Τεχνολογίες μονωτήρων σε υπαίθρια δίκτυα υψηλής τάσης

Η περίπτωση της Κρήτης

Κυριάκος Σιδεράκης
Εργαστήριο Ενεργειακών και Φωτοβολταϊκών Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων
ΤΕΙ Κρήτης

Εμμανουήλ Θαλασσινάκης
Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών
ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

Διονύσιος Πυλαρινός
Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών
ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

Νίκος Μαυρικάκης
Εργαστήριο Ενεργειακών και Φωτοβολταϊκών Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων
ΤΕΙ Κρήτης

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝ ΙΙ
η περιφέρεια στο επίκεντρο της ανάπτυξης
ΕΣΠΑ 2007-2013 πρόγραμμα για την ανάπτυξη
Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων
ΕΥΔΕ-ΕΤΑΚ
Ε. Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΝ ΙΙ), ΠΕΠ Μακεδονίας – Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας – Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

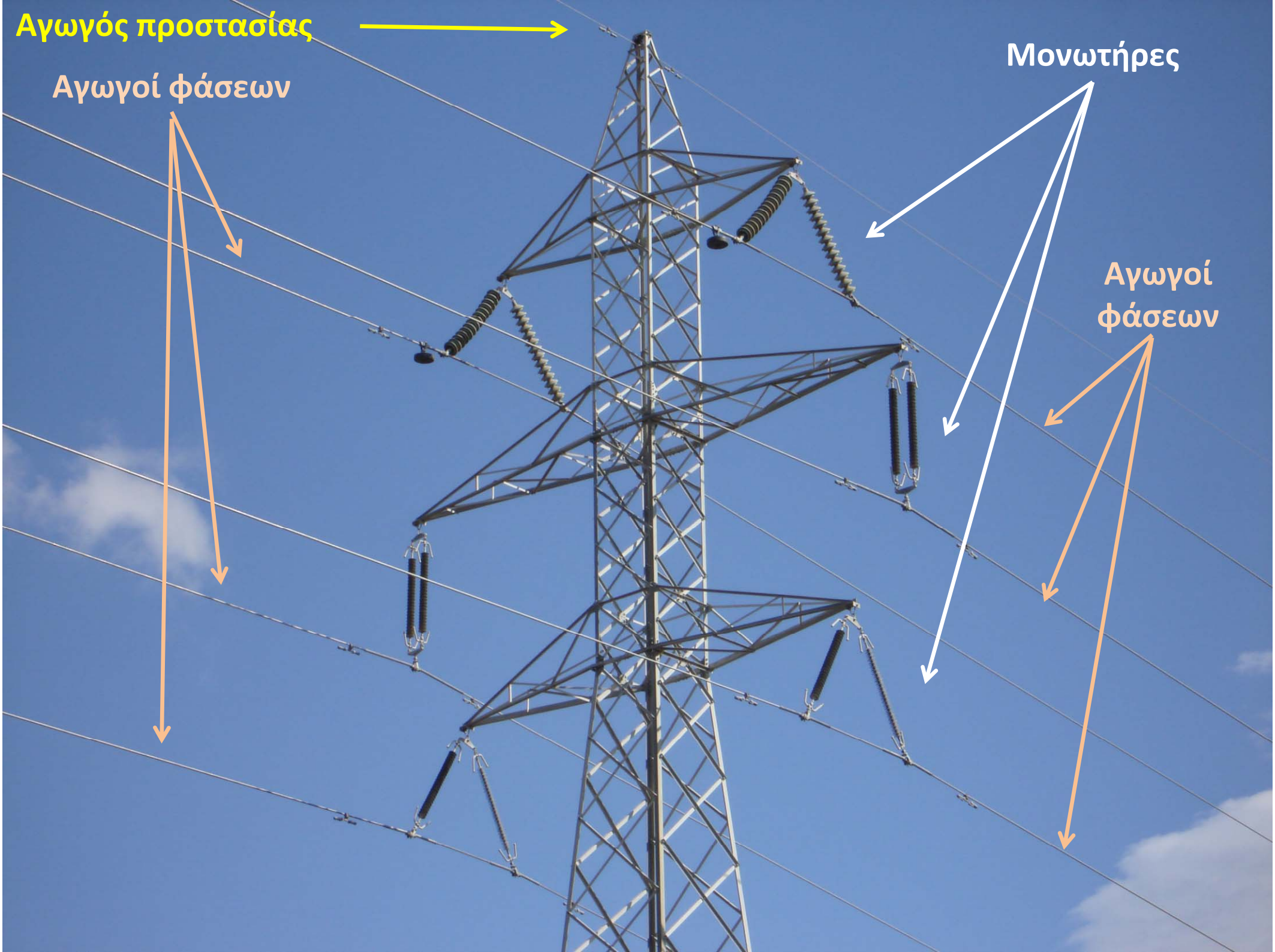
- **Εναέρια δίκτυα υψηλής τάσης**
  - Γραμμές μεταφοράς και υποσταθμοί
  - Κρίσιμη συνιστώσα των ΣΗΕ

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

- **Εναέρια δίκτυα υψηλής τάσης**
  - Γραμμές μεταφοράς και υποσταθμοί
  - Κρίσιμη συνιστώσα των ΣΗΕ
  - Βασική συνιστώσα μόνωσης ο ατμοσφαιρικός αέρας

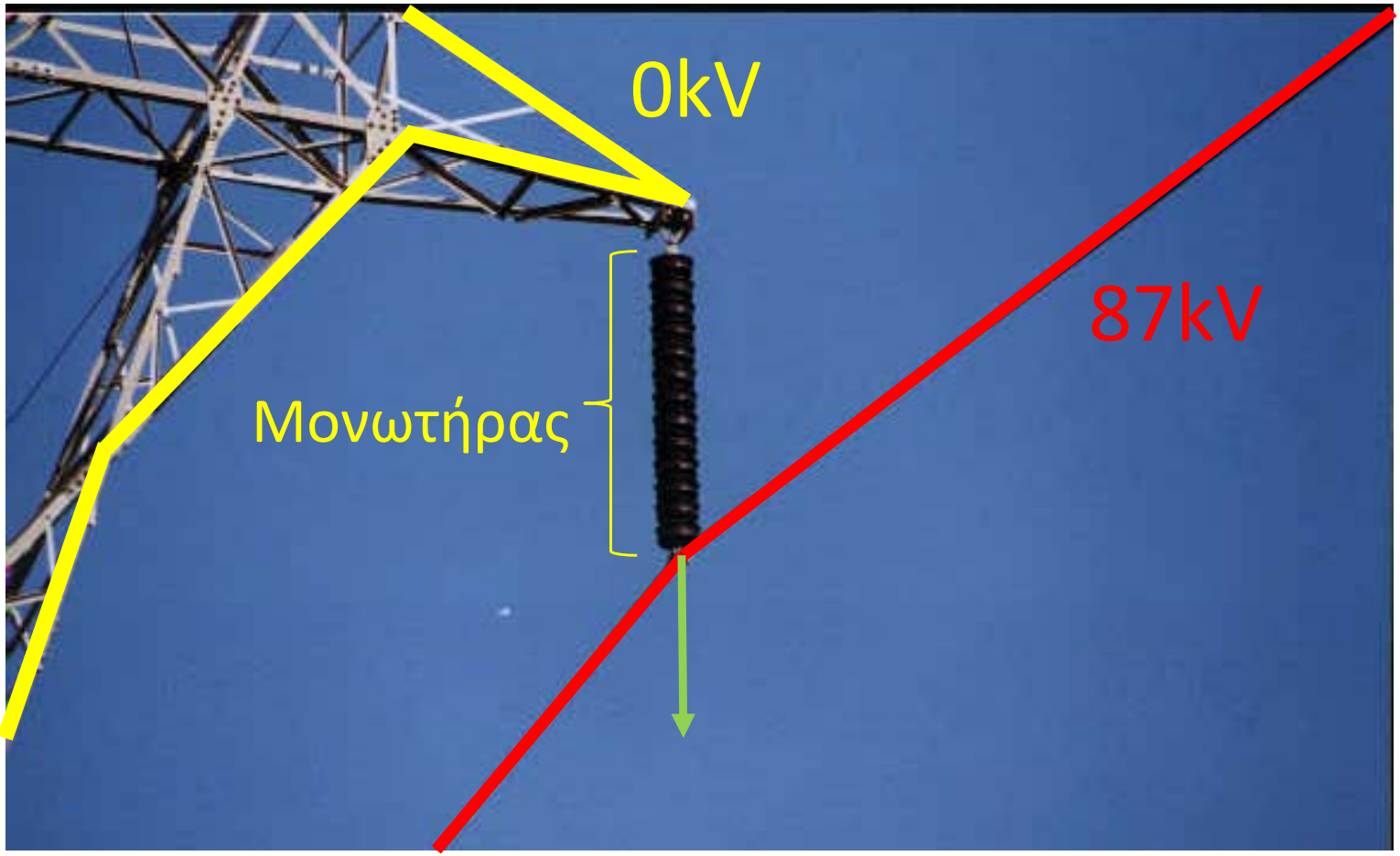
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων


Αγωγός προστασίας
Αγωγοί φάσεων
Μονωτήρες
Αγωγοί φάσεων

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

Βασική λειτουργία

- Ηλεκτρική μόνωση (*εξασφάλιση διακένων αέρα*)
- Μηχανική υποστήριξη (*ανάρτηση, υποστήριξη, τάνυση)*



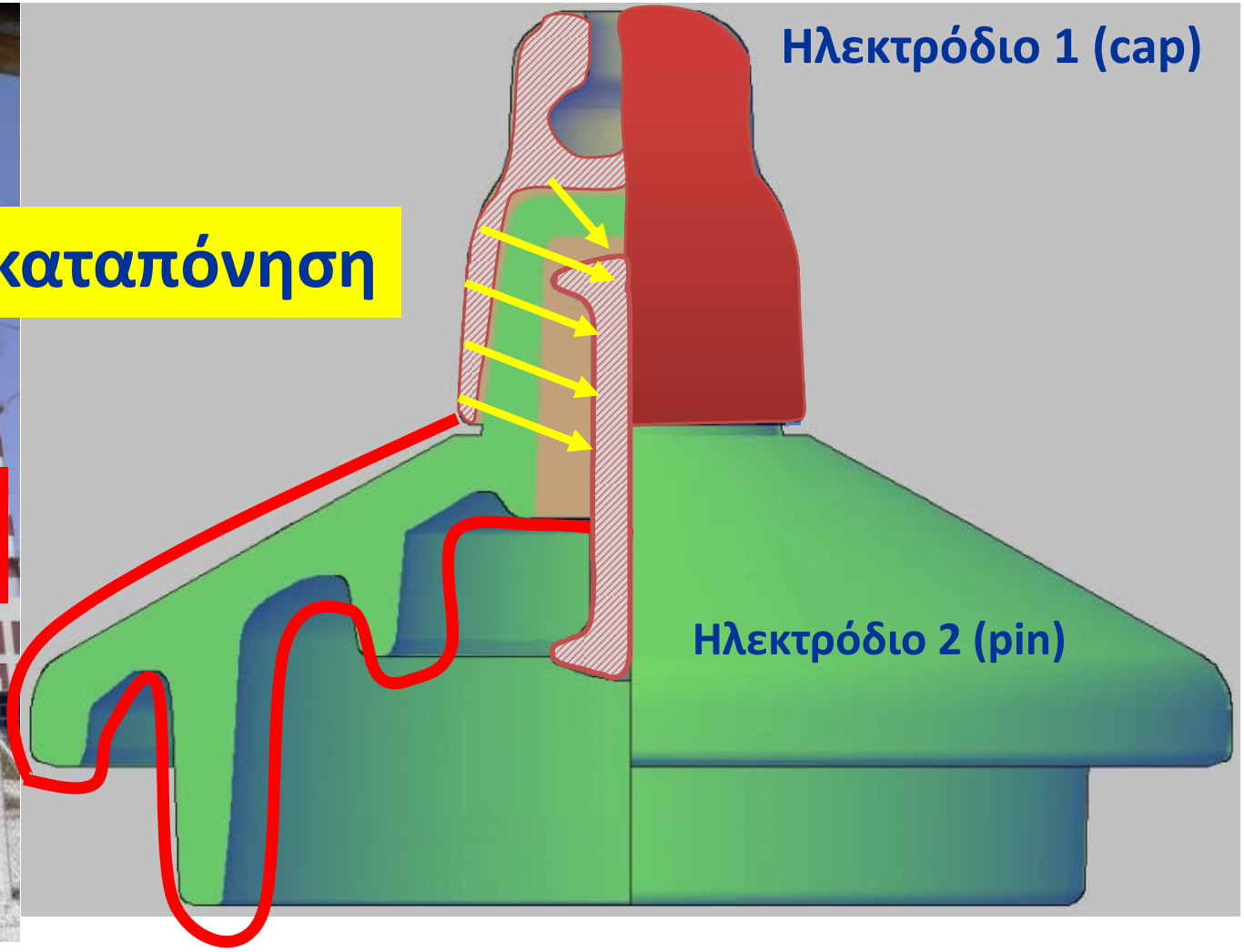
ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

❑ Κεραμικοί μονωτήρες

Διηλεκτρική καταπόνηση

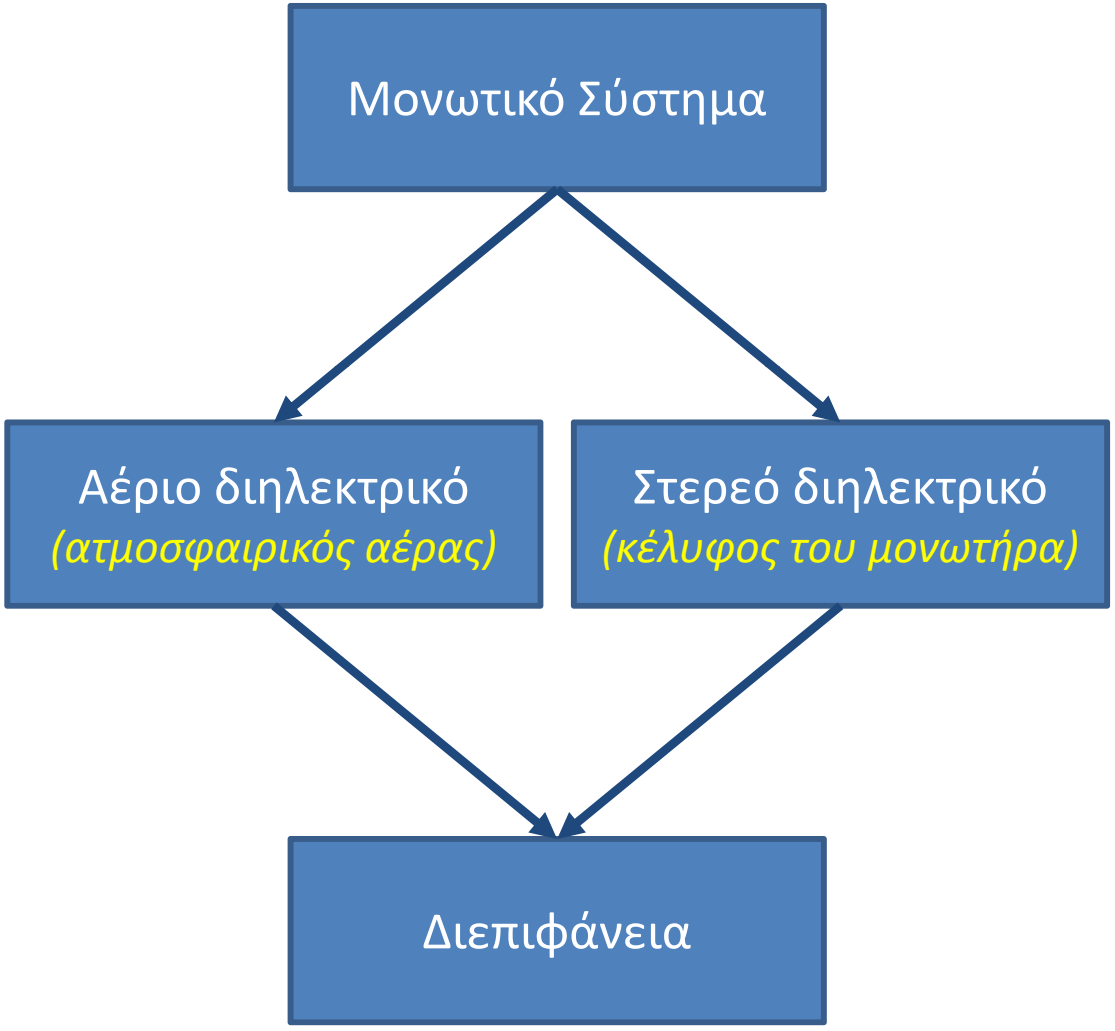
Επιφανειακή διηλεκτρική καταπόνηση



ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

❑ Βασική λειτουργία



ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

- Ειδικές λειτουργίες – μονωτήρες διελεύσεως

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

- **Κεραμικοί μονωτήρες**
  - Υλικά: Πορσελάνη και Γυαλί
  - Η πρώτη τεχνολογία μονωτήρων που υιοθετήθηκε στα δίκτυα
  - Υψηλή διηλεκτρική αντοχή
  - Υψηλή μηχανική αντοχή
  - Μεγάλη διάρκεια ζωής – περιορισμένα προβλήματα γήρανσης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

ΔΕΔΔΗΕ

ΤΕΙ Κρήτης

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

9 5 2003

9 5 2003

9 5 2003

Μονωτήρες σε δίκτυα Υψηλής Τάσης

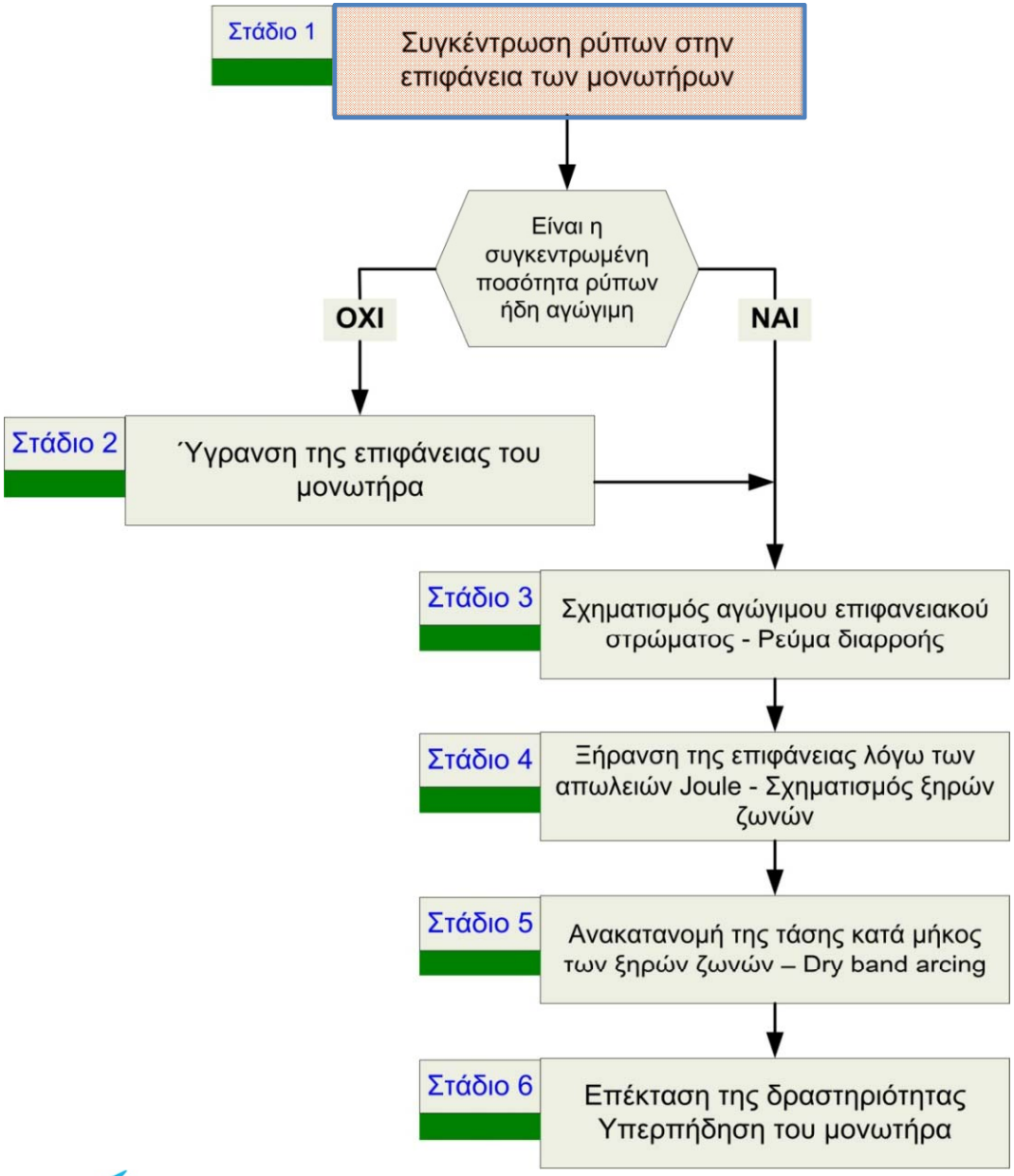
- **Κεραμικοί μονωτήρες**
  - Υλικά: Πορσελάνη και Γυαλί
  - Η πρώτη τεχνολογία μονωτήρων που υιοθετήθηκε στα δίκτυα
  - Υψηλή διηλεκτρική αντοχή
  - Υψηλή μηχανική αντοχή
  - Μεγάλη διάρκεια ζωής – περιορισμένα προβλήματα γήρανσης
  - Μεγάλο βάρος
  - Προβληματική συμπεριφορά σε συνθήκες ρύπανσης

Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

- Αφορά την μεταβολή της συμπεριφοράς των μονωτήρων σε υπαίθριες εγκαταστάσεις.
- Προκύπτει όταν στην επιφάνεια των μονωτήρων συσσωρευτεί ρύπος προερχόμενος από το περιβάλλον, που έχει ή μπορεί να αποκτήσει ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Συναντάται σε πολλές υπαίθριες εγκαταστάσεις υψηλής τάσης σε παγκόσμια κλίμακα
- Σύνηθες σε παράκτια συστήματα, όπου κύρια πηγή των ρύπων είναι η θάλασσα και μηχανισμός μεταφοράς ο άνεμος
- Συνήθως απαιτείται κάποιος μηχανισμός ύγρανσης
- Εξαρτάται σημαντικά από το περιβάλλον και τις μετεωρολογικές συνθήκες
- **Οδηγεί σε απώλεια της μονωτικής συμπεριφοράς υπό ονομαστική τάση**

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων



Ρύποι μεταφέρονται κυρίως από τον άνεμο και εναποτίθενται υπό την δράση της δύναμης F_p.

