

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ

# Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α

ΤΗΣ

ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

---

ΕΤΟΣ 2017: ΤΟΜΟΣ 92ος

---

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ  
ΤΑΞΙΣ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

2017

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ

# Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α

ΤΗΣ

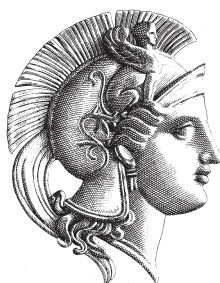
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

---

ΕΤΟΣ 2017: ΤΟΜΟΣ 92ος

---

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ  
ΤΑΞΙΣ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ  
ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

2017



Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α  
ΤΗΣ  
Α Κ Α Δ Η Μ Ι Α Σ Α Θ Η Ν Ω Ν

ΤΟΜΟΣ 92ος  
ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ  
ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΔΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟΥ



ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ  
ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ  
Πανεπιστημίου 28, 10679 Αθήναι  
[www.academyofathens.gr](http://www.academyofathens.gr)  
[dim@academyofathens.gr](mailto:dim@academyofathens.gr)

ISSN 0369-8106

# Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α

ΤΗΣ

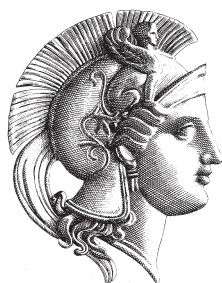
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

---

ΕΤΟΣ 2017: ΤΟΜΟΣ 92ος

---

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ  
ΤΑΞΙΣ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

2017



## ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

τοῦ 92ου Τόμου τῶν Πρακτικῶν τοῦ ἔτους 2017

### ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

	Σελ.
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 9ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017.....	9
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 14ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017.....	11
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017.....	47
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 6ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2017.....	95
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 27ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2017.....	109
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 8ΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ 2017.....	115
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 19ΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2017.....	119
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 21ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	143
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	171
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 5ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	179
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 12ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	187
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 13ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	205
ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ.....	213
ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ.....	213
ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ.....	214
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΤΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ.....	215



# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 9ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017

---

## ΑΝΑΓΓΕΛΙΑ ΘΑΝΑΤΟΥ

Ὁ Πρόεδρος τῆς Ἀκαδημίας κ. Λουκᾶς Παπαδηῆμος ἀναγγέλλει τὸν θάνατο τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους Ἰωακείμ (Μάκη) Τσαπόγα.

Ἡ Ὀλομέλεια τηρεῖ ἐνὸς λεπτοῦ σιγῆ εἰς μνήμην τοῦ ἐκλιπόντος.

---





# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 14ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017

---

ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ  
κ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ Γ. ΜΙΚΟΥ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ  
κ. ΛΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟ

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὑποδέχεται σήμερα μὲ ἰδιαίτερη τιμὴ τὸν κ. Ἀντώνιο Γ. Μίκο, καθηγητὴ Ἐμβιομηχανικῆς, Χημικῆς καὶ Βιομοριακῆς Μηχανικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Rice στὸ Χιούστον τῶν ΗΠΑ, τὸν ὁποῖο ἡ Ὀλομέλεια ἐξέλεξε τὸ 2016 ὡς ἀντεπιστέλλον μέλος της στὴν Τάξιν τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Ὁ κ. Ἀντώνιος Μίκος γεννήθηκε στὴ Θεσσαλονίκη τὸ 1960. Ἐλαβε τὸ πτυχίον τοῦ χημικοῦ μηχανικοῦ ἀπὸ τὸ Ἀριστοτέλειον Πανεπιστήμιον Θεσσαλονίκης τὸ 1983 καὶ τὸ διδακτορικὸ του δίπλωμα ἀπὸ τὸ Τμῆμα Χημικῶν Μηχανικῶν τοῦ Πανεπιστημίου Purdue τῶν ΗΠΑ τὸ 1988.

Ὁ νέος συνάδελφος ἔχει πλούσιον ἐρευνητικὸ καὶ συγγραφικὸ ἔργον. Ἡ ἔρευνά του ἐπέφερε νέον τρόπον σκέψης στὴν ἀντιμετώπισιν τῶν βιοϋλικῶν γιὰ τὴν ἀναγεννητικὴ ἰατρικὴ καὶ συνέβαλε στὸν λογικὸ σχεδιασμὸ ἰκριωμάτων γιὰ στοχευμένη ἀναγέννησιν ἰστῶν. Τὰ ἰκρίωματα αὐτὰ ἀποτελοῦν τὸν ἀκρογωνιαῖον λίθον στὴν ἱστομηχανικὴ καὶ τὴ βάση γιὰ ἀναρίθμητα κλινικὰ προϊόντα. Ἡ μεγάλη ἐρευνητικὴ παραγωγικότητά του ἀποτυπώνεται στὴ συγγραφὴ ἄνω τῶν 550 ἐπιστημονικῶν ἐργασιῶν. Ἐχει παρουσιάσει τὸ ἔργον του σὲ περισσότερες ἀπὸ 680 ὁμιλίαις σὲ ἔθνικα καὶ διεθνῆ συνέδρια. Ὡς καθηγητῆς ἔχει ἐπιβλέψει πολλοὺς διδακτορικοὺς φοιτητῆς καὶ μεταδιδακτορικοὺς ἐρευνητῆς, ἀρκετοὶ ἐκ τῶν ὁποίων εἶναι σήμερα καθηγητῆς πανεπιστημίων.

Ὁ καθηγητὴς Μίκος χαίρει διεθνoῦς κύρους ὡς παγκόσμιος πρωτοπόρος στὴν ἐφαρμογὴ βασικῶν ἀρχῶν τῆς Μηχανικῆς καὶ τῶν Βιολογικῶν Ἐπιστημῶν, γιὰ τὴ δημιουργία βιοϋλικῶν μὲ εὐρὸν φάσμα χρήσεων ποὺ κυμαίνονται ἀπὸ τὴν ἐλεγχόμενὴ ἀπελευθέρωση φαρμακευτικῶν οὐσιῶν καὶ τὴ γονιδιακὴ θεραπεία ἕως τὴν ἱστομηχανικὴ καὶ τὴν ἀναγεννητικὴ ἰατρικὴ. Ἡ ἔρευνά του ἔχει ὀδηγήσει στὴν ἀνάπτυξη καινοτόμων βιοϋλικῶν γιὰ ὀρθοπεδικές, ὀδοντιατρικές, καρδιαγγειακές, νευρολογικές καὶ ὀφθαλμολογικές ἐφαρμογές.

Κύριε συνάδελφε, ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχῆς ποὺ σᾶς καλωσορίζει καὶ σᾶς ἀπευθύνει θερμὲς εὐχές γιὰ συνέχιση τοῦ ἐπιστημονικοῦ σας ἔργου.

Σᾶς καλῶ γιὰ νὰ σᾶς ἐπιδώσω τὸ δίπλωμα τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους τοῦ Ἰδρύματος.

Ὁ ἀκαδημαϊκὸς κ. Ἀθανάσιος Φωκᾶς θὰ παρουσιάσει ἐκτενέστερα τὸ ἐπιστημονικὸ ἔργο καὶ τίς λοιπές ἐπαγγελματικὲς δραστηριότητες τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ. Παρακαλῶ τὸν κ. Φωκᾶ νὰ ἀνέλθει στὸ βῆμα.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ  
κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟ ΦΩΚΑ

Εύχαριστώ τὴ Σύγκλητο τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν γιὰ τὴν ἀνάθεση τῆς παρουσίας τοῦ ἔργου καὶ τῆς προσωπικότητας τοῦ νέου ἀντεπιστέλλοντος μέλους. Ὅπως θὰ καταστεῖ προφανές λίαν συντόμως, αὐτὴ ἡ ἀνάθεση ἀποτελεῖ γιὰ ἐμένα ἰδιαίτερη τιμὴ.

Ὁ κ. Ἀντώνιος Μίκος γεννήθηκε στὴ Θεσσαλονίκη τὸ 1960. Ἐλαβε τὸ δίπλωμα τοῦ χημικοῦ μηχανικοῦ ἀπὸ τὸ Ἀριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης τὸ 1983 καὶ διδακτορικὸ δίπλωμα ἀπὸ τὸ Τμήμα Χημικῶν Μηχανικῶν τοῦ Πανεπιστημίου Purdue τὸ 1988. Ἀμέσως μετὰ ἐπέστρεψε στὴν Ἑλλάδα γιὰ τὴ στρατιωτικὴ του θητεία καὶ ὑπηρέτησε στὴ διεύθυνση Ναυτικοῦ Χημεῖου τοῦ Πολεμικοῦ Ναυτικοῦ. Κατόπιν ἦταν μεταδιδακτορικός ἐρευνητὴς σὲ δύο ἀπὸ τὰ κορυφαῖα πανεπιστήμια τοῦ κόσμου: στὸ Τεχνολογικὸ Ἰνστιτοῦτο τῆς Μασαχουσέτης (MIT) καὶ στὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ τοῦ Πανεπιστημίου Harvard.

Τὸ 1992 ἐξελέγη καθηγητὴς στὸ γνωστὸ Πανεπιστήμιο Rice στὸ Χιούστον τῶν ΗΠΑ, ὅπου πλέον εἶναι κάτοχος τῆς ἔδρας Louis Calder στὰ Τμήματα Ἐμβιομηχανικῆς, καθὼς καὶ Χημικῆς καὶ Βιομοριακῆς Μηχανικῆς. Εἶναι ἐπίσης διευθυντὴς τοῦ Ἐργαστηρίου Βιοϊατρικῆς Μηχανικῆς J. W. Cox καὶ τοῦ Κέντρου Ἀριστείας στὴν Ἱστομηχανικὴ τοῦ ἴδιου πανεπιστημίου.

Ὁ καθηγητὴς Μίκος εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς κορυφαίους παγκοσμίως ἐρευνητὴς στὴν ἐξαιρετικὰ σημαντικὴ ἀπὸ πλευρᾶς ἐφαρμογῶν περιοχὴ δημιουργίας νέων βιοϋλικῶν γιὰ πληθώρα πρωτοποριακῶν χρήσεων. Αὐτὴ ἡ ἐρευνα ἀπαιτεῖ βαθιὰ κατανόηση τόσο τῆς μηχανικῆς ὅσο καὶ τῆς βιολογίας.

### Ἀναγεννητικὴ ἱατρικὴ

Ἡ ἐρευνα τοῦ καθηγητῆ Μίκου εἰσήγαγε νέο τρόπο σκέψης στὴν ἀντιμετώπιση τῶν βιοϋλικῶν γιὰ τὴν ἀναγεννητικὴ ἱατρικὴ καὶ συνέβαλε στὸν λογικὸ σχεδιασμὸ ἱκριωμάτων γιὰ τὴν ἀναγέννηση συγκεκριμένων ἰστῶν. Τὰ ἱκριώματα αὐτὰ ἀποτελοῦν τὴ βάση μεγάλου ἀριθμοῦ κλινικῶν προϊόντων. Εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς πρώτους ἐρευνητὴς ποὺ ἀναγνώρισε τὶς δυνατότητες τῶν βιολογικῶν ἐνεργῶν οὐσιῶν νὰ προάγουν ἀναγέννηση σὲ διάφορους ἰστούς. Ἐπίσης καινοτόμησε στὴν ἐλεγχόμενη χορήγηση θερα-

πευτικών ουσιών, στις όποιες συμπεριλαμβάνονται νουκλεϊκά όξέα και διάφοροι αύξητικοί παράγοντες. Σε αύτη τήν τεχνική βασίζεται ή χορήγηση θεραπευτικών ουσιών τών περισσότερων προϊόντων αναγεννητικής Ιατρικής που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Πρέπει να τονισθεϊ ότι οι τεχνολογίες για τήν αναγεννητική Ιατρική που ανέπτυξαν ό καθηγητής Μίκος και οι συνεργάτες του χρησιμοποιήθηκαν άργότερα στην έλεγχόμενη χορήγηση θεραπευτικών ουσιών για πολλαπλές έπιπρόσθετες χρήσεις. Μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται ή τοπική άποδέσμευση άντιβιοτικών για τήν θεραπεία τής όστεομυελίτιδας, καθώς και ή άποδέσμευση άντιφλεγμονώδους siRNA έντός τών άρθρώσεων για τήν θεραπεία διαφόρων παθήσεων τών κλειδώσεων.

### Γονιδιακή θεραπεία

Η έρευνα του καθηγητή Μίκου είχε πρωτοποριακά άποτελέσματα στη σύνθεση μη ίογενών φορέων για γονιδιακή θεραπεία. Αυτοί οι φορείς χρησιμοποιούν συνθετικά πολυμερή καθώς και φυσικές δραστικές ουσίες. Άξιοποιώντας βιολογικούς μηχανισμούς μέσω τών ύποδοχέων τών κυττάρων, ό κ. Μίκος κατόρθωσε να αύξήσει κατά πολύ τήν άποτελεσματικότητα τής ένσωμάτωσης νέου γενετικού ύλικου.

### Νανοσωματίδια

Ο καθηγητής Μίκος συνέβαλε σημαντικά στην κατασκευή ίκριωμάτων σε νανοκλίμακα. Αυτά τα ίκριώματα έχουν σημαντικές έφαρμογές στην ίστομηχανική, όπου απαιτούνται νανοσωματίδια που φέρουν φορτία. Τα ύλικά που κατασκευάστηκαν στο έργαστήριο του κ. Μίκου ξεπέρασαν τις μέχρι τότε δυσκολίες στη διασπορά και ένσωμάτωση τών νανοϋλικών σε πορώδεις νανοςύνθετες δομές. Παράλληλα, ό κ. Μίκος ανέπτυξε βιοδιασπώμενα συστήματα ύδροπηγμάτων για τήν έλεγχόμενη άποδέσμευση πολλαπλών αύξητικών παραγόντων. Αυτοί οι παράγοντες βοηθούν άποτελεσματικά τήν άποκατάσταση βλαβών σε διάφορους ίστους.

### Βλαστοκύτταρα

Είναι έξαιρετικά ένδιαφέρον ότι σε πολλές περιπτώσεις τα άνωτέρω ύδροπήγματα συνδυάστηκαν με βλαστοκύτταρα. Χρησιμοποιώντας αυτόν

τὸν καινοτόμο συνδυασμό, ἔγινε δυνατὴ ἡ μελέτη τῶν μηχανισμῶν δράσης τῶν ἀυξητικῶν παραγόντων καὶ τῶν βλαστοκυττάρων μὲ στόχο τὴν ἀναγέννηση ποικίλων ἰστῶν. Σὲ αὐτοὺς τοὺς ἰστούς συμπεριλαμβάνονται χόνδροι, ὀστά, ὀφθαλμικοὶ φακοὶ καὶ τὸ μυοκάρδιο.

Ἡ ἐρευνητικὴ παραγωγικότητά τοῦ κ. Μίκου εἶναι ἀξιοζήλευτη: ἔχει συγγράψει περίπου 550 ἐπιστημονικὲς δημοσιεύσεις καὶ ἔχει ἐκδώσει 15 βιβλία, συμπεριλαμβανομένων τῶν βιβλίων *Frontiers in Tissue Engineering* (Elsevier, 1998) καὶ *Tissue Engineering Principles and Practices* (CRC Press, 2013). Ἐπίσης, ἔχει κατοχυρώσει 27 διπλώματα εὐρεσιτεχνίας (πατέντες). ἔχει δώσει πάνω ἀπὸ 680 ὁμιλίες σὲ ἐθνικὰ καὶ διεθνῆ συνέδρια καὶ ἔχει παρουσιάσει τὴν ἔρευνά του σὲ 170 σεμινάρια σὲ πανεπιστήμια καὶ ἑταιρεῖες. Ἡ ἐπίδραση τῆς ἔρευνάς του στὴν παγκόσμια ἐπιστημονικὴ κοινότητα εἶναι μεγάλη. ἔχει περίπου 50.000 ἀναφορὲς μὲ h-index 120· δηλαδή 50.000 δημοσιεύσεις ἄλλων ἐρευνητῶν ἀναφέρονται στὶς δημοσιεύσεις τοῦ καθηγητῆ Μίκου.

Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σύντομη περιγραφή γίνεται καταφανὲς ὅτι ἡ ἔρευνα τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ εἶναι ὄντως ἐξαιρετικὰ σημαντικὴ. Αὐτὸ ἐπιβεβαιώνεται καὶ ἀπὸ τὴ μεγάλη καὶ συνεχὴ χρηματοδότηση τῆς ἔρευνάς του, καθὼς καὶ τὴ διεθνή του ἀναγνώριση. Ὅσον ἀφορᾷ τὴ χρηματοδότηση τῆς ἔρευνάς του, αὐτὴ φθάνει στὸ συνολικὸ ποσὸ τῆς τάξεως τῶν 25 ἑκατομμυρίων δολαρίων. ἔχει χρηματοδοτηθεῖ ἀπὸ ἐθνικοὺς φορεῖς τῶν ΗΠΑ (National Institute of Health, National Science Foundation, Department of Defense), ἀπὸ διάφορους κοινωφελεῖς ὀργανισμοὺς καὶ ἀπὸ ἑταιρεῖες.

Σχετικὰ μὲ τὴ διεθνή του ἀναγνώριση, ἀναφέρω ὅτι ἔχει τιμηθεῖ μὲ μεγάλο ἀριθμὸ σημαντικῶν βραβείων, συμπεριλαμβανομένων τῶν ἑξῆς:

- Lifetime Achievement Award τῆς Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society-Americas,
- Founders Award καὶ Clemson Award for Contributions to the Literature τῆς Society for Biomaterials,
- Robert A. Pritzker Distinguished Lecturer Award τῆς Biomedical Engineering Society,
- Alpha Chi Sigma Award for Chemical Engineering Research τοῦ American Institute of Chemical Engineers,
- Meriam/Wiley Distinguished Author Award τῆς American Society for Engineering Education,

- Edith and Peter O'Donnell Award in Engineering τῆς Academy of Medicine, Engineering and Science of Texas,
- Marshall R. Urist Award for Excellence in Tissue Regeneration Research τῆς Orthopaedic Research Society,
- Distinguished Scientist Award – Isaac Schour Memorial Award τοῦ International Association for Dental Research, καὶ
- Distinguished Engineering Alumnus Award τοῦ Πανεπιστημίου Purdue.

Ὁ καθηγητῆς Μίκος εἶναι ἰδρυτικὸ μέλος τῆς Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society, ἑταῖρος τῆς American Association for the Advancement of Science, ἑταῖρος τοῦ American Institute of Chemical Engineers, ἑταῖρος τοῦ American Institute for Medical and Biological Engineering, ἑταῖρος τῆς Biomedical Engineering Society, ἑταῖρος τῆς Controlled Release Society καὶ ἑταῖρος τῆς International Union of Societies for Biomaterials Science and Engineering. Τέλος, καὶ τὸ σημαντικότερο, εἶναι μέλος τριῶν ἀκαδημιῶν: τῆς Ἑθνικῆς Ἀκαδημίας Μηχανικῶν, τῆς Ἑθνικῆς Ἀκαδημίας Ἰατρικῆς καὶ τῆς Ἑθνικῆς Ἀκαδημίας Ἐφευρετῶν τῶν ΗΠΑ.

Παρ' ὅλη τὴν τόσο σπουδαία ἔρευνά του, ὁ καθηγητῆς Μίκος βρῖσκει χρόνο γιὰ νὰ συνεισφέρει μέσῳ διαφόρων ἡγετικῶν θέσεων στὴν ἐπιστημονικὴ κοινότητα. Γιὰ παράδειγμα, ἔχει διατελέσει πρόεδρος τῆς Society for Biomaterials καὶ τοῦ ἀμερικανικοῦ τμήματος τῆς International Society of Tissue Engineering and Regenerative Medicine. Ἐπίσης, διοργανώνει προγράμματα συνεχοῦς ἐπιμόρφωσης, συμπεριλαμβανομένου τοῦ προγράμματος *Advances in Tissue Engineering*, ποὺ διοργανώνεται ἑτησίως ἀπὸ τὸ 1993 στὸ Πανεπιστήμιο Rice. Προεδρεύει σὲ πολυάριθμα διεθνή συνέδρια, μεταξὺ αὐτῶν πέντε Aegean Conferences in Tissue Engineering, τὰ ὁποῖα διοργανώνονται κάθε τρία χρόνια σὲ νησιὰ τῆς Ἑλλάδας. Εἶναι μέλος τῆς συντακτικῆς ἐπιτροπῆς τῶν ἐπιστημονικῶν περιοδικῶν:

- *Advanced Drug Delivery Reviews*,
- *Cell Transplantation*,
- *Journal of Biomaterials Science Polymer Edition*,
- *Journal of Biomedical Materials Research (Part A and B)*, καὶ
- *Journal of Controlled Release*.

Ἐπίσης, ὁ καθηγητῆς Μίκος ἴδρυσε καὶ ἐκτελεῖ χρέη ἀρχισυντάκτη τῶν ἐπιστημονικῶν περιοδικῶν *Tissue Engineering Part A*, *Tissue Engi-*

neering Part B: Reviews και Tissue Engineering Part C: Methods. Ύπό τήν έποπτεία του, τά περιοδικά αὐτά παραμένουν τά σημαντικότερα τοῦ τομέα τους τά τελευταῖα 20 χρόνια.

Ὁ καθηγητής Μίκος εἶναι ἕνας ἀκούραστος δάσκαλος: Ἔχει ἐπιβλέψει 59 διδακτορικούς φοιτητές και 38 μεταδιδακτορικούς ἐρευνητές, μεταξύ τῶν ὁποίων ἀρκετοί εἶναι Ἕλληνες, και ἐκ τῶν ὁποίων 22 εἶναι τώρα καθηγητές πανεπιστημίου.

Μόνιμο μέλημα τοῦ κ. Μίκου εἶναι ἡ προσφορά πρὸς τόν συνάνθρωπο. Σχετικά ἀναφέρω ὅτι διευθύνει ἀπό τὸ 2008 τὸ πρόγραμμα ἀναδόμησης κρανιοπροσωπικῶν ἀνωμαλιῶν τοῦ Ἰνστιτούτου Ἀναγεννητικῆς Ἰατρικῆς τῶν Ἀμερικανικῶν Ἐνόπλων Δυνάμεων (Armed Forces Institute of Regenerative Medicine). Τὸ πρόγραμμα στοχεύει στή μεταφορά τεχνικῶν ἀναγεννητικῆς ἰατρικῆς στὸ κλινικὸ ἐπίπεδο. Αὐτές οἱ τεχνικές συμβάλλουν στή διόρθωση λειτουργικῶν και αἰσθητικῶν ἀνωμαλιῶν τῶν κρανιοπροσωπικῶν ὄστων.

Ἔχω τήν τιμὴ νὰ γνωρίζω τόν κ. Μίκο προσωπικά. Δὲν εἶναι μόνον ἄριστος ἐπιστήμονας ἀλλὰ και ἐξάίρετος ἄνθρωπος.

Ὁ κ. Ἀντώνιος Μίκος ἀποτελεῖ ἕναν ἀπὸ τοὺς ἐπιφανέστερους μηχανικούς στὸ παγκόσμιο στερέωμα και συγχρόνως ἕναν ἀπὸ τοὺς σημαντικότερους πρεσβευτές τοῦ Ἑλληνισμοῦ. Τά μέλη τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχή που ἔχουν πλέον τὴ δυνατότητα νὰ ἀποκαλοῦν τόν κ. Μίκο συνάδελφο.



ΙΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ: ΣΥΓΚΛΙΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ  
κ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ Γ. ΜΙΚΟΥ

## 1. Είσαγωγή

Βρίσκομαι σήμερα μπροστά σας με αισθήματα βαθιάς ταπεινοφροσύνης και ευγνωμοσύνης. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ακαδημαϊκό κ. Άθανάσιο Φωκά για τη θερμή είσαγωγή του και να εκφράσω τις πιό ειλικρινείς μου ευχαριστίες στα μέλη της Ακαδημίας Αθηνών, του ανώτατου πνευματικού ιδρύματος της χώρας μου, για την ύψιστη τιμή της έκλογής μου και για την ευκαιρία να μιλήσω σχετικά με το έργο που έχουμε πραγματοποιήσει στο εργαστήριό μου τα τελευταία 25 χρόνια. Όταν ξεκινούσα τις προπτυχιακές σπουδές μου ως χημικός μηχανικός στο Άριστοτέλειο Πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης, δεν θα μπορούσα ποτέ να προβλέψω ότι η διαδρομή της καριέρας μου θα με όδηγούσε από τη μοντελοποίηση των αντιδράσεων πολυμερισμού, που ήταν το θέμα της διπλωματικής μου εργασίας, στο πεδίο της ιστομηχανικής και της αναγεννητικής ιατρικής. Η αναγνώριση των επιστημονικών επιδόσεων του εργαστηρίου μου από την πατρίδα μου είναι για έμένα μια τόσο μεγάλη προσωπική τιμή, που αδυνατώ να την εκφράσω με λόγια. Η επιτέλεση του έργου αυτού θα ήταν αναμφισβήτητα αδύνατη χωρίς τους μέντορές μου, κάποιοι από τους οποίους παρίστανται σήμερα εδώ, καθώς και χωρίς τους μαθητές μου, παλιούς και τωρινούς.

Τα τελευταία χρόνια, σε όλα τα επιστημονικά πεδία τονίζεται ή σπουδαιότητα της έννοιας της «σύγκλισης». Η σύγκλιση όρίστηκε πρόσφατα ως «ή συγχώνευση προσεγγίσεων και βαθύτερων γνώσεων που προέρχονται από ιστορικά διακριτούς επιστημονικούς κλάδους, όπως ή μηχανική, ή χημεία, ή φυσική, ή πληροφορική, τα μαθηματικά και οί βιολογικές επιστήμες». Η γενικότερη αντίληψη είναι ότι μέσω της σύγκλισης, δηλαδή με τη δημιουργία διεπιστημονικών συμπράξεων, θα αναδειχθούν νέες στρατηγικές για να δοθούν απαντήσεις σε όρισμένα από τα πιό δύσκολα προβλήματα που αντιμετωπίζει ή κοινωνία στη φροντίδα υγείας και σε άλλους τομείς. Η έκλογή μου δεν συνιστά καταξίωση του έργου του δικού μου εργαστηρίου μόνο, αλλά συνιστά γενικότερα καταξίωση της ιστομηχανικής

και της επιστήμης της σύγκλισης ως σημαντικών πεδίων στην επιστημονική κοινότητα.

Η ιστομηχανική, που αποτελεί το θέμα της ομιλίας μου, είναι ένας σχετικά νέος τομέας, αλλά αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής ακριβώς της ιδέας της σύγκλισης. Αντιπροσωπεύει μια συλλογική προσπάθεια μηχανικών, βιολόγων, φυσικών και άλλων επιστημόνων, καθώς και επαγγελματιών υγείας, που σκοπό έχει την αναγέννηση ιστών για τους ασθενείς που χρειάζονται την αντικατάσταση των δικών τους. Κατά την ομιλία μου, θα σας παρουσιάσω τον τομέα αυτόν, ξεκινώντας από τα πρώτα ταπεινά του βήματα. Θα σας μιλήσω για όρισμένα από τα εργαλεία που αναπτύξαμε στο εργαστήριό μου με τη χρήση της ιστομηχανικής, προς όφελος ασθενών, κλινικών ιατρών και άλλων επιστημόνων. Θα ήθελα επίσης να κάνω ιδιαίτερη μνεία στους ελληνικής καταγωγής συνεργάτες, που συνέβαλαν μαζί με πολλούς άλλους στις προσπάθειες του εργαστηρίου μας. Τέλος, θα αναφέρω μερικά παραδείγματα, στα όποια η ιστομηχανική αξιοποιήθηκε ως επιστήμη της σύγκλισης για την αντιμετώπιση όρισμένων από τις πλέον σύνθετες προκλήσεις στην ιατρική και στη φροντίδα υγείας.

### 1.1 Αναγέννηση ιστών: Μια πανάρχαιη ιδέα

Ενώ ο τομέας της ιστομηχανικής είναι σχετικά νέος στην εποχή μας, η ιδέα της αναγέννησης ιστών και οργάνων διεγείρει τη φαντασία του ανθρώπου από την αρχαιότητα. Στην αρχαιοελληνική μυθολογία αναφέρεται ότι το συκώτι του Προμηθέα αναγεννιόταν καθημερινά στο πλαίσιο της τιμωρίας του, επειδή δώρισε στην ανθρωπότητα την τεχνολογία με τη μορφή της φωτιάς και της κατεργασίας του μετάλλου. Αν και ο Προμηθέας δεν θα συμφωνούσε, το να φτιάξεις καινούργιο συκώτι ενσαρκώνει σήμερα τον πόθο δεκάδων χιλιάδων ανθρώπων που περιμένουν για τη λήψη ενός μοσχεύματος. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εκτιμά ότι μόνο στην Ευρώπη πάνω από 130.000 άτομα πεθαίνουν κάθε χρόνο από νόσο του ήπατος. Και φυσικά αυτό αφορά ένα όργανο μόνο – όπως αντιλαμβάνεστε, η ζήτηση για καρδιές, πνεύμονες, νεφρούς και άλλους ιστούς υπερβαίνει κατά πολύ την προσφορά. Οί ιστοί από υγιείς δότες είναι δυσεύρετα αγαθά. Ακόμη και όταν υπάρχουν διαθέσιμοι ιστοί, είτε από ζώα είτε από προσφάτως αποθανόντα δότη, η μεταμόσχευσή τους ενέχει τον κίνδυνο της απόρριψης του μοσχεύματος, την ανάγκη λήψης μακροχρόνιων φαρμακευ-

τικῶν ἀγωγῶν γιὰ τὴν καταστολὴ τῆς ἀνοσιακῆς ἀπόκρισης καὶ τὴν πιθανότητα μετάδοσης νόσου.

## 1.2 Κίνητρα γιὰ τὴν ἱστομηχανικὴ

Συνεπῶς, τὸ ἀρχικὸ κίνητρο καὶ τὸ ὄραμα γιὰ τὴν ἱστομηχανικὴ ἦταν ἡ παράκαμψη τῆς μεταμόσχευσης ὀργάνων, λόγῳ τῆς ἔνδειας ἰστῶν ἀπὸ δότες. Ὁ πρωταρχικὸς στόχος στὸ πεδίο αὐτὸ ἦταν ἡ ἀνάπτυξη τῆς τεχνολογίας ἐκείνης πὺ θὰ καθιστοῦσε ἐφικτὸ τὸ ἀκόλουθο σενάριο: Ἕνας ἀσθενὴς χρῆζει μεταμόσχευσης κάποιου ὀργάνου. Ὁ ἰατρός, εἴτε χειρουργὸς εἴτε ὄχι, προχωρᾷ στὴ λήψη μιᾶς μικροῦ μεγέθους βιοψίας ἀπὸ τὸν ἀσθενὴ μὲσω μιᾶς ἐλάσσονος ἐπέμβασης. Ἀπὸ αὐτὴ τὴ μικρὴ βιοψία ἀπομονώνονται καὶ ἀνακτῶνται τὰ κύτταρα. Στὴ συνέχεια, αὐτὰ τὰ κύτταρα καλλιέργουονται στὸ ἐργαστήριο ὑπὸ πολὺ συγκεκριμένους συνθήκες, προκειμένου νὰ δημιουργηθεῖ ἕνα νέο ὅμοιο ὑγιὲς ὄργανο στὴ θέση ἐκείνου πὺ νοσεῖ. Καθὼς τὸ νέο αὐτὸ ὄργανο δημιουργεῖται ἀπὸ τὰ ἴδια τὰ κύτταρα τοῦ ἀσθενοῦς, δὲν ὑπάρχει κίνδυνος ἀπόρριψῆς του οὔτε ἀνάγκη χημικῆς ἀνοσοκαταστολῆς ἀλλὰ οὔτε καὶ κίνδυνος ἐξωγενοῦς μετάδοσης νόσου.

Κατὰ κάποιον τρόπο, τὸ πρότυπο αὐτὸ ἐξακολουθεῖ νὰ ἀποτελεῖ τὸ «ἱερὸ δισκοπότηρο» τῆς ἱστομηχανικῆς. Ὡστόσο τὸ πεδίο ἐφαρμογῆς ἔχει ἐπεκταθεῖ πέρα ἀπὸ τὴ μεταμόσχευση ὀργάνων. Γνωρίζουμε ὅτι ὑπάρχουν πολλὰ παραδείγματα παθολογικῶν καταστάσεων, στὶς ὁποῖες διάφοροι ἱστοὶ ἢ ὄργανα μπορεῖ νὰ ὑποστοῦν βλάβες πὺ υπερβαίνουν τὴν ἐγγενὴ ἀναγεννητικὴ ἱκανότητα τοῦ ὀργανισμοῦ γιὰ ἀποκατάσταση, ὅπως μεῖζον τραῦμα, καρκίνος, λοιμώξεις, συγγενεῖς παθήσεις, αὐτοάνοσα νοσήματα καὶ χρόνιες νόσοι.

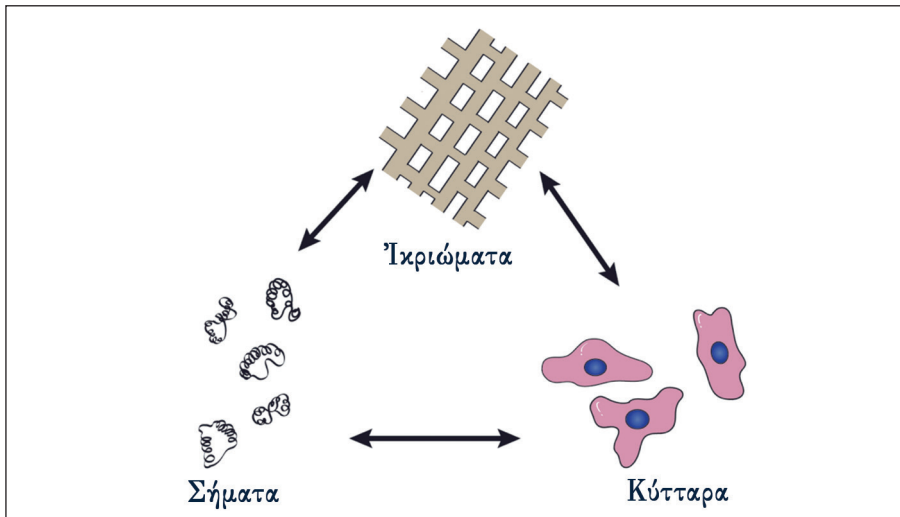
Τὸ πρότυπο αὐτὸ ἔχει ἐπίσης ἐπεκταθεῖ σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὸν τρόπο διάθεσης καὶ χρήγησης. Στὴ θέση τῆς ἀνάπτυξης τοῦ ὀργάνου ἔξω ἀπὸ τὸ σῶμα τοῦ ἀσθενοῦς καὶ τὴν ἐν συνεχείᾳ μεταμόσχευσή του σὲ αὐτόν, ἀντιληφθήκαμε –τόσο στὸ δικό μου ἐργαστήριο ὅσο καὶ σὲ ἄλλα– ὅτι μὲ τὴ χρῆση τοῦ σωστοῦ συνδυασμοῦ ὑλικῶν καὶ κυττάρων εἶναι ἐφικτὴ ἡ σχεδίαση στρατηγικῶν ἱστομηχανικῆς, οὔτως ὥστε νὰ διεγείρεται ἡ ἐπούλωση τῶν ἰστῶν μέσα στὸ σῶμα. Ἐκτὸς ἀπὸ τὴ δημιουργία ἰστῶν γιὰ τὴν ἀντικατάσταση νοσοῦντων ὀργάνων, οἱ εἰδικοὶ τῆς ἱστομηχανικῆς συνειδητοποίησαν ἐπίσης τὴν ἀξία τῆς δυνατῆς δημιουργίας βιολογικῶν ἰστῶν ἔξω ἀπὸ τὸ σῶμα καὶ γιὰ ἄλλες ἀνάγκες τῆς κοινωνίας. Παραδείγματός

χάρην, οί ἴστοι αὐτοὶ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὸν ἔλεγχον νέων φαρμάκων γιὰ τὴν καταπολέμηση τοῦ καρκίνου χωρὶς κανέναν κίνδυνον γιὰ τοὺς ἀσθενεῖς ἢ γιὰ τὴν καλύτερη κατανόηση τῶν μηχανισμῶν μὲ τοὺς ὁποίους οἱ ἴοι καὶ τὰ βακτήρια εἰσβάλλουν στὸν ὄργανισμό.

## 2. Τὸ ἱστομηχανικὸ πρότυπο

Σὲ ἕναν ἰδιαίτερα λειτουργικὸ ὄρισμό, τὸ Ἑθνικὸ Ἰνστιτοῦτο Βιοϊατρικῆς Ἀπεικόνισης καὶ Ἐμβιομηχανικῆς τῶν ΗΠΑ ἀναφέρει ὅτι ἡ ἱστομηχανικὴ ([...] ἀφορᾷ τὴν πρακτικὴ τοῦ συνδυασμοῦ ἱκριωμάτων, κυττάρων καὶ βιολογικῶν δραστηκῶν μορίων σὲ λειτουργικοὺς ἴστους. Ὁ στόχος τῆς ἱστομηχανικῆς εἶναι ἡ συναρμολόγηση λειτουργικῶν κατασκευῶν ποὺ ἐπανορθώνουν, διατηροῦν ἢ βελτιώνουν ἴστους ἢ ὁλόκληρα ὄργανα ποὺ ἔχουν καταστραφεῖ). Ἄν καὶ αὐτὸς ὁ ὄρισμὸς εἶναι τυπικὰ ἀκριβής, εἶναι σημαντικό νὰ τονιστεῖ ἡ διεπιστημονικὴ φύση τῆς ἱστομηχανικῆς. Δεδομένης τῆς πολυπλοκότητος τῶν βιολογικῶν ἰστῶν, ἡ ἱστομηχανικὴ συνδυάζει καὶ ἐφαρμόζει βασικὰς γνώσεις ἀπὸ τοὺς τομεῖς τῆς χημικῆς μηχανικῆς, τῆς μηχανολογίας, τῆς ἐπιστήμης τῶν ὑλικῶν, τῆς βιολογίας, τῆς βιοχημείας, τῆς βιοφυσικῆς, τῆς βιοπληροφορικῆς καὶ τῆς ἱατρικῆς.

Μιὰ ρήση ποὺ ἀποδίδεται στὸν Ἱπποκράτη ἀναφέρει ὅτι «ἡ ἴαση εἶναι θέμα χρόνου, ἀλλὰ μερικὲς φορὲς καὶ θέμα εὐκαιρίας». Σὲ πολλὰς περιπτώσεις ἡ ἴαση, δηλαδὴ τὴν περίπτωσή μας ἡ ἐγγενὴς ἱκανότητα ἐπούλωσης ποὺ διαθέτει τὸ ἀνθρώπινο σῶμα, μπορεῖ νὰ ὑπερκεράσει τὴν ἀπώλεια ἱστοῦ. Ὅταν ἕνα παιδὶ σπάσει ἕνα κόκκαλο, ἐὰν αὐτὸ ἀναταχθεῖ σωστά, τότε θὰ ἐπούλωθεῖ σωστά. Ἐὰν ὅμως τὸ ὅστὸ μολυνθεῖ ἢ τὸ κάταγμα ὀφείλεται στὸ φορτίο μιᾶς νόσου, ὅπως ὁ καρκίνος, ἢ ἐὰν ἡ ἀπώλεια τοῦ ὅστου εἶναι τόσο ἐκτεταμένη ποὺ ξεπερνάει τὴν ἐγγενὴ ἱκανότητα ἀναγέννησης ποὺ διαθέτει ὁ ὄργανισμός, τότε δὲν μπορεῖ νὰ ἐπέλθει φυσιολογικὴ ἐπούλωση. Συνεπῶς, ὁ στόχος τῆς ἱστομηχανικῆς εἶναι ἡ παροχὴ τοῦ σωστοῦ συνδυασμοῦ κυττάρων, σημάτων καὶ δομικῶν μονάδων ποὺ θὰ προσφέρει στὸν ὄργανισμό τὴν εὐκαιρία νὰ ἐπούλωθεῖ. Ὅπως διευκρινίστηκε προηγουμένως, οἱ συνδυασμοὶ αὐτοὶ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἔξω ἀπὸ τὸ σῶμα, γιὰ νὰ δημιουργηθεῖ κάποιον ὄργανο. Ὡστόσο μποροῦν ἐπίσης νὰ χρησιμοποιηθοῦν στὸ σημεῖο τοῦ ἱστοῦ ποὺ νοσεῖ, προκειμένου νὰ ἀποκατασταθεῖ ἡ εὐκαιρία τῆς ἐπούλωσης σύμφωνα μὲ τὰ λεγόμενα τοῦ Ἱπποκράτη.



Σχήμα 1: Τα τρία βασικά στοιχεία της ιστομηχανικής: ικρίώματα, κύτταρα, σήματα.

Τα τρία βασικά στοιχεία οποιασδήποτε στρατηγικής ιστομηχανικής είναι τα ικρίώματα, τα κύτταρα και τα σήματα (Σχήμα 1). Σε έναν ιστό το φυσικό ικρίωμα αποκαλείται («έξωκυττάριο στρώμα»). Οι ειδικοί της ιστομηχανικής έχουν δημιουργήσει διάφορα συνθετικά υλικά ικριωμάτων, που προέρχονται από μέταλλα, κεραμικά ή πολυμερή και είναι διαμορφωμένα για τις ειδικές ανάγκες του κάθε συγκεκριμένου ιστού. Ένας από τους τρόπους με τους οποίους το εργαστήριό μου κατόρθωσε να συμβάλει σε αυτόν τον τομέα είναι μέσω της σχεδίασης νέων, υψηλής προσαρμογής, βιοαποικοδομήσιμων υλικών για ικρίωματα, ώστε να ενσωματώνονται στον οργανισμό μετά την εμφύτευση. Η επιλογή του σωστού ικριώματος είναι αποφασιστικής σημασίας για τη δημιουργία λειτουργικών ιστών.

Το επόμενο βασικό στοιχείο της ιστομηχανικής είναι το κύτταρο. Οι πιο σύνθετοι ιστοί απαρτίζονται από διάφορους τύπους κυττάρων. Τα κύτταρα αυτά μπορεί να είναι εξειδικευμένα, παραδείγματος χάριν στην παραγωγή έξωκυττάριου στρώματος, στη διατήρηση των αιμοφόρων αγγείων ή σε μια ειδική μεταβολική δραστηριότητα μέσα στον ιστό. Υπάρχουν κύτταρα που έχουν ωριμάσει πλήρως και είναι γνωστά ως «ένηλικα κύτταρα», καθώς και «άνωριμα κύτταρα», που είναι γνωστά ως βλαστοκύτταρα.

Όταν εκτίθενται σε συγκεκριμένα σήματα, αυτά τα βλαστοκύτταρα μπορούν να διαφοροποιηθούν σε ενήλικα κύτταρα. Ένα παράδειγμα κυττάρου το οποίο αξιοποίησε και χειρίστηκε το έργαστήριό μου στις στρατηγικές ιστομηχανικής που αναπτύξαμε όλα αυτά τα χρόνια είναι το «μεσεγγυματικό βλαστοκύτταρο». Υπό την επίδραση διαφορετικών περιβαλλοντικών έρεθισμάτων και σημάτων, τα μεσεγγυματικά βλαστοκύτταρα μπορούν να διαφοροποιηθούν προς ενήλικα όστικά, χόνδρινα, λιπώδη, συνδετικά και μυϊκά κύτταρα. Μια από τις αποστολές των ειδικών τής ιστομηχανικής είναι να ζευγαρώσουν το σωστό βλαστοκύτταρο με το σωστό ικρίωμα και σηματοδοτικό σύστημα, ώστε να ώθήσουν τα κύτταρα να δημιουργήσουν τον επιθυμητό τύπο ιστών. Μπορούμε να συλλέξουμε τα κύτταρα αυτά από τον άσθενή και να τα έμφυτεύσουμε στο ικρίωμα. Παραδείγματος χάριν, για τη συλλογή μεσεγγυματικών βλαστοκυττάρων μπορεί να πραγματοποιηθεί μια μικρή έπεμβατική διαδικασία, γνωστή ως βιοψία μυελού των οστών, που θα επιτρέψει τη συγκομιδή κυττάρων από το έσωτερικό του ισχιακού οστού του άσθενοϋς. Σε όρισμένες βέβαια στρατηγικές ιστομηχανικής, δέν απαιτείται συγκομιδή και έμφύτευση κυττάρων. Με την έπιλογή ικριωμάτων συγκεκριμένου σχεδίου, τα βλαστοκύτταρα από το έσωτερικό του σώματος του άσθενοϋς μπορούν να έπιστρατευτούν τοπικά σε ένα ιστικό έλλειμμα, για να ξεκινήσουν την έπούλωση και την αποκατάσταση. Στην περίπτωση αυτή, το ικρίωμα έμφυτεύεται μέσα στο ιστικό έλλειμμα χωρίς κύτταρα, αλλά δρᾶ με σκοπό την έξασφάλιση ενός φιλόξενου περιβάλλοντος, που θα ένθαρρύνει την κυτταρική μετακίνηση και τον σχηματισμό φυσικού ιστού.

Έκτός από τα ικριώματα και τα κύτταρα, το τελευταίο στοιχείο του ιστομηχανικού προτύπου είναι τα σήματα. Τα σήματα έχουν τη μορφή μικρών μορίων, γενετικών πληροφοριών, μηχανικών έρεθισμάτων ή ακόμη και ηλεκτρικών μεταδόσεων. Αυτά μπορούν στη συνέχεια να ώθήσουν τα βλαστοκύτταρα να διαφοροποιηθούν, έλέγχουν τον τύπο του ιστού που συντίθεται από τα ενήλικα κύτταρα, προκαλούν τη μετακίνηση των κυττάρων σε όρισμένα σημεία ή διεγείρουν τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό. Οι ειδικοί τής ιστομηχανικής πρέπει να εφεύρουν και να αναπτύξουν στρατηγικές για την παροχή σημάτων με ισχυρή χωρική και χρονική ειδικότητα, προκειμένου να χειραγωγηθεί ή συμπεριφορά του κυττάρου, ώστε να βελτιστοποιηθεί ή αναγέννηση ύγιους ιστού. Σε διαφορετική περίπτωση, ένδέχεται να σχηματιστούν μη επιθυμητοί ιστοί, όπως οϋλές ή ακόμη και όγκοι.

Τὰ τελευταῖα 25 χρόνια ἐργαζόμαστε μὲ μεγάλη ἐπιμέλεια στὸ ἐργαστήριό μου, προκειμένου νὰ δημιουργήσουμε νέες στρατηγικὲς γιὰ τὴν ἐνσωμάτωση ἱκριωμάτων, κυττάρων καὶ σημάτων, ὥστε νὰ παραχθεῖ ὑγιὲς ἰστός.

### 3. Ἀνάπτυξη ἐργαλείων γιὰ χρήση στὴν ἱστομηχανικὴ

#### 3.1 Σύνθεση τῶν ἱκριωμάτων

Ἐνα μεγάλο μέρος τοῦ πρώιμου ἔργου τοῦ ἐργαστηρίου μου ἦταν ἡ ἀνάπτυξη νέων ὑλικῶν, γιὰ νὰ λειτουργήσουν ὡς ἱκρίωματα κυττάρων. Ὁ στόχος ἑνὸς ἱκριώματος εἶναι νὰ διευκολύνει τὴν ἐπούλωση καὶ τελικὰ νὰ ἀντικαθίσταται ἐντελῶς ἀπὸ νέους, ὑγιεῖς φυσικοὺς ἰστούς.

Ἰδανικά, ἓνα ἱκρίωμα θὰ πρέπει νὰ διαθέτει τὶς ἀκόλουθες ἰδιότητες: Πρωτίστως, δὲν πρέπει νὰ εἶναι τοξικὸ γιὰ τὰ ἀνθρώπινα κύτταρα. Στὴ συνέχεια, πρέπει νὰ ὑποστηρίζει τὴν προσκόλληση τῶν ἀνθρώπινων κυττάρων. Τὸ ἱκρίωμα πρέπει νὰ μπορεῖ νὰ διασπαστεῖ μετὰ τὴν ἐμφύτευση, μιὰ ἰδιότητα γνωστὴ ὡς «βιοαποικοδόμηση». Τὰ προϊόντα αὐτῆς τῆς ἀποικοδόμησης πρέπει καὶ τὰ ἴδια νὰ μὴν εἶναι τοξικά, ἐνῶ πρέπει νὰ μποροῦν νὰ ἀποβληθοῦν ἀπὸ τὸν ὄργανισμό, ὅπως μέσῳ τῶν νεφρῶν ἢ τοῦ ἥπατος. Ὁ ρυθμὸς αὐτῆς τῆς ἀποικοδόμησης εἶναι καίριας σημασίας καὶ πρέπει νὰ ἀντιστοιχεῖ στὸν ρυθμὸ τῆς ἐπούλωσης τοῦ φυσικοῦ ἵστοῦ. Ἐὰν κάποιον ἱκρίωμα ἀποικοδομεῖται πάρα πολὺ γρήγορα, τότε τὰ κύτταρά του δὲν θὰ ἔχουν τὸν χρόνο νὰ τὸ ἀντικαταστήσουν μὲ φυσικὸ ἰστό καὶ τὸ τραῦμα δὲν θὰ ἐπουλωθεῖ. Ἐὰν κάποιον ἱκρίωμα ἀποικοδομεῖται πάρα πολὺ ἀργά, τότε μπορεῖ νὰ ἐμποδίσει τὴν ἀνάπτυξη φυσικῶν ἱστῶν καὶ τελικὰ νὰ προκληθεῖ ἀνοσιακὴ ἀπόκριση.

Αὐτὰ τὰ συνθετικὰ ἱκρίωματα θὰ πρέπει ἐπίσης νὰ ταιριάζουν μὲ τὸ στοχευόμενο φυσικὸ ἰστό σὲ ἐπίπεδο μηχανικῶν ἰδιοτήτων. Ὅπως μπορεῖ νὰ φανταστεῖ κανεῖς, ἓνα ἱκρίωμα ποὺ ἔχει σχεδιαστεῖ γιὰ τὴ δημιουργία ὀστικοῦ ἵστοῦ διαφέρει κατὰ πολὺ ἀπὸ ἓνα ἱκρίωμα ποὺ ἔχει σχεδιαστεῖ γιὰ τὴν ἀνάπτυξη καρδιακοῦ ἵστοῦ. Μὲ τὴν πάροδο τῶν χρόνων δημιουργήσαμε διαφορετικὰ συνθετικὰ ἱκρίωματα πολυμερῶν μὲ προσαρμόσιμες ἰδιότητες. Ἀπὸ τὴ στιγμή ποὺ μποροῦμε νὰ ἐλέγξουμε τὴ χημεία τῶν πολυμερῶν, μποροῦμε νὰ ἐλέγξουμε τὸν τελικὸ ρυθμὸ ἀποικοδόμησης καὶ τὴν τελικὴ μηχανικὴ ἰσχὺ τοῦ ἱκριώματος. Μποροῦμε νὰ δημιουργήσουμε ἱκρίωματα ποὺ νὰ εἶναι ἄκαμπτα, ὅπως τὸ ὀστό, ἢ ἱκρίωματα ποὺ νὰ μοιάζουν μὲ ὑδροπήγματα καὶ νὰ ἀπορροφοῦν τὸ νερό, ὅπως ὁ χόνδρος. Οἱ μέθοδοί μας



έχουν γίνει πια πολύ σύνθετες. Μπορούμε τώρα να εισάγουμε πρωτεϊνικά μοτίβα στις επιφάνειες του συνθετικού ικριώματος που δημιουργούμε, ούτως ώστε συγκεκριμένοι τύποι κυττάρων να αναγνωρίζουν τα υλικά αυτά και να προσκολλώνται επάνω τους. Μπορούμε επίσης να προγραμματίσουμε αλληλουχίες εντός του δομικού σκελετού του ικριώματος, ούτως ώστε ειδικά ένζυμα που παράγονται από τα κύτταρα να μπορούν να διασπάσουν και να αποικοδομήσουν το ικρίωμα. Συνεπώς, ο ρυθμός τής αποικοδόμησης ελέγχεται από την τοπική συγκέντρωση των ενζύμων που παράγονται από τα κύτταρα, ενώ το ικρίωμα θα αποικοδομηθεί μόνον όταν στη θέση του δημιουργηθούν νέοι ιστοί. Με τον έλεγχο τής σύνθεσης του ικριώματος καταδείξαμε επίσης ότι μπορούμε να επηρεάσουμε την έναπόθεση πρωτεϊνών και ανόργανων ουσιών στην επιφάνεια του ικριώματος, γεγονός που μάς επιτρέπει να επιδράσουμε στην αναγέννηση του ιστού. Χρειάστηκε να αφιερώσουμε πολλές προσπάθειες στην ανάπτυξη και τον χαρακτηρισμό αυτών των καινοφανών ικριωμάτων πολυμερών, αλλά αυτό μάς επέτρεψε να δημιουργήσουμε μια πλατφόρμα μοναδικών βιοαποικοδομησιμων πολυμερών για τους ειδικούς τής ιστομηχανικής.

### 3.2 Κατασκευή των ικριωμάτων

Έκτος από τη σύνθεση των ικριωμάτων, υπήρξαμε πρωτοπόροι σε πολλές μοναδικές μεθόδους για την κατασκευή τους. Εάν κάποιος παρατηρούσε τους ιστούς κάτω από ένα δυνατό μικροσκόπιο, δέν θα έβλεπε όμοιογενείς δομικές μονάδες. Κάθε φυσικός ιστός διαθέτει μοναδική αρχιτεκτονική και η αρχιτεκτονική αυτή εξαρτάται από τον συγκεκριμένο τύπο του ιστού. Το εργαστήριό μας δημιούργησε πολλές στρατηγικές για την κατασκευή των πολυμερών μας, με σκοπό τη συμπερίληψη των αρχιτεκτονικών δομών συγκεκριμένων ιστών. Στις διάφορες μεθόδους συγκαταλέγονται η ηλεκτροστατική ινοποίηση, κατά την οποία χρησιμοποιείται ηλεκτρικό πεδίο για να καθοδηγήσει το πολυμερές στον σχηματισμό νανοϊνών είτε σε εϋθυγραμμισμένο είτε σε τυχαίο μοτίβο, και η τρισδιάστατη εκτύπωση, μια σχετικά νέα εξέλιξη στον τομέα, η οποία επιτρέπει την ακριβή έναπόθεση υλικού μέσω ύποβοηθούμενων από υπολογιστή σχεδιαστικών μοντέλων.

Όπως με τη σχεδίαση τής σύνθεσης των ικριωμάτων, δέν πρέπει να παραμένουν τοξικά κατάλοιπα στο ικρίωμα ούτε κατά την κατασκευή τους. Εάν πρόκειται να εγκλειστούν κύτταρα εντός κάποιου ικριώματος κατά τη διάρ-

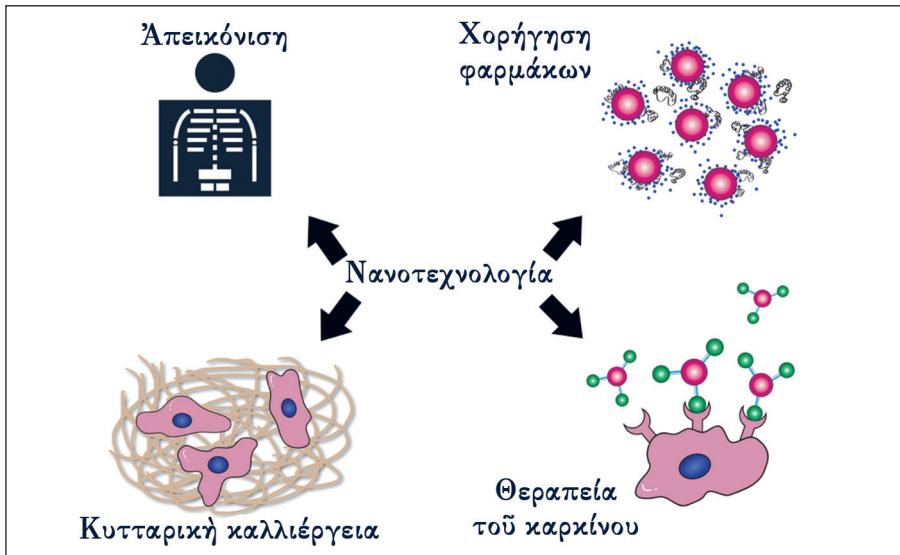
κεια τῆς κατασκευῆς του, ἡ μέθοδος κατασκευῆς πρέπει νὰ εἶναι βιοσυμβατή. Τελικά, χάρις σὲ αὐτὲς τὶς νέες ἐξελιξίσεις στὴν κατασκευή, εἴμαστε σὲ θέση νὰ ἔχουμε τὸν ἀκριβῆ ἔλεγχο τῆς ἀρχιτεκτονικῆς τοῦ ἱκριώματος. Ὁ ἔλεγχος αὐτὸς μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐπηρεάζουμε περαιτέρω τὴν ἀναγέννηση ἰστῶν.

### 3.3 Ἰκριώματα σὲ νανοκλίμακα

Ἐνα ἄλλο παράδειγμα μιᾶς νέας τεχνολογίας ἱκριωμάτων ποὺ ἔχει ἀξιοποιήσει ὁ τομέας μας προκειμένου νὰ βελτιώσει τὴν ἀναγέννηση τῶν ἰστῶν εἶναι ἡ νανοτεχνολογία. Τὸ Πανεπιστήμιο Rice, ὅπου καὶ ἡ ἀκαδημαϊκὴ μου ἔδρα, εἶναι τὸ ἴδρυμα στὸ ὁποῖο οἱ καθηγητὲς Richard Smalley καὶ Robert Curl περιέγραψαν τὸ Buckminster φουλερένιο, μιὰ νανοδομὴ μὲ βάση τὸν ἄνθρακα, γιὰ τὴν ὁποία τοὺς ἀπονειμήθηκε τὸ βραβεῖο Nobel στὴ χημεία τὸ 1996. Ἀπὸ τότε ἔχουμε ὠφεληθεῖ τὰ μάλα στὸ ἐργαστήριό μου ἀπὸ τὴ στενὴ συνεργασία ποὺ ἀναπτύξαμε μὲ τοὺς ἐρευνητὲς τοῦ Ἰνστιτούτου Smalley – Curl σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὸν συνδυασμὸ πρωτοποριακῶν νανοτεχνολογιῶν μὲ στρατηγικὲς ἱστομηχανικῆς, μὲ στόχο τὴ βελτίωση τῆς ἐπούλωσης. Ὅπως ἀκριβῶς ἡ μακροαρχιτεκτονικὴ μπορεῖ νὰ ἐπηρεάσει τὴν ἱστικὴ ἀπόκριση στὰ ἐμφυτευμένα ὑλικά, ἔτσι καὶ ἡ νανοαρχιτεκτονικὴ μπορεῖ νὰ τροποποιήσει τὴν ἀναγέννηση τῶν ἰστῶν. Ἡ νανοτεχνολογία ἐπηρεάζει τὴν κυτταρικὴ ἀπόκριση μὲ τρόπους ποὺ δὲν εἶναι ἐφικτοὶ γιὰ τὰ παραδοσιακὰ ὑλικά. Ἐκτὸς ἀπὸ τὴ χρῆση σὲ ἱκριώματα, στὸ δικό μας ἀλλὰ καὶ σὲ ἄλλα ἐργαστήρια, ἔχουμε διερευνήσει τὰ νανοϋλικά ὡς σκιαγραφικούς παράγοντες γιὰ τὴν ἀναβάθμιση τῶν μεθόδων τῆς κλινικῆς ἀπεικόνισης, καθὼς καὶ ὡς φορεῖς χορήγησης διαφόρων θεραπευτικῶν παραγόντων, μεταξὺ τῶν ὁποίων εἶναι ἀντιβιοτικά, σήματα γιὰ τὴν ἐνίσχυση τῆς ἀνάπτυξης τῶν ἰστῶν καὶ χημειοθεραπευτικοὶ παράγοντες γιὰ τὴν καταπολέμηση τοῦ καρκίνου (Σχῆμα 2).

