



# Newsletter

Χρόνος 7, Τεύχος 12

<http://nn.physics.auth.gr>

Θεσσαλονίκη, Ιούλιος 2011

## Περιεχόμενα

1. Διεθνή Συνέδρια - Σχολεία & Έκθεση στις Νανοτεχνολογίες & τα Οργανικά Ηλεκτρονικά "NANOTECHNOLOGY 2011"....1	
2. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ: Συνεργατικά έργα στα πλαίσια του ΕΣΠΑ	
- ΝανοΑρθροΧόνδρος: "Νανοϋλικά με Βιοενεργούς παράγοντες για την αναγέννηση Χόνδρου και την καταπολέμηση της Οστεοαρθρίτιδας".....6	
- ΝανΟργανικ: Ανάπτυξη των Οργανικών Υλικών και Φωτοβολταϊκών.....7	
- ΥΦΑΝΤΡΟΝΙΚ: Έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα .....8	
3. ROleMak: 2.75 εκ. Ευρώ για την ανάπτυξη των Οργανικών Ηλεκτρονικών στην Κεντρική Μακεδονία.....10	
4. Αλληλεπίδραση της πρωτεϊνικής Επικράτειας A1 ...: Η Νανοτεχνολογία στην Υπηρεσία της Ιατρικής.....11	
5. Μελέτη του Μορίου της LDL-Χοληστερόλης με τη Χρήση του Μικροσκοπίου Ατομικής Δύναμης.....15	
6. Νανοτεχνολογία στη Μελέτη Βιομεμβρανών σε Καρδιολογικές Συσκευές.....17	
7. Συνέντευξη με τον Καθ. Αθ. Κωνσταντόπουλο, Πρόεδρο του ΕΚΕΤΑ.....19	
8. Interview with Dr. Christos Tokamanis, Head of Unit "Nanosciences and Nanotechnologies" of European Commission.....26	

## 1. Διεθνή Συνέδρια - Σχολεία & Έκθεση στις Νανοτεχνολογίες & τα Οργανικά Ηλεκτρονικά "NANOTECHNOLOGY 2011"



Το γεγονός της χρονιάς είναι η Διεθνής συνάντηση NANOTECHNOLOGY 2011, η οποία θα πραγματοποιηθεί από τις 9-16 Ιουλίου 2011, στο συνεδριακό κέντρο "Ι. Βελλίδης" της HELEXPO, στη Θεσσαλονίκη. Η NANOTECHNOLOGY 2011 συνδυάζει τη διενέργεια των καθιερωμένων Διεθνών Συνεδρίων NN11, ISFOE11 και του Θερινού Σχολείου ISSON11 με την Έκθεση Νανοτεχνολογίας που θα φέρει κοντά καινοτόμους από την Ακαδημαϊκή κοινότητα, τα Ερευνητικά κέντρα και τη Βιομηχανία ώστε να έρθει η Νανοτεχνολογία από το εργαστήριο στην αγορά. Αποτελεί την ευκαιρία να γνωστοποιηθούν και να προωθηθούν οι νέες εξελίξεις στον ραγδαία αναπτυσσόμενο τομέα των Νανοτεχνολογιών και των Οργανικών Ηλεκτρονικών, αφού συ-

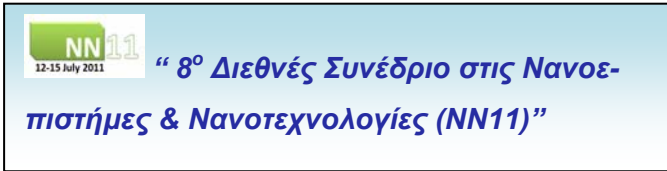
γκεντρώνει πάνω από 600 παρουσιάσεις και 1.000 επαγγελματίες από τον τεχνολογικό και τον τομέα των επιχειρήσεων. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την προαγωγή ερευνητικών και βιομηχανικών συνεργασιών και τη διάδοση της τεχνολογίας με συνεχείς ευκαιρίες αλληλεπίδρασης.

Η NANOTECHNOLOGY Διεθνής έκθεση θα διενεργηθεί από τις 11-15 Ιουλίου, με τα ακόλουθα εκθέματα:

- Large scale Organic Electronics & Photonics
- Micro & Nanoelectronics
- Nanotechnology in Energy & Environment
- NanoFabrication & Nano-Construction
- Metrology, Equipment & Characterization systems
- Nanotechnology in Agriculture & Food
- Nanotextile – Clothing & Fashion

- Nanomedicine
- Nano Biotechnology & Pharmacy
- Business & Venture

Η διοργάνωση της NANOTECHNOLOGY 2011 γίνεται από το εργαστήριο Λεπτών Υμενίων Νανοσυστημάτων και Νανομετρολογίας (LTFN) του Α.Π.Θ. και τη HELEXPO.



Το NN11, το Διεθνές παγκοσμίου εμβέλειας γεγονός στις Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες, θα πραγματοποιηθεί στις 12-15 Ιουλίου 2011. Το NN11 εστιάζει στις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα των N&N και την προαγωγή ουσιαστικών επιστημονικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ ερευνητών από διάφορα πεδία. Το NN11 περιλαμβάνει τρία workshops και ειδικές ενότητες, όπου θα δοθούν ομιλίες από διεθνώς αναγνωρισμένους επιστήμονες και αντιπροσώπους της βιομηχανίας. Πιο συγκεκριμένα, τα workshops είναι:

**Workshop 1: Plasmonics – Nanoelectronics & Clean Energy** (με τις παρακάτω θεματικές ενότητες)

- Nanoelectronics
- Nano-optoelectronics
- Photonics
- Nanomaterial based LEDs and lighting devices
- Organic and hybrid nanostructure devices
- Plasmonics Devices and metallic nanostructures
- Spintronics
- MEMS, NEMS, Nanosensors and Biosensors
- Molecular electronics and photonics
- Self organized molecules and systems
- Nanolithography
- Photovoltaics inorganic materials and concepts
- Thin Film Photovoltaics
- Energy Harvesting and Storage
- Fuel cells (processing, testing, demonstration)
- Dye Sensitized Solar Cells
- Organic Semiconductors
- Nanotechnology for Thermal Solar
- Advances on Thermoelectric materials & devices
- New properties at interfaces

- Interface phenomenon in thin film deposition
- Theoretical Modelling, Simulations & Computational Methodologies
- Instrumentation, Nanometrology and Nanotools
- Commercialization

**Workshop 2: Nanomaterials, Nanofabrication, Nanoengineering & Nanoconstruction**

- Graphene
- Nanotubes, Fullerenes, Nanocomposites
- Polymer Nanotechnology and Polymer Nanocomposites
- Organic-inorganic nanohybrids
- Quantum dots, quantum wires and methods for their growth and self assembly
- Magnetic properties of nanocomposites and multilayers
- Nanostructured thin films
- Self assembled molecular materials
- Nanopowders and granular materials in nanoscale
- Nanomaterials & Coatings in construction
- Nanocomposite and nanostructured materials for construction applications
- Nanoparticles & Nanoadditives in Building materials
- Protective and Decoration coatings and thin films
- Synthesis, Processing & Characterisation of Nanomaterials and Thin Films
- Enhanced mechanical properties due to nanostructuring
- Size-dependent properties of nanomaterials
- Nanomechanics, Nanoindentation and Nanotribology
- Instrumentation, Nanometrology and Nanotools
- Theory, modeling & computational methods
- Laser and photon for synthesis, structuring, processing of nanomaterials, thin films, polymers
- Electronic and optoelectronic properties of nanostructured inorganic, hybrid and composites
- Biomimetic and Responsive Materials
- Biological, catalytic and electrochemical activity
- hydrophobicity of patterned nanosurfaces
- Commercialization

**Workshop 3: Nanomedicine**

- Nanotechnology in Biology
- Biological Systems and Biological Structures
- Self-assembly and self-organization
- Nanobiotechnology

- Nanotechnology for Health and Food products
- Nanostructures for medical applications
- Biomaterials and Nanomaterials for biosensing, imaging, diagnostic and vectorization
- Nanofibres, Nanoparticles and Nanotubes
- Nanophotonics in nature and adapted to biometric and biosensors for active nanosystems
- Biomechanics
- Versatile Nanotech tools and nanomaterials in Medicine
- In-vitro Diagnostics: Biosensors, Lab-on-chips, biomarkers
- In-vivo Diagnostics and imaging
- Targeted Drug Delivery
- Regenerative Nanomedicine
- Cellular and Tissue Engineering
- Stem Cells
- Nanodrugs and Nanopharmacy
- Nanodentistry
- Nanomedicine for the fight against human diseases
- Update on Preclinical and Clinical trials on Nanomedicine
- Nanotoxicity, Nanotoxicology and Risk Assessment
- Nanomedicine Commercialization
- NN11 Special Events

**Το πρόγραμμα του NN11 επιπλέον περιλαμβάνει τα παρακάτω γεγονότα:**

- NanoPV Special Workshop
- Παρουσιάσεις από 30 χρηματοδοτούμενα από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα R&D προγράμματα
- Συζήτηση & Debate Στρογγυλής Τραπέζης για τη Νανοϊατρική
- Brokerage Event

Πιο συγκεκριμένα, το **NanoPV Workshop** θα καλύψει το πεδίο των Φωτοβολταϊκών, με τις εξής θεματικές ενότητες:

- 3rd Generation Photovoltaic Cells
- Nanodots or nanowires based PVs
- Organic & Dye-Sensitized Photovoltaic Cells
- Plasmonic Photovoltaic Cells
- Innovative nanostructures for future PVs
- Thin Film Photovoltaics

Οι συντονιστές των χρηματοδοτούμενων από την ΕΕ έργων (**NMP ENERGY & HEALTH**) θα παρουσιάσουν τα βασιζόμενα στη Νανοτεχνολογία αποτελέσματά τους με σκοπό την βελτιστοποίηση

της διάγνωσης και θεραπείας των ανθρώπινων ασθενειών.

**Η συζήτηση Στρογγυλής Τραπέζης για τη Νανοϊατρική** θα αφορά “Προκλήσεις της Νανοϊατρικής στην Κλινική Πρακτική” και το **Debate** στη Νανοϊατρική θα εστιάζεται στην “Αποτελεσματικότητα της Νανοϊατρικής vs Τοξικότητας”.

Το **BROKERAGE EVENT (B2B)** αποτελεί το κύριο γεγονός για τη διάδοση της Τεχνολογίας και τη σύναψη Επιχειρησιακών συνεργασιών. Στόχος του είναι να παρέχει στους συμμετέχοντες οργανισμούς που δραστηριοποιούνται στο πεδίο των Νανοτεχνολογιών & των Οργανικών Ηλεκτρονικών στις παρακάτω ευκαιρίες:

- Να παρουσιάσουν τις καινοτόμες τεχνολογίες τους
- Να βρουν νέες τεχνολογικές λύσεις
- Να έρθουν σε επαφή με πιθανούς επαγγελματικούς συνεργάτες
- Να βρουν συνεργάτες για μελλοντικές συμπράξεις σε Ευρωπαϊκά R&D έργα
- Να συνάψουν και να εδραιώσουν “διασυνοριακές” επαφές
- Nano Biotechnology & Pharmacy
- Business & Venture

Κατά τη διάρκεια του NN11 θα πραγματοποιηθεί απονομή Βραβείων για την Καλύτερη **Προφορική Παρουσίαση** και το καλύτερο **Poster**.

Το NN11 διοργανώνεται από το Εργαστήριο **LTFN**, το **Διατμηματικό Διεπιστημονικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών N&N**, το Θεματικό Δίκτυο **NANONET**, και τη **HELEXPO**.



Το 4<sup>ο</sup> Διεθνές Συμπόσιο στα Εύκαμπτα Οργανικά Ηλεκτρονικά (ISFOE11) θα πραγματοποιηθεί από τις 10-13 Ιουλίου 2011. Το ISFOE11 αποτελεί το αναγνωρισμένο Διεθνώς Επιστημονικό & Ερευνητικό γεγονός στα Οργανικά Ηλεκτρονικά.

Στο ISFOE11 συγκεντρώνονται διεθνούς φήμης επιστήμονες, μηχανικοί και αντιπρόσωποι από βιομηχανίες για να συζητήσουν και ανταλλάξουν ιδέες και να λύσουν φλέγοντα ζητήματα στα Οργανικά Ηλεκτρονικά.

Τα θέματα που πραγματεύεται το ISFOE είναι:

- Organic Semiconductor materials
- Organic/inorganic and hybrid materials and systems
- Molecular electronics, Photonics & Plasmonics
- Self-organized molecules and systems
- Morphology & Interfaces characterization
- Device Properties and Charge transport
- High efficiency approaches in vacuum and printing technologies
- Barrier Materials and Encapsulation Methods
- Transparent Electrodes
- Flexible substrates & encapsulation methods
- Theory, Design, Modelling, Simulations & Computational Methods
- Synthesis of new materials and methods
- Thin film fabrication by lab- and large area processes
- Roll-to-roll and in-line Quality control processes
- Organic Photovoltaics
- OLED Displays & Lighting
- Thin Film Batteries
- OTFT Circuits & RFIDs
- Sensors & Smart Textiles
- Integrated Smart Systems

### ISFOE11 Παράλληλες δράσεις & ενότητες

#### Workshop στα Οργανικά Φωτοβολταϊκά (OPVs)

Το OPV Workshop συνδυάζεται με το NanoPV Workshop και θα πραγματοποιηθεί στις 11 με 13 Ιουλίου στο Συνεδριακό κέντρο "Ι. Βελλίδης". Τα δύο Workshop καλύπτουν όλες τις πτυχές των υλικών, συσκευών, αρχιτεκτονικών και κατασκευαστικών διαδικασιών των Φωτοβολταϊκών.

Πιο συγκεκριμένα οι θεματικές ενότητες του OPV Workshop περιλαμβάνουν:

- Organic Semiconductor materials
- Organic hybrid materials and systems

- Synthesis of new materials
- Polymer & Small Molecule OPVs
- Morphology & Interfaces characterization
- Device lifetime, ageing and reliability
- Charge transport and microstructure relationships
- Approaches in vacuum and printing technologies
- Thin film fabrication by lab- and large area processes
- Thin film monitoring and optimization of processes
- Process, Manufacturing & Applications
- Device Architectures
- Theory, Design, Modelling & Simulations

#### Ειδική ενότητα 1: Στρατηγική & R&D Προγράμματα στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ & την Ασία στα Οργανικά Ηλεκτρονικά

Σε αυτή την ενότητα αντιπρόσωποι από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, τις ΗΠΑ και την Ασία θα παρουσιάσουν τη στρατηγική της Ευρώπης, των ΗΠΑ και της Ασίας στα Οργανικά Ηλεκτρονικά.

Επιπλέον, θα παρουσιαστούν μέσω ομιλιών και **Poster Session οι τελευταίες εξελίξεις στα Οργανικά Ηλεκτρονικά που προκύπτουν από 25** χρηματοδοτούμενα από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή προγράμματα, δίνοντας το βήμα σε ουσιαστικές συζητήσεις και νέες συνεργασίες.

#### Ειδική Ενότητα 2 : Laser Printing Technologies

Η Laser Printing Technology είναι μια απλή διαδικασία που επιτρέπει την απευθείας εκτύπωση μιας μεγάλης ποικιλίας υλικών, σε υγρή ή στερεή φάση, με σκοπό την κατασκευή μελλοντικών Οργανικών Ηλεκτρονικών.

Οι θεματικές αυτής της ενότητας είναι οι εξής:

- Laser printing process, influence of wavelength and pulse duration.
- Materials for laser transfer
- Modeling and Diagnostics of Laser induced Forward Transfer
- OLED laser printing
- OTFT laser printing



- Biosensors and chemical sensors laser printing
- RFID tag laser printing

Τέλος, θα δοθεί το **Βραβείο Νέου Ερευνητή** για την καλύτερη Προφορική & Poster Παρουσίαση. Το ISSOE11 διοργανώνεται από το Εργαστήριο **LTFN**, το **ΑΠΘ** και τη **HELEXPO**.



Το ISSON11 θα πραγματοποιηθεί στις 9-16 Ιουλίου του 2011, συμπεριλαμβανομένης της συμμετοχής και στο NN11. Το ISSON11 είναι μια ανασκόπηση της τρέχουσας κατάστασης της γνώσης στα ραγδαία αναπτυσσόμενα πεδία των N&N και αποσκοπεί στην εκπαίδευση της **επόμενης γενιάς** ερευνητών και επιστημόνων.

Θα δοθούν ομιλίες από διακεκριμένους επιστήμονες για τις νέες εξελίξεις και τις τεχνικές αιχμής των N&N, όπως επίσης θα πραγματοποιηθεί και επιδείξεις των εργαστηριακών εγκαταστάσεων για την ανάπτυξη και τον χαρακτηρισμό υλικών στη νανοκλίμακα.