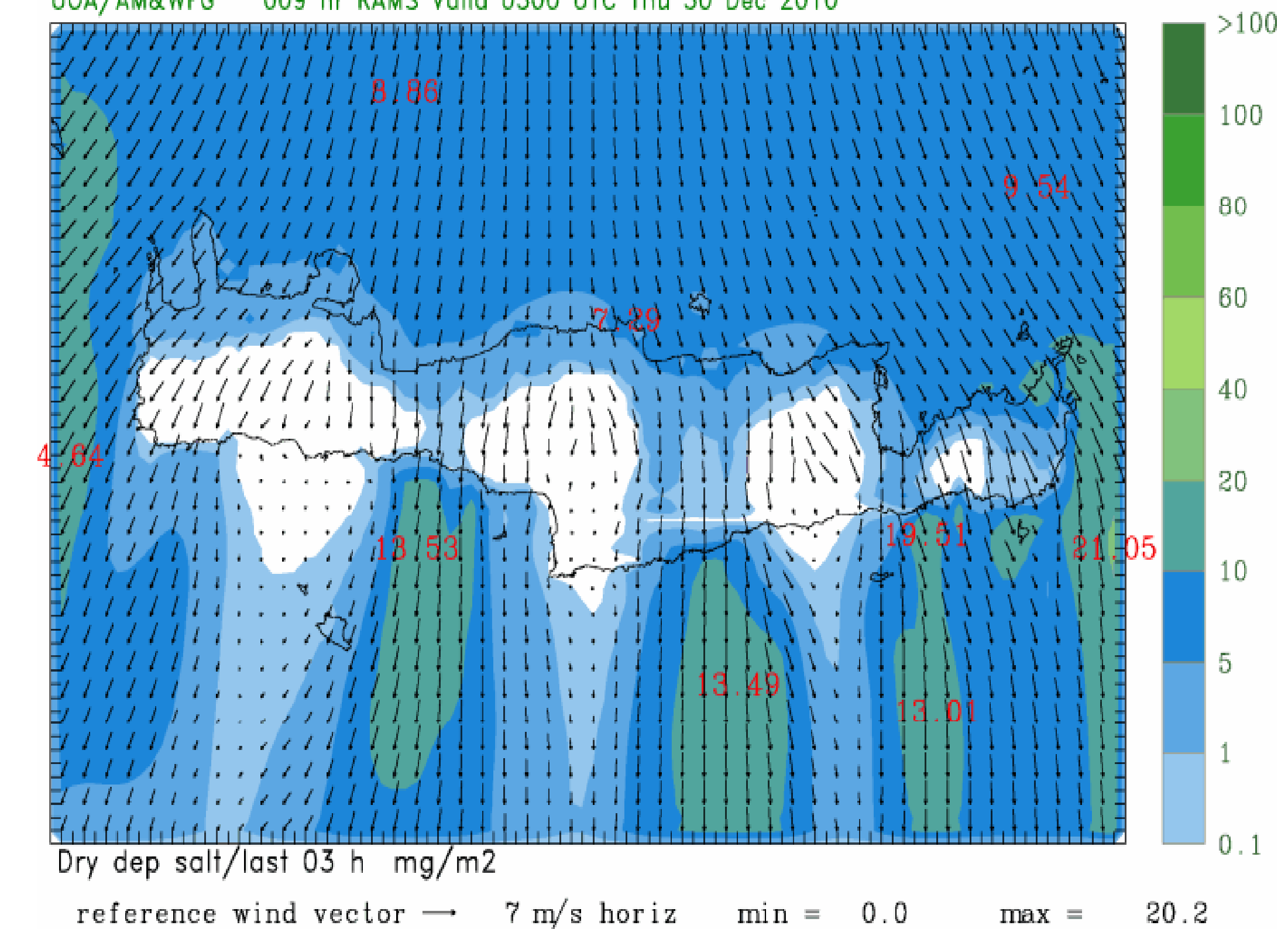
$$F_p = F_W + F_g + F_E \qquad (1.1)$$

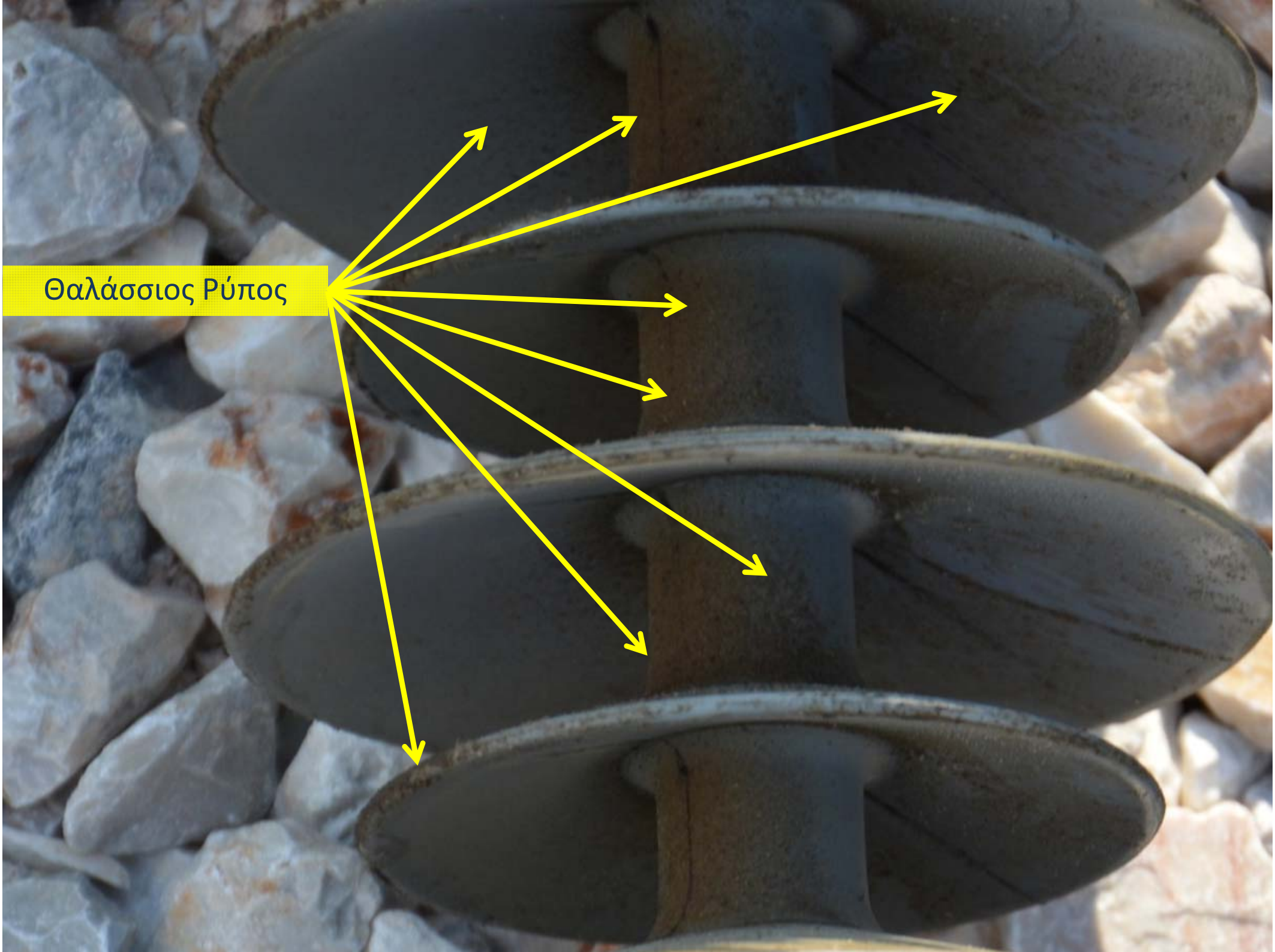
F_w: είναι η δύναμη του ανέμου και σχετίζεται ουσιαστικά με την αεροδυναμική συμπεριφορά του μονωτήρα και το μέγεθος των μεταφερόμενων σωματιδίων

F_g: είναι η δύναμη της βαρύτητας, και

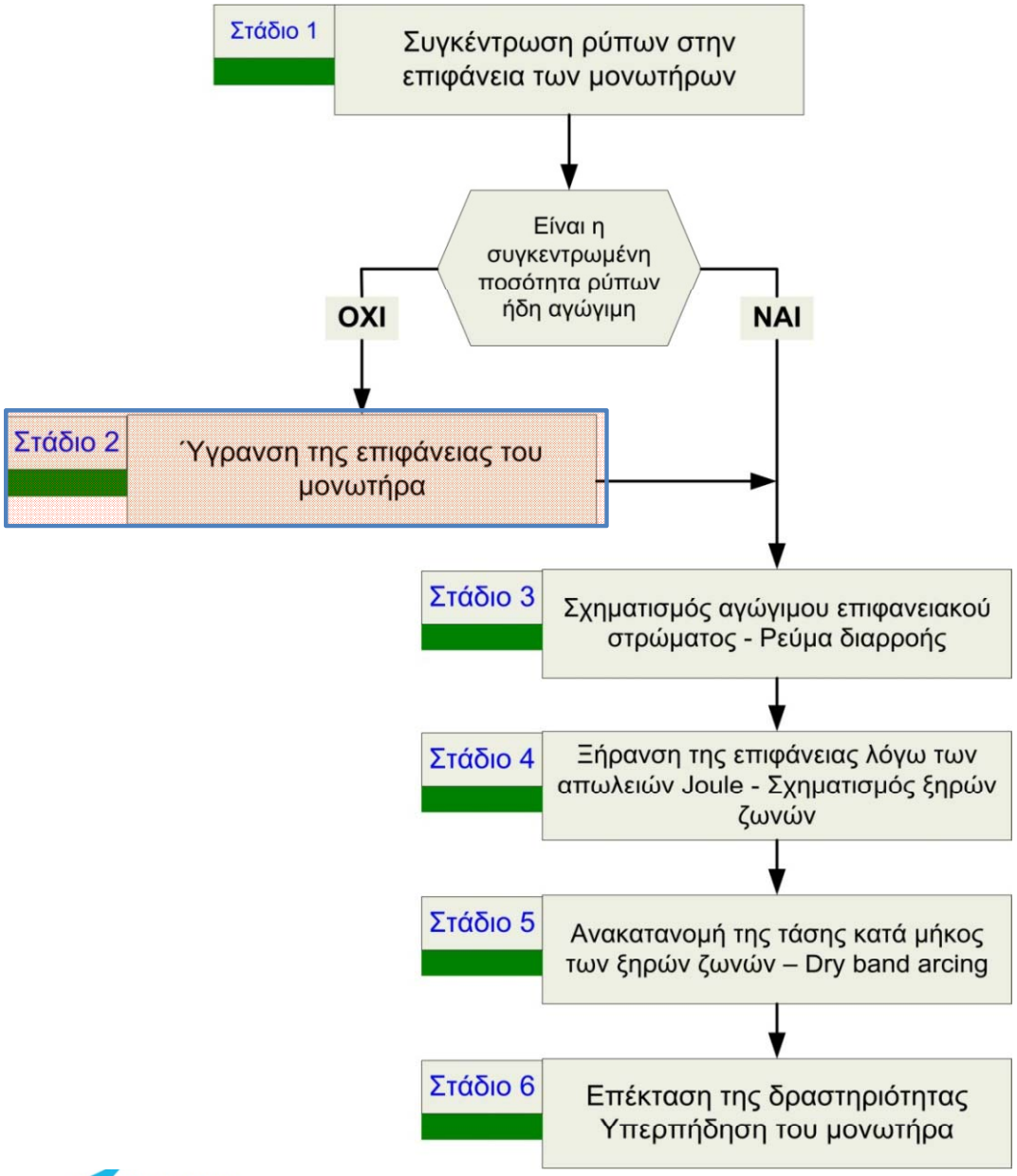
F_E: αφορά την δράση του ηλεκτρικού πεδίου σε φορτισμένα (electrostatic) ή μη σωματίδια (dielectrophoretic) και ενδιαφέρει μόνο στην περίπτωση λειτουργίας υπό συνεχή τάση.

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

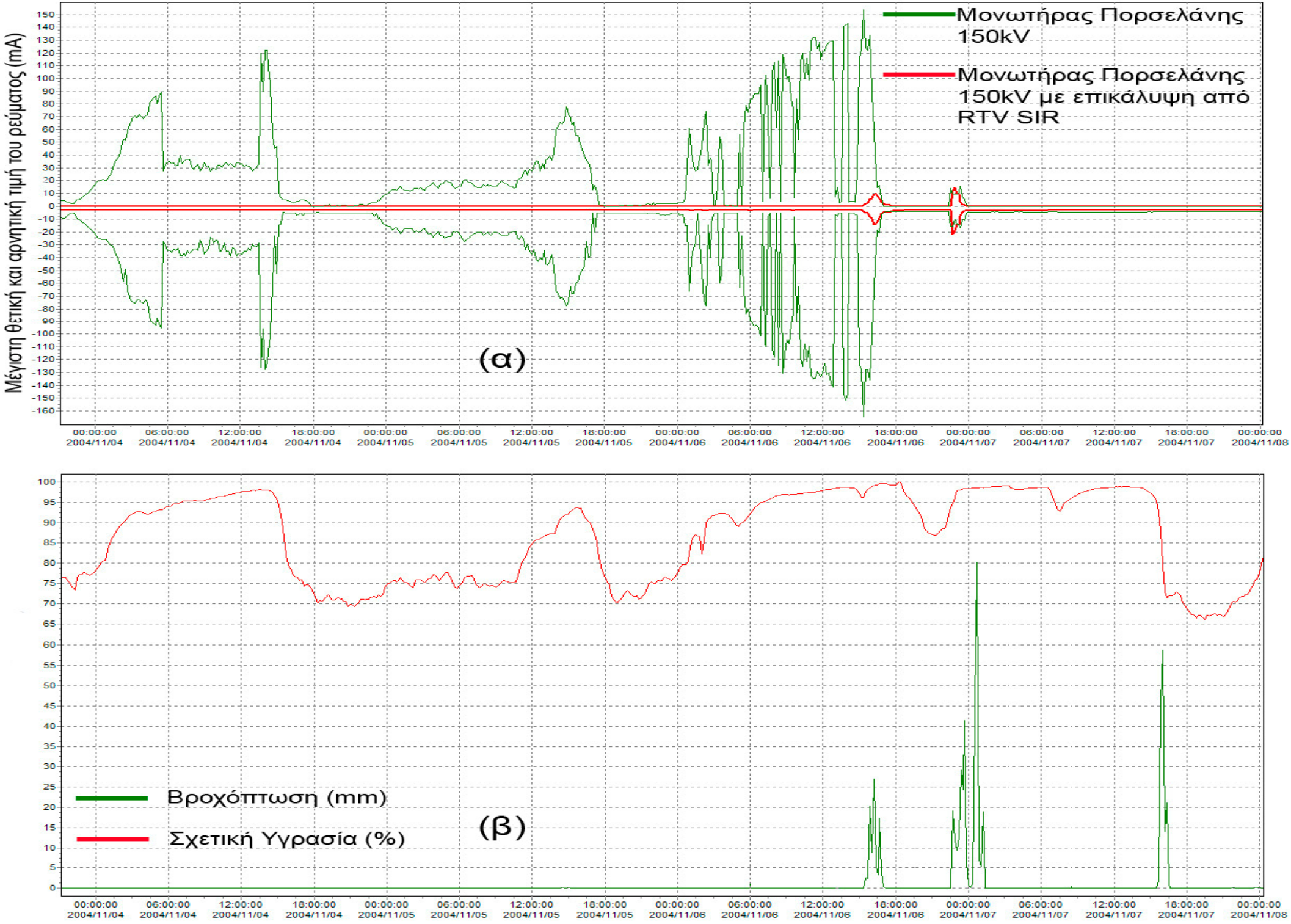

8.86
9.54
7.29
4.64
13.53
19.51
21.05
13.49
13.01
>100
100
80
60
40
20
10
5
1
0.1
Dry dep salt/last 03 h mg/m2
reference wind vector → 7 m/s horiz min = 0.0 max = 20.2


Θαλάσσιος Ρύπος

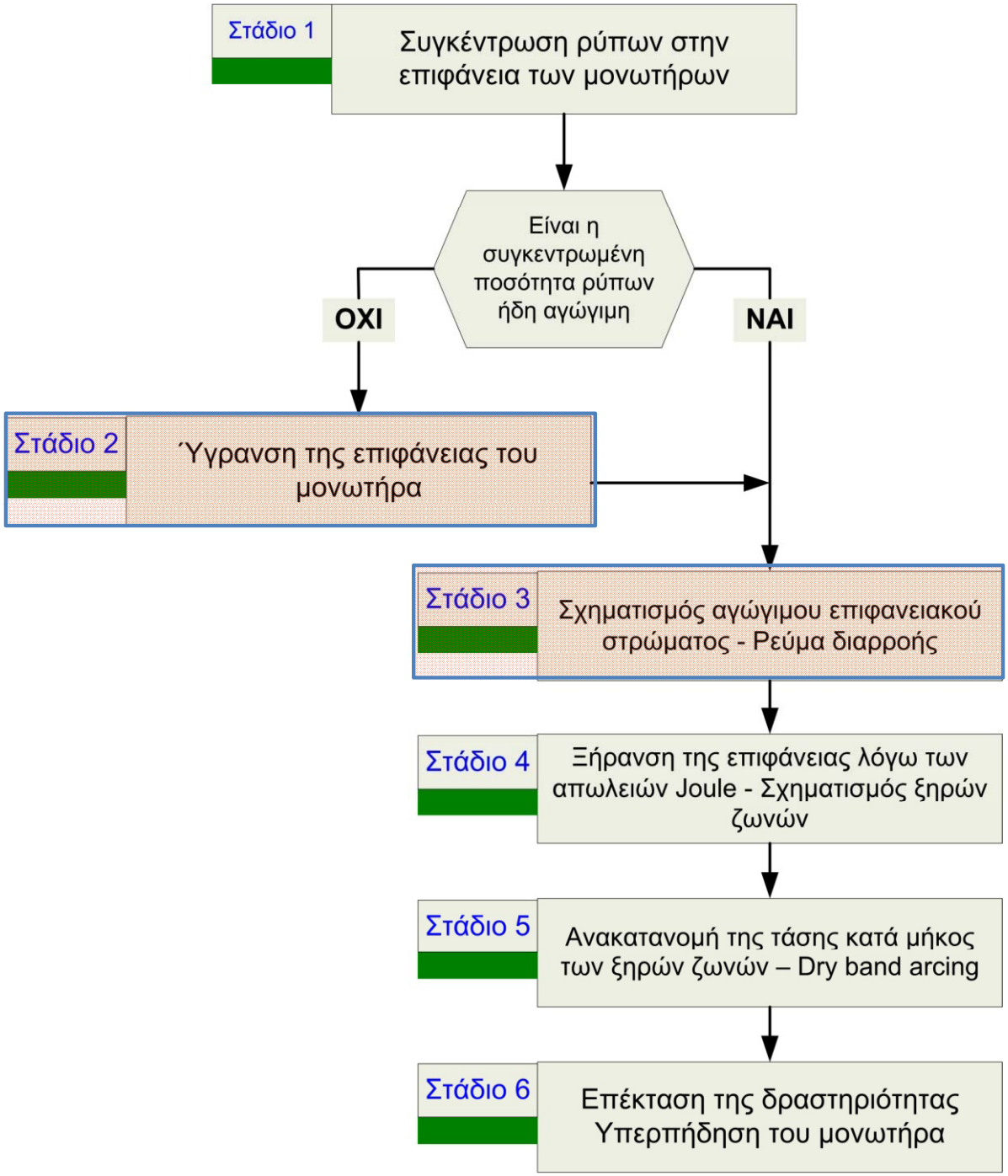
Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

