



NANO-ΣΥΝΘΕΤΑ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΖΟΜΕΝΑ- ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΥΜΕΝΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Ερευνητική Ομάδα

Χρυσή Καπριδάκη (Υπ. Διδάκτωρ-Εκπρόσωπος Ομάδας)

Αναστασία Βεργανελάκη (Υπ. Διδάκτωρ)

Καθοδηγητής:

Παγώνα (Νόνη) Μαραβελάκη (Επίκουρος Καθηγήτρια)

ΒΑΣΙΚΗ ΙΔΕΑ

➤Ανάγκη σύνθεσης νάνο-υλικού (αδιάβροχου και αυτοκαθαριζόμενου) για προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς και σύγχρονων κτιρίων

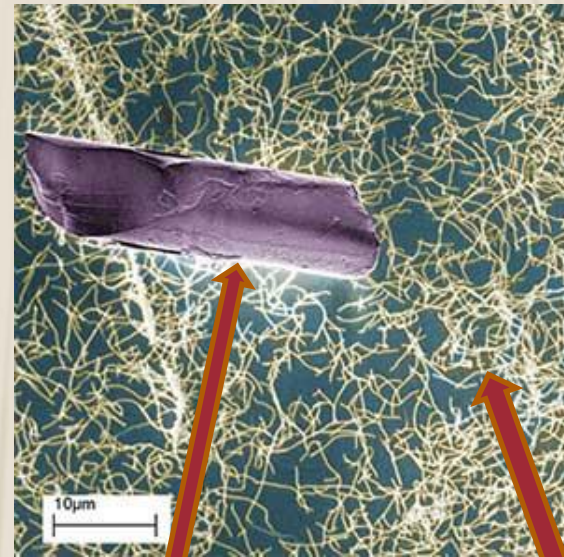
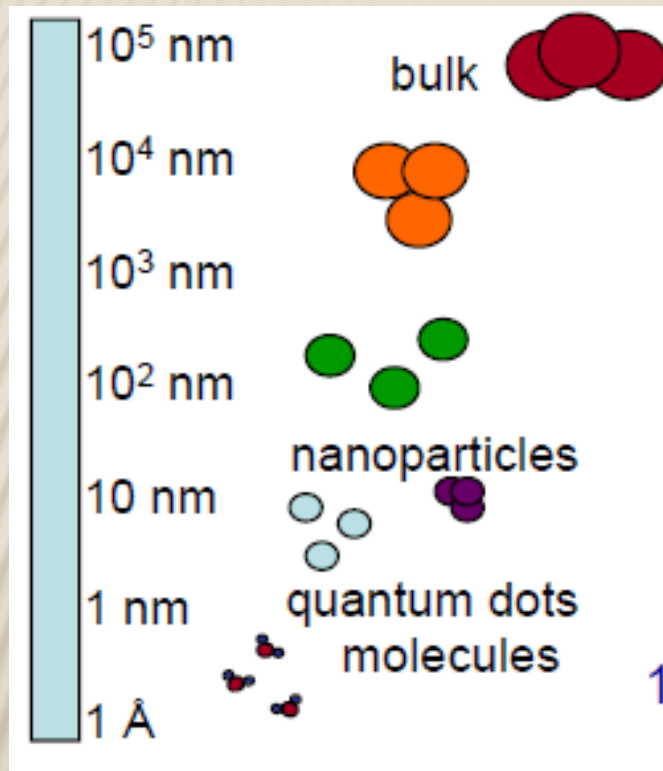


Επικάθιση αιωρούμενων σωματιδίων



Βιοφθορά των λίθων προέρχεται από τη βιολογική ανάπτυξη μικροοργανισμών

NANOTEΧΝΟΛΟΓΙΑ



Ανθρώπινη τρίχα
(πλάτος περίπου
80.000 nm)