Οι ISSON ομιλίες χωρίζονται σε 3 κατευθύνσεις που θα καλύψουν συγκεκριμένες περιοχές των N&N και αυτές είναι:

### **Κατεύθυνση 1: N&N**

Αρχές, Νανοϋλικά, Χαρακτηρισμός στη Νανοκλίμακα και Εφαρμογές

### **Κατεύθυνση 2: Οργανικά Ηλεκτρονικά**

Αρχές, Υλικά, Συσσκευές, Διεργασίες και Εφαρμογές

### **Κατεύθυνση 3: Νανοϊατρική**

Νανοβιοτεχνολογία, Νανοϊατρική, Μέθοδοι και Εφαρμογές

Το ISSON11 απευθύνεται σε :

- Προπτυχιακούς φοιτητές
- Πτυχιούχους φοιτητές
- Μεταπτυχιακούς φοιτητές

- Μεταδιδάκτορες
- Επιστήμονες ερευνητές
- Όλους όσους επιθυμούν να γνωρίσουν και να εφαρμόσουν τη Νανοτεχνολογία στις ερευνητικές τους δραστηριότητες

Το ISSON11 διοργανώνεται από το Εργαστήριο **LTFN**, το **Διατμηματικό Διεπιστημονικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών N&N** και το Θεματικό Δίκτυο **NANONET**.



Η NANOTECHNOLOGY 2011 αναμένεται να αποτελέσει το μέσο για την ανάδειξη καινοτομικών και επενδυτικών ευκαιριών στη ΝΑ Ευρώπη και την περιοχή των Βαλκανίων σε αυτούς τους τομείς. Στη NANOTECHNOLOGY 2011 θα λάβουν χώρα περισσότερες από 600 παρουσιάσεις από 50 χώρες και με συμμετοχές περισσότερους από 1.000 ειδικούς που περιλαμβάνουν ερευνητές και επιστήμονες καθώς και επιχειρηματίες, εκπροσώπους από τη βιομηχανία, επενδυτές, εκπροσώπους από το χώρο των υπηρεσιών και ειδικούς μεταφοράς τεχνολογίας. Ο εντοπισμός ευκαιριών συνεργασίας και οι προοπτικές για την αξιοποίηση τους μέσα από αυτές τις δράσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς: α) ελληνικές ερευνητικές ομάδες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και καθοδηγούν την έρευνα στην Ευρώπη σε αυτά τα πεδία και

β) η αξιοποίηση και εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων έρευνας που προκύπτουν από αυτά τα πεδία αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση για άμεση οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της χώρας μας. Πληροφορίες σχετικά με τη NANOTECH 2011 μπορείτε να βρείτε στην Ιστοσελίδα <http://www.nanotechnology.com/>

Φ. Λ.

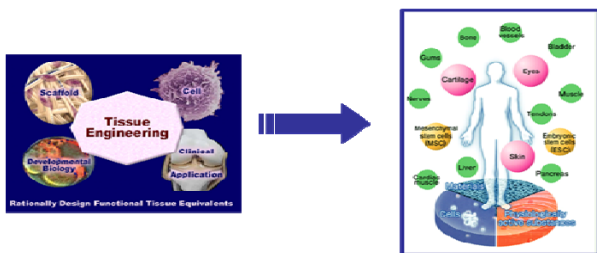
Φοιτήτρια Φαρμακευτικής Σχολής ΑΠΘ

## 2. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ: Συνεργατικά στα πλαίσια του ΕΣΠΑ

### **ΝανοΑρθροΧόνδρος: “Νανοϋλικά με Βιοενεργούς παράγοντες για την αναγέννηση Χόνδρου και την καταπολέμηση της Οστεοαρθρίτιδας”**

Η Οστεοαρθρίτιδα ή εκφυλιστική αρθροπάθεια που προσβάλλει κυρίως τον αρθρικό χόνδρο των αρθρώσεων αποτελεί ένα σημαντικό κοινωνικό πρόβλημα, διότι οδηγεί σε αναπηρίες και απομάκρυνση από την εργασία σημαντικής μερίδας ανθρώπων που βρίσκονται σε παραγωγική ηλικία και επιφέρει σημαντικά οικονομικά βάρη σε ασθενείς και στο σύστημα υγείας.

Μια προσέγγιση για την αντιμετώπιση της Οστεοαρθρίτιδας αλλά και γενικότερα άλλων εκφυλιστικών παθήσεων είναι ο συνδυασμός της Νανοϊατρικής και της Νανοτεχνολογίας. Η κατανόηση της λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού σε μοριακό επίπεδο και η δυνατότητα παρέμβασης σε ασυμπτωματικό, πρώιμο στάδιο της νόσου για καθυστέρηση ή ακόμη και αναστολή εξέλιξης μίας εκφυλιστικής νόσου αποτελούν σημαντικές προκλήσεις της Νανοϊατρικής. Η Νανοτεχνολογία προσφέροντας βιομιμητικά και βιοαποικοδομήσιμα νανοϋλικά με άριστες επιφανειακές ιδιότητες και υψηλής ευαισθησίας απεικονιστικές τεχνικές μπορεί να παίξει βασικό ρόλο στην ανάπτυξη θεραπειών για τοπική αναγέννηση των κατεστραμμένων ιστών.



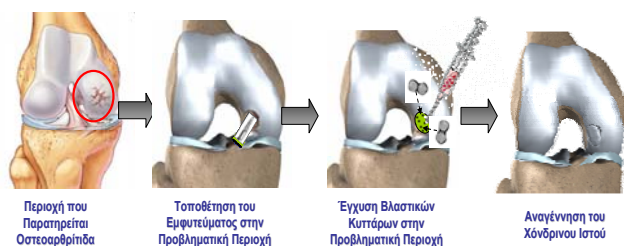
Η κύρια ιδέα του “ΝανοΑρθροΧόνδρος” είναι η δημιουργία μιας νέας στρατηγικής μεθόδου/θεραπείας για την αναγέννηση χόνδρου στην αρθρική περιοχή του γόνατος με την ανάπτυξη νανοβιομιμητικών σύνθετων ικριωμάτων, το συνδυασμό τους με πρωτεϊνικούς βιοενεργούς παράγοντες και βλαστικά κύτταρα. Αυτό θα οδηγήσει στο να εξασφαλιστεί η προσέλκυση, και ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων-στόχων προάγοντας με αυτό

τον τρόπο την ιστική αναγέννηση. Επιπλέον, θα προωθηθεί και η χρήση καινοτόμων τεχνικών υψηλής διακριτικής ικανότητας για τη μελέτη των πρωτεϊνικών και κυτταρικών αλληλεπιδράσεων σε νανοκλίμακα με επακόλουθο περιορισμό των μελετών σε ζώα. Γενικότερα, το “ΝανοΑρθροΧόνδρος” θα αποτελέσει τη βάση για την παραγωγή εμφυτευμάτων από έξυπνα βιοϋλικά που επάγουν την τοπική αναγέννηση των κατεστραμμένων ιστών σε ποικίλες κλινικές εφαρμογές στον τομέα της Αναγεννητικής Ιατρικής.

#### **Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι του ΝανοΑρθροΧόνδρος είναι:**

- Η ανάπτυξη βιολειτουργικών σύνθετων ικριωμάτων τα οποία θα αποτελούνται από νανοϋμένια ανεπτυγμένα με 3D τεχνικές κενού και πολυμερικά ικριώματα με την τεχνική της ηλεκτροστατικής ισοποίησης ώστε να διασφαλίζουν το 3D περιβάλλον για την ανάπτυξη των χονδροκυττάρων
- Η επίτευξη της βιολειτουργικότητας των σύνθετων ικριωμάτων με καθήλωση βιοενεργών πρωτεϊνικών παραγόντων, τα οποία αναμένεται να εμπλακούν στην προσέλκυση χονδροκυττάρων από τον γεινιάζοντα χώρο και να μιμηθούν (τα καθηλωμένα μόρια) τον φυσικό περιβάλλοντα χώρο των χονδροκυττάρων, να επάγουν τη διαφοροποίηση βλαστικών κυττάρων που θα ενεθθούν στην περιοχή εκφυλισμού του χονδρικού ιστού και να προστατεύσουν τα υπάρχοντα υγιή και τα νέα χονδροκύτταρα από πιθανή νέα αλλοίωση
- Η ανάπτυξη του εμφυτεύματος, το οποίο θα αποτελείται από το βιολειτουργικό σύνθετο ικριώμα και την πρόθεση στήριξης για τη μηχανική σταθεροποίηση του εμφυτεύματος στην περιοχή της άρθρωσης

- iv) Ο περιορισμός των πειραματικών δοκιμών σε ζώα με την ανάπτυξη τεχνικών σε πραγματικό χρόνο για in-vitro έλεγχο της καθήλωσης βιοενεργών μορίων, προσκόλληση κυττάρων που θα συνδυάζονται με τεχνικές εκτίμησης της βιοσυμβατότητας κάτω από δυναμικές συνθήκες ώστε να αξιολογηθούν η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια των νέων προτεινόμενων βιοϋλικών
- v) Η δημιουργία του ολοκληρωμένου εμφυτεύματος ως τελικού προϊόντος του προτεινόμενου έργου, με την ενδοαρθρική έγχυση βλαστικών κυττάρων στο εμφύτευμα.



Οι παραπάνω στόχοι βρίσκονται σε απόλυτη συμφωνία με τους E&T ΤΟΜΕΙΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ της προκήρυξης και πιο συγκεκριμένα με τον τομέα “4.1 Νανοϊατρική και Βιοϊατρική Μηχανική”. Το έργο ΝανοΑρθροΧόνδρος θα οδηγήσει στην ανάπτυξη βιολειτουργικών νανοϋλικών, ανεπτυγμένων σε προθέσεις και ευρισκομένων σε επαφή με βλαστικά κύτταρα που θα επάγουν την αναγέννηση χόνδρου. Στα πλαίσια του ΝανοΑρθροΧόνδρος θα ακολουθηθεί μια **διεπιστημονική μεθοδολογία** που θα συνδυάζει διαδικασίες από την Επιστήμη Υλικών,

Νανοτεχνολογία, Βιολογία, Βιοχημεία, Ιατρική-Αναγεννητική Ιατρική, τις διαδικασίες ανάπτυξης των νανοβιοϋλικών και τον αναλυτικό χαρακτηρισμό και έλεγχο των φυσικών και βιολογικών ιδιοτήτων στη νανοκλίμακα. Κατά συνέπεια, το ΝανοΑρθροΧόνδρος θα προσφέρει μια εναλλακτική ώθηση στις στρατηγικές εφαρμοσμένης μηχανικής χονδρικού ιστού με τελικό στόχο την αναγέννηση του χόνδρου και τη θεραπεία της αρχόμενης οστεοαρθρίτιδας.

Οι συμμετέχοντες φορείς στο ΝανοΑρθροΧόνδρος (2 Πανεπιστήμια, 2 εταιρίες) είναι διεθνώς αναγνωρισμένοι για την αριστεία τους στην ανάπτυξη βιολειτουργικών νανοϋλικών, τη μελέτη της βιοσυμβατότητας τους, την παραγωγή καινοτόμων ορθοπαιδικών εμφυτευμάτων και στην περιοχή των κυτταρικών θεραπειών με χορηγήσεις βλαστοκυττάρων από το λιπώδη ιστό αλλά και το μυελό των οστών. Η συμπληρωματικότητα στις δυνατότητες και στην εξειδίκευση των συμμετεχόντων φορέων εγγυάται την επίτευξη των στόχων του έργου και των καινοτόμων προσεγγίσεων του. Το ΝανοΑρθροΧόνδρος θα οδηγήσει στη σημαντική ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των Ελληνικών φορέων έρευνας, ανάπτυξης και βιομηχανικής παραγωγής.

*Π. Καβατζικίδου*

*Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια*

## ΝανΟργανικ: Ανάπτυξη των Οργανικών Υλικών και Φωτοβολταϊκών

Το ερευνητικό πρόγραμμα ΝανΟργανικ έχει σαν στόχο την ανάπτυξη νανοδομικών οργανικών & ανόργανων υλικών και υμενίων για την Παραγωγή Οργανικών Ηλεκτρονικών Διατάξεων (όπως εύκαμπτα οργανικά φωτοβολταϊκά και ηλεκτρονικά κυκλώματα). Το ΝανΟργανικ συντονίζεται από το εργαστήριο LTFN του Τμ. Φυσικής ΑΠΘ, ενώ στους συμμετέχοντες φορείς συμπεριλαμβάνονται το Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Πατρών, το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, και οι εταιρίες Advent Technologies και ΠΡΙΣΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ.

Η κύρια ιδέα του ερευνητικού έργου ΝανΟργανικ είναι η δημιουργία μιας πλήρους τεχνολογίας Οργανικών Ηλεκτρονικών η οποία περιλαμβάνει:

**α)** Την ανάπτυξη προηγμένων οργανικών ημιαγωγών (πολυμερών και μικρών μορίων), διαφανών ηλεκτροδίων και νανο-δομικών υλικών φραγμού, με τεχνικές Printing και κενού, που θα χαρακτηρίζονται από βελτιωμένες ιδιότητες (οπτικές, ηλεκτρικές, δομικές) και μορφολογία, μέσω του καθορισμού της χημικής μικροδομής τους

**β)** Το συνδυασμό των τεχνολογιών Printing και κενού για την ανάπτυξη οργανικών ηλεκτρονικών διατάξεων τόσο σε σκληρά όσο και σε εύκαμπτα υποστρώματα, όπως π.χ. οργανικών φωτοβολταϊκών στοιχείων (ΟΦΣ) και οργανικών κυκλωμάτων (Organic Thin Film Transistor -OTFT)

**γ)** Τη συμβατότητα των υλικών και των τεχνικών ανάπτυξης με διαδικασίες ευρείας κλίμακας και χαμηλού κόστους (large-scale, low-cost) με στόχο την άμεση εφαρμογή τους σε βιομηχανική κλίμακα για την κατασκευή ηλεκτρονικών διατάξεων σε πολυμερικά υποστρώματα.

Η τεχνολογία που θα αναπτυχθεί στο NavOrganic θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πέρα από τα πλαίσια του έργου, και για την παραγωγή άλλων ποικίλων οργανικών ηλεκτρονικών διατάξεων, όπως αισθητήρες, OLEDs, RFIDs, κτλ, ή πιο σύνθετων ηλεκτρονικών διατάξεων και συστημάτων.

Οι συμμετέχοντες φορείς στην Σύμπραξη του NavOrganic (2 Πανεπιστήμια, 1 Ερευνητικό κέντρο, 2 εταιρίες υψηλής τεχνολογίας) είναι διεθνώς αναγνωρισμένοι για την αριστεία τους στη σύνθεση και ανάπτυξη οργανικών και ανόργανων υλικών και λεπτών υμενίων, τη μελέτη των ιδιοτήτων (οπτικών, ηλεκτρικών, δομικών) και τις διαδικασίες υγρής χη-

μείας, Printing και κενού για την ανάπτυξη οργανικών ηλεκτρονικών διατάξεων.

Η ερευνητική ομάδα του ΑΠΘ είναι διεθνώς αναγνωρισμένη ως ένα κέντρο αριστείας στα Οργανικά Ηλεκτρονικά και έχει πολυετή εμπειρία στην ανάπτυξη λεπτών υμενίων με τεχνικές κενού, υγρής χημείας και Printing, αλλά και στην μελέτη των οπτικών και άλλων φυσικών ιδιοτήτων λεπτών υμενίων και νανοδομικών υλικών. Οι ερευνητικές ομάδες των ΠΠ και ΙΤΕ έχουν πολυετή εμπειρία στην σύνθεση πολυμερικών νανοδομικών υλικών και στο λεπτομερή χαρακτηρισμό τους. Τη σύμπραξη συμπληρώνουν οι εταιρίες Advent και Πρίσμα οι οποίες έχουν σημαντική τεχνογνωσία στην ανάπτυξη οργανικών υλικών σε μεγάλη κλίμακα και στην ανάπτυξη μιας πληθώρας ηλεκτρονικών συστημάτων, αντίστοιχα. Οι συντονισμένες και καλά οργανωμένες επιστημονικές ενότητες θα διασφαλίσουν την επιτυχία των καινοτόμων προσεγγίσεων και στόχων του έργου και θα οδηγήσουν στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των Ελληνικών φορέων έρευνας.