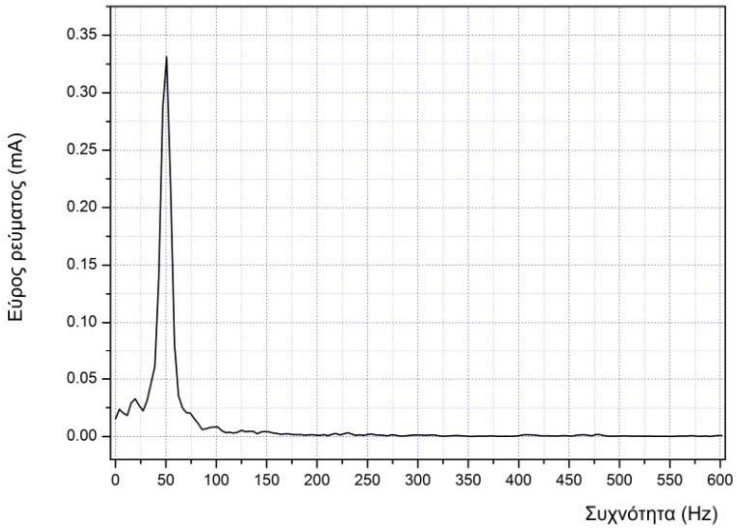


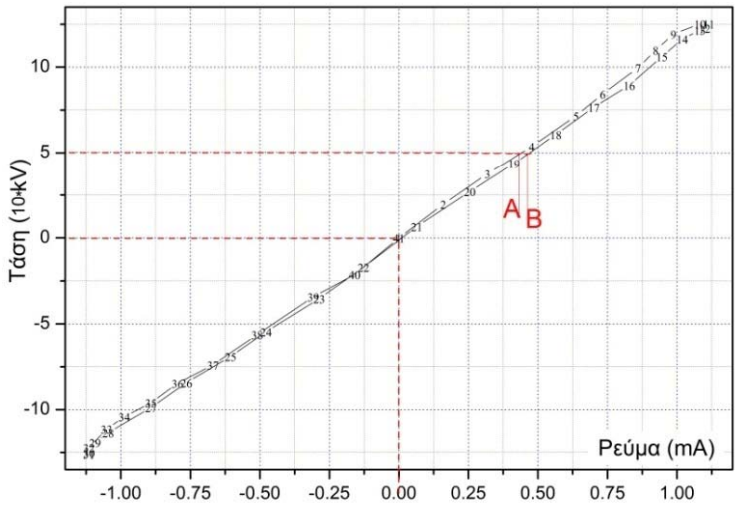
ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων


Μονωτήρας Πορσελάνης 150kV
Μονωτήρας Πορσελάνης 150kV με επικάλυψη από RTV SIR
Μέγιστη θετική και αρνητική τιμή του ρεύματος (mA)
(α)
(β)
Βροχόπτωση (mm)
Σχετική Υγρασία (%)

Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων







Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

Στάδιο 1 — Συγκέντρωση ρύπων στην επιφάνεια των μονωτήρων

Είναι η συγκεντρωμένη ποσότητα ρύπων ήδη αγώγιμη

ΟΧΙ

Στάδιο 2 — Ύγρανση της επιφάνειας του μονωτήρα

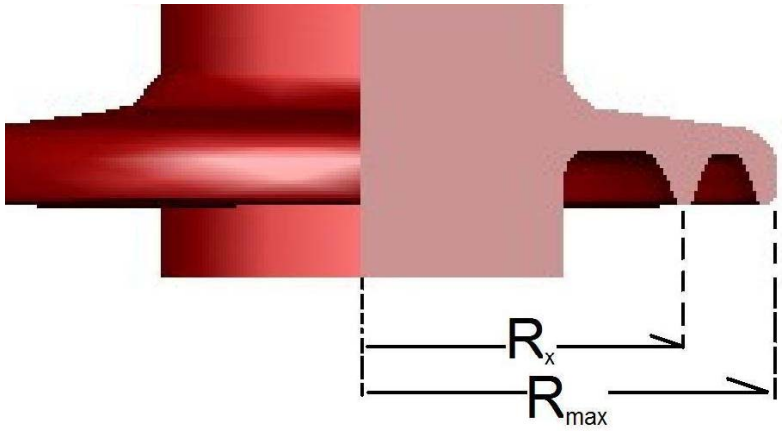
ΝΑΙ

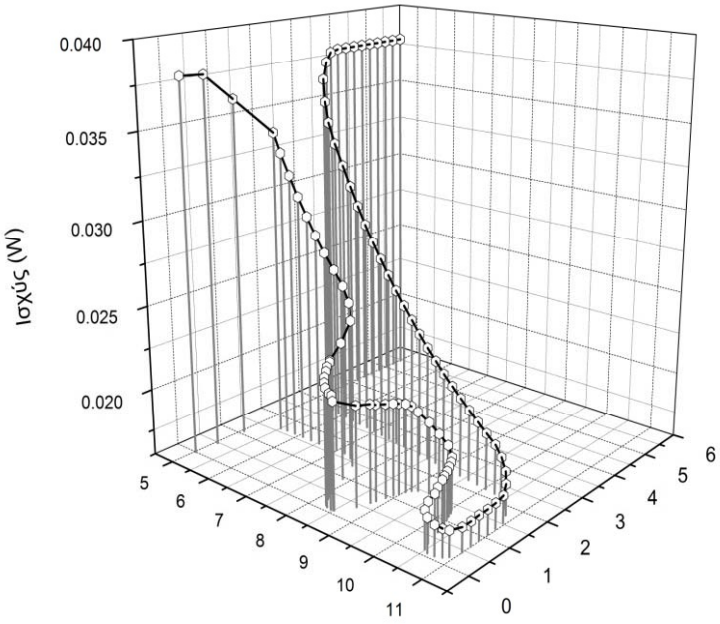
Στάδιο 3 — Σχηματισμός αγώγιμου επιφανειακού στρώματος - Ρεύμα διαρροής

Στάδιο 4 — Ξήρανση της επιφάνειας λόγω των απωλειών Joule - Σχηματισμός ξηρών ζωνών

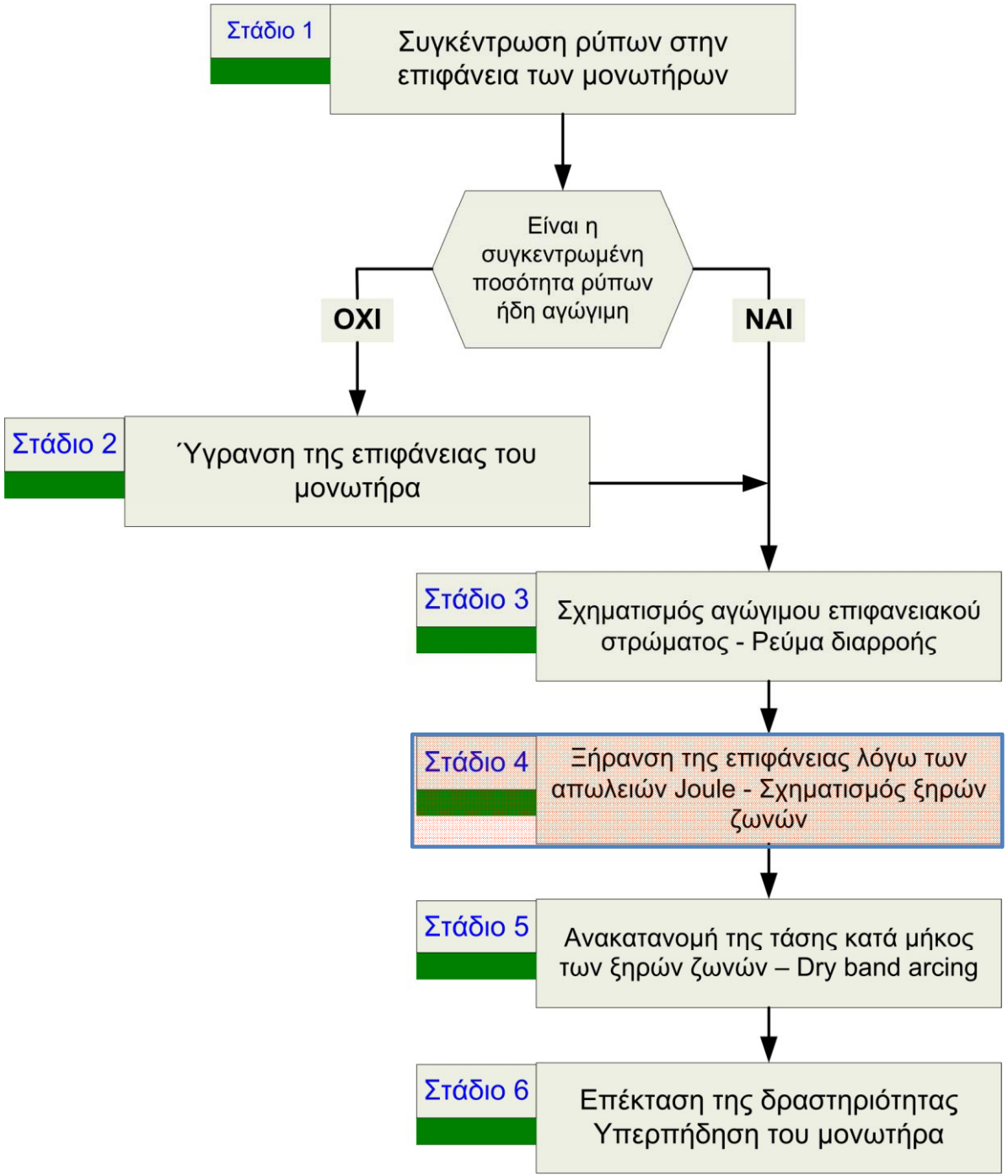
Στάδιο 5 — Ανακατανομή της τάσης κατά μήκος των ξηρών ζωνών – Dry band arcing

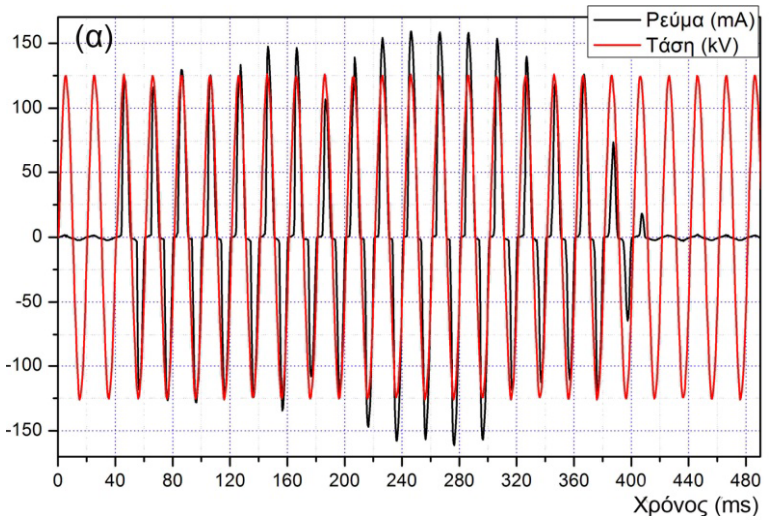
Στάδιο 6 — Επέκταση της δραστηριότητας Υπερπήδηση του μονωτήρα

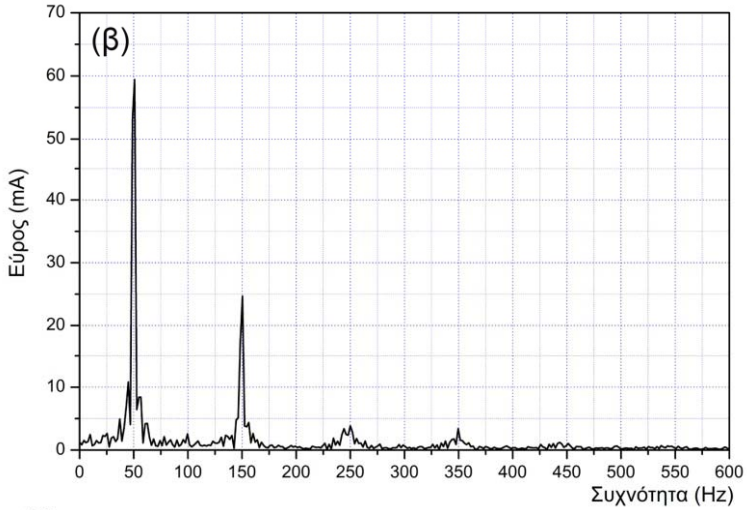


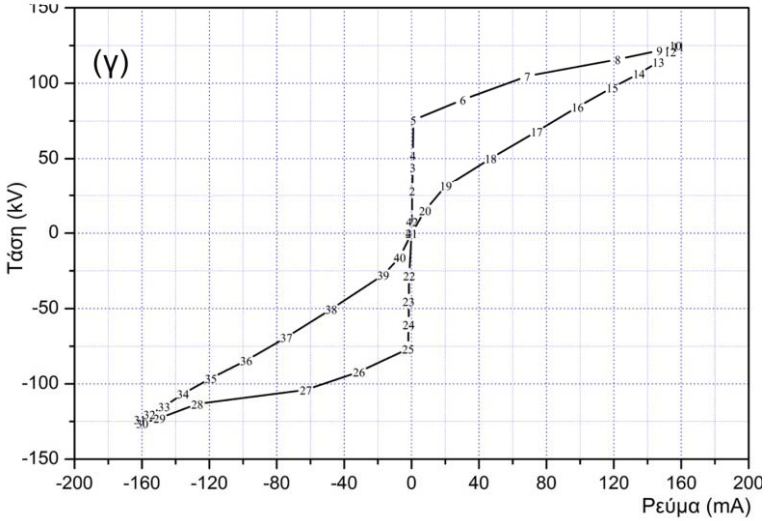


Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων









Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

Στάδιο 1 — Συγκέντρωση ρύπων στην επιφάνεια των μονωτήρων

Είναι η συγκεντρωμένη ποσότητα ρύπων ήδη αγώγιμη

ΟΧΙ

Στάδιο 2 — Ύγρανση της επιφάνειας του μονωτήρα

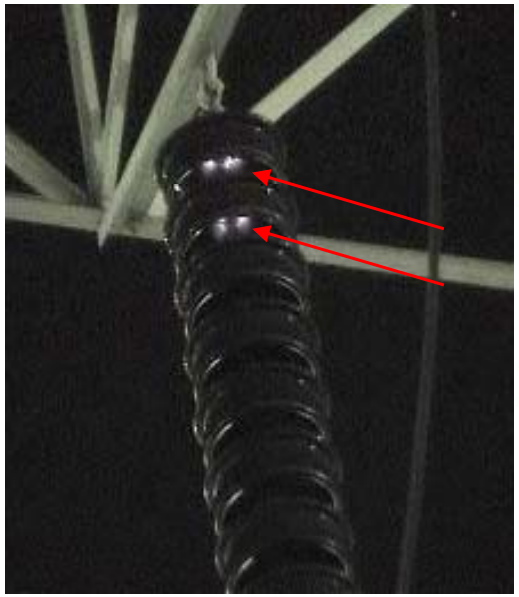
ΝΑΙ

Στάδιο 3 — Σχηματισμός αγώγιμου επιφανειακού στρώματος - Ρεύμα διαρροής

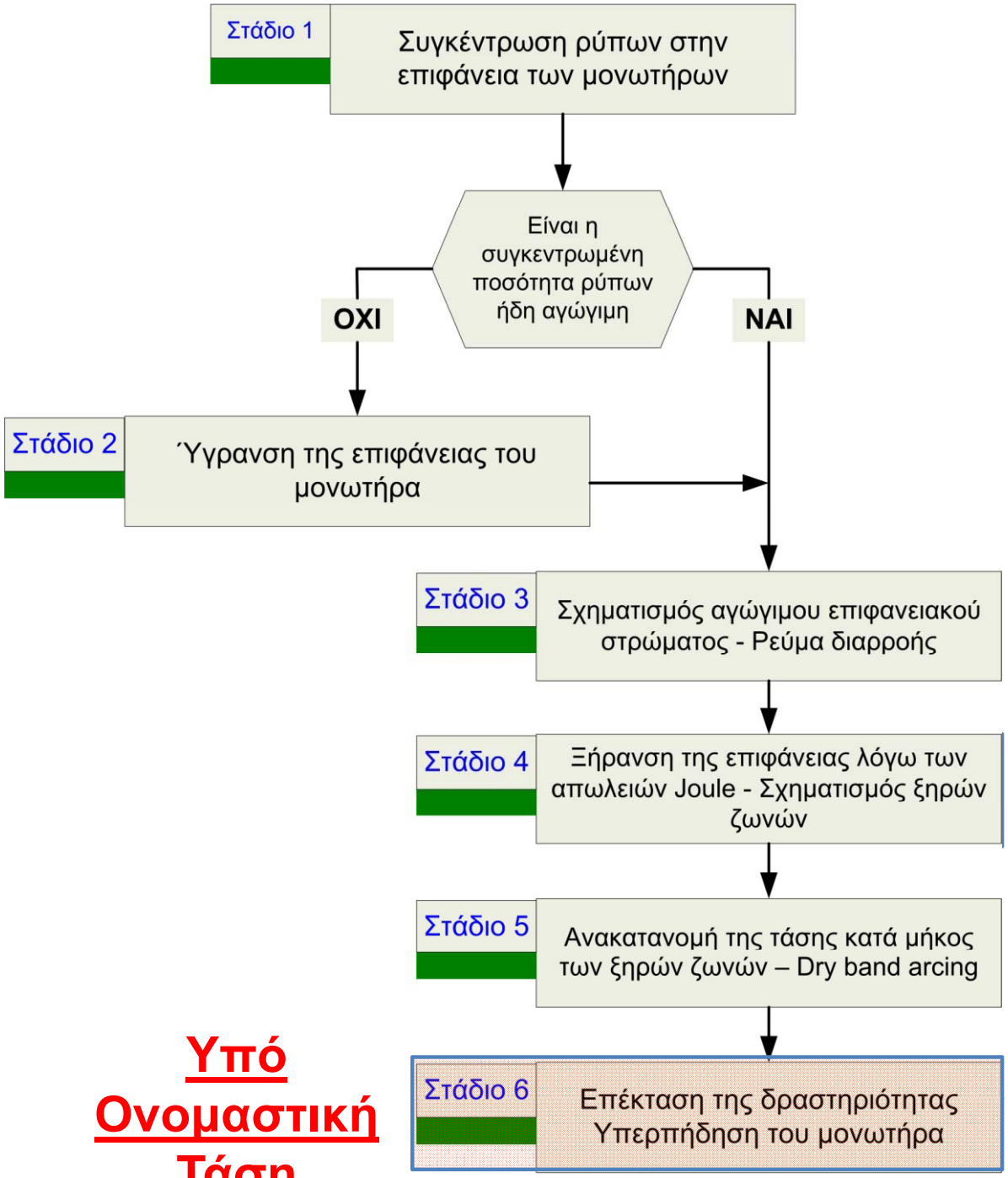
Στάδιο 4 — Ξήρανση της επιφάνειας λόγω των απωλειών Joule - Σχηματισμός ξηρών ζωνών