### 3.4 Χορήγηση τῶν ἱκριωμάτων

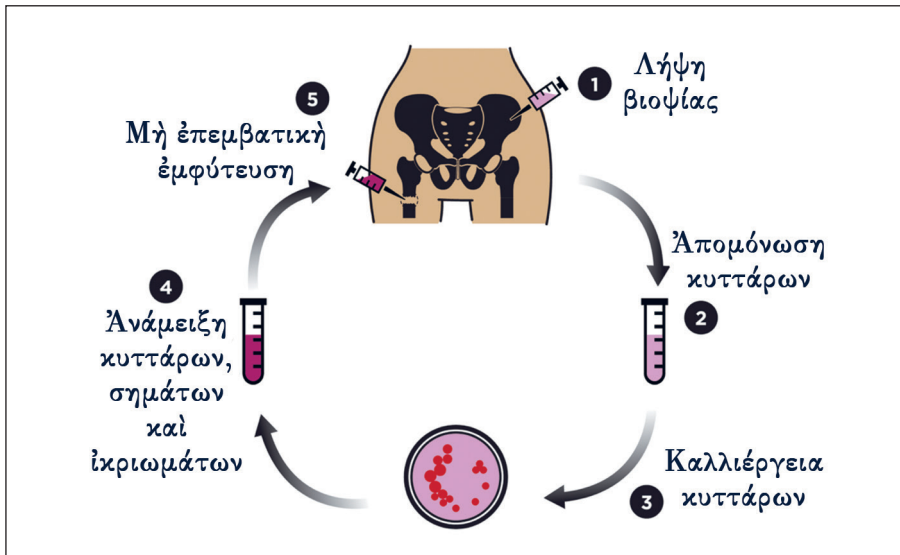
Τελικά, ἡ σύνθεση καὶ ἡ ἀρχιτεκτονικὴ δομὴ τῶν ἱκριωμάτων δὲν ἀποτελοῦν τὰ μοναδικὰ ζητήματα πρὸς ἐπίλυση κατὰ τὴ σχεδίαση νέων τεχνολογιῶν μὲ σκοπὸ τὴν κλινικὴ χρῆση. Γιὰ νὰ ἐνσωματωθοῦν εὐκόλα τὰ ἐργαλεῖα ποὺ δημιουργοῦμε στὴν κλινικὴ πρακτικὴ, οἱ ἰατροί, εἴτε χειρουργοὶ εἴτε ὄχι, δὲν πρέπει νὰ ἀντιμετωπίζουν δυσκολίες στὴ χρῆση καὶ τὴν ἐφαρμογὴ τους. Κατὰ τὴ σχεδίαση νέων στρατηγικῶν ἱστομηχανικῆς,



Σχήμα 2: Η ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας έχει ωφελήσει την ιστομηχανική και την αναγεννητική ιατρική.

και για να διασφαλίσουμε ότι οι μέθοδοι αυτές είναι εφαρμόσιμες στη σημερινή κλινική πρακτική, είμαστε σε συνεχή επικοινωνία με μια ομάδα ιατρών χειρουργικών και άλλων ειδικοτήτων.

Συνεπώς, μια άλλη κατηγορία εργαλείων που προσφέρουμε για χρήση στον κλάδο είναι διάφορες καινοτόμες μέθοδοι χορήγησης των ικριωμάτων. Η παραδοσιακή εμφύτευση των ικριωμάτων απαιτεί επεμβατική χειρουργική. Όστόσο, μια από τις παλιές μου μεταπτυχιακές φοιτήτριες, η Λήδα Κλουδά, θέλησε να κάνει πιο εύκολη τη χορήγηση των ικριωμάτων και έτσι σχεδίασε μια σειρά ενέσιμων ικριωμάτων πολυμερών. Πριν να ενταχθεί στην ομάδα μου ως μεταπτυχιακή φοιτήτρια, η Λήδα είχε ολοκληρώσει τις βασικές της σπουδές ως χημικός μηχανικός στο Έθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο της Αθήνας. Χάρης στις δικές της προσπάθειες σχεδιάσαμε μια σειρά ενέσιμων ικριωμάτων πολυμερών, τα οποία είναι σε υγρή κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου και σε κατάσταση γέλης σε θερμοκρασία σώματος (Σχήμα 3). Έτσι, το ικρίωμα μπορεί να ενεθεί στο σημείο ενός ελλείμματος, ώστε η εμφύτευση να μη χρειάζεται να είναι επεμβατική. Επιπλέον, τα βλαστοκύτταρα και τα σηματοδοτικά μόρια μπορούν εύκολα να αναμει-



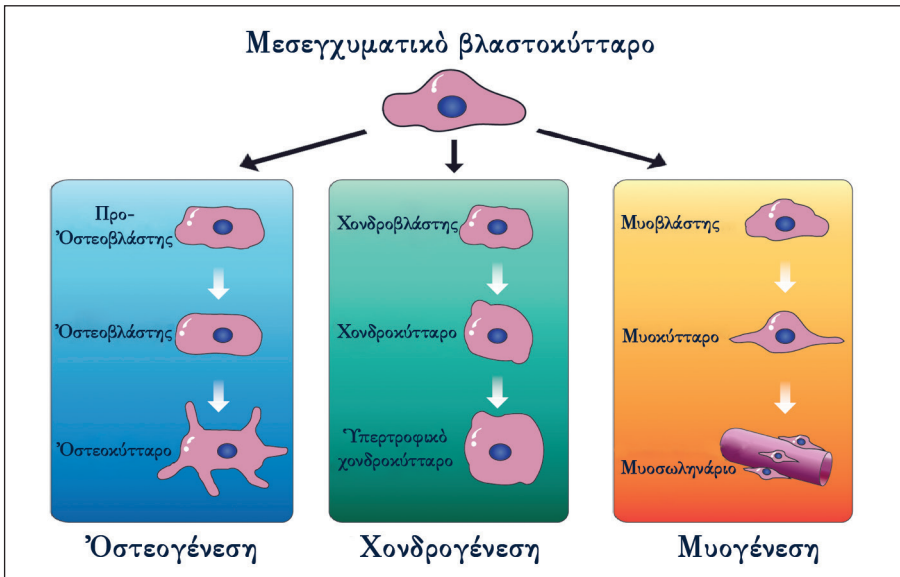
Σχήμα 3: Χορήγηση ενέσιμων ικτριωμάτων με βλαστοκύτταρα και σηματοδοτικά μόρια για την επούλωση οστών.

χθοῦν με τὸ ἰκρίωμα πρὶν ἀπὸ τὴν ἐμφύτευση. Καθὼς στὴ θερμοκρασία τοῦ σώματος τὸ ἰκρίωμα στερεοποιεῖται, οἱ παράγοντες αὐτοὶ ἐνσωματώνονται σὲ ὁλόκληρο τὸ ἰκρίωμα, ὥστε νὰ ξεκινήσει ἡ διεργασία τῆς ἐπούλωσης. Ἔχουμε καταδείξει σὲ ζωικά μοντέλα νόσου, ὅπως σὲ ποντίκια, ὅτι τὰ ἰκτριώματα αὐτὰ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὴν ἐνίσχυση τῆς διεργασίας τῆς ἐπούλωσης στὰ ὀστά.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ θερμοευαίσθητα ὑλικά, ἔχουμε σχεδιάσει καὶ ἄλλες τεχνικὲς ἐνέσιμων ἰκτριωμάτων, στὶς ὁποῖες ἡ διεργασία ἐκκινεῖται ἀπὸ χημικὰ ἐρεθίσματα ἢ ἐρεθίσματα φωτός. Τὰ ἐργαλεῖα αὐτὰ ἐπιτρέπουν στοὺς συναδέλφους μας χειρουργοὺς νὰ ἐφαρμόσουν με εὐκολία στρατηγικὲς ἱστομηχανικῆς με παράλληλη ἐλαχιστοποίηση τοῦ τραύματος ποὺ προκαλεῖται στὸν ἀσθενή.

### 3.5 Κύτταρα στὴν ἱστομηχανικὴ

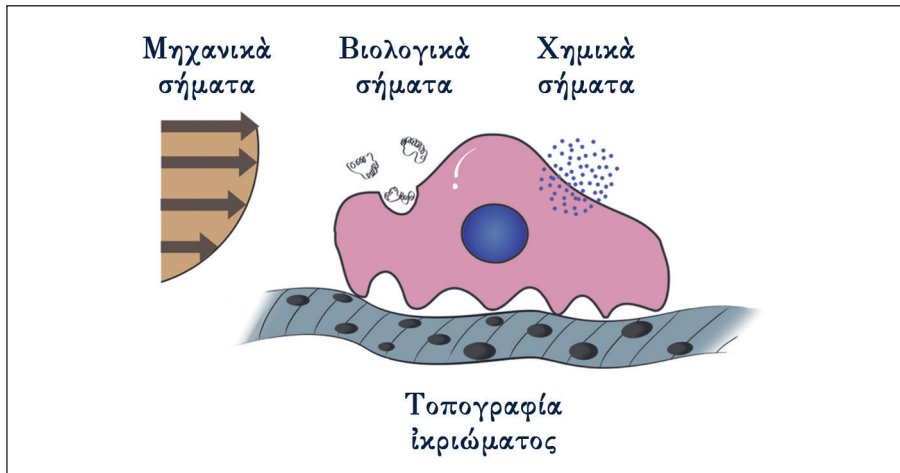
Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν πρόοδο στὴν τεχνολογία ἰκτριωμάτων, τὸ ἐργαστήριό μας συνέβαλε σὲ νέες στρατηγικὲς ἱστομηχανικῆς ποὺ βασίζονται σὲ κύτταρα. Ὅπως εἶπα προηγουμένως, ὁ συνηθέστερος τύπος κυττάρου ποὺ χρη-



Σχήμα 4: Διαφοροποίηση μεσεγχυματικού βλαστοκυττάρου για τον σχηματισμό οστού, χόνδρου ή μυός.

σιμοποιείται στην ιστομηχανική του μυοσκελετικού συστήματος είναι το μεσεγχυματικό βλαστοκύτταρο που λαμβάνεται με μια μικρή χειρουργική επέμβαση, τη βιοψία του μυελού των οστών. Έχουμε συνεργαστεί στενά με κυτταρικούς βιολόγους, ειδικούς στην αναπτυξιακή βιολογία και ιστολόγους, ώστε να βελτιστοποιήσουμε διάφορα πρωτόκολλα για τη διαφοροποίηση των μεσεγχυματικών βλαστοκυττάρων προς διαφορετικούς τύπους ενήλικων κυττάρων. Μια παλιά μου προπτυχιακή βοηθός έρευνήτρια, ή Στεφανία Τζουάνα, μελέτησε την έκθεση των μεσεγχυματικών βλαστοκυττάρων σε διάφορα σήματα και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, καθώς και τις επακόλουθες επιδράσεις στην κυτταρική διαφοροποίηση (Σχήμα 4). Σε ό,τι αφορά τη δημιουργία οστού, παραδείγματος χάριν, ανακαλύψαμε ότι το θρεπτικό υλικό και η διάρκεια της καλλιέργειας διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην κυτταρική διαφοροποίηση και στη δυνατότητα χρήσης των κυττάρων αυτών για την αντιμετώπιση βλαβών του κρανίου σε ένα ζωικό μοντέλο.

Ός μηχανικοί, έχουμε εργαστεί με επιμέλεια για πολλά χρόνια, προκειμένου να βελτιστοποιήσουμε αυτές τις συνθήκες καλλιέργειας, ώστε να



Σχήμα 5: Η παρουσία διαφόρων σημάτων μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά των κυττάρων.

αποδώσουν τους επιθυμητούς ιστούς. Η τεχνητή ανασύνθεση των πολύπλοκων βιολογικών σημάτων που ενεργοποιούνται κατά την ανάπτυξη είναι μια μεγάλη πρόκληση αλλά και ένα αναγκαίο βήμα για την καλύτερη προκατεργασία των κυττάρων για αναγέννηση.

### 3.6 Σήματα στην ιστομηχανική

Τέλος, τα σήματα είναι το τελευταίο βασικό στοιχείο στο ιστομηχανικό πρότυπο. Τα σήματα αυτά ποικίλλουν και μπορούν να είναι βιολογικής, χημικής, μηχανικής ή ακόμη και ηλεκτρικής φύσης (Σχήμα 5). Παραδείγματος χάριν, ο νόμος του Wolff αποτελεί μια διάσημη περιγραφή του τρόπου με τον οποίο οι βιολογικοί ιστοί αντιδρούν σε μηχανικά σήματα. Διατυπώθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα από τον Γερμανό χειρουργό Julius Wolff και αναφέρει ότι το όστο προσαρμόζεται στις δυνάμεις που ασκούνται πάνω του. Μεγαλύτερα φορτία οδηγούν σε σχηματισμό περισσότερου οστού και μικρότερα φορτία οδηγούν στην απορρόφηση ή στην εξαφάνιση του οστού. Στη φύση, τα όστα υφίστανται πολλές μηχανικές καταπονήσεις. Όταν εμείς μαζί με άλλους ξεκινήσαμε την ιστομηχανική οστών, ή πλειονότητα του έργου μας αφορούσε στατικές συνθήκες. Τα κύτταρα υποβάλλονταν σε καλλιέργεια με διάφορα θρεπτικά υλικά, αλλά δεν υφίσταντο

μηχανικές δυνάμεις, όπως αυτές που απαντώνται στη φύση. Για να παραθέσω τον Άριστοτέλη, «αν ένας τρόπος είναι καλύτερος από έναν άλλο, τότε σίγουρα είναι ο τρόπος της φύσης». Ο Βασίλειος Σικαβίτσας, που έχει πτυχίο χημικού μηχανικού από το Άριστοτέλειο Πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης και ήρθε στο εργαστήριό μου ως μεταδιδακτορικός υπότροφος, ενδιαφερόταν για τη μοντελοποίηση της κυτταρικής απόκρισης σε φυσικές δυνάμεις *in vitro*. Με την εφαρμογή των αρχών της ρευστομηχανικής και χρησιμοποιώντας συστήματα βιοαντιδραστήρων, μπορέσαμε να ασκήσουμε δυνάμεις συγκεκριμένων μεγεθών σε ενήλικα όστικα κύτταρα και βλαστοκύτταρα, ώστε να μετρήσουμε την κυτταρική απόκριση σε μηχανικά σήματα. Όπως είχαμε υποθέσει, οι μηχανικές δυνάμεις είναι κείριας σημασίας για τον σχηματισμό του όστικού ιστού και τα κύτταρα που εκτίθενται σε μηχανικά σήματα πολλαπλασιάζονται με μεγαλύτερους ρυθμούς και έναποθέτουν περισσότερα ανόργανα υλικά στα ικρίωματα. Σε συνεργασία με όγκολόγους Ιατρούς στο Αντικαρκινικό Κέντρο MD Anderson στο Χιούστον, είμαστε τώρα πρωτοπόροι στις προσπάθειες για καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα μηχανικά σήματα επηρεάζουν την ανάπτυξη των όγκων των οστών, ώστε να βοηθήσουμε στην καλύτερη αντιμετώπιση των ασθενών μας.

### 3.7 Χορήγηση αυξητικών παραγόντων

Οι μηχανικές δυνάμεις πάντως δεν είναι τα μόνα σήματα που δέχονται τα κύτταρα υπό φυσιολογικές φυσικές συνθήκες. Οι αυξητικοί παράγοντες είναι σήματα βιολογικής προέλευσης που εκκρίνονται από διάφορους τύπους κυττάρων, για να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη και τη διαφοροποίηση των κυττάρων για τον σχηματισμό εξειδικευμένων ιστών. Έχουμε μάθει πώς να παράγουμε αυτά τα αυξητικά σήματα και πώς να τα χρησιμοποιούμε, για να καθοδηγήσουμε εμείς οι ίδιοι την ανάπτυξη. Στην πραγματικότητα, ένα από τα πιο επιτυχημένα προϊόντα ιστομηχανικής από εμπορική άποψη είναι ένα ικρίωμα στο οποίο έχει προστεθεί ένας ισχυρός αυξητικός παράγοντας όστού για χρήση σε σπονδυλοδεσίες.

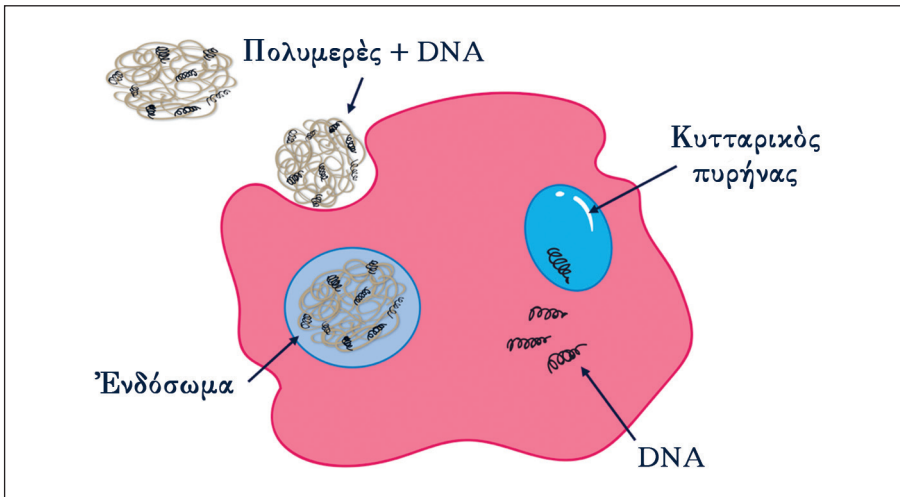
Έκτος από τη μελέτη των επιδράσεων αυτών των αυξητικών σημάτων, το εργαστήριό μου έχει καταβάλει σημαντικές προσπάθειες στη μελέτη της επίδρασης της ακριβούς χρονικής και χωρικής τοπικής χορήγησης αυτών των σημάτων για την αναγέννηση των ιστών. Ο Γεώργιος



Σταματᾶς, ἕνας μεταδιδακτορικός ὑπότροφος στὸ ἐργαστήριό μου, ποὺ ἐπίσης ξεκίνησε τὶς σπουδές του ἀπὸ τὸ Ἀριστοτέλειο Πανεπιστήμιο τῆς Θεσσαλονίκης, ἄρχισε νὰ ἐρευνᾷ τὴν ἐλεγχόμενη ἀποδέσμευση αὐτῶν τῶν παραγόντων, ὅπως αὐτὴ σχετίζεται μὲ τὴν ἀναγέννηση. Ἀνακαλύψαμε ὅτι ἡ ἀνάπτυξη τοῦ ἴστοῦ μπορεῖ νὰ μεγιστοποιηθεῖ ὅταν χρησιμοποιοῦνται συγκεκριμένοι συνδυασμοὶ καὶ ἀλληλουχίες σημάτων. Μὲ τὴ χορήγηση πολλαπλῶν παραγόντων σὲ διαφορετικὰ χρονικὰ καὶ χωρικὰ μοτίβα σὲ ἕνα μεγάλο ἴστικὸ ἔλλειμμα, μπορέσαμε νὰ διεγείρουμε τὴν ἐπούλωση σὲ ἕνα τραῦμα, τὸ ὁποῖο ὑπὸ διαφορετικὲς συνθῆκες δὲν θὰ μπορούσε ποτὲ νὰ ἀναγεννηθεῖ ἀπὸ μόνο του. Ἀπὸ τὴν ἐποχὴ ποὺ δημοσιεύσαμε γιὰ πρώτη φορὰ αὐτὰ τὰ συναρπαστικὰ ἀποτελέσματα, ἔχει ἀναπτυχθεῖ ἐντὸς τῆς ἱστομηχανικῆς ἕνα ὀλόκληρο πεδίο μελέτης ποὺ ἀφορᾷ τὴν ἀκριβὴ χορήγηση πολλαπλῶν ἀξητικῶν παραγόντων.

### 3.8 Χορήγηση γονιδίων

Ἐκτὸς ἀπὸ τὸ ἔργο μας στὰ μηχανικὰ καὶ βιολογικὰ σήματα, ἔχουμε χαράξει καινούργιες στρατηγικὲς γιὰ τὴ χορήγηση τῶν σημάτων στὰ κύτταρα μὲ ἀσφαλεῖς τρόπους. Σήμερα καταβάλλονται πολλὲς προσπάθειες γιὰ τὴ δημιουργία φορέων ἱκτῆς προέλευσης γιὰ τὴ χορήγηση γενετικῶν πληροφοριῶν στὰ κύτταρα. Παρότι οἱ στρατηγικὲς αὐτὲς ὑπόσχονται πολλὰ, ἐνέχουν τὸν κίνδυνο μαζικῆς φλεγμονώδους ἀπόκρισης ἀπὸ τὸν ἀσθενή. Ἔτσι, ξεκινήσαμε ἀπὸ τὴ δεκαετία τοῦ '90 νὰ ἀναπτύσσουμε φορεῖς γενετικῶν πληροφοριῶν, οἱ ὁποῖοι προέρχονται ἀπὸ πολυμερῆ ὕλικά. Ἡ Λίνα Μουντζιάρη, μὲ διπλὸ πτυχίον ἱατροῦ καὶ χημικοῦ μηχανικοῦ καὶ διδακτορικὸ στὴν ἐμβιομηχανικὴ, ἡ ὁποία πραγματοποίησε τὶς μεταπτυχιακὲς τῆς σπουδῆς στὸ ἐργαστήριό μου, διερεύνησε ἐνόσω ἐργαζόταν στὴν ὁμάδα μου διάφορους καινοτόμους φορεῖς χορήγησης γενετικῶν πληροφοριῶν (Σχῆμα 6). Ἐχουμε ἐργαστεῖ τόσο μὲ ἐξ ὀλοκλήρου συνθετικὰ πολυμερῆ γιὰ τὴ χορήγηση τῶν γονιδίων μέσα στὸ κύτταρο ὅσο καὶ μὲ τὴ σχεδίαση σύνθετων ὕλικῶν ποὺ προέρχονται ἀπὸ φυσικὰ συστατικὰ τοῦ ἐξωκυττάρου στρώματος, ὥστε νὰ προάγουμε τὴ βιοσυμβατότητα, ἐνῶ παράλληλα χορηγοῦμε μὲ ἀσφάλεια τὸ γενετικὸ ὕλικό. Αὐτὲς οἱ γενετικὲς μέθοδοι μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὴν ἀντιμετώπιση σύνθετων παθολογικῶν καταστάσεων, ὅπως ἡ ὀστεοαρθρίτιδα, μιὰ νόσος ποὺ προσβάλλει τόσο τὸ ὀστὸ ὅσο καὶ τὸν χόνδρο. Παραδείγματός χάριν, ἔχουμε



Σχήμα 6: Συνθετικά πολυμερή ως μη ιογενείς φορείς για την ασφαλή χορήγηση γενετικού υλικού.

τροποποιήσει το ύαλουρονικό οξύ, ένα φυσικό συστατικό του χόνδρου, έτσι ώστε να δρά ως φορέας για τη χορήγηση γονιδιακού DNA που κωδικοποιεί μεταγραφικούς παράγοντες χόνδρου και οστού.

Ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται τα σήματα στα κύτταρα, είτε μέσω των παραδοσιακών μεθόδων χορήγησης είτε μέσω των καινούργιων τεχνικών, μπορεί να είναι εξίσου σημαντικός με τα ίδια τα κύτταρα ή το υλικό του ικριώματος σε ό,τι αφορά την επιτυχία μιας στρατηγικής ιστομηχανικής. Χαιρόμαστε ιδιαίτερα που μπορέσαμε να συνεισφέρουμε με πολλές διαφορετικές μεθόδους χορήγησης σημάτων στον κλάδο και αναμένουμε με μεγάλο ενδιαφέρον τη συνεχιζόμενη μετάφρασή τους σε κλινική πρακτική.

#### 4. Σύγκλιση: Η ιστομηχανική και η κοινωνία

Σε όλη τη διάρκεια της καριέρας μου, έχουμε αφιερωθεί στο έργο-στήριό μου στην αξιοποίηση και στον χειρισμό των τριών βασικών στοιχείων της ιστομηχανικής (ικριωμάτων, κυττάρων και σημάτων), ώστε να αναπτύξουμε εργαλεία με τα οποία μηχανικοί και κλινικοί ιατροί θα συνεργαστούν με σκοπό τη δημιουργία βιώσιμων ιστών και οργάνων. Από τη στιγμή που θα αναπτυχθούν και θα χαρακτηριστούν οι πλατφόρμες αυτές,

οί μέθοδοι τῆς ἱστομηχανικῆς θὰ μποροῦν νὰ ἐφαρμοστοῦν στὸ πλαίσιο μιᾶς ἐπιστήμης τῆς σύγκλισης γιὰ τὴν ἐπίλυση εὐρύτερων προβλημάτων τῆς κοινωνίας ποὺ ἀφοροῦν τὴ φροντίδα υγείας. Συγκεκριμένα, ἐφαρμόζουμε τὴν τεχνολογία μας γιὰ νὰ ἀναπτύξουμε στρατηγικὲς ποὺ θὰ βοηθήσουν στὴν ἀνακατασκευὴ προσώπου καὶ γιὰ νὰ βελτιώσουμε τὴν ἀνάπτυξη φαρμάκων γιὰ τὴν καταπολέμηση τοῦ καρκίνου.

## 5. Παραμορφωτικὲς κρανιοπροσωπικὲς κακώσεις

Σύμφωνα μὲ τὸν Κικέρωνα, «τὸ πρόσωπο εἶναι μιὰ εἰκόνα τοῦ μυαλοῦ μὲ τὰ μάτια γιὰ μεταφραστές του». Ἡ κάκωση στὸ πρόσωπο δὲν ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα μόνον λειτουργικὰ ἐλλείμματα, ὅπως δυσκολία στὴν πρόσληψη τροφῆς, ἀλλὰ φέρει ἐπίσης ψυχολογικὸ φορτίο. Τὸ κρανιοπροσωπικὸ σύμπλεγμα εἶναι πολὺ βασικὸ στὴν ἀντίληψη τῆς ταυτότητας καὶ τὴν αἴσθηση ποὺ ἔχει ὁ καθένας γιὰ τὸν ἑαυτό του. Οἱ ἀσθενεῖς ποὺ φέρουν μεγάλα κρανιοπροσωπικὰ τραύματα παρουσιάζουν συνακόλουθα κοινωνικο-οικονομικὲς καὶ ψυχικὲς συννοσηρότητες. Γι' αὐτοὺς τοὺς λόγους συνεργαζόμαστε ἐνεργᾶ ἐδῶ καὶ πολλὰ χρόνια μὲ χειρουργοὺς ἐξειδικευμένους στὴν κρανιοπροσωπικὴ χειρουργικὴ, καθὼς καὶ μὲ ἀσθενεῖς, προκειμένου νὰ ἐφαρμόσουμε τίς ἀρχὲς τῆς ἱστομηχανικῆς στὴν καλύτερη δυνατὴ ἀντιμετώπιση ἀσθενῶν μὲ μεγάλα κρανιοπροσωπικὰ ἐλλείμματα τόσο ἀπὸ λειτουργικὴ ὅσο καὶ ἀπὸ αἰσθητικὴ ἄποψη.

Οἱ ἀσθενεῖς προσέρχονται συνήθως μὲ μεγάλα ἐλλείμματα στὸ πρόσωπο λόγω τῆς ἀφαίρεσης καρκίνων, λόγω τραύματος ἢ λοιμώξεων, καθὼς καὶ ἐξαιτίας παθήσεων συγγενοῦς αἰτιολογίας. Ἡ ἀφαίρεση ἑνὸς κρανιοπροσωπικοῦ ὄγκου ἀποτελεῖ ἕναν ἀπὸ τοὺς συνηθέστερους λόγους γιὰ ἀνακατασκευὴ τοῦ προσώπου. Στὴν ἀρχή, ὁ ὄγκος ἀποκολλᾶται ἀπὸ τοὺς περιβάλλοντες ἰστούς καὶ ἀπὸ τὸ ὅσπιο τοῦ προσώπου. Ἐὰν στὸ σημεῖο τοῦ ὄγκου ὑπάρχει λοίμωξη ἢ ἐκσεσημασμένη φλεγμονὴ ἢ ἐὰν δὲν εἶναι σίγουρο ὅτι ἔχει ἀφαιρεθεῖ ὀλόκληρος ὁ ὄγκος, τότε ἡ ὀριστικὴ ἀνακατασκευὴ τοῦ προσώπου μπορεῖ νὰ καθυστερήσει γιὰ ἀρκετὲς ἐβδομάδες ἕως καὶ μῆνες. Στὴν περίπτωσι τραυματισμοῦ, μετὰ τὴ σταθεροποίηση τοῦ ἀσθενοῦς καὶ τὴν ἀπομάκρυνση τῶν ρακῶν ἀπὸ τὸ κρανιοπροσωπικὸ τραῦμα, ἡ ὀριστικὴ ἀνακατασκευὴ μπορεῖ ἐπίσης νὰ καθυστερήσει, προκειμένου νὰ ἀντιμετωπιστεῖ πλήρως μιὰ πιθανὴ λοίμωξη καὶ νὰ ἐλαχιστοποιηθεῖ ἡ φλεγμονή. Καὶ στὶς δύο περιπτώσεις πάντως, ἐνῶ οἱ χειρουργοὶ ἀναμένουν τὴν ἐπού-

λωση του σημείου, επί του κρανιοπροσωπικού όστού παραμένει ένα μεγάλο ιστικό έλλειμμα. Σύμφωνα με την αρχαία ρήση, «ή φύση απεχθάνεται το κενό», όποτε το έλλειμμα αυτό γρήγορα γεμίζει με ούλωτικό ιστό. Η ούλοποίηση διαταράσσει το φυσιολογικό περίγραμμα του προσώπου και καταλήγει σε έπιπλέον παραμόρφωση, ενώ παράλληλα καθιστά άκόμη πιο δύσκολη τη χειρουργική ανακατασκευή σε δεύτερο χρόνο. Έτσι, οί συνάδελφοί μας στην κρανιοπροσωπική χειρουργική μάς ρώτησαν εάν θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τα έπιτεύγματα μας στην έπιστήμη των ύλικών, τη βιολογία και τη μηχανική, ώστε να δημιουργήσουμε ύλικά διατήρησης χώρου για την προσωρινή πλήρωση του κρανιοπροσωπικού έλλείμματος, ενώ ή έπούλωση προχωράει στο ύπολοιπο πρόσωπο. Μετά τη σταθεροποίηση του σημείου, το ύλικό διατήρησης χώρου μπορεί να απομακρυνθεί και να αντικατασταθεί από ιστό που έχει συλλεγεί από άλλη θέση του σώματος του άσθενούς, ώστε να αποκατασταθεί το πρόσωπο.

### 5.1 Κλινική έπιτυχία των ύλικών διατήρησης χώρου

Έτσι, βαλθήκαμε να αναπτύξουμε ύλικά διατήρησης χώρου που να μπορούν να διαμορφωθούν ούτως ώστε να εφαρμόζουν τέλεια σε ένα έλλειμμα στο πρόσωπο. Αυτά τα ύλικά διατήρησης χώρου πρέπει: 1) να προλαμβάνουν τον σχηματισμό ούλων, 2) να έπιτρέπουν την έπούλωση των μαλακών ιστών που γειτνιάζουν με το ύλικό διατήρησης χώρου, και 3) να σταθεροποιούν το σημείο του έλλείμματος έως ότου πραγματοποιηθεί ή χειρουργική επέμβαση τής όριστικής ανακατασκευής. Μπορέσαμε να κατασκευάσουμε ύλικά διατήρησης χώρου, των όποιων το πορώδες έπιφανείας έχει την ιδανική τιμή ώστε να συκρατούν άνοικτο το έλλειμμα, ενώ παράλληλα έπιτρέπουν στον ύγιή μαλακό ιστό να αναπτύσσεται επί του ύλικού διατήρησης χώρου. Έπιπλέον, χρησιμοποιώντας έξειδικευμένες τεχνικές χημείας πολυμερών, καθώς και τις άρχες τής έλεγχόμενης αποδέσμευσης φαρμάκων, κατορθώσαμε να κατασκευάσουμε ύλικά διατήρησης χώρου που άπελευθερώνουν άντιβιοτικούς παράγοντες τοπικά μέσα στο τραύμα του προσώπου, άντιμετωπίζοντας όποιαδήποτε τοπική ιστική φλεγμονή ή όποια θα μπορούσε να άναστείλει τη φυσιολογική έπούλωση των ιστών. Κατά κάποιον τρόπο, ή τεχνολογία ύλικών διατήρησης χώρου που αναπτύξαμε άποτελεί έπίσης μιá μορφή «έξοτομικευμένης» ίατρικής, καθώς τα ύλικά αυτά μπορούν να διαμορφωθούν σύμφωνα με τη γεωμετρία

τοῦ προσώπου τοῦ κάθε συγκεκριμένου ἀσθενοῦς. Ἔτσι, ὁ ἀσθενής μπορεῖ νὰ διατηρήσει τὴ φυσιολογικὴ εἰκόνα τοῦ προσώπου του καθὼς ἀναμένει τὴ σταθεροποίηση τοῦ σημείου καὶ τὴν ἐπακόλουθη χειρουργικὴ ἀνακατασκευή, ἐνῶ ἡ ψυχολογικὴ του ἐπιβάρυνση ἐλαχιστοποιεῖται.

Σὲ συνεργασία μὲ τοὺς συναδέλφους μας χειρουργούς, ἀντιμετωπίσαμε μὲ τὰ δικά μας ὑλικά διατήρησης χώρου μιὰ σειρά ἀσθενῶν μὲ καρκίνο, οἱ ὅποιοι ἔφεραν μεγάλα ἐλλείμματα στὴ γνάθο, λόγω ἀφαίρεσης ἀποιοῦ ὄγκου. Σὲ ὀρισμένους ἀπὸ αὐτοὺς τοὺς ἀσθενεῖς, ὁ ὄγκος καταλάμβανε πάνω ἀπὸ τὸ ἓνα τρίτο τοῦ μήκους τῆς γνάθου τους. Ὑπὸ φυσιολογικὲς συνθῆκες, ἡ ἀφαίρεση ἑνὸς τόσο μεγάλου ὄγκου θὰ ὀδηγοῦσε σὲ ἓνα πολὺ κακὸ αἰσθητικὸ ἀποτέλεσμα γιὰ τὸν ἀσθενή. Στὰ δικά μας περιστατικά, μετὰ τὴν ἀφαίρεση τοῦ ὄγκου, τοποθετήσαμε στὴ θέση του ἓνα ὑλικὸ διατήρησης χώρου ποὺ εἶχε κατασκευαστεῖ κατὰ παραγγελία γιὰ τὸν κάθε συγκεκριμένο ἀσθενή. Χάρης στὴν τεχνολογία αὐτὴ καὶ μέσω τῆς προσαρμογῆς τοῦ ὑλικοῦ διατήρησης χώρου στὸ φυσιολογικὸ περίγραμμα τοῦ προσώπου του, ὁ ἀσθενής ἐξακολουθεῖ νὰ διατηρεῖ τὴν ἐγγενή του ἀνατομία. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο, ἀφενὸς ἀποφεύγεται ἡ παραμόρφωση τοῦ ἀσθενοῦς κατὰ τὴν περίοδο ἀναμονῆς γιὰ τὴν ὀριστικὴ χειρουργικὴ ἀνακατασκευή, ἀφετέρου ἡ ἴδια ἡ χειρουργικὴ ἐπέμβαση γίνεται εὐκολότερη γιὰ τὴ χειρουργικὴ ὁμάδα, καθὼς τὸ ἐλλείμμα ὀριοθετεῖται σαφῶς μέσω τοῦ ὑλικοῦ διατήρησης χώρου. Αὐτὰ τὰ ὑλικά διατήρησης χώρου ἀντιπροσωπεύουν μιὰ κλινικὴ ἐπιτυχία τῆς ἐπιστημονικῆς σύγκλισης. Οἱ ἐξελίξεις στὴ χημικὴ μηχανικὴ, τὴν ἐπιστήμη τῶν ὑλικῶν, τὴ βιολογία καὶ τὴν τεχνολογία κατασκευῶν ἔχουν βελτιώσει τὴν ποιότητα ζωῆς τῶν ἀσθενῶν μας.

## 5.2 Βιοαντιδραστῆρες *in vivo*

Καταβάλλουμε μεγάλες προσπάθειες νὰ βελτιώσουμε περαιτέρω τὴν ἀνακατασκευὴ τοῦ προσώπου. Ἡ τεχνολογία ὑλικῶν διατήρησης χώρου ποὺ ἔχουμε ἀναπτύξει χρησιμοποιεῖται γιὰ νὰ βελτιώσει προσωρινὰ τὴν ἐμφάνιση τοῦ ἀσθενοῦς, καθὼς καὶ γιὰ τὴν ἐπούλωση τῶν μαλακῶν ἰστῶν, πρὶν ἀπὸ τὴν ὀριστικὴ ἀνακατασκευή. Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ὀριστικῆς ἀνακατασκευῆς, λαμβάνεται ὁστὸ ἀπὸ μιὰ ἄλλη ἀνατομικὴ θέση τοῦ ἀσθενοῦς, συνηθέστερα ἀπὸ τὸ πόδι. Τὸ ὁστὸ σμιλεύεται στὴ συνέχεια στὴ χειρουργικὴ αἴθουσα, ὥστε ἡ γεωμετρία του νὰ ταιριάζει ὅσο τὸ δυνατόν περισσότερο μὲ τὸ ἐλλείμμα στὸ πρόσωπο τοῦ ἀσθενοῦς. Ὅπως μπορεῖ νὰ φαντα-

στεϊ κανείς, ο χειρουργός αντιμετωπίζει πολλούς περιορισμούς αναφορικά με το πώς το σχήμα και ο όγκος του ιστού του μοσχεύματος θα ταιριάζει αισθητικά με το σχήμα του έλλειμματος στο πρόσωπο. Έπιπλέον, η λήψη μοσχεύματος μπορεί να οδηγήσει σε μακροχρόνια προβλήματα, που αποκαλούνται «νοσηρότητα της περιοχής λήψης μοσχεύματος» και περιλαμβάνουν χρόνια αλγος, βλάβες των νεύρων και υποτροπιάζουσες λοιμώξεις στο σημείο της συγκομιδής.

Έτσι, εκτός από τα υλικά διατήρησης χώρου, προσπαθούμε να αξιοποιήσουμε τη φυσική ικανότητα έπούλωσης που διαθέτει ο ίδιος ο οργανισμός, προκειμένου να αναπτύξουμε όστο συγκεκριμένης γεωμετρίας και όγκου. Άλλωστε, όπως φέρεται να είπε ο Ίπποκράτης, «οί φυσικές δυνάμεις που έχουμε μέσα μας είναι οι πραγματικοί θεραπευτές της νόσου». Υπό αυτό το πνεύμα, σχεδιάσαμε βιοαντιδραστήρες που είναι έμφυτεύσιμοι *in vivo*. Οί βιοαντιδραστήρες αυτοί είναι θάλαμοι που μπορούν να εισαχθούν δίπλα στο όστο σε σημεία του σώματος που διαθέτουν ύψηλή αναγεννητική ικανότητα, όπως είναι ο θωρακικός κλωβός. Μπορούμε να διαμορφώσουμε αυτούς τους βιοαντιδραστήρες έτσι ώστε να είναι ίδιου μεγέθους και σχήματος με το έλλειμμα στο πρόσωπο του άσθενους. Γεμίζοντας τους βιοαντιδραστήρες με ένα ικρίωμα που είναι ικανό να υποστηρίξει την όστική αναγέννηση μπορούμε να προσελκύσουμε βλαστοκύτταρα τοπικά μέσα στον βιοαντιδραστήρα, ώστε να γεμίσουν το κενό με νέο όστό. Μετά την ανάπτυξη των νέων ιστών στον βιοαντιδραστήρα, το υλικό διατήρησης χώρου μπορεί να αφαιρεθεί, ενώ ο νέος ιστός με σχήμα που ταιριάζει απόλυτα στο έλλειμμα μπορεί να μεταμοσχευθεί στην περιοχή του έλλειμματος, ώστε να προχωρήσει η όστική έπούλωση. Καθώς ο ιστός αναπτύσσεται μέσα στο ίδιο το σώμα του άσθενους, δεν υπάρχει κίνδυνος απόρριψης.

Τελικά, οί συνάδελφοί μας χειρουργοί είναι ένθουσιασμένοι με τα άποτελέσματά μας στην αξιοποίηση των τεχνολογιών της ιστομηχανικής για την ανακατασκευή του προσώπου. Τα υλικά διατήρησης χώρου και οί βιοαντιδραστήρες *in vivo* που αναπτύξαμε μάς έπιτρέπουν να έπιδιορθώνουμε με ακρίβεια τα όστα του προσώπου και, συνεπώς, να αποκαθιστούμε την ποιότητα ζωής των άσθενών μας. Οί τεχνολογίες αυτές συνιστούν ένα έξαιρετο παράδειγμα του τρόπου με τον όποιο μπορεί να εφαρμοστεί η σύγκλιση πολλών έπιστημονικών πεδίων γύρω από τον άξονα της ιστομηχανικής, ώστε να βοηθήσει στην έπίλυση ενός σύνθετου προβλήματος της φροντίδας υγείας.

## 6. Ο καρκίνος ως κοινωνικό πρόβλημα

Υπολογίστηκε ότι το 2012 στην Ελλάδα πέθαναν από καρκίνο 289 στους 100.000 άνδρες και 192 στις 100.000 γυναίκες. Είναι τρομακτικά δύσκολο, παγκοσμίως, να κυκλοφορήσουν στην αγορά νέα αντικαρκινικά φάρμακα. Για κάθε 5-10 χιλιάδες φάρμακα που ανακαλύπτονται και θεωρούνται πιθανόν ευεργετικά, μόνον ένα θα έγκριθεί από τους κανονιστικούς φορείς ως θεραπευτική αγωγή, σε μια διαδικασία που διαρκεί πάνω από μια δεκαετία και κοστίζει εκατοντάδες εκατομμύρια δολάρια. Ένας από τους ανασχετικούς παράγοντες είναι η έλλειψη αποτελεσματικών, οικονομικά αποδοτικών μοντέλων ύψηλης απόδοσης για τον προκλινικό έλεγχο των φαρμάκων.

Επί του παρόντος, για τον προκλινικό έλεγχο υπάρχουν δύο κύρια μοντέλα. Αυτά είναι μέθοδοι κυτταρικών καλλιέργειών *in vitro* και ζωικά μοντέλα *in vivo*. Κατά τον έλεγχο με τη μέθοδο της κυτταρικής καλλιέργειας *in vitro*, λαμβάνεται το καρκινικό κύτταρο-στόχος, καλλιεργείται σε τρυβλίο Petri και υποβάλλεται σε θεραπεία με το νέο φάρμακο. Πρόκειται για ένα περιβάλλον που σε πολύ μεγάλο βαθμό είναι τεχνητό. Τα καρκινικά κύτταρα καλλιεργούνται σε φύλλα σε επίπεδες πλάκες. Αυτοί οι δισδιάστατοι έλεγχοι *in vitro* οδηγούν συχνά σε έσφαλαμένες προβλέψεις σχετικά με την επιτυχία του φαρμάκου, με ύψηλά ποσοστά ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων. Με άλλα λόγια, σε μια παραδοσιακή δισδιάστατη καλλιέργεια, τα νέα φάρμακα μπορεί να φαίνεται ότι είναι πιο αποτελεσματικά από ό,τι πραγματικά είναι σε φυσιολογικό περιβάλλον *in vivo*. Ωστόσο, παρ' όλα τα ελαττώματά τους, τα υφιστάμενα δισδιάστατα μοντέλα *in vitro* είναι φθηνά, γρήγορα και μπορούν να αναβαθμιστούν προς συστήματα ύψηλης απόδοσης. Μπορεί να φανταστεί κανείς εκατοντάδες τρυβλία Petri με καρκινικά κύτταρα, όπου στο κάθε τρυβλίο δοκιμάζεται ένα ξεχωριστό νέο φάρμακο. Το πρόβλημα είναι ότι πάρα πολλά φάρμακα που κατορθώνουν να περάσουν με επιτυχία από το στάδιο αυτό, καθώς φαίνονται να είναι αποτελεσματικά, τελικά προκαλούν κατασπατάληση των διαθέσιμων πόρων στα επόμενα επίπεδα ελέγχου.

Ο άλλος χρυσός κανόνας για τον προκλινικό έλεγχο των νέων αντικαρκινικών φαρμάκων είναι το μοντέλο του ποντικού. Στους ποντικούς είναι δυνατή η πρόκληση κάποιου συγκεκριμένου όγκου μέσω διαφόρων μηχανισμών, όπως η μεταμόσχευση του ανθρώπινου όγκου στον ποντικό ή



ή έπαγωγή τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ ὄγκου μέσω γενετικῶν τροποποιήσεων. Οἱ ποντικοὶ αὐτοὶ μποροῦν στὴ συνέχεια νὰ ὑποβληθοῦν σὲ θεραπεία μὲ τὰ νέα φάρμακα καὶ τὸ φορτίο τοῦ ὄγκου νὰ μετρηθεῖ σὲ συνάρτηση μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου. Παρότι ἀπέχουν πολὺ ἀπὸ τὸ τέλειο, αὐτὰ τὰ συστήματα μοντέλων ποντικοῦ *in vivo* εἶναι πολὺ πιὸ ἀκριβῆ ἀπὸ τὶς δισδιάστατες κυτταρικές καλλιέργειες σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴν πρόβλεψη τῆς ἐπιτυχίας τῶν νέων ἀντικαρκινικῶν φαρμάκων. Ὡστόσο, τὸ μοντέλο τοῦ ποντικοῦ ἐγείρει ἄλλα ζητήματα. Σὲ σύγκριση μὲ τὶς κυτταρικές καλλιέργειες, ἡ χρῆση ποντικῶν εἶναι πολὺ δαπανηρὴ καὶ χρονοβόρα. Καί, ὅπως ἰσχύει γιὰ τὴ χρῆση ζώων στὴν ἐπιστημονικὴ ἔρευνα, πρέπει νὰ τηροῦνται συνέχεια οἱ αὐστηρότεροι κανόνες δεοντολογίας. Τελικά, μὲ τὴ χαμηλὴ εὐαισθησία τῶν δισδιάστατων κυτταρικῶν καλλιερειῶν ἀπὸ τὴ μιὰ καὶ τὸ ὑψηλὸ κόστος τῶν μοντέλων *in vivo* ἀπὸ τὴν ἄλλη, ἔχει δημιουργηθεῖ ἓνα σημαντικό φαινόμενο στενωποῦ ποὺ ἐπιβραδύνει τὸ πέρασμα νέων ἀντικαρκινικῶν φαρμάκων ἀπὸ τὸ στάδιο τῆς ἀνακάλυψης πρὸς αὐτὸ τῶν κλινικῶν δοκιμῶν, τὰ ὁποῖα μποροῦν νὰ βοηθήσουν τοὺς ἀσθενεῖς ποὺ τὰ ἔχουν ἀνάγκη.

### 6.1 Ἡ ἱστομηχανικὴ ὡς πλατφόρμα γιὰ ἔλεγχο ἀντικαρκινικῶν φαρμάκων

Συνεπῶς, ὅταν ἀρχίσαμε νὰ συνεργαζόμαστε μὲ τοὺς συναδέλφους μας τῆς βιολογίας τοῦ καρκίνου καὶ τῆς ὀγκολογίας, ἓνας ἀπὸ τοὺς σημαντικότερους στόχους μας ἦταν ἡ δημιουργία νέων στρατηγικῶν ἐλέγχου φαρμάκων ὑψηλῆς ἀπόδοσης, ποὺ νὰ διαθέτουν μεγαλύτερη εὐαισθησία ἀπὸ ὅ,τι οἱ παραδοσιακὲς μέθοδοι ποὺ χρησιμοποιοῦνται σήμερα. Ἀξιοποιώντας τὶς τεχνολογίες ἀπὸ τὰ πεδία τῆς ρευστομηχανικῆς, τῆς ἐπιστήμης τῶν ὑλικῶν, τῆς βιολογίας τοῦ καρκίνου καὶ τῆς ὑπολογιστικῆς μοντελοποίησης, σχεδιάσαμε μιὰ στρατηγικὴ ἱστομηχανικῆς, γιὰ νὰ δημιουργήσουμε περιβάλλοντα ποὺ νὰ προσομοιάζουν περισσότερο μὲ τὴν πραγματικὴ παθοφυσιολογία. Στὸ ἐργαστήριό μου εἶχαμε ἤδη δημιουργήσει συστήματα βιοαντιδρασθῆρων, στὰ ὁποῖα οἱ ἱστοὶ μποροῦσαν νὰ καλλιερηθοῦν σὲ τρισδιάστατα ἱκρίωματα ὑπὸ διαφορετικὲς μηχανικὲς καταπονήσεις καὶ συνθῆκες συνεχοῦς ροῆς. Μὲ συνεργάτες ἀπὸ τὸ Ἀντικαρκινικὸ Κέντρο MD Anderson τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Τέξας, ἔχουμε χρησιμοποιήσει τὰ συστήματα αὐτὰ γιὰ νὰ καλλιερησουμε ἱστοὺς μὲ τὴν παρουσία ὄγκων ὅπως

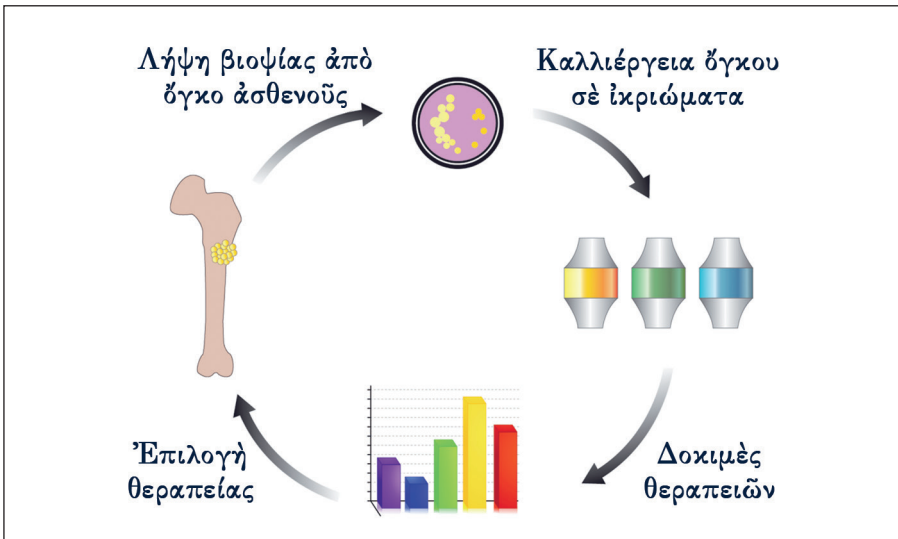


είναι ο μεταστατικός καρκίνος του προστάτη, το σάρκωμα Ewing και το όστεοσάρκωμα. Μπορούμε στη συνέχεια να μελετήσουμε τους όγκους αυτούς σε περιβάλλον *in vitro*, αλλά πρόκειται για ένα τρισδιάστατο περιβάλλον με παρουσία βιολογικών και μηχανικών σημάτων, που υφίστανται πολύ αυστηρό έλεγχο.

Όταν οι όγκοι αυτοί σπαρθούν στο ικρίωμά μας, μπορούμε να αρχίσουμε να υποβάλλουμε τον καρκίνο σε θεραπεία με φάρμακα. Ανακαλύψαμε ότι σε αυτό το μοναδικό τρισδιάστατο περιβάλλον, ή συμπεριφορά του όγκου, αναφορικά με την ανταπόκριση στη φαρμακευτική θεραπεία, προσομοιάζει περισσότερο με τα μοντέλα νόσου *in vivo* από ό,τι με τις παραδοσιακές πλάκες κυττάρων *in vitro*. Ωστόσο, από άποψη κόστους και απόδοσης, αυτά τα συστήματα βιοαντιδραστήρων είναι πιο κοντινά στις δισδιάστατες κυτταρικές καλλιέργειες. Συνεπώς, ή χρήση τρισδιάστατων ιστών ιστομηχανικής προέλευσης σε βιοαντιδραστήρες μπορεί να εφαρμοστεί στην ανάπτυξη νέων θεραπειών για τον καρκίνο, με σκοπό να εξοικονομηθεί χρόνος και χρήμα.

## 6.2 Η ιστομηχανική στην εξατομικευμένη θεραπεία του καρκίνου

Μια άλλη χρήση των συστημάτων αυτών είναι ή ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπειών κατά του καρκίνου. Ο καρκίνος του κάθε ασθενούς είναι μέχρι ενός σημείου μοναδικός, ακόμη και όταν συγκρίνεται με τον ίδιο τύπο όγκου. Ο καρκίνος όστων, για παράδειγμα, μπορεί να ανταποκρίνεται σε κάποιο συγκεκριμένο χημειοθεραπευτικό σχήμα σε ένα άτομο, ενώ σε κάποιο άλλο άτομο μπορεί να αποδεικνύεται ανθεκτικός στη θεραπευτική αγωγή. Όταν ένας ασθενής δεν ανταποκρίνεται σε μια συγκεκριμένη θεραπεία, τότε οι γιατροί περνούν σε θεραπευτικές επιλογές δεύτερης ή ακόμη και τρίτης γραμμής, έως ότου ή βρεθεί τελικά ο σωστός συνδυασμός φαρμάκων ή ο ασθενής υποκύψει στη νόσο του. Συνεπώς, προκειμένου να εξασφαλιστούν τα βέλτιστα αποτελέσματα υπάρχει μια τάση προς εξατομικευμένες θεραπείες ή προς τρόπους προσαρμογής των θεραπειών στον συγκεκριμένο καρκίνο του κάθε ασθενούς. Η δική μας στρατηγική ιστομηχανικής θέτει ισχυρή υποψηφιότητα για τη βελτιστοποίηση μιας εξατομικευμένης προσέγγισης. Φανταστείτε τη λήψη μιας βιοψίας από τον όγκο του ασθενούς, όπως γίνεται και σήμερα για διαγνωστικούς



Σχήμα 7: Καλλιέργεια κυττάρων όγκου ασθενούς για τη βελτιστοποίηση μιᾶς εξατομικευμένης θεραπείας.

σκοπούς (Σχήμα 7). Κάποια κύτταρα από τη βιοψία αυτή, κύτταρα του ίδιου του όγκου του ασθενούς, μπορούν να σπαρθούν στη συνέχεια στα δικά μας ίκτριώματα ιστομηχανικής, μέσα στα συστήματα βιοαντιδραστήρων. Μπορούμε στη συνέχεια να καλλιεργήσουμε τον όγκο και να τον υποβάλουμε σε πολλά χημειοθεραπευτικά σχήματα, εκτιμώντας ποιό είναι το πιο αποτελεσματικό στο δικό μας περιβάλλον προσομοίωσης. Η θεραπευτική αγωγή του ασθενούς μπορεί να προσαρμοστεί σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα, ώστε να βελτιστοποιηθεί ή θεραπευτική του αντιμετώπιση και να μεγιστοποιηθεί ή αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Πράγματι, έχουμε κατορθώσει να καλλιεργήσουμε στα δικά μας συστήματα βιοαντιδραστήρων πολλούς τύπους καρκίνων από βιοψίες ασθενών και έχουμε ανακαλύψει διαφορές στη συμπεριφορά του όγκου που είναι ειδικές ανά ασθενή.

Όπως αντιλαμβάνεστε, έχουμε εξελίξει το παραδοσιακό ιστομηχανικό πρότυπο πολύ πιο πέρα από την καλλιέργεια νέου όστου από μιᾶ μικρή βιοψία. Συμπορευόμενοι με πολλούς διαφορετικούς ιατρούς και επιστήμονες, καλλιεργούμε τώρα καρκίνους ασθενών, προκειμένου να ανακαλύψουμε τα καλύτερα φάρμακα που θα τους καταστρέψουν.

## 7. Σύνοψη τοῦ ἔργου μας

Τὰ τελευταῖα 25 χρόνια, ἐπικεντρωθήκαμε στὸ ἐργαστήριό μου στὴν ἀνάπτυξη νέων τεχνολογιῶν μὲ σκοπὸ τὴ δημιουργία ἰστών. Ὑπῆρξαμε πολὺ παραγωγικοὶ στὴν ἀξιοποίηση καὶ στὸν χειρισμὸ τῶν τριῶν βασικῶν στοιχείων τῆς ἱστομηχανικῆς, δηλαδὴ τῶν ἰκριωμάτων, τῶν κυττάρων καὶ τῶν σημάτων, ὥστε νὰ προσφέρουμε στοὺς ἐπιστήμονες καὶ στοὺς ἰατροὺς νέα ἐργαλεῖα γιὰ τὴ μελέτη καὶ τὴν ἀντιμετώπιση τῶν νόσων. Ἐπίσης, ἐφαρμόσαμε τὶς τεχνολογίες αὐτές, γιὰ νὰ καταπολεμήσουμε κάποιες νόσους μὲ τρόπους οἱ ὁποῖοι δὲν ἦταν δυνατοὶ προηγουμένως. Γιὰ νὰ ἀποκαταστήσουμε τόσο τὴ λειτουργία ὅσο καὶ τὴν αἰσθητικὴ ἐμφάνιση σὲ ἀσθενεῖς μὲ μεγάλα ἐλλείμματα προσώπου, δημιουργήσαμε ὑλικά διατήρησης χώρου καὶ βιοαντιδραστῆρες *in vivo*, ὥστε νὰ τιθασεύσουμε τὶς ἀναγεννητικὲς δυνάμεις τοῦ ἴδιου τοῦ ὄργανισμοῦ τῶν ἀσθενῶν, γιὰ νὰ σχηματίσει ἰστούς συγκεκριμένου μεγέθους καὶ σχήματος, ποὺ θὰ χρησιμοποιηθοῦν στὴν ἀποκατάσταση. Μὲ τὴν τρισδιάστατη καλλιέργεια ἰστών μέσα σὲ βιοαντιδραστῆρες, ἀναπτύξαμε νέες μεθόδους ἐλέγχου γιὰ ἀποτελεσματικὰ ἀντικαρκινικὰ φάρμακα. Ἀρχικὰ, ἡ ἱστομηχανικὴ δὲν περιλάμβανε ἓνα τόσο εὐρὺ φάσμα ἐφαρμογῶν. Ὅπως ὅμως εἶπε ὁ Δημοσθένης, «οἱ μικρὲς εὐκαιρίες εἶναι συχνὰ ἢ ἀρχὴ μεγάλων ἐγχειρημάτων». Ξεκινήσαμε μὲ τὸ ὄραμα τῆς δημιουργίας ὀργάνων στὸ ἐργαστήριό μου γιὰ μεταμόσχευση σὲ ἀσθενεῖς, ἀλλὰ τὸ πεδίο ἔχει διευρυνθεῖ γιὰ νὰ ἀντιμετωπίσει κάποια ἀπὸ τὰ δυσκολότερα προβλήματα τῆς κοινωνίας στὴ φροντίδα ὑγείας. Ἡ πραγματοποίηση τοῦ ἔργου ποὺ σᾶς παρουσίασα σήμερα δὲν θὰ ἦταν μὲ κανέναν τρόπο δυνατὴ χωρὶς τὴν ὑπαρξὴ πολλῶν σημαντικῶν ἀνθρώπων σὲ ὅλη τὴ διάρκεια τῆς καριέρας μου.