*A. Λασκαράκης*

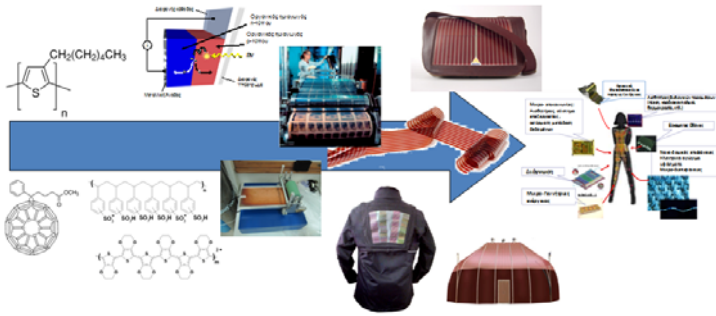
*Μεταδιδακτορικός Ερευνητής*

## **ΥΦΑΝΤΡΟΝΙΚ Έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα**

Η ανάπτυξη καινοτόμων έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για τεχνικές και λειτουργικές εφαρμογές, τα οποία θα έχουν την δυνατότητα να εκτελούν πολλαπλές λειτουργικότητες και να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους έχουν προσελκύσει μεγάλο ερευνητικό και τεχνολογικό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Η δυνατότητα που παρέχει η ραγδαία αναπτυσσόμενη τεχνολογία των εύκαμπτων Οργανικών Ηλεκτρονικών Διατάξεων (οργανικές φωτοβολταϊκές διατάξεις-ΟΦΔ, αισθητήρες-ανιχνευτές, RFIDs, organic light emitting diodes-OLEDs για εικόνα και φως, κ.α.), εκτυπωμένες σχεδόν σε κάθε είδους και μεγέθους επιφά-

νεια, όπως για παράδειγμα ύφασμα, και με διαδικασίες παραγωγής συμβατές με αυτές τις κλωστοϋφαντουργίας, αναμένεται να οδηγήσει στην ανάπτυξη αυτών των νέων έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Για την επίτευξη των παραπάνω είναι απαραίτητος ο **συνδυασμός του κλάδου της κλωστοϋφαντουργίας με τον τομέα των Εύκαμπτων Οργανικών Ηλεκτρονικών.**





Η κύρια ιδέα του ΥΦΑΤΡΟΝΙΚ (Ανάπτυξη Ολοκληρωμένων Εύκαμπτων Κλωστοϋφαντουργικών & Ηλεκτρονικών Προϊόντων) είναι η ανάπτυξη της τεχνολογίας για την παραγωγή και ενσωμάτωση εύκαμπτων οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (υφάσματα για τέντες, καλύμματα, ενδυμασία), αλλά και η σχεδίαση κατάλληλων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων τα οποία θα υποστηρίζουν τις ΟΦΔ για την φόρτιση εξωτερικών φορητών ηλεκτρονικών συσκευών. Η τεχνολογία που θα προκύψει από το έργο, θα αποτελέσει τη βάση για ευρύτερη ενσωμάτωση και άλλων εύκαμπτων οργανικών ηλεκτρονικών διατάξεων στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, όπως αισθητήρες-ανιχνευτές, RFIDs, οθόνες, κεραίες κτλ. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, το ΥΦΑΤΡΟΝΙΚ συνδυάζει την Ελληνική αριστεία και τεχνολογία σε αυτόν τον τομέα.

**Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι του ΥΦΑΤΡΟΝΙΚ είναι:**

1. Ανάπτυξη οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων (ΟΦΔ) σε εύκαμπτα υποστρώματα με τεχνικές Printing που θα χαρακτηρίζονται από σημαντική λειτουργική και δομική σταθερότητα, υψηλό χρόνο ζωής, επιθυμητή απόδοση και ευελιξία στην εφαρμογή τους σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα όπως για παράδειγμα είδη ρουχισμού
2. Ανάπτυξη ηλεκτρονικών κυκλωμάτων για την ηλεκτρική λειτουργικότητα των ΟΦΔ, για την αποθήκευση και περαιτέρω εκμετάλλευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και την διοχέτευση της για φόρτιση. Τα κυκλώματα αυτά θα αποτελούν το μέσο για τη φόρτιση φορητών συσκευών

3. Ενσωμάτωση των ΟΦΔ και των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (υφάσματα, μπουφάν, τέντες σκίασης) με στόχο την “παθητική” παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το κλωστοϋφαντουργικό προϊόν και τη χρήση της για φόρτιση φορητών ηλεκτρονικών συσκευών (κινητά τηλέφωνα, MP3, ηλεκτρονικό βιβλίο, κ.α.)
4. Εκμετάλλευση και μεταφορά των αποτελεσμάτων για τη μελλοντική ενσωμάτωση και άλλων οργανικών ηλεκτρονικών διατάξεων στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, όπως αισθητήρες, βιο-αισθητήρες, εύκαμπτες οθόνες, κεραίες, κ.α.

Η τεχνολογία που θα αναπτυχθεί στο ΥΦΑΤΡΟΝΙΚ θα είναι το σημείο εκκίνησης για επέκταση των εφαρμογών στην ενσωμάτωση και άλλων οργανικών ηλεκτρονικών διατάξεων, όπως αισθητήρες, OLEDs, RFIDs ή πιο σύνθετων ηλεκτρονικών διατάξεων και συστημάτων, για την παραγωγή νέων και έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για διάφορες χρήσεις και με πολλαπλές λειτουργικότητες.

Οι συμμετέχοντες φορείς στη Σύμπραξη του ΥΦΑΤΡΟΝΙΚ (Εργαστήριο Λεπτών Υμενίων, Νανοσυστημάτων – Νανομετρολογίας του Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ, Εταιρία Τεχνολογικής Ανάπτυξης Κλωστοϋφαντουργίας Ένδυσης & Ινών Α.Ε., Ελληνική Υφαντουργία Α.Ε., Πρίσμα Ηλεκτρονικά ΑΒΕΕ και Κώστας Σιαμίδης Α.Ε.) είναι διεθνώς αναγνωρισμένοι για την αριστεία τους στη σύνθεση και ανάπτυξη οργανικών και ανόργανων υλικών και λεπτών υμενίων σε εύκαμπτα πολυμερικά υποστρώματα με ακρίβεια νανομέτρων, στη μελέτη των οπτικών, ηλεκτρικών και δομικών ιδιοτήτων, στην εξέλιξη καινοτόμων πολύ-λειτουργικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και στη σχεδίαση και κατασκευή ηλεκτρονικών διατάξεων. Επιπλέον, η συμπληρωματικότητα της εξειδίκευσης των συμμετεχόντων φορέων εγγυάται την επίτευξη των στόχων του έργου και των καινοτόμων προσεγγίσεων του.

Τα αποτελέσματα του προτεινόμενου έργου θα έχουν μεγάλο όφελος για όλους τους φορείς και ιδιαίτερα για τις εταιρίες οι οποίες εισέρχονται σε αυτές τις τεχνολογίες για την ανάπτυξη νέων καινοτομικών προϊόντων και για την επέκτασή τους σε νέες αγορές. Τέλος, το προτεινόμενο έργο αναμέ-

νεται να έχει σημαντικά οφέλη για την εθνική οικονομία, την κοινωνία, και το περιβάλλον αυξάνοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα όλων των ερευνητικών και βιομηχανικών φορέων του.

Χριστόφορος Γραβαλίδης  
Μεταδιδακτορικός Ερευνητής

### 3. ROleMak: 2,75 εκ. Ευρώ για την ανάπτυξη των Οργανικών Ηλεκτρονικών στην Κεντρική Μακεδονία



Τα Οργανικά Ηλεκτρονικά (ΟΗ), αποτελούν τα τελευταία χρόνια έναν ταχύτατα αναπτυσσόμενο τομέα της νανοτεχνολογίας και μια επαναστατική τεχνολογική δραστηριότητα με απεριόριστες εφαρμογές. Αν και, οι δραστηριότητες των ερευνητικών και βιομηχανικών φορέων στον τομέα αυτό τοποθετούνται σε ένα μεγάλο ποσοστό γεωγραφικά κυρίως στην Κεντρική Ευρώπη, υπάρχουν κοιτίδες έρευνας & ανάπτυξης και σε άλλες χώρες όπως για παράδειγμα το Τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ στην Κεντρική Μακεδονία. Ειδικότερα, το Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας του Τμήματος Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ) έχει πολυετή εμπειρία στα ΟΗ και έχει συντονίσει και υλοποιήσει πολλά ερευνητικά έργα κυρίως ευρωπαϊκά σε θέματα τεχνολογίας υλικών και Οργανικών Ηλεκτρονικών.

Σαν επιστέγασμα των δράσεων αυτών είναι και η έγκριση του ευρωπαϊκού έργου ROleMak (Reinforce Organic Electronics Research Potential in

Kentriki Makedonia). Το έργο αυτό χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο 7<sup>ο</sup> πρόγραμμα πλαίσιο με προϋπολογισμό 2,74 εκατ. Ευρώ. Επιστημονικά υπεύθυνος του έργου είναι ο Καθ. Στ. Λογοθετίδης, Διευθυντής του Εργαστηρίου LTFN. Στα πλαίσια του έργου το ΑΠΘ θα συνεργαστεί και θα κάνει χρήση των υποδομών και της τεχνογνωσίας του και του έμπειρου προσωπικού του με 4 Πανεπιστήμια, 3 Εταιρίες και 3 Ερευνητικά Ινστιτούτα από Γερμανία, Αγγλία & Γαλλία. Επιπλέον 5 Καθηγητές διεθνούς φήμης θα επισκεφτούν και θα δουλέψουν στο εργαστήριο από 4 -18 μήνες έκαστος, αναπτύσσοντας τις τεχνολογίες και εφαρμογές των Οργανικών Ηλεκτρονικών.

Οι στόχοι του ROleMak περιλαμβάνουν:

- i) Ενίσχυση της αριστείας και Βελτίωση των Ερευνητικών Υποδομών του ΑΠΘ στα ΟΗ, με την επέκταση αλλά και την απόκτηση καινούργιου εργαστηριακού εξοπλισμού

- ii) Στρατηγικές Συνεργασίες με Ευρωπαϊκά Κέντρα Αριστείας στα ΟΗ
- iii) Απασχόληση στο ΑΠΘ διεθνών αναγνωρισμένων επιστημόνων στο πεδίο με έντονη ερευνητική αλλά και συγγραφική δραστηριότητα στο ενεργητικό τους
- iv) Ενίσχυση ερευνητικής δράσης του Δυναμικού του ΑΠΘ στα ΟΗ
- v) Διάδοση των αποτελεσμάτων στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας και στην κοινωνία, μέσω συνεδρίων και ημερίδων
- vi) Εμπορική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων σε συνεργασία με παραγωγικούς φορείς της περιοχής.

Έτσι, το έργο ROleMak αποτελεί ένα έργο “Τεχνολογικής Πνοής” για την Κεντρική Μακεδονία, καθώς θα αναδείξει την τεχνολογική και ερευνητική αριστεία της Κεντρικής Μακεδονίας και θα εδραιώσει το σημαντικό ρόλο της στη Νοτιανατολική Ευρώπη. Επιπλέον στα πλαίσια του έργου η συνεργασία του ΑΠΘ με την Αλεξάνδρεια Ζώνη Καινοτομίας, το ΕΚΕΤΑ και παραγωγικούς φορείς, δίνει ευκαιρίες εμπορικής αξιοποίησης των αποτελεσμάτων της έρευνας στα Οργανικά Ηλεκτρονικά, είτε με τη μεταφορά τους σε ήδη υπάρχοντες παραγωγικούς φορείς κυρίως ΜΜΕ με στόχο τον εκσυγχρονισμό τους, είτε στη δημιουργία νέων επιχειρήσεων έντασης γνώσης όπως τεχνοβλαστούς (spin-offs).

Χριστόφορος Γραβαλίδης  
Μεταδιδακτορικός Ερευνητής

#### 4. Αλληλεπίδραση της πρωτεϊνικής Επικράτειας A1 του Παράγοντα Πήξης του Αίματος Von Willebrand με τη Μembranική Πρωτεΐνη A του Χρυσίζοντος Σταφυλόκοκκου: η Νανοτεχνολογία στην Υπηρεσία της Ιατρικής

Η πρόοδος της νανοβιοτεχνολογίας και της υπολογιστικής βιοχημείας την τελευταία δεκαετία έχει αναγάγει τα δύο αυτά εργαλεία σε πολύτιμους συμμάχους του ανθρώπου στην πάλη εναντίον των λοιμώξεων και γενικότερα στην εξέλιξη της ιατρικής πρακτικής. Ένας από τους σημαντικότερους λοιμογόνους παράγοντες της σύγχρονης εποχής, ο *Staphylococcus aureus* ο οποίος εξακολουθεί να αποτελεί μάλιστα του δυτικού και του αναπτυσσόμενου κόσμου μελετήθηκε με σκοπό την εύρεση μεθόδων αντιμετώπισης της σταφυλοκοκκικής μικροβιαμίας, της διασποράς των ενδοοσοκομιακών σταφυλοκοκκικών λοιμώξεων και της επιμόλυνσης των ιατρικών ενδοπροσθέσεων όπως των stents και των οστικών μοσχευμάτων. Μια αποτελεσματική μέθοδος παρεμπόδισης της λοιμογόνου δράσης του *S. Aureus* δύναται να προκύψει από τη μελέτη της αλληλεπίδρασης της επικράτειας A1 του vWF με την υπομονάδα D της πρωτεΐνης A του *S. aureus* (SpaD). Η αλληλεπίδραση της SpaD με τον

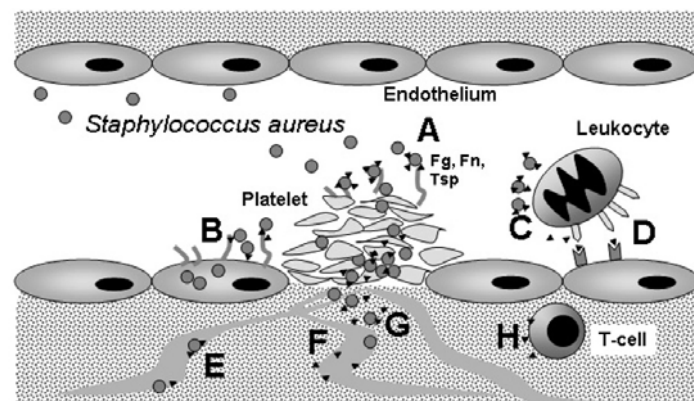
vWF συμβάλλει ουσιαστικά στην αύξηση της λοιμογόνου ισχύος του *S. aureus* κατά τη φάση της μικροβιαμίας, καθώς του δίνει τη δυνατότητα του εποικισμού απομακρυσμένων περιοχών, της διείσδυσης του δια μέσου του τοιχώματος των αγγείων στους πέριξ ιστούς, καθώς και της πρόκλησης ενδοκαρδίτιδας. Για το σκοπό της μελέτης αυτής της αλληλεπίδρασης επιστρατεύτηκαν τεχνικές παρασκευής βιολειτουργικών επιφανειών επί ικριωμάτων. Τέτοιου είδους επιφάνειες με αντιμικροβιακές ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον για την κατασκευή ιατρικού ιματισμού, υλικού επούλωσης τραυμάτων και ιατρικών προσθετικών συσκευών (αγγειακά stents και οστεοπροσθέσεις). Ο *S. aureus* είναι ένα προαιρετικά αναερόβιο μικρόβιο, gram θετικός κόκκος και είναι η πιο κοινή αιτία των σταφυλοκοκκικών λοιμώξεων. Ανακαλύφθηκε στο Aberdeen στη Σκωτία το 1880 από τον Άγγλο χειρουργό Alexander Ogston σε υλικό από πύον χειρουργικών αποστημάτων. Είναι συχνά μέ-

ρος της φυσιολογικής χλωρίδας του δέρματος και ανευρίσκεται συχνά στις ρινικές θαλάμους και στην επιδερμίδα. Περίπου το 20% του ανθρώπινου πληθυσμού είναι επί μακρόν φορείς του *S. aureus*. Ο *S. aureus* μπορεί να προκαλέσει μια σειρά παθήσεων από μικρές δερματικές λοιμώξεις, όπως εξανθήματα, μολυσματικό κηρίο, θυλακίτιδα, κυτταρίτιδα, δοθιήνες έως σύνδρομο αποφολιδωμένης επιδερμίδας (scalded skin syndrome) και αποστήματα. Επιπλέον, μπορεί να προκαλέσει απειλητικές για τη ζωή ασθένειες, όπως πνευμονία, μηνιγγίτιδα, οστεομυελίτιδα, ενδοκαρδίτιδα, σύνδρομο τοξικού σοκ (TSS), βακτηριαιμία και σηψαιμία. Η είσοδος του στον ανθρώπινο ξενιστή επιτυγχάνεται μέσα από το δέρμα, τους μαλακούς ιστούς, το αναπνευστικό σύστημα και από ανοιχτά τραύματα, εξακολουθεί να είναι δε μία από τις πέντε πιο κοινές αιτίες των ενδονοσοκομειακών λοιμώξεων, προκαλώντας συχνά μετεγχειρητικές λοιμώξεις τραύματος.