Στάδιο 5 — Ανακατανομή της τάσης κατά μήκος των ξηρών ζωνών – Dry band arcing

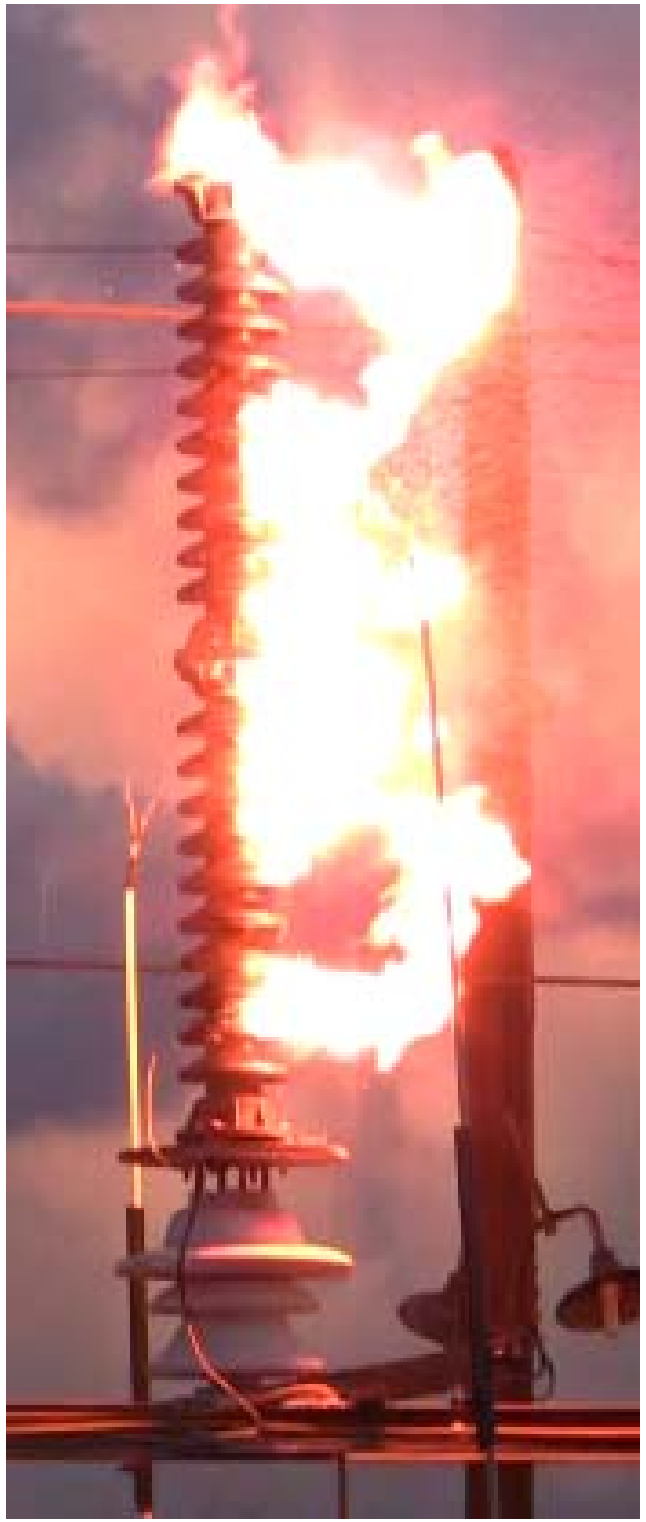
Στάδιο 6 — Επέκταση της δραστηριότητας Υπερπήδηση του μονωτήρα



Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων



Υπό Ονομαστική Τάση



Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

- Διάβρωση της μεταλλικής υποδομής
- Πυρκαγιές
- Όχληση
- Παρεμβολές

ΔΕΔΔΗΕ

ΤΕΙ Κρήτης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΤΑΔΙΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ
Καθαρισμός μονωτήρων	
Επιλογή μονωτήρων με αεροδυναμικό προφίλ	Συγκέντρωση ρύπων
Κατασκευή κλειστών συστημάτων (με μόνωση αέρα ή SF_6)	

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

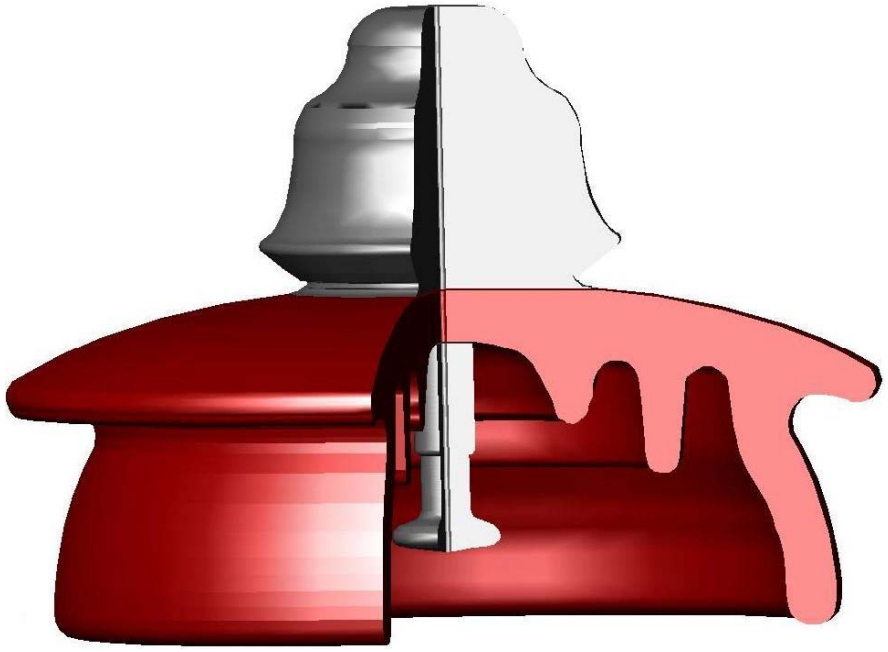
56
55

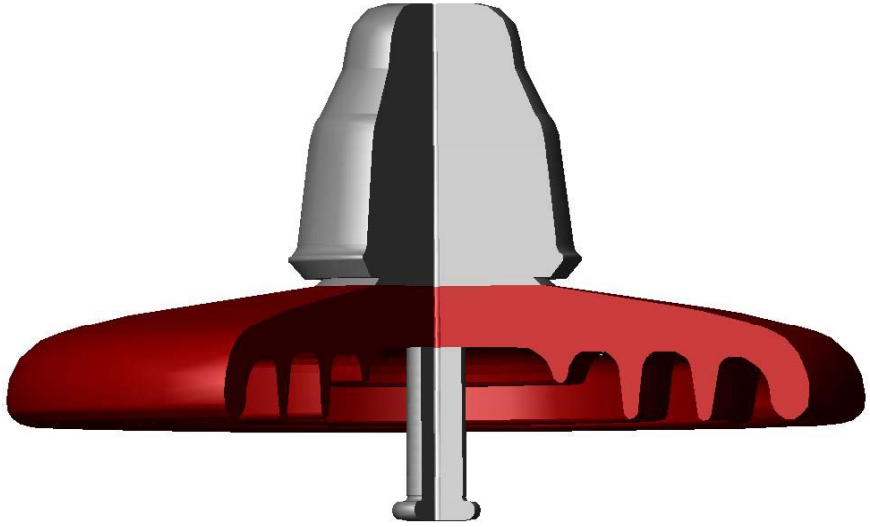
Σύστημα εκτός λειτουργίας

Σύστημα υπό τάση

Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΤΑΔΙΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ
Καθαρισμός μονωτήρων	
Επιλογή μονωτήρων με αεροδυναμικό προφίλ	Συγκέντρωση ρύπων
Κατασκευή κλειστών συστημάτων (με μόνωση αέρα ή SF_6)	





ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

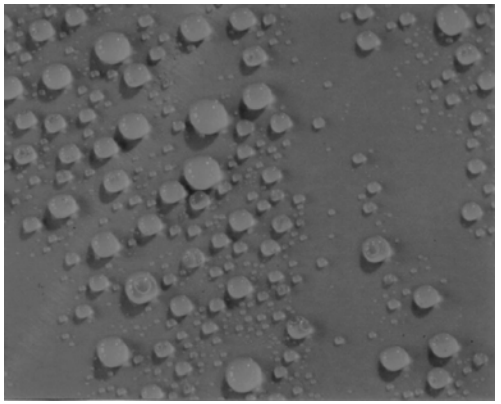
Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

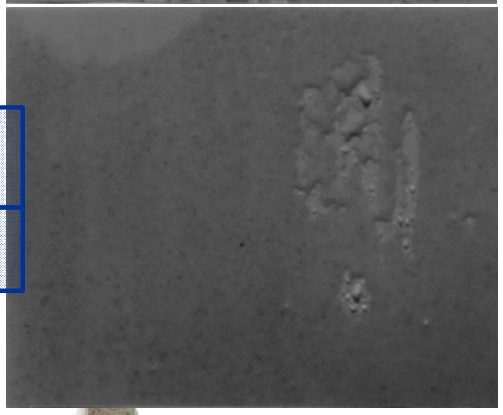
ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΤΑΔΙΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ
Καθαρισμός μονωτήρων	Συγκέντρωση ρύπων
Επιλογή μονωτήρων με αεροδυναμικό προφίλ	
Κατασκευή κλειστών συστημάτων (με μόνωση αέρα ή SF_6)	

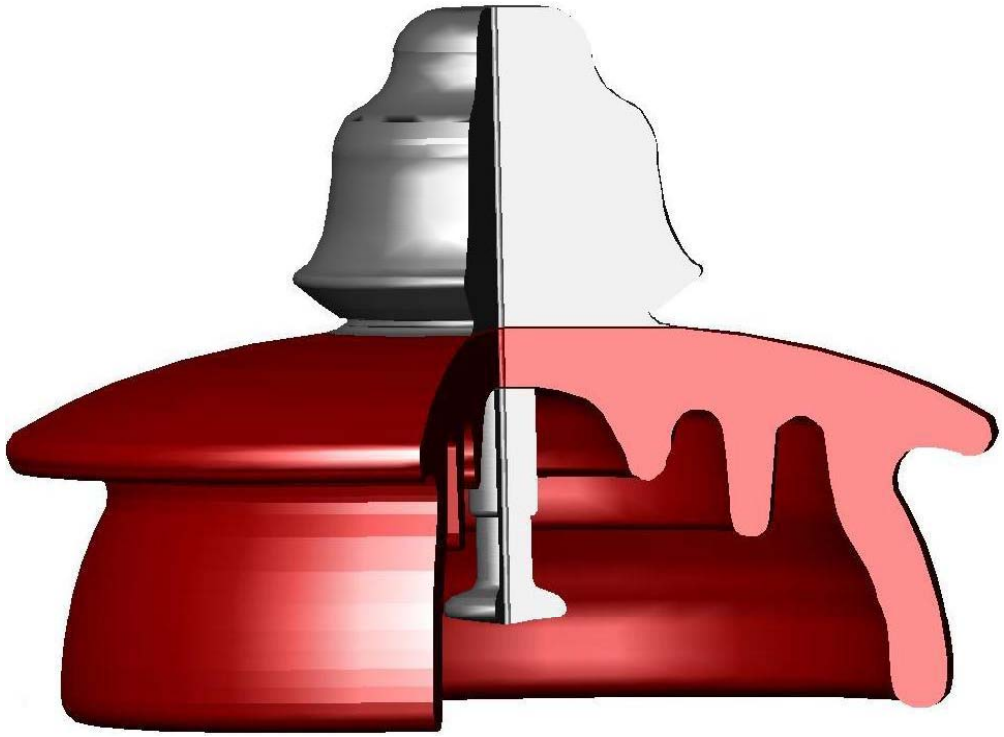
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΤΑΔΙΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ
Καθαρισμός μονωτήρων	Συγκέντρωση ρύπων
Επιλογή μονωτήρων με αεροδυναμικό προφίλ	
Κατασκευή κλειστών συστημάτων (με μόνωση αέρα ή SF_6)	
Επιλογή μονωτήρων με προφίλ ομίχλης	Ύγρανση
Επιλογή μονωτήρων με υδρόφοβη επιφάνεια	Ύγρανση

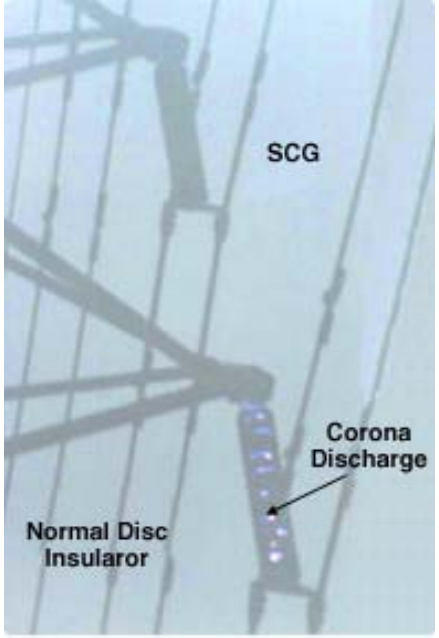


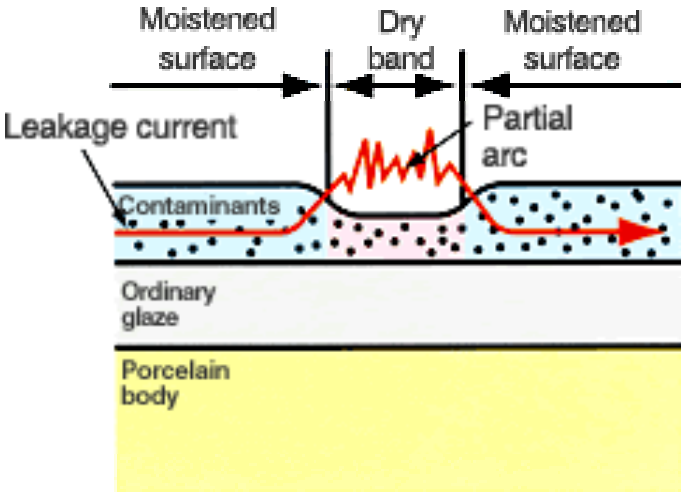




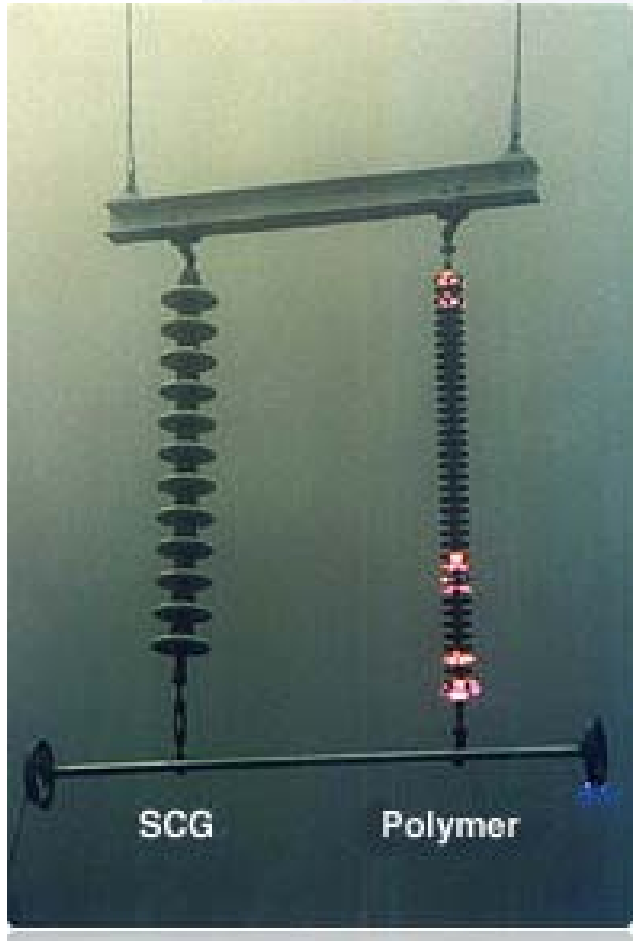
Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

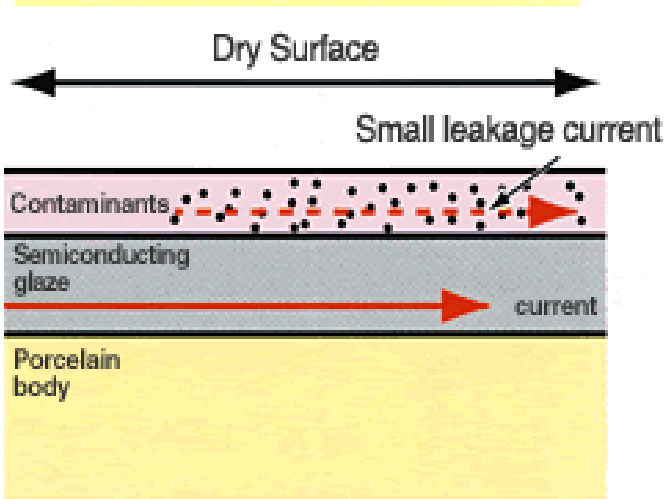
ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΤΑΔΙΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ
Επιλογή μονωτήρων με ημιαγώγιμο σμάλτο (semi conductive glaze)	Σχηματισμός ξηρών ζωνών
Επιλογή μονωτήρων με αυξημένο μήκος ερπυσμού	Επέκταση ξηρών ζωνών (arc propagation)
Αύξηση του μήκους ερπυσμού (Creepage extenders)	Επέκταση ξηρών ζωνών (arc propagation)

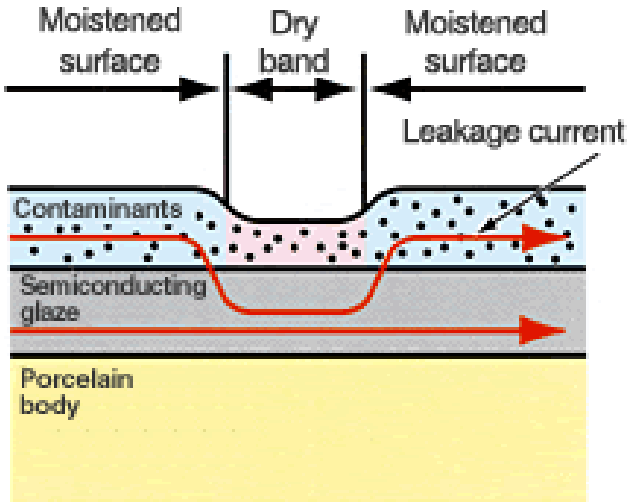




NGK INSULATORS, LTD.



