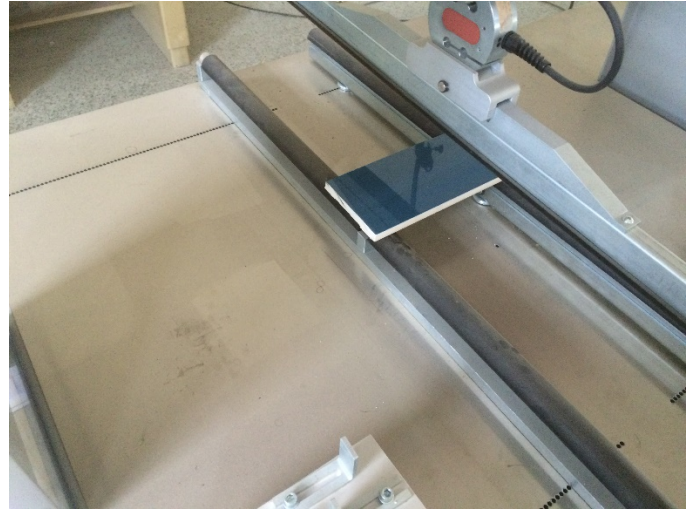




**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**  
**ΔΟΜΙΣΙΜΩΝ ΥΛΩΝ 5ου ΕΞΑΜΗΝΟΥ, ΕΙΔΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ**

**ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΤΡΙΒΗ ΚΑΙ ΚΑΜΨΗ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ΚΛΕΙΩ-ΓΕΩΡΓΙΑ ΧΑΤΖΑΚΗ**

**ΕΞΑΜΗΝΟ 5<sup>ο</sup>**

**ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ : ΦΛΩΡΑ ΜΠΟΥΓΙΑΤΙΩΤΗ, ΦΟΙΒΟΣ ΣΑΡΓΙΕΝΤΗΣ**

**ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ : 2016-2017**

## ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΟΜΙΣΙΜΩΝ ΥΛΩΝ 5ου ΕΞΑΜΗΝΟΥ, ΕΙΔΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ

**ΚΛΕΙΩ-ΓΕΩΡΓΙΑ ΧΑΤΖΑΚΗ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> e-mail: ratatoyille@hotmail.com

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κύριο θέμα της εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της ποιότητας διάφορων ειδών πλακιδίων ως υλικό τελικής επίστρωσης πατώματος. Σ' αυτή την εργασία, λοιπόν, θα παρουσιαστεί αναλυτικά η πειραματική μελέτη διάφορων ειδών πλακιδίων που έγινε στο εργαστήριο ενώ αυτά στο τέλος θα αξιολογηθούν για την καταλληλότητα και την επάρκεια τους σε διάφορες περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, θα εξεταστούν 4 είδη πλακιδίων σε αντοχή σε κάμψη και αντοχή σε τριβή. Για την αντοχή σε τριβή, χρησιμοποιήθηκε η συσκευή ΒÖHME αφού πρώτα κόπηκαν τα πλακάκια στο κατάλληλο μέγεθος ώστε να μπορούν να μπουν στην συσκευή. Για την αντοχή σε κάμψη, χρησιμοποιήθηκε η συσκευή FLEXI η οποία είναι ουσιαστικά σαν πρέσσα, όμως το φορτίο δεν ασκείται σε όλη την επιφάνεια του πλακιδίου αλλά σε μια κεντρική περιοχή του έτσι ώστε να καμφθεί και να σπάσει.

### SUMMARY

The main subject of the project is to investigate the quality of various types of floor tiles. More specifically, the experimental study of different types of tiles that took place in the laboratory will be presented and in the end these types of tiles will be evaluated for their suitability and adequacy to different situations. Four types of tiles will be examined in flexural strength and abrasion resistance. As for abrasion resistance, the BÖHME device was used after the tiles were cut to the appropriate size so that they can enter the device. For the bending strength, FLEXI device was used, which, substantially, looks like a press, but the load is not applied on the entire surface of the tile, but on its center, so as to bend and break.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Αντικείμενο και στόχος της εργασίας.....σελ.4

**ΜΕΡΟΣ Α- ΑΝΑΛΥΣΗ****1.ΕΙΔΗ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ**

1.1 ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΠΛΑΚΑΚΙΑ.....σελ.4

1.2 ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΓΡΑΝΙΤΗ – ΠΟΡΣΕΛΑΝΑΤΟ.....σελ.5

1.2.1 ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΓΡΑΝΙΤΗ ΜΕ ΣΜΑΛΤΟ.....σελ.5

1.2.2 ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΓΡΑΝΙΤΗ ΧΩΡΙΣ ΣΜΑΛΤΟ.....σελ.5

1.3 ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΛΕΥΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Η ΛΕΥΚΗΣ ΠΑΣΤΑΣ.....σελ.5

1.4 ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΣΟΤΤΟ.....σελ.5

1.5 ΠΛΑΚΑΚΙΑ CLINKER.....σελ.5

**ΜΕΡΟΣ Β- ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ****2.ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΤΡΙΒΗ**

2.1 ΓΙΑΤΙ ΚΑΝΟΥΜΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ.....σελ.5

2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΤΡΙΒΗ.....σελ.6

2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΒÖΗΜΕ.....σελ.6

## 2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

2.3.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ.....σελ.6

2.3.3 ΔΟΚΙΜΙΑ.....σελ.7

2.3.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....σελ.8

2.3.5 ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ .....σελ.9

**3. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ**

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΜΨΗΣ.....σελ.10

3.2 ΓΙΑΤΙ ΚΑΝΟΥΜΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ.....σελ.11

## 3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΗ FLEXI

3.3.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ.....σελ.11

3.3.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....σελ.12

**ΜΕΡΟΣ Γ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ****4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

4.1 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΤΡΙΒΗ.....σελ.16

4.2 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ.....σελ.16

4.3 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ.17

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.18

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ : Αντικείμενο και στόχος της εργασίας

Σε μια μεγάλη πλειοψηφία περιπτώσεων τα πλακάκια αποτελούν προτιμητέα επιλογή ως τελική επιφάνεια πατώματος καθώς ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους προσφέρουν διάφορες ποιότητες αντοχών και μεγάλη ποικιλία μορφολογικών και χρωματικών χαρακτηριστικών. Έτσι, δίνουν μια μεγάλη γκάμα διαφορετικών αισθητικών αποτελεσμάτων και αντοχών ικανών να καλύψουν σχεδόν κάθε περίπτωση και ανάγκη. Για να είμαστε ,λοιπόν, σε θέση να επιλέξουμε το κατάλληλο πλακάκι για το σπίτι μας, τον επαγγελματικό μας χώρο κ.τ.λ δεν φτάνει μόνο να δούμε αν ταιριάζει ή όχι αισθητικά με την διακόσμηση που έχουμε επιλέξει αλλά ταυτόχρονα να γνωρίζουμε τις αντοχές του πλακιδίου σε καταπόνηση λόγω φορτίου αλλά και την ανθεκτικότητα του στον χρόνο. Όσον αφορά την αλλοίωση ενός υλικού, που χρησιμοποιείται για επιστρώσεις δαπέδων, αυτή ωφείλεται κυρίως σε φθορά λόγω τριβής η οποία συσσωρεύεται με το πέρασμα του χρόνου με αποτέλεσμα το υλικό να «χαλάει» αισθητικά και πιθανών να χάνει μάζα άρα και αντοχές σε άλλες καταπονήσεις.

## ΜΕΡΟΣ Α- ΑΝΑΛΥΣΗ

### 1. ΕΙΔΗ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ



Εικόνα 1. Το μπλέ λευκής μάζας, το κίτρινο κεραμικό πλακίδιο, το καφεγκρί αριστερά πλακίδιο γρανίτη natural και το δεξιά πλακίδιο γρανίτη lapado, πηγή: προσωπικό αρχείο.

### 1.1 ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΠΛΑΚΑΚΙΑ

Κεραμικά πλακάκια (ή πλακίδια ή κόκκινη πάστα) είναι τεχνητό υλικό, με πρώτη ύλη τον πηλό. Η μάζα αυτών των πλακιδίων αποτελείται από χώμα, άμμο και άστριο. Μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε *monocottura* και *bicottura*. Στην *monocottura* η μάζα και το σμάλτο ψήνονται μόνο μια φορά γύρω στους 1185-1200 °C. Ανήκουν στα group UNI ISO BIIa και UNI ISO BIIb. Στην *bicottura* η μάζα ψήνεται μόνη της στους 1100 °C και μετά 2η φορά με το σμάλτο στους 1060 °C. Με αυτό τον τρόπο κατασκευάζονται συνήθως πλακάκια για τοίχους κυρίως μπάνιων. Ανήκουν στο group UNI ISO BIII (πηγή: [www.michanikos.gr](http://www.michanikos.gr)).