Ως παθογόνο ο *S. aureus* χρησιμοποιεί την πρωτεΐνη A, μαζί με μια σειρά από άλλες πρωτεΐνες και παράγοντες επιφάνειας για να ενισχύσει την επιβίωση και κατά συνέπεια την παθογένειά του. Η πρωτεΐνη βοηθά στην παρεμπόδιση της φαγοκυττάρωσης και της εγκόλπωσης του βακτηρίου και λειτουργεί ως μια μέθοδος ανοσολογικής μεταμφίεσης.

Η πρωτεΐνη A είναι μια επιφανειακή πρωτεΐνη μοριακού βάρους 40-60 kDa και ανήκει στην κατηγορία των MSCRAMM. Περιλαμβάνει 4 με 5 ομόλογες επαναλαμβανόμενες πρωτεϊνικές επικράτειες των 56-61 αμινοξέων.

Ο vWF είναι μια πολυμερής γλυκοπρωτεΐνη μεγάλου μοριακού βάρους που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε ό,τι αφορά στην λειτουργία της αιμόστασης, ειδικά στα αγγεία μικρής διαμέτρου, στα οποία επικρατούν συνθήκες υψηλής διατμητικής τάσης. Ο vWF κυκλοφορεί μέσα στο πλάσμα, εντοπίζεται μέσα στα αιμοπετάλια καθώς και στο ενδοθηλιακό τοίχωμα των αγγείων, το οποίο αποτελεί και τη θέση από την οποία εκκινεί και ο σχηματισμός του θρόμβου.



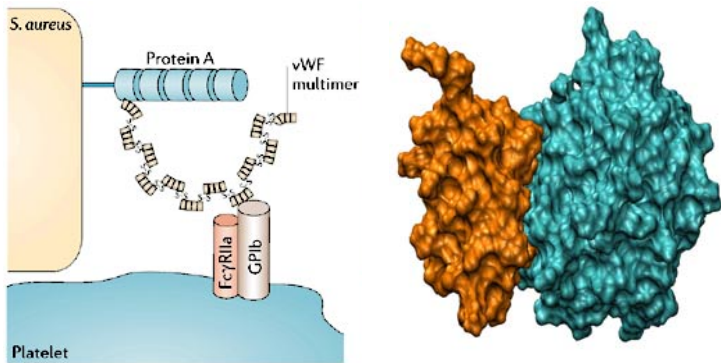
Εικόνα 1.: Αλληλεπίδραση του *S. aureus* με το ενδοθήλιο των αγγείων και τα αιμοπετάλια. Στην αλληλεπίδραση αυτή εμπλέκεται σε μεγάλο βαθμό και η πρωτεΐνη A του *S. aureus*

Η υπομονάδα A της πρωτεΐνης A έχει την ιδιότητα να συνδέεται με τον παράγοντα von Willebrand με αγκιστεία της τάξης των 15 nM, όπως προσδιορίζεται με την τεχνική Surface Plasmon Resonance, χρησιμοποιώντας πλήρως ανασυνδυασμένη πρωτεΐνη A και παράγοντα von Willebrand απομονωμένο από το πλάσμα. Η αλληλεπίδραση αυτή λαμβάνει χώρα και σε φυσιολογικές συγκεντρώσεις IgG, γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτή η αλληλεπίδραση λαμβάνει χώρα και in vivo.

Η ικανότητα το *S. aureus* να συνδέεται με τον vWF πιθανολογείται ότι συμβάλλει στην προσκόλληση του βακτηρίου στα αιμοπετάλια και σε τραυματισμένα αιμοφόρα αγγεία. Η σύνδεση της Spa με τον vWF προάγει με αυτόν τον τρόπο την ικανότητα του *S. aureus* κατά τη διάρκεια της μικροβιαμίας να μεταναστεύει σε περιοχές απομακρυσμένες από την πρωτογενή λοίμωξη και να προξενεί δευτερογενείς λοιμώξεις στα οστά, στον εγκέφαλο, στους πνεύμονες και στο ήπαρ (Goering et al. 2007), χρησιμοποιώντας ως όχημα μεταφοράς τα αιμοπετάλια. Η ενδιάμεση γέφυρα σύνδεσης του *S. aureus* με τα αιμοπετάλια είναι ο παράγοντας vWF ο οποίος ευρίσκεται φυσιολογικά συνδεδεμένος με τα αιμοπετάλια μέσα στο πλάσμα. Με αυτή τη διαδικασία σύνδεσης διευκολύνεται και η δημιουργία σταφυλοκοκκικής ενδοκαρδίτιδας στην περίπτωση μιας σταφυλοκοκκικής μικροβιαμίας, καθώς στις καρδιακές βαλβίδες υπάρχει άφθονη ποσότητα κολλαγόνου που μπορεί να αποτελέσει υπόστρωμα

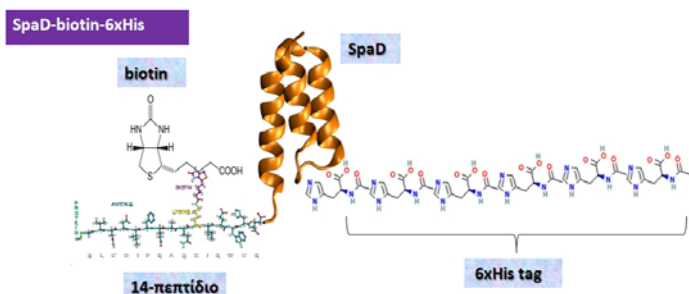


σύνδεσης του παράγοντα vWF και με αυτόν τον τρόπο προάγεται η σύνδεση του *S. aureus* μέσω της SpaD τόσο με τα αιμοπετάλια όσο και με τα αγγεία.



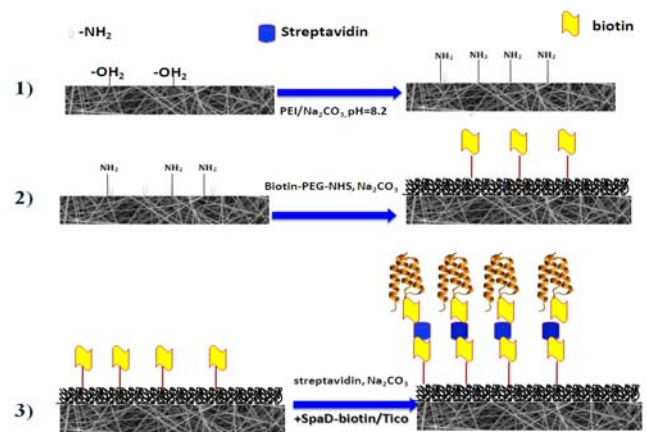
Εικόνα 2. Α) Σύνδεση της SpaD με την επικράτεια A1 του vWF, μέσω της οποίας προσδένεται ο *S. aureus* στο τοίχωμα των αγγείων ή των αιμοπεταλίων. Δια μέσου αυτής της πρόσδεσης ενισχύεται η λοιμογόνος ισχύς και επιτυγχάνεται η επέκταση της λοίμωξης από τον *S. aureus* Β) Αλληλεπίδραση της πρωτεΐνης A του *S. Aureus* και της επικράτειας A του vWF

Η παρεμπόδιση της ανάπτυξης του *S. Aureus* σε υπόστρωμα οξικής κυτταρίνης επιτεύχθηκε με τη χρήση τεχνικών βιοτίνης στρεπταβιδίνης και με την καθήλωση στο υπόστρωμα αυτό της πρωτεΐνης SpaD του *S. aureus*. Τόσο η πρωτεΐνη SpaD όσο και η επικράτεια A1 του παράγοντα vWF κλωνοποιήθηκαν στο πλασμίδιο pAN5 και υπερεκφράστηκαν στο στέλεχος *E.Coli* AVB101, το οποίο είναι μια μοριακή μηχανή in vivo βιοτινυλίωσης της πρωτεΐνης SpaD και A1.

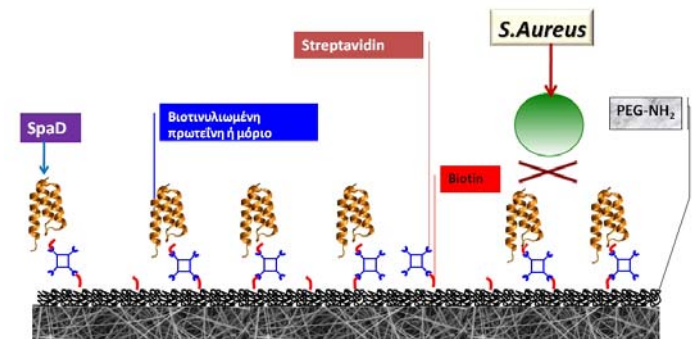


Εικόνα 3. Σχηματική απεικόνιση του τελικού βιοτινυλιωμένου προϊόντος που προέκυψε από την υπερέκφραση της SpaD-biotin στα κύτταρα AVB101. Διακρίνεται η ουρά 6 ιστιδινών, απαραίτητη για τον καθαρισμό της SpaD, το 14-πεπτιδίο και η συνδεδεμένη βιοτίνη

Στη συνέχεια, η καθήλωση της καθαρισμένης SpaD-biotin πάνω στο ικρίωμα οξικής κυτταρίνης πραγματοποιήθηκε με την εναπόθεση μιας ποσότητας διαλύματος 350-400μl PEI/Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και την προσθήκη στρεπταβιδίνης και πολυαιθυλενογλυκόλης. Ο έλεγχος της επιτυχούς καθήλωσης έγινε με τη χρήση της καθήλωσης επί του υποστρώματος της φθορίζουσας πρωτεΐνης GFP.

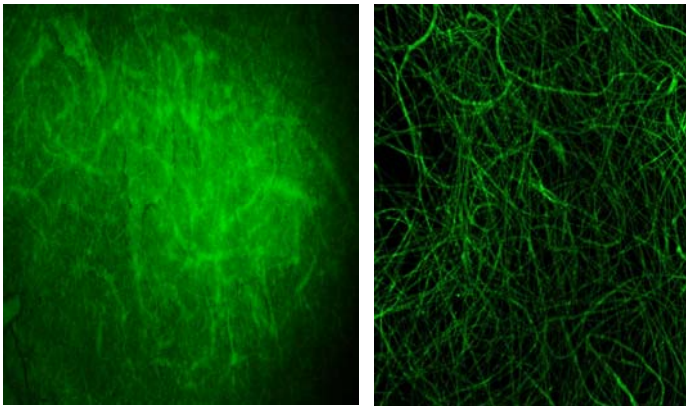


Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση του πρωτοκόλλου που ακολούθηθηκε για την καθήλωση της SpaD-biotin ή της GFP-biotin στο ικρίωμα οξικής κυτταρίνης

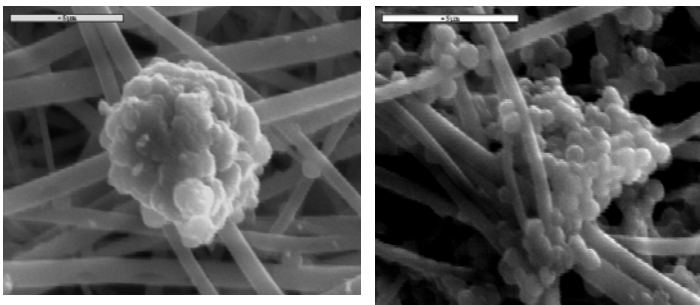


Εικόνα 5. Σχηματική απεικόνιση της τελικής βιολειτουργικής επιφάνειας και της παρεμπόδισης προσκόλλησης του *S. aureus*. Τρεις διαφορετικοί παράγοντες δρουν αντιπροσκολλητικά για τον *S. aureus*: οξική κυτταρίνη, PEG και η SpaD.

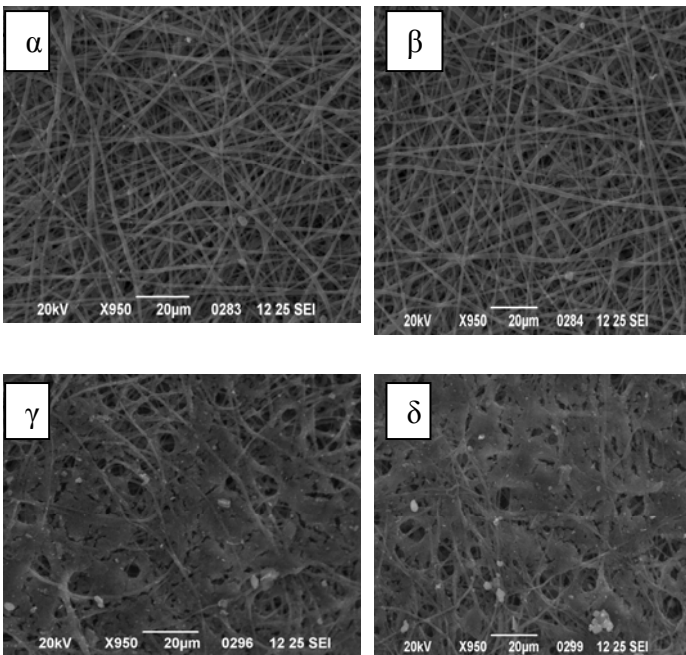
Ακολούθησε η καλλιέργεια του *S.aureus* στο παρασκευασμένο υπόστρωμα για χρονικά διαστήματα 3-72 ωρών και η μελέτη της αλληλεπίδρασης του *S.aureus* με τα παρασκευασμένα υποστρώματα με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.



Εικόνα 6. Φωτογραφία από μικροσκόπιο συνεστιακής μικροσκοπίας φθορισμού. Παρατηρείται εκτεταμένη καθήλωση της GFP-biotin επί των ινών του ικρίωματος, έτσι ώστε να καθίσταται εμφανής η μικρομορφολογία του πολυμερικού υποστρώματος



Εικόνα 7. Ανάπτυξη του *S. aureus* σε υποστρώματα οξικής κυτταρίνης (μικροφωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης)



Εικόνα 8. Συγκριτική αντιπαράθεση της ανάπτυξης του *S. aureus* σε βιολειτουργικό ικρίωμα οξικής κυτταρίνης (CA) (α-β) με καθηλωμένη SpaD-biotin (συνεπώαση με A1) και μη βιολειτουργικό ικρίωμα CA (γ-δ). Παρατηρείται σημαντική μείωση της ανάπτυξης του *S. aureus* στο βιολειτουργικό υπόστρωμα

Το βιολειτουργικό με SpaD-biotin ικρίωμα οξικής κυτταρίνης, ειδικά στην περίπτωση της συνεπώασης του με A1-biotin, αναδεικνύεται ανώτερο σε ό,τι αφορά τις αντιπροσκολλητικές του ιδιότητες, τόσο σε σύγκριση με το μη τροποποιημένο ικρίωμα οξικής κυτταρίνης όσο και με το ικρίωμα με καθηλωμένη την PEG επί αυτού. Το αποτέλεσμα αυτό καθιστά το εν λόγω τροποποιημένο βιολειτουργικό ικρίωμα χρήσιμο για τη χρήση του ως επικάλυψη επιφανειών βιοϊατρικού ενδιαφέροντος, όπως επιφάνειες ιατρικού εξοπλισμού και ιατρικά εργαλεία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για την κατασκευή ιατρικού ιματισμού, όπως ιατρικών ποδιών, ιατρικών γαντιών ή να χρησιμοποιηθεί για την επικάλυψη ιατρικών εμφυτευμάτων όπως οστεοπροσθέσεων ή αγγειακών ενδοπροσθέσεων (stents). Η χρήση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας μάλιστα ενδείκνυται για την παρασκευή αγγειακών ενδοπροσθέσεων, εξαιτίας της παρουσίας εντός του ρέοντος αίματος του παράγοντα vWF, καθώς από τα πειράματα προέκυψε ότι η συνεπώαση του βιολειτουργικού ικρίωματος με *S. aureus* και την επικράτεια A1-vWF οδηγεί σε σαφώς μειωμένη προσκολλητική ικανότητα του *S. aureus*.