Δίκτυο νάνο
υλικού

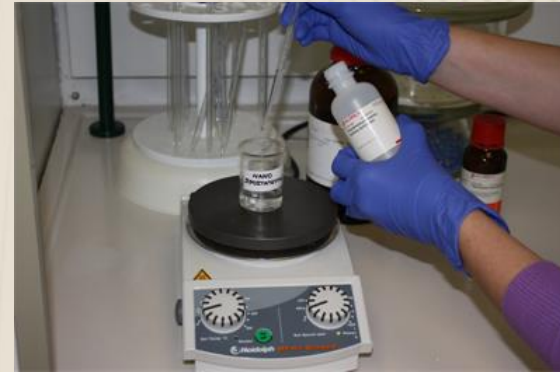
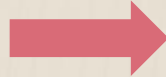
➤ Εκτιμήσεις αναλυτών αγοράς εικάζουν ότι μέχρι το **2016** το **15%** της παγκόσμιας βιομηχανικής αγοράς θα απαρτίζεται από παραγωγή **νάνο-προϊόντων**

NANO-ΥΛΙΚΟ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟ



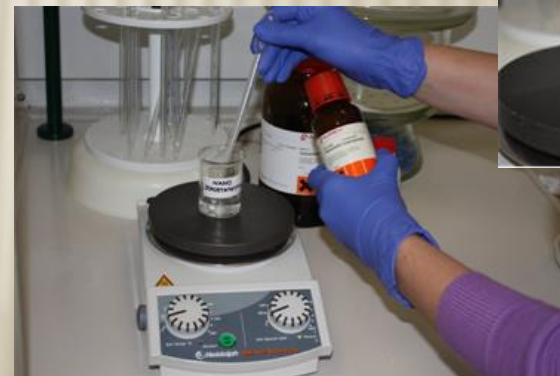
Αλκοξυσιλάνιο (TEOS)
Διαλύτες

Ανάδευση
120 min



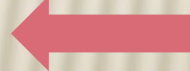
Προσθήκη Υδρόφοβου
Πολυμερούς (PDMS)

Ανάδευση
15 min



Προσθήκη TiO_2 (TTIP)