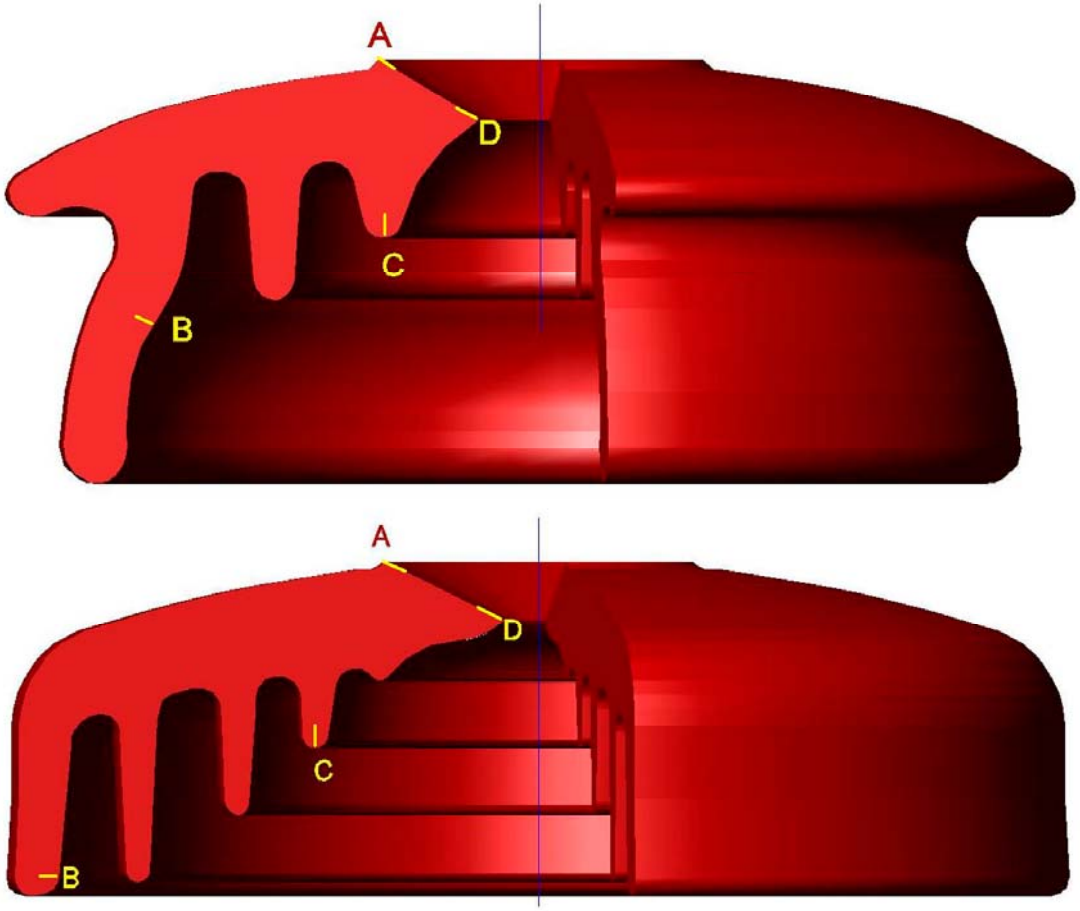




Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΤΑΔΙΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ
Επιλογή μονωτήρων με ημιαγώγιμο σμάλτο (semi conductive glaze)	Σχηματισμός ξηρών ζωνών
Επιλογή μονωτήρων με αυξημένο μήκος ερπυσμού	Επέκταση ξηρών ζωνών (arc propagation)
Αύξηση του μήκους ερπυσμού (Creepage extenders)	Επέκταση ξηρών ζωνών (arc propagation)

IEC 60815



$$U_c = 23 r_p^{0.4} L$$

όπου

U_c: η ελάχιστη τάση που μπορεί να οδηγήσει σε υπερπήδηση

r_p: η μέση επιφανειακή αντίσταση ανά μονάδα μήκους και

L: το συνολικό μήκος ερπυσμού

Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΤΑΔΙΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ
Επιλογή μονωτήρων με ημιαγώγιμο σμάλτο (semi conductive glaze)	Σχηματισμός ξηρών ζωνών
Επιλογή μονωτήρων με αυξημένο μήκος ερπυσμού	Επέκταση ξηρών ζωνών (arc propagation)
Αύξηση του μήκους ερπυσμού (Creepage extenders)	Επέκταση ξηρών ζωνών (arc propagation)

Συνθετικοί μονωτήρες

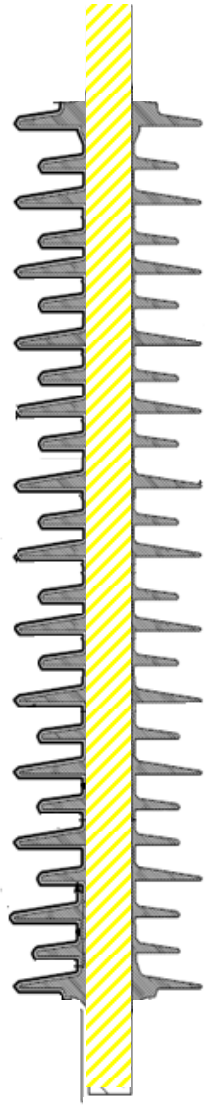
- Αναπτύχθηκαν την δεκαετία του **1950**
- Διατέθηκαν στην αγορά τα τέλη του **1960**
- Υιοθετήθηκαν ουσιαστικά μετά το **1995**
- Βασικό πλεονέκτημα το συγκριτικά **σημαντικά χαμηλότερο βάρος** και χαρακτηριστικά που **δεν ευνοούν βανδαλισμούς**
- Εμφάνισαν διάφορα προβλήματα, ιδιαίτερα την δεκαετία του 1980 με σημαντικότερο θραύση του υαλώδους πυρήνα (brittle fracture)
- Στην πορεία προέκυψε η σημαντικά καλύτερη συμπεριφορά σε συνθήκες ρύπανσης
- Σήμερα θεωρούνται ιδιαίτερα αξιόπιστα προϊόντα
- Σημαντικό πρόβλημα τα φαινόμενα γήρανσης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Βασική δομή

1. Fiber Glass Core (πυρήνας FPR)
   Υπεύθυνος για την μηχανική αντοχή
2. Metal End Fittings
   Σημεία ανάρτησης
3. Polymeric Housing (Πολυμερικό κέλυφος)
   Ηλεκτρική συμπεριφορά



ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

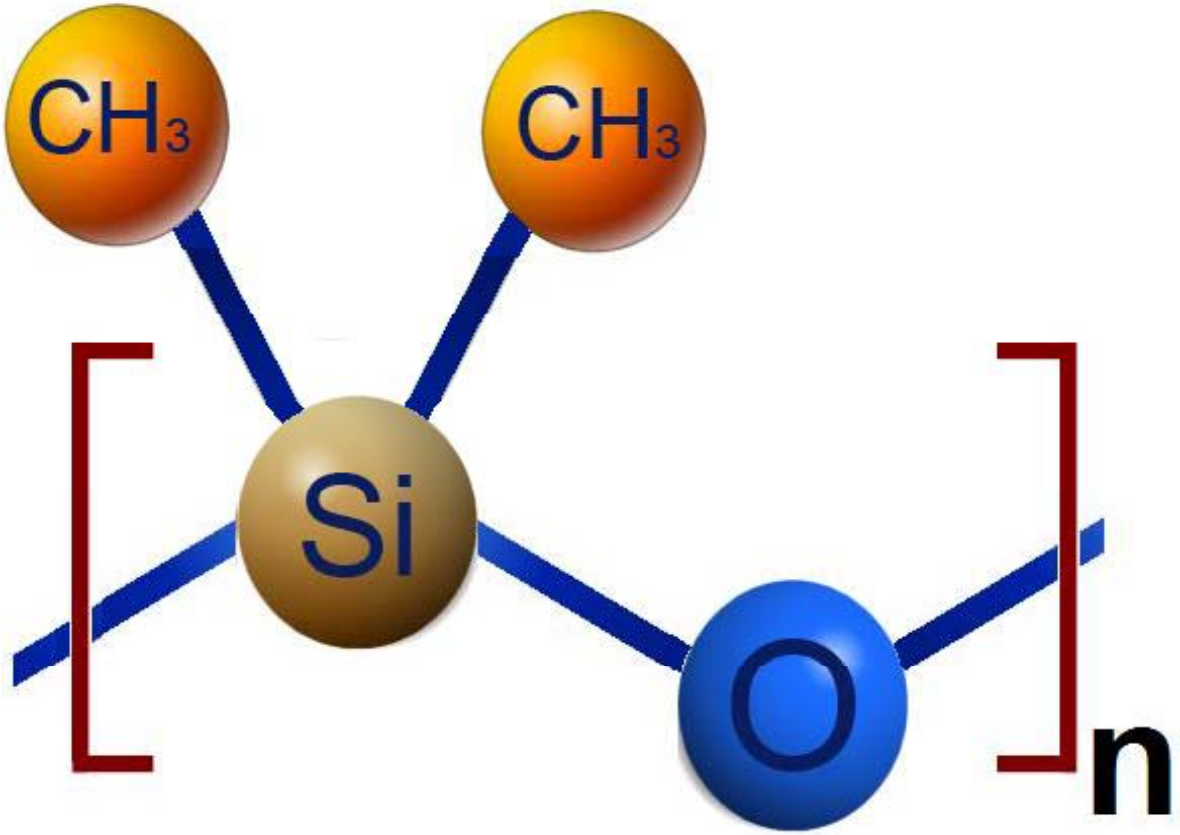
Silicone Rubber

Σύνθεση των υλικών → Βασικό πολυμερές → **PDMS** **Polydimethyl siloxane**

↓

Βελτιωτικές προσμίξεις

1. Διαλύτης
2. Προσθετικά ενίσχυσης της δομής
3. *Παράγοντας ενίσχυσης του βαθμού προσκόλλησης (adhesion promoter)*
4. Χρώμα
5. Άλλες προσμίξεις



ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Silicone Rubber

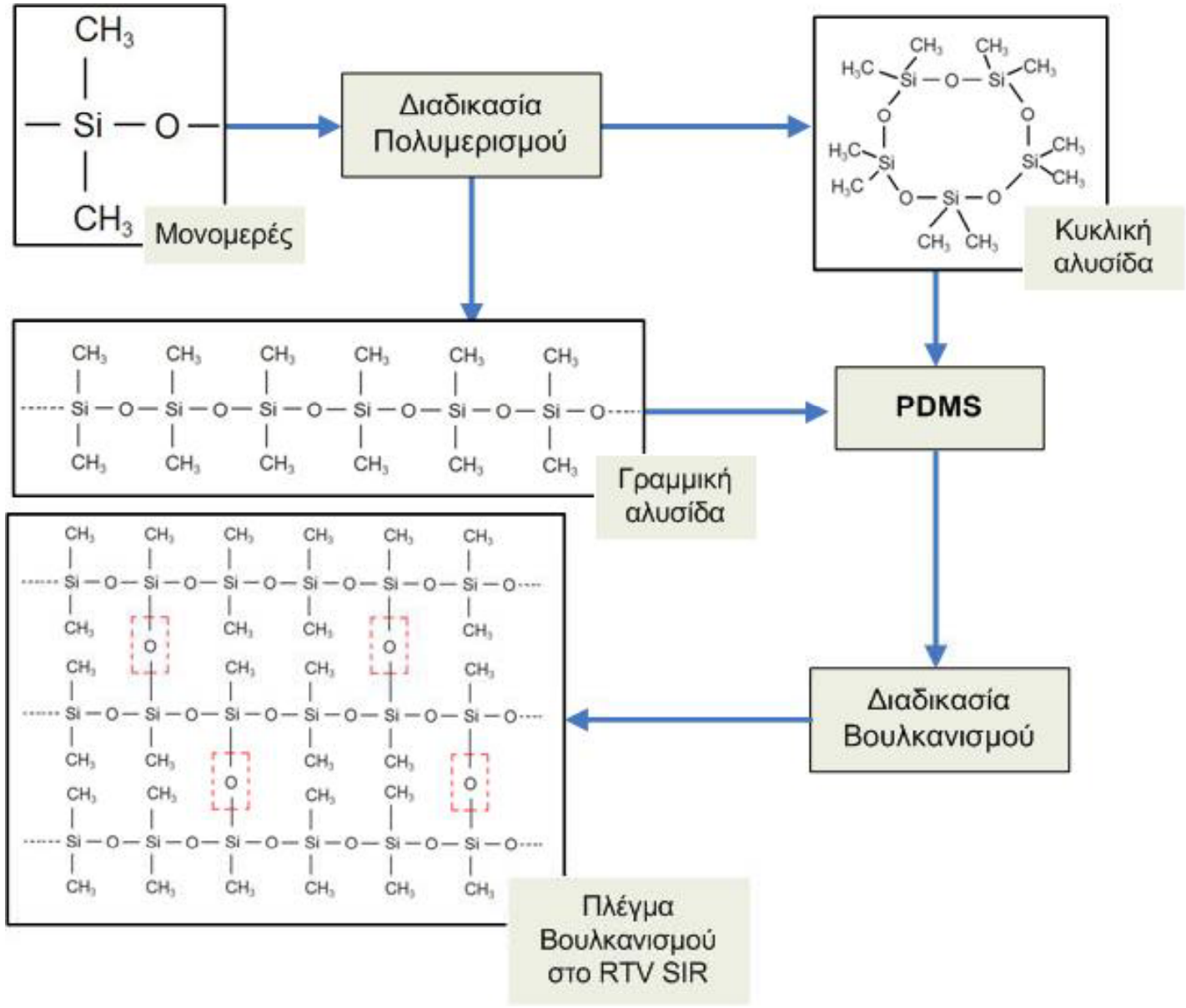
- Επιφάνεια χαμηλής ενέργειας,
- Επιφανειακή υδροφοβία
- Ικανότητα ανάκαμψης της υδροφοβίας,
- Παρουσία μορίων χαμηλού μοριακού βάρους,
- Καλές διηλεκτρικές ιδιότητες,
- Υψηλή αντοχή στην θερμική καταπόνηση,
- Ικανότητα λειτουργίας σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, με μικρή μεταβολή των φυσικών ιδιοτήτων του,
- Υψηλή ανθεκτικότητα στην επίδραση του περιβάλλοντος,
- Χημική αδράνεια σε πλήθος οξειδωτικών ουσιών,
- Χαμηλή τοξικότητα και περιβαλλοντική επικινδυνότητα,
- Χαμηλή θερμοκρασία μετάβασης στην υαλώδη κατάσταση (glass transition temperature)

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Silicone Rubber

Βουλκανισμός

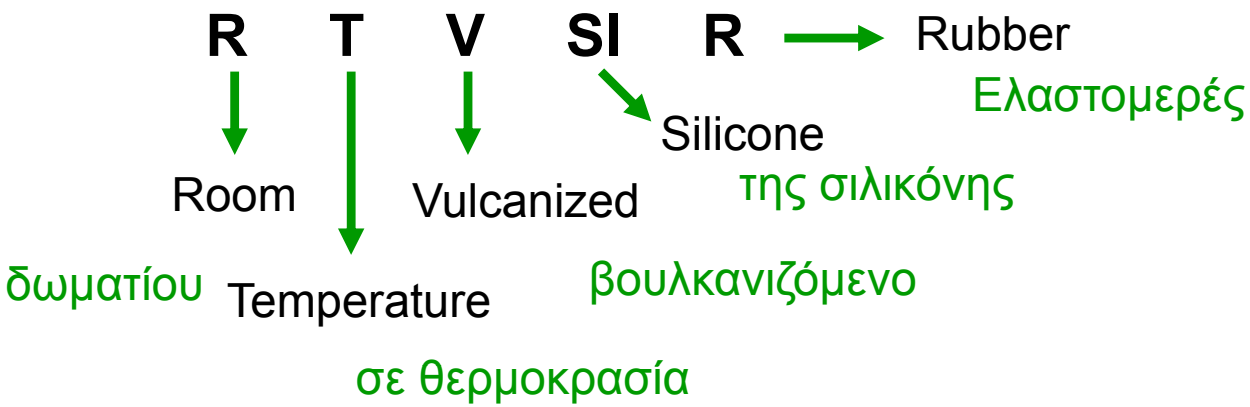


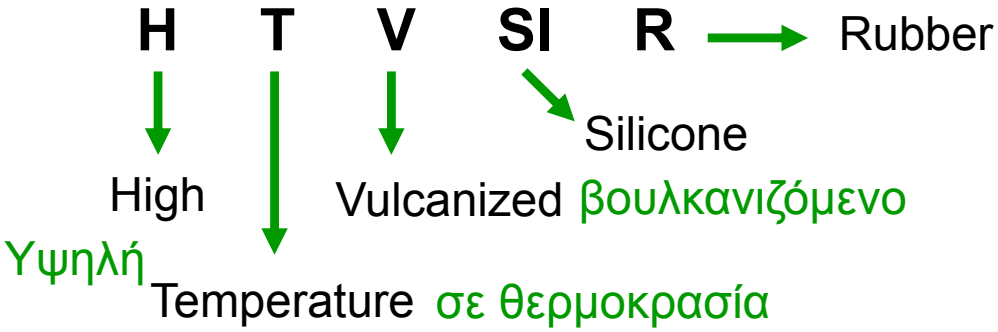
ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης

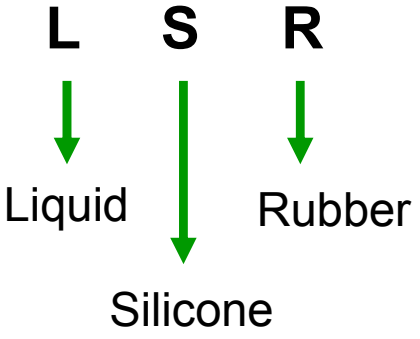
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Silicone Rubber



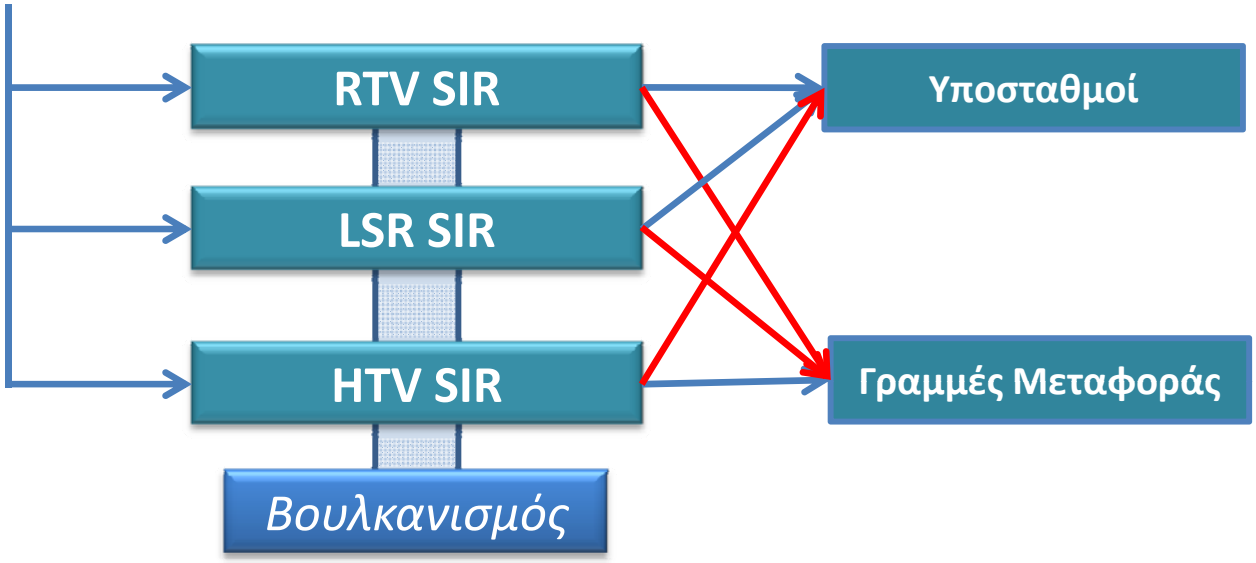




ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

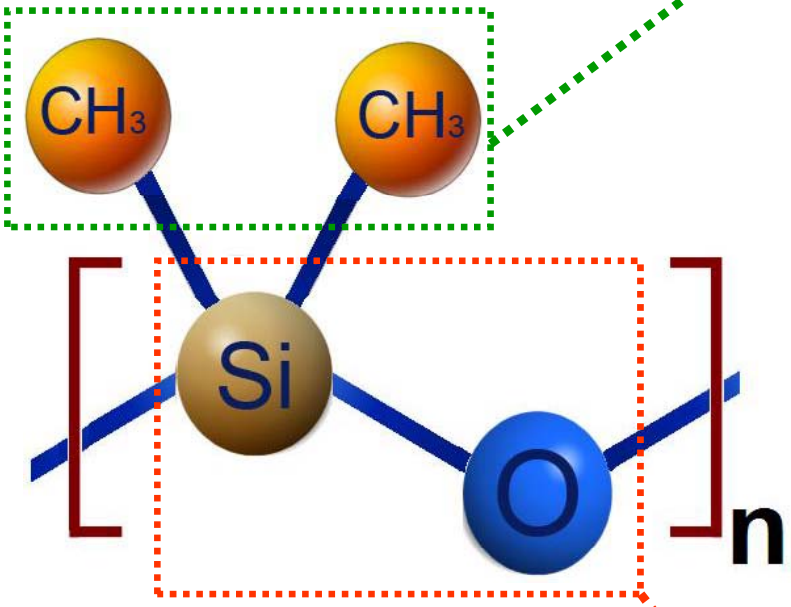
Silicone Rubber



ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Βασικό πολυμερές



Χαμηλές διαμοριακές δυνάμεις

Υλικό	Επιφανειακή τάση (mN/m)
Πορσελάνη	366
Γυαλί	170
Epoxy Resins	35
EP Rubbers	30
PDMS	23
PTFE	19
Νερό	72.3