Συμπερασματικά, η αλληλεπίδραση στρεπταβιδίνης - βιοτίνης σε συνδυασμό με την καθήλωση σε κατάλληλα παρασκευασμένες επιφάνειες δραστικών έναντι των μικροοργανισμών βιομορίων μπορεί να αποτελέσει μια αποτελεσματική στρατηγική για την παρασκευή αντιμικροβιακών επιφανειών, υπό το φως της εξάντλησης των παραδοσιακών μεθόδων θεραπείας. Η συνδυασμένη χρήση μη φιλικών για τον σταφυλόκοκκο επιφανειών (οξική κυτταρίνη, PEG) με την επιπρόσθετη καθήλωση της SpaD για την ενίσχυση της αντιπροσκολλητικότητας οδηγεί σε ικρίωματα οξικής κυτταρίνης με ικανοποιητικές αντιπροσκολλητικές ιδιότητες. Η αλληλεπίδραση της SpaD με την A1 επικράτεια του vWF μπορεί να αποτελέσει έναν ελπιδοφόρο στόχο για την ανακάλυψη φαρμάκων-αναστολέων με σκοπό την αναχαίτιση της διασποράς του *S. aureus*. Μια συνδυασμένη αντιμετώπιση αυτού του είδους αποτελεί εγ-

γυημένη στρατηγική για την αποτελεσματική καταπολέμηση του ανθεκτικού στα προωθημένα αντιβιοτικά *S. aureus*. Ωστόσο σημαντικά βήματα αναμένεται να γίνουν με σκοπό την κλιμάκωση της παρασκευής βιολειτουργικών ικριωμάτων σε βιομηχανική κλίμακα. Η δυνατότητα κλιμάκωσης της παρασκευής αντιμικροβιακών επιφανειών θα φέρει επανάσταση στις δυνατότητες της σύγχρονης Λοιμωξιολογίας και Παθολογίας όσον αφορά την καταπο-

λέμηση των παθογόνων που εξακολουθούν να αποτελούν μάλιστα για τον άνθρωπο και θα καταθέσει τη δική της συνεισφορά στη ραγδαία επεκτεινόμενη εφαρμογή της Νανοβιοτεχνολογίας στην Ιατρική και την υπηρεσία του ανθρώπου.

Στέφανος Πέντας

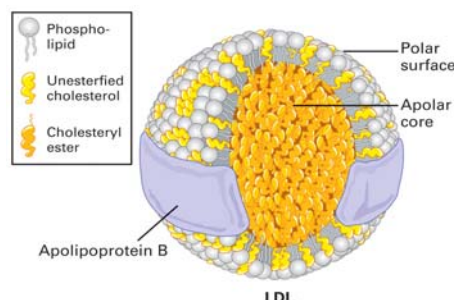
Διδάκτωρ ΔΠΜΣ Ν&Ν

## 5. Μελέτη του Μορίου της LDL-Χοληστερόλης με τη Χρήση του Μικροσκοπίου Ατομικής Δύναμης

Οι λιποπρωτεΐνες είναι σωματίδια τα οποία αποτελούν το μέσο μεταφοράς αδιάλυτων λιπιδίων στο αίμα, τη λέμφο και το εγκεφαλονωτιαίο υγρό. Συγκαταλέγονται στα πιο σημαντικά αντικείμενα μελέτης της επιστημονικής κοινότητας παγκοσμίως, αφού οι διαταραχές του μεταβολισμού τους και οι συνέπειες αυτών, με κυριότερη την αθηροσκλήρωση, σχετίζονται με μεγάλα ποσοστά νοσηρότητας και θνητότητας στο δυτικό κόσμο.

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν χιλιάδες βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με τις λιποπρωτεΐνες και τη σχέση τους με νοσολογικές οντότητες, πολλά είναι τα αναπάντητα ερωτήματα σχετικά με τη συμπεριφορά των σωματιδίων αυτών. Οι μέθοδοι και οι τεχνικές της νανοτεχνολογίας μπορούν να συμβάλουν: 1. στη διερεύνηση του ακριβή δομικού και λειτουργικού ρόλου των λιποπρωτεϊνών στη νανοκλίμακα, 2. στην αναζήτηση και ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων προσδιορισμού του αριθμού, του μεγέθους και της πυκνότητάς τους, 3. στην περαιτέρω κατανόηση και ερμηνεία φαινομένων, όπως ο σχηματισμός αθηρωματικής πλάκας, και 4. στη μελέτη της αλληλεπίδρασης των λιποπρωτεϊνών με τεχνητές επιφάνειες για μια πληθώρα βιοϊατρικών εφαρμογών. Κάποιες από τις εφαρμογές αυτές είναι: ο έλεγχος της βιοσυμβατότητας - λειτουργικής ενσωμάτωσης ενός βιοϋλικού, η κατασκευή συστημάτων μεταφοράς και απελευθέρωσης φαρμάκων

με ελεγχόμενο τρόπο (drug delivery) για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς, ο σχεδιασμός βιο-αισθητήρων, η βελτίωση των τεχνικών της εκλεκτικής LDL-αφαίρεσης.



Σχήμα 1. Δομή του σωματιδίου της LDL λιποπρωτεΐνης.

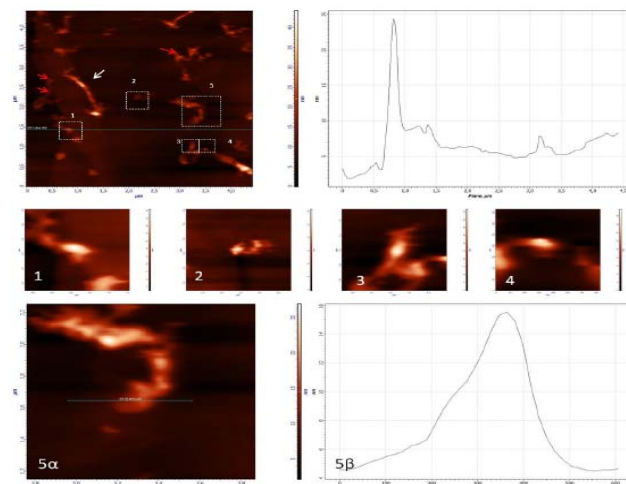
Σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνηθούν οι δυνατότητες και οι προκλήσεις που μπορεί να προκύψουν από την αξιοποίηση της Μικροσκοπίας Ατομικής Δύναμης (AFM) στη μελέτη κάποιων από τα πιο ενδιαφέροντα νανοσωματίδια που απαντώνται στον άνθρωπο, των LDL λιποπρωτεϊνών. Ειδικότερα, επιχειρήθηκε η απεικόνιση του σωματιδίου της LDL με την τεχνική AFM χωρίς να απαιτείται ειδική προετοιμασία του βιολογικού υλικού με διαδικασίες μονιμοποίησης ή χρώσης, και η μελέτη της αλληλεπίδρασής του με επιφάνειες υλικών.

Στη μελέτη πήραν μέρος τέσσερα υγιή νορμολιπιδαιμικά άτομα (μ.ό.ηλικίας  $29,7 \pm 5,5$  έτη). Ποσότητα πλάσματος των ατόμων αυτών υποβλήθηκε σε υπερφυγοκέντρηση ώστε να απομονωθούν οι LDL λιποπρωτεΐνες τους. Για τη μελέτη της αλληλεπίδρασης αυτών με τις επιφάνειες εξετάστηκαν: 1.



δύο διαφορετικά υποστρώματα με λείες, καθαρές επιφάνειες, διαφορετικής υδροφοβικότητας, το HOPG και το πυρίτιο, στα οποία οι προσροφημένες πρωτεΐνες θα διακρίνονταν από τη διαφορά ύψους, 2. διαφορετικές συγκεντρώσεις του διαλύματος των LDL (5, 15 και 50  $\mu\text{g/ml}$ ), και 3. διαφορετικοί χρόνοι εμφάνισης (1h, 2h, 12h). Έγινε, δηλαδή, έλεγχος τριών παραμέτρων και για να γίνουν κάθε φορά οι αναγκαίες συγκρίσεις δύο από αυτές διατηρούνταν σταθερές. Οι εικόνες ελήφθησαν με την τεχνική της ταλαντούμενης ακίδας (semi-contact mode) στον ατμοσφαιρικό αέρα και σε θερμοκρασία δωματίου (22° C). Χρησιμοποιήθηκε το AFM Solver P47H Pro (NT-MDT).

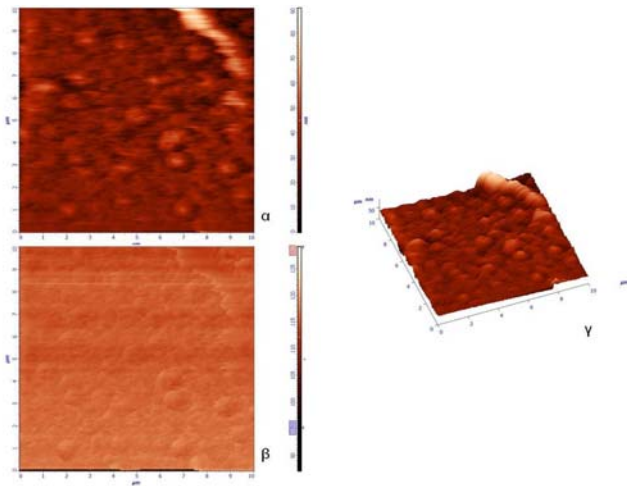
Με τη χρήση του υποστρώματος HOPG κατέστη δυνατή η απεικόνιση των LDL σωματιδίων. Παρατηρήθηκε ο σχηματισμός συσσωματωμάτων διαφόρων σχημάτων και μεγεθών, ορισμένα από τα οποία είχαν μία ιδιαίτερη μορφολογία (τετραμερή). Τα σωματίδια προσροφούνταν ετερογενώς στην επιφάνεια καταλείποντας μεγάλες μη επικαλυμμένες περιοχές πάνω στο υπόστρωμα και συσσωρεύονταν κυρίως στις θέσεις των steps. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε είτε στην εξ' αρχής προτίμηση προσρόφησης στη συγκεκριμένη τοπογραφία ή στη μετακίνηση των σωματιδίων από το tip κατά τη διάρκεια της σάρωσης. Το μέγεθος της προσρόφησης παρουσίασε θετική συσχέτιση με τη συγκέντρωση του διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε, ενώ δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τους χρόνους που επιλέχθηκαν.



**Εικόνα 1.** Εικόνα τοπογραφίας AFM LDL λιποπρωτεϊνών προσροφημένων σε επιφάνεια HOPG και προφίλ της τομής κατά τον άξονα x που υποδεικνύεται με μπλε γραμμή. (1),(2),(3) και (4) Μεγέθυνση των περιοχών που ορίζονται στην εικόνα από τα αντίστοιχα πλαίσια και περιλαμβάνουν σχηματισμούς μικρών διαστάσεων. (5)(α) Μεγέθυνση του αντίστοιχου πλαισίου όπου παρουσιάζεται ένα μεγάλο συσσωματώμα και (β) προφίλ τομής στη θέση μιας περιοχής του συσσωματώματος με ασαφή όρια. Με άσπρο βέλος υποδεικνύεται συσσωματώμα μεγάλων διαστάσεων που σχηματίζεται σε step του υποστρώματος και με κόκκινα βέλη σχηματισμοί που μάλλον έχουν μετατοπιστεί από την επίδραση της ακίδας κατά τη σάρωση.

Στο πυρίτιο παρατηρήθηκε πλήρης κάλυψη του υποστρώματος μετά από 1h και 2h εμφάνισης καθώς και σχηματισμός συσσωματωμάτων ποικίλου σχήματος και μεγέθους, τα οποία διασπείρονταν σε όλη την επιφάνεια. Με την αύξηση της συγκέντρωσης του διαλύματος διαπιστώθηκε αύξηση και του μεγέθους των συσσωματωμάτων. Μετά από 12h εμφάνισης η εικόνα διαφοροποιήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, καταγράφηκε μείωση του μεγέθους των συσσωματωμάτων καθώς και ύπαρξη μικρών ακάλυπτων περιοχών. Το φαινόμενο αυτό πιθανόν να οφείλεται στην επεξεργασία των δειγμάτων πριν την απεικόνισή τους, με αποτέλεσμα την κατακρήμνιση του στρώματος των λιποπρωτεϊνών που σχηματίζεται.





**Εικόνα 2.** (α) Εικόνα AFM τοπογραφίας, (β) φάσης και (γ) 3-D απεικόνιση επιφάνειας πυριτίου και προσροφημένων LDL λιποπρωτεϊνών διαστάσεων 10x10 μm. Ο χρόνος εμβάπτισης των δειγμάτων ήταν 1h. Διακρίνεται η σημαντική επικάλυψη του υποστρώματος από συσσωματώματα του μελετούμενου βιολογικού υλικού.

Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρήθηκε μετατόπιση των σωματιδίων από την επίδραση της ακίδας κατά τη σάρωση, κάτι το οποίο πιθανόν συνιστά ένδειξη ασθενούς αλληλεπίδρασης των LDL με τα μελετούμενα υποστρώματα.

Με την τεχνική AFM, την επιλογή κατάλληλης συγκέντρωσης διαλύματος και υποστρώματος καθώς και μια απλή διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων, είναι δυνατή η απεικόνιση των σωματιδίων της LDL λιποπρωτεΐνης. Από τη μελέτη της αλληλεπίδρασής τους με επιφάνειες παρατηρείται διαφορετική συμπεριφορά του ίδιου βιολογικού υλικού σε υποστρώματα διαφορετικής υδροφοβικότητας. Σημαντικό ρόλο στην προσρόφηση του βιολογικού υλικού φαίνεται να παίζουν η συγκέντρωση του διαλύματος και τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση του χρόνου εμβάπτισης, των συνθηκών σάρωσης (γεωμετρία ακίδας, ασκούμενη δύναμη, μετρήσεις σε υγρό μέσο ή ατμοσφαιρικό αέρα) καθώς και διαφόρων παθολογικών καταστάσεων στο σχήμα, το μέγεθος και τη συμπεριφορά των σωματιδίων της LDL λιποπρωτεΐνης.

*Χριστίνα Κανονίδου*

*Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια ΔΠΜΣ Ν&Ν*

## 6. Νανοτεχνολογία στη Μελέτη Βιομεμβρανών σε Καρδιολογικές Συσκευές

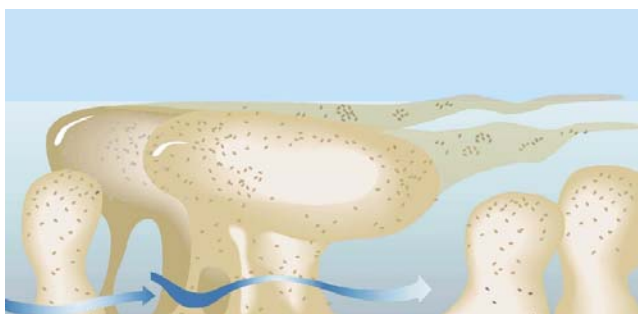
Η ιατρική πρακτική αξιοποιεί σήμερα ένα μεγάλο αριθμό εμφυτευμάτων, συσκευών και τεχνητών οργάνων με σκοπό τη διάγνωση και θεραπεία διαφόρων παθήσεων. Βιοϋλικά, με τη μορφή εμφυτευμάτων, όπως μοσχεύματα αρτηριών, βαλβίδες καρδιάς, και με τη μορφή ιατρικών συσκευών, όπως καθετήρες, βηματοδότες, απινιδωτές, τεχνητά αιμοφόρα αγγεία, ακόμα και τεχνητές καρδιές χρησιμοποιούνται ευρέως για να αντικαταστήσουν ή να βελτιώσουν τη λειτουργία τραυματισμένων ή εκφυλισμένων ιστών ή οργάνων του καρδιαγγειακού συστήματος, να βοηθήσουν στη διάγνωση και θεραπεία, και επομένως να συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών.

Τα σημαντικότερα προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση εμφυτευμάτων και ιατρικών συσκευών, και που εμποδίζουν την μακροχρόνια χρήση τους,

προκύπτουν από μηχανική αστοχία του βιοϋλικού (Ratner et al., 2004, "Biomaterials Science: A Multidisciplinary endeavor", Cooke, 2004), θρόμβωση περιοχών όπου αυτό έχει εμφυτευθεί (Hanson, Hanson και Ratner 2004), αλλά και από την εμφάνιση σηψαιμικών επεισοδίων σχετιζόμενων με λοιμώξεις που προκαλούνται από την χρήση τέτοιων υλικών (Ratner και Hoffman, "Non-fouling Surfaces", 2004; Costerton et al., 2004). Σε αυτές τις περιπτώσεις η απομάκρυνσή τους από το ανθρώπινο σώμα και η τοποθέτηση νέου κρίνεται αναγκαία.

Η αυξανόμενη συχνότητα λοιμώξεων, σε ποσοστό 70%, προερχόμενων κυρίως από πηκτάση αρνητικούς σταφυλόκοκκους, όπως ο *S. epidermidis*, σχετίζεται άμεσα με την παρουσία κάποιου βιοϋλικού (von Eiff et al., 2002; Vincent, 2003).

Η παθογένεια των λοιμώξεων σε ασθενείς με εμφυτεύματα ή ιατρικές συσκευές αποδίδεται στην ικανότητά των μικροοργανισμών να προσκολλώνται στην επιφάνεια του βιοϋλικού, να παραμένουν εκεί και να πολλαπλασιάζονται κάτω από ένα προστατευτικό κάλυμμα εξωκυττάριας βλεννώδους ουσίας που οι ίδιοι παράγουν, και ονομάζεται γλυκοκάλυκας ή "slime". Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μία μεμβράνη που ονομάζεται βιομεμβράνη ή βιολογικό υμένιο η οποία είναι ανθεκτική στη δράση των ανοσιακών μηχανισμών και των αντιμικροβιακών παραγόντων.