## 8. Εὐχαριστίες

Ὁ Πλάτων εἶπε ὅτι «ἡ κατεύθυνση πρὸς τὴν ὁποία ξεκινᾷ ἡ ἐκπαίδευση ἑνὸς ἀνθρώπου καθορίζει τὸ μέλλον του στὴ ζωὴ» καὶ τίποτε ἀπὸ τὸ ἔργο μου δὲν θὰ ἦταν δυνατό χωρὶς τὴν καθοδήγηση ποὺ εἶχα σὲ ὅλη τὴν καριέρα μου ἀπὸ καθοριστικοὺς μέντορες. Σπούδασα χημικὸς μηχανικὸς στὸ Ἀριστοτέλειο Πανεπιστήμιο τῆς Θεσσαλονίκης, στὸ ὁποῖο εἶχα πολλοὺς καταπληκτικοὺς δασκάλους. Οἱ διαλέξεις ποὺ παρακολούθησα ἀπὸ τοὺς Κώστα Κυπαρισσίδη, Ἀναστάσιο Καράμπελα, Γεώργιο Σακελλαρό-

πουλο, Σταύρο Νυχᾶ, Ίάκωβο Βασάλο και άλλους υπῆρξαν για ἐμένα ὁδηγοὶ στὴ συνεχρῆ ἐφαρμογῆ τῶν ἀρχῶν τῆς χημικῆς μηχανικῆς σὲ διάφορα πραγματικὰ προβλήματα. Μετὰ τὴν ἀποφοίτησή μου, μετακόμισα στὶς Ἡνωμένες Πολιτεῖες τῆς Ἀμερικῆς για σπουδὲς χημικῆς μηχανικῆς σὲ μεταπτυχιακὸ ἐπίπεδο στὸ Πανεπιστήμιο Purdue. Ἐγίνα βοηθὸς ἐρευνητῆς στὸ ἐργαστήριο ἐνὸς ἄλλου ἀντεπιστέλλοντος μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, τοῦ κ. Νικολάου Πέππα. Ὁ χρόνος ποὺ πέρασα μετὸν καθηγητῆ Πέππα ἦταν ἐξαιρετικὰ γόνιμος. Χάρις στὴ δική του ἐκπαίδευση, ἔμαθα νὰ σχεδιάζω πειράματα μετὰ μεγάλη ἀκρίβεια και σχολαστικότητα, μετὰ ἔμφαση στὴ μαθηματικὴ μοντελοποίηση τῶν συστημάτων πολυμερῶν ποὺ βασίζονται σὲ ἐμπειρικὰ δεδομένα. Ὁ καθηγητῆς Πέππας ἐξακολουθεῖ νὰ ἀποτελεῖ κινητήρια δύναμη στὸ πεδίο μου τῆς ἱστομηχανικῆς και τῆς χορήγησης φαρμάκων και ἡ συνεισφορά του ἔχει ὑπάρξει θεμελιώδης σὲ πάρα πολλὰ πεδία τῆς ἐπιστήμης. Εἶμαι εὐγνώμων για τὴ συνεχιζόμενη καθοδήγηση και φιλία του ὅλα αὐτὰ τὰ χρόνια. Μετὰ τὴν ὀλοκλήρωση τοῦ χρόνου μου στὸ Purdue και τὸ τέλος τῆς θητείας μου στὸ Ἑλληνικὸ Πολεμικὸ Ναυτικὸ, πῆγα ὡς μεταδιδακτορικὸς ἐρευνητῆς στὸ Τεχνολογικὸ Ἰνστιτοῦτο τῆς Μασαχουσέτης και στὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ τοῦ Χάρβαρντ στὴ Βοστώνη, για νὰ μελετήσω τὴν ἐφαρμογῆ τῆς χημείας τῶν πολυμερῶν σὲ βιολογικὰ συστήματα, ὑπὸ τοὺς Robert Langer και Joseph Vacanti. Μετὰ ἀπὸ μιὰ παραγωγικὴ μεταδιδακτορικὴ καριέρα, μετὰ προσκάλεσαν ὡς ἐπίκουρο καθηγητῆ στὸ Τμῆμα Χημικῆς Μηχανικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Rice στὸ Χιούστον τοῦ Τέξας. Καθὼς στὸ πανεπιστήμιο προσλαμβάνονταν ὄλο και περισσότεροι ἐμβιομηχανικοί, ἰδρύσαμε τὸ Τμῆμα Ἐμβιομηχανικῆς, τὸ ὁποῖο ἀποτελεῖ ἀπὸ τότε τὴν ἔδρα μου. Θὰ ἤθελα νὰ ἐκφράσω εὐλικρινῆ και μέγιστη εὐγνωμοσύνη πρὸς τοὺς καθηγητῆς Πέππα, Langer και Vacanti για τὴ συνεχρῆ τους ὑποστήριξη σὲ ὄλη τὴ διάρκεια τῆς καριέρας μου.

Εἶχα τὴν εὐλογία νὰ ἔχω ἐξαιρετικοὺς μέντορες, εἶχα ὅμως και τὴ μεγάλη τύχη νὰ ἔχω πάμπολλους πολύτιμους συνεργάτες σὲ ὄλο τὸν κόσμο, ὅπως ἡ κυρία Μπίζιου, ποὺ παρίσταται στὸ ἀκροατήριο. Ἡ ἱστομηχανικὴ εἶναι μιὰ συνδυαστικὴ παγκόσμια προσπάθεια. Ὅπως εἶπε ὁ Ἀριστοτέλης, «οὔτε μία οὔτε δύο, ἀλλὰ ἀμέτρητες φορές ἐμφανίζονται οἱ ἴδιες ἰδέες στὸν κόσμο». Πολὺ νωρὶς στὴν καριέρα μου συνειδητοποίησα ὅτι και ἄλλοι ἐργάζονταν για τὴν ἐπίλυση παρόμοιων προβλημάτων και ὅτι θὰ ἦταν πρὸς ὄφελος ὄλων μας νὰ ἐργαζόμαστε μαζί, ἀντὶ ὁ ἕνας ἐναντίον τοῦ ἄλλου. Καθὼς ἡ τεχνολογία μᾶς ἐπιτρέπει νὰ συνομιλοῦμε μετὰ εὐκολία, ἡ φυσικὴ

απόσταση δὲν ἀποτελεῖ πλέον φραγμὸ γιὰ τὶς στενὲς συνεργασίες μεταξὺ ἡπειρῶν. Ἔχουμε στενὴν συνεργασία μὲ ἐρευνητὲς ἀπὸ τὶς Ἡνωμένες Πολιτεῖες, τὴν Εὐρώπη, τὴν Ἀσία καὶ τὴν Ἀφρική, προκειμένου νὰ ἀναπτύξουμε στρατηγικὲς ἱστομηχανικῆς. Ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς συνεργάτες σὲ ὀλόκληρο τὸν κόσμο, οἱ συνάδελφοί μου στὸ Πανεπιστήμιο Rice ἦταν ἀναντικατάστατοι ὅλα αὐτὰ τὰ χρόνια ὡς συνεργάτες καὶ ὡς φίλοι. Ἐπιπλέον, οἱ κλινικοὶ ἰατροὶ συνεργάτες μας, χειρουργοὶ καὶ ἄλλων εἰδικοτήτων, ποὺ ἐργάζονται στὸ Ἰατρικὸ Κέντρο τοῦ Τέξας καὶ σὲ ἄλλα ἰατρικὰ κέντρα σὲ ὀλόκληρο τὸν κόσμο, μᾶς ἐπέτρεψαν νὰ ἐφαρμόσουμε τὶς τεχνολογίες μας γιὰ νὰ βελτιώσουμε τὶς ζωὲς τῶν ἀσθενῶν, καὶ γι' αὐτὸ τοὺς εἶμαι ἰδιαίτερα εὐγνώμων. Τέλος, θὰ ἤθελα νὰ ἐκφράσω τὶς εὐχαριστίες μου γιὰ τὴ συνεχιζόμενη συνεργασία μὲ πολλοὺς χρηματοδοτικοὺς ὀργανισμοὺς, συμπεριλαμβανομένων κρατικῶν καὶ ἰδιωτικῶν ἰδρυμάτων, ποὺ μὲ ὑποστήριξαν στὸ ἔργο μου τῆς διεξαγωγῆς ἐρευνας γιὰ τὴν ἀντιμετώπιση ὑφιστάμενων κλινικῶν ἀναγκῶν. Ἡ διεπιστημονικὴ συνεργασία ὑπῆρξε καταλυτικὴ σὲ πολλὲς ἀπὸ τὶς σπουδαῖες ἀνακαλύψεις τῶν ἐργαστηρίων μας καὶ εἶναι νευραλγικῆς σημασίας τόσο γιὰ τὴν ἱστομηχανικὴ ὅσο καὶ γιὰ τὴ σύγκλιση τῶν ἐπιστημῶν.

Τὰ τελευταῖα 25 χρόνια ἐκπαίδευσα πολλοὺς φοιτητὲς, καὶ οἱ φοιτητὲς μου μὲ δίδαξαν τουλάχιστον τόσα ὅσα τοὺς δίδαξα κι ἐγώ. Μιὰ ἀπὸ τὶς μεγαλύτερες χαρὲς μου σὲ αὐτὰ τὰ μεταγενέστερα στάδια τῆς καριέρας μου εἶναι νὰ παρακολουθῶ τὶς ἐπιτυχίες ποὺ σημειώνουν οἱ φοιτητὲς μου πολὺ μετὰ ἀφότου ἀποφοιτοῦν ἀπὸ τὸ ἐργαστήριό μου. Πολλοὶ ἀπὸ αὐτοὺς ἔχουν τώρα ἐπιτυχημένες καριέρες στὴ βιομηχανία, ἐργαζόμενοι στὴν ἐμπορικὴ προώθηση τῶν στρατηγικῶν ἱστομηχανικῆς, ἢ στὸν ἀκαδημαϊκὸ χῶρο, ὅπου οἱ ἴδιοι ἐκπαιδεύουν τὴν ἐπόμενη γενιὰ ἱστομηχανικῶν. Εἶμαι σίγουρος ὅτι τὸ μέλλον τῆς ἐπιστήμης μας βρίσκεται σὲ ἐξαιρετικὰ χέρια.

Τίποτε ἀπὸ ὅλα αὐτὰ δὲν θὰ ἦταν δυνατὸ νὰ πραγματοποιηθεῖ χωρὶς τὴν ὑποστήριξη τῆς οἰκογένειάς μου. Θὰ ἤθελα νὰ εὐχαριστήσω τοὺς γονεῖς μου Γεώργιο Μίκο καὶ Ἰφιγένεια Μίκου, ποὺ δὲν ζοῦν πιά, καθὼς καὶ τὴν ἀδερφή μου Βίκυ Μίκου, γιὰ τὶς ὑψηλὲς ἀξίες ποὺ ἐνστάλαξαν μέσα μου ἀπὸ πολὺ μικρὴ ἡλικία. Παρουσιάζω σήμερα τὸ ἔργο τῆς ζωῆς μου, γνωρίζοντας πόσο περήφανοι θὰ εἶναι οἱ γονεῖς μου, παρακολουθώντας ἀπὸ ψηλά. Καὶ θὰ ἤθελα νὰ εὐχαριστήσω τὴ σύζυγό μου Λύδια Καβράκη καὶ τὰ παιδιὰ μας, τὸν Γεώργιο καὶ τὴ Μαίρη, στὰ ὁποῖα καὶ ἀφιερώνω αὐτὴ τὴν τιμητικὴ διάκριση. Στὸ ἀκροατήριό μου σήμερα παρίστανται πολὺ στενὰ μέλη τῆς

οικογένειάς μας πού χωρίς τήν αγάπη τους και τήν υποστήριξή τους δέν θά βρισκόμουν ἐδῶ.

## 9. Ἐπίλογος

«Τὸ θεμέλιο κάθε πολιτείας εἶναι ἡ ἐκπαίδευση τῶν νέων», εἶπε ὁ πυθαγόρειος Διωτογένης, και ἡ ἱστομηχανική δέν διαφέρει. Ἡ ἐκλογή μου στήν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἱστομηχανική θά εἶναι ἕνα πεδίο κρίσιμης σημασίας στήν πρόοδο τῆς ἐπιστήμης και τὸ μέλλον τῆς ἱστομηχανικῆς θά βρίσκεται στὰ χέρια τῆς ἐπόμενης γενιᾶς ἐπιστημόνων. Δεδομένου μάλιστα ὅτι ἡ ἱστομηχανική εἶναι ἕνας σχετικά καινούργιος κλάδος, ἔχω καταβάλει σημαντικές προσπάθειες γιὰ νὰ ὀργανωθοῦν εὐκαιρίες ἐκπαίδευσης γιὰ τοὺς μαθητευόμενους τοῦ πεδίου αὐτοῦ. Σὲ συνεργασία μὲ τοὺς συναδέλφους μου, ἴδρυσα τὸ περιοδικὸ *Tissue Engineering*, γιὰ νὰ ἀποτελέσει μιὰ πρώτη δίοδο γιὰ τὴν κοινότητά μας, ὥστε νὰ μπορεῖ νὰ δημοσιεύει και νὰ μοιράζεται τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐκάστοτε ἐρευνῶν της. Ἐργαστήκαμε σκληρὰ γιὰ νὰ ἰδρῦσουμε τὴ Διεθνή Ἑταιρεία Ἱστομηχανικῆς και Ἀναγεννητικῆς Ἰατρικῆς, τὴν ὁποία εἶχα τὴ χαρὰ νὰ ὑπηρετῶ ὡς πρόεδρος και ἰδρυτικὸ μέλος, ὥστε νὰ φέρουμε κοντὰ ὅλη τὴ διεθνή κοινότητα. Καθιερώσαμε τὰ συνέδρια Αἰγαίου γιὰ τὴν ἱστομηχανική, στὰ ὁποῖα φοιτητὲς ἀπὸ ὅλο τὸν κόσμο ταξιδεύουν στήν Ἑλλάδα γιὰ νὰ παρουσιάσουν τὰ δεδομένα τους και νὰ μάθουν ἀπὸ τοὺς εἰδικούς τοῦ πεδίου, καθὼς και ὁ ἕνας ἀπὸ τὸν ἄλλο. Γιὰ τὴν ἐπόμενη γενιὰ ἱστομηχανικῶν θά ἤθελα νὰ τονίσω ὅτι τὸ πεδίο αὐτὸ ἀποτελεῖ μιὰ διεθνή κοινότητα. Ἄς ἐργαστοῦμε ὁ ἕνας μαζί μὲ τὸν ἄλλο. Ὑπάρχουν ἤδη πολλὰ δύσκολα προβλήματα στὴ φροντίδα ὑγείας, γιὰ νὰ προστεθεῖ και ὁ μὴ ὑγιῆς ἀνταγωνισμός. Δέν ἐργαζόμαστε γιὰ τὴ δόξα, ἐργαζόμαστε γιὰ νὰ ὑπηρετήσουμε μὲ τὸν καλύτερο δυνατὸ τρόπο τὸν ἄρρωστο συνάνθρωπο. Ἔχουμε διανύσει πολὺ μακρὸ δρόμο, ἀλλὰ οἱ ἀληθινὲς δυνατότητες τῆς ἱστομηχανικῆς εἶναι μπροστά μας. Ἄς διατηρήσουμε τὸν ἐνθουσιασμό μας!

---



# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017

---

## Η ΑΠΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΤΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ  
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Α. ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ

### 1. Είσαγωγή

#### 1.1 Σημασία και αντικείμενο τῆς ἐργασίας

Ἡ ἀνάγκη καὶ ἡ προοπτικὴ ἀπεξάρτησης τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα, ποὺ ἀποδίδεται στὴ διεθνή βιβλιογραφία μὲ τὸν ἀγγλικὸ ὄρο decarbonisation, ἀποτελεῖ πλέον μιὰ ἀναγκαιότητα ἀποδεκτὴ ἀπὸ ὅλες τὶς κυβερνήσεις σὲ παγκόσμια κλίμακα. Ἡ ἀναγκαιότητα αὐτὴ προκύπτει κυρίως ἀπὸ τὶς σχετικὲς περιβαλλοντικὲς πολιτικὲς γιὰ προστασία τοῦ περιβάλλοντος ἀπὸ τὶς κάθε εἴδους ἀρνητικὲς ἐπιπτώσεις τῶν ἐκπομπῶν καυσαερίων ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα, ἀλλὰ προκύπτει καὶ ἀπὸ τὶς σχετικὰ πιὸ πρόσφατες δεσμεύσεις τῶν περισσότερων κρατῶν γιὰ λήψη μέτρων μετριασμοῦ τοῦ φαινομένου τῆς κλιματικῆς ἀλλαγῆς.

Ἡ σημασία τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἔγκειται στὸ ὅτι ὁ τομέας αὐτὸς ἀποτελεῖ μιὰ ἀπὸ τὶς σημαντικότερες πηγὲς ἐκπομπῶν ἀπὸ τὴ χρῆση καυσίμων ἄνθρακα στὶς μηχανὲς ἐσωτερικῆς καύσης ὀχημάτων. Σὲ παγκόσμια κλίμακα σύμφωνα μὲ τὴν ἔκθεση τῆς Διακυβερνητικῆς Ἐπιτροπῆς τοῦ ΟΗΕ γιὰ τὸ Κλίμα (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC),



ό τομέας τών Μεταφορών τὸ 2004 ἀντιπροσώπευε τὸ 23% τών παγκόσμιων ἐκπομπών CO<sub>2</sub>, ἐκ τών ὁποίων τὸ 74% προήρχετο ἀπὸ τὶς ὀδικές Μεταφορές. Ἐπίσης ὁ ρυθμὸς αὐξήσεως τών ἐκπομπών αὐτῶν καταγραφόταν ὡς ὁ μεγαλύτερος σὲ σύγκριση μὲ ὅλους τοὺς ἄλλους τομεῖς (IPCC Transport 2007). Ὅσον ἀφορᾷ τὶς ἄλλες κατηγορίες ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου, π.χ. ἀμμωνίας (CH<sub>4</sub>) καὶ ὀξειδίων τοῦ ἀζώτου (N<sub>2</sub>O), ὁ τομέας τών Μεταφορῶν συμβάλλει κατὰ μικρότερα ποσοστὰ τῆς τάξεως τών 0,1-0,3% γιὰ τὸ CH<sub>4</sub> καὶ 2,0-2,8% γιὰ τὰ N<sub>2</sub>O. Τέλος στὰ λεγόμενα μικροσωματίδια ὁ τομέας τών Μεταφορῶν εἶναι ὁ μεγαλύτερος παραγωγὸς τους ἰδίως στὶς ἀστικές περιοχές.

Σήμερα σὲ ἐπίπεδο Εὐρωπαϊκῆς Ἑνώσεως (ΕΕ) ὁ τομέας τών Μεταφορῶν καταναλώνει τὸ 33% περίπου τῆς συνολικῆς ἐνέργειας ποὺ καταναλίσκεται στὸ σύνολο τών 28 κρατῶν μελῶν<sup>1</sup> καὶ ἀπὸ τὸ ποσοστὸ αὐτὸ τὸ 94% προέρχεται ἀπὸ τὰ ὀρυκτὰ καύσιμα. Σύμφωνα μὲ ἐκτιμήσεις τῆς Εὐρωπαϊκῆς Ἐπιτροπῆς, μέχρι τὸ 2030 ὁ τομέας τών Μεταφορῶν ἀναμένεται νὰ εἶναι ἡ μεγαλύτερη πηγὴ ἐκπομπῶν CO<sub>2</sub> στὴν ΕΕ<sup>2</sup>.

Τέλος, σὲ ἐπίπεδο εὐρύτερο τῆς ΕΕ, στὶς 47 χῶρες-μέλη τοῦ ΟΟΣΑ (Ὄργανισμὸς Οἰκονομικῆς Συνεργασίας καὶ Ἀνάπτυξης), ὁ τομέας τών Μεταφορῶν εἶναι ὁ δεύτερος κατὰ σειρὰ παραγωγὸς ἐκπομπῶν CO<sub>2</sub> μετὰ τὸν τομέα παραγωγῆς ἠλεκτρισμοῦ καὶ θέρμανσης, μὲ τὶς ἐκπομπές CO<sub>2</sub> νὰ αὐξάνονται μεταξὺ 1990 καὶ 2008 κατὰ 29% (ITF 2017). Γιὰ τὶς ὑπόλοιπες χῶρες τοῦ κόσμου ὁ Διεθνὴς Ὄργανισμὸς Ἐνέργειας (International Energy Agency) δίνει μιὰ αὐξηση στὶς ἐκπομπές CO<sub>2</sub> ἀπὸ τὸν τομέα τών Μεταφορῶν στὴν ἴδια περίοδο κατὰ 89% (IEA 2016).

Στὴν Ἑλλάδα, μὲ βάση τὰ στοιχεῖα τοῦ ἐνεργειακοῦ ἰσοζυγίου τών τελευταίων ἐτῶν τόσο πρὶν ὅσο καὶ μετὰ τὴν οἰκονομικὴ κρίση, ἡ κατανάλωση ἐνέργειας στὸν κλάδο τών Μεταφορῶν ἀντιπροσώπευε τὸ 2014 τὸ 41,55% τῆς συνολικῆς κατανάλωσης ἐνέργειας στὴ χώρα (EC 2015). Σὲ σχέση μὲ τὶς ἐκπομπές ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου ὁ τομέας τών Μεταφορῶν

1. Σύμφωνα μὲ στοιχεῖα τοῦ 2015, τὸ ποσοστὸ αὐτὸ περιλαμβάνει τὶς διεθνεῖς ἀεροπορικές μεταφορές καὶ ὄχι τὶς διεθνεῖς θαλάσσιες μεταφορές τῆς ΕΕ.

2. Στοιχεῖα ἀπὸ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Στρατηγικὴ, Energy Union Research, Innovation and Competitiveness Strategy (EURICS), στὸ [https://ec.europa.eu/info/strategy/transport\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/transport_en)

στην Ελλάδα αντιπροσωπεύει το 25-28% του εκπεμπόμενου CO<sub>2</sub>, ενώ σε άλλες μορφές ρυπογόνων αερίων, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του άζωτου (NOx), οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες, το βενζόλιο και τα σωματίδια (PM), ο τομέας των Μεταφορών –ιδίως στις αστικές περιοχές– είναι η κύρια πηγή έκπομπής. Οι έκπομπές CO<sub>2</sub> όμως παραμένουν κατά περίπου 30% ύψηλότερες των επιπέδων του 1990.

Υπάρχει συνεπώς ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αλλά και ανάγκη, να διερευνηθούν οι τεχνικές δυνατότητες αλλά και οι πολιτικές που θα δώσουν το επιθυμητό επίπεδο απεξάρτησης του τομέα των Μεταφορών από τα καύσιμα άνθρακα.

Η παρούσα εργασία ασχολείται με το βασικό αυτό θέμα δίνοντας έμφαση κυρίως στις ιδιαίτερες προοπτικές, υποχρεώσεις και αναγκαίες πολιτικές για την Ελλάδα. Στόχος της είναι να εκθέσει κατ' αρχάς τις βασικές «διαστάσεις» του προβλήματος, να σκιαγραφήσει τους στόχους μιας πιθανής ελληνικής πολιτικής στα θέματα αυτά και να αναφερθεί στις κύριες δράσεις, ενέργειες και πολιτικές που προσφέρονται για την επίτευξη των στόχων αυτών στην Ελλάδα. Τέλος, επιχειρείται η σκιαγράφηση του πώς αναμένεται να είναι το απεξαρτημένο από τον άνθρακα σύστημα των Μεταφορών και κυκλοφορίας στο μέλλον.

## 1.2 Το πλαίσιο αναφοράς

Τα βασικά δεδομένα και οι αποφάσεις που αποτελούν το πλαίσιο αναφοράς για τη σημερινή πολιτική, καθώς και τα μέτρα σχετικά με την «άπο-ανθρακοποίηση» του τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα προέρχονται κυρίως από δύο πηγές:

- τις σχετικές αποφάσεις και πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για όλα τα σχετικά θέματα, και
- τις σχετικές αποφάσεις και μέτρα του ΟΗΕ στο πλαίσιο της διεθνούς σύμβασης για το κλίμα.

Όσον αφορά τις σχετικές πολιτικές της ΕΕ, αυτές αναφέρονται κυρίως στα περιβαλλοντικά και ενεργειακά θέματα και εξετάζονται με περισσότερη λεπτομέρεια στα επόμενα. Συνοπτικά μπορεί να αναφερθεί εδώ ότι αυτές χαρακτηρίζονται από μια σειρά εκθέσεων, διαπιστώσεων και νομοθετημάτων σε όλα τα σχετικά θέματα που καλύπτουν κυρίως την τρέχουσα δεκαετία 2011-2020.

Τò κύριο, σχετικά με τήν παρούσα εργασία, νομοθέτημα τῆς ΕΕ στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν τὸ ὁποῖο ἔθεσε γιὰ πρώτη φορά ἐπισήμως συγκεκριμένους στόχους καὶ ἐνέργειες γιὰ τήν ἀπεξάρτηση τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα εἶναι ἡ λεγόμενη «Λευκὴ Βίβλος» τῆς ΕΕ γιὰ τὶς Μεταφορὲς (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ 2011)<sup>3</sup>. Τὸ κείμενο αὐτὸ περιγράφει τήν πολιτικὴ Μεταφορῶν τῆς ΕΕ γιὰ τὴ δεκαετία 2011-2020, θέτει τήν «ἀπο-ανθρακοποίηση» (decarbonisation) τῶν Μεταφορῶν ὡς πρώτη προτεραιότητα καὶ ἀναφέρει ποσοτικούς στόχους καὶ συγκεκριμένες ἐνέργειες μεταξύ τῶν ὁποίων οἶ<sup>4</sup>:

1. μείωση τῶν ἐκπομπῶν τοῦ θερμοκηπίου ἀπὸ τὶς Μεταφορὲς κατὰ 60% τὸ 2050 σὲ σχέση μετὰ τὸ 1990,
2. μείωση κατὰ 50% τῶν αὐτοκινήτων συμβατικῶν καυσίμων μέχρι τὸ 2030 καὶ ἐξάλειψή τους στὶς ἀστικές περιοχὲς μέχρι τὸ 2050,
3. χρήση νέων «βιώσιμων» καυσίμων χαμηλοῦ ἀποτυπώματος ἄνθρακα στὶς ἀεροπορικές καὶ τὶς θαλάσσιες μεταφορὲς τουλάχιστον στὸ 40% τῆς κατανάλωσης μέχρι τὸ 2050,
4. μετακίνηση τοῦ 30% τοῦ φορτίου ποὺ σήμερα μεταφέρεται ὀδικὰ σὲ ἀποστάσεις ἄνω τῶν 300 χλμ. μετὰ σιδηροδρομικὰ καὶ θαλάσσια μέσα μέχρι τὸ 2030 καὶ ἄνω τοῦ 50% μέχρι τὸ 2050,
5. ὀλοκλήρωση μέχρι τὸ 2050 τοῦ εὐρωπαϊκοῦ σιδηροδρομικοῦ δικτύου ὑψηλῶν ταχυτήτων, τριπλασιασμὸς τοῦ σημερινοῦ δικτύου μέχρι τὸ 2030 καὶ μέχρι τὸ 2050 μετακίνηση τῆς πλειονότητος τῶν ἐπιβατῶν σὲ μεσαῖες ἀποστάσεις μετὰ σιδηρόδρομο,
6. ὀλοκλήρωση τοῦ βασικοῦ δικτύου τῶν διευρωπαϊκῶν δικτύων TEN-T μέχρι τὸ 2030, συμπληρωμένον μετὰ ὑποδομὲς εὐφυῶν μεταφορικῶν συστημάτων (ITS) καὶ σύνδεση στὸ σιδηροδρομικὸ δίκτυο τῶν TEN-T ὅλων τῶν ἀεροδρομίων καὶ λιμένων μέχρι τὸ 2050.

---

3. Στὰ ἀγγλικά ἡ «Λευκὴ Βίβλος» ἔχει τὸν τίτλο: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system.

4. Εἶχε προηγηθεῖ ἡ ἀντίστοιχη «Λευκὴ Βίβλος» τῆς προηγούμενης δεκαετίας (2001-2010), στὴν ὁποία ἡ μείωση τῶν ἀρνητικῶν περιβαλλοντικῶν ἐπιπτώσεων τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν εἶχε ἐπίσης περίοπτη θέση καὶ προτεραιότητα (ΕΕ 2001).

Ἐκτοτε τὸ κείμενο αὐτὸ εἰσῆχθη σταδιακὰ καὶ στὶς ἐπίσημες πολιτικές Μεταφορῶν τῶν κρατῶν-μελῶν τῆς ΕΕ, ἀλλὰ ἐπηρέασε καὶ τὶς πολιτικές πολλῶν ἄλλων κρατῶν μὴ μελῶν τῆς.

Ὅσον ἀφορᾷ τὶς σχετικές ἀποφάσεις τοῦ ΟΗΕ γιὰ τὸ κλίμα, οἱ διεθνεῖς ὑποχρεώσεις τῆς Ἑλλάδας ἀπορρέουν ἀπὸ τὴ Σύμβαση-Πλαίσιο τοῦ ΟΗΕ γιὰ τὴν Κλιματικὴ Ἀλλαγὴ ποὺ ὑπεγράφη στὸ Παρίσι τὸν Δεκέμβριο τοῦ 2015 καὶ ἀπὸ τὴ μετέπειτα ἐπικύρωση καὶ ἐφαρμογὴ τῆς<sup>5</sup>. Ἡ Συμφωνία ἐπῆλθε στὸ πλαίσιο τῆς διαρκοῦς Διάσκεψης τῶν Ἡνωμένων Ἐθνῶν γιὰ τὴν Κλιματικὴ Ἀλλαγὴ (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) στὴν ὁποία συμμετεῖχαν ἀντιπροσωπεῖες ἀπὸ 200 περίπου χῶρες. Οἱ προβλέψεις τῆς Σύμβασης αὐτῆς σχετίζονται στενὰ μὲ τὸ ἀντικείμενο τῆς παρούσας ἐργασίας καὶ ἀναμένεται νὰ ἐπηρέασουν σὲ σημαντικὸ βαθμὸ τὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν καὶ τὴν πορεία ἀπεξάρτησής του ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα. Εἶναι συνεπῶς ἐνδιαφέρον νὰ ἀναφερθοῦν ἐδῶ οἱ κυριότερες ἀπὸ τὶς προβλέψεις τῆς Σύμβασης αὐτῆς<sup>6</sup>:

1. ἀρχικὰ σταθεροποίηση καὶ στὴ συνέχεια μείωση τῶν ἐκπομπῶν ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου ἀπὸ ὅλες τὶς χῶρες-μέλη τῆς Συμφωνίας μέσα ἀπὸ συγκεκριμένα μέτρα καὶ στόχους ποὺ θὰ καθορίσει ἡ κάθε χώρα (μέτρα «πρόληψης» – mitigation). Πολλὰ ἀπὸ τὰ μέτρα αὐτὰ ἀναφέρονται –ἐνδεικτικὰ– στὴ Συμφωνία,

2. καθιέρωση στόχου γιὰ περιορισμὸ τῆς αὔξησης τῆς μέσης θερμοκρασίας τοῦ πλανῆτη στοὺς +2 C° κατὰ μέγιστο μέχρι τὸ τέλος τοῦ αἰῶνα καὶ εἰ δυνατόν πιὸ κοντὰ στὸν +1,5 C°,

3. ἐνίσχυση τῆς δυνατότητος τῶν χωρῶν-μελῶν νὰ ἀντιμετωπίσουν τὶς ἐπιπτώσεις τῆς κλιματικῆς ἀλλαγῆς μὲ συγκεκριμένα μέτρα «προσαρμογῆς» (adaptation), πολλὰ ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀναφέρονται στὴ Συμφωνία,

4. διαμόρφωση καὶ νομοθέτηση ἀπὸ κάθε χώρα-μέλος τῆς Συμφωνίας ἑνὸς «δικοῦ τῆς» προγράμματος καὶ μέτρων ποὺ θὰ τῆς ἐπιτρέψουν νὰ εὐθυγραμμιστεῖ μὲ τὶς προβλέψεις τῆς Συμφωνίας. Πρόκειται γιὰ τὶς λεγό-

---

5. Ἡ Σύμβαση αὐτὴ ἐφαρμόστηκε στὶς 4 Νοεμβρίου 2016 ἀφοῦ ἐπικυρώθηκε ἀπὸ τὸν ἀπαιτούμενο ἐλάχιστο ἀριθμὸ κρατῶν στὶς 5 Ὀκτωβρίου 2016.

6. Τὸ πλῆρες κείμενο τῆς Σύμβασης μπορεῖ νὰ βρεθεῖ στὴν ἴστοσελίδα τοῦ ΥΠΕΚΑ (<http://www.ypeka.gr>) ἢ στὴν εἰδικὴ ἴστοσελίδα τῆς Συνόδου τῶν Παρισίων <http://unfccc.int>, καὶ σὲ πολλὲς ἄλλες σχετικὲς ἴστοσελίδες.

μενες «Έθνικα Καθοριζόμενες Συμβολές – *Nationally Determined Contributions* ή *NDC*»,

5. καθιέρωση μιᾶς συνολικῆς δομῆς παρακολούθησης τῆς ἐφαρμογῆς τῆς Συμφωνίας καὶ ἀλληλοενημέρωσης μέσα ἀπὸ μιὰ σειρά «μηχανισμῶν» καὶ δράσεων ὅπως:

i. τοῦ ὑπάρχοντος διεθνοῦς «Μηχανισμοῦ τῆς Βαρσοβίας» (*Warsaw International Mechanism for Loss and Damage associated with the climate change*) γιὰ ἀνταλλαγὴ τεχνολογίας, στοιχείων, καλῶν πρακτικῶν, κ.λπ. σὲ σχέση μετὰ τὸ κλίμα,

ii. τοῦ Χρηματοδοτικοῦ Μηχανισμοῦ τῆς Σύμβασης (*Financial Mechanism of the Convention*) ὁ ὁποῖος θὰ διευκολύνει τὴ χρηματοδότηση τῶν σχετικῶν μέτρων στὶς λιγότερο ἀνεπτυγμένες χῶρες (μετὰ χρηματοδότηση ἀπὸ τὶς ἀνεπτυγμένες),

iii. δράσεων ἐνημέρωσης καὶ ἐκπαίδευσης (*Capacity building*),

iv. περιοδικῶν ἐνημερώσεων καὶ παροχῆς συγκεκριμένων δεδομένων καὶ στοιχείων (ποὺ ἀναφέρονται στὴ Συμφωνία) μέσα ἀπὸ τὶς λεγόμενες *Δομὲς Διαφάνειας* (*Framework for Transparency*),

v. περιοδικῶν συναντήσεων γιὰ τὸν ἔλεγχο τῆς προόδου σχετικὰ μετὰ τὴν ὑλοποίηση τῶν προβλέψεων τῆς Συμφωνίας ἀπὸ κάθε χώρα-μέλος καὶ μετὰ τὴν πορεία πρὸς ἐπίτευξη τῶν στόχων ποὺ ἔχουν τεθεῖ γιὰ κάθε χώρα μετὰ βᾶση τὸ δικό της *NDC*. Οἱ συναντήσεις αὐτὲς ἀναφέρονται ὡς «*Global stocktake*» καὶ θὰ γίνονται κάθε πέντε χρόνια ξεκινώντας ἀπὸ τὸ 2023,

vi. δημιουργίας ἐντὸς τῆς διοικητικῆς δομῆς τῶν Ἠνωμένων Ἐθνῶν συγκεκριμένων δομῶν παρακολούθησης καὶ ἐλέγχου τῆς Συμφωνίας, ὅπως π.χ. «*Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice*», «*Subsidiary Body for Implementation*», κ.ἄ.

## 2. Στόχοι καὶ πολιτικὲς τῆς ΕΕ

### 2.1 Γενικὰ στὸν ἐνεργειακὸ τομέα

Σήμερα ἡ Εὐρωπαϊκὴ Ἐνωση κατὰ τὸ 94% τῶν ἐνεργειακῶν τῆς ἀναγκῶν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ ὑγρὰ καύσιμα (ὑδρογονανθράκων). Τὸ 84% τῶν καυσίμων αὐτῶν εἰσάγεται μετὰ ἕνα κόστος τῆς τάξης τοῦ 1 δις εὐρώ τὴν ἡμέρα. Εἶναι συνεπῶς αὐτονόητο ὅτι, συνυπολογιζομένων καὶ τῶν κάθε εἰδους ἐπιπτώσεων ἀπὸ τὶς ἐκπομπὲς ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου, ἡ Εὐρώπη

έχει κάθε λόγο να προχωρεί συστηματικά και έπειγόντως στη λεγόμενη πολιτική «άποανθρακοποίησης» (decarbonisation).

Τόν Μάρτιο του 2011 δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά η Ανακοίνωση της Έπιτροπής σχετικά με τον Χάρτη πορείας για τη μετάβαση σε μια ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών επιπέδων άνθρακα το 2050 (Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050)<sup>7</sup>. Ο Χάρτης αυτός είχε συνταχθεί με βάση έναν στόχο για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050 κατά 80-90% σε σύγκριση με το 1990 στο πλαίσιο των αναγκαιών –κατά την αρχική έκθεση της Διακυβερνητικής Έπιτροπής για την Κλιματική Άλλαγή (IPCC)– μειώσεων από τις ανεπτυγμένες χώρες συνολικά<sup>8</sup>. Παρουσιάζεται επίσης στον όδικο αυτόν Χάρτη η προγραμματιζόμενη από την Έπιτροπή ανάληψη δράσεων μέχρι το 2050, χάρη στην οποία η ΕΕ θα μπορούσε να επιτύχει μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου σύμφωνα με τον στόχο του 80 έως 90% σε σχέση με το 1990.

Τόν Δεκέμβριο του ίδιου έτους δημοσιεύτηκε και επίσημα ο τελικός πλέον «Χάρτης πορείας για την Ένέργεια μέχρι το 2050» (Energy Road Map 2050) με μέτρα και ενέργειες για ένα ασφαλές, ανταγωνιστικό και «άποανθρακοποιημένο» ενεργειακό σύστημα για το 2050 (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ 2011).

Άργότερα, οι στόχοι αυτοί αναδιαμορφώθηκαν για το 2030 μέσα από το λεγόμενο «Πακέτο κλίματος και ενέργειας 2030» (The 2030 climate and energy package) που ανακοινώθηκε τον Οκτώβριο του 2014. Σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό τίθενται οι παρακάτω βασικοί στόχοι:

---

7. Σημειώνεται ότι το 2007 η Έπιτροπή ανακοίνωσε (και μετέτρεψε σε νομοθεσία το 2009) τη στρατηγική της για το 2020 (Europe 2020 strategy for smart, sustainable and inclusive growth), η οποία έγινε γνωστή με τον όρο «Στρατηγική 20-20-20» επειδή περιελάμβανε:

- 20% μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με το 1990,
- 20% ποσοστό συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας,
- 20% βελτίωση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας.

8. Αν ληφθούν υπόψη μόνο οι προσπάθειες των αναπτυσσόμενων χωρών, το ποσοστό αυτό θα οδηγήσει σε παγκόσμια μείωση των εκπομπών κατά 50% έως το 2050.

- τουλάχιστον 40% μείωση σε σχέση με το 1990 σε όλα τα αέρια του θερμοκηπίου,
- 27% ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στο σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας, και
- 27% βελτίωση της συνολικής ενεργειακής αποτελεσματικότητας.

Τόν Φεβρουάριο του 2015 εγκρίθηκε η γενική Στρατηγική της ΕΕ για την Ένέργεια (Energy Union Strategy) η οποία προβλέπει το πλαίσιο για ενεργειακή αυτόνομη της ΕΕ ώστε να επιτευχθούν και οι στόχοι για την κλιματική αλλαγή. Η Στρατηγική αυτή βασίστηκε σε πέντε ομάδες ενεργειών:

1. απομάκρυνση από την οικονομία του άνθρακα (decarbonisation of the economy),
2. μεγαλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα ως συμβολή στην ελάττωση της ενεργειακής ζήτησης,
3. πλήρως ενοποιημένη εσωτερική ενεργειακή αγορά,
4. ενεργειακή ασφάλεια, αλληλεγγύη και εμπιστοσύνη,
5. κοινή ενεργειακή έρευνα, καινοτομία και ανταγωνιστικότητα.

Σε συνέχεια της Στρατηγικής αυτής δημοσιεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 2015 το Στρατηγικό Σχέδιο Ένεργειακών Τεχνολογιών (Strategic Energy Technologies Plan, SET-Plan). Το Σχέδιο αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη και εφαρμογή 10 ενεργειακών τεχνολογιών δράσεων που θα διευκολύνουν τη μετάβαση σε μια απεξαρτημένη από τον άνθρακα ευρωπαϊκή οικονομία και οι οποίες συνοψίζονται στα ακόλουθα (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ 2015):

1. επίτευξη τεχνολογικής πρωτοπορίας στην παραγωγή ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και ένταξή τους στο ευρωπαϊκό σύστημα παραγωγής και παροχής ενέργειας,
2. μείωση του κόστους των βασικών μορφών ΑΠΕ (άνανεώσιμων πηγών ενέργειας),
3. ανάπτυξη ενός («έξυπνου») ενεργειακού συστήματος για χρήση στις οικίες («έξυπνη κατοικία»),
4. αύξηση της ανθεκτικότητας, της ασφάλειας και της «ευφυΐας» του ενεργειακού συστήματος,
5. ανάπτυξη υλικών και τεχνολογιών για ενεργειακά αποδοτικά κτίρια και προώθησή τους στην αγορά,



6. βελτίωση τῆς ἐνεργειακῆς ἀποτελεσματικότητας καὶ τοῦ κόστους ἐνέργειας γιὰ τὶς βιομηχανίες,

7. εὐρωπαϊκὴ ἀνταγωνιστικότητᾱ στὴν παγκόσμια παραγωγὴ συσσωρευτῶν γιὰ τὴν προώθησιν τῆς ἠλεκτροκίνητης κινητικότητας,

8. ἐνίσχυση τῆς ἀποδοχῆς ἀπὸ τὴν ἀγορὰ τῶν ἀνανεώσιμων καυσίμων γιὰ βιώσιμες λύσεις στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν,

9. ἐπιτάχυνση τῶν δραστηριοτήτων ἔρευνας καὶ καινοτομίας γιὰ τὴ δέσμευση, ἀποθήκευση καὶ χρῆση τοῦ ἄνθρακα,

10. ἐνίσχυση τῆς πυρηνικῆς ἀσφάλειας.

Τέλος, τὴν 30ῆ Νοεμβρίου 2016 ἡ Ἐπιτροπὴ παρουσίασε γιὰ διαβούλευση τοὺς «νέους κανόνες γιὰ τὴ Μετάβαση στὴν καθαρὴ ἐνέργεια μὲ κέντρο τὸν χρήστη» (“New rules for consumer centered clean energy transition”). Πρόκειται γιὰ ἕνα πακέτο μέτρων γιὰ τὴν ἐπίτευξιν τῶν ἐνεργειακῶν στόχων τῆς ΕΕ γιὰ τὸ 2030 («χωρὶς μείωσιν τῆς ἀνταγωνιστικότητας»). Τὸ πακέτο αὐτό, ποὺ εἶναι καὶ γνωστὸ ὡς «πακέτο χειμῶνα» (winter package), περιλαμβάνει τὶς ἀκόλουθες τρεῖς κατηγορίες κανόνων ποὺ ἀφοροῦν τὴν:

i. ἐνεργειακὴ ἀποτελεσματικότητᾱ (energy efficiency),

ii. ἀνάπτυξιν παγκόσμιας πρωτοπορίας στὶς Ἀνανεώσιμες Πηγές Ἐνέργειας (ΑΠΕ), καὶ

iii. διαμόρφωσιν δίκαιων μέτρων γιὰ τοὺς καταναλωτές.

Τὸ κύριον χρηματοδοτικὸν μέσο γιὰ τὴν ἐπίτευξιν τῶν πολιτικῶν στὰ θέματα τοῦ περιβάλλοντος καὶ τῆς κλιματικῆς ἀλλαγῆς εἶναι τὸ πρόγραμμα LIFE. Μέσω τοῦ προγράμματος LIFE χρηματοδοτοῦνται μόνον μέτρα καὶ ἔργα μὲ «Εὐρωπαϊκὴ προστιθέμενη ἀξία» καὶ ὄχι μεμονωμένα γιὰ τὰ κράτη-μέλη.

## 2.2 Στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν

Τὰ ἐνεργειακὰ θέματα τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀποτελοῦν μεγάλη –ἴσως τὴ μεγαλύτερη– πρόκλησιν γιὰ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἐνωση δεδομένου ὅτι εἶναι ὁ μόνος τομέας στὸν ὁποῖο οἱ ἐκπομπές ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου αὐξάνονται ἀντὶ νὰ μειώνονται σὲ σχέση μὲ τὰ ἐπίπεδα τοῦ 1990. Πράγματι, ἐνῶ οἱ ἐκπομπές ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου σὲ σύγκρισιν μὲ τοὺς ἄλλους τομεῖς ἐκτὸς τῶν Μεταφορῶν μειώθηκαν στὸ σύνολο τῆς ΕΕ τῶν 28 κατὰ 15% μεταξὺ 1990 καὶ 2007, οἱ ἐκπομπές στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀ-



ξήθησαν κατά 33% στην ίδια περίοδο<sup>9</sup>. Άρχισαν να μειώνονται και πάλι μόνο πρόσφατα (μετά το 2007) λόγω της οικονομικής κρίσης, των υψηλότερων τιμών των καυσίμων και της καλύτερης ενεργειακής αποδοτικότητας των κινητήρων.

Κατά κλάδο Μεταφορών ο τομέας των όδικων Μεταφορών είναι ο πρώτος στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ28 με ποσοστό περίπου 74% στο σύνολο του τομέα. Αυτό σημαίνει ότι ο τομέας των όδικων Μεταφορών της ΕΕ είναι υπεύθυνος για το 20% περίπου των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ΕΕ (από όλες τις πηγές). Στόν τομέα των θαλασσιών Μεταφορών οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι σχετικά μικρές και φθάνουν το 4% περίπου των συνολικών τέτοιων εκπομπών στην ΕΕ (από όλες τις πηγές) δηλαδή σε απόλυτους αριθμούς περίπου 1 δισεκατομμύριο τόνους το έτος. Το ποσοστό αυτό εκτιμάται ότι θα διπλασιαστεί μέχρι το 2050 σε σχέση με το 1990, γεγονός που θέτει άμεσα και τον τομέα των θαλασσιών Μεταφορών στο πλαίσιο των περιοχών και μέτρων που θα πρέπει να ληφθούν για να καλυφθούν οι στόχοι της Συμφωνίας των Παρισίων του 2015 για το κλίμα. Ως πρώτο βήμα η ΕΕ έχει συμπεριλάβει πλέον τις θαλάσσιες μεταφορές σε όλα τα σχέδια και τις πολιτικές της για την πρόληψη (mitigation) και έχει εισαγάγει την υποχρέωση για όλα τα πλοία που προσεγγίζουν τα λιμάνια της ΕΕ από το 2018 να δηλώνουν με πιστοποιημένο τρόπο τις εκπομπές τους σε αέρια του θερμοκηπίου και σε ρύπους.

Στόν τομέα των αεροπορικών Μεταφορών από το 2012 οι εκπομπές αερίων από τα αεροπλάνα είναι επίσης αντικείμενο ρυθμίσεων, προκειμένου να μειωθούν, ενώ περιλαμβάνονται και στο σύστημα εμπορίας ρύπων της ΕΕ (EU Emissions Trading System). Αυτό έγινε για να μπορέσει η Διεθνής Ένωση των Οργανισμών Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO – International Civil Aviation Organization) να επιβάλει το ίδιο σύστημα σε παγκόσμια κλίμακα στο πλαίσιο ενός παγκόσμιου μηχανισμού εμπορίας τέτοιων ρύπων (Global market-based mechanism – MBM).

Σήμερα, μετά και τη Συμφωνία για το κλίμα του 2015, οι βασικοί στόχοι της ΕΕ για μειώσεις εκπομπών στόν τομέα των Μεταφορών παρα-

---

9. Στοιχεία από την Ευρωπαϊκή Έπιτροπή στο: <https://ec.europa.eu/clima/>

μένουν στην ίδια λογική μειώσεων με εκείνους της Λευκής Βίβλου του 2011 και περιλαμβάνουν<sup>10</sup>:

- μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε σχέση με το 2008 κατά 20% το 2030 και κατά 60% το 2050,

- μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 40% σε σχέση με το 2005 μέχρι το 2021 για τα νέα ΙΧ και κατά 19% σε σχέση με το 2012 μέχρι το 2020 για τα νέα Van,

- μείωση κατά 6% της «έντασης» (intensity) διοξειδίου του άνθρακα των καυσίμων στις Μεταφορές μέχρι το 2020, καθιέρωση όριων για την αντίσταση κύλισης, υποχρεωτικούς αυτόματους μετρητές της πίεσης στα ελαστικά και άλλα ανάλογα μέτρα.

Ήδη σήμερα και μετά τη Συμφωνία των Παρισίων του 2015 για το κλίμα ή Ευρωπαϊκή Έπιτροπή εξέδωσε τον Απρίλιο του 2016 Όδηγία που περιλάμβανε τον Όδικό Χάρτη για την απεξάρτηση του τομέα των Μεταφορών από τα καύσιμα άνθρακα (Roadmap on decarbonizing the transport sector)<sup>11</sup>. Ο όδικός αυτός χάρτης καθόριζε το πλαίσιο για τη μετάβαση των χωρών-μελών της ΕΕ από τη σημερινή κατάσταση σε εκείνη που θα εκπλήρωνε τους ειδικότερους στόχους για το 2050 για νέα καύσιμα με λιγότερο άνθρακα, μεγαλύτερη αποδοτικότητα των κινητήρων και άλλες ενέργειες.

Λίγο αργότερα, τον Ιούλιο 2016 δημοσιεύεται και η Όδηγία σχετικά με τη Στρατηγική για μια Ευρωπαϊκή Κινητικότητα χαμηλών εκπομπών άνθρακα (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ 2016). Η Όδηγία αυτή βασίζεται στους στόχους της Λευκής Βίβλου του 2011 και τους ειδικότερους ενεργειακούς στόχους της ΕΕ για το 2030 που προαναφέρθηκαν (2030 climate and energy framework) και παρουσιάζει τη στρατηγική και τα μέτρα που πρόκειται να ληφθούν μετά τη Συμφωνία για το κλίμα του 2015.

Τα κύρια στοιχεία της Στρατηγικής αυτής περιλαμβάνουν:

- i. αύξηση της αποδοτικότητας του συστήματος των Μεταφορών με αξιοποίηση όλων των δυνατοτήτων που προσφέρει η σύγχρονη τεχνολογία,

---

10. Στοιχεία από τό: [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/paris\\_protocol/transport\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/paris_protocol/transport_en) (τὴν 6.3.2017).

11. Ανεπίσημη περιγραφή στό: [http://ec.europa.eu/smart-regulation/roadmaps/docs/2016\\_move\\_046\\_decarbonization\\_of\\_transport\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/smart-regulation/roadmaps/docs/2016_move_046_decarbonization_of_transport_en.pdf)

ii. λήψη μέτρων για την ανάπτυξη και χρήση καυσίμων χαμηλών εκπομπών άνθρακα και των ΑΠΕ στις Μεταφορές (βιοκαύσιμα, ηλεκτρισμός, υδρογόνο, συνθετικά ανανεώσιμα καύσιμα, κ.λπ.),

iii. βελτίωση των μηχανών εσωτερικής καύσης ή εισαγωγή νέων με μηδενικές ή πολύ χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (zeroemission vehicles)<sup>12</sup>.

Η Στρατηγική αυτή περιλαμβάνει επίσης και δεσμεύσεις σχετικά με τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας της ΕΕ, διατήρηση της απασχόλησης, της ανάπτυξης και των επενδύσεων, κινητοποίηση των αστικών και τοπικών κυβερνήσεων για τη μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων, τα χρηματοδοτικά μέσα που θα χρησιμοποιηθούν, κ.ά.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι στο πλαίσιο της γενικότερης Στρατηγικής για την Ενέργεια (Energy Union Strategy), που εγκρίθηκε το 2015, και της διάστασης της Στρατηγικής αυτής που προωθεί την έρευνα και καινοτομία βρίσκεται υπό διαμόρφωση και προβλέπεται να ολοκληρωθεί έως το τέλος του 2017 ή Στρατηγική Ατζέντα για την Έρευνα και Καινοτομία στον τομέα των Μεταφορών, ή γνωστή ως STRIA (Strategic Transport Research and Innovation Agenda). Στο πλαίσιο της «Ατζέντας» αυτής εξετάζονται μέτρα σε επτά τομείς:

- i. ηλεκτροκίνηση,
- ii. éναλλακτικά καύσιμα,
- iii. σχεδιασμό και κατασκευή των όχημάτων,
- iv. συνδεδεμένες και αυτοματοποιημένες μεταφορές,
- v. ύποδομές Μεταφορών,

---

12. Πρέπει να αναφερθεί ή έμφαση που δίνεται πλέον στον έλεγχο και στην πιστοποίηση των πραγματικών εκπομπών των οχημάτων από μετρήσεις στην πράξη και όχι στο εργαστήριο, μετά το σκάνδαλο του γερμανικού Volkswagen Group που αφορά τους κινητήρες πετρελαίου της Volkswagen (Σεπτέμβριος 2015). Η εταιρεία αυτή είχε εξοπλίσει κρυφά τους κινητήρες ντίζελ 11 εκατομμυρίων οχημάτων με συσκευές που έδειχναν άλλοιωμένες τιμές εκπομπών καυσαερίων ώστε αυτές να εμπίπτουν στα περιβαλλοντικά πρότυπα που ίσχυαν στις αντίστοιχες χώρες. Είναι χαρακτηριστικό ότι, σύμφωνα με μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις του σκανδάλου αυτού στην υγεία, μέχρι το 2016 προκλήθηκαν 60 πρόωροι θάνατοι στις ΗΠΑ (BARRETT 2015) και 1200 περίπου στην Ευρώπη, σε χώρες γύρω από τη Γερμανία (CHOSSIÈRE 2017).

- vi. διαχείριση δικτύων και κυκλοφοριακών συστημάτων, και
- vii. εύφυες υπηρεσίες μεταφορών και κινητικότητας.

Οι έπτά αυτές περιοχές χρησιμοποιούνται και για την παρουσίαση του νέου «τοπίου» που θα προκύψει για τις Μεταφορές μετά την υλοποίηση των προβλέψεων και των μέτρων για άπεξάρτηση από τα καύσιμα άνθρακα (Κεφάλαιο 5).

### 3. Στόχοι και σχετικές ενέργειες στην Ελλάδα

#### 3.1 Γενικά

Στην Ελλάδα δέν υπάρχει ακόμη συγκεκριμένη διατυπωμένη πολιτική για την άπεξάρτηση από τα καύσιμα άνθρακα στον τομέα των Μεταφορών. Οι ακολουθούμενες ενέργειες και τα μέτρα προσαρμόζονται στην ευρωπαϊκή πολιτική Μεταφορών, άν και όχι με συστηματικό τρόπο και χωρίς κάποια ιδιαίτερη εξειδίκευση στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις γεωπολιτικές δυνατότητες τής χώρας. Επίσης, τα τελευταία χρόνια άτόνησε σημαντικά ή διαμόρφωση και πολύ περισσότερο ή εφαρμογή πολιτικών Μεταφορών προσαρμοσμένων στα ελληνικά δεδομένα κυρίως λόγω τής οικονομικής κρίσης<sup>13</sup>.

Πιο δραστήριο έμφανίζεται στον τομέα των πολιτικών σχετικά με την άπεξάρτηση του τομέα των Μεταφορών από τα καύσιμα άνθρακα τó Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ένεργειας – ΥΠΕΚΑ, στην ίστοσελίδα του όποιου αναφέρονταν μέχρι πρόσφατα τρεις άξονες ενεργειών για την περισσότερο όρθολογική και λιγότερο ενεργοβόρα λειτουργία του τομέα των Μεταφορών (χωρίς να τα εξειδικεύει όμως σε συγκεκριμένα μέτρα και πολιτικές)<sup>14</sup>:

---

13. Κίνητρο για την εκ νέου ενεργοποίηση του τομέα ίσως άποτελέσει ή εκπόνηση τής μελέτης Στρατηγικού Σχεδιασμού του συστήματος των Μεταφορών τής χώρας, ή όποια βρίσκεται (την περίοδο συγγραφής τής έργασίας αυτής) υπό προκήρυξη. Χαρακτηριστικό τής επικρατούσας, δυστυχώς, νοοτροπίας είναι τó ότι ή πολύ σημαντική και αναγκαία αυτή ενεργειακή δημιουργία ενός Έθνικού Στρατηγικού Σχεδίου Μεταφορών προκύπτει ως «ύποχρέωση» τής χώρας από τή 2η συμφωνία με τούς δανειστές της («μνημόνιο»).

14. [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr) (άνάρτηση στην κύρια σελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ένεργειας, Σεπτέμβριος 2016).

1. ὀρθολογική, ἐπιλεκτική καὶ βέλτιστη χρήση τῶν διαθέσιμων μέσων μεταφορᾶς,

2. χρήση ὀχημάτων τὰ ὅποια ἐνσωματώνουν τεχνολογίες ὑψηλῆς ἀποδοτικότητας, καὶ

3. οἰκολογική-οἰκονομική ὀδήγηση μὲ τὴν ἔννοια τῆς ἐλαχιστοποίησης τῆς καταναλισκόμενης ἐνέργειας ἀνὰ ἐπιβάτη καὶ χιλιόμετρο τῆς διανυθείσας ἀπόστασης.