Ευκινησία των αλυσίδων

Περιστροφή πλευρικών μονάδων

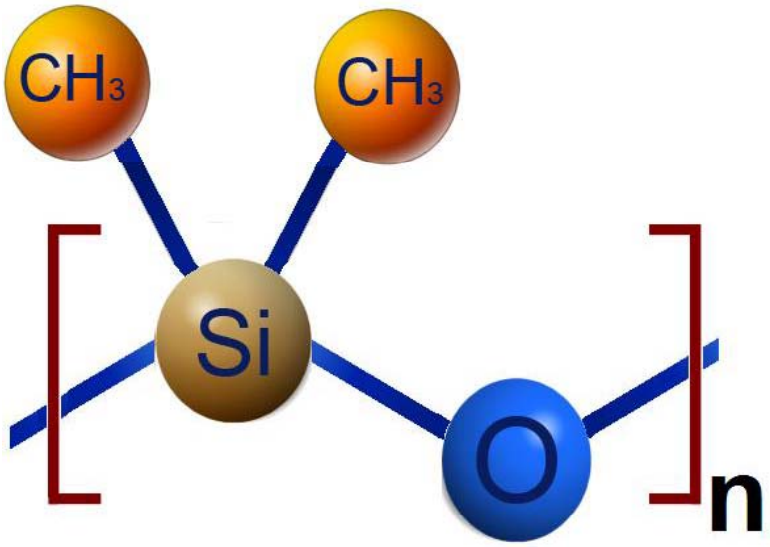
Δεσμός Si-O

SIR	E<4kJ/mol
Πολυαιθυλένιο	E=14kJ/mol
PTFE	E=20kJ/mol

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Βασικό πολυμερές



Υλικό	Επιφανειακή τάση (mN/m)
Πορσελάνη	366
Γυαλί	170
Epoxy Resins	35
EP Rubbers	30
PDMS	23
PTFE	19
Νερό	72.3

Χημικός δεσμός	Ενέργεια δεσμού (kJ/mol)
-Si-O-	445
-C-H-	360
-C-O-	414
-C-C-	348
-Si-C-	318
-Si-H-	318

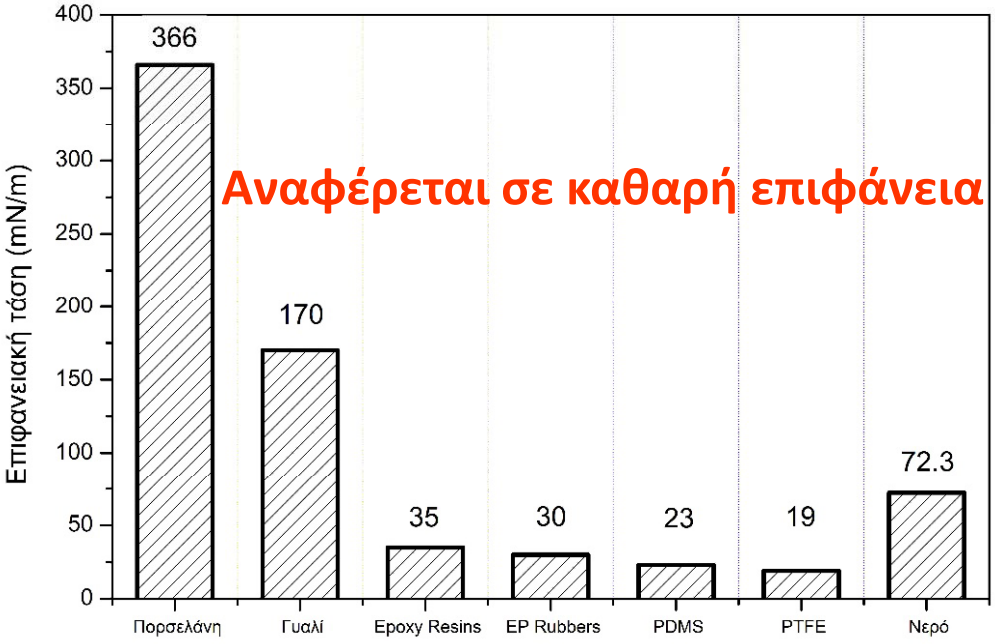
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

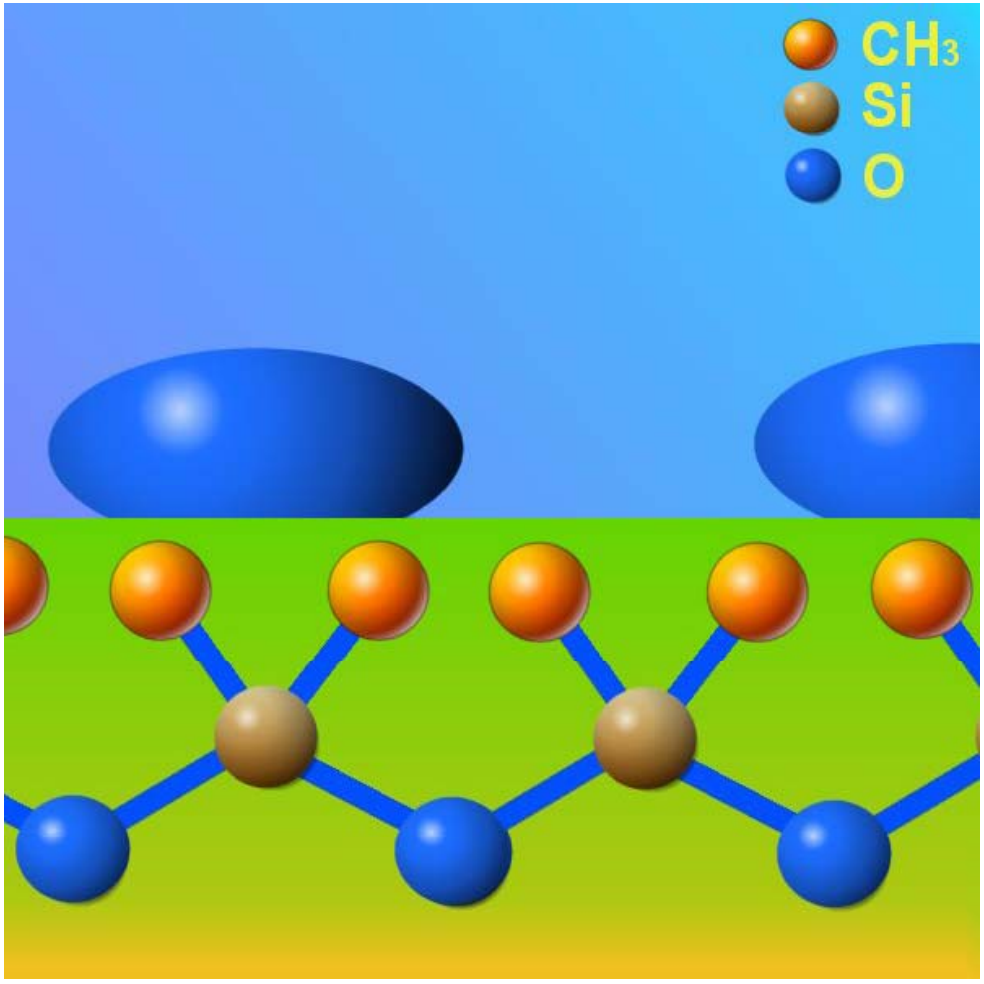
Συνθετικοί μονωτήρες

Υδροφοβία στο SIR

Προσανατολισμός των πλευρικών μεθυλίων

Ελαχιστοποίηση της επιφανειακής ενέργειας





ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Υδρόφιλο
στρώμα ρύπων
Υδρόφοβη
συμπεριφορά

16 14:57

16 14:57

16 14:58

16 15:07

Συνθετικοί μονωτήρες

Υδροφοβία στο SIR

Μόρια Low Molecular Weight

- Προκύπτουν στα πλαίσια της διαδικασίας πολυμερισμού
- Λιγότερα από 30 μονομερή (675 μονομερή σε μια μέση αλυσίδα)]
- Αρκετά ευκίνητα → Δεν μετέχουν στο πλέγμα διασταύρωσης (βουλκανισμός)
- Κινούνται ελεύθερα στον όγκο του υλικού
- Διεισδύουν ή απορροφώνται από το επιφανειακό στρώμα των ρύπων

Μεταβάλλουν την υδρόφιλη συμπεριφορά των ρύπων σε υδρόφοβη

Απαιτείται όμως πεπερασμένος χρόνος ανάκαμψης (ώρες)

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Υδροφοβία στο SIR

Μόρια Low Molecular Weight

α. Ποσότητα των μορίων LMW

β. Ποιότητα των μορίων LMW

Κυκλικές αλυσίδες → Ταχύτερη ανάκαμψη

γ. Θέση των μορίων LMW στον όγκο του υλικού

δ. Η σύνθεση του υλικού

Ευκολία κίνησης → Ασθενείς δυνάμεις μεταξύ των μορίων

Ανόργανες προσμίξεις → Αύξηση των διαμοριακών δυνάμεων

ATH

↓ Μείωση της ποσότητας των μορίων LMW

↓ Επιβράδυνση της κίνησης

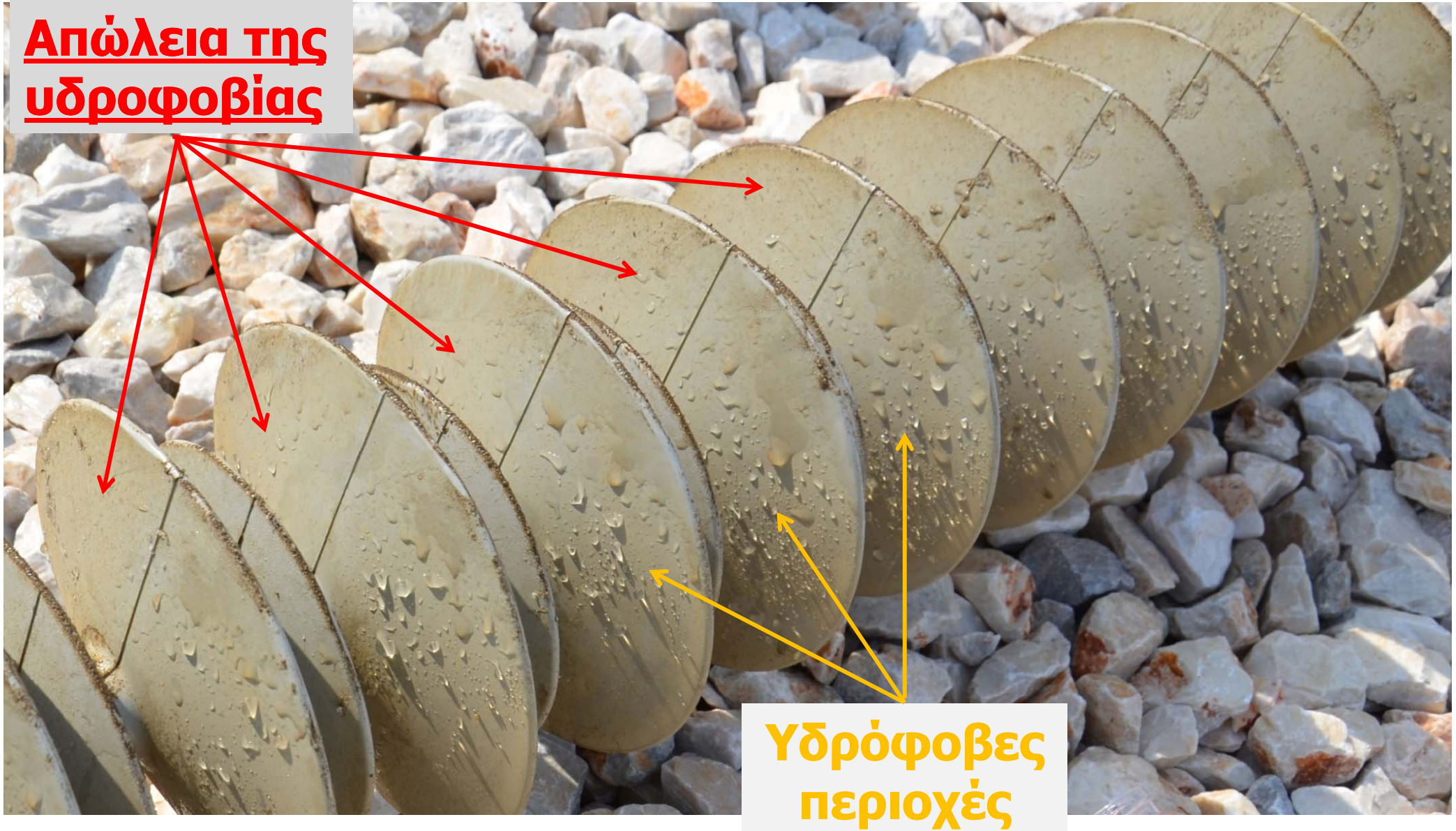
ε. Η θερμοκρασία (περιβάλλον)

στ. Το είδος και η ποσότητα των ρύπων

Απορροφώνται από τους ρύπους

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

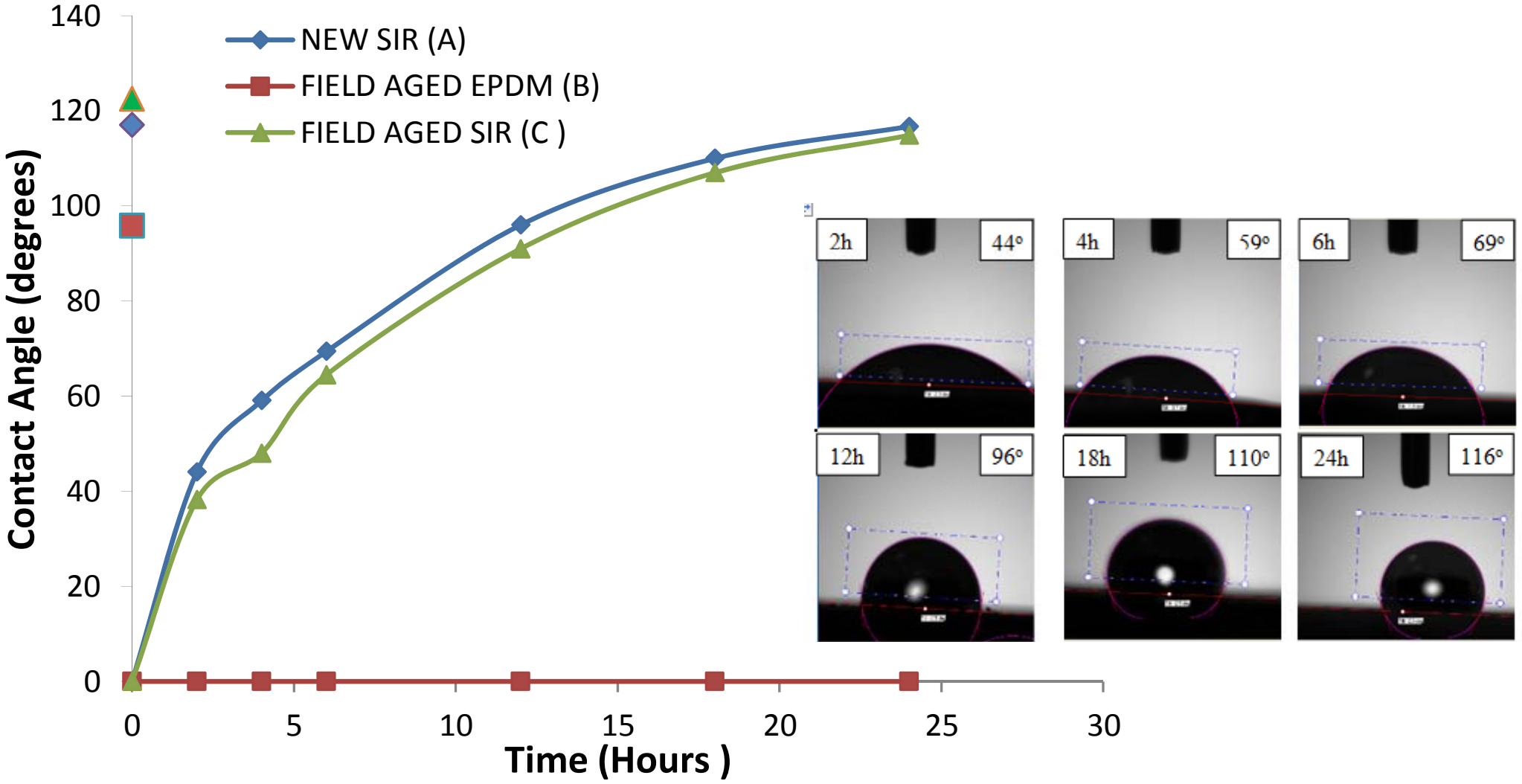
Συνθετικοί μονωτήρες



ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

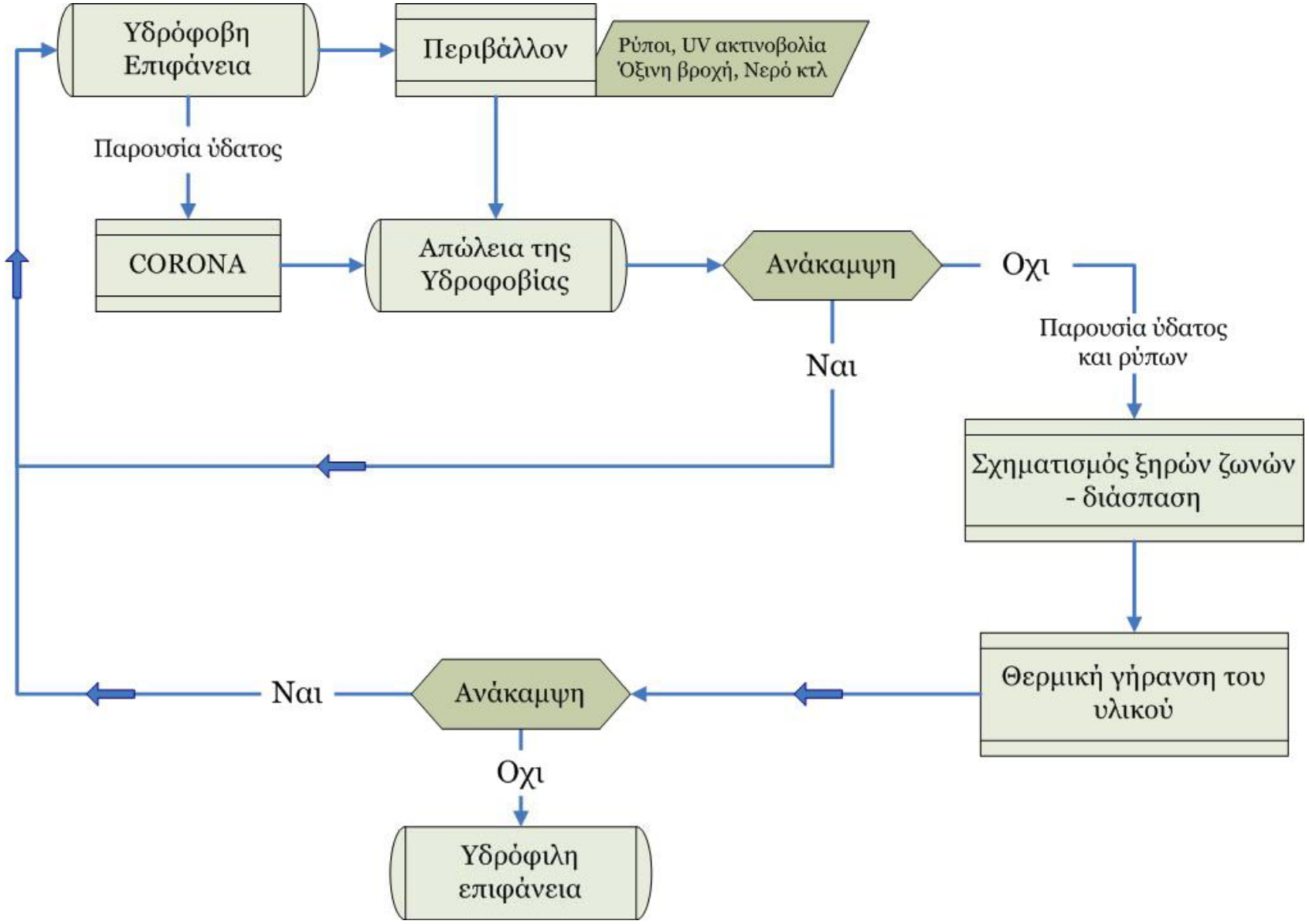
Υδροφοβία στο SIR - Ανάκαμψη



ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες



ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Προσθετικά ενίσχυσης της δομής
Φαινόμενα tracking και erosion

Tracking: σχηματισμός αγώγιμων καναλιών άνθρακα στην επιφάνεια του υλικού

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Προσθετικά ενίσχυσης της δομής
Φαινόμενα tracking και erosion

Tracking: σχηματισμός αγώγιμων καναλιών άνθρακα στην επιφάνεια του υλικού

Erosion: διάβρωση

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

(α) Ένυδρη αλουμίνα **ATH ..** $Al_2O_3 3H_2O$

Όταν θ>220°C $Al_2O_3\ 3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$

Ενδόθερμη αντίδραση → Απορρόφηση ενέργειας

Απελευθέρωση νερού →

Στην περίπτωση του SIR **αυξάνεται η θερμική αγωγιμότητα** της σύνθεσης

Κόστος παρασκευής της σύνθεσης

Επηρεάζει την υδροφοβία και την ποιότητα της επιφάνειας

Βέλτιστη Επιλογή

Ποσότητα πρόσμιξης

Μέγεθος σωματιδίου

Συνήθως διατίθενται συνθέσεις με περιεκτικότητα της τάξης του 30-40%

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

(β) Silica SiO_2

Χρησιμοποιείται στην σύνθεση πολλών σύνθετων πολυμερών υλικών με σκοπό την ενίσχυση των μηχανικών ιδιοτήτων τους

Στο SIR ⟶ Αύξηση της θερμικής αγωγιμότητας

Για συνθέσεις με περιεκτικότητα μεγαλύτερη του 40%, η συμπεριφορά και των δύο προσμίξεων αναμένεται εφάμιλλη.