Σχήμα 1. Δομή βιομεμβράνης

Η ολοένα και αυξανόμενη συχνότητα ανθεκτικών λοιμώξεων από τη χρήση ιατρικών συσκευών στην καρδιολογία κατά τα τελευταία χρόνια, έχει προβληματίσει τη διεθνή επιστημονική κοινότητα. Με δεδομένο ότι η εκτεταμένη χορήγηση ευρέος φάσματος αντιβιοτικών, για την πρόληψη και θεραπεία λοιμώξεων σε καρδιολογικούς ασθενείς, έχει οδηγήσει στην επικράτηση ανθεκτικών βακτηριακών στελεχών είναι απαραίτητη η μελέτη και η κατανόηση του μηχανισμού προσκόλλησης των βακτηρίων στην επιφάνεια του βιοϋλικού και επομένως της δημιουργίας βιομεμβράνης.

Η Μικροσκοπία Ατομικής Δύναμης (AFM) είναι μία υψηλής διακριτικής ικανότητας απεικονιστική τεχνική νανοτεχνολογίας, με δυνατότητα απεικόνισης σχηματισμών και μέτρησης διαμοριακών δυνάμεων σε ατομικό επίπεδο. Η αξιοποίηση της στη μελέτη του φαινομένου της βιομεμβράνης αποτελεί τα τελευταία χρόνια ερευνητική πρόκληση.

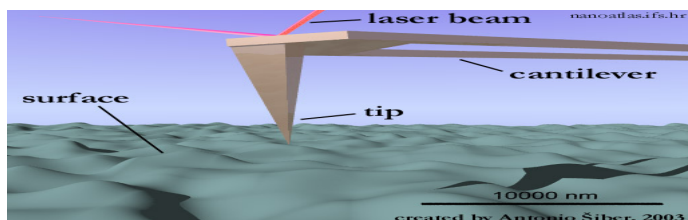
Σκοπός της μελέτης μας ήταν η διερεύνηση του μικροβιακού αποικισμού καρδιολογικών ιατρικών συσκευών όπως βηματοδότες, απινιδωτές και καθε-

τήρες στεφανιογραφίας, σε ασθενείς που είχαν νοσηλευθεί στην καρδιολογική κλινική του Π.Γ.Ν.Θ ΑΧΕΠΑ. Επιπλέον, σκοπός ήταν η διερεύνηση της πιθανής δημιουργίας βιομεμβράνης από αυτά τα στελέχη με ποιοτικές και ποσοτικές μεθόδους Μικροβιολογίας αλλά και με τεχνική Νανοτεχνολογίας όπως η Μικροσκοπία Ατομικής Δύναμης ( AFM).

Οι ασθενείς που έλαβαν μέρος στη μελέτη ήταν 58 άτομα, 32 που προσήλθαν στο Αιμοδυναμικό εργαστήριο της καρδιολογικής κλινικής του Π.Γ.Ν.Θ ΑΧΕΠΑ για στεφανιογραφία και 26 που προσήλθαν στο εργαστήριο Ηλεκτροφυσιολογίας και Βηματοδότησης για αντικατάσταση του βηματοδοτικού τους συστήματος. Από τους 32 ασθενείς που προσήλθαν για στεφανιογραφία λάβαμε κομμάτι καθετήρα από το σημείο παρακέντησης της μηριαίας . Από τους 26 ασθενείς που προσήλθαν για αντικατάσταση του βηματοδοτικού συστήματος λάβαμε για κάθε ασθενή, δύο δείγματα όπως ιστοτεμάχιο, από την ινώδη κάψα που έχει σχηματιστεί γύρω από τη θήκη του βηματοδότη και επίχρισμα (swab), από την περιοχή της ινώδους κάψας γύρω από την θήκη. Τα κλινικά στέλεχη των βακτηρίων που απομονώθηκαν μετά από καλλιέργεια σε κατάλληλα θρεπτικά υλικά ταυτοποιήθηκαν στο Μικροβιολογικό Εργαστήριο του Π.Γ.Ν.Θ ΑΧΕΠΑ με τη χρήση αυτοματοποιημένου συστήματος σύμφωνα με τις οδηγίες του CLSI. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος των στελεχών για παραγωγή εξωκυττάριας βλεννώδους ουσίας (slime) τόσο με την ποιοτική (μέθοδο σωληναρίων) όσο και με την ποσοτική μέθοδο προσδιορισμού παραγωγής slime ή Μέθοδο πλάκας μικροτιτλοποίησης κατά Christensen et al. Από τους καθετήρες το 74% παρουσίαζε αποικισμό ενώ το 79% των καλλιέργειών βηματοδότη και απινιδωτή ήταν θετικές. Το 33% των στελεχών που απομονώθηκαν από τους καθετήρες έδιναν θετικό το τεστ των σωληναρίων, ενώ από τα στελέχη που απομονώθηκαν από τους βηματοδότες το 50% έδιναν θετικό το τεστ των σωληναρίων. Δύο στελέχη μόνο που προέρχονταν και τα δύο από καλλιέργεια ιστοτεμαχίου βηματοδότη ήταν υψηλής παραγωγής

slime με την Μέθοδο πλάκας μικροπιλοποίησης ενώ 8 ήταν μέτριας παραγωγής από τα οποία 3 προέρχονταν από καλλιέργεια υλικού βηματοδότη και 5 προέρχονταν από καλλιέργεια τεμαχίου μηριαίου καθετήρα.

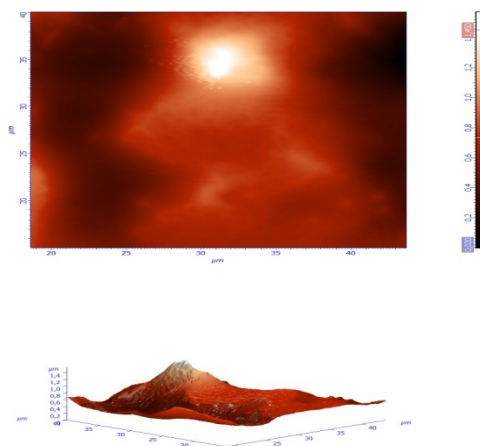
Η μελέτη των κλινικών βακτηριακών στελεχών με την AFM έγινε πάνω σε επιφάνεια πυρολυτικού γραφίτη υψηλής διευθέτησης (Highly Oriented Pyrolytic Graphite-HOPG) και υπολογίστηκε η επιφανειακή τραχύτητα της καλυμμένης με στελέχη επιφάνειας. Χρησιμοποιήθηκε το AFM Solver P47H Pro (NT-MDT) και η τεχνική της ταλαντούμενης ακίδας στον ατμοσφαιρικό αέρα.



Διάταξη AFM

Σε όλα τα στελέχη υψηλής αλλά και μέτριας παραγωγής εξωκυττάριας βλεννώδους ουσίας που απομονώθηκαν από τους καθετήρες αλλά και από τους βηματοδότες και απινιδωτές και μελετήθηκαν με την Μικροσκοπία Ατομικής Δύναμης λήφθηκαν εικόνες που δείχνουν την ύπαρξη εξωκυττάριας βλεννώδους ουσίας που περιβάλλει τους μικροοργανισμούς. Ακόμη σε όλα τα στελέχη υψηλής και μέτριας παραγωγής slime η επιφανειακή τραχύτητα επιφάνειας με AFM ήταν υψηλότερη από στελέχη που δεν παράγουν βιομεμβράνη γεγονός που συσχετί-

ζει την αυξημένη τραχύτητα με την παραγωγή slime.



Υπήρχαν διαφορές στη διαμόρφωση της εξωκυττάριας ουσίας τόσο ως προς την υψηλή ή χαμηλή παραγωγή βιομεμβράνης όσο και στην διαμόρφωση αυτής σε σχέση με το στέλεχος που ήταν υπεύθυνο για την παραγωγής της. Αντικείμενο μελλοντικής έρευνας μπορεί να αποτελέσει η συνέχιση του ελέγχου των στελεχών με Μικροσκοπία Ατομικής Δύναμης για να διαπιστωθεί αν οι εικόνες που λαμβάνουμε επαναλαμβάνονται και είναι οι ίδιες για συγκεκριμένους μικροοργανισμούς ώστε να αποτελέσει η μικροσκοπία αυτή από μόνη της τεχνική ανίχνευσης δημιουργίας βιομεμβράνης.

Η AFM είναι μία τεχνική Νανοτεχνολογίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση παραγωγής slime και δημιουργίας βιομεμβράνης.

Αραμπατζή Χριστίνα  
Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια ΔΠΜΣ N&N

## 7. Συνέντευξη με τον Αθ. Κωνσταντόπουλο, Πρόεδρο του ΕΚΕΤΑ και Αν. Καθ. στο Τμήμα Χημικών Μηχανικών του ΑΠΘ



### 1. Θα ήθελα να μου περιγράψετε την πορεία σας ως εδώ.

Αρχικά, σπούδασα Μηχανολόγος Μηχανικός στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, έπειτα έφυγα στην Αμερική όπου και έκανα το Master μου στη Μηχανολογία στην περιοχή της Τεχνολογίας Ελέγχου Σωματιδιακών Εκπομπών Κινητήρων Εσωτερικής Καύσης, στο Michigan Tech. Ακολούθησαν σπουδές στη Χημική Μηχανική στο Πανεπιστήμιο Yale, όπου έκανα Master και Διδακτορικό, με αντικείμενο την Τεχνολογία Σωματιδίων και Αερολυμάτων. Η επιστήμη και τεχνολογία των σωματιδίων, μου τράβηξε τόσο πολύ το ενδιαφέρον που έμεινα μαζί της από τότε. Είμαι πολύ “μονότονος” καθώς βλέπω παντού εφαρμογές της επιστήμης και τεχνολογίας σωματιδίων για την επίλυση πολλών προβλημάτων.

### 2. Ποια είναι αυτά;

Κατά κύριο λόγο η ερευνητική ενασχόλησή μου συνεισέφερε στην αντιρύπανση στα οχήματα Diesel. Υπάρχουν δυο κύρια είδη κινητήρων εσωτερικής καύσης: Οι βενζινοκινητήρες (κινητήρες Otto) και οι πετρελαιοκινητήρες (κινητήρες Diesel). Τα περισσότερα επιβατικά αυτοκίνητα που βλέπουμε γύρω μας έχουν βενζινοκινητήρες. Πετρελαιοκινητήρες έχουν τα φορτηγά, τα λεωφορεία, οχήματα δηλαδή που διανύουν πολλά χιλιόμετρα, γιατί οι κινητήρες Diesel έχουν πολύ καλύτερη απόδοση. Δηλαδή ανά μονάδα ωφέλιμης ενέργειας εκπέμπεται λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα. Είναι ενδιαφέρον να επισημάνω ότι μέχρι πριν λίγα χρό-

νια σε αυτοκίνητα τύπου Formula που κατεβαίνουν σε αγώνες δεν είχαν τοποθετηθεί κινητήρες Diesel, λόγω του νέφους της αιθάλης που εκπέμπεται από τον κινητήρα Diesel όταν δεν είναι εφοδιασμένος με σύστημα ελέγχου εκπομπών.

Για λογαριασμό πολύ γνωστής αμερικανικής εταιρείας που είναι μια από τις μεγαλύτερες χημικές βιομηχανίες στον κόσμο, μελετήσαμε το εργαστήριο μας στο Ινστιτούτο Τεχνικής Χημικών Διεργασιών, και συνεισφέραμε στην ανάπτυξη ενός φίλτρου σωματιδίων αιθάλης το οποίο χρησιμοποίησε γνωστή γερμανική αυτοκινητοβιομηχανία και κέρδισε τον γνωστό αγώνα 24 ώρες του Le Mans το 2006. Ήταν το πρώτο αγωνιστικό diesel αυτοκίνητο που κατέβηκε ποτέ στον αγώνα αυτό και από τότε έχει ένα μητρώο συνεχών επιτυχιών. Το γεγονός αυτό ήταν ένα ορόσημο της δουλειάς του εργαστηρίου μας, που αναγνωρίστηκε από τους βιομηχανικούς μας εταίρους με τη συνεχιζόμενη πολυετή συνεργασία μας.

Στις εκπομπές των πετρελαιοκινητήρων, το κύριο πρόβλημα είναι τα Οξειδία Αζώτου και η Αιθάλη, τα σωματίδια του καπνού, δηλαδή. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας καταλυτικών φίλτρων τα σωματίδια αυτά συγκρατούνται και οξειδώνονται προς αβλαβείς ενώσεις. Αυτό, επιτυγχάνεται επικαλύπτοντας τους αυλούς του φίλτρου με νανοσωματίδια από οξειδοαναγωγικά υλικά που δρουν ως καταλύτες οξειδωσης της αιθάλης.

Οι περισσότερες αυτοκινητοβιομηχανίες στον κόσμο έχουν συνεργαστεί με το εργαστήριο, το οποίο θεωρείται διεθνές κέντρο αριστείας στον τομέα αυτό. Τα καταλυτικά φίλτρα εφαρμόζονται στην πρά-



ξη από το 2003 (και για τα αγωνιστικά οχήματα από το 2006!) και αποτελούν μία κατηγορία χημικών αντιδραστήρων που λέγονται Δομημένοι ή Μονολιθικοί Αντιδραστήρες. Τους αντιδραστήρες αυτούς ξεκινήσαμε να τους εφαρμόζουμε για την αντιρύπανση των κινητήρων εσωτερικής καύσης και από σχεδόν τυχαία γεγονότα κάναμε το άλμα και τους εφαρμόσαμε για την παραγωγή υδρογόνου μέσω της ηλιοθερμοχημικής διάσπασης, στον λεγόμενο αντιδραστήρα HYDROSOL.

Ο αντιδραστήρας HYDROSOL είναι ένα κεραμικό σώμα με αυλούς στα τοιχώματα των οποίων υπάρχει μια επικάλυψη από οξειδοαναγωγικά νανο-υλικά όχι πολύ διαφορετικά από αυτά των καταλυτικών φίλτρων σωματιδίων. Η επικάλυψη αυτή έχει την ιδιότητα να δεσμεύει το οξυγόνο όταν περνά ο υδρατμός και να αφήνει να διέλθει το υδρογόνο. Στη συνέχεια η επικάλυψη με την ηλιακή θερμότητα ανάγεται και αποδίδει το οξυγόνο. Αυτός ήταν ο πρώτος ηλιακός αντιδραστήρας που κατασκευάστηκε ποτέ και έδειξε ότι είναι δυνατή με τον τρόπο αυτό η ηλιοθερμοχημική παραγωγή ηλιακού Υδρογόνου, και για το λόγο αυτό έλαβε το βραβείο Descartes της Ευρωπαϊκής Ένωσης το Μάρτιο του 2007.

Από τότε προχώρησαν τα πράγματα και με την ίδια τεχνολογία μπορούμε να διασπάσουμε το Διοξείδιο του Άνθρακα, CO<sub>2</sub>. Το CO<sub>2</sub> είναι πολύ σταθερή ένωση και η διαχείρισή του είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να λύσουμε για να αποφύγουμε την κλιματική αλλαγή. Η προσέγγιση που προτείνεται από πολλούς σήμερα είναι να δεσμεύσουμε το CO<sub>2</sub> από τις διεργασίες καύσης και στη συνέχεια να το αποθηκεύσουμε σε κοιλάτητες στο υπέδαφος, είτε στο βυθό της θάλασσας. Εμείς προτείνουμε αντί να το αποθηκεύσουμε στο υπέδαφος, όπου υπάρχει κίνδυνος διαρροής πίσω στην ατμόσφαιρα με αποκαλυπτικού μεγέθους επιπτώσεις, να το μετατρέψουμε ξανά σε χρήσιμες ενώσεις όπως οι υδρογονάνθρακες. Αυτό το πετυχαίνουμε με το να εισάγουμε το CO<sub>2</sub> στον αντιδραστήρα HYDROSOL, όπου του αφαιρείται οξυγόνο, όπως γίνεται με το

νερό, ώστε να προκύψει μονοξείδιο του άνθρακα CO, το οποίο στη συνέχεια αντιδρώντας με το ηλιακό Υδρογόνο που επίσης παράγει ο αντιδραστήρας, παράγει υδρογονάνθρακες, ενώσεις δηλαδή όπως αυτές που περιέχονται στο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο. Αντί επομένως να εξορύσσουμε, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο από το έδαφος, θα μπορούμε να το συνθέτουμε στο μέλλον από νερό, διοξείδιο του άνθρακα και ήλιο. Με τον τρόπο αυτό δεν επιβαρύνεται η ατμόσφαιρα με πρόσθετο CO<sub>2</sub> καθώς αυτό πλέον ανακυκλώνεται.