Ὅσον ἀφορᾷ συγκεκριμένες ἐνέργειες, ποὺ ἔχουν γίνει μέχρι σήμερα στὴν Ἑλλάδα, ἀναφέρονται οἱ ἀκόλουθες δύο:

α. ἡ Ἐθνικὴ Στρατηγικὴ γιὰ τὴν Προσαρμογὴ στὴν Κλιματικὴ Ἀλλαγὴ (ΕΣΠΚΑ), ἡ ὁποία συντάχθηκε μετὰ ἀπὸ μνημόνιο συνεργασίας ποὺ ὑπεγράφη τὸν Δεκέμβριο τοῦ 2014 μεταξὺ τοῦ Ὑπουργείου Περιβάλλοντος καὶ Ἐνέργειας, τοῦ Ἰδρύματος Ἰατροβιολογικῶν Ἐρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν καὶ τῆς Τράπεζας τῆς Ἑλλάδος, καὶ τὸ ὁποῖο ἀφοροῦσε ἐκτὸς τῶν ἄλλων καὶ στὴ σύνθεση τοῦ κειμένου τῆς Ἐθνικῆς αὐτῆς Στρατηγικῆς. Εἶχε προηγηθεῖ ἡ σχετικὴ ἀνάλυση στοιχείων καὶ προτάσεων γιὰ τὴν κλιματικὴ ἀλλαγὴ ἀπὸ τὴν Ἐπιτροπὴ Μελέτης τῶν Ἐπιπτώσεων τῆς Κλιματικῆς Ἀλλαγῆς τῆς Τράπεζας τῆς Ἑλλάδος (ΕΜΕΚΑ). Ἡ ΕΣΠΚΑ τέθηκε σὲ δημόσια διαβούλευση ἀπὸ 24/11/2015 ἕως 08/12/2015 καὶ ἀκολούθως ἐγκρίθηκε ὡς ἡ Ἐθνικὴ Στρατηγικὴ στὰ θέματα αὐτὰ (ΥΠΕΚΑ 2016). Ἄξιο ἀναφορᾶς εἶναι τὸ γεγονός ὅτι ἡ Ἐθνικὴ αὐτὴ Στρατηγικὴ θὰ πρέπει νὰ ἐξειδικευθεῖ καὶ σὲ περιφερειακὸ ἐπίπεδο μέσῳ τῶν Περιφερειακῶν Στρατηγικῶν Σχεδίων Προσαρμογῆς στὴν Κλιματικὴ Ἀλλαγὴ (ΠεΣΠΚΑ), τὰ ὅποια ἄρχισαν ἤδη νὰ ἐκπονοῦνται,

β. τὰ Σχέδια Βιώσιμης Ἀστικῆς Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) γιὰ ἀρκετὲς ἀστικὲς περιοχὲς τῆς χώρας. Πρόκειται γιὰ τὴ σύνταξη μελετῶν Σχεδιασμοῦ τῆς ἀστικῆς κινητικότητας στὸ πλαίσιο μιᾶς ὀλοκληρωμένης προσέγγισης γιὰ προώθηση τῶν τρόπων μετακίνησης μὲ τὰ φιλικὰ πρὸς τὸ περιβάλλον μέσα καὶ προώθηση μέτρων γιὰ τὴ χρήση («καθαρῶν») συστημάτων μεταφορῶν ἢ τὴ συνδυασμένη χρήση τους.

Στὰ ἐπόμενα ἐξετάζονται τὰ δύο αὐτὰ θέματα μὲ μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

### 3.2 Η Έθνικη Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Άλλαξη

Η Έθνικη Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Άλλαξη (ΕΣΠΚΑ)<sup>15</sup> αποτελεί κείμενο στρατηγικού προσανατολισμού με στόχο τη χάραξη κατευθυντήριων γραμμών και είναι το πρώτο βήμα για μια συνεχή και εύελικτη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης των απαραίτητων μέτρων προσαρμογής (adaptation) στην κλιματική αλλαγή σε έθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Ο καθορισμός των εξειδικευμένων μέτρων προσαρμογής και ο τρόπος υλοποίησής τους αποτελούν την ουσία των Περιφερειακών Σχεδίων Προσαρμογής στην Κλιματική Άλλαξη (ΠεΣΠΚΑ) τα οποία και θα εξειδικεύσουν τις κατευθύνσεις της ΕΣΠΚΑ καθορίζοντας τις άμεσες προτεραιότητες προσαρμογής σε τοπικό επίπεδο. Η εκπόνηση των ΠεΣΠΚΑ άρχισε το 2017 από την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.

Ο πρωταρχικός σκοπός της ΕΣΠΚΑ είναι να συμβάλει στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας της χώρας όσον αφορά τις επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή, καθώς και στη δημιουργία των προϋποθέσεων ώστε οι απόφασεις να λαμβάνονται με βάση τη σωστή πληροφόρηση και με μακροπρόθεσμο στόχο να αντιμετωπιστούν οι κίνδυνοι και να αξιοποιηθούν οι ευκαιρίες που πηγάζουν από την κλιματική αλλαγή. Η ΕΣΠΚΑ προβλέπει έναν άρχικό όριζοντα πενταετίας για την ανάπτυξη ικανότητας προσαρμογής και για την ιεράρχηση και την υλοποίηση ενός πρώτου συνόλου δράσεων.

Άλλοι βασικοί στόχοι της ΕΣΠΚΑ είναι (ΥΠΕΚΑ 2016):

1. βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων μέσω της απόκτησης πληρέστερων πληροφοριών και επιστημονικών δεδομένων σχετικών με την προσαρμογή,
2. προώθηση της ανάπτυξης και εφαρμογής περιφερειακών/τοπικών σχεδίων δράσης σε συμφωνία με την παρούσα στρατηγική,
3. προώθηση δράσεων και πολιτικών προσαρμογής σε όλους τους τομείς με έμφαση στους πιο ευάλωτους,

---

15. Εκπονήθηκε για λογαριασμό του ΥΠΕΚΑ με εθύνη της Επιτροπής Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Άλλαγής της Τράπεζας της Ελλάδος (ΕΜΕΚΑ) το 2015-16.

4. δημιουργία μηχανισμού παρακολούθησης και αξιολόγησης των δράσεων και πολιτικών προσαρμογής, και

5. ενημέρωση και ευαισθητοποίηση της κοινωνίας.

Κύρια περιεχόμενα-προτάσεις της Στρατηγικής είναι:

– δημιουργία παρατηρητηρίου παρακολούθησης και μηχανισμού ελέγχου και υποστήριξης για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή<sup>16</sup>,

– επέκταση της γνωστικής και πληροφοριακής βάσης δεδομένων της ΕΜΕΚΑ σε θέματα κλιματικών επιπτώσεων,

– σύνδεση της ΕΣΠΚΑ με το υπάρχον πλαίσιο διαχείρισης φυσικών καταστροφών,

– αξιολόγηση και ιεράρχηση των προτεινόμενων από τους φορείς μέτρων,

– διερεύνηση των δυνατοτήτων χρηματοδότησης των μέτρων από έθνικες και διεθνείς πηγές,

– κατάρτιση εξειδικευμένων «σεναρίων» σχετικά με την ανάπτυξη της ελληνικής οικονομίας και με τους πλέον τρωτούς κλάδους της,

– ενσωμάτωση των παραπάνω σε εξειδικευμένα περιφερειακά σχέδια δράσης και όδικους χάρτες σε συγκεκριμένους τομείς ενδιαφέροντος,

– διερεύνηση συγκεκριμένων μέτρων για την ενδυνάμωση της προσαρμοστικής ικανότητας φορέων και πολιτών,

– κατάρτιση σχεδίου για την αναθεώρηση και την προσαρμογή της ΕΣΠΚΑ στο μέλλον.

### 3.3 Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας

Ένα σχέδιο χαρακτηρίζεται ως Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) εφόσον έχει τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

– υιοθέτηση βασικής μεθοδολογίας ή όποια να περιλαμβάνει: 1) την ανάλυση της «υπάρχουσας κατάστασης» και του «σεναρίου βάσης», 2) τον καθορισμό του οράματος και των συγκεκριμένων στόχων, 3) την επιλογή των πολιτικών και των μέτρων, 4) την ανάθεση των αρμοδιοτήτων και των

---

16. Όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά, επιβάλλεται η ενσωμάτωση του κριτηρίου «κλιματικά ασφαλής επένδυση» σε όλα τα επίπεδα λήψης αποφάσεων για την αδειοδότηση και τη χρηματοδότηση επενδυτικών σχεδίων σε όλους τους τομείς.

πύρων, και 5) τις ρυθμίσεις για την παρακολούθηση, ύλοποίηση και αξιολόγηση τής εφαρμογής του Σχεδίου,

- συμμετοχική προσέγγιση – δηλαδή να έχει προβλέψει και να έχει εισαγάγει τη συμμετοχή τών πολιτῶν και τῶν ἐνδιαφερόμενων μερῶν σὲ ὅλες τις διαδικασίες λήψης τῶν σχετικῶν ἀποφάσεων καθὼς και ἐφαρμογῆς μέτρων και ἀξιολογήσεων για τὴν ἀντιμετώπιση τῶν πολὺπλοκων ζητημάτων Σχεδιασμοῦ, λαμβάνοντας ὑπόψη ἀκόμη και θέματα ὅπως ἡ διασφάλιση τῆς ἰσότητος τῶν φύλων,

- δέσμευση για ἀειφόρα συστήματα Μεταφορῶν ποὺ λαμβάνουν ὑπόψη –ἐξισοροπημένα– τὴν κοινωνικὴ δικαιοσύνη, τὴν ποιότητα τοῦ περιβάλλοντος και τὴν οἰκονομικὴ ἀνάπτυξη,

- ὀλοκληρωμένη προσέγγιση τῶν πρακτικῶν και τῶν πολιτικῶν μεταξὺ τῶν διαφόρων τομέων πολιτικῆς και ἐπιπέδων ἐξουσίας,

- ἐστίαση στὴν ἐπίτευξη μετρήσιμων στόχων σὲ βραχυπρόθεσμο ἐπίπεδο, εὐθυγραμμισμένων μὲ ἓνα μακροπρόθεσμο ὄραμα για τὶς μεταφορὲς τῆς περιοχῆς και τὴ βιώσιμη κινητικότητα, και ἐνσωματωμένων σὲ μιὰ συνολικὴ στρατηγικὴ για τὴν ἀειφόρο ἀνάπτυξη,

- ἀνασκόπηση τοῦ κόστους μεταφορᾶς και τῶν ὀφελῶν ἀφοῦ ληφθοῦν ὑπόψη εὐρύτερες κοινωνικὲς δαπάνες και ὀφέλη σὲ ὅλους τοὺς τομεῖς τῆς πολιτικῆς.

Τὰ Σχέδια Βιώσιμης Ἀστικῆς Κινητικότητας ἔχουν ἀρχίσει νὰ ἐκπονοῦνται στὴν Ἑλλάδα ἤδη ἀπὸ τὸ 2012. Τὸ πρῶτο ἐλληνικὸ ΣΒΑΚ ἦταν αὐτὸ τῆς Μητροπολιτικῆς Περιοχῆς τῆς Θεσσαλονίκης, ποὺ ἐκπονήθηκε ἀπὸ τὸ Συμβούλιο Ἀστικῶν Συγκοινωνιῶν Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ 2012). Τὸ ΣΒΑΚ αὐτὸ πρότεινε μέτρα και ἐνέργειες για τὴ βιώσιμη κινητικότητα στὴ Θεσσαλονικὴ ποὺ ἐντάσσονται στὶς παρακάτω 12 κατηγορίες:

1. ἐνιαῖο και εὐφυῆς σύστημα κομίστρου στὶς δημόσιες συγκοινωνίες (ἠλεκτρονικὸ εἰσιτήριο),

2. ἀπόδοση προτεραιότητας στὰ λεωφορεῖα (μέσω εἰδικῶν ἀποκλειστικῶν λωρίδων, προτεραιότητα στὴ φωτεινὴ σηματοδότηση, ἐγκατάσταση και λειτουργία συστημάτων Bus Rapid Transit, κ.ἄ.),

3. ἐκστρατεία εὐαισθητοποίησης τοῦ κοινοῦ μὲ στόχο τὴν ἐνημέρωση τῶν ἐπιβατῶν σχετικά μὲ τὰ ὀφέλη ἀπὸ τὴ χρῆση τῶν μέσων μαζικῆς μεταφορᾶς,

4. νέο σύστημα τράμ στὴ Θεσσαλονικὴ ὡς συμπληρωματικῶν μέσου πρὸς τὸ (ὑπὸ κατασκευὴ) μετρό,



5. ενίσχυση τῶν συνδυασμένων μεταφορῶν μεταξύ τῶν διαφόρων τρόπων δημόσιων μεταφορῶν. Διασύνδεση μετρό-τράμ-λεωφορείων με δημιουργία σύγχρονων χώρων μετεπιβίβασης καὶ πληροφόρηση τῶν χρηστῶν,

6. ἀνάπτυξη ἐνὸς θαλάσσιου συστήματος Μεταφορῶν στὸν Θερμαϊκὸ Κόλπο,

7. συστήματα εὐέλικτης συγκοινωνίας καὶ ἀξιοποίηση τοῦ ρόλου τῶν ταξί,

8. ἐνιαία πολιτικὴ στάθμευσης,

9. πεζοδρομήσεις καὶ ἀναπλάσεις στὸν δημόσιο χῶρο,

10. δίκτυο ποδηλατοδρόμων,

11. σύστημα κοινόχρηστων δημόσιων ποδηλάτων,

12. εἰσαγωγή συστήματος γιὰ τὴν καταβολὴ «τέλους γιὰ τὴν κυκλοφοριακὴ συμφόρηση» καὶ ἔλεγχος τῆς ὀδικῆς πρόσβασης στὸ κέντρο.

### 3.4 Προτεινόμενοι στόχοι ἐκπομπῶν CO<sub>2</sub> στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν

Δὲν ὑπάρχουν ἀκόμη συγκεκριμένοι μακροπρόθεσμοι στόχοι σχετικὰ μὲ τοὺς ἀναγκαίους περιορισμοὺς τῶν ἐκπομπῶν ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου στὴν Ἑλλάδα στὸ πλαίσιο καὶ τῶν προβλεπόμενων ἀπὸ τὴ Σύμβαση τοῦ ΟΗΕ γιὰ τὸ κλίμα τοῦ 2015 «Ἐθνικὰ καθοριζόμενων συμβολῶν» (*Nationally Determined Contributions – NDC*).

Ὁ βραχυπρόθεσμος στόχος γιὰ τὴ χώρα μας εἶναι νὰ ἐπιτύχουμε τὴ συμμετοχὴ τῶν ΑΠΕ κατὰ 20% στὸ σύνολο τῆς ἀκαθάριστης τελικῆς κατανάλωσης ἐνέργειας καὶ τὴ διείσδυση τῶν ΑΠΕ κατὰ 5% στὶς μεταφορές. Σύμφωνα μὲ τὰ μέχρι τώρα στοιχεῖα<sup>17</sup> ἡ χώρα μας βρίσκεται κοντὰ στὴν ἐπίτευξη τοῦ πρώτου στόχου (γιὰ διείσδυση τῶν Ἀνανεώσιμων Πηγῶν Ἐνέργειας στὴν ἀκαθάριστη τελικὴ κατανάλωση ἐνέργειας), ἀλλὰ ὄχι τόσο κοντὰ στὴν ἐπίτευξη τοῦ δεύτερου. Συγκεκριμένα, τὸ ποσοστὸ συμμετοχῆς τῶν ΑΠΕ στὸ σύνολο τῆς ἀκαθάριστης τελικῆς κατανάλωσης ἐνέργειας

---

17. Ὁμιλία τοῦ Γενικοῦ Γραμματέα Ἐνέργειας καὶ Ὁρυκτῶν Πρώτων Ὑλῶν τοῦ ΥΠΕΚΑ κ. Μ. Βερροϊόπουλου στὰ Πρακτικὰ τῆς Ἡμερίδας «Ἐνέργεια καὶ Μεταφορές», ποὺ ἔλαβε χώρα στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν τὸν Ὀκτώβριο τοῦ 2016.

στην Ελλάδα κυμαινόταν το 2015 περίπου στο 15,5%, ενώ το ποσοστό των ΑΠΕ στο μίγμα καυσίμου κίνησης στις Μεταφορές κυμαινόταν στο 1,7% περίπου, άρκετά χαμηλότερα από τον στόχο του 5%.

Αν η Ελλάδα θελήσει να προσαρμοστεί στις δεσμεύσεις της διάσκεψης του ΟΗΕ για το κλίμα που έγινε τον Δεκέμβριο του 2015 στο Παρίσι, θα πρέπει να καθιερώσει μια πολιτική που θα θέτει συγκεκριμένους στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι περικοπές των εκπομπών αυτών σύμφωνα και με τα προβλεπόμενα στις αντίστοιχες πολιτικές άλλων ευρωπαϊκών κρατών (LEONHARD 2015) μπορεί να φτάσουν για το CO<sub>2</sub> συνολικά και στο σύνολο του ενεργειακού φάσματος μέχρι και το 95% το έτος 2050 σε σχέση με το 1990. Για τον τομέα των Μεταφορών αυτό θα σημαίνει μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για το έτος 2050, κατά 65% περίπου σε σχέση με το 1990 ή 75% σε σχέση με το 2010.

Οι μακροπρόθεσμοι στόχοι για το 2050 και μετά στο θέμα της ενεργειακής κατανομής του τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα θα πρέπει να βρίσκονται (κατά τη γνώμη του γράφοντος) στα παρακάτω επίπεδα:

i. περιορισμός των συμβατικών καυσίμων στον τομέα των Μεταφορών (με παράλληλη καθολική χρήση «καθαρών») κινητήρων μειωμένων εκπομπών CO<sub>2</sub>) περίπου στο 30% της συνολικής κατανάλωσης,

ii. χρήση των λεγόμενων ηλεκτροκαυσίμων (υδρογόνου, βιοντίζελ, κ.λπ.) περίπου στο 30% της συνολικής κατανάλωσης,

iii. χρήση ηλεκτρισμού (από το δίκτυο για φόρτιση μπαταριών των οχημάτων ή από κυψέλες καυσίμου) περίπου στο 30% της συνολικής κατανάλωσης,

iv. χρήση βιοκαυσίμων περίπου στο 10% της συνολικής κατανάλωσης.

Στον Πίνακα 1 φαίνεται η συνολική (και συγκριτική) εικόνα της κατανάλωσης συμβατικών και έναλλακτικών καυσίμων στην Ελλάδα την περίοδο 2010-2015. Όπως φαίνεται στον Πίνακα αυτόν, τα έναλλακτικά καύσιμα στην ελληνική αγορά καταλαμβάνουν ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης, της τάξης του 4-6%. Το υπόλοιπο είναι συμβατικά υγρά καύσιμα υδρογονανθράκων. Να σημειωθεί ότι στις τιμές του Πίνακα 1 οι μειωμένες τιμές έναλλακτικών καυσίμων των ετών 2010 και 2012 πιθανώς να οφείλονται σε ανακριβή δηλωθέντα δεδομένα προς την Eurostat.

	Σύνολο κατανάλωσης (ktoe)					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Συμβατικά καύσιμα	8.056	7.114	6.153	5.970	6.061	5.590
«Έναλλακτικά»	188	320	178	349	383	305
«Έναλλακτικά» καύσιμα, στο σύνολο	2,3%	4,3%	2,8%	5,5%	5,9%	5,45%
Ποσοστό βιοκαυσίμων στις Μεταφορές	–	1,3%	1,4%	1,45%	1,5%	1,7%

Πηγή: (EUROSTAT 2016)

Πίνακας 1: Κατανάλωση συμβατικών και έναλλακτικών<sup>18</sup> καυσίμων στον τομέα τών Μεταφορών στην Ελλάδα (2010-2014).

#### 4. Μέτρα για την απεξάρτηση από τα καύσιμα άνθρακα στον τομέα τών Μεταφορών στην Ελλάδα

##### 4.1 Η ανάγκη σύνταξης Έθνικης Στρατηγικής

Ο καθορισμός συγκεκριμένων στόχων σχετικά με τις μειώσεις εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα CO<sub>2</sub> τόσο στον τομέα τών Μεταφορών όσο και γενικότερα στην κατανάλωση ενέργειας στη χώρα καθιστά απαραίτητη τη σύνταξη και την εφαρμογή σε μακροχρόνια βάση μιας συγκεκριμένης στρατηγικής για την ενεργειακή κάλυψη του τομέα τών Μεταφορών στην Ελλάδα. Η Στρατηγική αυτή θα πρέπει να στοχεύει τόσο στη βέλτιστη περιβαλλοντική προστασία τών περιοχών που επηρεάζονται από την κυκλοφορία οχημάτων και από τη λειτουργία του συστήματος τών Μεταφορών γενικότερα, όσο και στην επίτευξη τών στόχων της κλιματικής αλλαγής, όπως αυτοί συζητήθηκαν στα προαναφερθέντα μετά τη διάσκεψη τών Παρισίων.

Η μείωση τών εκπομπών CO<sub>2</sub> από τον τομέα τών Μεταφορών μπορεί να επιτευχθεί με έναν συνδυασμό τεχνικών λύσεων που αφορούν τόσο τον κινητήρα όσο και το καύσιμο που χρησιμοποιείται, αλλά και τους τρόπους με τους οποίους αυτά αξιοποιούνται και λειτουργούν στο πλαίσιο της κυ-

18. Με τον όρο «έναλλακτικά» νοούνται τα καύσιμα που προέρχονται από άλλες πηγές εκτός τών ορυκτών καυσίμων υδρογονανθράκων.

κλοφορίας τῶν ὀχημάτων. Ὅλα αὐτὰ πρέπει νὰ ἀξιολογηθοῦν ἀντικειμενικά, νὰ τεθοῦν μακροπρόθεσμοι στόχοι καὶ νὰ διαμορφωθοῦν οἱ ἐναλλακτικὲς ἐνέργειες καὶ οἱ πολιτικὲς ποὺ θὰ τοὺς ὑλοποιήσουν.

Τὸ πρῶτο συνεπῶς μέτρο ποὺ πρέπει νὰ ληφθεῖ –καὶ μάλιστα σὲ σύντομο χρόνο– εἶναι ἡ σύνταξη καὶ διακομματικὴ (εἰ δυνατόν) ἀποδοχὴ μιᾶς Ἐθνικῆς Ἐνεργειακῆς Στρατηγικῆς στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν. Ἡ πολιτικὴ αὐτὴ θὰ πρέπει νὰ εἶναι πλήρως ἐναρμονισμένη μὲ τὴ γενικότερη πολιτικὴ τῶν Μεταφορῶν τῆς χώρας (ὅταν καὶ ἐφόσον αὐτὴ συνταχθεῖ καὶ ἐπικυρωθεῖ νομοθετικὰ ἀπὸ τὴ Βουλὴ ὡς «Λευκὴ Βίβλος») καὶ νὰ καθορίζει μὲ συγκεκριμένο καὶ λεπτομερῆ τρόπο τοὺς στόχους γιὰ τὴν ἀπεξάρτηση τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα, ἀλλὰ καὶ τὰ μέτρα ποὺ θὰ πρέπει νὰ ληφθοῦν γιὰ τὴν ἐπίτευξή τους<sup>19</sup>. Ἐνδεικτικὰ, τὰ βασικὰ κεφάλαια καὶ μέτρα στὸ πλαίσιο μιᾶς τέτοιας Ἐθνικῆς Στρατηγικῆς θὰ μπορούσαν νὰ εἶναι:

i. προώθηση τῆς παραγωγῆς καὶ χρήσης ἀνανεώσιμων καὶ ἐναλλακτικῶν καυσίμων. Οἱ δυνατότητες στὸν τομέα αὐτὸν παρουσιάζονται στὸ ἐπόμενο κεφάλαιο. Τονίζεται ὅμως ὅτι ἡ παραγωγή ὑδρογόνου μπορεῖ νὰ ἀποτελέσει γιὰ τὴν Ἑλλάδα προῖόν καινοτομικῆς πρωτοπορίας καὶ ἀνάπτυξης,

---

19. Στὴ Γερμανία π.χ., ὅπου διαμορφώνεται ἤδη μιὰ τέτοια ἐνεργειακὴ Στρατηγικὴ γιὰ τὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν, τὰ κύρια στοιχεῖα εἶναι (LEONHARD 2015):

– μείωση κατὰ 60% τῆς κατανάλωσης ἐνέργειας ἀπὸ τὸν στόλο τῶν ὀδικῶν ὀχημάτων μέχρι τὸ 2060 σὲ σχέση μὲ τὸ 2010 (ἡ μείωση αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ σὲ μείωση 50% στὴν πρωτογενῆ ἐνέργεια ποὺ ἀπαιτεῖται),

– μετάβαση ἀπὸ ἓνα μίγμα καυσίμων ποὺ τὸ 2010 ἀποτελοῦνταν ἀπὸ μιὰ ἀναλογία περίπου 95% ὀρυκτῶν καυσίμων καὶ 5% βιοκαυσίμων σὲ ἓνα μίγμα περίπου 30% ὀρυκτῶν καυσίμων, 30% «ἠλεκτροκαυσίμων» (κυρίως ὑδρογόνου), 30% ἠλεκτρισμοῦ ἀπὸ μπαταρίες, καὶ τὸ ὑπόλοιπο ἀπὸ βιοκαύσιμα,

– ἀνάπτυξη μηχανῶν μὲ μεγαλύτερη ἐνεργειακὴ ἀπόδοση καὶ συστημάτων μετάδοσης τῆς κίνησης (powertrains) ὥστε νὰ μειωθεῖ στὸ ἀπολύτως ἐλάχιστο ἡ ἐκπομπὴ ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου καὶ ἄλλων περιβαλλοντικῶν ἐπιβλαβῶν ἀερίων ἀπὸ τὶς μηχανὲς ἐσωτερικῆς καύσης,

– συνέχιση τῆς χρησιμοποίησης μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσης πλήρως βελτιστοποιημένων ὡς πρὸς τὶς ἐκπομπὲς ἀκόμη καὶ μετὰ τὸ 2050.

ii. προώθηση χρήσης ενεργειακά φιλικών μέσων μεταφορᾶς και καθαρῶν ὀχημάτων. Ἡ πρωμοδότηση τέτοιων ὀχημάτων ἔχει ἀποτελέσει στὸ παρελθὸν σημαντικὴ πτυχὴ τῆς ἐλληνικῆς πολιτικῆς Μεταφορῶν, ἡ ὁποία θὰ πρέπει νὰ συνεχιστεῖ και νὰ ἐπεκταθεῖ στὸ μέλλον και γιὰ τὴν ἀπόκτηση ἠλεκτρικῶν ὀχημάτων ἢ ὑβριδικῶν μὲ κυψέλες καυσίμου ἢ χρῆση ὕδρογόνου, κ.λπ. (Παραδείγματα μέτρων γιὰ μιὰ τέτοια πρωμοδότηση ἀναφέρονται στὸ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2016 ὑποκεφάλαιο 4.2.1),

iii. συστηματικὴ προώθηση ενεργειακά φιλικῶν τρόπων μεταφορᾶς και ὁδήγησης. Πολλὰ ἀπὸ τὰ προβλεπόμενα στὸν τομέα αὐτὸν περιγράφονται στὰ ἐπόμενα κεφάλαια, ἰδίως στὸ κεφάλαιο 5 (ὑποκεφάλαια 5.4, 5.6 και 5.7). Ἡ κυρίαρχη ἔννοια ποὺ χρησιμοποιοεῖται διεθνῶς εἶναι ἡ ἔννοια τῆς «Κινητικότητα ὡς ὑπηρεσίας» (*Mobility as a Service – MaaS*). Ἡ ἔννοια αὐτὴ ἐμπεριέχει προσφορὰ ὑπηρεσιῶν γιὰ τὴν ἱκανοποιητικὴ ἀπὸ κάθε πλευρὰ ὀλοκλήρωση τῆς μετακίνησης προσώπου ἀπὸ «πόρτα σὲ πόρτα» μὲ ενεργειακά και περιβαλλοντικὰ «φιλικὸ» τρόπο.

## 5. Οἱ ἐπτὰ συνιστῶσες τοῦ μελλοντικοῦ, «ἀπεξαρτημένου» ἀπὸ τὸν ἄνθρακα, συστήματος τῶν Μεταφορῶν και κυκλοφορίας

### 5.1 Ἡλεκτροκίνηση

Τὸ νομικὸ πλαίσιο γιὰ τὴν κυκλοφορία και χρῆση ἠλεκτρικῶν ὀχημάτων (Η/Ο) στὴν Ἑλλάδα ἔχει ἤδη ἀρχίσει νὰ διαμορφώνεται<sup>20</sup> ἐναρμονισμένο μὲ τὶς σχετικὲς προβλέψεις τῆς εὐρωπαϊκῆς νομοθεσίας.

Ἡ ἠλεκτροκίνηση στὶς ὀδικὲς μεταφορὲς εἶναι μιὰ ἐκπεφρασμένη πολιτικὴ τῆς ΕΕ τὴν ὁποία ἔχουν υἱοθετήσῃ ἤδη οἱ περισσότερες αὐτοκινητο-

---

20. Αὐτὸ ὀφείλεται σὲ μεγάλο βαθμὸ στοὺς νόμους: 1) Ν. 4277/2014 (ΦΕΚ Α156-1.8.2014), ὁ ὁποῖος εἰσήγαγε τὴν ἔννοια τοῦ φυσικοῦ ἢ νομικοῦ προσώπου ποὺ προμηθεύεται τὴν ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μὲ σκοπὸ τὴν παροχὴ τῆς ὡς ὑπηρεσίας φόρτισης ἠλεκτροκίνητων ὀχημάτων, 2) Ν. 4211/2013 (ΦΕΚ Α256-28.11.2013), μὲ τὸν ὁποῖο καταργήθηκε ὁ φόρος πολυτελείας γιὰ τὰ ἀμιγῶς ἠλεκτρικὰ αὐτοκίνητα, και 3) Ν. 4233/2014 (ΦΕΚ Α22-29.1.2014), ποὺ ἐπιτρέπει τὴν ἔκδοση ἄδειας λειτουργίας γιὰ τὴν ἐγκατάσταση φορτιστῶν ἠλεκτρικῶν ὀχημάτων στὰ ὑφιστάμενα ἢ ὑπὸ ἀδειοδότηση πρατήρια παροχῆς καυσίμων και ἐνέργειας.

βιομηχανίες σε παγκόσμιο επίπεδο, παράγοντας όλοένα και περισσότερα αλλά και ποιοτικώς καλύτερα ηλεκτρικά οχήματα με μειούμενο κόστος αγοράς. Από την άλλη πλευρά, όμως, η εγκατάσταση του εξοπλισμού για τη φόρτιση σε δημόσιους χώρους προχωρεί με άργα βήματα<sup>21</sup>.

Η θέση της ηλεκτροκίνησης στις Μεταφορές του μέλλοντος πρέπει να θεωρείται δεδομένη, και ιδίως για τις άστικές Μεταφορές ο στόχος της ισχύουσας Λευκής Βίβλου είναι να φθάσει το 50% στο σύνολο των κυκλοφορούντων μικρών οχημάτων ή ελαφρών φορτηγών (τοπικής διανομής εμπορευμάτων) μέχρι το 2030 και σχεδόν το 100% μέχρι το 2050.

Η ηλεκτροκίνηση περιλαμβάνει τόσο τα ηλεκτρικά οχήματα με χρήση συσσωρευτών (Battery electric vehicles – BEV) όσο και τα ηλεκτρικά οχήματα με χρήση «κυψελών καυσίμου» (Fuel cell electric vehicles – FCEV). Περιλαμβάνει επίσης και όλων των κατηγοριών ελαφρά οχήματα, από ηλεκτρικά ποδήλατα και μοτοσυκλέτες μέχρι ΙΧ, λεωφορεία, ελαφρά φορτηγά, van και άλλα οχήματα δημοσίων συγκοινωνιών.

Τα κύρια θέματα που πρέπει να λυθούν κατά προτεραιότητα για τη μελλοντική ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης και την υλοποίηση των στόχων για την ηλεκτροκίνηση της ΕΕ είναι κατά σειρά:

- ολοκλήρωση του νομικού και κανονιστικού πλαισίου για την εγκατάσταση δικτύων διανομής, έγκριση τύπων οχημάτων, παροχή κινήτρων, διευκόλυνση της συνεργασίας μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων μερών (παρόχων ρεύματος, δικτύων διανομής, παρόχων υπηρεσιών κοινής χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων), κ.λπ.,

- ή περαιτέρω βελτίωση της τεχνολογίας των ηλεκτρικών συσσωρευτών και ή μείωση του κόστους τους,

- κατασκευή δικτύων με σταθμούς ταχυφορτιστών των ηλεκτρικών οχημάτων που θα μπορούν να φορτίζουν σε πολύ λίγο χρόνο τους συσσω-

---

21. Σε πρόσφατη έρευνα που παρουσιάστηκε σε εκδήλωση της Ακαδημίας Αθηνών προτάθηκε, προκειμένου να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το αυξημένο κόστος για την αγορά του εξοπλισμού φόρτισης Η/Ο σε δημόσια σημεία, να δοθεί προτεραιότητα στην ανάπτυξη ενός δικτύου φορτιστών Η/Ο σε κλειστούς –δημόσιους ή ιδιωτικούς– φυλασσόμενους χώρους, δεδομένου ότι το κόστος αγοράς του συγκεκριμένου τύπου εξοπλισμού είναι πολύ πιο χαμηλό από το αντίστοιχο για τα σημεία πρόσβασης έξωτερικού χώρου (ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2016).

ρευτές τών ηλεκτρικών οχημάτων ώστε αυτά να καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις<sup>22</sup>,

- εξελιγμένα συστήματα παραγωγής και χρήσης «κυψελών καυσίμου» (fuel cells) για παραγωγή ρεύματος στο όχημα,

- χρήση «ευφυών» δικτύων φόρτισης (smart charging) και εξελιγμένων πρωτοκόλλων διανομής του ρεύματος κυρίως για υπερταχεία φόρτιση (super-fast charging),

- βασικό στοιχείο στα μελλοντικά δίκτυα είναι και η ύπαρξη διαλειτουρησιμότητας, δηλαδή η δυνατότητα να επιλέγει ο καταναλωτής τον πάροχο ηλεκτρικού ρεύματος για τη φόρτιση της μπαταρίας του, ακόμη και η ύπαρξη τελών περιαγωγής για την αγορά ηλεκτρικού ρεύματος εκτός της περιοχής καθημερινής λειτουργίας ενός οχήματος,

- χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στόχο την παραγωγή του χρησιμοποιούμενου ηλεκτρικού ρεύματος για τη φόρτιση τών συσσωρευτών.

Ειδικά για τὰ οχήματα κυψελών καυσίμου (Fuel cells vehicles) ή εξέλιξη προβλέπεται σημαντική και προδιατίθεται ή μελλοντική κατάκτηση σημαντικού ποσοστού ηλεκτροκίνησης από τὰ οχήματα αυτά. Σύμφωνα με τὰ στοιχεία σχετικής μελέτης για τὴν πορεία τῆς χρήσης κυψελών καυσίμου τὸ 2016 (E4TECH 2016), υπάρχουν ἤδη ἀρκετὰ αὐτοκίνητα κυψελών καυσίμου στὴν ἀγορά<sup>23</sup>.

Πέρα ἀπὸ τὰ ηλεκτρικὰ οχήματα ξηρᾶς, τὰ ηλεκτροκίνητα οχήματα με κυψέλες καυσίμου προωθοῦνται καὶ για τὶς ἀεροπορικὲς καὶ θαλάσσιες μεταφορές. Ἡ EasyJet προγραμματίζει χρήση ειδικῶν ηλεκτρικῶν μοτέρ

22. Ἡ ἐταιρεία Tesla ἀνακοίνωσε πρόσφατα ὅτι θὰ θέσει ὡς πρώτη προτεραιότητα τὴ δημιουργία στὴν Ἀμερικὴ ἐνὸς τέτοιου δικτύου ταχυφορτιστῶν, δεδομένου ὅτι θεωρεῖται κρίσιμο για τὴν επέκταση τῆς ηλεκτροκίνησης.

23. Αναφέρονται χαρακτηριστικὰ τὰ: Mirai (Toyota), Tucson UC X - iX35s τῆς Hyundai, τὸ GLC SUV τῆς Daimler, ποὺ εἶναι ταυτόχρονα fuel καὶ plug-in hybrid, τὸ Clarity h-tron τῆς Honda, τὸ Quattro τῆς Audi, ἐνῶ οἱ Ford καὶ BMW ἔχουν ἐπίσης ἐξαγγεῖλει τέτοια οχήματα, με πιὸ γνωστὸ τὸ ὄχημα κυψελών ὑδρογόνου τῆς BMW. Ἡ τεχνολογία ἐπεκτείνεται καὶ στὰ ἐλαφρὰ φορτηγὰ καὶ van, με κυριότερο τὸ παράδειγμα τῆς Hyundai, ἡ ὁποία παρουσίασε πρόσφατα τὸ H350 Fuel Cell Concept van στὴν ἐκθεση τοῦ Ἀννόβερου. Ἀντίστοιχα ἡ κινεζικὴ Hunan CRRC Times Electric Vehicle Co., Ltd ἀναπτύσσει ἐλαφρὰ φορτηγὰ με κυψέλες καυσίμου.

μέ κυψέλες καυσίμου για την κίνηση των αεροπλάνων της στο έδαφος (taxiing). Με τον τρόπο αυτόν υπολογίζει να γλιτώσει περίπου 50.000 τόνους συμβατικών καυσίμων τον χρόνο, δεδομένου ότι τα αεροπλάνα τους κινούνται στο έδαφος πριν και μετά την πτήση κατά μέσο όρο 20 λεπτά, καταναλώνοντας το 4% περίπου των συνολικών καυσίμων<sup>24</sup>. Η κατασκευη ενός πλήρως (ηλεκτρικού) αεροπλάνου έχει επίσης διερευνηθεί. Ένδεικτικά αναφέρεται ο γερμανικός έρευνητικός οργανισμός DLR, ο οποίος κατασκεύασε το αεροπλάνο DLR Hy4, που κινείται εξ ολοκλήρου με κυψέλες υδρογόνου, ενώ ο Ευρωπαϊκός Όργανισμός για την Ασφάλεια της Αεροπλοΐας (European Aviation Safety Agency – EASA) προωθεί ως κεντρική επιλογή του τη χρήση ηλεκτρικής ή υβριδικής πρόωσης στα αεροπλάνα του μέλλοντος.

Στις θαλάσσιες Μεταφορές ή σουηδική Powercell κατασκευάζει ηλεκτρικά μοτέρ βασισμένα σε κυψέλες καυσίμου για βοηθητικές εργασίες στα πλοία, ενώ η εταιρεία Royal Caribbean, σε συνεργασία με τα φινλανδικά ναυπηγεία Meyer Turku, ξεκινάει από το 2018 ναυπήγηση πλοίων κρουαζιέρας με LNG στα οποία θα σημειώνεται μεγάλο ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμου.

Η ηλεκτροκίνηση στο σύστημα των Μεταφορών της Γερμανίας προβλέπεται να φθάσει το 30% περίπου στο σύνολο του συστήματος για το έτος 2050 (LEONHARD 2015). Το ποσοστό αυτό θα επιτευχθεί μετά το 2030. Μέχρι τότε τα ποσοστά ηλεκτροκίνησης είτε από συσσωρευτές είτε από κυψέλες καυσίμου αναμένεται να μην ξεπεράσουν το 5-10% στο σύνολο των Μεταφορών, ενώ για τις αστικές ειδικά περιοχές τα ποσοστά αυτά θα είναι μεγαλύτερα, δηλαδή της τάξης του 30-50% το 2030.

## 5.2 Έναλλακτικά καύσιμα

Τα λεγόμενα («έναλλακτικά») καύσιμα περιλαμβάνουν τον ηλεκτρισμό σε όλες τις μορφές που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, αλλά και πολλές άλλες μορφές καυσίμων, μερικά από τα οποία μπορεί να προέρχονται και από τους άδρυκτους υδρογονάνθρακες αλλά χωρίς μεγάλες εκ-

---

24. <https://www.flightglobal.com/news/articles/easyjet-plans-battery-powered-taxiing-421500/>



πομπές αερίων του θερμοκηπίου. Υπάρχουν επίσης εδώ και τα λεγόμενα «ηλεκτροκαύσιμα» (electrofuels), δηλαδή τα απαλλαγμένα από άνθρακα καύσιμα τα οποία παράγονται από τη διοχέτευση ηλεκτρικής ενέργειας (από ανανεώσιμες πηγές) σε υγρά ή αέρια καύσιμα για τη διάσπαση των χημικών δεσμών τους και την παραγωγή έτσι απαλλαγμένων από άνθρακα καυσίμων υλών. Κύρια «ηλεκτροκαύσιμα» είναι το υδρογόνο, ή βουτανόλη (butanol) και το βιοντίζελ.

Σχετικά με την ανάπτυξη των αναγκαίων υποδομών για την παραγωγή και διάθεση των «έναλλακτικών» καυσίμων ισχύει η Οδηγία της ΕΕ για την ανάπτυξη υποδομών έναλλακτικών καυσίμων<sup>25</sup>.

Από τα έναλλακτικά καύσιμα στην Ελλάδα σήμερα μόνο το LPG<sup>26</sup> έχει αποκτήσει πλέον τη λεγόμενη «κρίσιμη μάζα» που του επιτρέπει την ουσιαστική λειτουργία του ως «έναλλακτικού καυσίμου». Όλα τα άλλα έναλλακτικά καύσιμα πολύ απέχουν από το να θεωρηθούν ως ουσιαστικώς έναλλακτικά εκείνων των υγρών καυσίμων υδρογονανθράκων. Συνολικά, το 2014 η συμμετοχή των έναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα βρισκόταν στο 1,37% σε σχέση με τον μέσο όρο της ΕΕ28, που βρισκόταν στο 5,94%.

Η σημερινή κατάσταση στην Ελλάδα σχετικά με την παραγωγή και χρήση έναλλακτικών καυσίμων έχει ως εξής<sup>27</sup>:

25. Άριθμός COM 2013/18 - 24.1.2013 «Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure».

26. Το υδροποιημένο αέριο πετρελαίου ή LPG (ή Autogas) αποτελείται κυρίως από προπάνιο, προπυλένιο, βουτάνιο και βουτυλένιο σε διάφορα μίγματα. Παράγεται ως παραπροϊόν της επεξεργασίας του φυσικού αερίου και της διύλισης πετρελαίου.

27. Πολλά από τα στοιχεία του τμήματος αυτού προέρχονται από την «Εθνική Έκθεση σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για Μεταφορές στην Ελλάδα» που εκδίδονταν μέχρι πρόσφατα σε έναρμόνιση με τις προβλέψεις του άρθρου 4 της Οδηγίας 2003/30/ΕΚ από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

*Βιοκαύσιμα*<sup>28</sup>:

i. Υπάρχει σήμερα μικρός σχετικά αριθμός εταιρειών παραγωγής και εισαγωγής βιοντῆζελ. Η μελλοντική μεγαλύτερη χρήση βιοντῆζελ πρώτης γενιάς είναι αμφισβητήσιμη δεδομένου ότι η παραγωγή του είναι, κατ' αρχήν, περιβαλλοντικά επικίνδυνη. Το λεγόμενο βιοντῆζελ δεύτερης γενιάς παράγεται με διαδικασίες περισσότερο συμβατές με το περιβάλλον και αποτελεί αξιολόγη προοπτική για το μέλλον (π.χ. μια μέθοδος παραγωγής του από τηγανέλαια αποτελεί καινοτόμο τεχνική που έχει αναπτυχθεί και εξελιχθεί από Έλληνες ερευνητές<sup>29</sup>).

ii. Το βιοαέριο<sup>30</sup> παράγεται σήμερα στην Ελλάδα αλλά προορίζεται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και δὲν γίνεται χρήση του στις Μεταφορές, δεδομένου ότι το βιομεθάνιο, που παράγεται από το βιο-

28. Το μεγάλο έρωτηματικό σχετικά με την εύρεια χρήση των βιοκαυσίμων αφορά τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει η μαζική παραγωγή τους στη μείωση των καλλιεργειών τροφίμων για ανθρώπους και ζώα. Μια αρχική μελέτη της Διεθνούς Τράπεζας του 2008 (MITCHELL 2008) συμπέρανε ότι οι μεγάλες αυξήσεις στην παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ευρώπη και την Αμερική τη δεκαετία του 2000 ήταν υπεύθυνες για τις παγκόσμιες αυξήσεις στις τιμές των τροφίμων. Μια επόμενη όμως μελέτη του ίδιου Όργανισμού (Διεθνής Τράπεζα) του 2010 υποστήριξε ότι η προαναφερθείσα μελέτη του 2008 ίσως (υπερεκτίμησε) τη συμβολή του τομέα παραγωγής βιοκαυσίμων στις τιμές των τροφίμων και ότι οι αυξήσεις αυτές οφείλονταν κυρίως στη χρησιμοποίηση των τροφίμων στα χρηματιστήρια έμπορευμάτων και στις συνεπακόλουθες επιπτώσεις της (BAFFES 2010). Την άποψη ότι οι επιπτώσεις της παραγωγής βιοκαυσίμων στις τιμές των τροφίμων είναι μικρές υποστήριξε με μελέτες του και ο ΟΟΣΑ (OECD 2008).

29. Καινοτόμος διαδικασία παραγωγής βιοντῆζελ δεύτερης γενιάς από τηγανέλαια από το Ίνστιτούτο Τεχνικής Χημικών Διεργασιών (ΙΤΧΗΔ) του ΕΚΕΤΑ (σημερινό ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ) με επικεφαλής την ερευνήτρια κ. Στέλλα Μπεζεργιάννη, σε συνεργασία με το Άριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών) για την αξιολόγηση του νέου καυσίμου σε κινητήρες, και σε συνεργασία με το Έθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Τμήμα Χημικών Μηχανικών) για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων του νέου καυσίμου.

30. Αέριο καύσιμο το οποίο παράγεται από βιομάζα ή και από το βιοαποικοδομήσιμο τμήμα αποβλήτων, το οποίο μπορεί να καθαριστεί φτάνοντας σε ποιότητα το φυσικό αέριο, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως βιοκαύσιμο.

αέριο και είναι το κατ' έξοχην χρησιμοποιούμενο στις Μεταφορές αέριο, δέν παράγεται στην Έλλάδα.

iii. Η αϊθανόλη είναι ένα πολλά υποσχόμενο βιοκαύσιμο που παράγεται κυρίως από ζαχαροκάλαμο αλλά και από κομποστοποίηση σκουπιδιών. Κύριες παραγωγολ χώρες είναι ή Βραζιλία και οί ΗΠΑ (με τὸ 87% περίπου τῆς παγκόσμιας παραγωγῆς τὸ 2011). Στῆ Σουηδία ἐπίσης σημειώνεται μεγάλη παραγωγή αϊθανόλης ἀπὸ κομποστοποίηση σκουπιδιών<sup>31</sup>. Σήμερα ή αϊθανόλη χρησιμοποιεῖται κυρίως ὡς πρόσμιξη στῆ βενζίνη σὲ ποσοστὸ 10-15% (καύσιμο χαρακτηριζόμενο ἀντίστοιχα ὡς E10 ή E15) ἀλλὰ μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθεῖ και ὡς πλήρες καύσιμο E100 σὲ εἰδικούς κινητῆρες. Στῆν Έλλάδα παράγεται σὲ μικρὲς ποσότητες ὡς πρόσμιξη στῆ βενζίνη (πολλὲς φορές παράνομα και σὲ ποσοστὰ που μπορεῖ νὰ βλάψουν τοὺς μὴ προσαρμοσμένους κινητῆρες).

Γενικότερα ή παραγωγή τοῦ βιοαερίου και τῶν βιοκαυσίμων στῆν Έλλάδα θὰ πρέπει νὰ προωθηθεῖ κατὰ προτεραιότητα ἀπὸ τὴν κυβέρνηση τῆς χώρας σὲ συνδυασμὸ με τὴν ἀξιοποίηση τῆς μὴ βρώσιμης λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας (γεωργικά και δασικά ὑπολείμματα) καθὼς και χρησιμοποιημένων ἐλαίων, δηλαδή ὕλικῶν που δέν ἀνταγωνίζονται τὴ διατροφική ἀλυσίδα. Ὑπάρχει σήμερα στῆν Έλλάδα φθηνή και τοπικά διαθέσιμη, ἀφθονη τέτοια πρώτη ὕλη που δέν ἀξιοποιεῖται και ή χώρα πληρώνει πρόστιμα για τὴν ἀπόρριψή της και τὴ μὴ ὑγειονομική ταφή της χωρὶς καμία περιβαλλοντική πρόβλεψη (ΖΑΦΕΙΡΗΣ 2016). Η παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων δευτέρης γενιᾶς μπορεῖ νὰ λειτουργήσῃ ὡς πυλώνας ἀνάπτυξης και ὡς βάση μιᾶς ἀποδοτικῆς κυκλικῆς οἰκονομίας, ὅπου τὰ ἀπόβλητα τῶν πόλεων και ἄλλων χρήσεων γῆς θὰ ἀξιοποιοῦνται για παραγωγή βιοαερίου και λιπασμάτων που θὰ χρησιμοποιοῦνται για γεωργική παραγωγή ή ὅποια θὰ καταναλώνεται στις πόλεις κ.λπ.

*Φυσικὸ αέριο κίνησης (Natural Gas)*. Πρόκειται για σχετικά νέο καύσιμο κίνησης στῆν Έλλάδα, τὸ ὁποῖο ὑποστηρίζεται ἀπὸ τὶς ἑταιρεῖες διαθέσης φυσικοῦ αερίου. Χρησιμοποιεῖται μόνο σὰν Συμπιεσμένο Φυσικὸ Ἄεριο – CNG (Compressed Natural Gas) με κύρια πηγή διαθέσῆς του τὴν ἑταιρεία FISIKON τῆς ΔΕΠΑ, ἐνῶ ὑπάρχουν και μονάδες Ὑδροποιημένου

31. Στοιχεῖα ἀπὸ:

«World Energy Outlook 2006» στὸ [www.Worldenergyoutlook.org](http://www.Worldenergyoutlook.org).

Φυσικού Αερίου – LNG, με κυριότερη αυτή στη Ρεβυθούσα τής ΔΕΣΦΑ<sup>32</sup>. Οι προοπτικές αυτού του καυσίμου είναι καλές, αν και δεν έχει αποκτήσει ακόμη την απαιτούμενη (κρίσιμη) μάζα σταθμών διανομής. Η μελλοντική του πορεία θα εξαρτηθεί από την τιμολογιακή πολιτική που θα ακολουθηθεί ιδίως στα κρίσιμα πρώτα χρόνια εξάπλωσής του και προσέλκυσης νέων χρηστών.

Υδρογόνο. Δεν υπάρχουν ακόμη στην Ελλάδα μονάδες παραγωγής και διάθεσης υδρογόνου ως καυσίμου κίνησης. Πειραματικές μονάδες παραγωγής υπάρχουν μόνο στο Έθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) και στο Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). Παγκοσμίως το υδρογόνο θεωρείται ένα πολλά υποσχόμενο καύσιμο για τις Μεταφορές του μέλλοντος. Στη χώρα μας έχει αναπτυχθεί καινοτόμος μέθοδος παραγωγής του υδρογόνου από νερό και ήλιακη ενέργεια. Η βασική ιδέα τής μεθόδου περιλαμβάνει τη διοχέτευση υδρατμών μέσα από έναν κεραμικό μετατροπέα (τόν αντιδραστήρα Hydrosol, ο οποίος διαθέτει καταλυτικό μετατροπέα με πολλούς ατύλους και επίστρωση από οξειδοαναγωγικά νανοσωματίδια που συγκρατούν οξυγόνο). Στόν αντιδραστήρα αυτόν παρακρατείται το οξυγόνο και αποδίδεται καθαρό υδρογόνο χωρίς έκλυση καυσαερίων. Για να πραγματοποιηθεί ή πρώτη αυτή αντίδραση χρησιμοποιείται θερμότητα ή οποία συλλέγεται από τον ήλιο με σύστημα κατόπτρων. Σε μια παραλλαγή του ο αντιδραστήρας αυτός μπορεί με εισαγωγή CO<sub>2</sub> να παραγάγει υδρογόνο και συνθετικό καύσιμο (CH<sub>4</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>). Πρόκειται για την τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί από τους ερευνητές του Έθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης – ΕΚΕΤΑ στο πλαίσιο μεγάλου ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου με το όνομα Hydrosol (PAGLIARO 2010).

Η προοπτική για τη χρήση του υδρογόνου ως καυσίμου στις Μεταφορές είναι μεγάλη. Οι κυριότεροι τρόποι χρήσης του αναμένεται να είναι:

1. απ' ευθείας ως καυσίμου σε συστήματα Power-to-Hydrogen (PtH<sub>2</sub>),
2. με μετατροπή του μέσω χημικής σύνθεσης σε αέριο ή υγρό συνθετικό καύσιμο με χρήση CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα ή άλλες πηγές. Οι δημιουργούμενες γραμμές παραγωγής είναι γνωστές ως:

---

32. <http://www.desfa.gr/default.asp?pid=304&la=1> και <http://www.fisikon.gr/diktuo-pratirion.html>

- Power-to-Gas (PtG) ή
- Power-to-Liquid (PtL) ή
- Power-and Biomass-to-Liquid (PBtL),

3. ως καυσίμου σε κυψέλες καυσίμου υδρογόνου –hydrogen fuel cells– που παράγουν ηλεκτρισμό για τόν ηλεκτρικό κινητήρα.

Τὰ θέματα παραγωγής και χρήσης του υδρογόνου στην Ελλάδα πρέπει να εξετασθούν με ιδιαίτερη προσοχή. Ἡ χώρα έχει τὴ δυνατότητα νὰ σημειώσει σχετική πρωτοπορία στους τομείς παραγωγής, αποθήκευσης και διάθεσης του υδρογόνου με αξιοποίηση τῆς μεγάλης ἡλιοφάνειας που ἐπικρατεῖ ἐδῶ, τῆς ὑπάρχουσας ἐλληνικῆς τεχνογνωσίας και τοῦ ὑπάρχοντος ἐπιστημονικοῦ δυναμικοῦ. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν θὰ δημιουργηθοῦν τεράστιες ἀναπτυξιακὲς προοπτικὲς γιὰ τὴ χώρα. Στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν ὁ αἰώνας που διανύουμε θὰ μπορούσε νὰ εἶναι ὁ «αἰώνας τοῦ υδρογόνου» κατ' ἀναλογία με τὸν προηγούμενο, ὁ ὁποῖος ἦταν ὁ αἰώνας τῆς μηχανῆς ἐσωτερικῆς καύσης και τῶν ὀρυκτῶν καυσίμων.

Εἰς ἐπίρρωσιν τῶν προοπτικῶν αὐτῶν θὰ πρέπει νὰ ἀναφερθεῖ ἐδῶ ὅτι ἄλλες χῶρες ἔχουν ἤδη ξεκινήσει τὴν ἐμπλοκή τους στὴ χρήση και ἀξιοποίηση τοῦ υδρογόνου στις Μεταφορές:

i. Στὴ Γερμανία μιὰ σύμπραξη δημοσίου-ιδιωτικοῦ τομέα με τὸ ὄνομα *H2 Mobility* ἔχει ἀναλάβει τὴν κατασκευὴ 400 σταθμῶν διανομῆς υδρογόνου στὸ ἐθνικὸ ὁδικὸ δίκτυο μέχρι τὸ 2023.

ii. Στὴν Καλιφόρνια τῶν ΗΠΑ ἡ κυβέρνηση τῆς πολιτείας ἀναπτύσσει συστηματικὰ ὑποδομὲς διανομῆς υδρογόνου, ἐνῶ τὸ πρωτοποριακὸ τῆς πρόγραμμα γιὰ ὀχήματα μηδενικῶν ἐκπομπῶν (*Zero Emission Vehicle – ZEM*) βάζει συνεχῶς ἀξανάμενες ποσοστῶσεις στις αὐτοκινητοβιομηχανίες γιὰ παραγωγή και κυκλοφορία ὀχημάτων μηδενικῶν ἐκπομπῶν, περιλαμβανομένων τῶν ἠλεκτρικῶν ὀχημάτων με κυψέλες υδρογόνου ἢ ἀπ' εὐθείας υδρογόνου<sup>33</sup>.

iii. Τέλος, ἡ ἰαπωνικὴ κυβέρνηση προωθεῖ, ἐνόψει τῶν Ὀλυμπιακῶν Ἀγῶνων τοῦ Τόκυο, τὸ 2020 τὴ χρήση υδρογόνου ὡς μίας ἀπὸ τίς κύριες πηγὲς ἐνέργειας στὴν πόλη.

---

33. Τὰ ὀχήματα καθαροῦ υδρογόνου σε ὅλη τὴν ἐπικράτεια τῶν ΗΠΑ ἦταν τὸ 2016 περίπου 3.000, ἐνῶ τὸ 2015 ἦταν μόλις 200.

### 5.3 Σχεδιασμός και κατασκευή τών όχημάτων

Σύμφωνα με τις υπάρχουσες προοπτικές και τὰ σχέδια τών αυτοκινητοβιομηχανιών, τὰ όχήματα όδικών μεταφορών του μέλλοντος θά είναι βελτιστοποιημένα από κάθε άποψη ως προς τις τεχνικές τους δυνατότητες και ως προς τὰ ύλικά κατασκευής και τους τρόπους κατασκευής τους, και θά είναι και «καθαρά».

Ός ενεργειακά «φιλικά» ή «καθαρά» μέσα μεταφορής χαρακτηρίζονται έκείνα τὰ όποια καταναλώνουν ενέργεια που παράγεται με φιλικό προς τὸ περιβάλλον τρόπο. Τέτοια είναι όλα τὰ ηλεκτρικά σιδηροδρομικά ή όδικά μέσα έφόσον ὁ ήλεκτρισμός που χρησιμοποιοῦν παράγεται από ύδροηλεκτρική ή ήλιακή ενέργεια ή άλλες φιλικές προς τὸ περιβάλλον πηγές, ὅπως επίσης τὰ όχήματα που καταναλώνουν έναλλακτικά καύσιμα καθώς και οί μετακινήσεις πεζή ή με ποδήλατο.

Κύριοι στόχοι για τή βελτιστοποίηση αυτή είναι:

- i. αύξηση τής ασφάλειας τών έπιβατῶν και τών πεζῶν που ένδέχεται νά συγκρουστοῦν με τὸ όχημα,
- ii. μείωση τής κατανάλωσης ενέργειας,
- iii. μειωμένες έως μηδενικές έκπομπές CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων,
- iv. άνεση και βελτιωμένη έργονομία, και τέλος
- v. είσαγωγή («εϋφυΐας») στο σύστημα τών Μεταφορών και έπικοινωνία με τὸ περιβάλλον.

Η τάση που εκδηλώνεται, σε σχέση με τὰ καύσιμα, ὅπως ήδη αναφέρθηκε στα προηγούμενα, είναι τὰ μηχανολογικά χαρακτηριστικά νά παρέχουν μειωμένες έκπομπές CO<sub>2</sub> πολύ κάτω τών 100 gr ανά χλμ. Η διατήρηση τής μηχανής έσωτερικής καύσης με πολύ χαμηλές έκπομπές CO<sub>2</sub> και καθαρά καύσιμα είναι μιὰ προοπτική ή όποία θά εξακολουθήσει νά υπάρχει ακόμη και στον όρίζοντα του 2050 ιδίως για τὰ όχήματα έμπορευματικών μεταφορών (LEONHARD 2015).