Σε συνθέσεις με περιεκτικότητα μικρότερη του 40%, η συμπεριφορά στην περίπτωση του ATH προέκυψε καλύτερη.

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

- ✓ **PDMS:** Ισχυρή δομή με *«ασθενή» επικάλυψη*
- ✓ **Σύνθεση του υλικού:** Βασικό πολυμερές και επιπλέον προσμίξεις
- ✓ **Επιφανειακή υδροφοβία:** προσανατολισμός των πλευρικών μεθυλίων κοντά στην επιφάνεια
- ✓ **Μόρια χαμηλού μοριακού βάρους (LMW):** Κύριος μηχανισμός διατήρησης της επιφανειακής υδροφοβίας
- ✓ **Απώλεια της επιφανειακής υδροφοβίας:** αναμενόμενη σε συνθήκες λειτουργίας

Εμφανίζονται κύκλοι απώλειας – ανάκαμψης της επιφανειακής συμπεριφοράς

Παράμετρος κλειδί η έγκαιρη ανάκαμψη της επιφανειακής υδροφοβίας

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

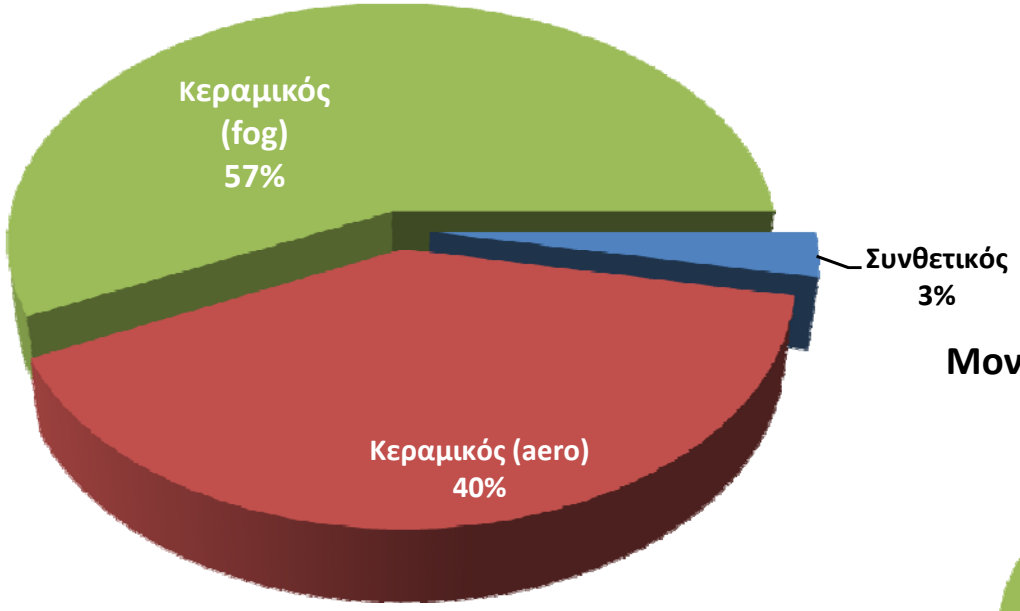
Silicone Rubber – Εφαρμογή στην Κρήτη

Πρώτη εφαρμογή την δεκαετία του 1970

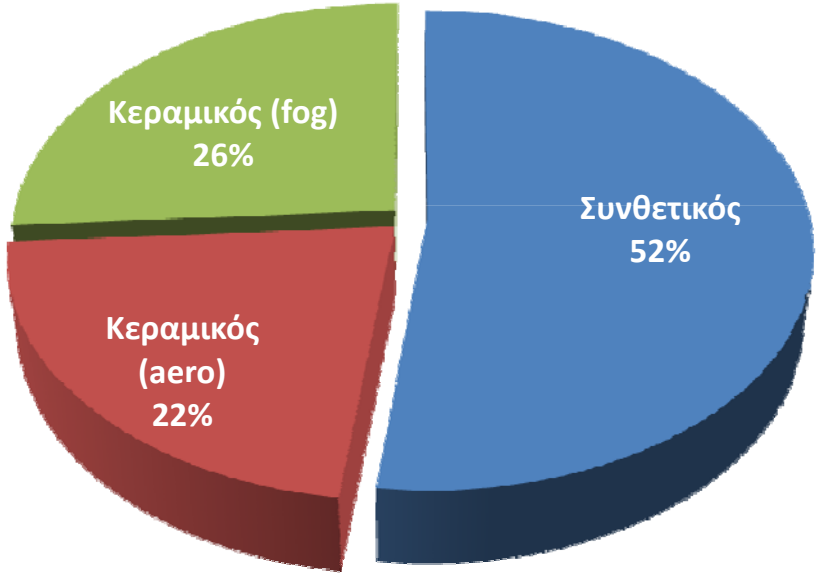
Συνθετικοί μονωτήρες

Silicone Rubber – Εφαρμογή στην Κρήτη **HTV SIR**

Μονωτήρες στο δίκτυο 150kV της Κρήτης το 2000



Μονωτήρες στο δίκτυο 150kV της Κρήτης το 2011

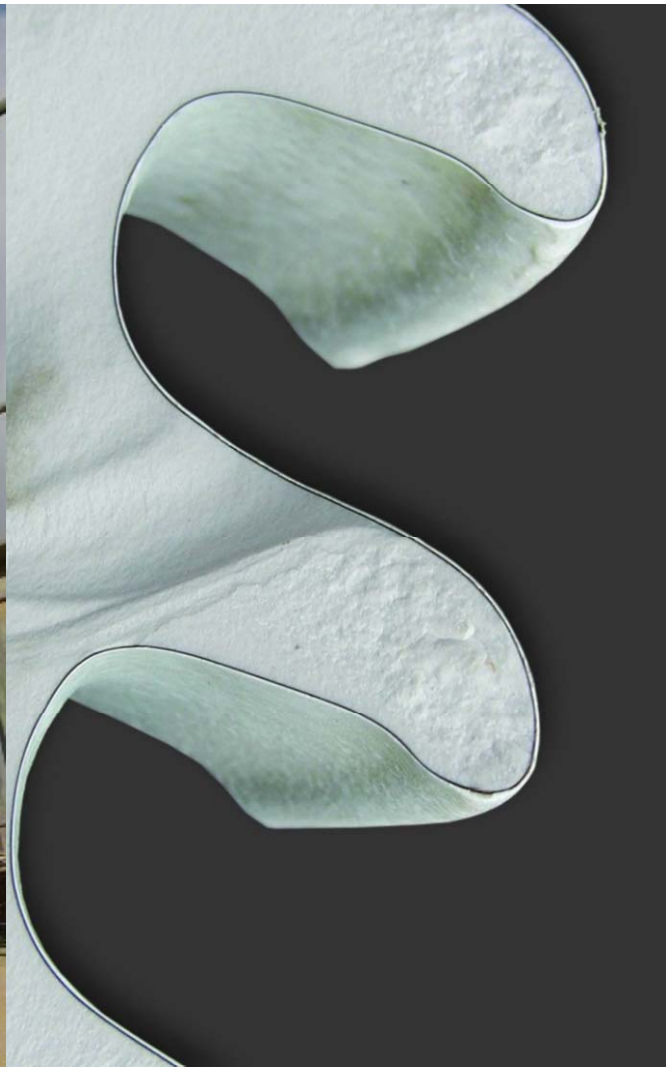


ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συνθετικοί μονωτήρες

Silicone Rubber – Εφαρμογή στην Κρήτη **RTV SIR**

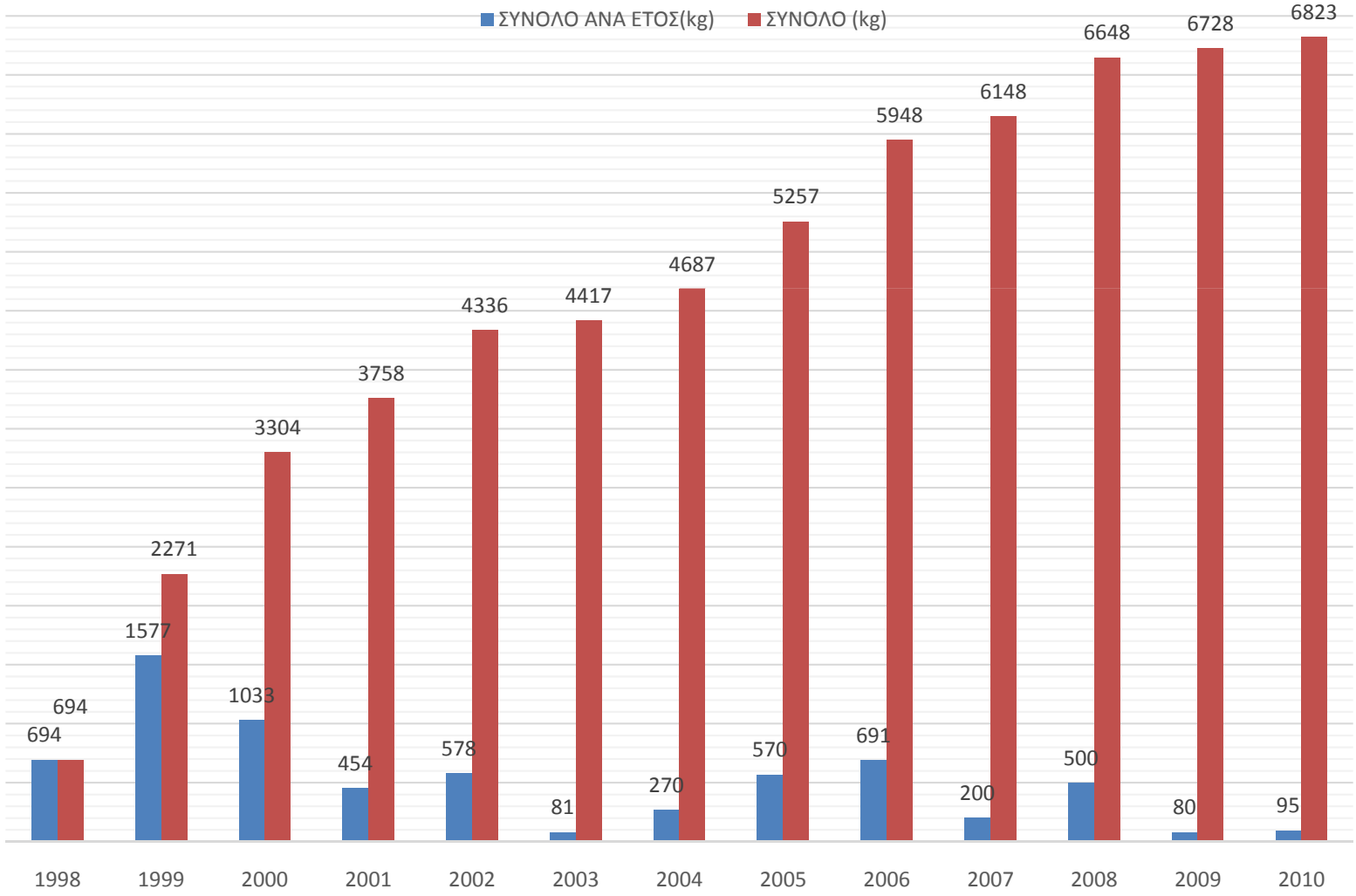


ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

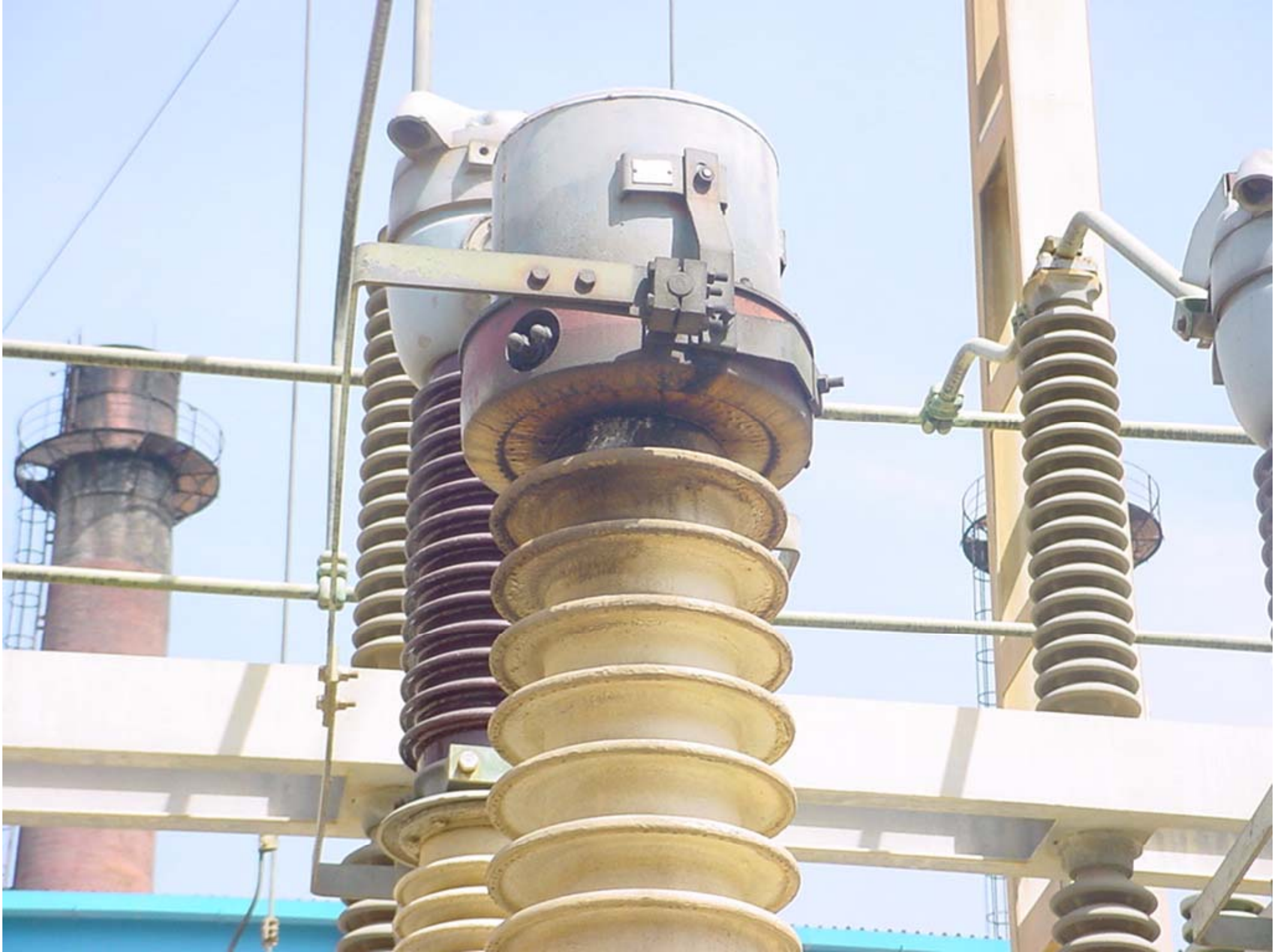
Συνθετικοί μονωτήρες

Silicone Rubber – Εφαρμογή στην Κρήτη **RTV SIR**



Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης



Σταθμός δοκιμών ΤΑΛΩΣ

www.talos-ts.com

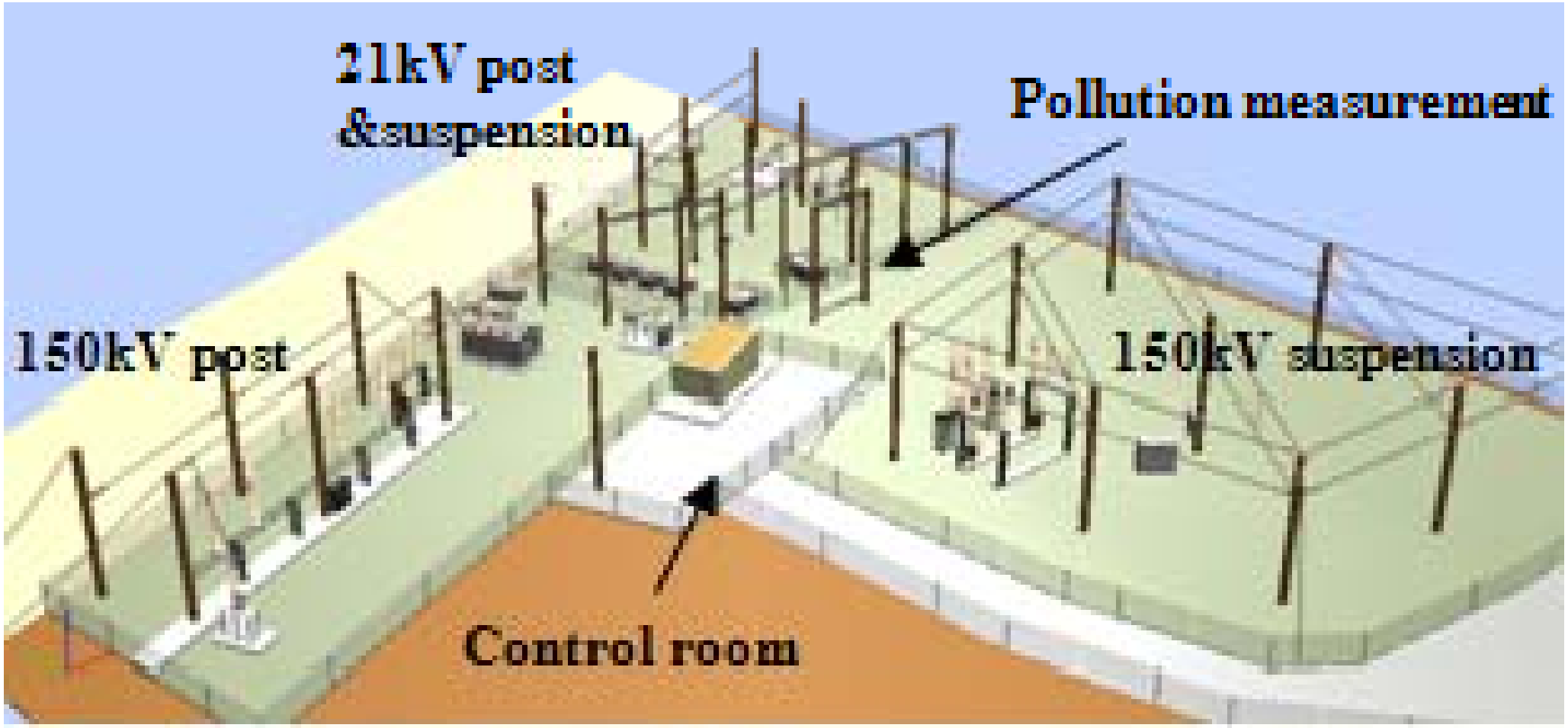
ΔΕΔΔΗΕ

ΤΕΙ Κρήτης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Σταθμός δοκιμών ΤΑΛΩΣ

www.talos-ts.com



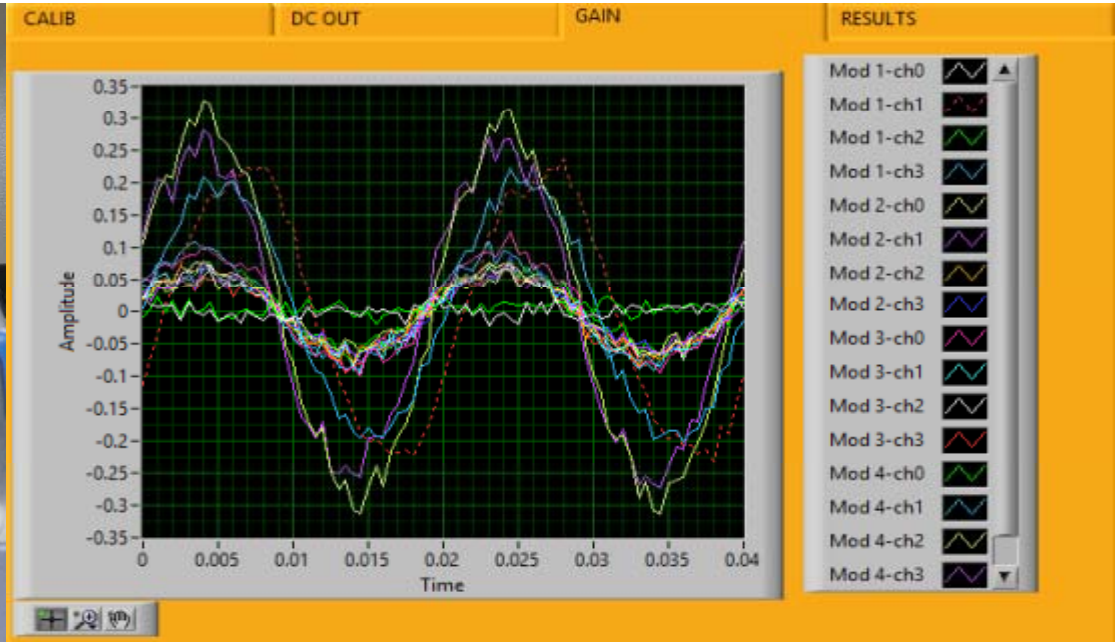
ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