Ανάδευση
24 h



ΔΙΑΦΑΝΕΣ NANO-ΥΛΙΚΟ
ΕΤΟΙΜΟ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ

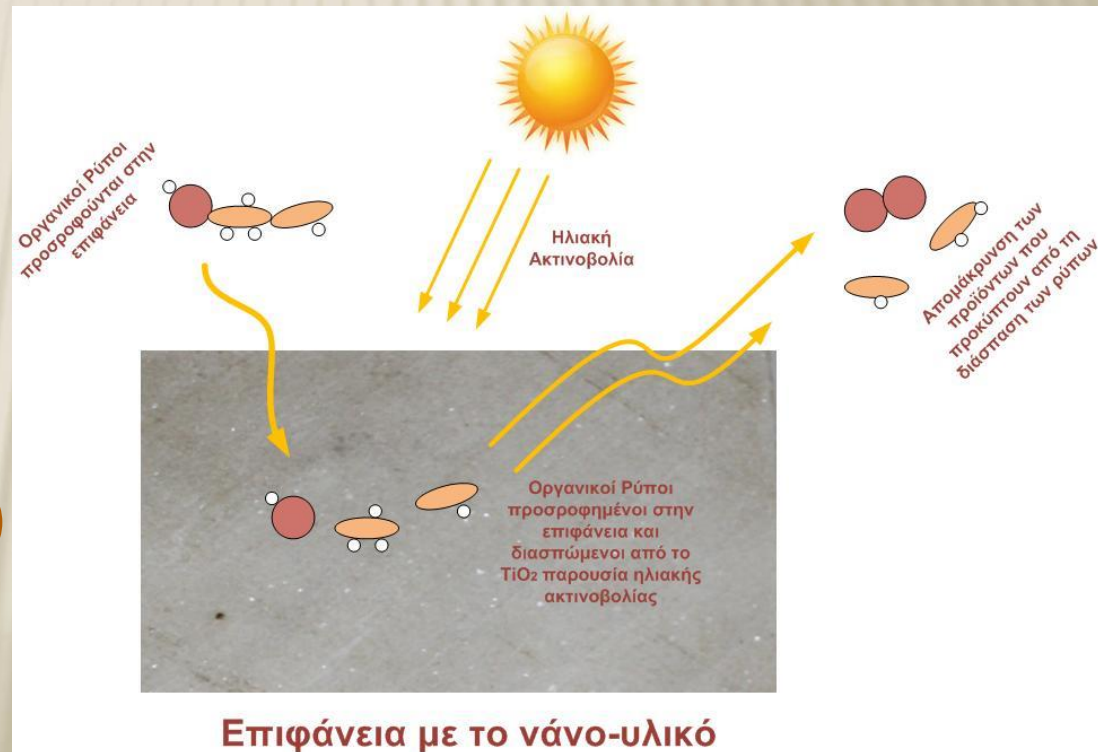
Διοξείδιο του Τιτανίου

➤ Το διοξείδιο του τιτανίου, παρουσία νερού και ακτινοβολίας να λειτουργήσει ως αυτοκαθαριζόμενο και αντιμικροβιακό υλικό επιφανειών.

➤ Χαμηλό του κόστος και μη τοξικό.



- ✓ Καθαρίζει τις κρούστες
- ✓ Απομακρύνει τη μούχλα



NANO-ΥΛΙΚΟ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟ

Εφαρμογή με Πινέλο ή Σπρέι ή Ρολό



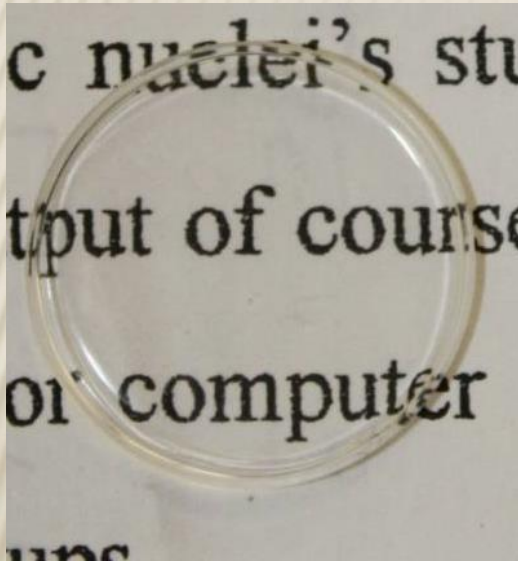
- Μάρμαρα
- Ασβεστόλιθους
- Κεραμικά Υλικά
- Επιχρίσματα



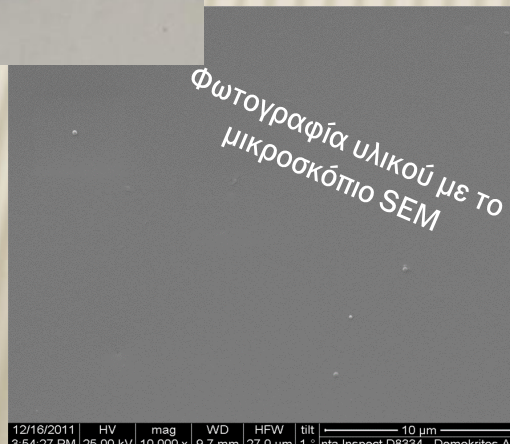
ΝΑΝΟ-ΥΛΙΚΟ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟ

Έλεγχος μικρορωγμών

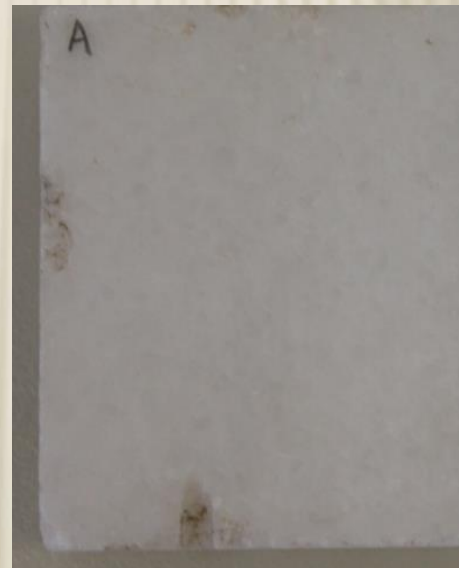
Φωτογραφία φιλμ
νάνο-υλικού



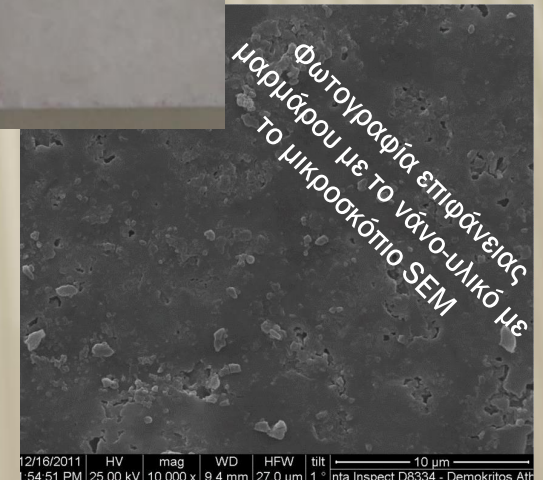
Φωτογραφία υλικού με το
μικροσκόπιο SEM



Φωτογραφία επιφάνειας
μαρμάρου με το νάνο-υλικό



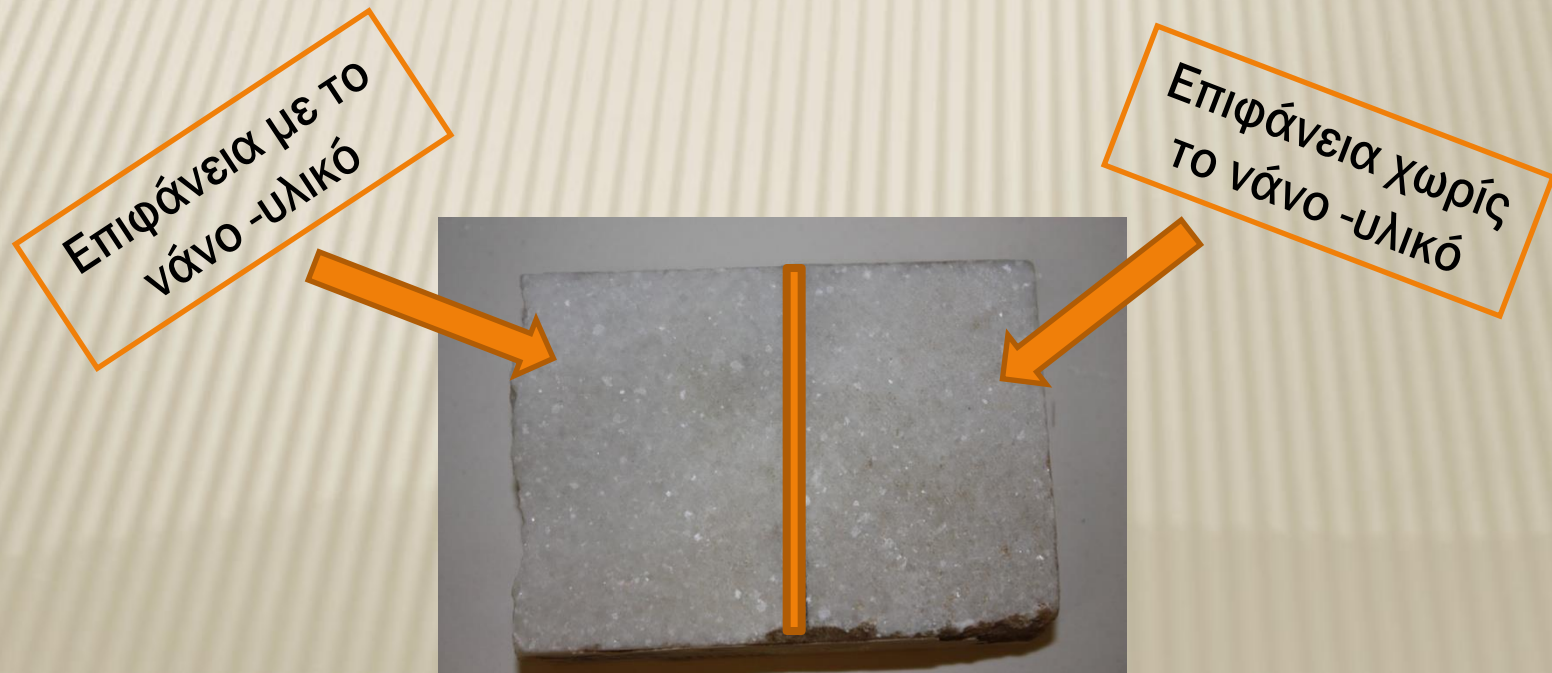
Φωτογραφία επιφάνειας
μαρμάρου με το νάνο-υλικό με
το μικροσκόπιο SEM