## 1.2 ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΓΡΑΝΙΤΗ – ΠΟΡΣΕΛΑΝΑΤΟ

Πλακάκια γρανίτη- πορσελανάτο, βρίσκουμε και με τις ονομασίες gres porcellanato, γκρες πορσελανάτο (με σμάλτο), γρανιτοπλακάκια, γρανίτες δαπέδου. Ονομάζονται γρανίτες, λόγω του ότι έχουν αντοχές πολύ μεγαλύτερες από αυτούς, αλλά και γιατί σ' ορισμένες περιπτώσεις προσομοιάζουν αισθητικά με αυτούς (πηγή: <http://www.tileworks.gr/index.php/faq.html>).

### 1.2.1 ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΓΡΑΝΙΤΗ ΜΕ ΣΜΑΛΤΟ

Τα πλακάκια αυτά είναι φτιαγμένα από άργιλο ενισχυμένη με χημικές ουσίες και επικαλυμμένη με ποιοτικά γερά σμάλτα που ψήνονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες πάνω από 1200 °C, η μάζα ομογενοποιείται με το σμάλτο και παράγεται ένα προϊόν μηδενικής υδροαπορροφητικότητας και μέγιστης αντοχής.

### 1.2.2 ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΓΡΑΝΙΤΗ ΧΩΡΙΣ ΣΜΑΛΤΟ

Συνήθως τα πλακίδια γρανίτη έχουν μάζα με μεγάλες ποσότητες μεταλλεύματος γρανίτη αναμειγμένες με τα υπόλοιπα συστατικά. Η μάζα τους είναι πολύ σκληρή και οι μηχανικές αντοχές τους τεράστιες. Είναι συνήθως χρωματισμένα με το ίδιο χρώμα σε όλη την μάζα τους. Τις περισσότερες φορές τα συναντούμε με γυαλισμένη επιφάνεια. Το μοναδικό τους μειονέκτημα είναι ότι η έλλειψη σμάλτου αυξάνει λίγο την υδροαπορροφητικότητά τους. Ανήκουν στο group UNI ISO B1a GL (πηγή: [www.michanikos.gr](http://www.michanikos.gr)).

## 1.3 ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΛΕΥΚΗΣ ΜΑΖΑΣ Η ΛΕΥΚΗΣ ΠΑΣΤΑΣ

Αυτά παράγονται σε χαμηλότερη θερμοκρασία απ'ότι τα γρανιτοπλακάκια και έχουν μικρότερες αντοχές γιατί η μάζα τους δεν είναι ενισχυμένη. Ωστόσο, τα πλακίδια με λευκή μάζα είναι πιο ανθεκτικά από τα πλακάκια με την κόκκινη. Ψήνονται συνήθως μια φορά και έχουν πολύ καλές αντοχές στις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.

## 1.4 ΠΛΑΚΑΚΙΑ COTTO

Κατασκευάζονται από φυσική άργιλο (ειδικό χώμα) και ψήνονται σε ειδικούς φούρνους, ώστε να αποκτήσουν αντοχή. Στην επιφάνειά τους δεν υπάρχει σμάλτο για να τα κάνει αδιάβροχα, οπότε απαιτείται επάλειψη με ειδικό υγρό, η οποία πρέπει να επαναλαμβάνεται κάθε 3-5 χρόνια. Τα πλακάκια αυτά αποδίδουν το φυσικό χρώμα της γης και δημιουργούν ένα χώρο με παραδοσιακό στυλ.

## 1.5 ΠΛΑΚΑΚΙΑ CLINKER

Χαρακτηρίζονται τα πλακίδια που αποτελούνται από μία ενιαία μάζα λευκής πορσελάνης. Χρησιμοποιούνται σε επιστρώσεις δαπέδων εξωτερικών χώρων με μεγάλη κυκλοφορία. Παράγονται επίσης με επίστρωση χρώματος και ειδική ε-φυάλωση. Έχουν πολύ μεγάλη αντοχή και χρησιμοποιούνται σε επενδύσεις κολυμβητικών δεξαμενών που υφίστανται μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές (πηγή: [www.homeconstruction.gr](http://www.homeconstruction.gr)).

## ΜΕΡΟΣ Β- ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

### 2. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΤΡΙΒΗ

#### 2.1 ΓΙΑΤΙ ΚΑΝΟΥΜΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Τα πλακάκια ως επικάλυψη του πατώματος δέχονται καθημερινά τριβές από τα έπιπλα που βρίσκονται επάνω και μπορεί να μετακινηθούν, τους ανθρώπους που περπατάνε, χορεύουν κ.τ.λ. ή και τα οχήματα που κινούνται πάνω σε αυτά (ειδικά όταν φρενάρουν). Μπορεί σε καθημερινή βάση, λοιπόν, να μην καταλαβαίνουμε την φθορά στην οποία υπόκεινται αλλά στην πραγματικότητα αυτή υφίσταται με αποτέλεσμα σε βάθος χρόνου τα πλακάκια να αλλάζουν όψη σταδιακά. Το παρακάτω πείραμα, λοιπόν, είναι μια προσπάθεια να διαπιστώσουμε πιο είδος πλακιδίου αντέχει πιο πολύ στην φθορά από τριβή και είναι επομένως πιο ανθεκτικό μακροπρόθεσμα.

## 2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΤΡΙΒΗ

Ως αντοχή σε φθορά από τριβή ορίζουμε το μέτρο της ικανότητας των υλικών για αντίσταση, την οποία προβάλλουν όταν καταπονούνται σε τριβή (πηγή: βιβλίο «Τεχνικά υλικά» του Γεώργιου Πουλάκου και του Αιμίλιου Κορωναίου). Ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με την συσκευή ΒΟΗΜΕ και την συσκευή EBENER. Στην εργασία αυτή θα εξεταστεί ο έλεγχος με την συσκευή ΒΟΗΜΕ.

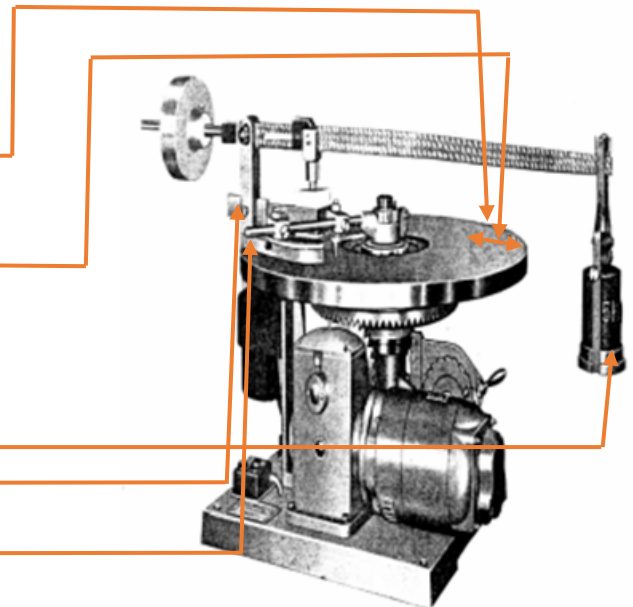
## 2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΒÖHME

### 2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

- Προσδιορισμός της απώλειας υλικού από τριβή δοκιμών σε δίσκο από χυτοσίδηρο, πάνω στον οποίο διαστρώνεται σμύριδα δοκιμής.
  - Σμύριδα δοκιμής :
    - Σύνθεση και κοκκομετρική διαβάθμιση: Προσδιορισμός από τον αντίστοιχο κανονισμό.
    - Σύνθεση : Κορούνδιο ( $Al_2O_3$ , κρυσταλλωμένη άργιλος, 60÷70 %)
- Μαγνητικός σίδηρος Μικρή ποσότητα αλάτων, που περιέχουν άργιλο και κυρίως μαρμαρυγία ( $SiO_2$ ) < 7 %
- Ειδικό βάρος : Πρέπει να κυμαίνεται από  $3,9 \div 4,1 \text{ g/cm}^3$ .

### 2.3.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ

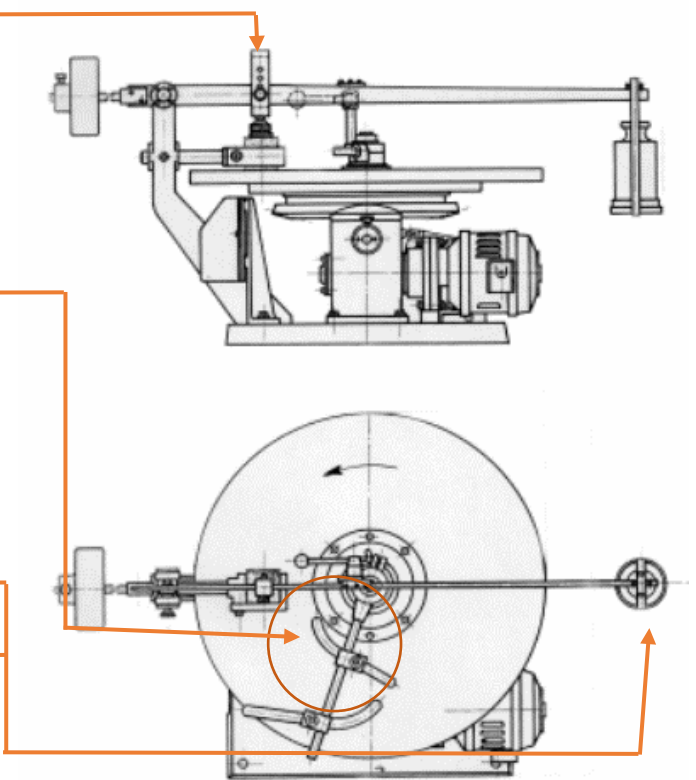
- Συσκευή Βöhme = Ιδιοσυσκευή λείανσης.
- Αποτελείται από :
  - Οριζόντιο δίσκο με διάμετρο 750 mm περίπου από χυτοσίδηρο, ο οποίος περιστρέφεται κατά την πειραματική διαδικασία.
  - Τροχιά λείανσης (= Δακτυλιοειδής επιφάνεια πάνω στο δίσκο με πλάτος 200 mm και σε απόσταση  $120 \div 320 \text{ mm}$  από το κέντρο του περιστρεφόμενου δίσκου).
  - Χαλύβδινο μοχλό.
  - Μικρό και μεγάλο μοχλοβραχίονα.
  - Χοάνη (= μέσω αυτής γίνεται ομοιόμορφα η διάστρωση της σμυρίδας στην τροχιά λείανσης).
  - Διάταξη για τη στερέωση των δοκιμών.



(πηγή: βιβλίο "Τεχνικά Υλικά" Γεώργιου Πουλάκου και Αιμίλιου Κορωναίου)

Εικόνα 2. συσκευή ΒΟΗΜΕ, πηγή: βιβλίο "Τεχνικά Υλικά" Γεώργιου Πουλάκου και Αιμίλιου Κορωναίου

- **Μικρός μοχλοβραχίονας** : Φέρει αντίβαρο για την εξισορρόπηση του επιπλέον βάρους του μεγάλου μοχλοβραχίονα και του βάρους της χοάνης του ζυγού.
- **Μοχλός** : Κίνηση κατά το δυνατόν χωρίς τριβές / Παραμένει κατά τη διάρκεια της δοκιμής παράλληλος προς την πάνω πλευρά του δίσκου.
- **Διάταξη για τη στερέωση των δοκιμίων**:
  - Τετραγωνικό πλαίσιο από χυτοσίδηρο ή χάλυβα / Ανοικτό από τη μία πλάγια πλευρά (ύψος 40 mm περίπου) → Τοποθέτηση του δοκιμίου → Η επιφάνεια του δοκιμίου που θα καταπονηθεί να είναι πάνω στο δίσκο λείανσης / Οδηγεί χαλαρά το δοκίμιο σε αναγκαστική τροχιά.
  - **Φόρτιση** : Εξασκείται μέσω βάρους που βρίσκεται στο άκρο του μεγάλου μοχλοβραχίονα.
  - **Βάρος φόρτισης** : Κατάλληλη εκλογή → Καταπόνηση του δοκιμίου φορτίο 30 kg ± 1%.
  - **Αριθμός στροφών** : Δείκτης και μηχανισμός που ρυθμίζει την αυτόματη διακοπή της περιστροφής (22 στροφές).
  - **Τροχιά λείανσης** :
    - Φθείρεται από τη χρήση → Σχηματισμός πάνω της ραβδώσεων.
    - Βάθος των κοιλοτήτων : < 0,5 mm.
    - Βάθος των ραβδώσεων : < 0,2 mm.
    - Υπέρβαση των παραπάνω ορίων → Επισκευή ή Αντικατάσταση δίσκου λείανσης

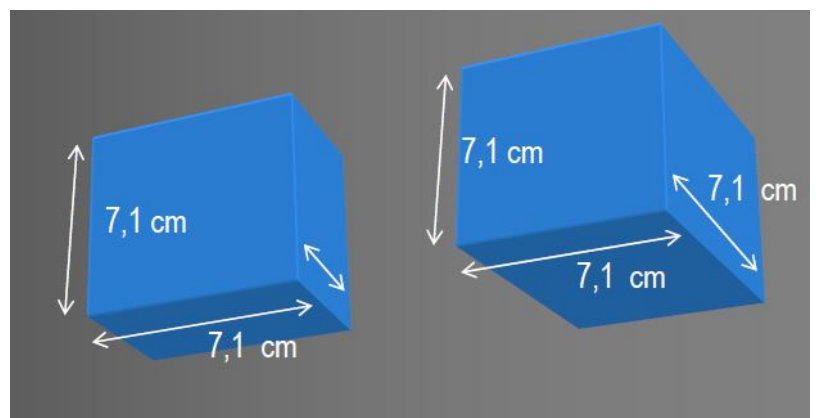


Εικόνα 3. Σχηματική αναπαράσταση σε πλάγια όψη και άνω όψη της συσκευής ΒΟΗΜΕ, πηγή: βιβλίο "Τεχνικά Υλικά" Γεώργιου Πουλάκου και Αιμίλιου Κορωναίου

### 2.3.3 ΔΟΚΙΜΙΑ

Σχήμα	Πλάκα ή κύβος.
Ακμή	7,1 cm + 2%.
Επιφάνεια	50 cm <sup>2</sup> , Λεία, Επίπεδη
Πλήθος	3 τουλάχιστον

Πίνακας 1. Απαιτούμενα χαρακτηριστικά δοκιμίων για την διεξαγωγή του πειράματος του ελέγχου αντοχής σε τριβή με την συσκευή ΒΟΗΜΕ, πηγή: βιβλίο "Τεχνικά Υλικά" Γεώργιου Πουλάκου και Αιμίλιου Κορωναίου.



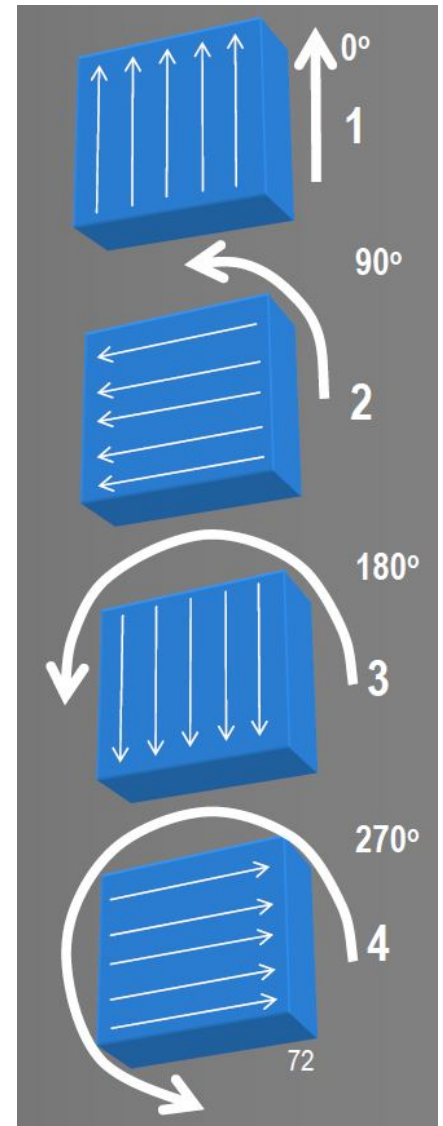
Εικόνα 4. Μέγεθος που πρέπει να έχουν τα δοκίμια για το πείραμα, πηγή: διάλεξη Φ.Μπουγιατιώτη "έλεγχος αντοχής υλικών σε τριβή" για το μάθημα τεχνολογία δομίσμων υλών 1

### 2.3.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

- α) Ξήρανση στους 105 °C.  
 β) Τοποθέτηση στο δίσκο λείανσης (θέση στερέωσης).  
 γ) Διάστρωση σμύριδας δοκιμής 20g με τη βοήθεια χοάνης.  
 δ) Θέση του δίσκου σε περιστροφή. Τέλος 1<sup>ης</sup> φάσης  
 ε) < 22 στροφές >  
 ζ) Καθαρισμός και ζύγισμα δοκιμίου.  
 η) Απομάκρυνση σμύριδας + καταλοίπων δοκιμής. Τέλος 2<sup>ης</sup> φάσης  
 θ) Εκ νέου τα β, γ, δ, και ε

• Για κάθε κατεύθυνση του δοκιμίου (1,2,3,4) :

- 5 x 22 = 110 στροφές  
 → Σύνολο: 4 x 110 = 440 στροφές.  
 • Ζύγιση και προσδιορισμός mτελ  
 ↓ (Φαινόμενη πυκνότητα)  
 • Προσδιορισμός μείωσης όγκου δοκιμίου  $\Delta V$  [cm<sup>3</sup>].  
 • Προσδιορισμός της φθοράς από τριβή με τη συσκευή Böhme : Υπολογισμός :  
 – Απώλειας του όγκου  $\Delta V$  ανά 50 cm<sup>3</sup> ( $\Delta V / 50$  cm<sup>3</sup>) ή  
 – Φθοράς από τριβή σε cm<sup>3</sup> / cm<sup>2</sup>.



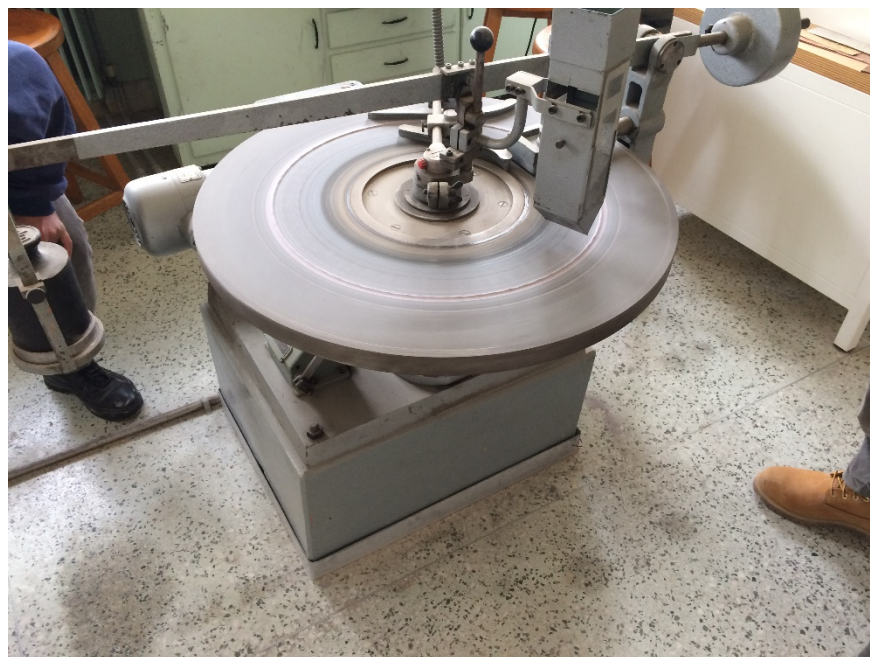
Εικόνα 5. σχηματική αναπαράσταση της περιστροφής του δοκιμίου κατά την διάρκεια του πειράματος, πηγή: διάλεξη Φ.Μπουγιατιώτη "έλεγχος αντοχής υλικών σε τριβή" για το μάθημα τεχνολογία δομίσμων υλών 1



## 2.3.5 ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ



Εικόνα 6. Ζυγίζοντας το πλακίδιο λευκής πάστας μετά το πείραμα με την συσκευή ΒΟΗΜΕ όπου υπέστη φθορά λόγω τριβής, πηγή: προσωπικό αρχείο.



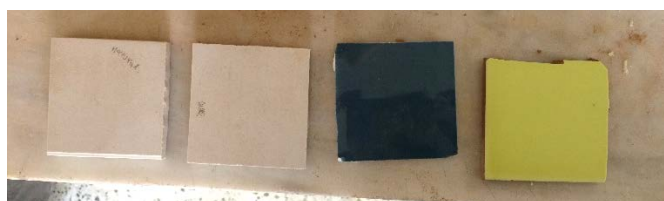
Εικόνα 7. Καθώς διεξάγουμε το πείραμα με την συσκευή ΒΟΗΜΕ, πηγή: προσωπικό αρχείο.

Στο εργαστήριο τα 4 δοκίμια πλακιδίων ζυγίστηκαν και έπειτα τα υποβλήθηκαν στην παραπάνω διαδικασία 1 φορά για κάθε κατεύθυνση. Στο τέλος έγινε επανάληψη της ζύγισης. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα της ζύγισης πριν και μετά το πείραμα.

Μετρήσεις για τριβή			
ΔΟΚΙΜΙΟ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΒΑΡΟΣ ΠΡΙΝ	ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ
1) απλό κεραμικό πλακίδιο	7cmX7cm	62,45g	58,95g
2) λευκή πάστα	7cmX7cm	92,45g	89,15g
3) πορσελάνο (full body natural)	7cmX7cm	105,35g	102,95g
4) πορσελάνο (full body lapado)	7cmX7cm	105,65g	103,5g

Πίνακας 2. Μετρήσεις διαστάσεων και βάρους πλακιδίων πριν και μετά την πειραματική διαδικασία.

Επίσης στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνεται η όψη των πλακιδίων πριν και μετά το πείραμα.



Εικόνα 8 Τα πλακίδια πριν το πείραμα αντοχής σε τριβή, πηγή: προσωπικό αρχείο.



Εικόνα 9. Τα πλακίδια μετά το πείραμα αντοχής σε τριβή, πηγή: προσωπικό αρχείο.

Ωστόσο, για τις ανάγκες του πειράματος, θα πρέπει να υπολογιστεί με κάποιο τρόπο η φαινόμενη πυκνότητα των πλακιδίων ώστε να μπορέσει να βρεθεί η διαφορά όγκου τους εξαιτίας της φθοράς που τους προκλήθηκε λόγω τριβής. Έχοντας, έτσι, την διαφορά μάζας και την πυκνότητα τους με τον γνωστό τύπο  $\rho = \frac{m}{V}$  (όπου  $\rho$  είναι η πυκνότητα,  $m$  είναι η μάζα και  $V$  είναι ο όγκος) βρίσκεται η διαφορά όγκου. Για να βρεθεί, λοιπόν, η πυκνότητα των πλακιδίων γίνεται το εξής πείραμα: σε ένα ποτήρι με νερό γεμάτο μέχρι εκεί που είναι το όριο να ξεχειλίσει τοποθετείται μέσα το πλακίδιο. Το νερό ξεχειλίζει και μετά ζυγίζεται η ποσότητα του νερού που ξεχειλίσει. Γνωρίζοντας ότι η πυκνότητα του νερού είναι  $1 \text{ kg/m}^3$  με τον τύπο  $\rho = \frac{m}{V}$  (όπου  $\rho$  είναι η πυκνότητα,  $m$  είναι η μάζα και  $V$  είναι ο όγκος) υπολογίζεται ο όγκος του νερού που ξεχειλίσει, ο οποίος ταυτίζεται με το όγκο του πλακιδίου (αφού το πλακίδιο κατέλαβε τον χώρο του νερού που ξεχειλίσει). Έπειτα, αφότου ζυγιστούν τα πλακίδια και έτσι έχοντας την μάζα και τον όγκο τους με τον τύπο  $\rho = \frac{m}{V}$  υπολογίζεται η πυκνότητα των πλακιδίων και έπειτα την διαφορά όγκου τους λόγω του πειράματος.

Η παραπάνω διαδικασία φαίνεται στους ακόλουθους πίνακες:

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ				
ΠΛΑΚΙΔΙΟ	ΒΑΡΟΣ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΧΑΘΗΚΕ	ΟΓΚΟΣ ΝΕΡΟΥ=ΟΓΚΟΣ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ
1) απλό κεραμικό πλακίδιο	60g	35g	35 cm <sup>3</sup>	1.71g/cm <sup>3</sup>
2)λευκή πάστα	90g	55g	55 cm <sup>3</sup>	1.63g/cm <sup>3</sup>
3)πορσελάνινο (full body natural)	104g	40g	40 cm <sup>3</sup>	2.43g/cm <sup>3</sup>
4)πορσελάνινο(full body lapado)	105g	45g	45cm <sup>3</sup>	2.61g/cm <sup>3</sup>

Πίνακας 3. Οι υπολογισμοί του πειράματος με το ποτήρι νερού για να βρεθεί η πυκνότητα των πλακιδίων.

Προσδιορισμός μείωσης όγκου δοκιμίου ΔV							
ΠΛΑΚΙΔΙΟ	ΒΑΡΟΣ ΠΡΙΝ	ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ	Δm	P	ΔV	ΔV/ 50 cm <sup>3</sup>	Vαρχ
1) απλό κεραμικό πλακίδιο	62,45g	58,95g	3,5g	1.71g/cm <sup>3</sup>	2.046cm <sup>3</sup>	2.8	36.52cm <sup>3</sup>
2)λευκή πάστα	92,45g	89,15g	3,3g	1.63g/cm <sup>3</sup>	2.024cm <sup>3</sup>	1.78	56.72cm <sup>3</sup>
3)πορσελάνινο (full body natural)	105,35g	102,95g	2,43g	2.43g/cm <sup>3</sup>	1cm <sup>3</sup>	1.15	43.35cm <sup>3</sup>
4)πορσελάνινο(full body lapado)	105,65g	103,5g	2,15g	2.61g/cm <sup>3</sup>	0.823cm <sup>3</sup>	1.03	39.66cm <sup>3</sup>

Πίνακας 4. Οι υπολογισμοί για να βρεθεί η διαφορά όγκου των πλακιδίων ανά 50cm<sup>3</sup> χρησιμοποιώντας τον τύπο  $\rho = \frac{m}{V}$ .

### 3. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ

#### 3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΜΨΗΣ

Κάμψη είναι το αποτέλεσμα κάθετων δυνάμεων ή ροπών που ασκούνται σε ένα μακρόστενο σώμα. Όπως το σώμα τείνει να καμπυλωθεί στη μία πλευρά του προκαλείται θλίψη (συμπίεση) και στην άλλη εφελκυσμός (τράβηγμα). Η κάμψη προκαλεί την παραμόρφωση ή ακόμα και την θραύση του σώματος (πηγή: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

## 3.2 ΓΙΑΤΙ ΚΑΝΟΥΜΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Τα πλακάκια ως γνωστόν είναι η τελική εξωτερική επιφάνεια του πατώματος. Επομένως, είναι αυτά τα στοιχεία που δέχονται πρώτα τα φορτία της πλάκας αν και δεν τα φέρουν αυτά, αλλά η βασική δομή πάνω στην οποία είναι κολλημένα. Ωστόσο, πολλές φορές τα πλακάκια του πατώματος σπάνε. Γιατί; Η απάντηση είναι πολύ απλή. Η επικόλληση των πλακιδίων στην φέρουσα πλάκα δεν γίνεται πάντα με σωστό τρόπο και πολλές φορές δημιουργούνται κενά αέρα από κάτω με αποτέλεσμα αν ασκηθεί μεγάλο φορτίο στο σημείο αυτό - επειδή το πλακάκι είναι άκαμπτο υλικό και επομένως δεν έχει την ικανότητα να παραμορφωθεί ή να κυρτώσει, σπάει. Με αυτό το πείραμα, λοιπόν, σκοπός είναι να διαπιστωθεί πόσο ανθεκτικοί είναι οι παραπάνω τύποι πλακιδίων σε καταπόνηση φορτίου κάθετου στην επιμήκη επιφάνεια τους και πόσο εύκολο είναι αυτά να σπάσουν με αυτόν τον τρόπο.

## 3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΗ FLEXI

### 3.3.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ

Το μηχάνημα με το οποίο κάναμε το πείραμα αντοχής σε κάμψη ονομάζεται FLEXI της GABBRIELLI TECHNOLOGY το οποίο δέχεται πλακάκι πάχους μέχρι 9,9 εκατοστά ενώ μπορεί να μας δώσει φορτίο μέχρι 1τόνο. Αποτελείται από:

- 2 υποστηρίγματα στα οποία στερεώνουμε το πλακάκι. Τα υποστηρίγματα έχουν μεταβλητή απόσταση μεταξύ τους την οποία μπορούν να ρυθμιστούν χειροκίνητα.
- 1 μαχαίρι που είναι ουσιαστικά ένα μακρόστενο στοιχείο από το οποίο ασκείται το φορτίο στο πλακάκι.
- Προστατευτικό από πλέξιγκλας .
- Μικρή οθόνη με κουμπιά με τα οποία μπορεί να εισαχθούν τα δεδομένα στο μηχάνημα, να προβληθούν τα αποτελέσματα και να γίνουν διάφορες ρυθμίσεις.
- Το κουμπί ασφαλείας που πατάμε όταν θέλουμε να σταματήσει το πείραμα.
- Εσωτερικό εκτυπωτή από όπου μπορούν να εκτυπωθούν τα αποτελέσματά.
- Ένα κουμπί για βαθμονόμηση συσκευής.



Εικόνα 10. Συσκευή FLEXI, πηγή: [www.gabbrielli.com](http://www.gabbrielli.com)

Για να λειτουργήσει το μηχάνημα πρέπει πρώτα απ'όλα να το βάλουμε στην πρίζα και να ανοίξουμε τον διακόπτη που βρίσκεται στο πίσω μέρος του μηχανήματος. Στην συνέχεια, πρέπει να ξεμπλοκάρουμε το κουμπί ασφαλείας και να πατήσουμε για μερικά δευτερόλεπτα το scroll για να πάμε στα μενού.

Πατώντας το ίδιο κουμπί μπορούμε να αλλάξουμε σελίδα στο ίδιο μενού που βρισκόμαστε ή αν δεν έχουμε μπει σε μενού να αλλάξουμε επιλογή μενού.

Με το star/stop/return μπορούμε να αποθηκεύσουμε την επιλογή μας ή τα δεδομένα που έχουμε εισάγει ή να ξεκινήσουμε το πείραμά μας.

Με τα up/down μπορούμε να μηδενίσουμε πιθανόν κάποια τιμή αν τα πατήσουμε ταυτόχρονα ή να αλλάξουμε τιμή στα δεδομένα μας.

Με το star μπορούμε να τυπώσουμε τα αποτελέσματά μας.



Εικόνα 11. Μικρή οθόνη με κουμπιά που αποτελεί χειριστήριο της συσκευής FLEXI, πηγή: προσωπικό αρχείο.

### 3.3.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στο μηχάνημα υπάρχουν 5 μενού. Το working menu στο οποίο μπορούμε να δούμε τιμές που έχουν να κάνουν με τα αποτελέσματα του πειράματος καθώς και με μετρήσεις κατά την διάρκεια αυτού.

Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να δούμε:

- την τρέχουσα τιμή φορτίου που εφαρμόζεται
- το μέγιστο φορτίο που εφαρμόστηκε στο τέλος της δοκιμής
- Τον συντελεστή  $r$  (rapture) που μας δίνει την αντοχή στην θραύση
- την τάση  $\sigma$  η οποία υπολογίζεται από την μηχανή ως το πηλίκο της μεγιστης δύναμης  $F$  που αναπτύχθηκε επί  $d$  που είναι η απόσταση των 2 υποστηριγμάτων ως προς το πλάτος  $b$  του πλακιδίου που δοκιμάζουμε
- τον ρυθμό αύξησης του φορτίου από την στιγμή που θα ακουμπήσει το μαχαίρι το πλακίδιο
- το μοντέλο πλακιδίου (έχουμε την δυνατότητα να αποθηκεύσουμε 8 διαφορετικούς τύπους-μοντέλα πλακιδίων)
- και τέλος έναν κωδικό που έχει να κάνει με το τρίτο μενού που χρησιμοποιούμε για την βαθμονόμηση της συσκευής όταν κάτι έχει πάει στραβά ή έχει χαλάσει.

Στο μενού 2 μπορούμε να ρυθμίσουμε την ώρα, τα λεπτά, την ημερομηνία, χρονολογία, μήνα και χρόνο, μονάδες και ταχύτητα με την οποία θα πλησιάσει το μαχαίρι το δοκίμιο.

Για να μπορέσει να διεξαχθεί το πείραμά μας πρέπει να πάμε στο μενού 1. Για να γίνει αυτό πατάμε το scroll για 2-3 δευτερόλεπτα, επιλέγουμε το μενού 1 και πατάμε το star/stop/return.

Στο μενού 1, εισάγουμε τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πλακιδίου που πρόκειται να σπάσουμε. Πρώτα, στην σελίδα 1 επιλέγουμε σε ποια θέση θα το αποθηκευτεί. Έχουμε 8 θέσεις και πρέπει με τα κουμπιά up and down να εισάγουμε αυτή που θέλουμε και με το start/stop/return να την αποθηκεύσουμε.

Έπειτα, στην σελίδα 2 εισάγουμε το πάχος  $t$  του πλακιδίου σε χιλιοστά.

Στην σελίδα 3 εισάγουμε το  $w$  που είναι το πλάτος του πλακιδίου.

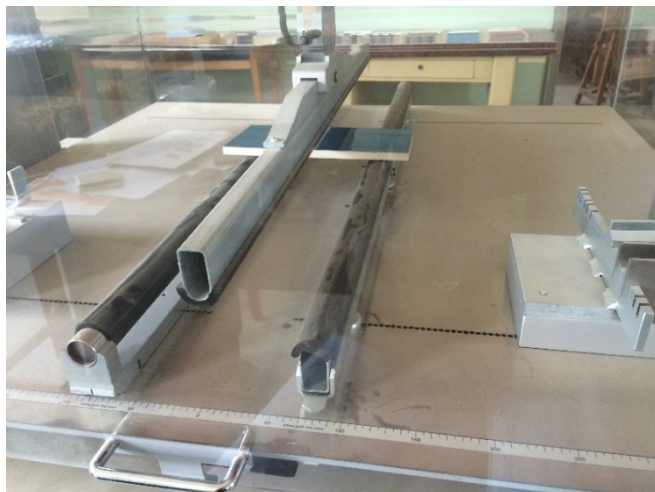
Στην σελίδα 4 βάζουμε την απόσταση μεταξύ των υποστηριγμάτων την οποία την μετράμε από τους χάρακες που είναι μπροστά από τα υποστηρίγματα στην μηχανή.

Στην σελίδα 5 εισάγουμε το μήκος που είναι μόνο για πλακάκια που δεν έχουν υποστεί ψήσιμο σε διαφορετική περίπτωση το βάζουμε να είναι 0.

Το ίδιο ισχύει και για την σελίδα 6 στην οποία εισάγουμε το βάρος του πλακιδίου μόνο αν αυτό δεν έχει ψηθεί.

Στην σελίδα 7 εισάγουμε το ύψος που θέλουμε να ανέβει το μαχαίρι μετά το πείραμα.

Έπειτα ξαναπατάμε το scroll για 2-3 δευτερόλεπτα και πάμε στο working menu όπου μηδενίζουμε το φορτίο, την τάση και εισάγουμε την θέση (από 1 μέχρι 8) που δηλώνει τον τύπο πλακιδίου που θα σπάσουμε με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που έχουμε εισάγει στο μενού 1. Μετά από αυτό πηγαίνοντας στην σελίδα 1 του working menu είμαστε έτοιμοι να ξεκινήσουμε το πείραμά μας πατώντας το start/stop/return για μερικά δευτερόλεπτα. Έπειτα το πείραμα ξεκινάει και το μαχαίρι αρχίζει να κατεβαίνει. Το πείραμα διεξήχθη 4 φορές για τα 4 διαφορετικά είδη πλακιδίων.



Εικόνα 12. Φωτογραφία που τραβήχτηκε κατά την διεξαγωγή του πειράματος ελέγχου της αντοχής σε κάμψη στην συσκευή FLEXI του πλακιδίου λευκής πάστας, πηγή: προσωπικό αρχείο.

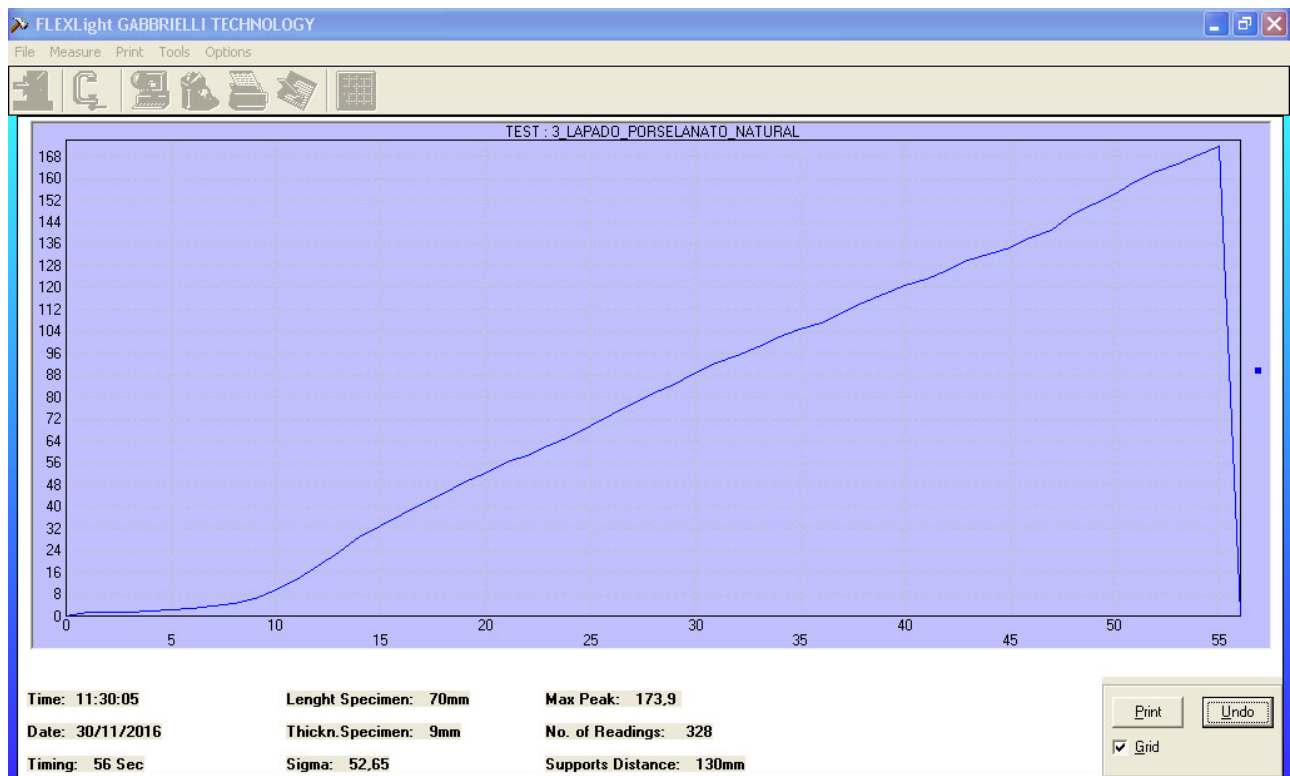
#### Μετρήσεις για κάμψη

ΔΟΚΙΜΙΟ	ΠΛΑΧΟΣ t	ΠΛΑΤΟΣ b	ΜΗΚΟΣ l	ΜΕΓΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ $\sigma$	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΗΡ.
1) απλό κεραμικό πλακίδιο	0,7cm	9,8cm	20cm	52,3kg	20,83MPa	130cm
2) λευκή πάστα	1,1cm	10,1cm	23,3 cm	126,6kg	24,38MPa	130cm
3) πορσελάνινο (full body natural)	0,95cm	7cm	14cm	173,9kg	52,65MPa	130cm
4) πορσελάνινο(full body lapado)	0,95cm	7cm	14cm	173,6kg	52,33MPa	130cm

Πίνακας 5. Φαίνονται τα αποτελέσματα τις δοκιμές καθώς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε δοκιμίου.

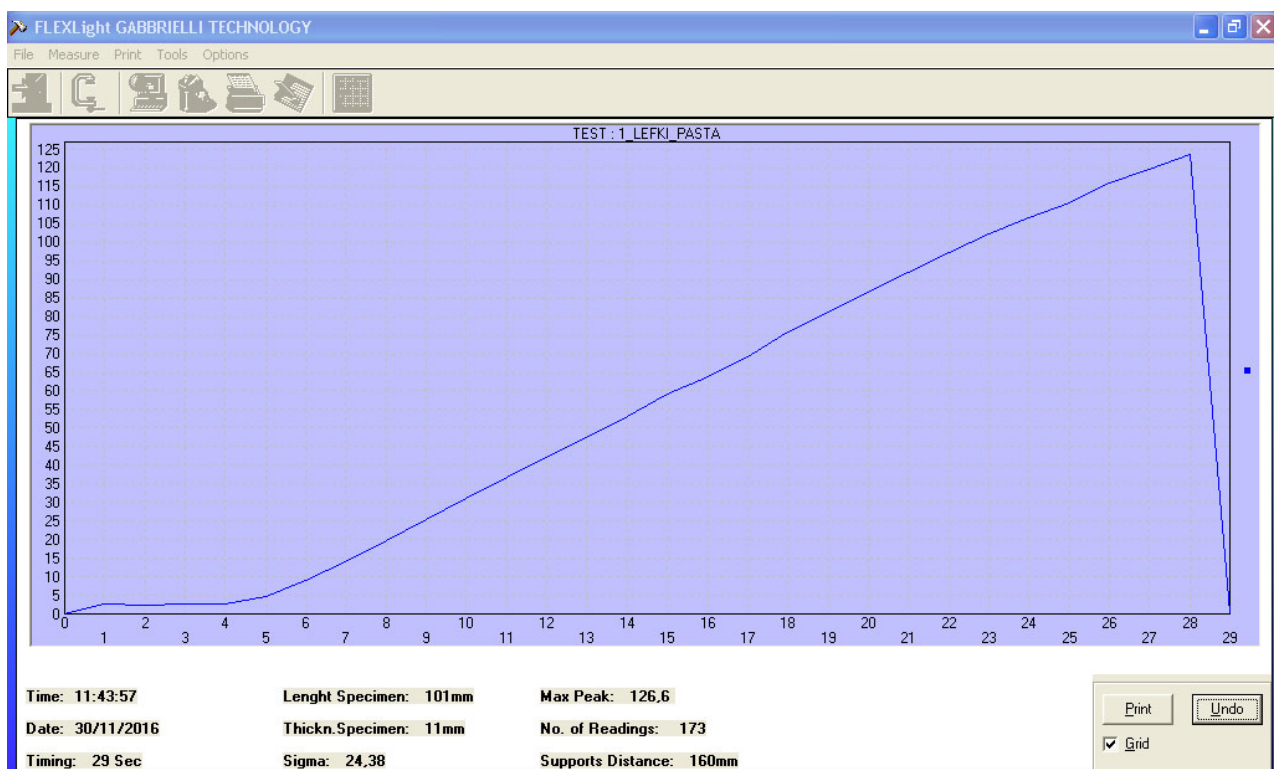
Σ' αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι το μηχάνημα συνδέεται με το αντίστοιχο λογισμικό FLEXLight GABBRIELLI TECHNOLOGY του υπολογιστή από το οποίο μπορούν να εισαχθούν επίσης τα δεδομένα ώρας μέρας κ.τ.λ καθώς και να προβληθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα τάσης-δύναμης (φορτίου). Στις εικόνες 13-16 φαίνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα που βρέθηκαν από τα πειράματα αντοχής σε κάμψη των πλακιδίων.

1)



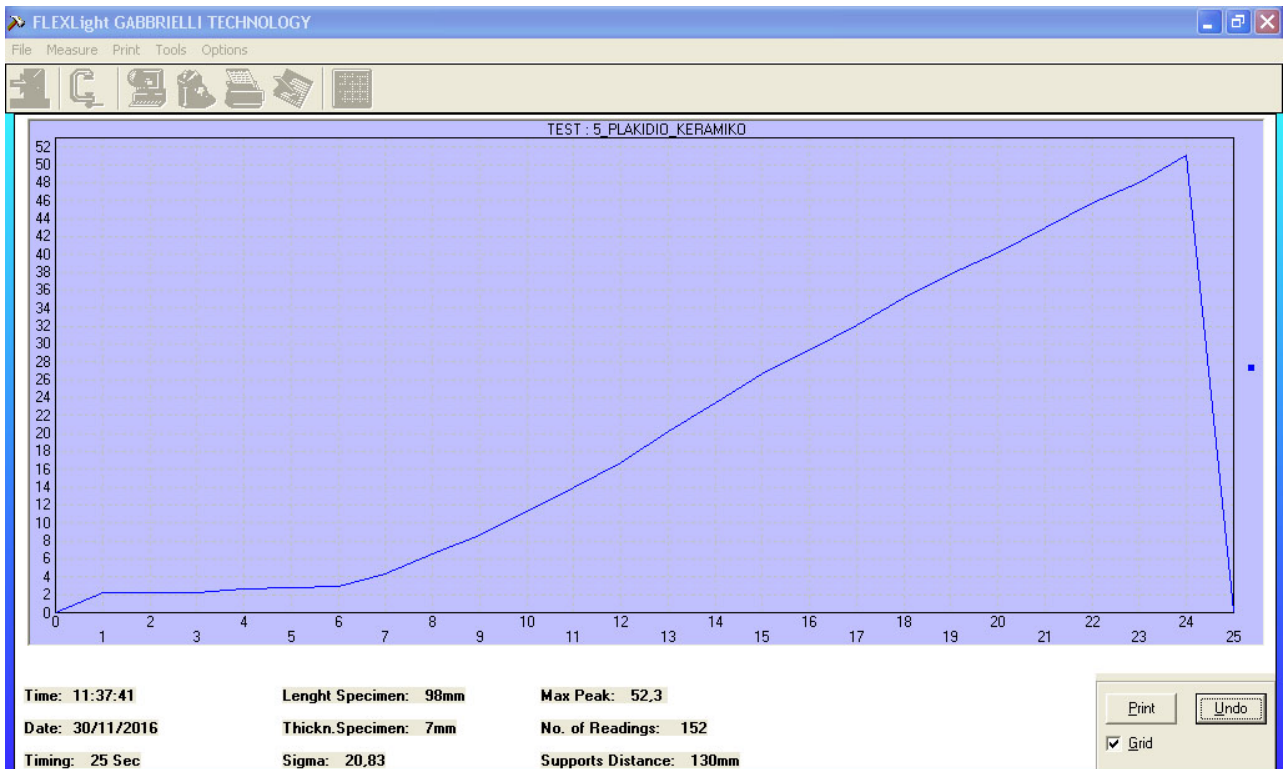
Εικόνα 13. Πλακάκι πορσελανάτο natural, διάγραμμα αντοχής σε κάμψη τάσης  $\sigma$ - φορτίου.

2)



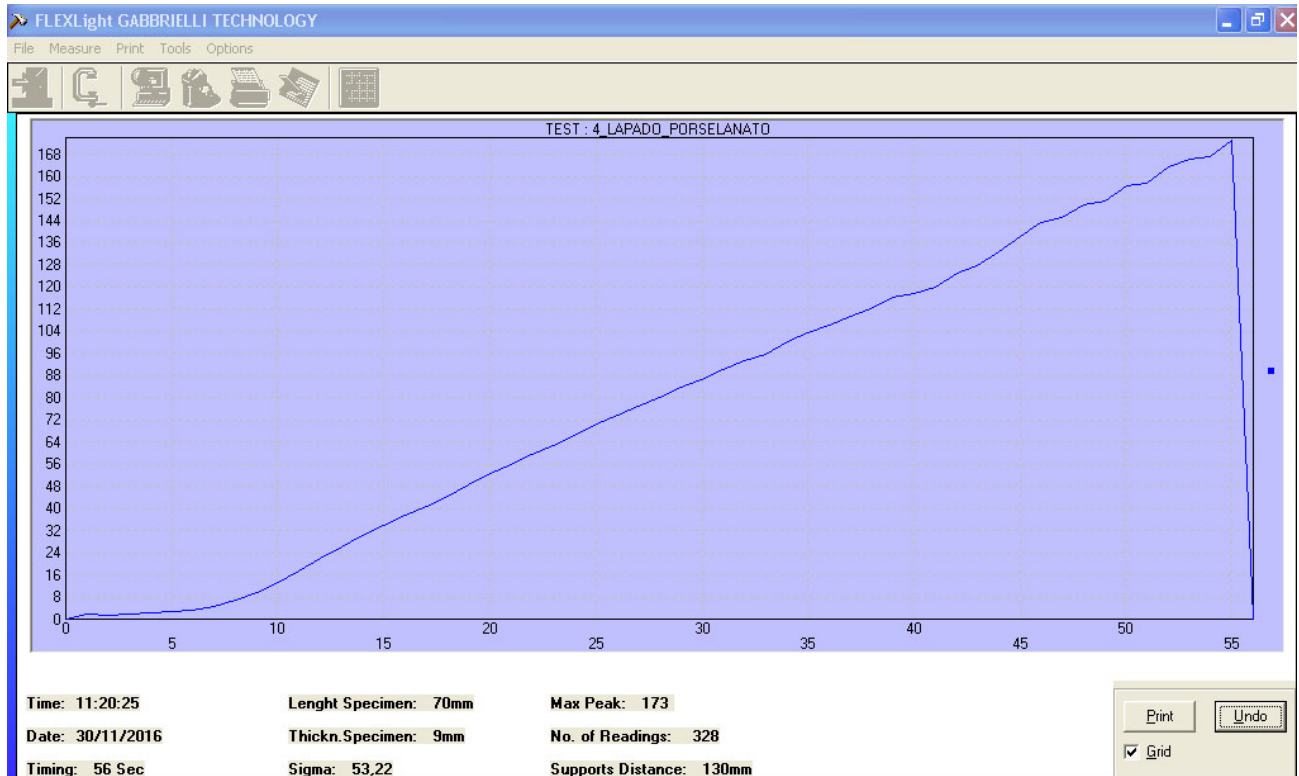
Εικόνα 14. Πλακάκι λευκής πάστας, διάγραμμα αντοχής σε κάμψη τάσης  $\sigma$ - φορτίου.

3)



Εικόνα 15. Κεραμικό πλακάκι, διάγραμμα αντοχής σε κάμψη τάσης  $\sigma$ - φορτίου.

4)

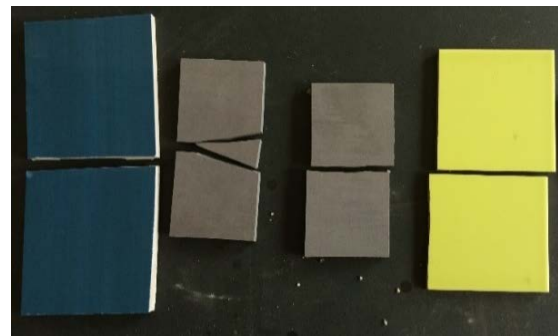


Εικόνα 16. Πλακάκι πορσελανάτο (lapado), διάγραμμα αντοχής σε κάμψη τάσης  $\sigma$ - φορτίου.

Στις παρακάτω φωτογραφίες μπορούμε να δούμε τα δοκίμια πριν και μετά το πείραμα μας.



Εικόνα 17. Τα πλακίδια πριν από το πείραμα ελέγχου αντοχής σε κάμψη, πηγή: προσωπικό αρχείο.



Εικόνα 18. Τα πλακίδια μετά από το πείραμα ελέγχου αντοχής σε κάμψη, πηγή: προσωπικό αρχείο.

## ΜΕΡΟΣ Γ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### 4.1 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΤΡΙΒΗ

Όσον αφορά, την αντοχή σε τριβή θα λέγαμε ότι τα αποτελέσματα στον πίνακα 4 στην σελ.10 μιλάνε από μόνα τους. Τα πορσελάνινα πλακάκια έχασαν περίπου τον μισό όγκο ανά  $50\text{cm}^3$  από αυτόν που έχασε το πλακίδιο λευκής πάστας και περίπου το  $1/3$  του όγκου ανά  $50\text{cm}^3$  που έχασε το κεραμικό. Πιο συγκεκριμένα, η απώλεια όγκου τους ήταν  $2,8\text{cm}^3/50\text{cm}^3$  για το κεραμικό πλακίδιο,  $1,78\text{cm}^3/50\text{cm}^3$  για το πλακίδιο λευκής πάστας και  $1,15\text{cm}^3/50\text{cm}^3$  και  $1,03\text{cm}^3/50\text{cm}^3$  για τα πορσελάνινα πλακάκια natural και lapado αντίστοιχα (Βλ. Εικόνα 18). Παρατηρούμε, δηλαδή, ότι τα πορσελάνινα πλακάκια έχουν σαφώς μεγαλύτερη αντοχή σε τριβή από τα πλακίδια λευκής πάστας και ακόμα μεγαλύτερη από τα κεραμικά πλακάκια. Αυτό, άλλωστε, δικαιολογεί και η τιμή τους.



Εικόνα 18. Διάγραμμα τελικών αποτελεσμάτων πειράματος αντοχής σε τριβή.

#### 4.2 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ

Κάτι αντίστοιχο συνέβη και στις τάσεις, στο δεύτερο πείραμα αντοχής σε κάμψη που κάναμε, όπως φαίνεται στην εικόνα 19. Η τάση  $\sigma$ , λοιπόν, είναι η μέγιστη δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας που δέχτηκε το κάθε πλακάκι και αντιπροσωπεύει ουσιαστικά το πόση αντοχή είχε το πλακάκι στην καταπόνηση του σε κάμψη. Εδώ, λοιπόν, τα αποτελέσματα έβγαλαν και πάλι νικητή το πορσελάνινο πλακάκι το natural αυτή την φορά με μικρή διαφορά από το lapado. Έπειτα, λιγότερο ανθεκτικό βγήκε το πλακίδιο λευκής πάστας και τέλος μικρότερη αντοχή απ'όλα είχε το κεραμικό πλακίδιο. Πιο αναλυτικά, οι αντοχές



των πορσελάνινων πλακιδίων ήταν 52,65Μρα και 52,33 Μρα για το natural και το lapado αντίστοιχα ενώ για το πλακάκι λευκής πάστας ήταν 24,38 Μρα και για το κεραμικό 20,83 Μρα (βλ. Εικόνα 19).



Εικόνα 19. Διάγραμμα τελικών αποτελεσμάτων πειράματος αντοχής σε κάμψη.

### 4.3 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εν κατακλείδι, σε έναν χώρο αν θέλαμε να βάλουμε ένα πλακάκι που να έχει την μέγιστη ποιότητα και αντοχή και που υπάρχει μεγάλη καταπόνηση λόγω φορτίου και συστηματική χρήση του χώρου άρα και φθορά λόγω τριβής σίγουρα η πρώτη μας επιλογή θα ήταν τα πορσελάνινα πλακάκια. Ένας τέτοιος χώρος θα μπορούσε να είναι ένα συνεργείο αυτοκινήτων, για παράδειγμα, όπου το φορτίο των αυτοκινήτων είναι μεγάλο για να το αντέξει ένα απλό κεραμικό πλακάκι που σίγουρα θα αστοχούσε ή ένα σχολείο που η καθημερινή συστηματική χρήση του από πολλά άτομα απαιτεί σίγουρα μεγάλη ανθεκτικότητα στην φθορά. Αντίθετα, σε έναν χώρο ο οποίος δεν χρησιμοποιείται συχνά ή δεν υπάρχει μεγάλη καταπόνηση σε τριβή και απαίτηση για αντοχή στον χρόνο επομένως, δεν υπάρχει λόγος να επενδύσουμε χρήματα για ένα καλό πλακάκι πιθανότητα να επιλέγαμε τα κεραμικά πλακίδια ως λύση. Ένας τέτοιος χώρος θα μπορούσε να είναι μια αποθήκη, ένα υπνοδωμάτιο, μια κουζίνα, ένα μπάνιο σε μια κατοικία. Τέλος, τα πλακάκια λευκής πάστας θα ήταν ιδανικά για έναν χώρο που χρησιμοποιείται συχνά και καταπονείται σε φορτίο και σε τριβή όμως δεν θέλουμε να δώσουμε πολλά χρήματα. Ένας τέτοιος χώρος θα μπορούσε να είναι ένα εστιατόριο, μια καφετέρια ή ένα εμπορικό κατάστημα ή το σαλόνι μιας κατοικίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γεώργιος Πουλάκος, Αιμίλιος Κορωναίος (2011), Τεχνικά Υλικά, Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία

Michanikos.gr, Διαδικτυακή κοινότητα μηχανικών, *Κριτήρια ποιότητας πλακιδίων*. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

<http://www.michanikos.gr/topic/9890-Κριτήρια-ποιότητας-πλακιδίων/>

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 21-1-2016)

Tileworks, Συχνές ερωτήσεις. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

<http://www.tileworks.gr/index.php/faq.html>

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 22-1-2016)

HOME CONSTRUCTION, Κατηγορίες πλακιδίων. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

<http://homeconstruction.gr/dapeda-patomata/26-katigories-plakidion.html?showall=1>

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 22-1-2016)

Ιδέα μπάνιο online, *Τι είναι τα κεραμικά πλακάκια*. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

<http://ideabanio.gr/site-map/94-2010-06-17-00-17-06/138-2010-06-21-22-55-13>

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 21-1-2016)

ΠΟΛΥΣΥΝΘΕΣΗ Α.Ε. πλακάκια- είδη υγιεινής, *Τι πρέπει να γνωρίζω για τα πλακάκια*. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

<http://polisynthesi.gr/plakakia-ti-prepei-na-gnorizo/>

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 21-1-2016)

ΠΟΛΥΣΥΝΘΕΣΗ Α.Ε. πλακάκια- είδη υγιεινής, *Πλακάκια δαπέδου: από τις ιδέες στην επιλογή*. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

<http://polisynthesi.gr/plakakia-dapedou-pos-na-epilexo/>

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 21-1-2016)

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια, *Κεραμικά πλακάκια*. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

[https://el.wikipedia.org/wiki/Κεραμικά\\_πλακάκια](https://el.wikipedia.org/wiki/Κεραμικά_πλακάκια)

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 21-1-2016)

PAPAPOLITIS, *Πλακάκια*. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

<http://www.papapolitis.gr/gr/faq.htm#38>

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 21-1-2016)

GOOGLE drive, Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

[https://drive.google.com/file/d/0By5BqHp6w\\_8MYmNPZ3hkMERWZ1E/view](https://drive.google.com/file/d/0By5BqHp6w_8MYmNPZ3hkMERWZ1E/view)

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 21-1-2016)

Gabbrielli Technology, *Flexi 1000 LX-950*. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

<http://www.gabbrielli.com/en/prodotto.php?id=264>

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 21-1-2016)

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια, Κάμψη. Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο:

<https://el.wikipedia.org/wiki/Κάμψη>

(τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 22-1-2016)