150kV Post

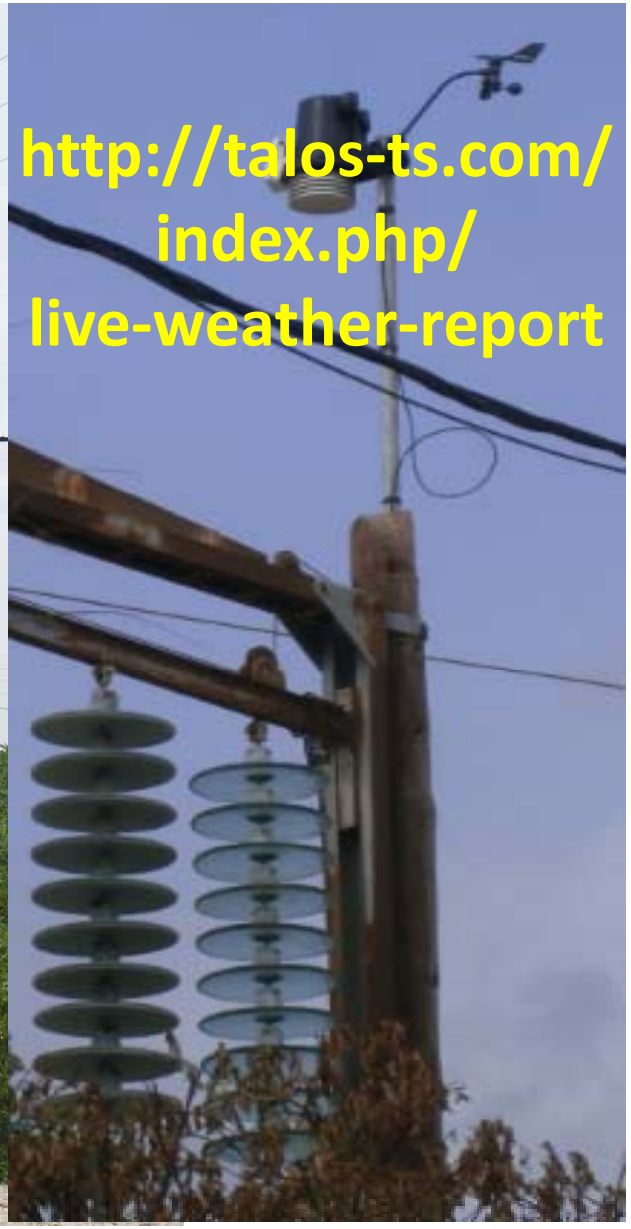
150kV Suspension

20kV

Σταθμός δοκιμών ΤΑΛΩΣ



Σταθμός δοκιμών ΤΑΛΩΣ

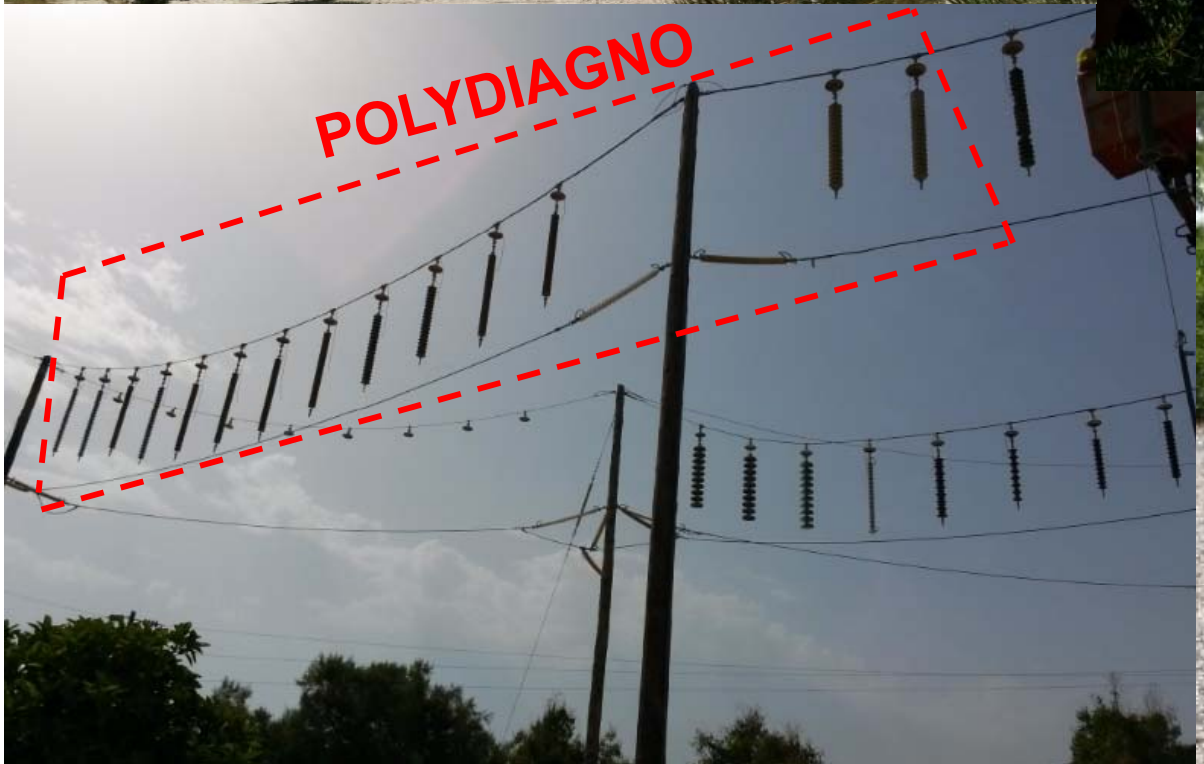


ΔΕΔΔΗΕ

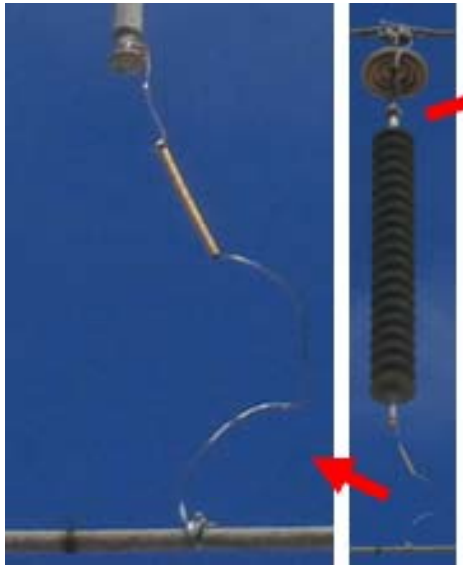
ΤΕΙ Κρήτης

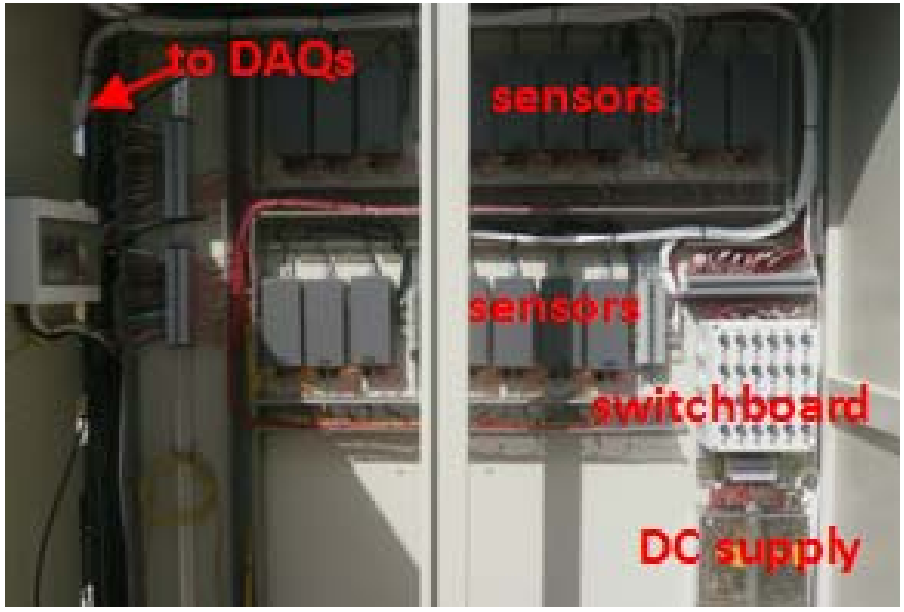
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Σταθμός δοκιμών ΤΑΛΩΣ



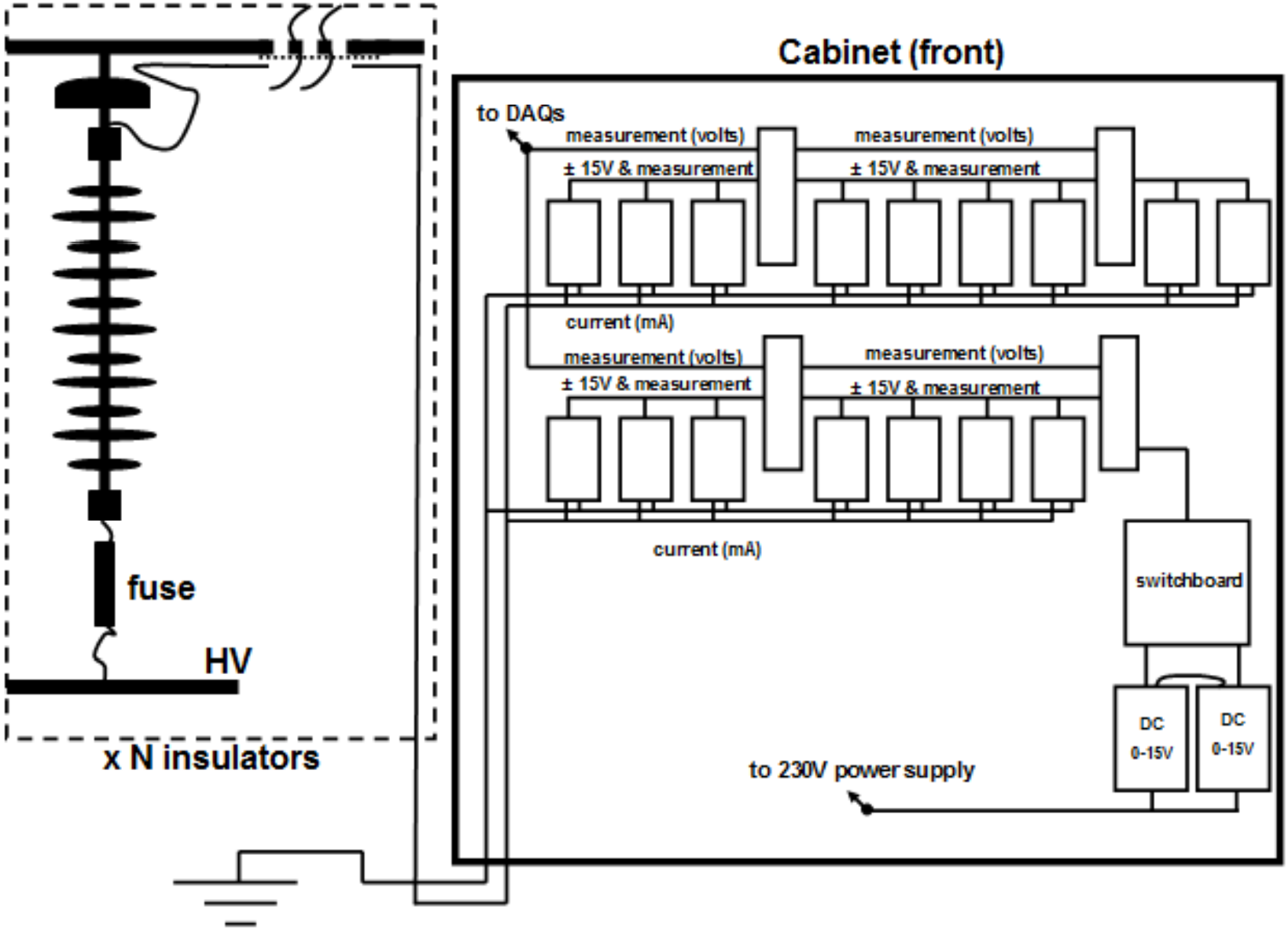
Σταθμός δοκιμών ΤΑΛΩΣ





Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Σταθμός δοκιμών ΤΑΛΩΣ



ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

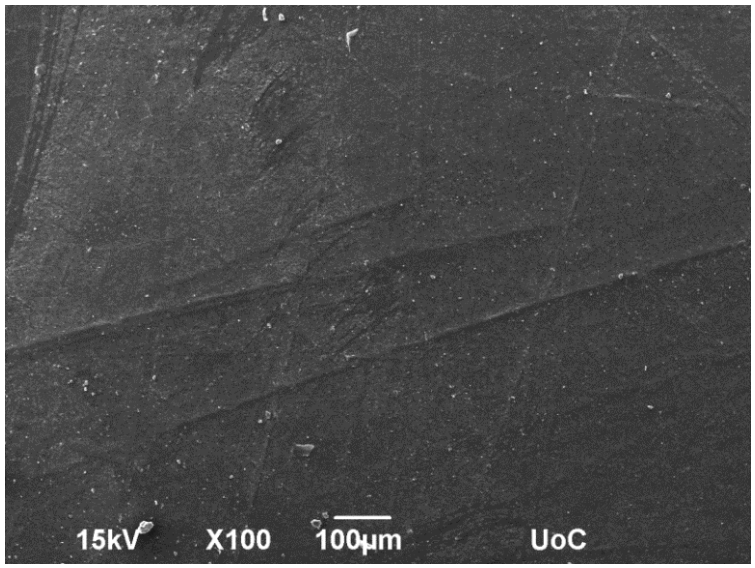
Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων – ΤΕΙ Κρήτης

ΔΕΔΔΗΕ

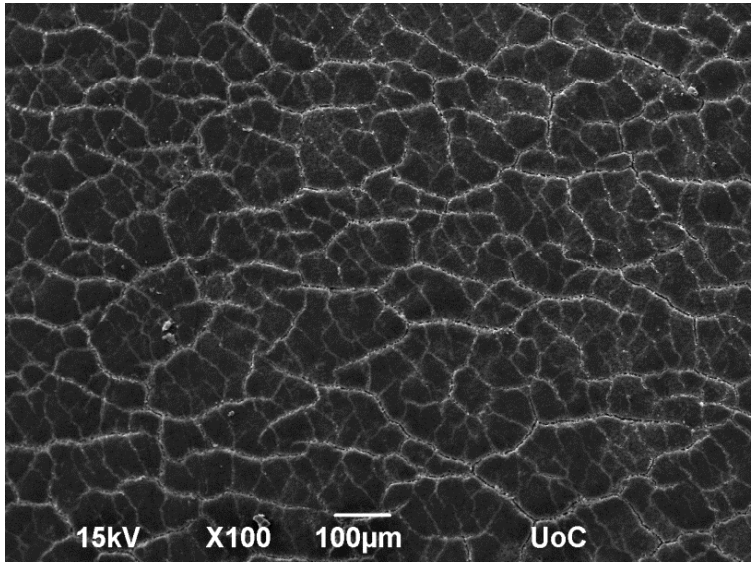
ΤΕΙ Κρήτης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Κέντρο Τεχνολογίας Υλικών και Φωτονικής – ΤΕΙ Κρήτης



New SIR Insulator



Degraded Insulator

ΔΕΔΔΗΕ

ΤΕΙ Κρήτης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Συμπεράσματα

- Το πρόβλημα της ρύπανσης είναι σημαντικό για τα υπαίθρια συστήματα υψηλής τάσης
- Η χρήση συνθετικών μονωτήρων αποτελεί μια σύγχρονη και αξιόπιστη λύση
- Τίθεται όμως το θέμα της διάρκειας ζωής και των φαινομένων γήρανσης σε πραγματικές συνθήκες
- Παράμετρος κλειδί η ικανότητα του μονωτήρα να διατηρεί την υδροφοβική επιφανειακή συμπεριφορά
- Ο ΔΕΔΔΗΕ στην Κρήτη πρωτοπορεί στην χρήση τέτοιων υλικών στα δίκτυα 150kV
- Το πρόγραμμα POLYDIAGNO έδωσε την δυνατότητα συνεργασίας ΔΕΔΔΗΕ – ΤΕΙ - ΙΤΕ
- Έχει ήδη δημιουργηθεί μια πολύ σημαντική υποδομή, με σημαντική συνεισφορά και αποτελέσματα

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης
Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων

Acknowledgments

This work was supported by the POLYDIAGNO research project (code: 11SYN-7-1503) which is a research project implemented through the Operational Program ‘‘Competitiveness and Entrepreneurship’’, Action “Cooperation 2011” and is co-financed by the European Union (European Regional Development Fund) and Greek national funds (National Strategic Reference Framework 2007 - 2013).

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΠΑΝ ΙΙ
ΕΣΠΑ 2007-203
η περιφέρεια στο επίκεντρο της ανάπτυξης

ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα γι.α την ανάπτυξη

Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων
ΕΥΔΕ-ΕΤΑΚ

Ε. Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΝ ΙΙ), ΠΕΠ Μακεδονίας – Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας – Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής

ΔΕΔΔΗΕ
ΤΕΙ Κρήτης

Δρ-Μηχ Κυριάκος Σιδεράκης
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Ενεργειακών και ΦΒ Συστημάτων
Τομέας Υψηλών Τάσεων