NANO-ΥΛΙΚΟ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟ

Χαρακτηριστικά του νέου νάνο-
προστατευτικού υλικού:

A) Διαφάνεια (δεν αλλάζει το χρώμα των δομικών υλικών και οι αλλαγές δεν είναι αντιληπτές με το ανθρώπινο μάτι)



ΝΑΝΟ-ΥΛΙΚΟ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟ

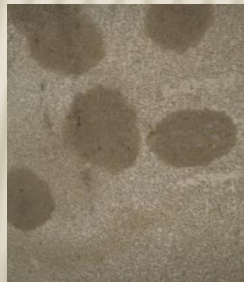
Χαρακτηριστικά του νέου νάνο-
προστατευτικού υλικού:

Β) Υδρόβοφο (Αποτρέπει την εμφάνιση μούχλας)

➤Αδιαβροχοποιεί τις επιφάνειες, καθώς
το νερό είναι ο κύριος παράγοντας για
την ανάπτυξη των μικροοργανισμών
(μούχλας)



Επιφάνεια με το
νάνο -υλικό



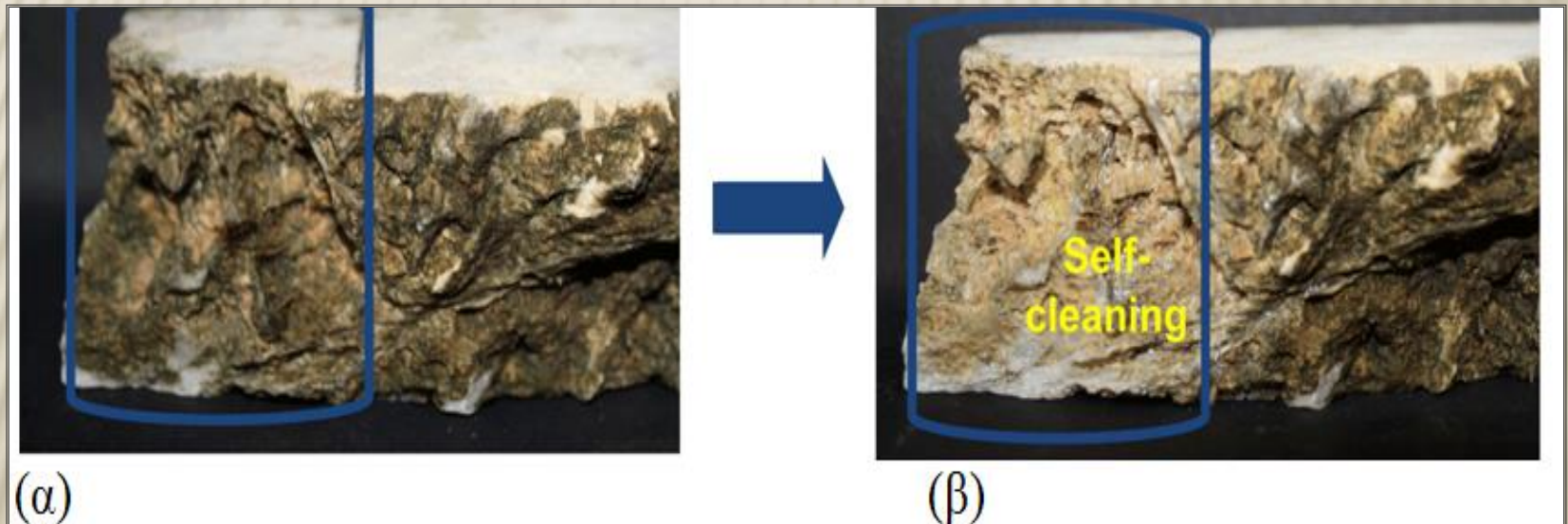
Επιφάνεια χωρίς το
νάνο -υλικό

➤Ενώ επιτρέπει την αναπνοή των
δομικών υλικών και την έξοδο των
εγκλωβισμένων υδρατμών