Μία σημαντική διάκριση που πήραμε πρόσφατα, το European Research Council (ERC) Advanced Grant είναι ακριβώς για την επιχορήγηση αυτής της έρευνας, τη δημιουργία δηλαδή ηλιακών καυσίμων με ουδέτερο αποτύπωμα άνθρακα, όπως η διαδικασία του ERC Advanced Grant λειτουργεί ως εξής: περιοδικά γίνεται ένας διαγωνισμός με υποψηφίους από όλο τον κόσμο όπου μπορεί να υποβάλλει ατομικά ο κάθε ερευνητής την ερευνητική ιδέα του σε οτιδήποτε θέμα επιθυμεί. Στη συνέχεια η επιλογή από το ERC γίνεται με βάση την προσωπική αξιολόγηση του έργου του ερευνητή μέχρι σήμερα και την πρωτοτυπία, καινοτομία και κάθε είδους επιπτώσεις που μπορεί να έχει η προτεινόμενη ιδέα, η οποία θα πρέπει να μελετηθεί σε ευρωπαϊκό ερευνητικό φορέα.

Συνηθίζω να λέω αστεειυόμενος όταν με ρωτάνε γιατί κάνουμε αυτή την έρευνα στα ηλιακά καύσιμα: “Αυτή η ιστορία με τις επιπτώσεις του CO<sub>2</sub> από την καύση στο κλίμα του πλανήτη μας είναι η κατάρα των Θεών που μας συνοδεύει, επειδή ο Προμηθέας έκλεψε από αυτούς τη φωτιά. Συνεπώς, εφ’ όσον εμείς οι Έλληνες προκαλέσαμε την κατάρα, εμείς θα πρέπει να βρούμε και τη λύση.” Η ουσία είναι πως πρέπει να αναπτύξουμε κάτι εντελώς διαφορετικό, καθώς η υπάρχουσα προσέγγιση του θέματος με την συνεχιζόμενη χρήση ορυκτών καυσίμων και την δέσμευση και αποθήκευση του CO<sub>2</sub> δεν θα οδηγήσει πουθενά. Τώρα, μάλιστα με τα γεγονότα στην Ιαπωνία, και την αναμενόμενη επιβράδυνση ανάπτυξης πυρηνικών εργοστασίων,

δεν υπάρχει άλλη εναλλακτική λύση από την εκμετάλλευση της Ηλιακής Ενέργειας για την παραγωγή υδρογόνου και την ανακύκλωση του CO<sub>2</sub>. Εμείς σε αυτό το χώρο της ηλιακής τεχνολογίας μπήκαμε ως outsiders, για αυτό και η προσέγγιση μας στο ζήτημα ήταν πολύ διαφορετική από την υπάρχουσα. Καθώς στο εργαστήριο είχαμε εμπειρία με τον μοριακό αντιδραστήρα, αυτόν και εφαρμόσαμε για να υλοποιήσουμε την ιδέα των ηλιακών καυσίμων. Παρόμοιες χημικές αντιδράσεις και οξειδοαναγωγικοί κύκλοι είχαν διατυπωθεί και στο παρελθόν, αλλά κανένας δεν συνέλαβε ή κατασκεύασε έναν ηλιοθερμοχημικό αντιδραστήρα, όπως ο αντιδραστήρας HYDROSOL που να έχει το δυναμικό ανάπτυξης σε μεγάλη κλίμακα με μεγάλη απόδοση.

### **3. Πώς αποκτήσατε αυτή τη διαφορετική προσέγγιση των πραγμάτων;**

Το υπόβαθρό μου είναι του Μηχανικού και όχι των Θεωρητικών Επιστημών. Συνεπώς, έχω προσανατολισμό προς τα πιο πρακτικά θέματα. Οι περισσότεροι συνάδελφοί μου στο εργαστήριο έχουν επίσης την ίδια προσέγγιση.

Στο εργαστήριο, δε χάνουμε τόσο χρόνο στο να ψάξουμε σε μεγάλο βάθος μια ιδέα είτε θεωρητικά είτε πειραματικά, όσο στο να ελέγξουμε αν δουλεύει και μπορεί να εφαρμοστεί σε πραγματικές συνθήκες και σε εμπορική κλίμακα. Άμα βεβαιωθούμε ότι η ιδέα δουλεύει σε κάποια κλίμακα σχετική ή συνθήκες ανάλογες με την πρακτική εφαρμογή, τότε μπορούμε να διερευνήσουμε σε μεγαλύτερο βάθος όλες τις παραμέτρους που τη διέπουν. Με άλλα λόγια δεν έχει νόημα, για εμένα τουλάχιστο, η ερευνητική ενασχόληση με θέματα στα οποία δεν βλέπω ένα ξεκάθαρο και “γρήγορο” δρόμο για την πρακτική και εμπορική εφαρμογή. Αυτή η προσέγγιση οδήγησε γρήγορα στην ανάπτυξη της τεχνολογίας HYDROSOL.

Η “πρακτική” αυτή προσέγγιση υποστηρίζεται βέβαια στο εργαστήριο από πολύ ανεπτυγμένες μεθόδους σύνθεσης και παραγωγής νανοσωματιδίων,

με συγκεκριμένες ιδιότητες (μέγεθος, μορφολογία, πορώδες, οξειδοαναγωγικές ιδιότητες) σε μεγάλη κλίμακα. Επίσης έχουμε αναπτύξει τεχνικές και εξοπλισμό δειγματοληψίας και μέτρησης νανοσωματιδίων. Αρχικά, αυτή την τεχνολογία την αναπτύξαμε για την αντιμετώπιση των εκπομπών καυσαερίων των αυτοκινήτων. Η σύνθεση των νανοσωματιδίων όμως, έχει και άλλες εφαρμογές.

Επίσης μελετάμε όλη την αλυσίδα που σχετίζεται με την Τεχνολογία των Νανοσωματιδίων, ερευνώντας επίσης τις βιολογικές επιπτώσεις των νανοσωματιδίων. Έχουμε στήσει ένα εργαστήριο όπου γίνεται καλλιέργεια κυττάρων. Εκεί καλλιεργούνται κύτταρα τα οποία είναι ευαίσθητα σε κάποιο παράγοντα. Έτσι, μελετώνται οι βιολογικές επιπτώσεις που έχουν τα νανοσωματίδια από τα καυσαέρια στα κύτταρα. Έχουμε αναπτύξει την κατάλληλη τεχνολογία και τους δειγματοφορείς. Γίνονται οι μετρήσεις, τα συλλέγουμε, τα πακετάρουμε και τα στέλνουμε στη Γαλλία σε τοξικολόγους συνεργάτες μας, όπου κάνουν την βιολογική ανάλυση των δειγμάτων.

Δεν είναι, όμως, μόνο τα νανοσωματίδια της καύσης, που μας απασχολούν. Το ερευνητικό μας ενδιαφέρον συγκεντρώνουν, και τα τεχνικά νανοσωματίδια (engineered nanoparticles), όπως για παράδειγμα τα νανοσωματίδια που χρησιμοποιούνται σε επικαλύψεις, στην κατάλυση, στην νανο/μικροηλεκτρονική, ως πρόσθετα σε σύνθετα υλικά, κλπ. Πρόσφατα για παράδειγμα συνεργασθήκαμε με μία εταιρεία για την παραγωγή μελανιών για εκτύπωση οπτο-ηλεκτρονικών διατάξεων σε μεγάλη κλίμακα. Σε ένα εργοστάσιο όπου παράγονται ή χρησιμοποιούνται νανοσωματίδια και όπου οι εργαζόμενοι μπορεί εξαιτίας μιας διαρροής να έρθουν σε επαφή με αυτά είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τι επιπτώσεις έχουν στην υγεία. Καθώς συνθέτουμε νανοσωματίδια με πολύ συγκεκριμένες ιδιότητες, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρότυπα ώστε να παρατηρήσει κανείς τις βιολογικές τους επιπτώσεις και να αναπτύξει ο ενδιαφερόμενος τα κατάλληλα τεστ. Αυτός είναι και ένας

από τους τρέχοντες στόχους που έχουμε για ερευνητικές συνεργασίες.

Μια ακόμη εφαρμογή των οξειδοαναγωγικών νανο υλικών είναι στις μπαταρίες. Τα υλικά των σύγχρονων μπαταριών καταπονούνται. Το Λίθιο με την κυκλική μεταφορά του μέσα κι έξω από το πλέγμα του υλικού ευθύνεται γι' αυτό αλλά και η τάση για μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα σε μικρό όγκο. Ο παραδοσιακός τρόπος αντιμετώπισης είναι η εύρεση νέων υλικών. Αντί για αυτό, όμως, εμείς έχουμε μια άλλη προσέγγιση: "τις λειτουργικότητες κάθε υλικού πρέπει να τις χτίσεις μία μία". Συνεπώς, η τεχνολογία των νανο-σωματιδίων βοηθάει πολύ στο να προσδώσει σταθερό σκελετό, με αντοχή στο ήδη υπάρχον καλό οξειδοαναγωγικό υλικό.

Επιπλέον, μπορούμε να συνθέσουμε νανოსωματίδια με συγκεκριμένες ιδιότητες σήμανσης. Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξειδικευμένους διαχωρισμούς αλλά και στη στοχευμένη δράση φαρμάκων. Στο τελευταίο, εμείς δεν ασχολούμαστε με τη βιολογική πλευρά του θέματος, αλλά παρέχουμε τα συγκεκριμένα νανοςωματίδια στους συνεργαζόμενους βιολόγους. Αυτά όσον αφορά τη σύνθεση των νανοςωματιδίων.

Άλλη σημαντική μας ενασχόληση στο εργαστήριο είναι ότι κατασκευάζουμε εγκαταστάσεις, εργαστηριακές ή πιλοτικές μονάδες, για συγκεκριμένες εφαρμογές, κυρίως για το χαρακτηρισμό υλικών, τις οποίες πουλάμε σε εταιρίες με τις οποίες συνεργαζόμαστε. Χτίζουμε για παράδειγμα πολλούς αντιδραστήρες μαζί, σε πολύ μικρή κλίμακα και έτσι μπορούν να τρέχουνε πολλά δείγματα παράλληλα. Έχουμε αναπτύξει, λοιπόν, μια σύγχρονη μονάδα που τη λέμε "Υδρα", από τη Λερναία Ύδρα με τα πολλά κεφάλια, που μας επιτρέπει να κάνουμε πάρα πολύ γρήγορα τεστ παράλληλα σε πολλούς αντιδραστήρες. Αυτό λοιπόν είναι ένα άλλο επίπεδο της δουλειάς μας, το επίπεδο των συστημάτων. Έτσι, μπορούν για παράδειγμα, σε μια αυτοκινητοβιομηχανία να γίνονται πολλά τεστ και να ελέγχεται η ποιότητα του προϊόντος. Μια άλλη συνεργασία που έχουμε με μια εταιρία είναι το πολύ γρήγορο

screening υλικών. Αυτοί παράγουνε πολλά υλικά το μήνα και θέλουν να δούνε ποιο είναι το καλύτερο για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να διενεργούνται πολλά τεστ στο υλικό. Ο τρίτος τομέας στον οποίο δουλεύουμε είναι οι δοκιμές πεδίου όπου ό,τι φτιάχνουμε το δοκιμάζουμε σε πραγματική κλίμακα. Για παράδειγμα, έχουμε ένα κινητό εργαστήριο, το MOBILAB, ένα βαν, το οποίο για παράδειγμα είχε βγει στους δρόμους, την Ημέρα χωρίς αυτοκίνητο, και μετρούσε τη ρύπανση. Είναι μοναδικό στην Ελλάδα και ένα από τα 5 παρόμοια κινητά εργαστήρια που υπάρχουν στην Ευρώπη. Είναι εξοπλισμένο με state-of-the-art εξοπλισμό και μπορεί να μετράει τόσο την ατμοσφαιρική ρύπανση όσο και τους ρύπους του, δηλαδή τι εκπέμπει όταν οδηγείται. Αν υπάρχει π.χ. ένας καταλυτικός μετατροπέας τον οποίο θέλουμε να αξιολογήσουμε, τον τοποθετούμε πάνω στο όχημα και η αξιολόγηση γίνεται σε πραγματικές συνθήκες πεδίου. Η άλλη εφαρμογή που έχει το κινητό εργαστήριο είναι να μετράμε το επίπεδο της ρύπανσης μέσα στην καμπίνα των επιβατών σε ένα αυτοκίνητο. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί όταν οδηγεί κανείς μέσα στην κίνηση οι συγκεντρώσεις ρύπων που εισπνέει είναι πολλές φορές μεγαλύτερες από αυτές στις οποίες εκτίθεται ένας πεζός. Αυτό συμβαίνει γιατί τα καυσαέρια από την εξάτμιση των προπορευόμενων οχημάτων δεν έχουν προλάβει να αραιωθούν. Έτσι, αναπτύσσουμε τώρα νέα τεχνολογία φίλτρων καμπίνας για να αντιμετωπίσουμε την κατάσταση.

Το επόμενο βήμα που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε, αλλά είναι πολύ δύσκολο και ακόμα δεν το έχουμε καταφέρει, είναι να εκθέσουμε κυτταρικές καλλιέργειες στη διάρκεια της κυκλοφορίας του οχήματος στις συγκεντρώσεις που μετράμε μέσα στην κίνηση και να δούμε τι επιπτώσεις υπάρχουν. Το ζήτημα είναι, όμως, ότι όταν εκθέτουμε τα κύτταρα στην ατμόσφαιρα, υπάρχει και άλλο βιολογικό υλικό το οποίο μπορεί να επιδράσει με αυτά (μικρόβια, σπόροι). Προσπαθούμε λοιπόν να βρούμε

διάφορους τρόπους ώστε να προσπεράσουμε το εμπόδιο αυτό.

Μια νέα κατεύθυνση που θέλουμε να ακολουθήσουμε είναι επίσης το να αναπτύξουμε ένα είδος Αισθητήρα τον οποίο θα φοράει κάποιος και θα αξιολογεί την έκθεσή του σε νανοσωματίδια, ένα είδος δοσίμετρου, δηλαδή. Έχουμε ένα σχεδιασμό ήδη που σκοπεύουμε να τον προχωρήσουμε με στόχο τη δημιουργία ενός απλού και φθηνού συστήματος.

Στο επίπεδο συστημάτων πάλι, τώρα χτίζουμε ένα εργαστήριο παραγωγής κεραμικών. Μέχρι τώρα συνθέτουμε νανοσωματίδια, τώρα όμως θα έχουμε τη δυνατότητα και να τα μορφοποιούμε σε μεγαλύτερα αντικείμενα.

Κατασκευάζουμε επίσης, έναν Νανοτομογράφο (με στόχο την ευκρίνεια στην κλίμακα των 100 nm) ώστε να βλέπουμε την τρισδιάστατη εσωτερική δομή ενός υλικού σε ατμοσφαιρικές συνθήκες. Επίσης, φτιάχνουμε έναν Ηλιακό προσομοιωτή. Είναι μία διάταξη με πολλές λάμπες που συγκεντρώνουν την ακτινοβολία σε ορισμένο σημείο, και είναι σα να έχεις ένα μικρό ήλιο μέσα στο εργαστήριο. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για πειράματα μακράς διάρκειας που χρειάζεται να υπάρχει συνεχώς ήλιος.

#### **4. Πόσοι άνθρωποι είναι στο εργαστήριο; Σε τι επίπεδο είναι, μεταδιδακτορικό;**

Το εργαστήριο αποτελείται από 25 επαγγελματίες τους οποίους συντονίζω με τη βοήθεια της συναδέλφου Χημικού Μηχανικού, κυρίας Ελένης Παπαϊωάννου, που είναι επιχειρησιακή υπεύθυνη του εργαστηρίου. Είναι ειδικοί τεχνικοί επιστήμονες, επαγγελματίες μηχανικοί. Από τους 25 συναδέλφους, οι περισσότεροι είναι Μηχανικοί (Χημικοί Μηχανικοί, Μηχανολόγοι, Αεροναυπηγοί, Ηλεκτρολόγοι και Μηχανικοί Αυτοκίνησης) αλλά υπάρχει και μία Χημικός καθώς και μία Φυσικός. Κάποιοι έχουν διδακτορικό ή άλλο μεταπτυχιακό τίτλο, υπάρχουν όμως και πολλοί που έχουν μόνο το βασικό πτυχίο τους. Αυτό που έχει την περισσότερη

σημασία είναι η αντίληψη των πραγμάτων που συμβαίνουν γύρω μας, η δυνατότητα να λειτουργήσεις δημιουργικά και βέβαια να πιάνουν τα χέρια σου.