Τὰ τελευταία λίγα χρόνια έχουν φανεί σοβαρές τεχνολογικές δυνατότητες σε δύο κατηγορίες όχημάτων οί όποιες μέχρι πρότινος άποτελοῦσαν άντικείμενο δημοσιεύσεων («επιστημονικής φαντασίας»). Πρόκειται για τά:

i. «αυτόνομα» όχήματα, έπιβατικών κυρίως Μεταφορών που κινοῦνται δηλαδή χωρίς οδηγό, καθώς επίσης και

ii. Ίπτάμενα Όχήματα Προσωπικής Μεταφορής, τὰ γνωστά ως PATS (Personal Airborne Transportation Systems), τὰ όποια είναι ένδιάμεσου τύπου μεταξύ ένός άπλοῦ drone και ένός αεροπλάνου.

Τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ ὀχήματα αὐτῶν τῶν κατηγοριῶν εἶναι ἠλεκτροκίνητα μὲ συσσωρευτὲς ἢ ἄλλου τύπου παραγωγή ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας, ἄρα ἀπεξαρτημένα ἀπὸ τὸν ἄνθρακα. Ἡ προώθηση αὐτῶν τῶν δύο κατηγοριῶν ὀχημάτων πρόκειται νὰ καλύψει ἓνα νέο εἶδος κινητικότητας ἀνθρώπων καὶ ἀγαθῶν ποῦ θὰ ἀφορᾷ τοὺς ἐξῆς τομεῖς:

- i. ἐξυπηρέτηση εἰδικῶν κατηγοριῶν ἐπιβατικῆς κίνησης, π.χ. ἀτόμων μὲ ὑψηλὸ εἰσόδημα ἢ κοινωνικὴ θέση (VIP), τὰ ὁποῖα δὲν θέλουν νὰ ὑποστοῦν τίς ἐπιπτώσεις τῆς κυκλοφοριακῆς συμφόρησης στὸ ἔδαφος<sup>34</sup>,
- ii. ἐξατομικευμένη διανομὴ ἐμπορευμάτων σὲ ἀστικές περιοχές,
- iii. κάλυψη τῶν δύο τελικῶν ἄκρων μετακίνησης προσώπων –στὴν ἀφετηρία ἢ τὸν προορισμό της– ἀφοῦ ἔχει χρησιμοποιηθεῖ ἓνα μέσο μαζικῆς μεταφορᾶς γιὰ τὸν κύριο κορμὸ της,
- iv. οἰκολογικὴ μετακίνηση γιὰ μικροῦ μήκους μετακινήσεις (συνολικὴ μετακίνηση),
- v. συλλογὴ μεγάλης ἔκτασης δεδομένων καὶ στοιχείων γιὰ τὴν κυκλοφορία καὶ τίς μετακινήσεις (γεωγραφικὰ καὶ χρονικὰ).

Οἱ προοπτικὲς ἐπικράτησης τῶν ὀχημάτων αὐτῶν εἶναι πρὸς τὸ παρὸν ἀδύνατον νὰ προσδιοριστοῦν μὲ κάποιο βαθμὸ ἀκρίβειας, ἐπειδὴ ὑπάρχουν πολλοὶ παράγοντες ἀβεβαιότητας. Κατὰ τὴ γνώμη τοῦ γράφοντος οἱ προοπτικὲς αὐτὲς θὰ ἐξαρτηθοῦν ἀπὸ:

– τὴν ὀλοκλήρωση τῶν τεχνικῶν δυνατοτήτων καὶ χαρακτηριστικῶν τῶν ὀχημάτων αὐτῶν ποῦ ἀφοροῦν τὴν ἀσφάλεια σὲ διάφορες πιθανὲς μελλοντικὰ εἰδικὲς περιπτώσεις κυκλοφοριακῶν συνθηκῶν καὶ ἀλληλεπίδρασης μὲ τὸν περιβάλλοντα χῶρο. Οἱ εἰδικὲς αὐτὲς περιπτώσεις διερευνῶνται

---

34. Δὲν εἶναι τυχαῖο ὅτι ἓνα ἀπὸ τὰ πρῶτα αὐτόνομα ἐναέρια ὀχήματα μεταφορᾶς προσώπων κάθετης ἀπογείωσης καὶ προσγείωσης (VTOL) –τὸ αὐτόνομο «Cormorant» Fancraft™ τῆς ἐταιρείας Urban Aeronautics– πρόκειται νὰ τεθεῖ σὲ λειτουργία γιὰ πρώτη φορὰ στὴν πόλη τοῦ Sao Paulo στὴ Βραζιλία, ὅπου ἡ ὁδήγησή μὲσα στὴν πόλη μπορεῖ νὰ διαρκέσει 2 ἢ καὶ περισσότερες ὥρες λόγῳ κυκλοφοριακῆς συμφόρησης. Στὴν πόλη αὐτὴ ὑπάρχουν ἤδη περὶ τὰ 500 ἐλικόπτερα τὰ ὁποῖα ἐξυπηρετοῦν μετακινήσεις ἀτόμων ὑψηλῆς οἰκονομικῆς καὶ κοινωνικῆς θέσης.



μέσα από δοκιμές σε πραγματικές συνθήκες, οι οποίες είναι άγνωστο ακόμη σε τί συμπεράσματα μπορούν να καταλήξουν<sup>35</sup>,

- την επίλυση των νομικών και διαδικαστικών θεμάτων που άφοροῦν τὴν «εὐθύνη» (“liability”) π.χ. τί συμβαίνει σε περίπτωση ἀτυχήματος ἑνὸς αὐτόνομου (χωρὶς ὀδηγὸ) ὀχήματος (ἐπίγειου ἢ ἐναέριου), ἢ ποιά εἶναι ἡ εὐθύνη σε περίπτωση καθυστέρησεων ἢ ἀναβολῆς πτήσεων, κ.λπ.,

- τὴν ἐπίλυση καὶ καθιέρωση μιᾶς σειρᾶς κανονισμῶν καὶ νομοθετικῶν ρυθμίσεων γιὰ τὴ διευθέτηση θεμάτων ὅπως ἡ ἀδειοδότηση καὶ οἱ τεχνικὲς προδιαγραφές τῶν ὀχημάτων αὐτῶν, οἱ κανόνες καὶ οἱ κανονισμοὶ ποὺ θὰ ἀφοροῦν τὴν κυκλοφορία τους (κυκλοφοριακὸς ἔλεγχος καὶ διαχείριση), κ.λπ.,

- τὴν προώθηση καὶ τὴν ἐπιτυχία μὲ τὴν ὁποία θὰ ἐφαρμοστοῦν νέοι τρόποι ἰδιοκτησίας καὶ/ἢ χρήσης τέτοιων ὀχημάτων βασιζομένων στὴ συλλογικότητα, δηλαδή στὴν κοινὴ (shared) χρῆση χωρὶς ἰδιοκτησία.

#### 5.4 Συνδεδεμένες καὶ αὐτοματοποιημένες Μεταφορές

Οἱ «συνδεδεμένες» Μεταφορές (“connected” ἢ “cooperative” Transport systems) εἶναι ἤδη γεγονὸς καὶ δοκιμάζονται συστηματικὰ σε μεγάλο ἀριθμὸ ἀστικῶν περιοχῶν τοῦ κόσμου περιλαμβανομένης καὶ τῆς Ἑλλάδος – στὴ Θεσσαλονίκη (ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2015). Ἀφοροῦν τὴν σε πραγματικὸ χρόνο ἐπικοινωνία τοῦ ὀχήματος μὲ τὴν ὑποδομὴ καὶ τὰ κέντρα κυκλοφοριακοῦ ἐλέγχου ὥστε νὰ εἶναι ἡ μετακίνηση βέλτιστη ἀπὸ πλευρᾶς ταχύτητας, ἀσφάλειας, ἐνεργειακῆς κατανάλωσης, ὑποβοήθησης τοῦ ὀδηγοῦ στὴν ὀδήγηση, ἄνεσης τοῦ ὀδηγοῦ καὶ τῶν ἐπιβατῶν, καὶ τέλος εὐρύτερης περιβαλλοντικῆς ἐπιβάρυνσης. Ἀπὸ τίς κύριες δυνατότητες καὶ τὰ τεχνικὰ χαρακτηριστικὰ τῆς «συνδεδεμένης» κινητικότητας καὶ τῶν λεγόμενων «συνεργατικῶν» (cooperative) συστημάτων Μεταφορῶν εἶναι ἡ δυνατότητα σύνδεσης τοῦ αὐτοκινήτου μὲ τὸ διαδίκτυο τῶν πραγμάτων (internet of

---

35. Στὴ μητροπολιτικὴ περιοχή τῆς Βιέννης ὑπάρχει ἓνα τμήμα τῆς ὀδικῆς ὑποδομῆς (ἀπὸ τὸ ἀεροδρόμιο μέχρι τὸ κέντρο τῆς πόλης) τὸ ὁποῖο εἶναι καταχωρισμένο ὡς «ὑποδομὴ ἐλέγχου» τῶν νέων τεχνολογιῶν αὐτόνομης ὀδήγησης, μὲ κύριο πεδίο δοκιμῶν τὴν κίνηση τῶν αὐτόνομων ὀχημάτων μέσα στὴν ὑπόλοιπη κυκλοφορία, τίς ἀντιδράσεις τῶν πεζῶν καὶ ἄλλων ὀδηγῶν στὰ ὀχήματα αὐτὰ κ.ἄ. Ἀνάλογες ἐνέργειες σημειώνονται καὶ σὲ ἄλλες ἀστικὲς περιοχὲς τοῦ κόσμου.



things) και την αξιοποίηση πολλών εφαρμογών οι οποίες θα βασίζονται στις κάθε είδους δυαδικές επικοινωνίες (digital communications) που θα μπορούν να αναπτυχθούν εκεί. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι το “easy mobility” της εταιρείας SEAT για την προώθηση της κοινής χρήσης των οχημάτων από περισσότερους του ενός χρήστες κάθε φορά (vehicle sharing) και το σύστημα “chariot” της Ford για τους επιβάτες που ενδιαφέρονται να χρησιμοποιήσουν από κοινού ειδικά επιβατικά vans στις αστικές δημόσιες μεταφορές κ.λπ.<sup>36</sup>

Η χρήση των Συστημάτων «Εύφυων» Μεταφορών (ITS – Intelligent Transport Systems) αυτόνομα είναι συνυφασμένη με τις συνδεδεμένες Μεταφορές στα λεγόμενα Συνεργατικά Συστήματα Εύφυων Μεταφορών (Cooperative Intelligent Transport Systems ή C-ITS). Τα συστήματα C-ITS (σε συνδυασμό ή όχι με τα πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα) έχουν τη δυναμότητα να αλλάξουν πλήρως το σκηνικό των αστικών κυρίως Μεταφορών (επιβατικών ή εμπορευματικών) όπως τις ξέρουμε σήμερα. Τα κύρια όμως θέματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν σε σχέση με τα «συνδεδεμένα» μεταφορικά συστήματα του μέλλοντος είναι αυτά που αφορούν τη συλλογή του μεγάλου όγκου δεδομένων που απαιτούνται και την σε πραγματικό χρόνο ανάλυση και αξιοποίησή τους, όπως επίσης τα θέματα που αφορούν την ασφάλεια των δεδομένων αυτών (cyber security) και την προστασία της ατομικότητας και των προσωπικών δεδομένων οδηγών και επιβατών.

Τα αυτοματοποιημένα ή αυτόνομα οχήματα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα έχουν ήδη σήμερα αποκτήσει μια ενδιαφέρουσα παρουσία στα σχέδια ανάπτυξης των Μεταφορών του μέλλοντος και σε συνδυασμό με τα «συνδεδεμένα» συστήματα μπορούν να παρέχουν κυρίως:

- αυξημένη ασφάλεια (λιγότερα ατυχήματα),
- αυξημένη αξιοποίηση του διαθέσιμου χώρου για μετακινήσεις (όδικες υποδομές), και
- περισσότερη άνεση και αξιοποίηση του χρόνου μεταφοράς.

Σύμφωνα με προβλέψεις της ίδιας της αυτοκινητοβιομηχανίας, η διείσδυση των αυτόνομων οχημάτων στις Μεταφορές μπορεί να φθάσει το 2030

---

36. Περισσότερες πληροφορίες και στοιχεία μπορούν να βρεθούν στο ένθετο «The world ahead» της ιστοσελίδας «Buzz Business» 13-1-2017 στο: <http://www.thebuzzbusiness.com/the-future-of-urban-mobility/>

ακόμη και στο 15 με 20%<sup>37</sup>. Η διείσδυση αυτή θα αρχίσει με χρήση τους σε εξειδικευμένους τομείς Μεταφορών, όπως στα ταξί που διανύουν συγκεκριμένες διαδρομές, σε υπηρεσίες διανομής εμπορευμάτων σε υπεραστικούς διαδρόμους (ομάδοποίηση οχημάτων σε platoons), ή για αστικές διανομές σε πολύ τοπικό επίπεδο κ.λπ.

### 5.5 Υποδομές Μεταφορών

Όσον αφορά τις υποδομές Μεταφορών σε ένα σύστημα Μεταφορών απεξαρτημένο από τον άνθρακα, υπάρχουν αρκετά που μπορούν να γίνουν αλλά και τα όποια συνάδουν προς μια γενικότερη προσαρμογή των υποδομών αυτών στις δυνατότητες που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες οχημάτων αλλά και κατασκευής των υποδομών<sup>38</sup>.

Είναι χαρακτηριστικές οι προβλέψεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των οδικών υποδομών του μέλλοντος που προτείνονται από την κατ' έξοχην αρμόδια για θέματα έρευνας και καινοτομίας στις οδικές υποδομές Ευρωπαϊκή Όμοσπονδία Έργαστηρίων Οδοποιίας (European Federation of Highway Research Laboratories – FEHRL) μέσω του προγράμματος *For ever open road*<sup>39</sup>. Συγκεκριμένα προβλέπεται:

α. ο πλήρως «προσαρμοζόμενος» (adaptable) και ανθεκτικός (resilient) δρόμος. Ο «προσαρμοζόμενος» δρόμος θα κατασκευάζεται από προκατασκευασμένα τμήματα με υλικά και ιδιότητες που θα τον κάνουν ανθεκτικό σε αντίξοες καιρικές συνθήκες (ψύχος, ζέστη), θα μπορεί να απορροφά ήλιακη ενέργεια για να αξιοποιούνται οι διάφορες λειτουργίες του, θα έχει τη δυνατότητα ασύρματης μετάδοσης ενέργειας στα οχήματα και άλλες καινοτόμους ιδιότητες. Ειδικά όσον αφορά την ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή, ο μελλοντικός «προσαρμοζόμενος» δρόμος θα έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει τα επίπεδα νερού, χιονιού ή πάγου, ανέμου κ.λπ., και να μετριάσει τις συνέπειές τους μέσα από ενσωματωμένες διατάξεις αποχέτευσης, αυτόματης θέρμανσης (ή ψύξης) του οδοστρώματος,

37. <http://www.thebuzzbusiness.com/the-future-of-urban-mobility/>

38. Σχετικές λεπτομέρειες στην αναφορά ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2015.

39. Περισσότερα στοιχεία και πληροφορίες στο: <http://www.foreveropenroad.eu/>

άλλα και άμεσης ενημέρωσης τών χρηστών σέ πραγματικό χρόνο σχετικά με τις συνθήκες που θά επικρατοῦν στό δόδοστρωμα,

β. ὁ «αὐτοματοποιημένος» (automated) δρόμος. Ὁ «αὐτοματοποιημένος» δρόμος θά ἔχει ἐνσωματωμένες ὅλες τις βασικές λειτουργίες τῶν *Εὐφυῶν Συστημάτων Μεταφορῶν* (C-ITS, Cooperative Intelligent Transport Systems) και θά «συνδέεται-συνεργάζεται» (με τήν ἔννοια που δόθηκε και στα προηγούμενα για τὰ «συνεργατικά» συστήματα) πλήρως με τοὺς «χρήστες».

Οἱ μελλοντικές ὑποδομές Μεταφορῶν θά περιλαμβάνουν ἐπίσης τις ἀναγκαῖες ὑποδομές αὐτόματης και συνεχοῦς συλλογῆς και ἐπεξεργασίας κυκλοφοριακῶν δεδομένων και μετάδοσῆς τους στα κέντρα ἐπεξεργασίας τέτοιων πληροφοριῶν, καθὼς και τῶν ἐπεξεργασμένων πληροφοριῶν, στοὺς κάθε εἶδους χρήστες τῶν μεταφορικῶν δικτύων. Ἐπίσης θά περιλαμβάνουν τις ἀναγκαῖες ὑποδομές για «εὐφυή» φόρτιση τῶν ἠλεκτρικῶν ὀχημάτων (smart electricity distribution grids), ἀλλὰ και τις ὑποδομές GNSS προσδιορισμοῦ τῆς θέσης τῶν ὀχημάτων και ἄλλα τεχνικά στοιχεῖα που εἶναι ἀπαραίτητα για τὴ λειτουργία τοῦ ἀπεξαρτημένου ἀπὸ τὸν ἄνθρακα μελλοντικοῦ συστήματος Μεταφορῶν.

Συνολικά, οἱ μελλοντικές ὑποδομές Μεταφορῶν θά πρέπει νὰ γίνουν περισσότερο:

- φιλικές και ὑποβοηθητικές στη συντήρησή τους,
- φιλικές στη στάθμευση τῶν νέου τύπου ὀχημάτων (αὐτόνομα, ἐναέρια, μικρῶν ἀποστάσεων, κ.ἄ.),
- προσαρμοσμένες στα ἀκραῖα καιρικά φαινόμενα (λόγω κλιματικῆς ἀλλαγῆς),
- προσαρμοσμένες στις ὑπάρχουσες συνθήκες ὁδήγησῆς και ὀρατότητας,
- προσαρμοσμένες στην πολιτικὴ χρήσης τους (π.χ. ὡς πρὸς τὴν εἰσπραξὴ διοδίων ἢ ἄλλων τελῶν)<sup>40</sup> κ.ἄ.

---

40. Γενικότερα, τὰ θέματα που ἀφοροῦν τὸν τρόπο χρηματοδότησης και τις μεθόδους κατασκευῆς τῶν ὑποδομῶν αὐτῶν, καθὼς και τὰ ἐπιχειρηματικά μοντέλα για τὴν κατασκευὴ και λειτουργία τους, θά πρέπει ἐπίσης νὰ προσαρμοστοῦν στην ἐπικείμενη νέα οἰκονομία ἀπεξάρτησῆς ἀπὸ τὸν «ἄνθρακα».

### 5.6 Διαχείριση δικτύων και κυκλοφοριακών συστημάτων

Πέρα από την αλλαγή του τρόπου μετακίνησης και την προτίμηση στα μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούν («καθαρά») καύσιμα (δηλαδή χωρίς άνθρακα), ή σημαντική μείωση των έκπομπων καυσαερίων του θερμοκηπίου θα μπορούσε να επέλθει από τη διαχείριση της κυκλοφορίας με περιβαλλοντικά φιλικό τρόπο και από τη βελτιστοποίηση της κυκλοφοριακής ροής με μείωση των καθυστερήσεων και των διανυόμενων αποστάσεων.

Η εικόνα των μελλοντικών συστημάτων διαχείρισης μεταφορικών δικτύων και κυκλοφορίας συντίθεται από τέσσερις βασικές συνιστώσες:

- i. εύφυια στή σύνθεση και επίλογή των στρατηγικών ελέγχου της κυκλοφορίας,
- ii. πλήρη «δυναμικότητα», δηλαδή τη σε πραγματικό χρόνο διεκπεραίωση των σχετικών διεργασιών,
- iii. διαχείριση της κυκλοφορίας σε επίπεδο περιοχής ή και ολόκληρης πόλεως, και
- iv. συντονισμό και συνεργασία με τα συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας όλων των μεταφορικών μέσων που λειτουργούν σε μια περιοχή.

### 5.7 Εύφυες υπηρεσίες Μεταφορών και κινητικότητας

Το έπιστέγασμα όλων των προηγούμενων ενεργειών και εξελίξεων προς ένα σύστημα Μεταφορών άπεξαρτημένο από τον άνθρακα είναι η ύπαρξη και λειτουργία νέων καινοτόμων υπηρεσιών κινητικότητας ιδίως στις αστικές περιοχές, μια και εκεί υπάρχει πλέον και μετακινείται αθημερινά ή μεγάλη πλειονότητα του πληθυσμού των περισσότερων χωρών.

Η έννοια της «εύφυος» κινητικότητας (smart mobility) θεωρείται σήμερα ο πλέον ένδεδειγμένος τρόπος διεξαγωγής των μετακινήσεων σε ένα σύστημα Μεταφορών προσαρμοσμένο σε ενεργειακά και περιβαλλοντικά «φιλικούς» τρόπους μεταφοράς. Οί τρόποι αυτοί βασίζονται στην κατά τον περιβαλλοντικά καλύτερο δυνατό τρόπο εξυπηρέτηση των μετακινήσεων ατόμων (και όχι οχημάτων) με παροχή υπηρεσιών μετακίνησης «από πόρτα σε πόρτα». Η επιδιωκόμενη νέα «εύφυης κινητικότητα» αξιοποιεί όλες τις δυνατότητες τεχνολογίας και υποδομών που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, για να προσφέρει τη μέγιστη δυνατή περιβαλλοντική και οικολογική μετακίνηση με κορμό το σύστημα των δημόσιων μαζικών συγκοινωνιών σε μια (αστική κυρίως) περιοχή.

Ένδεικτικά παραδείγματα υπηρεσιών «εύφυοῦς» κινητικότητας πού προβλέπεται νά ἐπικρατήσουν στό μέλλον, ἰδίως στίς ἀστικές μας περιοχές, εἶναι (μέ σειρὰ ἀπό τὰ πιό ἄμεσα νά ἐφαρμοστοῦν μέχρι τὰ πιό μακροπρόθεσμα):

i. πλήρης καί σέ πραγματικό χρόνο ἐνημέρωση τοῦ ἐπιβάτη τῶν δημόσιων μέσων μεταφορᾶς σχετικά μέ τὰ δρομολόγια, τίς ὥρες ἄφιξης καί ἀναχώρησης καί γενικά τὸ πρόγραμμα λειτουργίας τοῦ συστήματος δημόσιων μαζικῶν συγκοινωνιῶν,

ii. ὑποβοήθηση –σέ πραγματικό χρόνο καί μέσῳ τῶν μελλοντικῶν «συνεργατικῶν» συστημάτων Μεταφορῶν– τῶν ὁδηγῶν IX ὀχημάτων ἢ φορτηγῶν γιά οἰκολογική ὁδήγηση μειωμένων ἐκπομπῶν καυσαερίων καί κατανάλωσης ἐνέργειας<sup>41</sup>,

iii. ὑποστήριξη μέσῳ «εὐφυῶν» συστημάτων σύνδεσης καί συντονισμοῦ τῶν σχετικῶν ἐνεργειῶν γιά μιὰ συστηματική, ἀσφαλῆ καί ἐξασφαλισμένη κοινή χρήση IX ὀχημάτων (shared vehicles) ἀπό πολλοὺς χρήστες. Τὰ ὀχήματα αὐτά μπορεῖ νά εἶναι εἴτε ἰδιοκτησίας ἐξειδικευμένων φορέων παροχῆς τέτοιων ὑπηρεσιῶν εἴτε ἰδιοκτησίας ἀπό κοινῶν τῶν περισσότερων τοῦ ἐνὸς ἰδιοκτητῶν πού τὰ χρησιμοποιοῦν,

iv. ἐξατομικευμένες, εὐέλικτες καί ἄμεσες ὑπηρεσίες ταξί διαθέσιμες σέ πραγματικό χρόνο,

---

41. Ἡ λεγόμενη «οἰκολογική» ὁδήγηση (eco-driving) προωθεῖται ἤδη, σέ μὴ πραγματικό ὅμως χρόνο, μέσα ἀπό τὴν ἐκπαίδευση τῶν ὁδηγῶν γιά τήρηση μερικῶν ἀπλῶν κανόνων ὅπως οἱ ἑξῆς:

1. ὁδήγηση μέ κατὰ τὸ δυνατὸν σταθερὴ ταχύτητα, χωρὶς ἄσκοπα φρεναρίσματα ἢ ἀλλαγές ταχυτήτων, μέ χρήση τῆς μεγαλύτερης δυνατῆς σχέσης μετάδοσης,

2. ἐπιβράδυνση τοῦ ὀχήματος ὁμαλὰ καί ἀπὸ μεγάλη ἀπόσταση,

3. σβήσιμο τοῦ κινητήρα σέ στάσεις πού προβλέπονται μεγαλύτερες ἀπὸ π.χ. 20 δεύτερα (αὐτὸ ἐφαρμόζεται πλέον καί αὐτόματα σέ πολλοὺς τύπους νέων αὐτοκινήτων),

4. σωστὴ πίεση τῶν ἐλαστικῶν ὅπως προβλέπεται ἀπὸ τὸν κατασκευαστή,

5. συνετὴ χρήση τοῦ κλιματισμοῦ,

6. ἀποφυγὴ χρήσης στοιχείων πού αὐξάνουν τὴν ἀντίσταση στὸν ἀέρα ὅπως π.χ. σχάρες ὀροφῆς, ἀεροτομὲς κ.λπ.,

7. ὁμαλὴ ὁδήγηση στίς στροφές χωρὶς πολλὲς ἐπιταχύνσεις καί ἐπιβραδύνσεις.

v. ύπηρεσίες μεταφορᾶς «κατὰ παραγγελία» (on-demand) με χρήση αυτόνομων επίγειων ἢ ἐναέριων ὀχημάτων με κύριο στόχο τὴν ἐξυπηρέτηση τοῦ ἀρχικοῦ ἢ τοῦ τελικοῦ σταδίου μιᾶς μετακίνησης ἢ τὴ διεκπεραίωση μικροῦ μήκους μετακινήσεων σὲ ἀραιοκατοικημένες περιοχές,

vi. χρήση αυτόνομων ὀχημάτων για τὴν ἐξυπηρέτηση ὀλοκληρωμένων μετακινήσεων (ἀπὸ πόρτα σὲ πόρτα) πάνω σὲ συγκεκριμένους ὁδικούς ἄξονες, με «σύμπυξη» ὅμως τῶν ὀχημάτων σὲ συρμούς για τὴν μεγιστοποίηση τῆς χωρητικότητας καὶ τὴν ἀποφυγὴ κυκλοφοριακῆς συμφόρησης.

Συναφῆς τέλος με τὴν ἔννοια τῆς «εὐφυοῦς» κινητικότητας εἶναι καὶ ἡ ἔννοια τῆς «εὐφυοῦς» διαχείρισης τῆς «ζήτησης» για μετακινήσεις. Στόχος εἶναι ὁ ἐπηρεασμὸς τῶν ἀποφάσεων τῶν μετακινουμένων σχετικὰ με τὴν ὥρα καὶ τὸν τρόπο πραγματοποίησης τῆς μετακίνησής τους ὥστε νὰ προκύπτει –για κάθε ὥρα τῆς ἡμέρας– τὸ βέλτιστο δυνατὸ ἀποτέλεσμα ἀπὸ πλευρᾶς κυκλοφοριακῆς συμφόρησης καὶ λειτουργίας τῶν συστημάτων δημόσιων συγκοινωνιῶν. Ὁ «ἐπηρεασμὸς» αὐτὸς ἐπιτυγχάνεται με τὴν κατάλληλη πληροφόρηση (πάντα σὲ πραγματικὸ χρόνο), τὴν παιδεία, τὴν ἐπιμόρφωση καὶ τὴν παροχὴ κινήτρων.

## 6. Κρίσεις – προτάσεις – συμπεράσματα

### 6.1 Πόσο ἀποδοτικὴ θὰ εἶναι ἡ ἐφαρμογὴ τῶν ἐπτὰ συνιστωσῶν;

Ὁ τομέας τῶν Μεταφορῶν διανύει μιὰ πορεία αὐξησης τῶν ἐκπομπῶν ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου ποὺ θὰ τὸν καταστήσει σύντομα τὸν μεγαλύτερο παραγωγὸ τέτοιων ἐκπομπῶν στὴν ἀτμόσφαιρα. Στὴν οὐσία, σήμερα ὁ τομέας αὐτὸς «ἐξαρτᾶται» ὀλοένα καὶ περισσότερο ἀπὸ τὸν ἄνθρακα ὡς πρὸς τὴν ἐνέργεια ποὺ χρησιμοποιεῖ καὶ ἄρα εἶναι ὁ τομέας στὸν ὁποῖο πρέπει νὰ πέσει τὸ μεγαλύτερο βᾶρος τῶν προσπαθειῶν για «ἀπεξάρτηση» ἀπὸ τέτοιου εἴδους ἐνέργεια.

Ἡ δημοσιευμένη μέχρι σήμερα πολιτικὴ τῆς Εὐρωπαϊκῆς Ἑνώσεως για ἀπεξάρτηση ἀπὸ τὸν ἄνθρακα καὶ ὅλα τὰ σχετικὰ κείμενα ποὺ ἔχει συντάξει, εἰδικὰ για τὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν, δείχνουν ὅτι ἡ ΕΕ βασιίζεται για τὴ μεγάλη «ἀλλαγὴ» σὲ τρεῖς κυρίως παράγοντες:

i. τὴν ἠλεκτροκίνηση, σὲ ὅλες τὶς μορφές της (μπαταρίες – κυψέλες καυσίμου),

ii. τὴ χρήση καθαρῶν καυσίμων (κυρίως ὑδρογόνου καὶ βιοκαυσίμων)

και καθαρών κινητήρων με ανστηρά όρια εκπομπών, ελεγχόμενα σε συνθήκες κυκλοφορίας, και τέλος

iii. την αύξηση της «αποδοτικότητας» του όλου συστήματος των Μεταφορών μέσα από τη «συνεργατική» (με τις υποδομές και τα κέντρα ελέγχου) διαχείριση της κυκλοφορίας των όχημάτων στα δίκτυα και τον σχεδιασμό νέων «εφυδών» υπηρεσιών Μεταφορών και κινητικότητας.

Η ηλεκτροκίνηση θεωρείται ίσως το κλειδί της όλης αυτής πολιτικής, κυρίως αν επιτευχθεί ή πλήρης και καθολική εφαρμογή της στις αστικές περιοχές. Η αυτοκινητοβιομηχανία και η λοιπή ιδιωτική πρωτοβουλία έχει αποδεχθεί την πρόκληση αυτή και οι καινοτόμοι προσπάθειες εταιρειών όπως της Tesla, της Toyota και άλλων αλλάζουν σταδιακά το τοπίο με τα νέα ηλεκτροκίνητα όχημα και ένα δίκτυο ταχυφοριστών που μπορούν να καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς πρόβλημα. Αυτή η εξέλιξη σε συνδυασμό με την εισαγωγή μιᾶς νέας μορφής κινητικότητας, π.χ. με υπηρεσίες μεταφορᾶς τύπου Uber, με κοινή χρήση οχημάτων χωρίς οδηγό για την ολοκλήρωση μιᾶς μετακίνησης στο αρχικό ή τελικό της τμήμα, με τη χρήση έναέριων οχημάτων ατομικής μεταφορᾶς κ.λπ., έχουν τη δυνατότητα να επιφέρουν επαναστατικές αλλαγές στον τρόπο που μετακινούμεθα σήμερα και να μειώσουν το αποτύπωμα άνθρακα του τομέα.

Το ερώτημα που τίθεται είναι αν και κατά πόσον οι αλλαγές αυτές θα προκύψουν έγκαιρα και αν θα είναι αρκετές για να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί για την «απεξάρτηση» του τομέα των Μεταφορών από τον άνθρακα.

Η απάντηση στα ερωτήματα αυτά είναι δύσκολη και η εικόνα μάλλον θολή. Όσον αφορά τα ηλεκτροκίνητα όχημα, όλες οι προσπάθειες υπολογισμού και κατάρτισης συγκεκριμένων «όδικων χαρτών» (roadmaps) για την εισαγωγή και χρήση των κάθε μορφής και ειδους τέτοιων οχημάτων δείχνουν ότι τα ποσοστά των οχημάτων αυτών στο σύνολο των κυκλοφορούντων θα αρχίσουν να αποκτούν κάποιο υπολογίσιμο μέγεθος (δηλαδή 5% και άνω) από το 2020 και μετά. Μέχρι το 2030 ο Διεθνής Όργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency) προβλέπει το ποσοστό συμμετοχής των ηλεκτρικών οχημάτων στο σύνολο των κυκλοφορούντων οχημάτων να φθάνει το 30% (IEA 2015). Αυτό όμως αμφισβητείται από άλλους μελετητές, οι οποίοι –σε ευρωπαϊκό τουλάχιστον επίπεδο– είναι λιγότερο αισιόδοξοι. Π.χ. σύμφωνα με μελέτη που έγινε στο έρευνητικό



έργο CAPIRE με συμμετοχή και των Όργανισμών ERTRAC<sup>42</sup>, EPos<sup>43</sup> και Smart Grids<sup>44</sup>, εκτιμάται ότι η φάση της έρευνας και ανάπτυξης πρωτοτύπων για όρισμένα επί μέρους τμήματα της ηλεκτροκίνησης θα ολοκληρωθεί μετά το 2025 (CAPIRE 2012). Άλλοι, ακόμη πιο απαισιόδοξοι μελετητές υποστηρίζουν ότι το 2030 ο ηλεκτρισμός θα αποτελεί μόλις το 4-5% της ενέργειας που θα καταναλίσκεται στις Μεταφορές, για να φτάσει μόλις το 15-16% το 2050 (SZABÓ 2016). Αν δεχθούμε τις εκτιμήσεις αυτές αλλά και την άργη εξέλιξη που έχει σημειώσει η ηλεκτροκίνηση μέχρι σήμερα, τότε η εκτίμηση του 30% για τα κυκλοφορούντα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα για το 2030 φαίνεται πολύ αισιόδοξη. Συνεπώς η ηλεκτροκίνηση δεν φαίνεται πιθανό να αποτελέσει αξιόλογη πηγή μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> πριν περάσει μια είκοσαετία περίπου από σήμερα.

Όσον αφορά τη δεύτερη από τις παραπάνω «αλλαγές», δηλαδή αυτή που αφορά την επίτευξη μειωμένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέσω καθαρών καυσίμων και επιβολής όριων εκπομπών με βελτιωμένους κινητήρες των οχημάτων έσωτερικής καύσης, υπάρχουν και πάλι αρκετά ερωτηματικά. Τα ερωτηματικά σχετικά με την περαιτέρω βελτίωση των κινητήρων συμβατικών καυσίμων αφορούν την πραγματική τεχνολογική δυνατότητα που υπάρχει για μεγάλες μειώσεις των εκπομπών ιδίως μετά την πρόσφατη αποκάλυψη της μη ελικρινούς παράθεσης στοιχείων όσον αφορά τις εκπομπές αυτές στα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα της Volkswagen. Το σκεπτικό της αμφιβολίας έγκειται στο γεγονός ότι μια μεγάλη αυτοκινητοβιομηχανία όπως η Volkswagen χρησιμοποίησε τέτοιες μεθόδους για να ικανοποιήσει τα αυστηρά όρια εκπομπών στις ΗΠΑ, και δείχνει ότι η ουσιαστική περαιτέρω βελτίωση είναι είτε ανέφικτη είτε πολύ ακριβή. Αν μάλιστα δεχθούμε ότι, όπως υποστηρίζουν πολλοί, υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις σαν κι αυτήν και ότι τα έσφαλμένα (άλλοιωμένα) στοιχεία δεν αφορούν μόνο τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αλλά και την κατανάλωση καυσίμου σε ποσοστά της τάξης του 40% και πλέον (SZABÓ 2016), τότε η κατάσταση περιπλέκεται περισσότερο και η προοπτική θετικών

---

42. The European Technology Platform: European Road Transport Research Advisory Council.

43. The European Technology Platform: Smart Systems Integration.

44. European Technology Platform for the Electricity Networks of the Future.



αποτελεσμάτων από την πηγή αυτή μειώνεται. Το σίγουρο είναι ότι οι όποιες εκτιμήσεις για μελλοντική μείωση των εκπομπών καυσαερίων από τους κινητήρες έσωτερικῆς καύσης θα βασίζονται σε έπιτόπιες μετρήσεις στον δρόμο (για τὰ όδικὰ όχήματα) και όχι στις δηλώσεις των κατασκευαστών. Μέχρι να γίνει αυτό και να καθιερωθούν τέτοιου είδους μετρήσεις δέν θα εἴμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε τὸ κατά πόσο οἱ μηχανές έσωτερικῆς καύσης θα έχουν βελτιωθεί αποτελεσματικά και σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Όσον άφορᾷ τὰ καθαρά καύσιμα και τὰ βιοκαύσιμα, και έδῶ ἡ εἰκόνα είναι μάλλον δύσκολο να προβλεφθεῖ με ακρίβεια, δεδομένου ότι:

i. ἡ έκτεταμένη χρήση άποβλήτων για παραγωγή τῶν αναγκαίων βιοκαυσίμων (κυρίως αἰθανόλης και βιοντῆζελ) είναι κάτι πὸ μένει να αποδειχθεῖ στο μέλλον. Π.χ. για να χρησιμοποιηθούν τὰ τηγανέλαια για παραγωγή βιοντῆζελ στα εκτιμώμενα ποσοστά του 7% για τὸ 2030 και πάνω από τὸ 30% πρὸς τὸ μέσον του αἰώνα (ποσοστὸ παραγωγῆς βιοντῆζελ από τηγανέλαια στο σύνολο τῆς παραγωγῆς βιοντῆζελ από άγροτικά και άλλα άπόβλητα), εκτιμᾶται ότι θα πρέπει να εισάγεται τηγανέλαιο στην Εὐρώπη σε μεγάλες ποσότητες γιατί τὸ εἰσώριο δέν θα έπαρκει. Κάτι τέτοιο όμως δέν έχει αντιμετωπιστεῖ ακόμα,

ii. ἡ έπιθυμητῆ και «βιώσιμη» παραγωγή έξειλιγμένων βιοκαυσίμων, συνολικά, θα απαιτήσει τὴν εκτεταμένη κατασκευή «βιοδιυλιστηρίων» στο πλαίσιο τῆς «κυκλικῆς οἰκονομίας» (σύμφωνα και με τὰ προλεχθέντα). Τέτοιες υποδομές «βιοδιυλιστηρίων» δέν υπάρχουν ακόμα (έκτός μιᾶς ἢ δύο περιπτώσεων στη Γερμανία) και εκτιμᾶται ότι μιᾶ πανευρωπαϊκῆ ανάπτυξή τους θα απαιτήσει επενδύσεις τῆς τάξης τῶν 50-100 δισεκατομμυρίων ευρώ (SZABÓ 2016),

iii. ἡ παραγωγή βιοκαυσίμων και ἡ πριμοδότησή της πρέπει να διαφοροποιηθεῖ κατά είδος βιοκαυσίμου και κατά τόπο παραγωγῆς με κύριο γνώμονα τὴν ὑπαρξη τῶν απαραίτητων πρώτων ὑλών σε βάθος χρόνου. Π.χ. ἡ παραγωγή αἰθανόλης έμφανίζεται ως ὀλιγότερο έπιβλαβῆς για τὸ περιβάλλον άπ' ὅ,τι τὸ βιοντῆζελ και τὸ βιομεθάνιο, ένῶ τὸ βιοαέριο και τὸ βιομεθάνιο πὸ παράγεται από αυτό ένδεικνυται για περιοχές όπου υπάρχουν μεγάλα άποθέματα γεωργικῶν ὀργανικῶν και άνόργανων άποβλήτων (ὅπως ἡ Ελλάδα). Στις μέχρι σήμερα πολιτικές και στα κείμενα τῆς ΕΕ δέν γίνεται τέτοια διαφοροποίηση, ένῶ για τὴν Ελλάδα έχει ἤδη ὑποστηριχθεῖ στα προηγούμενα ἡ ανάγκη χάραξης συνολικῆς στρατηγικῆς για τὰ καύ-

σιμα ή όποία θά περιλαμβάνει και αύτοϋ τοϋ είδους τις άποφάσεις (ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2016 και ΖΑΦΕΙΡΗΣ 2016).

Τέλος, όσον άφορᾷ τήν αύξηση τῆς «άποδοτικότητας» τοϋ όλου συστήματος τῶν Μεταφορῶν μέσα άπό χρήση «εύφυίας» και άλλων συναφῶν τεχνολογιῶν, ή άναμενόμενη μείωση τῶν έκπομπῶν άναμένεται νά εἶναι μὲν σημαντική αλλά όχι καθοριστική. Στο παρελθόν, τέτοιου τύπου βελτιώσεις στην «άποδοτικότητα» τοϋ συστήματος, πού ἐπῆλθαν μὲ τῆ χρήση νέας τεχνολογίας σηματοδοτῶν και ἐξελιγμένων άλγορίθμων συντονισμού τους, ἐπέφεραν και βελτιώσεις στην κυκλοφοριακή ροή τῆς τάξης τοϋ 10-15% σέ σχέση με τήν προηγούμενη κατάσταση. Δέν ὑπάρχει συνεπῶς λόγος νά περιμένουμε μεγαλύτερες βελτιώσεις άπό αυτές ως τάξη μεγέθους με τήν ἐφαρμογή τῶν νέων «εύφυῶν» τεχνολογιῶν και συστημάτων βελτίωσης τῆς άποδοτικότητας συστήματος πού προαναφέρθηκαν.

Τό συμπέρασμα άπό τις παραπάνω θεωρήσεις εἶναι ὅτι ή άποτελεσματικότητα τῶν ἑπτά «συνιστωσῶν» πού αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο για τήν άπεξάρτηση τοϋ συστήματος τῶν Μεταφορῶν άπό τόν ἄνθρακα δέν εἶναι κάτι αὐταπόδεικτο, οὔτε εἶναι δυνατόν νά προβλεφθεῖ ἐπακριβῶς τὸ ἄν ή ἐφαρμογή τους θά ἐπιτύχει τις ἐπιθυμητὲς μειώσεις έκπομπῶν και τὰ ὅρια πού τίθενται άπό τήν ΕΕ ή άπό τις ἐπί μέρους ἐθνικές κυβερνήσεις. Χρειάζεται συνεπῶς συνεχῆς ἐπαλήθευση και ἐπιβεβαίωση τῶν άποτελεσμάτων στην πράξη και θά πρέπει νά σχεδιαστοῦν και νά ἐφαρμοστοῦν τὰ σχετικά «ἐργαλεῖα» για νά γίνει αὐτό σύντομα και για ὅσο θά εἶναι σέ ἐξέλιξη ή ὑλοποίηση και ή ἐφαρμογή τους.

## 6.2 Συμπεράσματα για τήν Ἑλλάδα

Ἡ παρατεταμένη και βαθιά οικονομική κρίση πού βιώνει ή Ἑλλάδα τὰ τελευταῖα ὀκτώ χρόνια ἐπηρεάζει προφανῶς και τήν ικανότητά της νά σχεδιάσει και νά ὑλοποιήσει τις ἀναγκαῖες ἀλλαγές και ὑποδομές πού θά τῆς ἐπιτρέψουν τῆ μερική ή ὀλική πρακτική ἐφαρμογή τῶν ἑπτά «συνιστωσῶν» τοϋ μελλοντικοϋ –άπεξαρτημένου άπό τόν ἄνθρακα– συστήματος Μεταφορῶν.

Στόν τομέα τῆς παραγωγῆς και χρήσης ἐναλλακτικῶν καυσίμων ή σημερινή κατάσταση ἔχει ἐπηρεαστεῖ σημαντικά άπό τήν οικονομική κρίση τόσο θετικά ὅσο και ἄρνητικά. Στα θετικά περιλαμβάνεται ή αύξημένη χρήση τοϋ LPG, ή ὅποια ἐξαπλώνεται πολὺ γρήγορα λόγω τοϋ μειωμένου

κόστους έναντι της βενζίνης. Το βιοντίζελ 2ης γενιάς από πρώτες ύλες οργανικής βάσης οι οποίες είναι ανανεώσιμες παράγεται μὲν ἀλλὰ περιορισμένα καὶ δὲν ἔχει ἐπεκταθεῖ ἱκανοποιητικὰ ἀκόμη στὴν ἀγορὰ λόγω φορολογικῶν κυρίως ἐπιβαρύνσεων. Ὁ ἠλεκτρισμὸς ὡς («καύσιμο») κίνησης στὴν Ἑλλάδα βρίσκεται ἀκόμα σὲ ἐμβρυϊκὸ στάδιο. Ἡ χρῆση τῶν συμβατικῶν καυσίμων παρουσιάζει γενικὰ πτωτικὲς τάσεις λόγω τῆς οἰκονομικῆς κρίσης καὶ τῆς ὑψηλῆς φορολογίας τους καὶ μάλιστα σὲ ποσοστὰ τῆς τάξης τοῦ 30 καὶ 40% ἀνάλογα μὲ τὸ καύσιμο, ἀλλὰ αὐτὸ δὲν μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ ὡς μόνιμο φαινόμενο ἢ ἐνδεδειγμένη πολιτικὴ.

Ἡ χώρα πρέπει συνεπῶς στὰ ἀμέσως ἐπόμενα χρόνια νὰ διαμορφώσει καὶ νὰ ἀκολουθήσει μιὰ σταθερὴ πολιτικὴ σχετικὰ μὲ τὴν παραγωγή καὶ κατανάλωση ἐνέργειας στὶς Μεταφορές. Ἡ πολιτικὴ αὐτὴ θὰ πρέπει νὰ εἶναι ἄμεσα σχετιζόμενη μὲ τὴν περιβαλλοντικὴ πολιτικὴ τῆς καὶ τὴν πολιτικὴ γιὰ τὴν κλιματικὴ ἀλλαγὴ, ἡ ὁποία θὰ πρέπει νὰ πληροῖ μεταξὺ ἄλλων καὶ τὰ κριτήρια τῆς πρόσφατης Διάσκεψης τῶν Παρισίων. Ταυτόχρονα ἡ ἐνεργειακὴ αὐτὴ πολιτικὴ τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν θὰ πρέπει νὰ συνδυάζεται μὲ μιὰ πολιτικὴ γιὰ τὴν οἰκονομικὴ ἀνάπτυξη τῆς χώρας καὶ τὴν ὅποια πολιτικὴ Μεταφορῶν στὸν βαθμὸ πὺ αὐτὴ ὑπάρχει καὶ ὑλοποιεῖται. Στὸ πλαίσιο αὐτὸ προτάθηκε προηγουμένως ἡ διαμόρφωση καὶ ὑλοποίηση μιᾶς Ἐθνικῆς Ἐνεργειακῆς Στρατηγικῆς γιὰ τὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν ἡ ὁποία θὰ στοχεύει τόσο στὴ βέλτιστη περιβαλλοντικὴ προστασία τῶν περιοχῶν πὺ ἐπηρεάζονται ἀπὸ τὴν ὀδικὴ κυρίως κυκλοφορία ὅσο καὶ στὴν ἐπίτευξη τῶν στόχων πὺ σχετίζονται μὲ τὴν κλιματικὴ ἀλλαγὴ μέσα ἀπὸ ἐφαρμογὴ συνδυασμοῦ λύσεων στὴ βάση τῶν ἑπτὰ «συνιστωσῶν».

Ἡ χώρα μας ἔχει δυστυχῶς μακρὰ παράδοση ἀσυνέπειας πολιτικῶν καὶ καθυστερημένων ἐνεργειῶν ὅσον ἀφορᾷ τὶς ὑποχρεώσεις τοῦ κράτους. Εἶναι πιθανὸ τὸ ἴδιο νὰ συμβεῖ καὶ στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν καὶ τῶν ἐνεργειακῶν πολιτικῶν πὺ σχετίζονται μὲ αὐτές. Ἄς ἐλπίσουμε ὅτι ἡ παρούσα ἐργασία θὰ δώσει τὸ ἔναυσμα καὶ τὸ ἐρέθισμα γιὰ ἀλλαγὴ νοοτροπίας καὶ τακτικῆς.

## Άναφορές

- ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ, *Ένέργεια και Μεταφορές στην Ελλάδα: Προϋποθέσεις και μέτρα για καθαρή και βιώσιμη ενέργεια στις Μεταφορές, Ακαδημία Αθηνών, Έπιτροπή Ένέργειας, Πρακτικά Ημερίδας «Μεταφορές και Ένέργεια», 7 Οκτωβρίου 2016, Αθήνα 2016.*
- BAFFES, J. H. – HANIOTIS, A., *Placing the 2006/08 Commodity Price Boom into Perspective*, World Bank, Policy Research Working Paper 5371, Washington DC, Ιούλιος 2010.
- BARRETT, S. R. H. – SPETH, R. L. – EASTHAM, S. D. – DEDOUSSI, I. C. – ASHOK, A. – MALINA, R. – KEITH, D. W., *Impact of the Volkswagen emissions control defeat device on US public health*, *Environmental Research Letters*, 10, 11, 2015, σ. 1-10.
- CAPIRE, *European Roadmap Electrification of Road Transport 2nd Edition*, EU funded project CAPIRE, Deliverable 5.4, editors BRIEC, E. – RENAULT, C. M. – MEYER, G. – MÜLLER, B., *σέ συνεργασία με ERTRAC, EPosS, SmartGrids, Βρυξέλλες 2012, στο www.green-cars-initiative.eu*
- CHOSSIÈRE, G. P. – MALINA, R. – ASHOK, A. – DEDOUSSI, I. C. – EASTHAM, S. D. – SPETH, R. L. – BARRETT, S. R. L., *Public health impacts of excess NOx emissions from Volkswagen diesel passenger vehicles in Germany*, *Environmental Research Letters*, 12, 3, 2017, σ. 1-14.
- ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, Γ. Α., *Τεχνολογικές εξελίξεις και αναμενόμενες καινοτομίες στο σύστημα των αστικών Μεταφορών και συγκοινωνιών: Έπιπτώσεις και ένδεικνύμενες πολιτικές για την Ελλάδα, Πρακτικά τής Ακαδημίας Αθηνών, 90, Α', Αθήνα 2015.*
- , *Ένεργειακή αποτύπωση του τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα και οι προοπτικές για το μέλλον, Ακαδημία Αθηνών, Πρακτικά Ημερίδας «Μεταφορές και Ένέργεια», 7 Οκτωβρίου 2016, Αθήνα 2016.*
- EE, *European Transport policy for 2010: time to decide, Εύρωπαϊκή Έπιτροπή, report COM(2001) 370 final, Brussels, 12.9.2001.*
- E4TECH, *The Fuel Cell Industry Review 2016*, E4Tech, Λωζάννη 2016, στο [www.FuelCellIndustryReview.com](http://www.FuelCellIndustryReview.com)
- EUROSTAT, *Transport statistics*, Eurostat Luxembourg 2016.
- ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, *Χάρτης πορείας για έναν έναιο χώρο Μεταφορών – Για ένα ανταγωνιστικό και ενεργειακά αποδοτικό σύστημα Μεταφορών, COM(2011) 144, Βρυξέλλες, 28.3.2011.*
- , *Χάρτης πορείας για τη μετάβαση σέ μιá ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών επιπέδων άνθρακούςτων έκπομπών τó 2050 (Energy Road Map 2050), Εύρωπαϊκή Έπιτροπή, COM(2011) 885 final, Βρυξέλλες, 15.12.2011.*

- , *Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation*, Ανακοίνωση Ευρωπαϊκής Έπιτροπής άριθ. C, Βρυξέλλες 2015, 6317 final.
- , *Ευρωπαϊκή Στρατηγική για κινητικότητα χαμηλών εκπομπών (A European Strategy for Low-Emission Mobility)*, *Ευρωπαϊκή Έπιτροπή*, COM(2016) 501 final, Βρυξέλλες, 20.7.2016.
- ΖΑΦΕΙΡΗΣ, ΧΡ., *Αναβάθμιση βιοαερίου σέ βιομεθάνιο – Προοπτική για τó αύριο, Ακαδημία Αθηνών, Πρακτικά Ημερίδας «Μεταφορές και Ένέργεια», 7 Όκτωβρίου 2016, Αθήνα 2016.*
- IEA, *Electric and Plug-in Hybrid Vehicle Roadmap*, International Energy Agency, Παρίσι 2015, στέ [www.iea.org/roadmaps](http://www.iea.org/roadmaps)
- , *CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustion, 2016 Edition*, International Energy Agency, Παρίσι 2016.
- IPCC Transport, *Transport and its Infrastructure, in Climate Change: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report*, Cambridge University Press, KAHN RIBEIRO, S., S. KOBAYASHI, M. BEUTHE, J. GASCA, D. GREENE, D. S. LEE, Y. MUROMACHI, P. J. NEWTON, S. PLOTKIN, D. SPERLING, R. WIT, P. J. ZHOU, New York 2007.
- ITF, *Decarbonising Transport: Helping decision makers establish pathways to carbon-neutral mobility*, International Transport Forum, interim report, Παρίσι 2017, στέ [www.itf-oecd.org/decarbonising-transport](http://www.itf-oecd.org/decarbonising-transport)
- LEONHARD, R., *Driving with fire: Ways to CO<sub>2</sub> free mobility, στέ 15. Internationales Stuttgarter Symposium Automobile und Motorentechnik*, editors BARGENDE, M. – REUSS, H.-CH. – WIEDEMANN, J., Springer, 15th International Stuttgarter Symposium, Proceedings, Στουτγάρδη 2015, σ. 1349-1361 και στέ <http://www.springer.com/gp/book/9783658088439>
- MITCHELL, D., *A note on Rising Food Crisis*, The World Bank, Policy Research Working Paper No. 4682, Washington DC, Όύλιος 2008.
- OECD, *Economic Assessment of Biofuel Support Policies*. OECD, *Directorate for Trade and Agriculture*, Παρίσι, 16.7.2008.
- OHE, *Paris Agreement*. Παρίσι, 5 Δεκεμβρίου 2015, και στέ: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>: Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, Twenty-first session (COP21).
- PAGLIARO, M. – KONSTANDOPOULOS, G. A. – CIRIMINNA, R. – PALMISANO, G., *Solar hydrogen: Fuel of the near future*, *Energy and Environmental Science*, 3, 3, 2010, σ. 279-287.
- ΣΑΣΘ, *Σχέδιο Βιώσιμης Άστικής Κινητικότητας για τή Μητροπολιτική Περιοχή Θεσσαλονίκης, Συμβούλιο Άστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης*, στέ πλαίσιο τού ευρωπαϊκού έργου ATTAC, Βρυξέλλες 2012.

SZABÓ, Z., EU's fanciful transport decarbonisation strategy. *EURACTIV Network*, Βρυξέλλες, 12.9.2016, στο <https://www.euractiv.com/section/transport/opinion/eus-fanciful-transport-decarbonisation-strategy/>

ΥΠΕΚΑ, *Εθνική Στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή*, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα, Απρίλιος 2016.

---



ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 6ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2017

---

ΥΠΑΡΞΗ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΣΥΜΠΑΝ

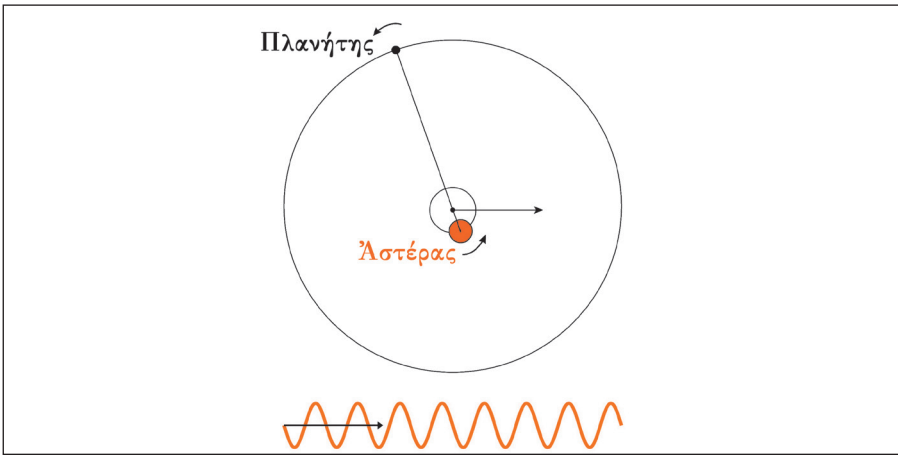
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ  
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΥ

Πρὶν ἀπὸ λίγες ἐβδομάδες ἔγινε μιὰ ἐντυπωσιακὴ ἀνακοίνωση ἀπὸ τὴ NASA: Ἀνακαλύφθηκαν γύρω ἀπὸ ἓναν μικρὸ ἀστέρα 7 πλανῆτες μὲ διαστάσεις παρόμοιες μὲ τὴ Γῆ, ἐκ τῶν ὁποίων μάλιστα οἱ 3 εὐρίσκονται στὴν «κατοικήσιμη ζώνη» γύρω ἀπὸ τὸν ἀστέρα. Ἡ ἀνακάλυψη αὐτὴ ἔφερε στὸ προσκῆνιο τὴ συζήτηση γιὰ τὸ ἂν ὑπάρχει ἔξω ἀπὸ τὴ Γῆ ζωὴ παρόμοια μὲ τὴ ζωὴ στὴ Γῆ.