NANO-ΥΛΙΚΟ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟ

Γ) Αυτοκαθαριζόμενο υλικό ως προς τους οργανικούς ρύπους της ατμόσφαιρας και προς τους μικροοργανισμούς
(Απομακρύνει τη μούχλα και τις κρούστες)



Εφαρμογή του νάνο-υλικού

Μετά από έκθεση σε
ακτινοβολήση για 24 ώρες

NANO-ΥΛΙΚΟ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟ

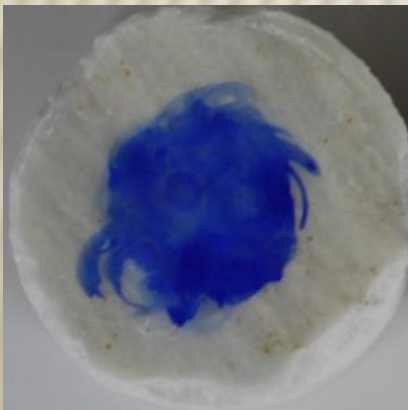
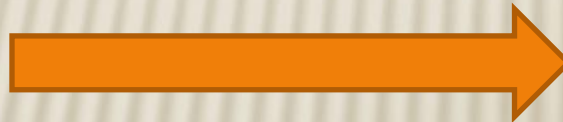
Επιβεβαίωση της ιδιότητας του αυτοκαθαρισμού

Μπλε του Μεθυλίου: Οργανική ουσία μιμούμενη τους οργανικούς ρύπους

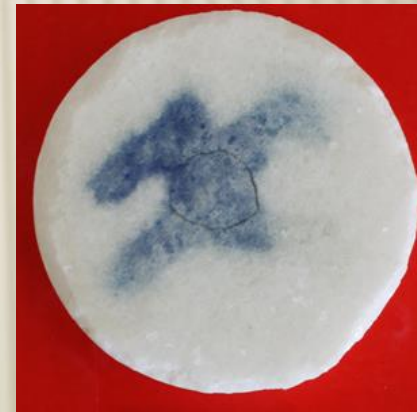


Επιφάνεια χωρίς
το νάνο -υλικό

Μετά από έκθεση σε UV
ακτινοβολία για 35 ώρες



Επιφάνεια με το
νάνο -υλικό



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

- ✓ Συντέθηκε ένα έξυπνο νάνο-υλικό το οποίο συνδυάζει τόσο προστασία όσο και αυτοκαθαρισμό δομικών υλικών (απομακρύνει και εμποδίζει την εμφάνιση της μούχλας και των κρουστών)
- ✓ Σύνθεση εύκολη και μη ενεργοβόρα, μπορεί να συντεθεί και σε βιομηχανική κλίμακα
- ✓ Χαμηλό κόστος και εύκολη εφαρμογή
- ✓ Το προστατευτικό υλικό το οποίο προέκυψε είναι δυνατόν να εφαρμοστεί τόσο στον τομέα της σύγχρονης οικοδομικής όσο και στον τομέα της συντήρησης αρχιτεκτονικών μνημείων (έχουν γίνει όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι).

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Progress in Organic Coatings 76 (2013) 400–410



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Progress in Organic Coatings

journal homepage: www.elsevier.com/locate/porgcoat



TiO₂–SiO₂–PDMS nano-composite hydrophobic coating with self-cleaning properties for marble protection

Chrys Kapridaki, Pagona Maravelaki-Kalaitzaki*

Department of Sciences, Technical University of Crete, Iraklio University Campus, 73100 Chania, Crete, Greece

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 February 2012
Received in revised form 6 September 2012
Accepted 15 October 2012
Available online 9 November 2012

Keywords:

Transparent
Hydrophobic
TiO₂–SiO₂–PDMS nano-composite
Self-cleaning
Marble

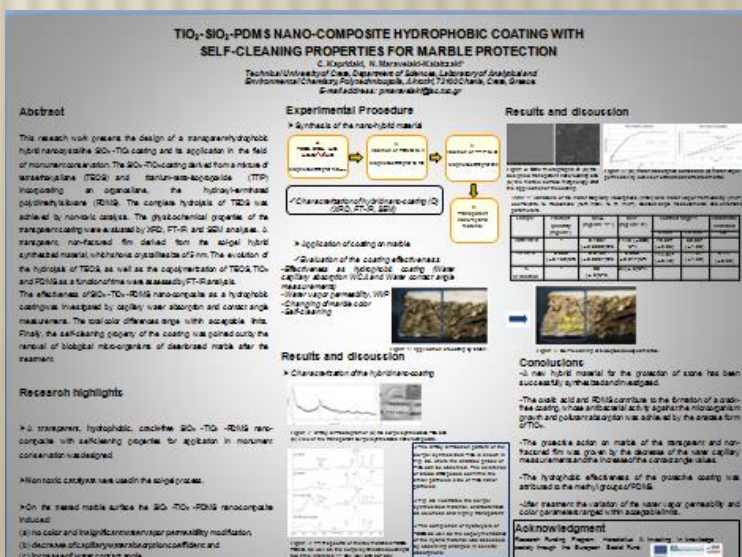
ABSTRACT

This research work presents the design of a transparent-hydrophobic hybrid semi-crystalline SiO₂–TiO₂ coating and its application in the field of monument conservation. The SiO₂–TiO₂ coating derived from a mixture of tetraethoxysilane (TEOS) and titanium-tetra-isopropoxide (TTIP) incorporating an organosilane, the hydroxyl-terminated polydimethylsiloxane (PDMS). The complete hydrolysis of TEOS was achieved by oxalic acid, which also controlled the gel drying. XRD, DTA–TG, FT–IR and SEM analyses evaluated the designed coating, which is transparent, crack-free with a crystallite size of 5 nm. The evolution of the hydrolysis of TEOS, as well as the copolymerization of TEOS, TiO₂ and PDMS as a function of time were assessed by FT–IR analysis. The effectiveness of TiO₂–SiO₂–PDMS nano-composite as hydrophobic coating was investigated by capillary water absorption and static contact angle measurements. The SEM analysis of the treated sample revealed a homogeneous crack-free coating on marble, while FT–IR proved that condensation and copolymerization reactions took place on the marble surface. The removal of both methylene blue stains and biofilm on treated samples support the self-cleaning properties of the designed coating. The total color differences and the decrease of the water vapor permeability range within acceptable limits. After treatment, a decrease in the water capillary coefficient and an increase in the contact angle were observed. The innovation of this synthesis pertains to the application of a hydrophobic transparent nano-composite based on SiO₂–TiO₂ with self-cleaning properties, without modifying the color of the marble surface and the water vapor permeability.

© 2012 Elsevier B.V. All rights reserved.

Παρουσίαση Αποτελεσμάτων στο 12th
International Congress on the
Deterioration and Conservation of
Stone, 22–26 October, New York

Δημοσίευση σε
επιστημονικό περιοδικό
(Progress in Organic
Coating)



Εργαστήριο Αναλυτικής και Περιβαλλοντικής Χημείας του Γενικού Τμήματος του Πολυτεχνείου Κρήτης

(Δ/ντης Εργαστηρίου: Νικόλαος Καλλίθρακας-Κόντος)

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ:

Φοιτητές

Χρυσή Καπριδάκη – Υπ. Διαδάκτωρ του Γενικού Τμήματος του Πολυτεχνείου Κρήτης
Αναστασία Βεργανελάκη – Υπ. Διαδάκτωρ του Γενικού Τμήματος του Πολυτεχνείου Κρήτης

Καθοδηγήτρια

Παγώνα (Νόνη) Μαραβελάκη, Επίκουρος Καθηγήτρια του Γενικού Τμήματος του
Πολυτεχνείου Κρήτης

Διδακτορικής Διατριβής

«Η Μονάδα Καινοτομίας και Επιχειρηματικότητας
υλοποιείται μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος
«Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθησης», ΕΣΠΑ 2007-2013 και
συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση
(Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.»

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή
Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους
μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου
Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) –
Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: **Ηράκλειτος II** . Επένδυση στην
κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ**