: ceramica, legno, compositi, mattoni, cemento...
- La più ampia gamma di dimensioni da pochi millimetri a qualche metro
- Adatto per uso industriale e di laboratorio

## OLTRE 2000 SISTEMI GRINDOSONIC® SONO STATI INSTALLATI NEL MONDO

Con oltre 2000 sistemi installati nel mondo, GrindoSonic® è leader mondiale nel mercato. Affidabilità, facilità d'uso, tecnologia allo stato dell'arte e servizio eccellente sono il DNA della nostra compagnia.



# GrindoSonic

THE IMPULSE EXCITATION TECHNIQUE

**GrindoSonic BV**  
Esperantolaan 4  
3001 Leuven, Belgium  
+32(0)16-39 15 00  
[info@grindosonic.com](mailto:info@grindosonic.com)  
[www.grindosonic.com](http://www.grindosonic.com)