#### **5. Παρέχεται η δυνατότητα στους αποφοίτους του N&N να δουλέψουν στο εργαστήριο;**

Απόφοιτοι του N&N ή απόφοιτοι κάποιου Μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Πολυτεχνείου έχουν την δυνατότητα αυτή. Συνήθως, αυτό που γίνεται είναι το εξής: έχουμε ανάγκη για κάποια ειδικότητα, βγαίνει μια προκήρυξη και οι ενδιαφερόμενοι κάνουν τα χαρτιά τους. Επίσης, μπορεί να τύχει κάποιος από το N&N να έχει κάνει τη διπλωματική του σε εμάς, όπως και έχει συμβεί, και ύστερα να προκύψει κάποια δουλειά. Πολλές φορές τα πράγματα, δηλαδή, λειτουργούν τυχαία. Δεν είναι το N&N που του εξασφαλίζει τη θέση του. Το πλεονέκτημα που προσφέρει το N&N είναι ότι υπάρχει περίπτωση να γνωρίζω το άτομο και τη δουλειά του, διότι διδάσκω στο N&N. Τώρα, έχουμε ήδη 3 άτομα στο εργαστήριο από το N&N.

Σημαντικό ρόλο, όμως, παίζει το πρώτο πτυχίο. Άμα είσαι μηχανικός, έχεις πολλά πλεονεκτήματα. Όπως ήδη έχω πει είναι διαφορετικός ο τρόπος προσέγγισης των προβλημάτων. Είναι λιγότερο θεωρητικός. Ο μηχανικός ξέρει ότι υπάρχουν και πεζά πράγματα που χρειάζεται να υπολογίσεις, π.χ. ότι είναι ανάγκη να βαθμονομήσεις. Από την εμπειρία μου, όσοι δεν είναι μηχανικοί με το που βλέπουν ένα δεδομένο, το πιστεύουν αμέσως, δεν το ελέγχουν στην πράξη. Ούτε και όλοι οι μηχανικοί, φυσικά, είναι “μάστορες”. Όταν εξετάζω να προσλάβω κάποιον συνεργάτη θέλω πολύ να είναι “μάστορας”, να πιάνουν τα χέρια του δηλαδή. Οι σχολές δε το διδάσκουν αυτό και καταναλώνονται σε πολλά θεωρητικά. Το N&N επειδή είναι σε μεταπτυχιακό επίπεδο, είναι δύσκολο να το προσφέρει αυτό στους μαθητές του. Αυτό συνήθως διαμορφώνεται στο προπτυχιακό επίπεδο. Βέβαια,



έχει τύχει να συναντήσω και βιολόγους “μάστορες”, κάτι που δεν περιμένα καθόλου!

Η τωρινή φουρνιά του N&N έχει κάποια εξαιρετικά παιδιά. Είχα χρόνια να δω τέτοιο επίπεδο. Αυτό που συνειδητοποιώ, όμως, είναι ότι σημασία έχει ο άνθρωπος. Όλα εξαρτώνται από τα κίνητρά του. Τα περισσότερα μεταπτυχιακά, κακά τα ψέματα, είναι ένα είδος “αναβάλλω τις αποφάσεις για το μέλλον”. Οι περισσότεροι που κάνουν μεταπτυχιακό δεν είναι συνειδητοποιημένοι, και αυτό είναι που χρειάζεται πάνω από όλα: να έχεις, συγκροτημένες απόψεις, ώστε να συνεργαστείς με τον άλλο.

#### **6. Γνωρίζω ότι ασχολείστε πολύ ενεργά και με τη μουσική. Μιλήστε μου για αυτό.**

Είναι κρίμα να μην κάνεις αυτό που θέλεις. Αυτό το καταλαβαίνω τώρα, που ασχολούμαι με αυτό που πάντα ήθελα, τη μουσική.

Όταν πήγα στην Αμερική εκεί μου κόλλησε το μικρόβιο της έρευνας και σιγά σιγά άρχισα να παθιάζομαι με την έρευνα, κάτι που δεν απέβαλα ποτέ. Πάντα, όμως, ήθελα να ασχοληθώ με τη μουσική. Από πολύ μικρός ασχολιόμουν, αλλά οι γονείς μου δε με στείλανε στο ωδείο για να μην πέσει η απόδοσή μου στα μαθήματα. Το σχολείο και μια μπάντα που σχεδιάζαμε να φτιάξω δεν έγινε ποτέ. Έτσι, όταν γεννήθηκε ο γιός μου, ήθελα να μάθει κιθάρα και άρχισε από μικρή ηλικία την κλασική κιθάρα. Στα επόμενα χρόνια αποφάσισα να του αγοράσω μια ηλεκτρική κιθάρα. Στο μαγαζί με τις κιθάρες συνάντησα έναν παλιό μου φίλο, το Νίκο Ντουνούση εξαιρετικό κιθαρίστα, ο οποίος με ξαναέβαλε στο παιχνίδι της μουσικής. Μετά από δυο χρόνια έπαιξα το πρώτο μου live στο πάρτυ ενός Συνεδρίου. Συναρπάστηκα τόσο που από τότε δεν σταματάω. Αυτός ο φίλος μου με την μπάντα του

είναι επαγγελματίες μουσικοί, και παίζω πολλές φορές μαζί τους ως προσκεκλημένος-κιθαρίστας.

Η ενασχόληση με την μουσική έχει και μία άλλη ιστορία όμως που ξεκίνησε πριν από 2-3 χρόνια επίσης. Ο Γιάννης Αντωνίου, πρόεδρος τότε στο Μαθηματικό, κανόνισε μια συνάντηση μου με το Ζαχαρία το Σκούρα, Πρόεδρο τότε του Βιολογικού και drummer και τον Νίκο Τσινίκα, Πρόεδρο του Τμήματος Κινηματογράφου και παίκτη πλήκτρων και άλλων οργάνων, για να παίξουμε μαζί. Εγώ, ήμουνα Διευθυντής στο Ινστιτούτο. Έτσι, γεννήθηκε η μπάντα με το όνομα “The Presidents”, για ευνόητους λόγους. Φέτος η μπάντα διατηρώντας απέκτησε και μπασσίστα, το Γιώργο Παπανικολάου, Καθ. Ηλεκτρολόγο Μηχανικό, και “Πρόεδρο” του studio του Πανεπιστημίου, αλλά και σαξοφωνίστα/παίκτη φουσαρμόνικας, το Γιάννη Καλιμάνη, αντιπρόεδρο του συλλόγου Φίλων Jazz & Δημιουργικής Μουσικής.

#### **7. Όσον αφορά το μέλλον της έρευνας στη Νανοτεχνολογία, πώς τα βλέπετε τα πράγματα;**

Για μένα η Νανοτεχνολογία δεν είναι αυτοσκοπός. Είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιώ ώστε να φτάσω πιο κοντά στους ερευνητικούς στόχους μου. Το εργαλείο αυτό εξελίσσεται και αναπτύσσεται αποσκοπώντας στην ανάπτυξη πρακτικά βιώσιμων περιβαλλοντικών και ενεργειακών τεχνολογιών και αυτό θα συνεχίσουμε να το κάνουμε για όσο υπάρχει πρακτική ανάγκη και εφαρμογή για τις τεχνολογίες αυτές. Όσον αφορά το μέλλον της, “Πολύ δύσκολο είναι να προβλέψει κανείς, κυρίως το μέλλον”, είπε ο Τσόρτσιλ και θα συμφωνούσα μαζί του.

Φ. Λ.

Φοιτήτρια Φαρμακευτικής Σχολής ΑΠΘ

## 8. Interview with Christos Tokamanis



*Christos Tokamanis is Head of Unit "Nanosciences and Nanotechnologies", of the Directorate General Research and Innovation of European Commission.*

**1. Mr Tokamanis, you began as a student of the Chemical Engineering School of the Aristotle University of Thessaloniki. How did you arrive in the role that you now have, and what experiences in your past career have brought you to this new position?**

Managing research at EU level requires that policy making and implementation are carried-out simultaneously under the watchful eye of the Council and the European Parliament. Policy wise Nanotechnology research is being supported by a five year Nano Action plan and it's being funded in two consecutive. As well as, by the Framework programmes for Research, FP6, which ended in 2006, and FP7 (2007 to 2013).

Both aspects must be managed in a congruent and mutually supporting way with other EU policies such as industrial, environmental, consumer, just to mention a few.

Prior to taken responsibility of the Nanotechnologies Unit I was responsible first, for Sustainable Transport technologies and subsequently, Manufacturing. The accrued experience over ten years in promoting Research and Technological Development of advanced technologies for traditional industrial sectors was considered appropriate background to have in tackling the challenge of industrialisation of an emerging, high impact technology area such as Nanotechnology.

**2. What do you think are your three major challenges as Head of Unit?**

Defining strategies with clear objectives and purposeful content; communicating skills to have them established; leadership ability to effectively implement them.

**3. The unit, which you direct, belongs to the department "Research and Innovation" and specifically to the "Industrial Technologies" directorate.**

***In crucial times like the one we are going through what is the importance placed by the EC on N&N? What kind of action is undertaken?***

The European Nanotechnology strategy is laid out in the Commission Communication: "Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe (2005-2009)". The action plan describes a safe, integrated and responsible strategy for Nanotechnology development based on seven pillars:

1. Research, development and innovation
2. Infrastructure and European poles of excellence
3. Interdisciplinary human resources
4. Industrial innovation
5. Integrating the societal dimension
6. Public health, safety, environmental and consumer protection
7. International cooperation

The Framework Programme is a key instrument for implementing this strategy. Clearly, many of the pillars of the action plan have dimensions which the Framework Programme must address together with other Commission policies, in the areas of enterprise and industry, environment, consumer and worker protection and so on.

Nanotechnologies, in general, and Nanotechnology innovation in particular, are driven by market demand and customer needs and the benefits they bring in *solving societal challenges such as the move to green economy and sustainable development*. In the present economic downturn and as the EU begins its recovery, it must create the right conditions for taking advantages in the investments in research and innovation and realise the potential of nanotechnologies for sustainable growth, resource efficiency, competitiveness, sustainable environment, highly skilled jobs and increased quality of life.

In terms of research priorities, FP6 and the first part of FP7 have largely been supporting the generation of a strong European Nanotechnology research base and longer term research. The second half of FP7 is marked by a gradual shift towards more application oriented research as Nanotechnologies from the laboratory environment evolve towards applications in various industrial sectors. For nano-electronics, which is a more industrially mature area, a Joint Technology Initiative has now been set up, a public-private partnership with the European Commission, Member States, Associated States and European R&D actors. This tendency towards large, strategic initiatives in selected key areas is likely to continue in the up-coming multi-annual strategic framework for research and innovation.

#### ***4. Which particular areas of N&N draw most of the attention and interest of the European Commission?***

Europe would have to find solutions for five set of challenges:

- Healthcare coverage for all, unfavourable demographics and food safety.
- Environmental concerns, such as climate change and pollution.
- Energy sourcing and availability. The care for renewable energy sources.
- Connectedness, that is Information and Communication for all.
- Maintaining a high value, added manufacturing, in Europe which will be sustainable and world competitive.

Nanotechnologies can contribute with solutions to all of them. In the meantime, Europe has to meet its own internal challenge of ensuring the safety of all it represents, Nanotechnology in this case, and brings to society. To do all this, the next ten years must see Europe having a productive, innovative, accessible and seamless system for Nanotechnology development that would be competing with and winning against other economies with similar plans.

#### ***5. What amount of money is spent for the N&N field? Is it coming only from your directorate or from others as well?***

Public funding of Nanotechnology research in the EU is strong in Europe, comparable to that in Asia and well above the US and amounts to approximately €1.8 billion per annum of which €0.6 billion is funded by the European Commission's framework programme. The majority of this amount is funded by two themes NMP and INFSO. However, in terms of private R&D investments, Europe is clearly behind both the US and Asia. Furthermore, new international players such as China, India, Brazil, and Russia Federation have already established big programmes of activities. One should not stare at the headline numbers too much. It is more important how and where the money is spent and

that the framework conditions are supportive of the emerging Nanotechnology industry.

***6. In what way are the N&N research results exploited so as to contribute to the society? What kind of process is followed?***

The EU's plan for Nanotechnologies is designed to bring together all the efforts of the European Commission programmes, as well as those of the Member States, in terms of research and innovation; regulation that safeguards workers, users and consumers and public outreach and engagement that creates trust and confidence in products that use such technologies.

Such an effort is based on a system of governance that decides and monitors all stages of development so that Nanotechnologies are developed responsibly.

***7. Which are the EC strategies so that the N&N research outcomes do not burden citizens' health? Are there specific programs developed for this matter and which are they (e.g. for the circulation of new drugs)?***

During the first Action Plan 2005-2009 significant investments have been made in research on risk assessment and management and a review on "regulatory aspects of nanomaterials" has been carried out, stressing the need to improve the implementation of current legislation. Nevertheless, knowledge gaps in areas like characterisation, toxicity and exposure assessment pose difficulties in the development of implementation tools.

Risk assessment and risk management are key elements of the EU regulatory system. Current risk assessment tools are sufficient to identify and address the specific nanomaterials of concern. Nanomaterials are similar to normal substances in that some may be toxic or cause hazardous effects and some may not. As there is not yet a generally

applicable paradigm for nanomaterials hazard and exposure assessment, a case by case approach for the risk assessment of nanomaterials is presently the only possible way of assessing risk. Despite the current efforts, there is also a shortage of information and appropriate assessment tools for the different benefits, risks and exposure patterns associated with nanotechnology applications in different sectors.

Existing tools for implementation, such as guidance, standards and implementing legislation, are presently reviewed as to their adequacy to (completely) cover nanomaterials and nanotechnologies. Following such a review in 2011, enforcement of existing provisions will provide intensity and concreteness where implementation and enforcement of existing legislation will be recast. The whole issue of improving the regulatory framework of nanotechnologies is necessary in reducing uncertainties regarding environmental, health, social, ethical issues and public perception.

***8. In the summer you will be co-organizing with LTFN the 8<sup>th</sup> Conference on Nanosciences & Nanotechnologies. What is your opinion for this particular activity and activities of this kind, in general?***

The showcasing of Nanotechnologies as a complete package of industrial activity, research and innovation in key thematic areas and schooling offers a unique opportunity of informing and disseminating the importance of nanotechnologies in enabling radical innovation for the benefit of society. The growth of new companies and industries, especially if it converges with other technology fields such as ICT and biotechnology, in a time of economic crisis, generates expectations and hope for renewed growth.

***9. From this crucial position that you have, please tell me, how does the present and fu-***



***ture of N&N seem in Europe? What kind of scientific fields and how many experts do you assume that will be needed in Europe?***

The commercialisation of Nanotechnologies, especially in those areas in which there's convergence with other enabling technologies such as photonics and advance materials, is creating a whole new generation of innovative new products. The prospects of economic value added are in the range of hundreds of billions.

For Europe, the main movers are the chemical industries that together with a strong industrial equipment base drive Nanotechnologies in such applications as automotive, aeronautics and construction. It is early days yet, but in the next five to ten years the nano-content of such products would increase in an exponential trend.

In terms of employment, ICT and energy are two high growth areas followed by health and instrumentation. Further opportunities exist in aeronautics, construction, chemicals industries, security and environment.

The close relationship between nano-scale manufacturing and product innovation creates an additional requirement of skills and education that spans the whole range from research to production, quality control, design, engineering, marketing, knowledge of legal issues, communication experts, all of which previous industries have not needed to such an extent.

Such an R&D intensive, complex and demanding area require close monitoring and control of costs. The requirement of human resources with such knowledge and background will come at a premium.

***10. How hard is it for someone to work in the EC and especially in a field like yours?***

At the moment companies are finding it difficult to attract qualified personnel with prior experience in Nanotechnology and especially in Nanotechnology processes.

The up-scaling of laboratory processes, through pilot lines to full production capacity are full of risks. They are using in-house training, domestic contracting and university and company partnerships to get such people. Also companies are developing particular competences in attracting scientists to work in multi-disciplinary teams.

Given that, the appropriate level of education and knowledge exists, the conditions of work and career prospects in such industrial settings are specially rewarding and enjoyable.

***11. The Interdepartmental Interscientific Postgraduate Program N&N offers a complete course of studies in N&N. What is your opinion of a graduate of this Program when it comes to finding a position in EC? In general, what do you think when it comes to choosing this Postgraduate Program, is it a well – targeted investment concerning our times? Are there commensurate employment positions?***

The programme of studies aims at meeting the two major challenges of process scalability, and product engineering in a multidisciplinary environment. Provided there's a targeting to the high growth areas mentioned above the degree/qualification that combines scientific excellence with process specialisation in these application areas would provide the passport for gainful and fulfilling employment anywhere in Europe.

Φ. Λ.  
Φοιτήτρια Φαρμακευτικής Σχολής ΑΠΘ