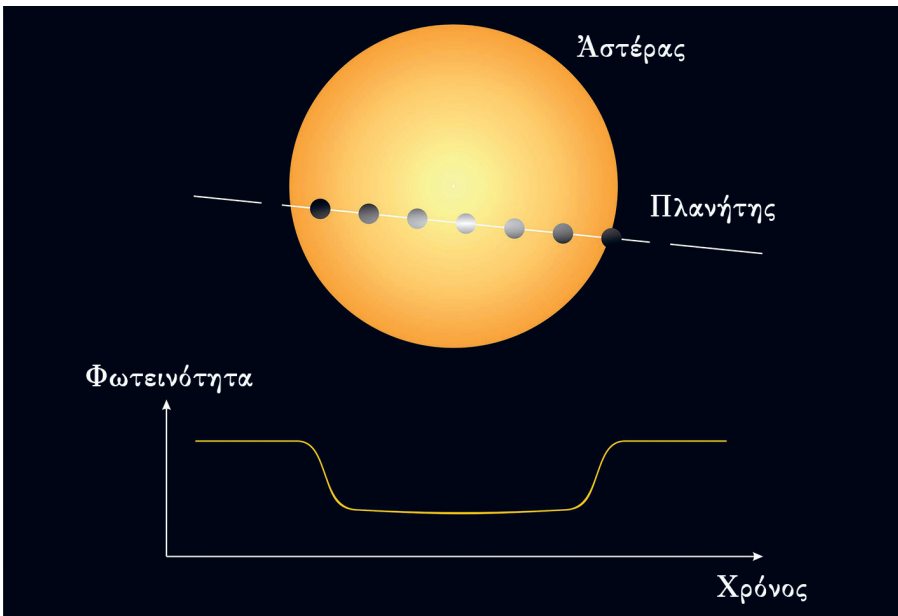
Τὰ τελευταῖα χρόνια ἀνακαλύφθηκαν πολλὰ πλανητικὰ συστήματα ἔξω ἀπὸ τὸ ἡλιακὸ μας σύστημα. Ἡ ἀνακάλυψή τους γίνεται μὲ δύο κυρίως τρόπους:

(Α) Ἄν ἓνας ἀστέρας συνοδεύεται ἀπὸ ἓναν πλανήτη, τότε ὁ ἀστέρας αὐτὸς καὶ ὁ πλανήτης κινοῦνται σὲ ἐλλειπτικὲς τροχιὰς γύρω ἀπὸ τὸ κοινὸ κέντρο βάρους (Σχῆμα 1). Ἐξ ἄλλου τὸ κέντρο βάρους Κ κινεῖται στὸν χῶρο μὲ εὐθύγραμμη καὶ ὁμαλὴ κίνηση. Κατὰ συνέπειαν ἡ τροχιὰ τοῦ ἀστέρα εἶναι ἓνας συνδυασμὸς τῆς εὐθύγραμμης καὶ τῆς ἐλλειπτικῆς τροχιᾶς (Σχῆμα 1). Ἐν γένει ὁ πλανήτης εἶναι ἀόρατος γιὰτὶ εἶναι πολὺ μικρὸς καὶ ἡ ἔλλειψη ποὺ διαγράφει ὁ κεντρικὸς ἀστέρας εἶναι πολὺ μικρὴ. (Γιὰ παράδειγμα, ἂν θεωρήσουμε τὴν κίνηση τοῦ Ἡλίου γύρω ἀπὸ τὸ κέντρο μάζας τοῦ Ἡλίου καὶ τῶν πλανητῶν, αὐτὴ εἶναι περίπου κυκλικὴ μὲ ἀκτίνα λίγο μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀκτίνα τοῦ Ἡλίου.) Ὅμως μὲ ὄργανα ἀκριβείας ἔχουν διαπιστωθεῖ πολλοὶ ἀστέρες ποὺ παρουσιάζουν ἐκτροπὲς ἀπὸ τὴν εὐθύγραμμη κίνηση καὶ ἀπὸ τίς ἐκτροπὲς αὐτὲς ὑπολογίζεται ἡ μάζα τοῦ πλανήτη.

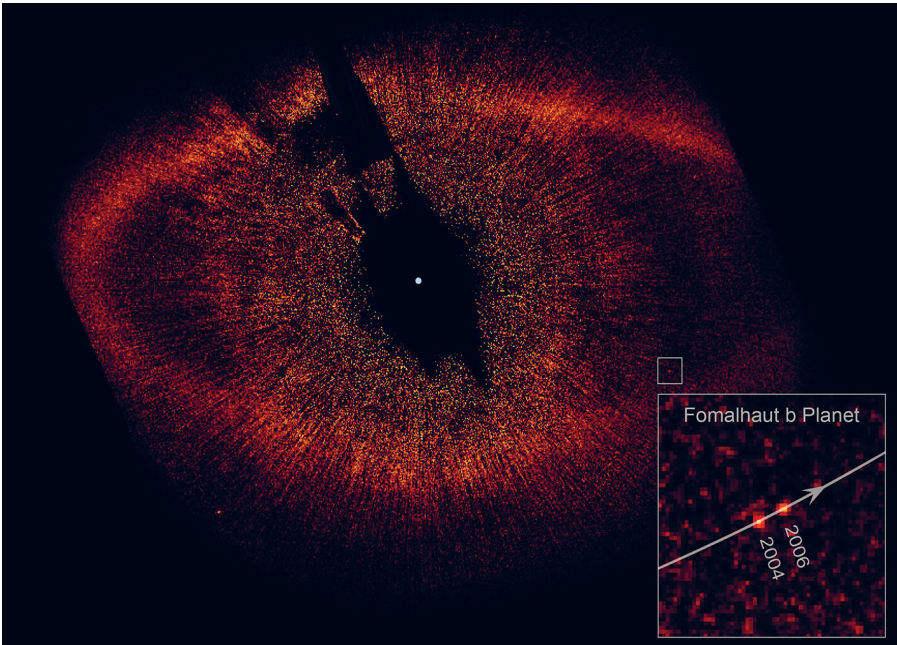




Σχήμα 1: Ο αστέρας και ο πλανήτης του περιστρέφονται γύρω από το κοινό κέντρον μάζας, το οποίο έχει μία εθύγραμμη κίνηση. Έπομένως η παρατηρούμενη τροχιά του αστέρα είναι μία ταλάντωση γύρω από την εθύγραμμη τροχιά.



Σχήμα 2: Όταν ένας πλανήτης διέρχεται μπροστά από τον αστέρα, η λαμπρότης του αστέρα ελαττώνεται.



Σχῆμα 3: Ἡ πρώτη ἄμεση παρατήρηση πλανῆτη μέσα σὲ ἓνα νέφος πὺν περιβάλλει τὸν ἀστὲρα Fomalhaut. Ἡ θέση τοῦ πλανῆτη ἀλλάζει ἀπὸ τὸ 2004 στὸ 2006.

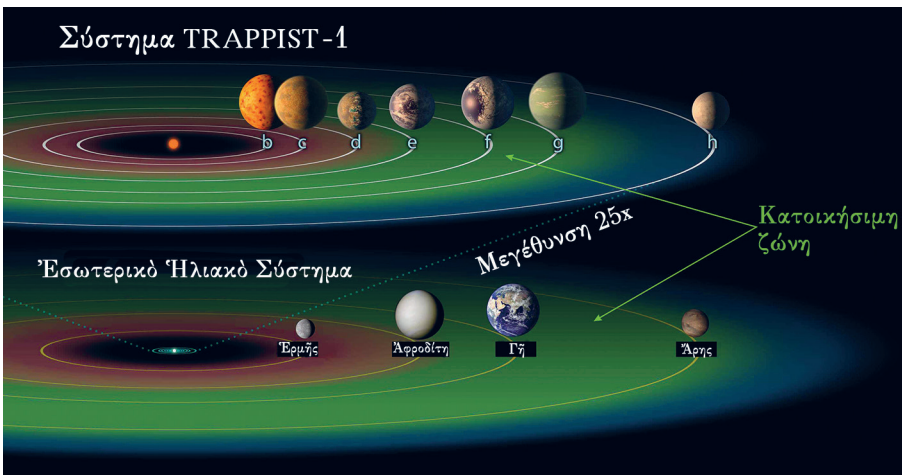
(B) Ἡ δευτέρα μέθοδος εἶναι φωτομετρική. Ἐὰν ὁ πλανῆτης περνᾶει μπροστὰ ἀπὸ τὸν ἀστὲρα, ἡ λαμπρότης τοῦ ἀστέρος ἐλαττώνεται κατὰ τι καὶ ἀπὸ τὴν ἐλάττωση αὐτὴ ὑπολογίζονται οἱ διαστάσεις τοῦ πλανῆτη (Σχῆμα 2).

Μέχρι τώρα ἔχουν βρεθεῖ πάνω ἀπὸ 3.500 πλανῆτες καὶ ὁ ἀριθμὸς τους αὐξάνει συνεχῶς. Ἐν γένει πάντως οἱ πλανῆτες αὐτοὶ δὲν παρατηροῦνται ἄμεσα, ἀλλὰ ἡ ὑπαρξὴ τους διαπιστώνεται ἔμμεσα. Λίγοι μόνον πλανῆτες ἔχουν παρατηρηθεῖ ἄμεσα καὶ ὁ πρῶτος ἀπὸ αὐτοὺς παρατηρήθηκε ἀπὸ τὸν Ἑλληνα Paul Kalas ἀπὸ τὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Berkeley (2008) (Σχῆμα 3).

Οἱ περισσότεροι πλανῆτες πὺν ἀνακαλύφθηκαν εἶναι πολὺ μεγάλοι, σὰν τὸν Δία καὶ τὸν Κρόνο στὸ ἡλιακὸ μας σύστημα. Ἐμᾶς ὅμως μᾶς ἐνδιαφέρουν οἱ πλανῆτες πὺν εἶναι παρόμοιοι μὲ τὴ Γῆ, καὶ αὐτοὶ εἶναι πῶ δύσκολο νὰ παρατηρηθοῦν, γιατί τὰ φαινόμενα πὺν προκαλοῦν στὶς τροχιές τῶν ἀστέρων ἢ στὴ φωτεινότητά τους εἶναι πολὺ μικρά.



Σχήμα 4: Οι πλανήτες του TRAPPIST-1 συγκρινόμενοι με τους εσωτερικούς πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος.



Σχήμα 5: Οι κατοικήσιμες ζώνες γύρω από τον TRAPPIST-1 και γύρω από τον Ήλιο.

Γι' αυτό έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ή πρόσφατη ανακάλυψη της NASA που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό *Nature* στις 23 Φεβρουαρίου 2017. Οι επιστήμονες της NASA βρήκαν έναν αστέρα σε απόσταση 40 ετών φωτός από εμάς, που ονομάζεται TRAPPIST-1 και έχει 7 πλανήτες με διαστάσεις παρόμοιες με τις διαστάσεις της Γῆς (Σχήμα 4).

Μάλιστα οι 3 από τους πλανήτες αυτούς βρίσκονται μέσα στην «κατοικήσιμη περιοχή» γύρω από τον αστέρα, δηλαδή σε απόσταση τέτοια ώστε να μπορεί να υπάρξει στον πλανήτη αυτόν νερό σε υγρή μορφή. Στο Σχήμα 5 έχουμε σημειώσει την κατοικήσιμη περιοχή γύρω από τον TRAPPIST-1 και γύρω από τον Ήλιο, δηλαδή την περιοχή όπου η μέση θερμοκρασία είναι μεταξύ 0° και 100°. Αν ένας πλανήτης είναι πολύ κοντά στον αστέρα, η θερμοκρασία του είναι πολύ μεγάλη και όλο το νερό έχει εξατμισθεί. Έξ' άλλου, αν ο πλανήτης είναι πολύ μακριά από τον αστέρα, η θερμοκρασία του είναι πολύ μικρή και αν υπάρχει νερό θα είναι υπό τη μορφή πάγου.

Η ύπαρξη υγρού νερού είναι ένα απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη ζωής παρόμοιας με τη ζωή της Γης, γιατί όλες οι βασικές διεργασίες γίνονται με τη βοήθεια του νερού. Αν η θερμοκρασία ενός πλανήτη είναι πάνω από 100° ή μονίμως κάτω από το μηδέν, οι χημικές αντιδράσεις που δημιουργεί η ζωή είναι ιδιαίτερα δύσκολες, αν όχι εντελώς απαγορευτικές.

Στο ήλιακό μας σύστημα η κατοικήσιμη περιοχή εκτείνεται περίπου από την Αφροδίτη μέχρι τον Άρη. Στον έσωτερικό πλανήτη, τον Έρμη, η θερμοκρασία φθάνει τους 400° Κελσίου, ενώ στον Δία μετά τον Άρη η θερμοκρασία είναι γύρω στους 150° Κελσίου υπό το μηδέν, άρα και στις δύο περιπτώσεις η ζωή φαίνεται να είναι αδύνατη. Άλλωστε στον Δία υπάρχει ένα ακόμη εμπόδιο για την ύπαρξη ζωής, που είναι η μεγάλη πίεση της ατμόσφαιρας στην επιφάνειά του, η οποία είναι περίπου ένα εκατομμύριο γήινες ατμόσφαιρες.

Έξ' άλλου και η Αφροδίτη, που βρίσκεται στα όρια της κατοικήσιμης περιοχής, έχει πολύ μεγάλη θερμοκρασία (πάνω από 400°), που καθιστά αδύνατη την ανάπτυξη ζωής. Όμως η μεγάλη θερμοκρασία της Αφροδίτης οφείλεται σε ένα φαινόμενο θερμοκηπίου λόγω της ύπαρξης νεφών που την καλύπτουν εξ' ολοκλήρου. Αν τα νέφη αυτά φύγουν, τότε η Αφροδίτη θα μπορεί να γίνει κατοικήσιμη.

Ο Άρης πάντως έχει τις πιο συγγενείς συνθήκες με αυτές της Γης (Σχήμα 6). Η θερμοκρασία του είναι πολλές φορές άνω του μηδενός (μέχρι 30° Κελσίου), έχει ένα ποσό νερού, έχει όζυγόνο – αν και πολύ λιγότερο από το όζυγόνο της Γης –, έχει κλιματικές μεταβολές, ανέμους κ.λπ. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι 0,006 ατμόσφαιρες, δηλαδή σαν να είμαστε στη Γη σε ύψος μεγαλύτερο από το Έβερεστ.



Σχήμα 6: Ο Άρης έχει θερμοκρασία και άλλες συνθήκες που θα μπορούσαν να επιτρέψουν την ανάπτυξη ζωής.

Όπως είναι γνωστό, γίνονται πολλές προσπάθειες να εύρεθούν ίχνη ζωής (έστω μικροβιακής ζωής) στον Άρη. Όμως μέχρι στιγμής δεν υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξη ζωής<sup>1</sup>.

Το κύριο συμπέρασμά μας είναι ότι για να υπάρχει ζωή δεν αρκεί ένας πλανήτης να εύρίσκεται μέσα στην κατοικήσιμη ζώνη γύρω από έναν αστέρα. Χρειάζεται επίσης να εύρεθεί ή σύσταση της ατμόσφαιρας του πλανήτη, να διαπιστωθεί αν έχει όξινο και υδρατμούς, να εύρεθεί ή πίεση της ατμόσφαιρας κ.ο.κ.

Γι' αυτό τον λόγο ή πρώτη προτεραιότητα στη μελέτη των έξω-ηλιακών πλανητικών συστημάτων είναι ή προσπάθεια να εύρεθούν φάσματα των ατμοσφαιρών των πλανητών που θα μάς δώσουν στοιχεία για τη σύσταση των ατμοσφαιρών αυτών.

---

1. Τα τελευταία χρόνια ή NASA κάνει πολλές προσπάθειες να μελετήσει τις συνθήκες που υπάρχουν σε όρισμένους δορυφόρους του Διός και του Κρόνου, οι οποίες ίσως επιτρέπουν την ύπαρξη νερού σε υγρή μορφή.

Μια ιδιαίτερη προσπάθεια να μελετηθεί ή ατμόσφαιρα ενός πλανήτη αναφέρεται στον πλανήτη που διαπιστώθηκε ότι έχει ο πλησιέστερος αστέρας προς τον Ήλιο, ο Proxima Centauri, που βρίσκεται στον άστερισμό του Κενταύρου και σε απόσταση περίπου 4 ετών φωτός από τον Ήλιο. Ο πλανήτης αυτός βρίσκεται μέσα στην κατοικήσιμη ζώνη γύρω από τον Proxima Centauri. Άρα η μελέτη του έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

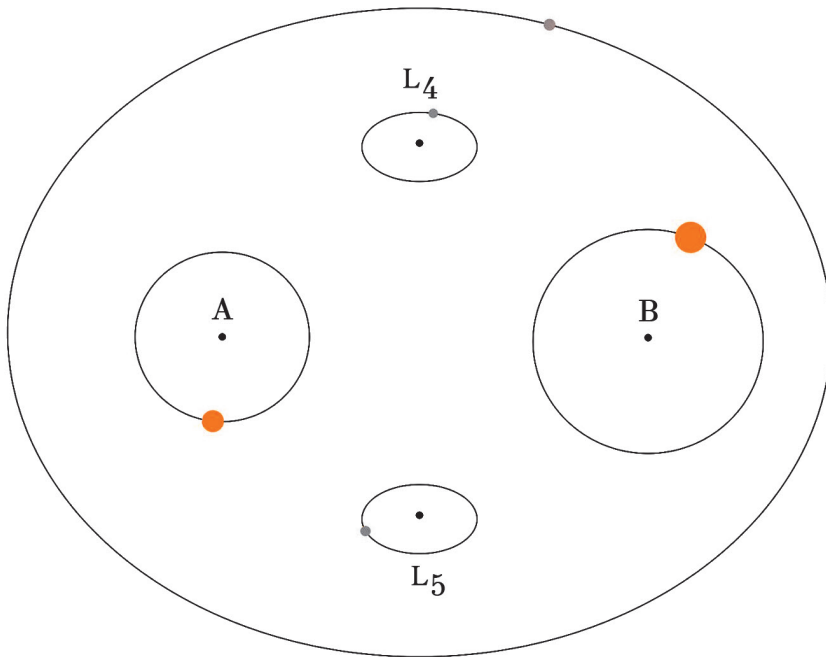
Ένα ενδιαφέρον θέμα σχετικό με τους εξωηλιακούς πλανήτες αποτελεί ή μορφή των τροχιών των πλανητών και ή ευστάθεια των τροχιών αυτών. Με το θέμα αυτό είχε ασχοληθεί πρωτοπορώντας ο αείμνηστος Ιωάννης Χατζηδημητρίου, αντεπιστέλλον μέλος της Ακαδημίας Αθηνών (2008, 2009).

Πολλές τροχιές είναι περίπου κυκλικές, δηλαδή έχουν μικρή έκκεντρότητα. Οί τροχιές αυτές είναι εν γένει ευσταθείς. Όταν όμως υπάρχουν περισσότεροι του ενός πλανήτες, αυτοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και σε πολλές περιπτώσεις προκαλούν αστάθεια των τροχιών. Παραδείγματος χάριν, υπολογίζεται ότι ο πλανήτης Έρμης, μετά από μερικά δεκατομμύρια έτη, θα φύγει από το ήλιακό σύστημα ή θα πέσει πάνω στον Ήλιο. Ιδιαίτερη επίσης σημασία έχουν οι τροχιές σε διπλούς αστέρες, δεδομένου ότι οι περισσότεροι αστέρες στο Σύμπαν είναι διπλοί ή πολλαπλοί.

Στην περίπτωση διπλών αστερών υπάρχουν πλανητικές τροχιές γύρω από έναν από τους δύο αστέρες, υπάρχουν όμως και τροχιές που περιβάλλουν και τους δύο αστέρες σε μεγάλες αποστάσεις από αυτούς. Υπάρχουν ακόμη τροχιές γύρω από τα σημεία Lagrange L4, L5 που σχηματίζουν ισόπλευρα τρίγωνα με τους δύο αστέρες του διπλού συστήματος (Σχήμα 7). Έτσι διαμορφώνονται ανάλογα οι κατοικήσιμες περιοχές γύρω από τους αστέρες αυτούς. Σε πολλές περιπτώσεις οι τροχιές είναι ασταθείς και δέν παρέχουν ένα μακρόβιο, σταθερό περίπου καθεστώς, που θα επέτρεπε την ανάπτυξη και την εξέλιξη της ζωής.

Άς σημειωθεί εδώ ότι, ακόμη και σε περιπτώσεις που όρισμένοι πλανήτες βρίσκονται στην κατοικήσιμη ζώνη, οι συνθήκες μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές από τις συνθήκες που ισχύουν στη Γη. Για παράδειγμα, οι πλανήτες που ανακάλυψε πρόσφατα ή NASA είναι τόσο κοντά στον κεντρικό αστέρα ώστε περιστρέφονται ταχύτατα γύρω από αυτόν. Έτσι ή διάρκεια του έτους στους πλανήτες αυτούς είναι ελάχιστες ημέρες (από 1,5 μέχρι 12 ημέρες). Επίσης στον πλανήτη γύρω από τον Proxima Centauri το έτος διαρκεί 11 ημέρες.





Σχήμα 7: Τροχιές γύρω από ένα ζεύγος αστέρων A, B.

Πόσοι όμως είναι οι πιθανοί πλανήτες γύρω από τους άστρες του Γαλαξίου μας; Ο Γαλαξίας μας περιέχει πάνω από 100 δισεκατομμύρια άστρες και οι περισσότεροι από αυτούς είναι δυνατόν να συνοδεύονται από πλανήτες. Πολλοί από αυτούς τους πλανήτες θα πρέπει να βρίσκονται σε κατοικήσιμες ζώνες. Άλλα είναι άγνωστο πόσοι από αυτούς τους πλανήτες έχουν όλες τις κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και χημικής σύστασης της ατμόσφαιράς τους ώστε να μπορούν να αναπτύξουν ζωή.

Άς υποθέσουμε όμως ότι ένας πλανήτης έχει όλες τις προϋποθέσεις για να αναπτύξει ζωή. Σημαίνει αυτό ότι νομοτελειακά θα αναπτύξει ζωή; Έδω εμφανίζεται το πρόβλημα της αρχικής δημιουργίας της ζωής.

Η ζωή αρχίζει όταν δημιουργηθεί το πρώτο μόριο DNA που έχει τη δυνατότητα να αναπαραχθεί. Άλλα ποιά είναι η πιθανότητα να δημιουργηθεί τυχαία ένα μόριο DNA;

Το μόριο του DNA αποτελείται από τουλάχιστον 1000 άτομα. Άς υποθέσουμε ότι όλα τα άτομα άνθρακος, άζωτου, φωσφόρου κ.λπ. είναι διαθέσιμα και κάνουμε τυχαίες τοποθετήσεις των ατόμων αυτών. Το πλήθος

τῶν δυνατῶν συνδυασμῶν τῶν ἀτόμων αὐτῶν εἶναι τῆς τάξεως τῶν  $1000^{1000}$ . Ἐπομένως ἡ πιθανότης νὰ ἔλθουν τὰ άτομα αὐτὰ στὴ σωστὴ σειρά πού χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴ διπλὴ ἑλίκια τοῦ DNA εἶναι μὴ μηδενικὴ, ἀλλὰ τῆς τάξεως τοῦ  $1/1000^{1000}$ , δηλαδή ἓνας ἀπίστευτα μικρὸς ἀριθμὸς. Ἄν ὑπολογίζαμε ὅλες τὶς δυνατὲς περιπτώσεις, θὰ χρειαζόμασθε ἓναν ὑπολογιστὴ πολὺ μεγαλύτερο ἀπὸ ὅλο τὸ ὄρατὸ Σύμπαν, πού θὰ δούλευε μὲ τεράστια ταχύτητα ἐπὶ ἀναρίθμητα δισεκατομμύρια ἔτη γιὰ νὰ βρεῖ τὶς δυνατὲς εὐσταθεῖς καταστάσεις ἑνὸς μορίου DNA.

Τώρα βέβαια πού γνωρίζουμε πειραματικὰ τὴ δομὴ τοῦ DNA, εἶναι σχετικὰ εὐκόλο νὰ ὑπολογίσουμε τὶς δυνάμεις πού συνδέουν τὰ άτομα τοῦ DNA μεταξύ τους καὶ νὰ βροῦμε τὴν εὐστάθεια τῆς δομῆς αὐτῆς. Ἀλλὰ χωρὶς αὐτὴ τὴ γνώση θὰ ἦταν πρακτικὰ ἀδύνατο νὰ ὑπολογίσουμε θεωρητικὰ τὴ δομὴ τοῦ DNA, μὲ τὶς ἀπίστευτες ιδιότητες, πού ἀποτελεῖ τὴ βάση τῆς γνωστῆς μας ζωῆς.

Τώρα τὸ ἂν ἄλλες ἐξωτικὲς μορφὲς ζωῆς θὰ μπορούσαν νὰ δημιουργηθοῦν μὲ ἄλλους συνδυασμοὺς ἀτόμων, αὐτὸ εἶναι κάτι τὸ ἐντελῶς ἀπροσδιόριστο καὶ δὲν εἴμαστε σὲ θέση νὰ ἐκτιμήσουμε ἂν ὑπάρχει τέτοια δυνατότητα.

Ἕνας διάσημος ἀστρονόμος, ὁ Fred Hoyle, ὑπολόγισε ὅτι ἡ πιθανότης δημιουργίας ἑνὸς βακτηρίου εἶναι  $1:10^{6900}$ . Κατόπιν αὐτοῦ συμπέρανε ὅτι ἀποκλείεται ἡ ζωὴ νὰ δημιουργήθηκε στὴ Γῆ. Πολὺ πιὸ πιθανὸ εἶναι ἡ ζωὴ νὰ ἦλθε ἀπὸ τὸ διάστημα, μῆσα σὲ μετεωρίτες πού συνεχῶς βομβαρδίζουν τὴ Γῆ.

Ἀλλὰ, ἂν θεωρήσουμε τὴν πιθανότητα νὰ δημιουργήθηκε ἡ πρώτη μορφή ζωῆς σὲ ὀλόκληρο τὸ ὄρατὸ Σύμπαν ἀπὸ τὸν συνδυασμὸ τῶν ἀτόμων τοῦ ὄρατοῦ Σύμπαντος (πού ἀνέρχονται σὲ  $10^{80}$  άτομα), πάλι ἡ πιθανότης δημιουργίας ἑνὸς βακτηρίου εἶναι ἀπειροστή, τῆς τάξεως τοῦ  $10^{80}/10^{6900}$ . Ἐπομένως ἡ πιθανότης νὰ δημιουργήθηκε ἡ ζωὴ σὲ ὀλόκληρο τὸ Σύμπαν δὲν εἶναι αἰσθητὰ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν πιθανότητα νὰ δημιουργήθηκε ἡ ζωὴ στὴ Γῆ. Ὅμως ὁ Hoyle εἶχε διατυπώσει ἐπίσης τὴ θεωρία τῆς «συνεχοῦς δημιουργίας», σύμφωνα μὲ τὴν ὁποία τὸ Σύμπαν δημιουργεῖται συνεχῶς καὶ ὑπάρχει αἰωνίως. Ἄρα, ἔλεγε, κάποτε δημιουργήθηκε ζωὴ στὸ Σύμπαν αὐτό. Ὅμως σήμερα ἡ θεωρία τῆς συνεχοῦς δημιουργίας ἔχει ἀπορριφθεῖ καὶ ἡ ἡλικία τοῦ Σύμπαντος ὑπολογίζεται σὲ 14 μόνον δισεκατομμύρια ἔτη.

Γι' αὐτὸ ὁ διάσημος βιολόγος Monod (βραβεῖο Νομπέλ), στὸ κλασικὸ βιβλίο του *Τύχη καὶ Αναγκαιότης*, ἐθεώρησε ὅτι ἓνα ἐντελῶς ἀπίθανο γεγονός, μὲ πιθανότητα σχεδὸν μηδενικὴ, ἐδημιούργησε τὴ βίοσφαιρα τῆς



Γῆς<sup>2</sup>. Ἀλλὰ αὐτὴ ἡ παραδοχὴ τοῦ Monod μόνο ὑπερφυσικό γεγονός θὰ μποροῦσε νὰ χαρακτηρισθεῖ.

Σήμερα πάντως πού γνωρίζουμε ὅλες τὶς λεπτομέρειες τῆς δομῆς τοῦ DNA, θεωρῶ ὅτι δὲν ἀποκλείεται στὸ μέλλον νὰ δημιουργήσουμε πειραματικά στὸ ἐργαστήριό μας δομὲς πού νὰ μοιάζουν μὲ τὴ δομὴ τοῦ DNA καὶ τῶν κυττάρων, ἀκολουθώντας τὶς παρατηρήσεις πού κάνουμε στὴ φύση.

Ἄν πάντως δεχθοῦμε ὅτι μιὰ πρώτη μορφή ζωῆς δημιουργήθηκε στὴ Γῆ πρὶν ἀπὸ μερικὰ δισεκατομμύρια ἔτη, εἶναι δυνατὸν νὰ παρακολουθήσουμε τὴν ἐξέλιξη τῆς ζωῆς σὲ ὄλοένα καὶ πιὸ σύνθετες μορφές. Τὰ τελευταῖα ἔτη μελετήθηκαν τὰ γονιδιώματα πολλῶν ὀργανισμῶν, ὄχι μόνο τοῦ ἀνθρώπου, ἀλλὰ καὶ διαφόρων ζώων καὶ φυτῶν. Ἐτσι διαπιστώνεται ἡ συγγένεια τῶν διαφόρων εἰδῶν, καὶ τὰ διάφορα ἐξελικτικὰ δένδρα κατασκευάζονται πλέον μὲ πιὸ ἀκριβῆ καὶ ἀντικειμενικὰ κριτήρια.

Ἐκεῖνο πάντως πού ἐντυπωσιάζει ὅλους τοὺς ἐρευνητὲς εἶναι ὅτι τὸ γονιδίωμα τοῦ ἀνθρώπου δὲν διαφέρει περισσότερο ἀπὸ 2% ἀπὸ τὸ γονιδίωμα τῶν ἀνώτερων θηλαστικῶν. Παρ' ὅλα αὐτά, εἶναι ἀκόμη ἄγνωστο πῶς ἡ μικρὴ αὐτὴ διαφορὰ μεταφράζεται στὴν τεράστια διαφορὰ τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὰ ἀνώτερα πρωτεύοντα ὅσον ἀφορᾷ τὶς πνευματικὲς ιδιότητες τοῦ ἀνθρώπου στὴ νόηση, στὴ γλώσσα, στὰ συναισθήματα καὶ ἰδίως στὴν αὐτοσυνείδηση, στὴν ἐπινοητικότητα καὶ στὴν ἠθικὴ συνείδηση πού τὸν διακρίνουν. Δὲν ἀμφιβάλω ὅτι ἡ μελέτη τῶν διαφορῶν αὐτῶν θὰ ἀπασχολήσει ἐπὶ αἰῶνες ἀκόμα τὴν ἐπιστήμη. Καὶ εἶναι χαρακτηριστικό ὅτι, μετὰ τὸ τεράστιο διεθνὲς πρόγραμμα τοῦ γονιδιώματος, σήμερα τὸ πιὸ σημαντικό διεθνὲς πρόγραμμα ἐρευνῶν στὴ βιολογία ἀφορᾷ τὸν ἐγκέφαλο τοῦ ἀνθρώπου.

Μετὰ ἀπὸ ὅλα αὐτά ἂς ἐπανέλθουμε στὸ πρόβλημα ἂν ὑπάρχει ἄλλη ζωὴ στὸ Σύμπαν ἔξω ἀπὸ τὴ Γῆ. Ἡ πιὸ εὐλογη ὑπόθεση στὸ θέμα αὐτὸ εἶναι ὅτι ὅπωςδήποτε θὰ ὑπάρχουν στὰ δισεκατομμύρια τῶν πλανητικῶν συστημάτων μορφές ζωῆς παρόμοιες πρὸς τὴ ζωὴ τῆς Γῆς. Καί, ἂν αὐτὸ ἰσχύει, τότε δὲν ἀποκλείεται νὰ ὑπάρχουν λογικὰ ὄντα παρόμοια μὲ τὸν ἄνθρωπο τῆς Γῆς. Ὅπως εἶναι γνωστό, ἔχουν γίνεи πολλές προσπάθειες ἀπὸ τοὺς ἀστρονόμους νὰ ἀνιχνευθοῦν λογικὰ σήματα ἀνάμεσα στὶς τόσες ἀκτινοβολίες πού φθάνουν στὴ Γῆ.

---

2. «la biosphère apparaît comme le produit d'un évènement unique... avant qu'elle ne fût, ses chances d'être étaient quasi nulles» (J. Monod, 1970).

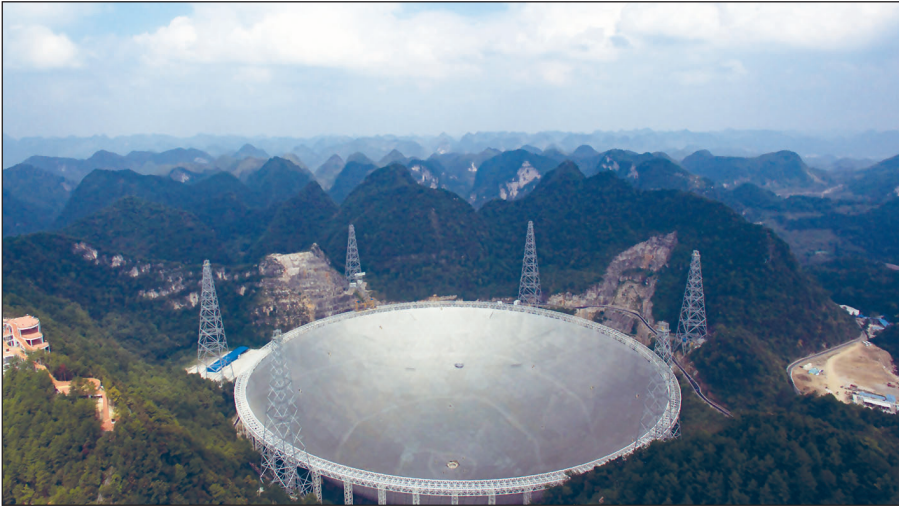


Σχήμα 8: Σύστημα κεραιών στο Νέο Μεξικό που χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα SETI.

Το πρόγραμμα SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) (Σχήματα 8, 9), που άρχισε το 1971, έχει κάνει τεράστιες προσπάθειες να ανιχνεύσει λογικά σήματα που έρχονται από το διάστημα. Επίσης έχουν γίνει πολλές μελέτες για το πώς θα μπορούσαμε να επικοινωνήσουμε με τα όντα αυτά.

Όμως μέχρι σήμερα δεν είχαμε καμία ένδειξη ότι υπάρχουν λογικά σήματα από το διάστημα. Και αυτό είναι περίεργο. Γιατί αν υπάρχουν λογικά όντα στο Σύμπαν, ως τα ονομάσουμε εξωγήινους ανθρώπους, αυτά μπορεί να έχουν μια ιστορία εκατομμυρίων ή και δισεκατομμυρίων ετών, και όχι μόνο μερικών χιλιάδων ετών που έχει ο άνθρωπος πολιτισμός της Γης. Άρα οι άνθρωποι αυτοί μπορεί να έχουν μια απίστευτα τελειότερη τεχνολογία από έμας. Και θα μπορούσαν όχι μόνο να στείλουν σήματα σε όλο το Σύμπαν αλλά και να ταξιδεύουν σε ολόκληρο τον Γαλαξία μας και να φθάσουν ως έμας. Γιατί τότε δεν τους είδαμε;

Φυσικά εδώ δεν θα συζητήσω καν τους ισχυρισμούς μερικών που λένε ότι είδαν διαστημόπλοια κάποιο βράδυ στην Αριζόνα βγαίνοντας από ένα τοπικό μπάρ. Ούτε θα αναφερθώ στους ισχυρισμούς του Däniken και άλλων ότι οι πυραμίδες και άλλα έντυπωσιακά εύρηματα στη Νότιο Αμερική



Σχῆμα 9: Τὸ μεγαλύτερο σφαιρικό ραδιοτηλεσκόπιο στὸν κόσμο βρίσκεται στὴν Κίνα. Ἔχει διάμετρο 500 μέτρα καὶ ἄρχισε νὰ λειτουργεῖ τὸν Σεπτέμβριο τοῦ 2016. Σχεδιάζεται νὰ χρησιμοποιηθεῖ γιὰ ἀναζήτηση νοήμονος ζωῆς στὸ Σύμπαν.

ἔγιναν ἀπὸ ἐξωγήινους. Γιατὶ ἂν πράγματι περνοῦσαν ἐξωγήινοι ἀπὸ τὴ Γῆ τὸ πιὸ πιθανὸ εἶναι ὅτι θὰ τοὺς βλέπαμε ὅλοι καθαρά. Ἔτσι μένουμε σήμερα μὲ ὠραῖες κινηματογραφικὲς ταινίες ποὺ περιγράφουν ἐξωγήινους καὶ κάνουν ιδιαίτερη ἐντύπωση, ἰδίως στὰ παιδιά.

Τὸ γεγονός πάντως εἶναι ὅτι δὲν ἀνιχνεύθηκαν μέχρι σήμερα ἕχνη ἀπὸ ἐξωγήινους πολιτισμούς, ἐνῶ θὰ περίμενε κανεὶς ὅτι θὰ εἶχαμε δεῖ πολλὰ ἐξωγήινα ἕχνη, εἴτε ἀπὸ ραδιοφωνικὰ κύματα εἴτε ἀπὸ πραγματικὲς ἐπισκέψεις τους στὴ Γῆ. Καὶ διερωτᾶται κανεὶς: Μήπως τέτοιοι πολιτισμοὶ δὲν ὑπάρχουν;

Ἔτσι αὐτὴ τὴ στιγμή βρισκόμαστε σὲ ἓνα δίλημμα. Ἀπὸ τὸ ἓνα μέρος ἡ ἀνακάλυψη τόσων πλανητικῶν συστημάτων καὶ ἡ ἐκτίμηση ὅτι ὑπάρχουν δισεκατομμύρια πλανῆτες στὸν Γαλαξία μας καὶ στοὺς ἄλλους γαλαξίες μᾶς ὁδηγεῖ στὴν ἐκτίμηση ὅτι ὑπάρχουν πολλοὶ ἐξωγήινοι πολιτισμοὶ στὸ Σύμπαν. Ἀπὸ τὸ ἄλλο μέρος, θὰ περίμενε κανεὶς ὅτι ἂν ὑπάρχουν τέτοιοι πολιτισμοὶ θὰ εἶχαν γεμίσει τὸ Σύμπαν ὁλόκληρο μὲ τὰ ἕχνη τους.

Τὸ γεγονός ὅτι δὲν παρατηρήθηκαν ἕχνη αὐτῶν τῶν πολιτισμῶν, ποὺ ὑποτίθεται ὅτι εἶναι πολὺ πιὸ ἐξελιγμένοι ἀπὸ ἐμᾶς, μᾶς κάνει νὰ ἀμφιβάλουμε γιὰ τὴν ὑπαρξή τους.

Πάντως ἡ ἔρευνα συνεχίζεται. Καὶ περιμένουμε μὲ ἀνυπομονησία τὶς νεώτερες ἀνακαλύψεις ποὺ θὰ μᾶς φέρει ἡ λεπτομερῆς μελέτη τῶν πλανητικῶν συστημάτων τὰ ὁποῖα ἀνακαλύφθηκαν πρόσφατα. Κι αὐτὴ ἡ μελέτη ἐλπίζουμε ὅτι θὰ μᾶς δώσει περισσότερες ἐνδείξεις γιὰ τὴν ὕπαρξη καὶ τὴ μορφὴ τῆς ζωῆς στὸ Σύμπαν.

## SUMMARY

### *Existence of Life in the Universe*

The recent discovery of a star with 7 planets having sizes similar to the Earth's has generated a renewed discussion of the problem of life outside the Earth.

Up to now more than 3,500 planets have been discovered. The conditions necessary for the appearance of life are discussed. However, the appearance of life is an extremely improbable event. Fred Hoyle calculated that the probability of formation of a bacterium is  $1:10^{6900}$ . Thus, he assumed that life came to the Earth from Space. However, the probability of formation of life in the whole universe is also infinitesimal.

But if life is generated in billions of planets then its evolution would lead to populations of intelligent beings. Many of them may be much more advanced than the present population of the Earth. Then the question arises. Why we have not found traces of these populations that should be abundant in the whole Universe?

### Ἀναφορὲς

ANGLADA-ESCUDE, G. et al., *Nature*, 536, σ. 437, 2016.

GILLON, M. et al., *Nature*, 542, σ. 456, 23.2.2017.

HATZIDEMETRIOU, J. D., *Cel. Mech. Dyn. Astron.*, 95, σ. 225, 2006· 102, σ. 69, 2008.

KALAS, P. et al., *Science*, 322, σ. 1345, 2008.

MONOD, J., *Le Hasard et la Nécessité*, Éditions du Seuil, 1970.

ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, Ι. Δ., 'Εξωηλιακά πλανητικά συστήματα καὶ ἡ δυνατότητα ὑπάρξεως ζωῆς σὲ ἄλλους κόσμους, *Πρακτικὰ Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν*, 84, Α', 3.2.2009, σ. 81-108.



# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 27ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2017

---

## Η ΠΛΗΘΥΣΜΙΚΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΚΑΙ Η ΘΕΩΡΙΑ ΠΕΡΙ ΔΗΘΕΝ ΑΦΑΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ ΤΗΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΜΕΣΑΙΩΝΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ  
κ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ Ν. ΚΟΥΝΑΔΗ

Ἡ παρούσα ἀνακοίνωση ἀφορᾷ σὲ μιὰ πρόσφατη ἀξιόλογη δημοσίευση δεκατετραμελοῦς ἐρευνητικῆς ὁμάδος μὲ ἐπικεφαλῆς τὸν Καθηγητὴ Γενετικῆς καὶ Ἰατρικῆς Γενετικῆς στὸ πανεπιστήμιο Οὐάσινγκτον (Seattle, WA, USA) κ. Γεώργιο Σταματογιαννόπουλο [1] (ἀντεπιστέλλον μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν), ποὺ δημοσιεύθηκε στὸ περιοδικὸ *European Journal of Human Genetics* τὸ 2017 μὲ τίτλο «Ἡ Γενετικὴ τῶν Πελοποννήσιων πληθυσμῶν καὶ ἡ θεωρία ἀφανισμοῦ τῶν Ἑλλήνων τῆς Πελοποννήσου κατὰ τὸν Μεσαίωνα».

Πρὶν προχωρήσω στὸ περιεχόμενο τῆς ἀνακοίνωσης θεωρῶ σκόπιμο νὰ ἀναφέρω εἰσαγωγικὰ τὰ ἑξῆς:

Τὸ 1943 ἀνακαλύφθηκε ὅτι ὁ χημικὸς φορέας τῶν κληρονομικῶν μας χαρακτηριστικῶν εἶναι τὸ δεσοξυριβοζονουκλεϊκὸ δξὺ ἢ ἐν συντομίᾳ DNA, ποὺ ὑπάρχει στὸν πυρήνα κάθε κυττάρου καὶ μεταβιβάζεται ἀναλλοίωτο ἀπὸ γενιὰ σὲ γενιὰ, ἐφ' ὅσον δὲν γίνεи κάποια ἀλλαγὴ (μετάλλαξη), ἡ ὁποία ὅμως ἂν συμβεῖ στὰ γεννητικὰ κύτταρα μπορεῖ καὶ αὐτὴ νὰ μεταβιβαστεῖ στοὺς ἀπογόνους. Κάθε ἄνθρωπος ἔχει στὰ κύτταρα τοῦ σώματός του DNA ποὺ κληρονόμησε ἀπὸ τοὺς γονεῖς του, οἱ ὁποῖοι τὸ κληρονόμησαν ἀπὸ τοὺς δικούς τους γονεῖς, μὲ ἀποτέλεσμα προοδευτικὰ νὰ μπορούμε νὰ φθάσουμε στοὺς προγόνους μας. Δηλαδή τὸ DNA εἶναι ἓνας ἀξιόπιστος μάρτυρας γιὰ

τὴν ἀνίχνευση γενεαλογικῶν γεγονότων στὴν ἱστορία τοῦ ἀνθρώπου [2α, β], τὰ ὁποῖα ἔλαβαν χώρα ἀκόμη καὶ πρὸ ἑκατοντάδων χιλιάδων χρόνων.

Τὴ μοριακὴ δομὴ τοῦ DNA ἀνακάλυψαν τὸ 1953 ὁ Ἀμερικανὸς James D. Watson καὶ ὁ Βρετανὸς Francis H. C. Crick [3], οἱ ὁποῖοι καὶ ἔλαβαν τὸ 1962 βραβεῖο Nobel γιὰ τὴν ἐργασία τους αὐτή. Οἱ δύο αὐτοὶ ἐρευνητὲς ἀποκρυπτογράφησαν τὸν βιοχημικὸ μηχανισμό τῆς κληρονομικότητας καὶ ἔλυσαν τὸ μυστήριον γιὰτὶ καθένας μας ὁμοιάζει μὲ τοὺς προγόνους του.

Σὲ κάθε κύτταρό μας ὑπάρχει καὶ τὸ ριβοζονουκλεϊνικὸ ὀξύ, ἐν συντομίᾳ RNA, τὸ ὁποῖο παράγεται μὲ καλούπι ἀπὸ τὸ DNA. Τὰ μόρια τῶν DNA καὶ RNA εἶναι ἀλυσίδες ἀπὸ νουκλεοτίδια. Τὸ σύνολο τοῦ γενετικοῦ ὕλικου (τοῦ DNA) καλεῖται γονιδίωμα.

Τὸ 2003 ὀλοκληρώθηκε ἡ ἀποκρυπτογράφηση τοῦ γονιδιώματος, ἡ ὁποία ἔδειξε ὅτι τὸ DNA (εὐρισκόμενον στὸν πυρήνα κάθε ἀνθρώπινου κυττάρου) ἀποτελεῖται ἀπὸ 3,2 δισεκ. ζευγάρια νουκλεοτιδίων. Τὸ DNA κάθε ἀνθρώπινου κυττάρου περιέχει περίπου 22 χιλιάδες γονίδια, μέρος τῶν ὁποίων ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἀποθηκεύει καὶ νὰ διαβιβάζει τὶς γενετικὲς πληροφορίες. "Ὅλοι μας ἔχουμε τὸν ἴδιον ἀριθμὸ γονιδίων ἀλλὰ διαφέρουμε μεταξύ μας· ἕνας δὲ ἀπὸ τοὺς λόγους ποὺ διαφέρουμε εἶναι ὅτι ἔχουμε διαφορετικὲς παραλλαγὰς τοῦ γονιδιώματος. Παραλλαγὰς, οἱ ὁποῖες εἶναι σχετικὰ συχνές, ὀνομάζονται γενετικοὶ πολυμορφισμοί. Οἱ ἀνθρώπινοι πληθυσμοὶ ἔχουν περίπου τοὺς ἴδιους γενετικοὺς πολυμορφισμοὺς ἀλλὰ σὲ διαφορετικὲς συχρότητες.

Τὶς τελευταῖες δεκαετίες, λόγω τῆς ραγδαίας ἐξελίξεως τῆς τεχνολογίας τοῦ γονιδιώματος, ἀναπτύχθηκε ἕνας σημαντικὸς κλάδος τῆς Γενετικῆς, ἡ Ἀνθρώπινη Πληθυσμικὴ Γενετικὴ καὶ ἡ Ἀρχαία Γενετικὴ [2α, β] μὲ βάση τὸ aDNA (ancient DNA). Ὁ κλάδος αὐτὸς δίνει τὴ δυνατότητα μελέτης τῶν μετακινήσεων τῶν πληθυσμῶν κατὰ τὴν ἀρχαιότητα μὲ βάση τὴ γενετικὴ δομὴ τούτων, καὶ συνακόλουθα τὴ χρονολόγησιν ἱστορικῶν γεγονότων, ὡς καὶ τὴν ἐπαλήθευσιν ἢ ἀπόρριψιν ἐπικρατησασῶν θεωριῶν, ποὺ συνήθως στηρίχθησαν σὲ διεπιστημονικὴ ἔρευνα ἱστορικῶν, ἀρχαιολόγων, παλαιοντολόγων καὶ ἐπιστημόνων ἄλλων εἰδικότητων.

Πρὸ ἐτῶν, ὁ προαναφερθεὶς Καθηγητὴς κ. Γ. Σταματογιαννόπουλος [4] εἶχε προβεῖ στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν (16.11.2010) σὲ μιὰ ἐξαιρετικὰ ἐνδιαφέρουσα ἀνακοίνωσιν μὲ τίτλο *Ἡ καταγωγὴ τῶν Μακεδόνων: ἱστορία, γενετικὴ καὶ τὸ διαδίκτυο*. Ἐπίσης, ἔρευνά του γιὰ τὴν καταγωγὴ τῶν κα-



τοίκων τοῦ ὄροπεδίου τοῦ Λασιθίου Κρήτης μετὰ τὴ βοήθεια δειγμάτων aDNA ποὺ εἶχε συλλέξει κυρίως ἀπὸ μουσεῖα, ἡλικίας 2.500 καὶ πλέον ἐτῶν π.Χ., ἀπεδείκνυε ὅτι οἱ σημερινοὶ κάτοικοι τοῦ Λασιθίου ἔχουν ἀνάλογο DNA μετὰ τοὺς προγόνους τους.

Ἡ παρούσα ἔρευνα αὐτοῦ καὶ τῶν συνεργατῶν του ἀφορᾷ τὴ γενετικὴ δομὴ πληθυσμῶν τῆς Πελοποννήσου ἀπὸ διάφορες περιοχὲς τῆς χερσονήσου αὐτῆς, μετὰ ἰδιαίτερη ἀναφορὰ στοὺς Τσάκωνες (κατὰ μίαν ἄποψη παράφραση τοῦ Λάκωνες), ποὺ χρησιμοποιοῦσαν δωρικῆς προελεύσεως διάλεκτο [4], καὶ στοὺς Μανιάτες, δύο πληθυσμικὲς ομάδες τῆς Πελοποννήσου (γενετικῶς διάφορες) ποὺ διεκρίνοντο ἀπὸ πλευρᾶς μορφώσεως. Ἀλλαγὲς στὴ δομὴ τῶν πληθυσμῶν τῆς Πελοποννήσου ξεκίνησαν στὶς ἀρχὲς τῆς μεσαιωνικῆς περιόδου μετὰ τὴ μετανάστευση Σλάβων στὰ Βαλκάνια, σύμφωνα –κατὰ τοὺς συγγραφεῖς τοῦ παρόντος ἄρθρου– μετὰ τοὺς Curta F. [5α, β] καὶ Fine JVA [6], ἀλλὰ καὶ τὸν ἀείμνηστο ἀκαδημαϊκὸ Διονύσιο Ζακυθινὸ [7].

Ἡ ἐπιρροή αὐτῶν τῶν μεταναστεύσεων κυριάρχησε στὴν ἱστοριογραφία τῆς Πελοποννήσου μετὰ ἀτέρμονες συζητήσεις καὶ διαφωνίες μεταξὺ ἱστορικῶν, λογίων κ.ἄ. τὰ τελευταῖα 170 ἔτη. Ὁ Γερμανὸς ἱστορικὸς Ἰάκωβος-Φίλιππος Fallmerayer [8] τὸ 1830 ὑπεστήριξε τὴ γνωστὴ θεωρία του, βασισμένη ὅμως σὲ πολὺ λίγες πηγές (κυρίως σὲ δύο βυζαντινοὺς συγγραφεῖς στὰ μέσα τοῦ Μεσαίωνα) καὶ στὰ σλαβικὰ τοπωνύμια τῆς Πελοποννήσου. Συγκεκριμένα, σύμφωνα μετὰ τὴ θεωρία αὐτῆ οἱ Πελοποννήσιοι τοῦ Μεσαίωνα εἶχαν ὀλοκληρωτικὰ ἐξοντωθεῖ κυρίως ἀπὸ τοὺς Σλάβους καὶ Ἀβάρους εἰσβολεῖς, οἱ ὁποῖοι ἐγκαταστάθηκαν ἀκολούθως στὴ χερσόνησο αὐτὴ ὡς ἔποικοι κατὰ τὴ διάρκεια κυρίως τοῦ 8ου ἕως τὸν 8ο μ.Χ. αἰώνα. Ἐπίσης ὁ Fallmerayer ὑποστήριξε ὅτι οἱ μὲν Τσάκωνες ἦσαν ἀπόγονοι μιᾶς σλαβικῆς φυλῆς ποὺ μετανάστευσε στὴν Πελοπόννησο, πρὶν οἱ Σλάβοι (τῶν ὁποίων ἡ κοιτίδα φέρεται ὅτι ἦταν στὴν κεντροανατολικὴ Εὐρώπη) ἔλθουν στὴ χερσόνησο, οἱ δὲ Μανιάτες εἶναι ἀπόγονοι τῶν Μαρδαϊτῶν, ἐνῶ οἱ κάτοικοι τῆς Βάθειας Μάνης ἔχουν σλαβικὴ προέλευση. Κατ' ἄλλους ὅμως ἐρευνητές, ὁ ἀφανισμὸς τῶν Πελοποννησίων κατὰ τὸν Μεσαίωνα δὲν ὀφείλεται τόσο στὴν ἐξόντωσή τους ἀπὸ τοὺς Σλάβους καὶ τοὺς Ἀβάρους ἢ ἄλλους ἐπιδρομεῖς, ὅσο ἀπὸ μιὰ ἐπιδημία πανώλης ποὺ ἐνέσκηψε κατὰ τὴν περίοδο ἐκείνη, μετὰ ἀποτέλεσμα νὰ ἀφανίσει κυριολεκτικὰ μεγάλο μέρος τῶν Ἑλλήνων γηγενῶν κατοίκων τῆς περιοχῆς αὐτῆς.

Σκοπὸς τῆς ἔρευνας αὐτῆς ἦταν νὰ ἐξετασθεῖ ἡ ἀξιολογιστὶα τῆς θεωρίας τοῦ Fallmerayer, τὴν ὁποία εἶχε ἀντικρούσει (στηριζόμενος στὶς ἴδιες πηγές



πού χρησιμοποιήσε ο Fallmerayer) ο ιστορικός Κωνσταντῖνος Παπαρρηγόπουλος [9], προβάλλοντας μάλιστα την ιδέα περί συνέχειας τῆς Ἑλληνικῆς Ἐθνότητος κατὰ τὴ διάρκεια τῆς μεσαιωνικῆς περιόδου. Ἀντίθετος ἐπίσης τῆς θεωρίας αὐτῆς ἦταν καὶ ὁ ἀνθρωπολόγος (καὶ βιολόγος) Ἄρης Πουλιανός [2α, β].

Προκειμένου νὰ ἐλεγχθεῖ ἡ ὑπόθεση Fallmerayer περὶ τῆς «Θεωρίας ἀντικαταστάσεως τῶν Πελοποννησίων τοῦ Μεσαίωνα ἀπὸ Σλάβους», χρησιμοποιήθηκαν 2.500.000 πολυμορφισμοὶ ἀπὸ μονα-νουκλεοτίδια γιὰ τὴν ἔρευνα τῆς γενετικῆς δομῆς τῶν πληθυσμῶν τῆς Πελοποννήσου ἀπὸ ἓνα δείγμα 241 ἀτόμων προερχόμενων ἀπὸ ὅλες τὶς περιοχὲς τῆς χερσονήσου. Στὴν ἔρευνα αὐτὴ ἐφαρμόσθηκε ἐξειδικευμένο λογισμικὸ πού χρησιμοποιεῖται στὴν ἀρχαιογενετικὴ (χωρικὸς διανυσματικὸς λογισμὸς, ἢ norm standard matrix frobenius κ.λπ.), καθὼς ἐπίσης καὶ τὸ ὑπολογιστικὸ σχῆμα MatLab, προσαρμοσμένο (ἀπὸ τοὺς ἰδίους τοὺς συγγραφεῖς) γιὰ τὴν παρακάτω ἀναφερόμενη Ἀνάλυση τῶν Κυρίων Συνιστωσῶν.

Ἀπὸ τὴν ἔρευνα αὐτὴ προέκυψε σημαντικὴ ἑτερογένεια τῶν πελοποννησιακῶν πληθυσμῶν, πού δικαιολογεῖται ἀπὸ τοὺς γενετικῶς διακεκριμένους ὑποπληθυσμοὺς καὶ ἀπὸ τὶς διαβαθμίσεις γονιδιακῆς ροῆς ἐντὸς τῆς χερσονήσου τῆς Πελοποννήσου. Μὲ βάση τὸν Ἀλγόριθμο Ταυτοποίησης Μέσω Καταγωγῆς [10] (Identity by Descent, IBD), τὴν Ἀνάλυση Κυρίων Συνιστωσῶν (Principal Component Analysis, PCA) καὶ τὴν Ἀνάλυση Μίξεως (ADMIXTURE Analysis), σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν Ἀνάλυση Δικτύων (Network Analysis), ἡ ἐρευνητικὴ αὐτὴ ὁμάδα κατέληξε ὅτι οἱ Πελοποννησιοὶ εἶναι γενετικῶς σαφῶς διακρίσιμοι ἀπὸ τοὺς πληθυσμοὺς τῶν γηγενῶν Σλάβων, καὶ μάλιστα πολὺ ὅμοιοι τῶν Σικελῶν καὶ τῶν Ἰταλῶν. Ὅπως δὲ –κατὰ τὸν Σταματογιαννόπουλο– ἔδειξε ἡ Πληθυσμικὴ Γενετικὴ, ἡ σλαβικὴ ἐπιμειξία μὲ ἑλληνικὸ πληθυσμὸ ἦταν πολὺ μικρὴ [1].

Ἀπὸ τὴν πολὺ ἐνδιαφέρουσα αὐτὴ ἔρευνα, κατὰ τὴν ὁποία χρησιμοποιήθηκε μιὰ νέα μέθοδος ποσοτικῆς Ἀνάλυσης Μίξεως (ADMIXTURE), προέκυψε ὅτι ἡ σλαβικὴ γενεαλογία Πελοποννησίων ὑποπληθυσμῶν ἐκυμαίνεται ἀπὸ 0,2-14,4%.

Ὡς ἐκ τούτου, ἡ μελέτη αὐτὴ τῆς ὑπὸ τὸν κ. Σταματογιαννόπουλο ἐρευνητικῆς ὁμάδος ἀπέριψε τὴν «Θεωρία ἀφανισμοῦ τῶν Πελοποννησίων κατὰ τὸν Μεσαίωνα» καὶ κατέδειξε ὅτι ἡ Πληθυσμικὴ Γενετικὴ μπορεῖ νὰ διευκρινίσει σημαντικὲς πλευρὲς τῆς καταγωγῆς καὶ τῆς ἱστορίας τοῦ ἀνθρώπινου πληθυσμοῦ.

Αξιίζει να τονισθεῖ ὅτι ἀπὸ τὴν ἔρευνα αὐτὴ, συνοδευόμενη ἀπὸ χάρτες τῶν περιοχῶν λήψεως τῶν δειγμάτων aDNA, διαγράμματα καὶ πίνακες, οἱ συγγραφεῖς συνάγουν (βάσει τῶν προαναφερθεισῶν ἀναλύσεων IBD, PCA, ADMIXTURE, Network) καὶ ἄλλα εἰδικότερα συμπεράσματα γιὰ τὴ γενετική δομὴ τῶν μελετηθεισῶν πληθυσμικῶν ομάδων, ἀπὸ τις ὁποῖες, ὅπως οἱ ἴδιοι τονίζουν, ξεχωρίζουν οἱ γενετικές δομές τῶν Τσακῶνων καὶ τῶν Μανιατῶν ἀπὸ ἐκεῖνες ὄλων τῶν ἄλλων πληθυσμικῶν ομάδων τῆς Πελοποννήσου.

Σημειωθῆτω ὅτι ἡ πρόοδος στὴν Πληθυσμικὴ Γενετικὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν πρόοδο στὴν ἐξαιρετικὰ δυσχερὴ ἀνάλυση τοῦ ἀνθρώπινου γονιδιώματος, στὴν ὁποία συμβάλλουν ἡ εὕρεση καταλληλότερων γενετικῶν δεικτῶν καὶ καλυτέρων μεθόδων ἀναλύσεως, ποὺ ἐπιτρέπουν τὴν προσφορτερὴ ἐπεξεργασία τοῦ τεραστίου ἀριθμοῦ παραμέτρων-δεδομένων. Ἡ ἐπεξεργασία αὐτὴ πραγματοποιεῖται μὲ σχετικὴ ἐπιτυχία σήμερα χάρις στὴ ραγδαία ἐξέλιξη τῶν ἠλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν καὶ τῶν συγχρόνων μεθόδων λογισμικοῦ, λόγῳ καὶ τῆς σημαντικῆς προόδου στὶς ἀναλυτικές-ποιοτικές λύσεις τῶν σύγχρονων Ἐφηρμοσμένων Μαθηματικῶν.

Ἡ ἐγκυρότητα βεβαίως τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς Πληθυσμικῆς Γενετικῆς δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ἐγκυρότητα ἀναλύσεως τοῦ ἀνθρώπινου γονιδιώματος (σὲ ὅλες τις προαναφερθεῖσες φάσεις ἀναλύσεως) ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴν πρόοδο στὴν τεχνολογία λήψεως δειγμάτων τοῦ aDNA καὶ τὴ μέσῳ αὐτῶν ἀντλησὴ πληροφοριῶν τοῦ γενετικοῦ ὕλικου. Οἱ κλιματολογικὲς συνθῆκες ἐπηρεάζουν τὴν ποιότητα τῶν δειγμάτων τοῦ aDNA. Σὲ ψυχρὰ κλίματα τὸ aDNA διατηρεῖται καλύτερα καὶ ὡς ἐκ τούτου εἶναι πλέον ἀξιόπιστο ἀπὸ τὸ aDNA θερμῶν περιοχῶν, ὅπως ἡ χώρα μας. Ὡστόσο θὰ πρέπει νὰ τονισθεῖ ὅτι ἀναμφίβολα ὁ ὑπάρχων βαθμὸς ἀβεβαιότητος σὲ ὅ,τι ἀφορᾶ τὰ ἀποτελέσματα τῆς Πληθυσμικῆς Γενετικῆς μειώνεται μὲ τις νέες ἐξελίξεις στὴν ἀκριβέστερη ἀνάλυση τοῦ γονιδιώματος.

Τέλος, συνοψίζοντας τὰ παραπάνω φρονῶ ὅτι ἀξιόπιστα συμπεράσματα γιὰ τὴ χρονολόγησις ἱστορικῶν γεγονότων, τὴν προέλευσις, τὴν καταγωγὴ, τις μετακινήσεις πληθυσμῶν καὶ γενικότερα τὴν ἐπαλήθευσις ἢ ἀπόρριψις συναφῶν θεωριῶν μποροῦν μὲ ἀσφάλεια νὰ συναχθοῦν ἐφόσον στηρίζονται σὲ διεπιστημονικὴ ἔρευνα· δηλαδὴ ἐφόσον τὰ συμπεράσματα αὐτὰ εἶναι ἀποτελέσματα συγκλίσεως πολλῶν ἐπιστημῶν στὶς ὁποῖες ἡ Πληθυσμικὴ Γενετικὴ παίζει καθοριστικὸ ρόλο. Ἱστορικά, ἀρχαιολογικά, παλαιοντολογικά, ἀνθρωπολογικά, ἀστρονομικά καὶ τυχὸν ἄλλα ὑπάρχοντα

εύρήματα θα πρέπει να διασταυρώνονται με γενετικές πληροφορίες της Πληθυσμικής Αρχαιογενετικής.

### Άναφορές

- [1] ΣΤΑΜΑΤΟΥΓΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, G., Genetics of the Peloponnesian populations and the theory of extinction of the medieval Peloponnesian Greeks, *European Journal of Human Genetics*, 25, 2017, σ. 637-645.
- [2α] ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΔΗΣ, Κ., *Η γενετική ιστορία της Ελλάδας, το DNA των Ελλήνων*, Β', έκδ. Δ. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 2014.
- [2β] ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΔΗΣ, Κ., *Η γενετική καταγωγή των Ελλήνων*, έκδ. Δ. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 2016.
- [3] WATSON, J. D. – CRICK, F. H. C., A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid, *Nature*, 171, 1953, σ. 737-738.
- [4] SCOUTT, C. A., The Tzakonian Dialect, *Ann. Brit. School at Athens*, 19, 1913, σ. 133-173.
- [5α] CURTA, F., *Southeastern Europe in the Middle Ages 500-1250*, Cambridge University Press, Cambridge 2006.
- [5β] CURTA, F., *The Edinburgh History of the Greeks, C. 500 to 1050*, Edinburgh University Press, Edinburgh 2011.
- [6] FINE, J. V. A., *The Early Medieval Balkans: A Critical Survey from the Sixth to the Late Twelfth Century*, The University of Michigan Press, Ann Arbor 1991.
- [7] ΖΑΚΥΘΗΝΟΣ, Δ. Α., *Οί Σλάβοι ἐν Ἑλλάδι. Συμβολαὶ εἰς τὴν ἱστορίαν τοῦ μεσαιωνικοῦ Ἑλληνισμοῦ*, Ἀετός, Ἀθήναι 1945.
- [8] FALLMÉRAYER, J. P. H., *Geschichte der Halbinsel Morea während des Mittelalters: ein historischer Versuch; Untergang Der Peloponnesischen Hellenen Und Wiederbevölkerung Des Leeren Bodens Durch Slavische Volksstämme*, 1, J. G. Cotta'schen Buchhandlung, Stuttgart und Tübingen 1830.
- [9] ΠΑΠΑΡΡΗΓΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., *Περὶ τῆς ἐποικήσεως Σλαβικῶν τινων φυλῶν εἰς τὴν Πελοπόννησον*, Ἐν Ἀθήναις 1843.
- [10] BROWNING, B. L. – BROWNING, S. R., Improving the accuracy and efficiency of identity-by-descent detection in population data, *Genetics*, 194, 2013, σ. 459-471.
-

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

---

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 8ΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ 2017

---

## ΑΝΑΓΓΕΛΙΑ ΘΑΝΑΤΟΥ

Ο Αντιπρόεδρος τῆς Ἀκαδημίας κ. Ἀντώνιος Κουνάδης ἀναγγέλλει τὸν θάνατο τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους Louis Hegedus.

Μετὰ τὸν Ἀντιπρόεδρο λαμβάνει τὸν λόγο ὁ ἀκαδημαϊκὸς κ. Κωνσταντῖνος Βαγενᾶς καὶ λέγει γιὰ τὸν Louis Hegedus τὰ ἑξῆς:

«Ὁ Louis Hegedus, μέλος ἀπὸ τὸ 1995 τῆς Ἐθνικῆς Ἀκαδημίας Μηχανικῶν (National Academy of Engineering, NAE) τῶν Ἡνωμένων Πολιτειῶν, ἦταν ἓνας ἀπὸ τοὺς πλέον καταξιωμένους διεθνῶς χημικοὺς μηχανικοὺς καὶ ὁ διαπρεπέστερος μᾶλλον ἐπιστήμονας στὸν τομέα τῆς βιομηχανικῆς καταλύσεως κατὰ τὰ τελευταῖα 40 ἔτη. Θεωρεῖται ὁ κύριος δημιουργὸς τοῦ καταλυτικοῦ μετατροπέα τῶν αὐτοκινήτων, ποὺ παίζει καθοριστικὸ ρόλο στὴν προστασία τοῦ περιβάλλοντος καὶ τῆς ζωῆς μας.

Γεννήθηκε στὸ Szolnok τῆς Οὐγγαρίας τὸ 1941 καὶ ἔλαβε τὸ δίπλωμα (MS) Χημικῆς Μηχανικῆς ἀπὸ τὸ Technical University τῆς Βουδαπέστης τὸ 1964. Κατόπιν διέφυγε στὴ Δυτικὴ Γερμανία, ὅπου ἐργάσθηκε στὴν Daimler-Benz ἐπὶ τρία ἔτη. Κατόπιν μετέβη μὲ ὑποτροφία στὸ U. C. Berkeley τῶν ΗΠΑ, ὅπου ἐτελείωσε τὸ διδακτορικὸ του τὸ 1972. Στὴ συνέχεια προσελήφθη στὸ ἐρευνητικὸ τμήμα τῆς General Motors, ὅπου ἠγῆθη ἀπὸ τὸ 1974 ὁμάδος τριάντα ἐπιστημόνων ἢ ὅποια ἀνέπτυξε τὸν πρῶτο καταλυτικὸ μετατροπέα τῶν αὐτοκινήτων. Σήμερα ὅλα τὰ παραγόμενα αὐτοκίνητα ἔχουν ἓναν τέτοιο καταλυτικὸ μετατροπέα γιὰ τὸν καθαρισμὸ τῶν ἀπαερίων.

Ἐξι χρόνια ἀργότερα ἔγινε Διευθυντὴς Ἐρευνῶν καὶ Ἀντιπρόεδρος τῆς μεγάλης χημικῆς ἐταιρείας W. R. Grace (1980-1996), ὅπου δημιούργησε σειρὰ νέων ἐρευνητικῶν προγραμμάτων στὶς ἐνεργειακὲς τεχνολογίες. Τὸ

1996 μεταπήδησε, πάλι ως διευθυντής Έρευνών και Αντιπρόεδρος (senior vice president), στην Elf Atochem North America, μιᾶς εταιρείας χημικών με ἐτήσιο κύκλο ἐργασιῶν 2 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Τὸ διάστημα αὐτὸ ὑπηρέτησε σὲ σειρὰ ἐπιτροπῶν τῆς NAE [ὅπου διετέλεσε καὶ πρόεδρος τοῦ Τμήματος (section) Χημικῶν Μηχανικῶν]. Ἐπίσης ὑπηρέτησε σὲ σειρὰ ἐπιτροπῶν τοῦ Ἐθνικοῦ Ἐρευνητικοῦ Συμβουλίου τῶν ΗΠΑ (US National Research Council).

Ἀπὸ τὸ 2006 ἦταν πρόεδρος τῆς ἐταιρείας συμβούλων ἔρευνας καὶ τεχνολογίας (R & D) LOUIS HEGEDUS LLC καὶ ἀπὸ τὸ 2010 ἦταν διακεκριμένος ἐπισκέπτης ἐταῖρος (distinguished Visiting Fellow) τοῦ γνωστοῦ τεχνολογικοῦ ἐρευνητικοῦ κέντρου Research Triangle Institute (RT International).

Εἶχε δώσει περισσότερες ἀπὸ 120 ὁμιλίες σὲ πανεπιστήμια καὶ ἐρευνητικὰ κέντρα, ἦταν μέλος τῆς Ἀκαδημίας Μηχανικῶν τῆς Οὐγγαρίας καὶ ἐπίτιμος διδάκτωρ τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Βουδαπέστης. Εἶχε λάβει πολλὰ βραβεῖα, μεταξὺ τῶν ὁποίων τὸ Professional Progress Award in Chemical Engineering, τὸ Catalysis and Reaction Engineering Practice Award (ὁ πρῶτος στὸν ὁποῖο ἀνεμεμήθη τὸ 2000) τοῦ Ἀμερικανικοῦ Ἰνστιτούτου Χημικῆς Μηχανικῆς (AIChE) τῶν ΗΠΑ καὶ τὸ Leo Friend Award τῆς Ἀμερικανικῆς Χημικῆς Ἐταιρείας (ACS).

Ἄλλη σημαντικὴ διάκρισή του ἦταν ἡ ἐπιλογή του ὡς Mason Lecturer στὸ Stanford, Dodge Lecturer στὸ Yale καὶ W. K. Lewis Lecturer στὸ MIT.

Διετέλεσε μέλος τῆς Συντακτικῆς Ἐπιτροπῆς ὅλων τῶν βασικῶν περιοδικῶν Χημικῆς Μηχανικῆς (*AIChE Journal*, *Catalysis Letters*, *Topics in Catalysis*, *Industrial and Engineering Chemistry*) καὶ ὑπῆρξε μέλος πολλῶν σημαντικῶν ἐπιτροπῶν τῆς NAE, τῆς ACS, τοῦ AIChE, τοῦ Συμβουλίου Χημικῆς Ἐρευνας (CCR), τοῦ NRC καὶ τῆς NSF.

Χαρακτηριστικὸ τῆς διεθνοῦς του ἀναγνώρισης ἦταν καὶ ἡ ἐπιλογή του ὡς ἑνὸς ἀπὸ τοὺς 100 καλύτερους χημικοὺς μηχανικοὺς τῆς νεωτέρας ἱστορίας (1945-2008) ἀπὸ τὸ Ἀμερικανικὸ Ἰνστιτούτο Χημικῆς Μηχανικῆς (AIChE). Ἡ ἐπιλογή του αὐτὴ ἔγινε αὐτὴ ἀναγνώριση τοῦ ἔργου του στὴν κατάλυση, στὸν σχεδιασμὸ καταλυτικῶν ἀντιδραστήρων καὶ στὴν ἀνάπτυξη τοῦ καταλυτικοῦ μετατροπέα).

Ὁ καταλυτικὸς μετατροπέας τῶν αὐτοκινήτων παίζει σημαντικότερο ρόλο στὴν προστασία τοῦ περιβάλλοντος παγκοσμίως. Εἶναι πολὺ λίγοι οἱ ἐρευνητὲς ποὺ ἔχουν συνεισφέρει τόσο πολλὰ γιὰ τὴν προστασία τοῦ περιβάλλοντος τοῦ πλανήτη μας κατὰ τὸν 20ὸ αἰῶνα.

Ὁ Louis Hegedus διεκρίνετο γιὰ τὸν φιλελληνισμό του· εἶχε ἐπισκεφθεῖ ἀρκετές φορές τὴν Ἑλλάδα καὶ δώσει διαλέξεις στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν.

Δυστυχῶς ἡ ἐπάρατη νόσος δὲν τὸν ἄφησε νὰ πραγματοποιήσῃ τὸ ὄνειρό του νὰ ὁμιλήσῃ στὴν Ἀκαδημία μας. Οἱ Ἕλληνες χημικοὶ μηχανικοὶ θὰ τὸν ἐνθυμοῦνται πάντοτε μὲ σεβασμὸ καὶ ἀγάπη».

Ἡ Ὀλομέλεια τηρεῖ ἐνὸς λεπτοῦ σιγῆ εἰς μνήμην τοῦ ἐκλιπόντος.

---



# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

---

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 19ΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2017

---

## ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΕΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΕΛΟΥΣ ΤΟΥ ΤΡΩΙΚΟΥ ΠΟΛΕΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΟΔΥΣΣΕΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ  
ΤΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ ΠΑΠΑΜΑΡΙΝΟΠΟΥΛΟΥ,  
ΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΣ ΠΡΕΚΑ-ΠΑΠΑΔΗΜΑ,  
ΤΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΜΗΤΡΟΠΕΤΡΟΥ, ΤΗΣ ΕΛΕΝΑΣ ΜΗΤΡΟΠΕΤΡΟΥ,  
ΤΩΝ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΥ, ΓΙΩΡΓΟΥ ΣΑΡΑΝΤΙΤΗ,  
ΚΟΣΜΑ ΓΑΖΕΑ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΝΑΣΤΟΥ, ΚΩΣΤΑ ΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ  
ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ ΤΣΙΡΩΝΗ

ΔΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΚΟΥΝΑΔΗ

Ἀπὸ τὸ περιεχόμενον τῆς ὁμιλίας μου, ποὺ θὰ ἀκολουθήσει, εἶναι φανερὸ ὅτι ἡ ἀνακοίνωσις ἔχει διεπιστημονικὸ χαρακτήρα, δηλαδὴ εἶναι γνωστικὸ ἀντικείμενον πολλῶν ἐπιστημῶν, προεχόντως ὅμως τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, ὅπως προκύπτει ἀπὸ τὸν τίτλον τῆς καὶ τίς διαφορὰς εἰδικότητες τῶν συντακτῶν τῆς ἐπιστημονικῆς αὐτῆς ομάδας, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται: ἀπὸ τὸν γεωφυσικὸ Σταῦρον Παπαμαρινόπουλον, καθηγητὴν Πανεπιστημίου Πατρῶν, Ἰσόβιον ἐταῖρον τῆς Ἀρχαιολογικῆς Ἑταιρείας, τὸν ὁποῖον πρότερον στήν Ἑταιρεία τὸ 1988 ὁ ἀείμνηστος ἀκαδημαϊκὸς Γεώργιος Μυλωνᾶς, τὴν ἐπίκουρην καθηγήτρια Ἀστροφυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν Παναγιώτα Πρέκα-Παπαδήμα, καθὼς καὶ εἰδικούς τῆς φιλολογίας, τῆς ἀστρονομίας, τῆς ἀρχαιολογίας, τῆς ἀτμοσφαιρικῆς φυσικῆς, τῆς πληροφορικῆς καὶ τῆς γεωλογίας.



## Εισαγωγή

Στὰ ὁμηρικὰ ἔπη δὲν ὑπάρχει σαφὴς διάκριση μεταξὺ λόγου καὶ μύθου. Ὁ ποιητὴς χρησιμοποιεῖ δύο μόνο φορές τὴ λέξη «λόγος» καὶ μάλιστα στὸν πληθυντικὸ, ἴσως χάριν τοῦ μέτρου (Ο 393, α 56) καὶ ἑκατοντάδες φορές τὴ λέξη «μῦθος» (147 φορές στὴν Ἰλιάδα καὶ 151 στὴν Ὀδύσεια). Στὴν πραγματικότητα ἡ λέξη «μῦθος» στὸν Ὅμηρο ἔχει ὅλες τὶς σημασίες ποὺ προσέλαβε ἀργότερα ἡ λέξη «λόγος», καὶ ἡ ἀκριβὴς κάθε φορά ἔννοια τῆς λέξης ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ συμφραζόμενα. Ἔτσι, σὲ κάποια ἀπὸ αὐτὰ σημαίνει λόγια, κουβεντούλα, ἀφήγηση ἢ ἀκόμη ἀγόρευση, συμβουλή, συνομιλία, γνώμη καὶ λογικὸ ἐπιχείρημα.

Ἡ σημαντικὴ σχέση μεταξὺ μύθου καὶ λόγου φαίνεται στὴν ἀναφορὰ τοῦ Πλούταρχου: «Ὅτι μὲν οὖν ἡ παλαιὰ φυσιολογία καὶ παρ' Ἑλλησι καὶ βαρβάροις λόγος ἦν φυσικὸς ἐγκεκαλυμμένος μῦθους, τὰ πολλὰ δι' αἰνιγμάτων καὶ ὑπονοιῶν ἐπίκρυφος, καὶ μυστηριώδης θεολογία τὰ τε λαλούμενα τῶν σιγωμένων ἀσαφέστερα τοῖς πολλοῖς ἔχουσα καὶ τὰ σιγώμενα τῶν λαλουμένων ὑποπτότερα, κατάδηλόν ἐστιν» (Περὶ τῶν ἐν Πλαταιαῖς Δαιδάλων, ἀπ. 157, 16-21).

[Εἶναι ὀλοφάνερο, λοιπόν, ὅτι ἡ παλαιὰ φυσικὴ ἐπιστήμη καὶ στοὺς Ἕλληνας καὶ στοὺς βαρβάρους ἦταν φυσικὸς λόγος κρυμμένος βαθιὰ μέσα σὲ μῦθους, καὶ ἀπόκρυφη καὶ μυστηριώδης θεολογία, ποὺ ἐκφράζεται ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον μὲ αἰνιγματικὰ λόγια καὶ ὑπονοούμενα, καὶ ἡ ὁποία κάνει, γιὰ τοὺς πολλούς, καὶ τὰ λεγόμενα νὰ εἶναι ἀσαφέστερα ἀπὸ ὅσα ἀποσιωπῶνται καὶ τὰ ἀποσιωπώμενα νὰ εἶναι πιὸ ἀμφίβολα ἀπὸ τὰ λεγόμενα.]

Ἡ ἐπιστημονικὴ ομάδα γνωρίζει τὴν ἀποψη τῆς ἀρχαιολόγου E. S. Sherratt (1990) ὅτι τὰ ἔπη περιέχουν ἀναχρονισμοὺς καὶ βρῖθουν ἀπὸ παραδοξότητες. Ὡστόσο, ἡ ομάδα γνωρίζει καὶ τὴν ἀποψη τοῦ γεωλόγου John Kraft καὶ τῶν συνεργατῶν του (2003), ὁ ὁποῖος μαζί μὲ τὸν ἱστορικὸ John Luce τῆς ἴδιας συγγραφικῆς ομάδας ἐγκωμίασαν τὸν Ὅμηρο γιὰ τὴν ἀκριβεία μερικῶν ἐκ τῶν ἐξετασθέντων χωρίων του, ποὺ ἀφοροῦν θέματα ἱστορικῆς τοπογραφίας καὶ γεωμορφολογίας τῆς Τρωάδος, μετὰ ἀπὸ γεωλογικὲς ἐρευνες πεδίου εἴκοσι καὶ πλέον χρόνων. Ὁ E. Cline (2013) ἔχει συγκεντρώσει ὅλα τὰ ἀποτελέσματα ποὺ προέκυψαν τὰ τελευταῖα 23 χρόνια μετὰ τὸ 1990 ἀπὸ τὶς ἀρχαιολογικὲς καὶ λοιπὲς μελέτες σχετικὰ μὲ τὸν Τρωικὸ Πόλεμο. Ὅπως ἐπισημαίνεται, οἱ διαφορὲς περιγραφές (γιὰ τὰ ἄρ-

ματα, τὸν ἐξοπλισμὸ ἢ τὴν τακτικὴ τοῦ πολέμου) οἱ ὁποῖες ἀνήκουν σὲ ἄλλες ἐποχὲς πρὶν ἢ μετὰ τὴν ἐποχὴ πού οἱ ἀρχαιολογικὲς μελέτες δίνουν γιὰ τὸν Τρωικὸ Πόλεμο μποροῦν κάλλιστα νὰ ἀποδοθοῦν στοὺς αἰῶνες προφορικῆς παράδοσης πού μεσολάβησαν καὶ πού, ὅπως ἦταν φυσικὸ, ἀλλοίωσαν κάποια στοιχεῖα ἥσσοнос σημασίας. Σὲ ἀντιδιαστολὴ ὁ συγγραφέας παραθέτει ὁμηρικὲς περιγραφὲς πού ἀνήκουν ἀποκλειστικὰ στὸ τέλος τοῦ 13ου αἰώνα π.Χ., δηλαδὴ στὴν ἐποχὴ πού περιγράφεται αὐτὸς ὁ πόλεμος. Ἔτσι, στὸν κατάλογο τοῦ στόλου πού ἀναφέρεται στὴν Ἰλιάδα, περιλαμβάνονται πόλεις πού κατοικοῦντο μόνον ἐκείνη τὴν ἐποχὴ καὶ ὄχι τὴν ἐποχὴ κατὰ τὴν ὁποία θεωρεῖται ὅτι ἔζησε ὁ Ὅμηρος (8ος αἰώνας π.Χ.). Ἀναφέρονται τοποθεσίαι πού ἦταν θαμμένες τὴν ὁμηρικὴ ἐποχὴ, δηλαδὴ τὸν 8ο αἰώνα π.Χ., οἱ ὁποῖες ἀνακαλύφθηκαν μὲ τίς ἀνασκαφὲς τὸν 20ὸ αἰώνα. Στὴν Ἰλιάδα, γιὰ παράδειγμα, ὁ Πάτροκλος σκαρφαλώνει τρεῖς φορὲς στὰ (ἐξωτερικὰ) τείχη τῆς Τροίας. Οἱ ἀνασκαφὲς ἀπέδειξαν ὅτι ὑπάρχει μέρος τῶν (ἐσωτερικῶν) τειχῶν ὑπὸ κατάλληλη κλίση καὶ ἀνοίγματα ἀνάμεσα στοὺς δομικοὺς λίθους τὰ ὁποῖα θὰ διευκόλυναν κάποιον νὰ σκαρφαλώσει. Ὅμως τὴν ἐποχὴ πού ἔζησε ὁ Ὅμηρος τὰ τείχη αὐτὰ ἦταν θαμμένα κάτω ἀπὸ τὸ ἔδαφος σὲ μεγάλο βάθος.

Εἶναι φανερὸ ὅτι ὑπάρχουν πολλὲς ἀπόψεις, διαφορετικὲς μεταξὺ τους, ὡς πρὸς τὴν ἐρμηνεῖα τῶν ὁμηρικῶν ἐπῶν.

### Ὅμηρικὰ ἔπη καὶ ἀστρονομικὰ φαινόμενα

Στὰ ὁμηρικὰ ἔπη ὑπάρχουν ἀναφορὲς σὲ ἀστερισμούς, ἀστέρες καὶ ἀστρονομικὰ φαινόμενα. Ἀναφερόμενοι στὰ τελευταῖα, ὁ Ἡράκλειτος ἐκ Πόντου [Ὅμηρικὰ προβλήματα, εἰς ἃ περὶ θεῶν Ὅμηρος ἠλληγόρησεν (75,1,1 καὶ 9,3)], ὁ Πλούταρχος [Περὶ τοῦ ἐμφαινομένου προσώπου τῶ κύκλω τῆς Σελήνης (931F)] καὶ ὁ Εὐστάθιος [Παρεκβολαὶ εἰς τὴν Ὀμήρου Ὀδύσειαν (2,67,11-14, 2,84,29-31, 2,204,3-5, 2,241,3-6 καὶ 11-13)] ἐπισημαίνουν ὅτι στὴν Ὀδύσεια, κατὰ τὴ μνηστηροφονία, περιγράφεται μιὰ ἠλιακὴ ἔκλειψη (υ 350-357). Στους στίχους αὐτούς, ὁ μάντης Θεοκλύμενος, λίγη ὥρα πρὶν συμβεῖ ἡ μνηστηροφονία, προφητεύει ὅτι ὁ ἥλιος θὰ ἔχει χαθεῖ ἀπὸ τὸν οὐρανὸ καὶ θὰ ἔχει κάνει τὴν ἐμφάνισή της μιὰ «κακὴ ἀχλύς» κατὰ τὴ διάρκειά τῆς μνηστηροφονίας, δηλαδὴ μιὰ κακὴ καταχνιά (καὶ ὄχι μιὰ ἀπλὴ συννεφιά): «ἠἔλιος δὲ οὐρανοῦ ἐξἀπόλωλε, κακὴ δ' ἐπιδέδρομεν ἀχλύς» (υ 356-357). Τὰ ἀναφερόμενα γεγονότα συμβαίνουν μεση-

μεριανή ώρα σύμφωνα με το κείμενο, διότι το συμβάν λαμβάνει χώρα μετά το μεσημεριανό φαγητό και πριν από το απογευματινό («δόρπον», δηλαδή πριν νυχτώσει. Η εμφάνιση («κακῆς») καταχνιάς και όχι συνηθισμένης συννεφιάς ή σκότους υποδηλώνει ότι η ήλιακη έκλειψη είναι μερική και όχι ολική, καθόσον στην ολική έκλειψη επικρατεί σκότος για λίγα λεπτά τῆς ώρας.

Λόγω τῆς περιοδικότητας τῶν ἐκλείψεων, ἓνας ἐρευνητῆς μπορεῖ με κατάλληλους ἀλγόριθμους νὰ ἐντοπίσει ἐκλείψεις ποὺ συνέβησαν κατὰ τὸ παρελθὸν ἢ πρόκειται νὰ συμβοῦν στὸ μέλλον, ἀρκεῖ νὰ ἔχει κάποια στοιχεῖα. Καὶ αὐτὰ δίδονται ἀπὸ τὸν Ὅμηρο καὶ εἶναι τὰ ἑξῆς:

1. Ἡ ἐποχὴ εἶναι φθινόπωρο.
2. Ἡ ώρα τῆς ἐκλείψεως εἶναι μεσημεριανή.

3. Πέντε ἡμέρες πρὶν ἀπὸ τὴν ἡμέρα τῆς ἐκλείψεως, κατὰ τὴν ἄφιξη τοῦ Ὀδυσσέα στὴν Ἰθάκη, ἡ Ἀφροδίτη ἦταν ὀρατὴ στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἡλίου.

Ἐπίσης, ἡ ἀπαραίτητη συνθήκη προκειμένου νὰ υπάρξει ἡ ήλιακή έκλειψη, δηλαδή ἡ φάση τῆς Νέας Σελήνης, δηλώνεται με σαφήνεια στὸ χωρίο ξ 161-164 ὅταν ἀναφέρεται ὅτι ἐκείνη τὴν ἡμέρα ἦταν «τοῦ μὲν φθίνοντος μηνός, τοῦ δὲ ἴσταμένοιο». Αὐτὴ ἡ συγκεκριμένη παρατήρηση μάλιστα ἀνήκει ἐπίσης στὸν Ἡράκλειτο ἐκ Πόντου.

Ἡ ἐρευνητικὴ ομάδα ἐπέλεξε τὸ διάστημα 1400-1130 π.Χ. ὡς τὴ χρονικὴ περίοδο τῆς ἀναζήτησης αὐτῆς τῆς ήλιακῆς ἐκλείψεως γιὰ λόγους ποὺ θὰ ἐξηγηθοῦν παρακάτω.

### Χρονολόγηση τῆς ἐπιστροφῆς τοῦ Ὀδυσσέα βάσει ήλιακῆς ἐκλείψεως στὴν Ὀδύσεια

Ἡ ἐπιστημονικὴ ομάδα χρονολόγησε τὴν ἐν λόγω ήλιακή έκλειψη, ὅπως θὰ ἐκτεθεῖ στὴ συνέχεια, με βάση τὰ προαναφερθέντα στοιχεῖα, ὅπως περιγράφονται στὴν Ὀδύσεια καὶ στὴν Ἰλιάδα, χρησιμοποιώντας τὸ πρόγραμμα Starry Night καὶ τὸν κατάλογο τῶν ἐκλείψεων τῆς NASA (ESPENAK – MEEUS 2006, 2009a,b,c).

Θὰ πρέπει νὰ ἀναφερθεῖ ὅτι οἱ πρῶτες προσπάθειες ἐντοπισμοῦ αὐτῆς τῆς ήλιακῆς ἐκλείψεως ἔγιναν ἀπὸ τὸν Schoch (1926) καὶ ἀπὸ τοὺς Baikouzis – Magnasco (2008), οἱ ὁποῖοι τὴν ταύτισαν με τὴν ολική ήλιακή έκλειψη τῆς 16ης Ἀπριλίου 1178 π.Χ. Στὴ δημοσίευση τῆς ομάδας (PAPAMARINO-

POULOS et al. 2012), απορρίπτεται τεκμηριωμένα για πολλούς λόγους ή προταθείσα ήμερομηνία, διότι μεταξύ άλλων όχι το σκότος («ήλιος»), αλλά ή καταχνιά («άχλος») είναι που υποδηλώνει μερική, και όχι όλική, ήλιακή έκλειψη. Επιπλέον οι προηγούμενοι έρευνητές δέν έρμήνευσαν σωστά τήν έποχή, ή όποια πασιφανώς ήταν φθινόπωρο και όχι άνοιξη. Τοúτο άποδεικνύεται άπό πληθώρα όμηρικων περιγραφών, οι όποίες άφορούν τó κλίμα, τις συνήθειες τών ανθρώπων, τις άγροτικές και βουκολικές άσχολίες, τά όπωροφόρα δένδρα, τή μεγάλη διάρκεια τών νυχτών κ.λπ. Στο χωρίο ο 391-392 ó Όμηρος άναφέρει, παραδείγματος χάριν, ότι οι νύκτες ήταν «άθέςφατοι» (μεγάλης διάρκειας). Αυτό σημαίνει ότι ó Όδυσσέας έφτασε στην Ίθάκη μετά τή φθινοπωρινή ίσημερία, που τότε ήταν στις 4 Όκτωβρίου, μετατοπισμένη σε σχέση με σήμερα έξαιτίας τού φαινομένου τής μετάπτωσης τών ίσημεριών.

Κατόπιν προσεκτικής άνάγνωσης τής Όδύσειας ή ομάδα έντόπισε άναφορά σε ψυχρές συνθήκες και βαριά σκεπάσματα, στο άναμμα φωτιάς για νά ζεσταθούν οι άνθρωποι στην Ίθάκη κ.λπ.

Έπίσης όλα τά άναφερόμενα φυτά (άχλαδιές, μηλιές, συκιές, ροδιές, κληματαριές γεμάτες με σταφύλια κ.λπ.) και οι γεωργικές και κτηνοτροφικές άσχολίες (ε 68-69 και 72-73, η 114-116, 122 και 124-126, ω 234, 246-247 και 340-344), όπως τρύγος και πατητήρια, πιστοποιούν τó φθινόπωρο. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει ή ομάδα και άπό τά πολλά πεσμένα φύλλα που συναντά ό Όδυσσέας στη Σχερία (ε 480-487).

Έπίσης, οι άστερισμοί που άναφέρονται άπό τόν Όμηρο (ε 270-277) και όδηγούν τόν Όδυσσέα στο ταξίδι τής έπιστροφής (Πλειάδες, Βοώτης, Άρκτος, Ωρίων) συνάδουν με νυχτερινό φθινοπωρινό ούρανό για γεωγραφικά πλάτη Μεσογείου Θαλάσσης, είτε έντός είτε έκτός αúτης. Η Μεγάλη Άρκτος παρουσιάζεται ως άειφανής άστερισμός που βοηθοúσε στον προσδιορισμό τού Βορρά, όπως άναφέρει ó Άρατος στο έργο του *Φαινόμενα και διοσημεία*. Έπειδή ή Μεγάλη Άρκτος έπρεπε νά είναι στα άριστερά τού πλοίου τού Όδυσσέα, υποχρεωτικώς ή πορεία τού τελευταίου ήταν άπό τά δυτικά προς τά άνατολικά. Οι Πλειάδες, οι όποίες είναι άστρικό σμήνος, άναφέρονται ως άστερισμός άπό τόν Έρατοσθένη και τόν Άρατο στα έργα τους *Καταστερισμοί και Φαινόμενα και διοσημεία αντίστοίχως*. Τό όμηρικό κείμενο άναφέρεται στον Βοώτη ως «όψέ δύνοντα».

Άλλὰ ἡ ταυτόχρονη παρουσία στὸν νυχτερινὸ οὐρανὸ τοῦ Βοώτη καὶ τῶν Πλειάδων συμβαίνει δύο συγκεκριμένες περιόδους: τὴν ἀνοιξὴ καὶ τὸ φθινόπωρο. Ἡ ἀνοιξὴ ἀποκλείεται λόγω τῶν προαναφερθεισῶν ὀμηρικῶν περιγραφῶν, καὶ εἰδικὰ λόγω τῆς μεγάλης διάρκειας τῆς νύχτας. Ἐπίσης, ἡ ἀναφορὰ στὸν Βοώτη ὡς «ὀψὲ δύοντα», σύμφωνα μὲ τὸν Ἄρατο, ἀφορᾷ τὸ φθινόπωρο (*Φαινόμενα καὶ διοσημεῖα*, 579-585). Ἐπιπλέον, οἱ Πλειάδες τὴν ἀνοιξὴ εἶναι δυτικὰ στὸν ὀρίζοντα καὶ δύνουν λίγες ὥρες μετὰ τὴ δύση τοῦ Ἡλίου. Συνεπῶς δὲν μπορεῖ νὰ εἶναι ὀρατὲς ὅλη τὴ νύχτα. Ὡστόσο τὸ φθινόπωρο οἱ Πλειάδες φαίνονται ὅλη τὴ νύχτα νὰ κινοῦνται ἀπὸ τὰ ἀνατολικά πρὸς τὰ δυτικά.

Ὁ Βοώτης τὴν ἀνοιξὴ εἶναι πρὸς τὰ ἀνατολικά, ἐνῶ τὸ φθινόπωρο εἶναι πρὸς τὰ δυτικά, ὀδεύοντας ἀργὰ πρὸς τὴ δύση, δηλαδὴ εἶναι «ὀψὲ δύνων Βοώτης». Ὅπως ἔδειξε τὸ πρόγραμμα *Starry Night*, σὲ ἐκεῖνο τὸν παρελθόντα χρόνον, ὁ Βοώτης δὲν ἔδουε τελείως στὸν φθινοπωρινὸ οὐρανὸ σὲ γεωγραφικὰ πλάτη τῆς Μεσογείου Θαλάσσης μέχρι καὶ σὲ πλάτη νοτίως τῶν Βρετανικῶν Νήσων. Τὰ δύο ἀστέρια του (β καὶ γ) παρέμεναν ὀριακὰ πάνω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα, ἐνῶ ὀλόκληρος ὁ ἀστερισμὸς φαινόταν νὰ κινεῖται ὅλη τὴ νύχτα ἀπὸ τὰ ΒΔ πρὸς τὰ ΒΑ. Μὲ ἄλλα λόγια, ἐνισχύεται καὶ ἀστρονομικῶς ἡ ἐκδοχὴ τοῦ φθινοπώρου τόσο ἀπὸ τὴς Πλειάδες, ὅσο καὶ ἀπὸ τὸν μὴ δύοντα πλήρως Βοώτη.

Τὸ χρονικὸ διάστημα τῆς ἀναζήτησης αὐτῆς τῆς ὀμηρικῆς ἡλιακῆς ἔκλειψης ἦταν ἀρχικὰ ἀπὸ τὸ 1300 ἕως τὸ 1130 π.Χ. Τὸ τελευταῖο καθορίζεται ἀφ' ἑνὸς ἀπὸ τὰ ἀρχαιολογικὰ εὐρήματα τῶν ἀνασκαφῶν στὴν Τροία καὶ ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα ποὺ προκύπτουν ἀπὸ τὴς ἐπίμονες ἐπιστημονικὲς μελέτες τῶν ἀρχαιολόγων, οἱ ὁποῖοι χρονολογοῦν τὴς γεωλογικὲς ζῶνες καταστροφῆς τῆς Τροίας, τὴς καλούμενες Troy VI (ἀπὸ σεισμὸ) καὶ Troy VIIa (ἀπὸ ἐμπρησμὸ λόγω πολέμου), μετὰ τὸ 1300 π.Χ., καὶ ἀφ' ἑτέρου ἀπὸ τὴν καταστροφὴ τῶν μυκηναϊκῶν κέντρων καὶ τὴν ἔναρξιν τῶν λεγομένων «σκοτεινῶν χρόνων». Ἐπισημαίνεται ὅτι στὸ ἴδιο περίπου χρονικὸ πλαίσιο κυμαίνονται καὶ οἱ ἀναφορὲς διαφόρων ἀρχαίων Ἑλλήνων συγγραφέων ὡς πρὸς τὴ χρονολόγησιν τοῦ Τρωικοῦ Πολέμου.

### Ἡλιακὲς ἐκλείψεις στὴν Ἰθάκη καὶ στὴν Τροία

Σύμφωνα μὲ τὸν κατάλογο τῶν ἡλιακῶν ἐκλείψεων τῆς NASA (ESPENAK – MEEUS 2006, 2009a,b,c), 64 ἡλιακὲς ἐκλείψεις (ὀλικὲς, μερικὲς

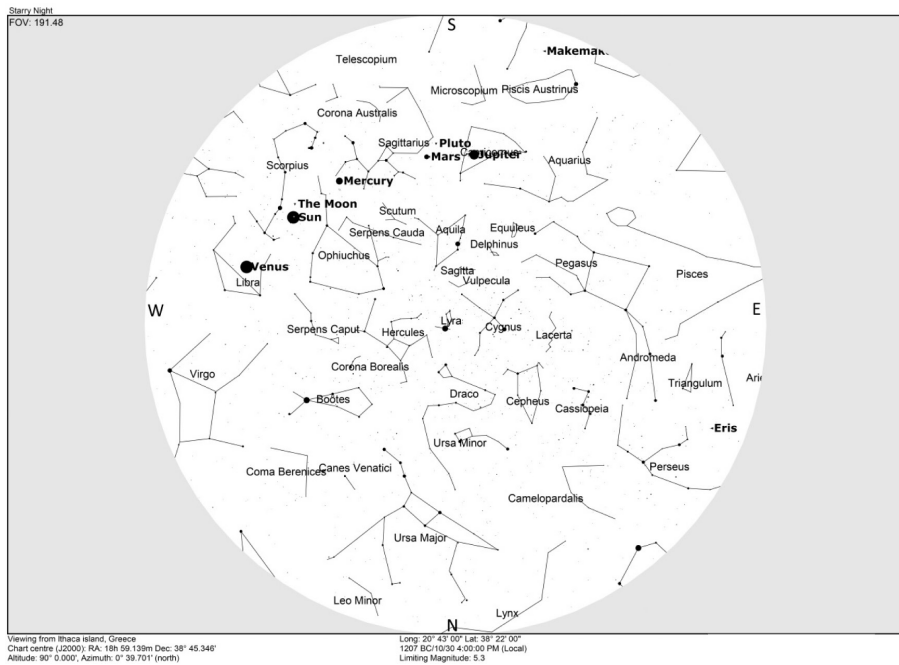
και δακτυλιοειδεΐς), όρατές στα Ίόνια Νησιά, έλαβαν χώρα μέσα σε αυτό το χρονικό πλαίσιο. Εάν όμως περιοριστούμε στο φθινόπωρο, όπου μάς οδηγεί υποχρεωτικώς ο Όμηρος, οι έκλειψεις αυτές μειώνονται σε 14. Όμως το όμηρικό κείμενο δίνει άλλη μια χρήσιμη αστρονομική πληροφορία, ή οποία ελήφθη ύπ' όψη από την επιστημονική ομάδα. Ο πλανήτης Αφροδίτη κατά την άφιξη του Όδυσσέα –πέντε ήμέρες πριν από τη μνηστηροφονία, μη συμπεριλαμβανομένης τής ήμέρας τής μνηστηροφονίας– ήταν καλά όρατός στον άνατολικό όρίζοντα πριν από την άνατολή του Ηλίου (ν 93-95).

Ο Όμηρος άναφέρει σε διαφορετικά άποσπάσματα τής Όδύσειας πέντε πλήρη ήμερόνυχτα ως χρονικά διαστήματα ποικίλων δραστηριοτήτων στην Ίθάκη και την Πελοπόννησο μετά τον έρχομό του Όδυσσέα. Η επιστημονική ομάδα έντόπισε αυτά τα αντίστοιχα όμηρικά άποσπάσματα διαδοχικών χαραυγών, δηλαδή των χρονικών διαστημάτων πριν από την άνατολή του Ηλίου μέχρι και την ήμέρα τής μνηστηροφονίας, τα όποια είναι τα έξής: ν 93-95, ο 56, 189-193 και 495-500, ρ 1-5, υ 91-97.

Ο έλεγχος των 14 ήμερομηνιών ήλιακών έκλειψεων σε σχέση και με την εμφάνιση τής Αφροδίτης στον άνατολικό όρίζοντα έδειξε ότι μόνο πέντε από αυτές τις ήμερομηνίες είχαν αυτή την όμηρική προϋπόθεση. Έξ αυτών, οι τρεις δέν έγιναν καν άντιληπτές, καθόσον ή κάλυψη του ήλιακού δίσκου ήταν μόλις 1-2% ή διότι το συμβάν έγινε μετά τη δύση του Ηλίου. Η τέταρτη συνέβη γύρω στις 8 π.μ., γεγονός το όποιο δέν είναι συμβατό με την όμηρική περιγραφή τής μνηστηροφονίας, ή όποια έγινε μετά το μεσημεριανό φαγητό.

Όστόσο, ή πέμπτη ήμερομηνία ήλιακής έκλειψης είναι σύμφωνη με όλες τις όμηρικές περιγραφές. Πρόκειται για τη μερική ήλιακή έκλειψη τής 30ής Όκτωβρίου 1207 π.Χ., με σημαντική κάλυψη των  $\frac{3}{4}$  του ήλιακού δίσκου (74,7%). Το φαινόμενο ξεκίνησε στις 14.31, κορυφώθηκε στις 16.03 και τελείωσε στις 17.23. Η ήλιακή έκλειψη συνέβη στα δυτικά, σε ύψος 20 μοιρών από τον όρίζοντα, στην περιοχή του άστερισμού του Σκορπιού. Λίγη ώρα μετά, στις 17.58, ο Ηλιος έδωσε, και γι' αυτό, όπως περιγράφεται στο όμηρικό κείμενο, άμέσως οι ύπνρέτριες έφεραν φώς (χ 497). Τη θέση τής έν λόγω ήλιακής έκλειψης στον ούρανο των Ίονίων Νήσων την άπεικονίζει ή Εικόνα 1.

Η ακρίβεια του Όμήρου ως προς την εμφάνιση τής Αφροδίτης κατά την άφιξη του Όδυσσέα περιγράφεται στο άπόσπασμα ν 93-95. Πράγματι, ή Αφροδίτη ήταν στην άνατολή, στον άστερισμό του Ζυγού, σε ύψος 18



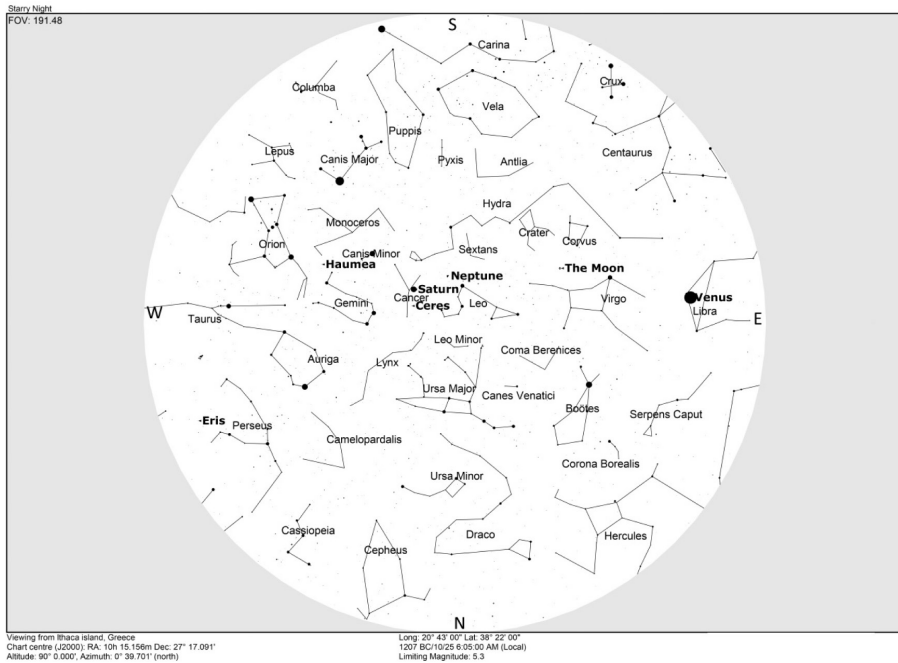
Εικόνα 1: Η μερική ήλιακή έκλειψη, με κάλυψη κατά 74,7% του ήλιακού δίσκου, της 30ής Οκτωβρίου του 1207 π.Χ., όρατη στον ουρανό των Ίονίων Νήσων, όριοθετείται σε περιοχή του ουρανού από τους άστερισμούς του Σκορπιού, του Ζυγού (ή Χηλών του Σκορπιού) και του Όφιούχου.

μοιρών πάνω από τον όριζοντα, για μιάμιση ώρα καλώς όρατη, πριν από την ανατολή του Ήλιου (ή ανατολή Ήλιου έγινε στις 6.50, ενώ η ανατολή της Αφροδίτης έγινε στις 5.13 τοπική ώρα). Η Αφροδίτη (Venus) φαίνεται στην Εικόνα 2 στην Ανατολή (East), προς τη δεξιά πλευρά της εικόνας.

Έπιπλέον, η έρευνητική ομάδα έπισημαίνει ότι δύο άστρονομικά φαινόμενα, ή ήλιακή έκλειψη και μιá βροχή διαττόντων άστέρων (πεφταστέρια), περιγράφονται στην Όδύσσεια ως προφητείες του μάντη Θεοκλύμενου, που τó όνομά του σημαίνει «ό άκούων τά θεϊα», καθώς, σύμφωνα με τις δοξασίες εκείνης της έποχής, τά έκτακτα αυτά άστρονομικά φαινόμενα συνεδέοντο με θεότητες (PAPAMARINOPOULOS et al. 2013).

Ό Όμηρος αναφέρει πολλές φορές ότι ό Τρωικός Πόλεμος διήρκεσε δέκα έτη και ότι ό Όδυσσέας επέστρεψε στην Ίθάκη είκοσι έτη μετά την αναχώρησή του. Τρία χωρία της Ίλιάδας (B 134-138, 295-296 και 328-330)





Εικόνα 2: Η εμφάνιση της Αφροδίτης (Venus) τὰ χαράματα στὸν ἀνατολικὸ ὄριζοντα τοῦ οὐρανοῦ τῶν Ἰονίων Νήσων τὴν 25ῃ Ὀκτωβρίου τοῦ 1207 π.Χ., ὅταν ὁ Ὀδυσσεὺς ἔφθασε στὸ νησί του. Ἡ Αφροδίτη φαίνεται στὰ δεξιὰ τῆς εἰκόνας.

ἀναφέρουν τὸν Κάλχη, τὸν Ἀγαμέμνονα καὶ τὸν Ὀδυσσεὺς νὰ ἐπαναλαμβάνουν τὴ δεκαετὴ διάρκεια τοῦ πολέμου καὶ νὰ προσθέτουν ὅτι τὰ περιγραφόμενα γεγονότα στὴν Ἰλιάδα ἔγιναν στὴν ἀρχὴ τοῦ δέκατου «ἔτους τοῦ πολέμου» στὴν Τροία.

Στὴ συνέχεια ἐντοπίστηκε καὶ ἄλλη μία ἡλιακὴ ἔκλειψη, ποὺ περιγράφεται στὴν Ἰλιάδα (στὸ χρονικὸ διάστημα ἀναζήτησης 1400-1130 π.Χ.). Τὰ στοιχεῖα ποὺ δίνονται ἀπὸ τὸν Ὅμηρο γιὰ τὸν ἐντοπισμὸ τῆς εἶναι:

1. Ἡ ἐποχὴ ἦταν καλοκαίρι (περιγραφή πολλῆς ζέστης καὶ παρουσίας ἐρωδιῶ).

2. Ἡ ὥρα τῆς ἔκλειψης ἦταν ἀργὰ τὸ μεσημέρι (θάνατος Πατρόκλου).

3. Ἡ Αφροδίτη ἦταν στὸν ἀνατολικὸ ὄριζοντα ὀρατὴ πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἡλίου, τρεῖς ἡμέρες μετὰ τὴν ἔκλειψη καὶ τὸν θάνατο τοῦ Πατρόκλου, κατὰ τὴν ἡμέρα ποὺ ξημέρωσε μετὰ τὴν καύση τῆς σοροῦ του.



4. Ἡ ἔκλειψη αὐτὴ ἔπρεπε νὰ εἶχε προϋπάρξει δέκα χρόνια πρὶν ἀπὸ τὴν ἔκλειψη ποὺ ἀναφέρεται στὴν Ὀδύσσεια.

Ἡ πρώτη ἀναφορὰ σὲ αὐτὴ τὴν ἡλιακὴ ἔκλειψη ἔγινε ἀπὸ τὸν Σουηδὸ ἀστρονόμο Knut Lundmark σὲ ὀμιλία του περὶ τὸ 1940 (HENRIKSSON 2012).

Συγκεκριμένα, οἱ ἐρευνητές, κατὰ τὴ μελέτη τοῦ ὀμηρικοῦ κειμένου, ἐντόπισαν τὴν περιγραφὴ μίας ἀκόμη μερικτῆς ἡλιακῆς ἔκλειψης ὁρατῆς στὴν Τροία κατὰ τὴν προϊστορικὴ ἐποχὴ καὶ τὴν ἐπιβεβαίωσαν στοὺς καταλόγους τῶν ἐκλείψεων τῆς NASA (PAPAMARINOPOULOS et al. 2014). Ἡ περιγραφόμενη ἀπόλυτη σκοτεινιά τῆς νύχτας (Θ 500-511, Κ 275-277, 297, 394 καὶ 468) πρὶν ἀπὸ τὴν ἡμέρα θανάτου τοῦ Πατρόκλου εἶναι συμβατὴ μὲ τὴν ἀπαραίτητη προϋπόθεση τῆς φάσεως Νέας Σελήνης, προκειμένου νὰ συμβεῖ μιὰ ἡλιακὴ ἔκλειψη. Ἐπιπλέον ἡ ὑπαρξὴ τοῦ ἔρωδιου (Κ 274-275), ποὺ εἶναι ἀποδημητικὸ πτηνὸ, καθὼς καὶ οἱ σκηνές ποὺ ἀναφέρονται καὶ ἀντιστοιχοῦν σὲ συνθηκῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας (Κ 572-575, Λ 621-622, 642-643 καὶ 811-812), ὑποδηλώνουν ὅτι ἡ ἐποχὴ ἦταν εἴτε προχωρημένη ἀνοιξῆ εἴτε ἀρχὴ καλοκαιριοῦ.

#### Ἡ ἡλιακὴ ἔκλειψη στὴν Τροία καὶ ὁ θάνατος τοῦ Πατρόκλου

Παρακολουθώντας τὴν ὀμηρικὴ ἀφήγησι τῆς μάχης, φαίνεται ὅτι περιγράφεται ἓνα σταδιακὸ σκοτείνιασμα (τὸ ὁποῖο προκαλεῖ ὁ Ζεὺς), ποὺ ξεκινᾷ τὸ μεσημέρι, τὴν ὥρα θανάτου τοῦ Σαρπηδόνα (Π 567-568), καὶ κορυφώνεται μετὰ τὴν ὥρα θανάτου τοῦ Πατρόκλου (Ρ 269-270).

Δὲν πρόκειται γιὰ ὀλικὴ ἡλιακὴ ἔκλειψη, καθὼς ὑπάρχει ὁρατότητα καὶ ἡ σκληρότατὴ μάχη συνεχίζεται κανονικὰ γύρω ἀπὸ τὸ σῶμα τοῦ νεκροῦ Πατρόκλου. Μάλιστα στοὺς στίχους: «Ὡς οἱ μὲν μάρναντο δέμας πυρός, οὐδέ κε φαίης οὔτε ποτ' ἠέλιον σῶν ἔμμεναι οὔτε σελήνην» (Ρ 366-377) ὑποδηλώνεται ἡ «συνύπαρξή» Ἡλίου καὶ Σελήνης. Θὰ ἦταν λογικὸ νὰ γίνε ἀναφορὰ μόνον στὸν Ἥλιο καὶ ὄχι καὶ στὴ Σελήνη τὸ μεσημέρι ποὺ διεξάγεται αὐτὴ ἡ μάχη. Βεβαίως μπορεῖ κανεὶς νὰ διακρίνει ἀχνὰ καὶ τὴ Σελήνη σὲ ἡμερήσιο φῶς, ἀλλὰ ὄχι κάτω ἀπὸ τὸν ἔντονο ἡλιακὸ φωτισμὸ ἑνὸς ζεστοῦ καλοκαιριοῦ μεσημεριοῦ ὅπως αὐτὸ ποὺ περιγράφεται. Κατόπιν συνδυασμοῦ τῶν παραπάνω περιγραφῶν ἔγινε ἀντιληπτὸ ὅτι ὁ ποιητῆς περιγράφει μιὰ μερικτὴ ἡλιακὴ ἔκλειψη, ὅπου ὁ σκοτεινὸς δίσκος τῆς Σελήνης βρῖσκεται ἀκριβῶς δίπλα καὶ ἐν μέρει καλύπτει τὸν φωτεινὸ ἡλιακὸ δίσκο.

Ἡ περιγραφή μάλιστα συνεχίζεται (P 366-377) με τὴ διευκρίνιση ὅτι τὸ φαινόμενο τῆς συνύπαρξης τῶν δύο οὐρανίων σωμάτων δὲν γίνεται ἀντιληπτό ἀπὸ ὅσους μάχονται σκληρὰ γύρω ἀπὸ τὸν νεκρὸ Πάτροκλο, οἱ ὅποιοι βρίσκονται ἐνδιαμέσως τῶν στρατευμάτων, καθὼς «ἠέρι γὰρ κατέχοντο μάχης ἐπὶ θ' ὅσον ἄριστοι ἔστασαν ἀμφὶ Μεινοιτιάδῃ κατατεθνηῶτι». Δηλαδή αὐτοὺς τοὺς κάλυπτε τὸ σκοτάδι τῆς μάχης («ἠέρι μάχης»), συνεκδοχικὰ ἢ σκοτεινὰ τοῦ πολέμου, καὶ δὲν ἀντιλαμβάνονται τὸ οὐράνιο φαινόμενο· σὲ ἀντίθεση μὲ ὅλους τοὺς ἄλλους μαχομένους, στὴν ἴδια βεβαίως πεδιάδα, οἱ ὅποιοι πολεμοῦν κάτω ἀπὸ αἴθριο οὐρανό, μὲ ὄξύ, διαπεραστικό, ἐκτυφλωτικὸ ἠλιακὸ φῶς, ἐνῶ «δὲν φαίνεται πουθενὰ σύννεφο, οὔτε στῆ γῆ οὔτε στὰ ὄρη» («οἱ δ' ἄλλοι Τρῶες καὶ εὐκνήμιδες Ἀχαιοὶ εὐκνηλοὶ πολέμιζον ὑπ' αἰθέρι, πέπτατο δ' αὐγῇ ἡελίου ὄξεια, νέφος δ' οὐ φαίνετο πάσης γαίης οὐδ' ὀρέων»).

Ἡ τελευταία ἐπισήμανση ὑποδηλώνει τὴν ὑπαρξὴ μιᾶς «σκοτεινιαῆς», ὅπως ὅταν ὑπάρχει νέφωση, χωρὶς ὅμως, στὴ συγκεκριμένη περίπτωση, τὴν ὑπαρξὴ νεφῶν. Πρόκειται γιὰ τὸ σκοτεινιασμοῦ ποὺ ἐπιφέρει μιὰ μερικὴ ἠλιακὴ ἔκλειψη. Τὸ ὄξύ ἐκτυφλωτικὸ ἠλιακὸ φῶς προέρχεται ἀπὸ τὸ ἐναπομειῶν μικρὸ τμήμα τοῦ ἠλιακοῦ δίσκου ποὺ δὲν ἔχει καλυφθεῖ ἀπὸ τὸν σεληνιακὸ δίσκο.

Στὴ συνέχεια καὶ ἐνῶ ἡ μάχη συνεχίζεται, ἡ θεὰ Ἀθηνᾶ ὡς πορφυρὴ νεφέλη κατέβηκε ἀπὸ τὸν οὐρανὸ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους (P 544-555), καλύπτοντας τὰ στρατεύματα, ὅποτε ἡ μάχη διακόπτεται λόγω μὴ ὁρατότητας, ὅπως δηλώνεται διὰ στόματος τοῦ Αἴαντα (P 643-650). Δηλαδή τὸ μειωμένο ἠλιακὸ φῶς, λόγω τῆς ἔκλειψης, ἐπιβαρύνεται ἀπὸ τὴν προσθήκη αὐτοῦ τοῦ κόκκινου νέφους.

Γιὰ τὴν ἐρμηνεῖα αὐτοῦ τοῦ κόκκινου νέφους, καθὼς καὶ γιὰ τὴν πτώση στὴ γῆ αἱμάτων δροσοσταλίδων [αἱματοέσσας δὲ ψιάδας κατέχευεν ἔραζε] (Π 459)], ποὺ προηγήθηκαν στὸ πεδίο τῆς μάχης, παρέχεται ἐπιστημονικὴ ἐξήγηση σὲ ὄρους ἀστροφυσικῆς καὶ ἀτμοσφαιρικῆς φυσικῆς σὲ πρόσφατη δημοσιευμένη ἐργασία τῆς ομάδας (PAPAMARINOPOULOS et al. 2016). Ἡ ἐξήγηση ἢ ὅποια δίδεται ἀφορᾶ τὴ δημιουργία συνθηκῶν (οἱ ὅποιες ἀναλύονται), προγενεστέρως τῆς ἠλιακῆς ἔκλειψης, ποὺ ὀδήγησαν στὴν παρουσία ἐνὸς ἐρυθροῦ σύννεφου καὶ τὴν κάθοδό του ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ὡς ὀμίχλης στὸ πεδίο τῆς μάχης, τὴν ὥρα τῆς μέγιστης φάσης τῆς ἠλιακῆς ἔκλειψης, λόγω τῆς ἀπότομης μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς ὑγρασίας στὴν πεδιάδα τῶν μαχῶν, ἐξ αἰτίας ἀκριβῶς τῆς ὑπαρξῆς τῆς ἠλιακῆς

ἔκλειψης. Ἡ συνύπαρξή τῶν δύο φαινομένων τονίζεται μέσα στο ὁμηρικό κείμενο ὡς ἡ αἰτία τῆς παντελοῦς ἔλλειψης ὁρατότητας γιὰ λίγα λεπτά.

Ὁ Αἴας προσεύχεται στὸν Δία νὰ ἐπαναφέρει τὸ φῶς καὶ ἐκεῖνος ἀνταποκρίνεται ἄμεσα. Πράγματι, ἡ μέγιστη φάση μιᾶς ἠλιακῆς ἔκλειψης κρατᾶ μόνο μερικὰ λεπτά. Ἔτσι ὁ Ζεὺς ἐπιφέρει δύο συμβάντα, καθὼς ὑπῆρχαν δύο φαινόμενα, «ἠέρα μὲν σκέδασε καὶ ἄπωσεν ὀμίχλην» (P 649-650). Δηλαδή σκόρπισε τὸ σκοτάδι (λόγω τῆς ἔκλειψης) καὶ ἀπομάκρυνε καὶ τὴν ὀμίχλη. Ὄποτε «ἠἔλιος δὲ ἐπέλαμψε», δηλαδή ὁ Ἥλιος ἔλαμψε ψηλὰ στὸν οὐρανό.

Ὁ ποιητὴς ὅμως δίνει καὶ ἄλλη μία χρήσιμη ἀστρονομικὴ πληροφορία. Μετὰ τὸν θάνατο τοῦ Πατρόκλου (μὴ συμπεριλαμβανομένης τῆς ἡμέρας θανάτου του), σὲ διαφορετικὰ ἀποσπάσματα τοῦ κειμένου ἀναφέρονται τρεῖς χαραυγές. Ἡ ὁμάδα ἐνότισε αὐτὲς τρεῖς διαδοχικὲς χαραυγές, οἱ ὁποῖες περιγράφονται σὲ ἀντίστοιχα ἀποσπάσματα (T 1-2, Ψ 109-110 καὶ 226-228). Στὸ πρῶτο καὶ στὸ δεύτερο ἐξ αὐτῶν περιγράφεται ἡ πρώτη καὶ ἡ δεύτερη χαραυγὴ ἀντιστοίχως μετὰ τὸν θάνατο τοῦ Πατρόκλου. Στὸ τρίτο περιγράφεται ἡ χαραυγὴ μετὰ τὸ τέλος τῆς διὰ πυρὸς καύσης τῆς σοροῦ τοῦ ἥρωα, ὅποτε ἐπισημαίνεται ἡ ἐμφάνιση τῆς Ἀφροδίτης (Venus) στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἥλιου.

Μὲ δεδομένη τὴν ὑπαρξὴ μιᾶς ἀκόμη ἠλιακῆς ἔκλειψης ποὺ ἀναφέρεται στὴν Ὀδύσσεια, θὰ πρέπει ἡ ἔκλειψη τῆς Ἰλιάδας νὰ προηγεῖται κατὰ δέκα ἔτη πολέμου, σύμφωνα μὲ τὸν ἴδιο τὸν Ὅμηρο. Συνεπῶς, ἡ ἐπιστημονικὴ ὁμάδα ὄφειλε νὰ ἀναζητήσει δύο ἠλιακὲς ἐκλείψεις (μέσα στὸ χρονικὸ διάστημα 1400-1130 π.Χ.) ποὺ νὰ ικανοποιοῦν τρεῖς ἐξ ἑξ ὁμηρικὲς προϋποθέσεις:

– Μιὰ ἔκλειψη ὁρατὴ στὴν Τροία, μεσημεριανὴ ὥρα, ποὺ συνέβη προχωρημένη ἀνοιξὴ ἢ καλοκαίρι. Ἐπὶ πλεόν ὁ πλανήτης Ἀφροδίτη πρέπει νὰ εἶναι ὁρατὸς στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα, πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἥλιου, τρεῖς ἡμέρες μετὰ τὴν ἠλιακὴ ἔκλειψη.

– Μετὰ μία δεκαετία, μιὰ ἔκλειψη ὁρατὴ στὴν Ἰθάκη, μεσημεριανὴ ὥρα, ποὺ συνέβη τὸ φθινόπωρο. Ἐπιπροσθέτως ὁ πλανήτης Ἀφροδίτη πρέπει νὰ εἶναι ὁρατὸς στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα, πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἥλιου, πέντε ἡμέρες πρὶν ἀπὸ τὴν ἠλιακὴ ἔκλειψη.

## Τὸ πρόγραμμα Starry Night καὶ οἱ κατάλογοι ἐκλείψεων τῆς NASA

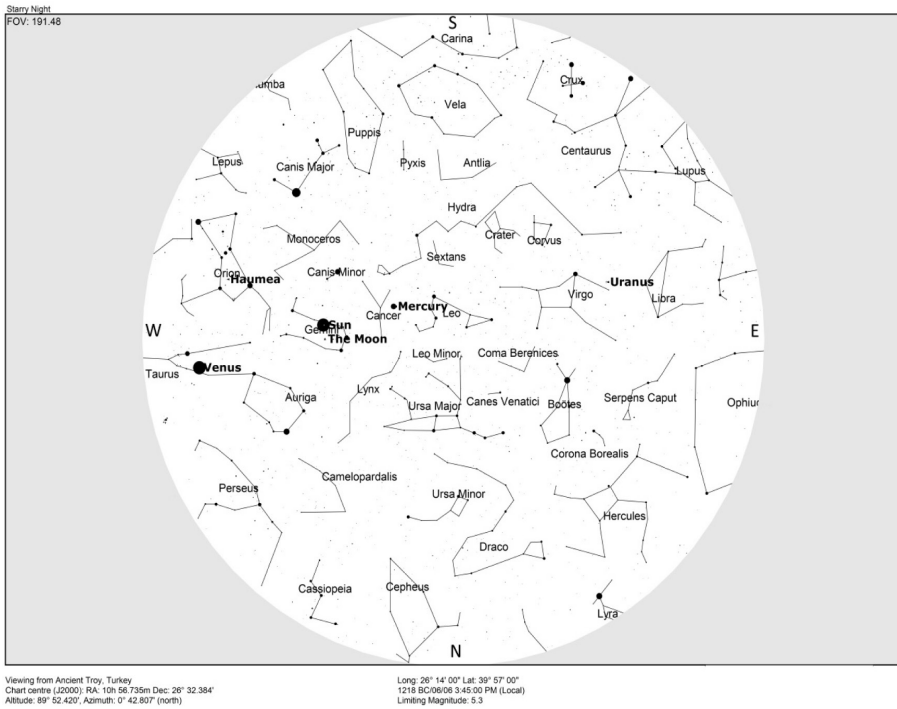
Μὲ χρήση τοῦ προγράμματος Starry Night καὶ τῶν καταλόγων τῶν ἐκλείψεων τῆς NASA, ἐλέγχθηκε ὅλη ἡ χρονικὴ περίοδος ἀπὸ τὸ 1400 ἕως τὸ 1130 π.Χ. Ἡ ἐπιστημονικὴ ὁμάδα ὄφειλε νὰ λάβει ὑπόψη τὴν ἔναρξιν τῆς ἀνθησης τοῦ μυκηναϊκοῦ πολιτισμοῦ τὸ 1400 π.Χ., καθὼς καὶ τὴν ἀκμὴ καὶ τὸ τέλος τοῦ κόσμου τῶν Ἀχαιῶν τὸ 1130 π.Χ. Θὰ πρέπει ἀκόμη νὰ ἐπισημάνουμε ὅτι θὰ ἦταν φοβερὰ ριψοκίνδυνο νὰ πραγματοποιηθεῖ μυκηναϊκὴ ἐκστρατεία ἐναντίον τῆς Τροίας κατὰ τὴν ἀκμὴ τῆς Χεττιτικῆς Αὐτοκρατορίας, γι' αὐτὸ καὶ ἐκστρατεία πρέπει νὰ ἐπιχειρήθηκε μόνο ὅταν ἡ τελευταία ἔχασε τὴ δύναμή της μετὰ τὴν ἥττα της ἀπὸ τοὺς Αἰγυπτίους στὴ μάχην τοῦ Kadesh τὸ 1275/4 π.Χ. (SPALINGER 2005) καὶ κυρίως μετὰ τὴν ἥττα της ἀπὸ τοὺς Ἀσσυρίους στὴ μάχην τῆς Nihriya τὸ 1237 π.Χ. (LIVERANI 2001). Ἡ ἐπιστημονικὴ ὁμάδα, ἀφοῦ ἔλαβε ὑπόψη τῆς ὅλα τὰ προαναφερθέντα, ἐνόησε τὴν ἡμερομηνία αὐτῆς τῆς μερικῆς ἡλιακῆς ἐκλείψεως, ποὺ ἦταν ἡ 6ῆ Ἰουνίου τοῦ 1218 π.Χ. Ἡ θέσις τῆς συγκεκριμένης ἡλιακῆς ἐκλείψεως παρουσιάζεται στὴν Εἰκόνα 3, στὴν ἀριστερὴ πλευρὰ της.

Ἡ μερικὴ ἡλιακὴ ἐκλείψιν τῆς 6ης Ἰουνίου 1218 π.Χ. στὴν Τροία, ἡ ὁποία μετὰ ἀπὸ ἕναν ἕως δύο μῆνες ἀλώθηκε, ἱκανοποιεῖ τὴν ἀναφορὰ τοῦ Ὀμήρου ὅτι προηγεῖται μίαν δεκαετία ἀπὸ τὴν ἐπιστροφή τοῦ Ὀδυσσεύ, ποὺ ἔγινε τὴν 25ῆ Ὀκτωβρίου τοῦ 1207 π.Χ. – καὶ ἀκολούθησε ἡ ἐκλείψιν τῆς Ἰθάκης πέντε ἡμέρες μετὰ, δηλαδὴ τὴν 30ῆ Ὀκτωβρίου 1207 π.Χ. Τὸ ζεῦγος αὐτῶν τῶν δύο ἡλιακῶν ἐκλείψεων εἶναι τὸ μοναδικὸ ποὺ ἱκανοποιεῖ αὐτὸν τὸν ὀμηρικὸ ὄρο στὴ χρονικὴ περίοδο 1400-1130 π.Χ.

Ἡ μερικὴ ἡλιακὴ ἐκλείψιν στὴν Τρωάδα συνέβη μεσημέρι, μὲ ἔναρξιν στὶς 14.10, μέγιστη φάσιν στὶς 15.45 καὶ λήξιν στὶς 17.07, ἐνῶ ἡ κάλυψιν τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου ἦταν 75,2%. Ὁ συγχρονισμὸς της μὲ τὸν θάνατον τοῦ Πατρόκλου εἶναι ἐμφανής.

Τρεῖς ἡμέρες μετὰ τὴν ἐκλείψιν, τὰ χαράματα τῆς 9ης Ἰουνίου, ἡ Ἀφροδίτη ἦταν πολὺ καλὰ ὁρατὴ στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα, καθὼς ἀνέτειλε στὶς 3.12, ἐνῶ ὁ ἥλιος ἀνέτειλε στὶς 4.48, ὅπως φαίνεται στὴν Εἰκόνα 4 στὴ δεξιὰ πλευρὰ τοῦ χάρτη.

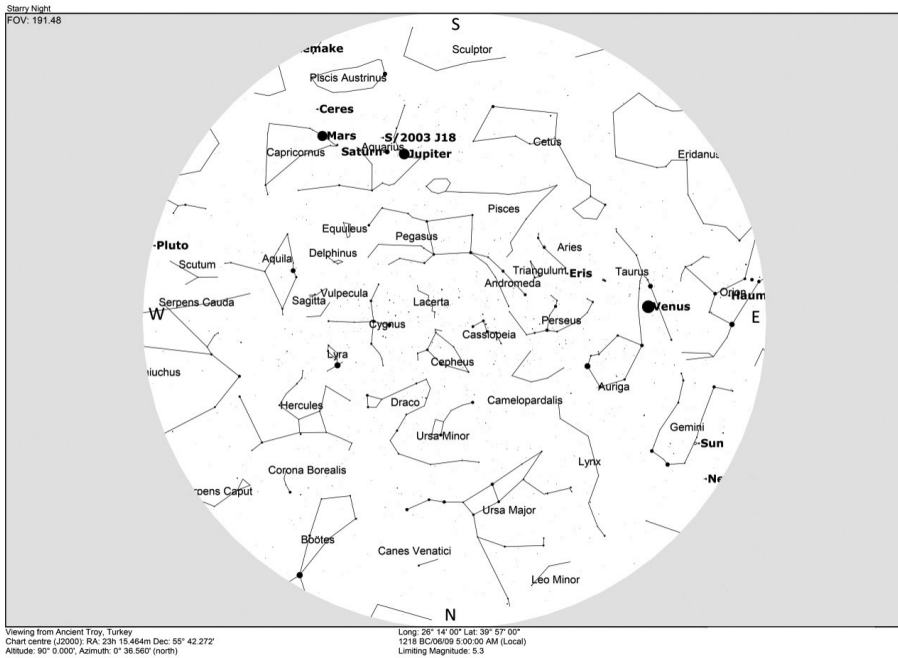
Ἡ εὐρεθεῖσα ἡλιακὴ ἐκλείψιν τῆς 6ης Ἰουνίου τοῦ 1218 π.Χ. ὀριοθετεῖται, σὲ περιοχὴ τοῦ οὐρανοῦ τῆς Τρωάδας, ἀπὸ τοὺς ἀστερισμοὺς τοῦ Ὠρίωνα, τοῦ Ταύρου (μὲ τὰ νεφελώματα Πλειάδες καὶ Ἰάδες) καὶ τῆς Με-



Εικόνα 3: Η έκλειψη Ήλιου τῆς 6ης Ἰουνίου 1218 π.Χ. στὴν Τρωάδα, μὲ κάλυψη τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου 75,2%, ἔγινε σὲ περιοχὴ τοῦ οὐρανοῦ ἡ ὁποία ὀριοθετεῖται ἀπὸ τοὺς ἀστερισμοὺς τοῦ Ταύρου, τοῦ Ὠρίωνα καὶ τῆς Μεγάλης Ἄρκτου καὶ ἐμφανίζεται στὴν ἀριστερὴ πλευρὰ τῆς εἰκόνας. Αὐτοὶ ἀκριβῶς οἱ ἀστερισμοὶ περιγράφονται στὴ δευτέρη ἀσπίδα τοῦ Ἀχιλλέα!

γάλης Ἄρκτου. Τὸ χωρίο τῆς Ἰλιάδας Σ 483-489 ἀναφέρει αὐτοὺς ἀκριβῶς τοὺς ἀστερισμοὺς, οἱ ὁποῖοι δίκην στεφάνου κυκλώνουν τὴν οὐράνια περιοχὴ ὅπου ἔγινε ἡ έκλειψη. Οἱ ἀστερισμοὶ αὐτοὶ ἀναφέρονται στὴν περιγραφὴ τῆς δευτέρης ἀσπίδας τοῦ Ἀχιλλέα, δεδομένου ὅτι ἡ πρώτη λαφυραγωγήθηκε ἀπὸ τοὺς Τρῶες ὅταν σκότωσαν τὸν Πάτροκλο. Ἡ ἤδη παρουσιασθεῖσα Εἰκόνα 3 δείχνει τὸν οὐρανὸ τῆς Τροίας τὴν ὥρα τῆς έκλειψης, ἡ ὁποία ἔλαβε χώρα στὸν ἀστερισμὸ τῶν Διδύμων καὶ εἶναι ὀριοθετημένη ἀπὸ τοὺς συγκεκριμένους ἀστερισμοὺς οἱ ὁποῖοι –ἀναφέρεται ὅτι– ἀπεικονίζονταν πάνω στὴν ἀσπίδα τοῦ Ἀχιλλέα.

Ἐπιπροσθέτως, στὴ δημοσίευση τῆς ομάδας PAPAMARINOPOULOS et al. (2014) ἀπορρίπτεται τεκμηριωμένα καὶ γιὰ πολλοὺς λόγους ἡ ὀλικὴ ἡλιακὴ



Εικόνα 4: Ἡ ἐμφάνιση τῆς Ἀφροδίτης (Venus) στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα τοῦ οὐρανοῦ τῆς Τροίας, τὰ χαράματα τῆς 9ης Ἰουνίου τοῦ 1218 π.Χ., τρεῖς ἡμέρες μετὰ τὸν θάνατο τοῦ Πατρόκλου, φαίνεται στὴ δεξιὰ πλευρὰ τῆς εἰκόνας.

ἔκλειψη τῆς 11ης Ἰουνίου 1312 π.Χ. ἢ τῆς 24ης Ἰουνίου τοῦ 1312 π.Χ., σὲ γρηγοριανὸ καὶ ἰουλιανὸ ἡμερολόγιο ἀντιστοίχως, τὴν ὁποία πρότεινε ὁ Henriksson (2012). Ἡ ὅλη περιγραφή τοῦ ὁμηρικοῦ κειμένου ἀντιστοιχεῖ σὲ μερικὴ καὶ ὄχι σὲ ὀλικὴ ἡλιακὴ ἔκλειψη, ὅπως προτείνει ὁ ἐν λόγω ἐρευνητής. Ἐπίσης ὑπάρχουν ἐπιστημονικῶς ἀσυγχώρητες ἀσυμβατότητες στὸ ὅλο σκεπτικὸ ποῦ παρουσιάζει προκειμένου νὰ δικαιολογήσει τὴν ἐπιλογή του.

Ἡ περιγραφόμενη στὸ ὁμηρικὸ κείμενο ζέστη καὶ ἡ προαναφερθεῖσα ἐμφάνιση τοῦ ἀποδημητικοῦ πτηνοῦ ἐρωδιοῦ στὴ δέκατη ραψωδία τῆς Ἰλιάδας ταιριάζουν ἀπόλυτα στὶς ἀρχές Ἰουνίου, ἕνα περίπου μῆνα πρὶν ἀπὸ τὸ θερινὸ ἡλιοστάσιο, ποῦ τότε (λόγω τοῦ φαινομένου τῆς μετάπτωσης) ἦταν τὴν 4η Ἰουλίου.

Ὡς γνωστὸν, ἡ κοινὴ ἀποδοχὴ τῆς χρονικῆς ἀναφορᾶς τῆς πρώτης τέλεσης τῶν Ὀλυμπιακῶν Ἀγῶνων τὸ ἔτος 776 π.Χ. ἐκ μέρους τοῦ κρά-

τους τῆς Ἡλιδας ἔγινε πρὸς τὰ μέσα τοῦ 3ου αἰώνα π.Χ. Ἡ ομάδα παραθέτει ἑννέα ἀποσπάσματα, τὰ ὅποια ἀφοροῦν τῇ χρονολόγησιν γεγονότων μετὰ τὴν βία τῶν Ὀλυμπιάδων ἀπὸ τὰ μέσα τοῦ 3ου αἰώνα π.Χ. Συγκεκριμένα, τρία ἀπὸ τὸν Διόδωρον Σικελιώτην (Ἱστορικὴ βιβλιοθήκη 1,4,7 - 1,68, 5,1 καὶ 6-7), τρία ἀπὸ τὸν Διονύσιον Ἀλικαρνασσέα (Ῥωμαϊκαὶ ἀρχαιότητες, 1,74,1 - 1,74,4 - 3,1,4) καὶ τρία ἀπὸ τὸν Πολύβιον Μεγαλοπολίτην (Ἱστορίαι, 3,17,1 - 4,26,1 - 5,105,3).

Κατὰ τὴν κλασικὴν ἐποχὴν στὴν Ἑλλάδα οἱ χρονολογικὲς ἀφετηρίαι ἦσαν διαφορετικαί. Στὴν Ἀθήναν, γὰρ παράδειγμα, τὰ ἔτη καθορίζονταν ἀπὸ τὸν ἐπώνυμον ἄρχοντα, στὴ Σπάρτην ἀπὸ τὸν ἐπώνυμον ἔφορον καὶ στὸ Ἄργος ἀπὸ τὴν ἰσόβια ἰέρεια τῆς Ἥρας.

Ἐπίσης, γὰρ τὴν ὑπαρξὴν διαφορετικῆς ἀρχῆς τοῦ ἔτους στὶς ἑλληνικὰς πόλεις κατὰ τοὺς αἰῶνες πρὶν ἀπὸ τὴν χρονολόγησιν μετὰ τὴν βία τῶν Ὀλυμπιάδων, παρατίθενται τὰ ἑξῆς ἀποσπάσματα: Φώτιος, Λεξικόν, 291 καὶ Πλούταρχος, Πελοπίδας, 25. Ἐπιπλέον ὑπάρχουν καὶ πολλὰ ἄλλα περιγραφόμενα στὴ βιβλιογραφία, ὅπως λόγου χάριν ἀναφέρονται ἀπὸ τοὺς Μάνο Δανέζη καὶ Στράτον Θεοδοσίου στὸ βιβλίον τους Ἡ Ὀδύσεια τῶν ἡμερολογίων (1995).

Εἶναι ἀναμενόμενον ὅτι γὰρ τοὺς προγενέστερους αἰῶνες, ὅπως γὰρ τὸ τέλος τοῦ 13ου καὶ τὴν ἀρχὴν τοῦ 12ου αἰώνα π.Χ. παραδείγματός χάριν, δὲν ὑπῆρχε κοινὸ ἡμερολόγιον γὰρ τὰ βασιλείαι τῶν Ἀχαιῶν. Συνήθως ἡ πρωτοχρονία εἶχε σχέση μετὰ κάποιον ἡλιοστάσιον ἢ κάποιαν ἰσημερίαν, ἀλλὰ διέφερε ἀπὸ περιοχὴν σὲ περιοχὴν. Κατὰ συνέπειαν ὁ Ὅμηρος δὲν θὰ μπορούσε νὰ δίνει τὴν δεκαετίαν τοῦ πολέμου μετὰ τὴν βία ἓνα κοινὸ ἡμερολόγιον, μία κοινὴ πρωτοχρονία. Ὡς ἐκ τούτου ὁ κοινὸς χρόνος γὰρ ὅλους τοὺς μαχομένους ἦταν «πόσα ἔτη πολέμου», δηλαδὴ τὰ «ἔτη πολέμου». Πράγματι, ὁ Κάλχας, ὁ Ἀγαμέμνων καὶ ὁ Ὀδυσσεύς (B 134-135, 295-296 καὶ 328-329, ἀντιστοίχως), ἀλλὰ καὶ ἄλλοι, ἀναφέρουν ὅτι ἔχουν ἤδη πολέμησαι ἑννέα ἔτη καὶ τώρα βρίσκονται στὴν ἀρχὴν τοῦ δέκατου ἔτους τοῦ πολέμου.

Ἐπιπροσθέτως, ἡ ομάδα, στηριζόμενη σὲ κείμενα τῆς ἀρχαίας ἑλληνικῆς γραμματικῆς τῶν μεταγενέστερων περιόδων, ἀποδεικνύει ὅτι οἱ ἐκστρατεῖες ξεκινοῦσαν τὴν ἀνοιξὴν ἢ ἀμέσως μετὰ τὴν ἀνοιξὴν. Παραθέτει δὲ πολλὰ ἀποσπάσματα ἀρχαίων ἱστορικῶν καὶ ἄλλων συγγραφέων, καὶ συγκεκριμένα: δύο ἀπὸ τὸν Ἡρόδοτον (Ἱστορίαι, 6,106-107 - 7,206), δεκαεπτὰ ἀπὸ τὸν Θουκυδίδην (Ἱστορίαι, 1,30,4 - 2,2,1 - 2,34,1 - 2,102,2 - 2,103,1 - 4,117,1 - 5,20,3 - 5,26,1 - 6,8,1 - 6,88,5 - 6,88,6 - 6,94,1 - 7,15,2 -



7,17,1 - 8,2,4 - 8,7,1 - 8,61,1), δύο από τον Ξενοφώντα (Έλληνικά, 3,2,6 - 5,3,1), έπτά από τον Άρριανό (Άλεξάνδρου ανάβασις, 1,1,4 - 1,11,3 - 3,6,1 - 4,7,1 - 4,18,2 και 4 - 4,22,3) και τρία από τον Δίωνα τον Κάσσιο (Ρωμαϊκά Ιστορία, 36,5,1 - 49,31,4 - 54,33,1).

Άπό όλα αυτά αποδεικνύεται ότι οι έκστρατείες ξεκινούσαν κατά κανόνα είτε την άνοιξη είτε άμέσως μετά από αυτήν. Κατά συνέπεια ή ίδια λογική τής διεξαγωγής των πολέμων και τής έπιμελητείας των έκστρατειών κατά την κλασική, την έλληνιστική και τή ρωμαϊκή έποχή θά πρέπει νά προεκταθεί και κατά τή μυκηναϊκή περίοδο, πού συμπίπτει με την ύστερη έποχή του Χαλκού.

Ένα, λοιπόν, «έτος πολέμου» στην Τροία άρχιζε την άνοιξη ένός έτους και τελείωνε την άνοιξη του έπομένου έτους. Συνεπώς, με σημερινή χρονολόγηση, τó πρώτο «έτος πολέμου» ήταν μεταξύ των έτων 1227-1226 π.Χ. και τó δέκατο «έτος πολέμου» ήταν μεταξύ των έτων 1218-1217 π.Χ. Η άλωση τής Τροίας έλαβε χώρα στην άρχή του δέκατου «έτους του πολέμου», όπως γράφει ó Όμηρος, δηλαδή τó καλοκαίρι του 1218 π.Χ., όπως προτείνει ή ομάδα.

Ό Όδυσσέας αναχώρησε από την Ίθάκη τó 1228-1227 π.Χ. και επέστρεψε τó είκοστό έτος, δηλαδή τó 1208-1207 π.Χ.

Η έπιστημονική ομάδα παραθέτει στον Πίνακα 1 τά έτη πολέμου (άπό άνοιξη σε άνοιξη) και τó έτος έπιστροφής του Όδυσσέα.

1227-1226 π.Χ. Πρώτο έτος πολέμου
1218-1217 π.Χ. Δέκατο έτος πολέμου
1208-1207 π.Χ. Είκοστό έτος - Έπιστροφή Όδυσσέα στην Ίθάκη

Πίνακας 1: Τά έτη του πολέμου και τής έπιστροφής του Όδυσσέα.

## Χρονολογήσεις του Τρωικού Πολέμου άπό ιστορικούς και άρχαιολόγους

Η έπιστημονική ομάδα παραθέτει επίσης και τον Πίνακα 2, ó όποιος περιέχει τις άπόψεις των άρχαίων ιστορικών για τή χρονολόγηση του Τρωικού Πολέμου. Οι ιστορικοί χρονολογούν τον Τρωικό Πόλεμο πού περιγράφεται άπό τον Όμηρο στο χρονικό διάστημα μετά τó 1300 π.Χ. (έκτος άπό τον Δούρη τον Σάμιο) μέχρι τó 1171 π.Χ.



Όνομα συγγραφέως	Έτος π.Χ.
Δούρις Σάμιος (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1454 ἢ 1514
Κλείταρχος Ἀλεξανδρεὺς (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1274 ἢ 1334
Τίμαιος Ταυρομενίτης (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1274 ἢ 1334
Έρατοσθένης Ἀλεξανδρεὺς (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1184 ἢ 1228 ἢ 1288
Έφορος Κυμαῖος (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1189 ἢ 1249
Φανίας Έρέσιος (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1169 ἢ 1229
Έρόδοτος Ἀλικαρνασσεὺς ( <i>Ιστορία</i> , 1968)	περὶ τὸ 1250
Δικαίαρχος Σικελιώτης ( <i>Fragmenta</i> , 1888-1906)	1212
Πάριον Χρονικόν (Παράγραφος 24 τοῦ κειμένου, 2001)	1208
Ψωσίβιος Λάκων (CENSORINUS, <i>De die natali</i> , 1810)	1171

Πίνακας 2: Οἱ ἀπόψεις τῶν ἀρχαίων ἱστορικῶν (σημείωση: Έντὸς παρενθέσεων εἶναι οἱ πηγές ποὺ ἀναφέρουν τοὺς ἀρχαίους συγγραφεῖς).

Ἡ ομάδα παραθέτει ἐπίσης καὶ τὸν Πίνακα 3, στὸν ὁποῖο παρουσιάζονται οἱ ἀπόψεις τῶν ἀρχαιολόγων σχετικῶς μὲ τὴν καταστροφή τῆς Τροίας, ποὺ καλύπτουν τὸ χρονικὸ διάστημα ἀπὸ τὸ 1270 μέχρι τὸ 1180 π.Χ., ἰδιαίτερα ὅσον ἀφορᾷ τὴ γεωαρχαιολογικὴ ζώνη Troy VIIa, ἡ ὁποία φέρει σαφεῖς ἴχνη καταστροφῆς ἀπὸ πυρκαγιὰ καὶ ἡ ὁποία γιὰ ἓνα μεγάλο μέρος τῶν ἀρχαιολόγων ἀντιστοιχεῖ στὴν ὀμηρικὴ Τροία.

Όνομα συγγραφέως	Γεωαρχαιολογικὴ ζώνη (στρώμα)	Ἡ καταστροφή τῆς Τροίας σὲ ἔτος π.Χ.
C. Nylander (1963)	Τροία VI	Θεωρεῖ ὅτι ὁ Τρωικὸς Πόλεμος δὲν εἶναι ἱστορικὸ γεγονός
M. Finley et al. (1964)	Τροία VI	Θεωρεῖ ὅτι ὁ Τρωικὸς Πόλεμος δὲν εἶναι ἱστορικὸ γεγονός
W. Dörpfeld (ZENGEL, 1990)	Τροία VI	περίπου 1250, ἀλλὰ μετὰ τὴ μάχη τοῦ Kadesh
C. Blegen (ZENGEL, 1990)	Τροία VIIa	1270-1240
V. R. d'A. Desborough (1966)	Τροία VIIa	1230-1250

Όνομα συγγραφέως	Γεωαρχαιολογική ζώνη (στρώμα)	Ή καταστροφή τής Τροίας σέ έτος π.Χ.
M. Wood (1998)	Τροία VI	1250-1260
S. Hiller (1991)	Τροία VIh Τροία VIIa	Στό μέσον τοῦ 13ου αἰώνα Στό τέλος τοῦ 13ου καί στήν ἀρχή τοῦ 12ου αἰώνα
G. Mylonas (1964)	Τροία VIIa	περίπου 1200
P. A. Mountjoy (1999a,b)	Τροία VIIa Τροία VIh	περίπου 1210 περίπου 1300
M. Korfmann (2004a,b)	Τροία VIIa/VIIb1	1200-1180
S. Hood (1998)	Τροία VIIb2	10ος αἰώνας

Πίνακας 3: Οἱ ἀπόψεις τῶν ἀρχαιολόγων.

Ἡ πρώτη ομάδα ἀποτελεῖται ἀπό τοὺς ἀρχαιολόγους Nylander καὶ Finley, οἱ ὁποῖοι δὲν ἀποδέχονται τὴν ἱστορικότητα τοῦ Τρωικοῦ Πολέμου.

Ἡ δεύτερη ἀποτελεῖται ἀπό τοὺς Dörpfeld καὶ Blegen, Desborough, Wood καὶ Hiller, οἱ ὁποῖοι χρονολογοῦν τὴν καταστροφή τής Τροίας περὶ τὸ 1250 π.Χ.

Ἡ τρίτη ομάδα ἀποτελεῖται ἀπό τὸν Μυλωνᾶ, τὴ Mountjoy, τὸν Korfmann καὶ τὸν Hood, οἱ ὁποῖοι χρονολογοῦν τὴν καταστροφή τής Τροίας περὶ τὸ 1200 π.Χ., περὶ τὸ 1210 π.Χ., μεταξὺ τοῦ 1200 καὶ 1180 π.Χ. καὶ τὸν 10ο αἰώνα π.Χ. ἀντιστοίχως.

### Συμπεράσματα

Ἡ ἐπισήμανση τοῦ Πλουτάρχου ὅτι «ἡ παλαιὰ φυσικὴ ἐπιστήμη» ἦταν «φυσικὸς λόγος» κρυμμένος μέσα σὲ «μύθους» καὶ «μυστηριώδη θεολογία» ἰσχύει καὶ γιὰ τὰ ὁμηρικὰ ἔπη, ποὺ περιγράφουν γεγονότα τὰ ὁποῖα συνέβησαν στό τέλος τοῦ 13ου αἰώνα π.Χ. Ἡ «φυσικὴ ἐπιστήμη», καὶ στή συγκεκριμένη περίπτωση τὸ ἀστρονομικὸ φαινόμενο τής ἡλιακῆς ἔκλειψης, ὑποκρύπτεται μέσα στήν ποιητικὴ ἀφήγηση καὶ ἀποδίδεται σὲ θεότητες, στὸν Δία, στήν Ἀθηνᾶ ἢ στὸν Ἀπόλλωνα.

Ἡ ἐν θέματι ἐπιστημονικὴ ομάδα, σὲ σειρά ἐργασιῶν τῆς (PAPAMARINOPOULOS et al. 2012, 2013, 2014 καὶ 2016) στὸ περιοδικὸν *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, χρονολόγησε τὴν ἐπιστροφή τοῦ Ὀδυσσεά στὴν Ἰθάκη καὶ τὴν πτώση τῆς Τροίας μετὰ βάσιν τὰ ἀστρονομικὰ στοιχεῖα τῶν δύο ἐπῶν. Ἡ ομάδα μετὰ ὄρους ἀστροφυσικῆς, ἀτμοσφαιρικῆς φυσικῆς καὶ γεωφυσικῆς, ἐντόπισε, ἀνέλυσε καὶ ἐρμήνευσε καὶ ἄλλα φαινόμενα ποὺ ὑπάρχουν ἐντὸς τῶν ὀμηρικῶν ἐπῶν.

Ἡ ἀστρονομικὴ χρονολόγηση τῆς πτώσεως τῆς Τροίας τὸ 1218 π.Χ. εἶναι πολὺ κοντὰ στὴν ομάδα τῶν ἱστορικῶν, ὅπως τοῦ Δικαιάρχου ἀπὸ τῆ Σικελία, ὁ ὁποῖος τὴ χρονολογεῖ τὸ 1212 π.Χ., καὶ τοῦ Πάριου Χρονικοῦ, ὅπου ἄγνωστος ἱστορικὸς τὴ χρονολογεῖ τὸ 1208 π.Χ.

Τὸ ἔτος 1218 π.Χ. εἶναι ἐπίσης πολὺ κοντὰ στὴ χρονολόγηση τῆς τρίτης ομάδας τῶν ἀρχαιολόγων, ὅπως τοῦ ἀειμνήστου ἀκαδημαϊκοῦ Γεωργίου Μυλωνᾶ, ὁ ὁποῖος χρονολογεῖ τὸ στρῶμα Troy VIIa, δηλαδὴ τὴ γεωαρχαιολογικὴ ζώνη μετὰ ἔχνη καταστροφῆς, ἀπὸ ἐμπρησμὸ λόγῳ πολέμου, περίπου τὸ 1200 π.Χ., καὶ τῆς P. A. Mountjoy, ἡ ὁποία τὸ χρονολογεῖ περίπου τὸ 1210 π.Χ.

Ἡ ομάδα ἐπισημαίνει ὅτι ἡ «μέση τιμὴ» χρονολόγησης αὐτῆς τῆς γεωαρχαιολογικῆς ζώνης Troy VIIa, ἡ ὁποία φέρει ἔχνη πυρκαγιᾶς, εἶναι περίπου τὸ 1250 π.Χ. Ἡ μέση αὐτὴ τιμὴ ἔχει προκύψει ἀπὸ τὶς ἀνασκαφικὲς μελέτες τῶν ἀρχαιολόγων, οἱ ὁποῖοι στηρίχθησαν κυρίως στὴν κεραμικὴ καὶ ἐν μέρει σὲ χρονολογήσεις μετὰ ἄνθρακα 14. Αὐτὴ ἡ τιμὴ ἔχει εὖρος σφάλματος, δηλαδὴ ἓνα σὺν καὶ ἓνα πλῆν, μερικῶν ἐτῶν ἢ μερικῶν δεκαετιῶν, τὸ ὁποῖο ὑποχρεωτικῶς εἴτε προστίθεται εἴτε ἀφαιρεῖται ἀπὸ τὸ 1250 π.Χ. Τὸ σφάλμα ὑποδηλώνει τὸν βαθμὸ ἀβεβαιότητος τῶν ἐκτιμήσεων καὶ ὀφείλεται στὸν τρόπο μετὰ τὸν ὁποῖο γίνονται οἱ χρονολογήσεις. Ἡ χρονολόγηση ὅμως ἡ ὁποία προέκυψε ἀπὸ τὰ ἀστρονομικὰ στοιχεῖα τῶν δύο ἐπῶν ἔχει μηδαμινὸ σφάλμα ἀβεβαιότητος καὶ βρίσκεται ἐντὸς τοῦ πλαισίου χρονολόγησης τῆς ἀρχαιολογικῆς ἐρευνας καὶ τῶν ἀναφορῶν τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων συγγραφέων.

Ἦταν ἡ 6ῃ Ἰουνίου τοῦ 1218 π.Χ. ὅταν σκοτώθηκε ὁ Πάτροκλος, ὑπὸ τῆ σκιᾶ μιᾶς μερικῆς ἡλιακῆς ἔκλειψης, ἐνῶ ἡ πτώση τῆς Τροίας ἐπῆλθε περίπου μετὰ ἓναν δύο μῆνες. Ὁ Ὀδυσσεὺς ἐπέστρεψε στὴν Ἰθάκη τὴν 25ῃ Ὀκτωβρίου τοῦ 1207 π.Χ. καὶ φόνευσε τοὺς διεκδικητὰς τοῦ θρόνου τοῦ τὴν 30ῃ Ὀκτωβρίου τοῦ 1207 π.Χ., ὑπὸ τῆ σκιᾶ μιᾶς ἄλλης μερικῆς ἡλιακῆς ἔκλειψης. Τὰ γεγονότα αὐτά, σημαντικὰ ἀπὸ μόνον τοὺς, συνδέθησαν ἀνα-

πόφρευκα μὲ τὰ ἀστρονομικὰ φαινόμενα τῶν ἐκλείψεων, σύμφωνα μὲ τὶς δοξασίες ἐκείνης τῆς μακρινῆς ἐποχῆς, καὶ παρέμειναν ἔντονα χαραγμένα στὴ μνήμη τῶν ἀνθρώπων ὡς ἓνα παρελθὸν ἡρώων, τὸ ὁποῖο προφορικῶς καὶ ἐμμέτρως τὸ μετέφεραν ἀπὸ γενιὰ σὲ γενιά. Ἦταν φυσικὸ ἐπακόλουθο ἡ Μούσα νὰ παραλάβει τοὺς θρύλους καὶ νὰ τοὺς μετατρέψῃ σὲ ἐπικὸ ἔμμετρο ποίημα. Ἄλλωστε ἡ ἐπικὴ ποίηση περιγράφει κατορθώματα ἡρώων καὶ γεγονότα ποὺ συνέβησαν σὲ παρελθόντα χρόνα.

Σημείωση:

The SAO/NASA Astrophysics Data System

(<http://adsabs.harvard.edu/>)

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2014MAA....14...93P>

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2013MAA....13...69P>

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2012MAA....12...117P>

## SUMMARY

### *Astronomical dating of the Trojan War's end and of the Odysseus' return*

(Athens Academy plenary session, 19.10.2017)

Public announcement of Stavros Papamarinopoulos, Panagiota Preka-Papadema, Panagiotis Mitropetros, Helena Mitropetrou, Panagiotis Antonopoulos, Giorgos Saranditis, Kosmas Gazeas, Panagiotis Nastos, Kostas Kiriakopoulos and Alexandra Tsironi

through Academician Professor Antonios Kounadis

The study of the Epics (*Iliad* and *Odyssey*) proved the existence of a unique pair of two partial solar eclipses spaced 10 years apart, observed in prehistoric Troy and in Ithaca, respectively. The identified eclipses, within the time span 1400-1130 B.C., were on the 6th of June of 1218 B.C. in Troy (IL. 16.567-568 and 786-810), during which Patroclus was killed, and on the 30th of 1207 B.C. in Ithaca (OD. 20.350-357), during which Odysseus killed the suitors. The obscuration of the solar disc was 75% in both cases.

Also, three successive dawns were identified within the *Iliad* which had occurred after Patroclus' death (IL. 19.1-2, IL. 23.109-110 and 226-228). In the third, after the end of fire which consumed Patroclus' body, Venus

appeared in the Troy's East horizon, before the sunrise. The latter was proved by the Starry Night software.

In the *Odyssey* five dawns were identified too after Odysseus' arrival in Ithaca (OD. 13.93-95, OD. 15.56, 189-193 and 495-500, OD. 17.1-5, OD. 20.91-97). In the first dawn, when Odysseus reached Ithaca, Venus appeared in the East Horizon. The latter was proved by the Starry Night software as well.

The synchronised astronomical events, solar eclipses and Venus' 'respective appearances', fit fully with seasonal Homeric descriptions and people's habits in Troy and Ithaca, and made the two astronomical datings compelling since they satisfy Homer's descriptions fully, inducing a zero error uncertainty bar which C-14 and ceramic datings cannot perform.

## Βιβλιογραφία

- ΑΡΑΤΟΣ, *Φαινόμενα*, έπιμ. J. Martin, La Nuova Italia Editrice, Florence 1956.
- ΑΡΡΙΑΝΟΣ, *Αλεξάνδρου ανάβασις*, έπιμ. A. G. Roos – G. Wirth, Teubner, Leipzig 1967.
- ΔΑΝΕΖΗΣ, Μ. – ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ, Σ., *Όδύσσεια τών ήμερολογίων, Α' και Β'*, εκδόσεις Διάυλος, Αθήνα 1995.
- ΔΙΚΑΙΑΡΧΟΣ, *Άποσπάσματα*, έπιμ. F. Wehrli, Basel 1967.
- ΔΙΟΔΩΡΟΣ ΣΙΚΕΛΙΩΤΗΣ, *Ιστορική βιβλιοθήκη* (βιβλία 1-20), έπιμ. F. Vogel – K. T. Fischer, Teubner, Leipzig 1888-1906 (άνατ. Stuttgart 1964).
- ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΑΛΙΚΑΡΝΑΣΣΕΥΣ, *Ρωμαϊκά αρχαιότητες*, έπιμ. K. Jacoby, Teubner, Leipzig 1885-1905 (άνατ. Stuttgart 1967).
- ΔΙΩΝ ΚΑΣΣΙΟΣ, *Ρωμαϊκά ιστορία*, έπιμ. U. P. Boissvain, Weidmann, Berlin 1895-1901 (άνατ. 1955).
- ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ, *Καταστερισμοί*, έπιμ. A. Olivieri, Teubner, Leipzig 1987.
- ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ, *Παρεκβολαί εις τήν Όμήρου Όδύσσειαν*, έπιμ. G. Stallbaum, Eustathii archiepiscopi Thessalonicensis commentarii ad Homeri Odysseam, Leipzig 1825-1826 (άνατ. Hildesheim, 1960).
- ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ ΕΚ ΠΟΝΤΟΥ, *Όμηρικά προβλήματα*, Les belles lettres, Paris 1962.
- ΗΡΟΔΟΤΟΣ, *Ιστορία*, Les belles lettres, Paris 1968.
- ΘΟΥΚΥΔΙΔΗΣ, *Ιστορία*, έπιμ. H. S. Jones – J. E. Powell, Clarendon Press, Oxford 1942.
- ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, *Στρωματεΐς*, έπιμ. O. Stählin – L. Früchtel – U. Treu, Akademie-Verlag, Berlin 1960.
- ΞΕΝΟΦΩΝ, *Έλληνικά*, έπιμ. E. C. Marchant, Clarendon Press, Oxford 1900 (άνατ. 1968).
- Όμήρου *Ιλιάς*, μτφ. Κ. Δούκας, εκδόσεις Γεωργιάδη, Αθήνα 1998.

- Ὀμήρου Ὀδύσσεια, μτφ. Κ. Δούκας, ἐκδόσεις Γεωργιάδη, Ἀθήνα 2002.  
 Πάριον Χρονικόν, Ashmolean Museum of Art and Archaeology, Oxford 2001.
- ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΣ, *Περὶ τοῦ ἐμφαινομένου προσώπου τῶν κύκλων τῆς Σελήνης*, ἐπιμ.  
 H. Cherniss – W. C. Helmbold, Loeb Classical Library, London 1957.  
 —, *Ἡθικά*, 7, ἐπιμ. F. H. Sandbach, Teubner, Leipzig 1967.  
 —, *Πελοπίδας*, ἐπιμ. K. Ziegler, Teubner, Leipzig 1968.
- ΠΟΛΥΒΙΟΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΙΤΗΣ, *Ἱστορίαι*, ἐπιμ. T. Büttner-Wobst, Teubner, Leipzig  
 1889-1904 (ἀνατ. Stuttgart 1962).
- ΦΩΤΙΟΣ, *Λεξικόν* (Α-Δ), ἐπιμ. C. Theodoridis, De Gruyter, Berlin 1982, καὶ  
 (Ε-Ω), ἐπιμ. R. Porson – P. P. Dobree, Cambridge University Press, Cam-  
 bridge 2010.
- BAIKOUZIS, C. – MAGNASCO, M. O., Is an eclipse described in the Odyssey?, *Proc.  
 Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 105, 26, 2008, σ. 8823-8828.
- BLEGEN, C. W., *Troy and the Trojans*, Thames and Hudson, London 1963.
- CENSORINUS, *De die natali*, Oxford 1810.
- CLINE, E., *The Trojan War, a Very Short Introduction*, Oxford University Press,  
 Oxford 2013.
- DESBOROUGH, V. R. D'A., *The Last Mycenaeans and Their Successors, An Archaeo-  
 logical Survey c. 1200 - c. 1000 B.C.*, Clarendon Press, Oxford 1964.
- DÖRPFELD, W., *Troja und Ilion*, Beck & Barth, Athens 1902.
- ESPENAK, F. – MEEUS, J., *Five Millennium Canon of Solar Eclipses: -1999 to  
 +3000*, NASA Technical Publication TP-2006-214141, 2006.  
 —, *Five Millennium Canon of Lunar Eclipses: -1999 to +3000*, NASA Technical  
 Publication TP-2009-214172, 2009a.  
 —, *Five Millennium Catalog of Lunar Eclipses: -1999 to +3000*, NASA Techni-  
 cal Publication TP-2009-214173, 2009b.  
 —, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000*, NASA Technical  
 Publication TP-2009-214174, 2009c.
- FINLEY, M. I. – CASKEY, J. L. – KIRK, G. S. – PAGE, D. L., The Trojan War, *The  
 Journal of Hellenic Studies*, 84, 1964, σ. 1-20.
- HENRIKSSON, G., The Trojan War dated by two solar eclipses, *Mediterranean Ar-  
 chaeology and Archaeometry*, 12, 1, 2012, σ. 63-76.
- HILLER, S., Two Trojan Wars? On the destructions of Troy VIIh and VIIa, *Studia  
 Troica*, 1, 1991, σ. 145-154.
- HOOD, S., The Bronze Age context of Homer, στό: Carter, J. B. – Morris, S. P. (ἐπιμ.),  
*The Ages of Homer, A Tribute to Emily Townsend Vermeule*, University of  
 Texas, Austin, 1998, σ. 25-32.

- KORFMANN, M., Was there a Trojan War?, *Archaeology*, 57, 3, 2004a, σ. 36-41.
- , Die Arbeiten in Troia/Wilusa 2003 – Work at Troia/Wilusa in 2003, *Studia Troica*, 14, 2004b, σ. 3-31.
- KRAFT, J. C. – RAPP, G. – ΚΑΥΑΝ, Ι. – LUCE, J. V., Harbor areas at ancient Troy: Sedimentology and geomorphology complement Homer's Iliad, *Geology*, 31, 2, 2003, σ. 163-166.
- LIVERANI, M., *International Relations in the Ancient Near East, 1600-1100 BC*, New York 2001.
- MOUNTJOY, P. A., The destruction of Troia VIh, *Studia Troica*, 9, 1999a, σ. 253-294.
- , Troia VII reconsidered, *Studia Troica*, 9, 1999b, σ. 295-346.
- ΜΥΛΟΝΑΣ, G. E., Priam's Troy and the date of its fall, *Hesperia*, 33, 4, 1964, σ. 352-380.
- NYLANDER, C., The fall of Troy, *Antiquity*, 37, 145, 1961, σ. 6-11.
- PAPAMARINOPOULOS, S. P. – PREKA-PAPADEMA, P. – ANTONOPOULOS, P. – MITROPETROU, H. – TSIRONI, A. – MITROPETROS, P., A new astronomical dating of Odysseus' return to Ithaca, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 12, 1, 2012, σ. 117-128.
- , The anatomy of a complex astronomical phenomenon described in the Odyssey, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 13, 2, 2013, σ. 69-82.
- PAPAMARINOPOULOS, S. P. – PREKA-PAPADEMA, P. – MITROPETROS, P. – ANTONOPOULOS, P. – MITROPETROU, H. – SARANDITIS, G., A new astronomical dating of the Trojan War's end, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 14, 1, 2014, σ. 93-102.
- PAPAMARINOPOULOS, S. P. – PREKA-PAPADEMA, P. – GAZEAS, K. – NASTOS, P. – KIRIAKOPOULOS, K. G., Extreme physical phenomena during the Trojan War, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 16, 3, 2016, σ. 135-155.
- SCHOCH, C., The eclipse of Odysseus, *The Observatory*, 49, 1926, σ. 19-21.
- SHERRATT, E. S., 'Reading the texts': Archaeology and the Homeric Question, *Antiquity*, 64, 1990, σ. 807-824.
- SपालINGER, A. J., *War in Ancient Egypt: The New Kingdom*, Oxford 2005.
- Starry Night User's Guide*, Imaginova Corp. Toronto, Canada, 2006.
- WOOD, M., *In Search of the Trojan War*, University of California Press, Los Angeles 1998.
- ZENGEL, E., Troy, στό: Demakopoulou, K. (ἐπιμ.), *Troy, Mycenae, Tiryns, Orchomenos. Heinrich Schliemann. The 100th Anniversary of his Death* (joint exhibition of the National Archaeological Museum of Athens and the Altes Museum of Berlin), 1990, σ. 51-79.
-

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 21ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017

---

## ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥ Μ. ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΥ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ  
κ. ΛΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟ

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὑποδέχεται σήμερα μεῖ ιδιαίτερη τιμὴ τὸν κ. Χαράλαμπο Μουτσόπουλο, καθηγητὴ Ἰατρικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, τὸν ὁποῖο ἡ Ὀλομέλεια ἐξέλεξε κατὰ τὸ τρέχον ἔτος ὡς τακτικὸ μέλος της στὴν ἔδρα «Ἰατρικὲς Ἐπιστῆμες-Ἀνοσολογία» στὴν Τάξη τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Ὁ κ. Χαράλαμπος Μουτσόπουλος γεννήθηκε στὰ Ἰωάννινα. Σπούδασε στὴν Ἰατρικὴ Σχολὴ τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν καὶ ἀποφοίτησε μεῖ ἄριστα τὸ 1968.

Μετέβη στὶς Ἡνωμένες Πολιτεῖες τῆς Ἀμερικῆς τὸ 1972, ὅπου εἰδικεύθηκε στὴν Ἐσωτερικὴ Παθολογία καὶ τὴν Ἀνοσολογία-Αὐτοάνοσα Νοσήματα σὲ διακεκριμένα πανεπιστήμια καὶ ἐρευνητικὰ κέντρα στὴν Washington, DC (στὸ Πανεπιστήμιο Georgetown) καὶ στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Καλιφόρνιας στὸ San Francisco. Ἀπὸ τὸ 1976 ἕως τὸ 1978 συνέχισε τὴν ἐκπαίδευσή του στὴν Ἀνοσολογία, στὸν τομέα τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων, στὰ Ἐθνικὰ Ἰνστιτούτα Ὑγείας (National Institutes of Health) στὸ Bethesda, Maryland τῶν ΗΠΑ, καὶ τὸ 1978 ὀρίστηκε Ὑπεύθυνος Ἐρευνητικῆς Ὁμάδος.

Τὸ 1980 ἐξελέγη καθηγητὴς Παθολογίας στὴ νεοσυσταθεῖσα Ἰατρικὴ Σχολὴ τοῦ Πανεπιστημίου Ἰωαννίνων, ὅπου ἀνέλαβε τὴ συγκρότηση ἀπὸ τὸ μηδὲν τῆς Πανεπιστημιακῆς Παθολογικῆς Κλινικῆς. Στὰ Ἰωάννινα ἀνέπτυξε ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τὸν Τομέα Παθολογίας μεῖ ὅλες τὶς εἰδικότητες σὲ κλι-



νικό, διδακτικό και έρευνητικό επίπεδο και όργάνωσε τὸ Ἀνοσολογικὸ Ἐργαστήριο και τὸ Κέντρο Ἀναφορᾶς γιὰ τὸ AIDS στὴ Βορειοδυτικὴ Ἑλλάδα, τὰ ὁποῖα διηύθυνε μέχρι τὸ 1993.

Τὸ 1993 ἐξελέγη Καθηγητὴς Παθολογικῆς Φυσιολογίας στὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ τοῦ Ἐθνικοῦ και Καποδιστριακοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν (ΕΚΠΑ) και διετέλεσε (μέχρι τὴν ἀφυπηρέτησή του τὸ 2011) Διευθυντὴς τῆς Παθολογικῆς Κλινικῆς τοῦ Περιφερειακοῦ Γενικοῦ Νοσοκομείου Ἀθηνῶν «Λαϊκὸ» και τοῦ Ἐργαστηρίου τῆς Παθολογικῆς Φυσιολογίας τῆς Ἱατρικῆς Σχολῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν.

Ὁ καθηγητὴς Χαράλαμπος Μουτσόπουλος ἔχει πλούσιο και πολυδιάστατο ἐπιστημονικὸ και ἐκπαιδευτικὸ ἔργο. Εἶναι πρότυπο ἰατροῦ-ἐπιστήμονα, δηλαδή ἰατροῦ ποῦ ἀσχεῖ τὴν ἰατρικὴ και παράλληλα πραγματοποιεῖ τόσο κλινικὴ ὅσο και ἐργαστηριακὴ ἔρευνα. Σημαντικὸ τμήμα τοῦ ἐπιστημονικοῦ του ἔργου ἀφορᾷ τὸ σύνδρομο τοῦ Sjögren και ἔχει ἀναγνωριστῆ ὡς πρωτοποριακὸ παγκοσμίως.

Τὸ συγγραφικὸ του ἔργο εἶναι ἐκτενέστατο. Περιλαμβάνει 15 ἰατρικὰ συγγράμματα, 75 κεφάλαια σὲ κορυφαῖα βιβλία ἀναφορᾶς και περισσότερα ἀπὸ 400 ἄρθρα, ποῦ συνοψίζουν τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐρευνητικῶν δραστηριοτήτων του, σὲ ἔγκριτα διεθνῆ ἐπιστημονικὰ περιοδικά.

Συμπερασματικά, ὁ καθηγητὴς Χαράλαμπος Μουτσόπουλος ἔχει καταξιωθεῖ διεθνῶς γιὰ τὴν ἐρευνητικὴ του συμβολὴ στὴν ἐνδελεχὴ περιγραφὴ τῆς ἔκφρασης τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων και στὴν κατανόηση τῆς παθογένεσής τους. Θεωρεῖται ὡς ὁ κύριος συντελεστὴς τῆς ἀνάπτυξης τῆς ἀνοσολογίας και τῆς αὐτοανοσίας στὴν Ἑλλάδα.

Μὲ τὸ ἐρευνητικὸ, ἐκπαιδευτικὸ και συγγραφικὸ του ἔργο και τὴν εὐρύτερη προσφορὰ του σὲ θέματα ὑγείας και ἐκπαίδευσης, ὁ καθηγητὴς Χαράλαμπος Μουτσόπουλος ἔχει ἀναδειχθεῖ πρωτοπόρος στὸν τομέα τῆς ἀνοσολογίας και ἔχει καταστῆ ἐξέχουσα ἰατρικὴ προσωπικότητα τῆς χώρας μὲ ἡγετικά προσόντα και διεθνὴ ἀναγνώριση.

Κύριε συνάδελφε, ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχὴς ποῦ σᾶς καλωσορίζει ὡς τακτικὸ μέλος της και σᾶς ἀπευθύνει θερμὲς εὐχὲς γιὰ τὴν ἐπιτυχεῖ συνέχιση τοῦ ἐπιστημονικοῦ σας ἔργου.

Σᾶς καλῶ γιὰ νὰ σᾶς ἐπιδώσω τὸ διάσημο τοῦ τακτικοῦ μέλους τοῦ Ἰδρύματος.

Και τώρα παρακαλῶ τὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Χαράλαμπο Ροῦσο νὰ παρουσιάσει τὸ ἔργο τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ  
κ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟ ΡΟΥΣΣΟ

Τύχη αγαθῆ, μοῦ ἀνετέθη σήμερα τιμητικό καθῆκον, νὰ παρουσιάσω στήν εἰσιτήριο αὐτῆ τελετῆ τὸν ἀκαδημαϊκό, καθηγητῆ τῆς Ἱατρικῆς, κ. Χαράλαμπο Μουτσόπουλο, ἄνδρα πολύτροπο, ποῦ στὸν μελετητῆ τῆς ζωῆς του ἀφήνει τὴν ἐπίγευση ὅτι ἔχει ὑπηρετήσῃ ἀταλάντευτα τὶς τρεῖς βασικὲς ἀρετές: Ἡ πρώτη εἶναι αὐτῆ τῆς εὐρυμάθειας, τῆς κατάρτισης καὶ κυρίως τῆς παραγωγῆς καινούργιας γνώσης. Ἡ δεύτερη εἶναι τὸ ἀκαδημαϊκὸ ἦθος, μὲ προεξάρχουσα τὴν τήρηση καὶ μεταλαμπάδευση τῶν κανόνων τῆς ἀξιοκρατίας καὶ ἀριστείας. Καὶ ἡ τρίτη εἶναι ἡ προσφορὰ στὸν ἄρρωστο, στὸν φοιτητῆ, ὅπως καὶ ἡ συμβολὴ στήν ἐν γένει πνευματικὴ πρόοδο τῆς χώρας.

### Σπουδές, σταδιοδρομία

Ὅρμώμενος ἐξ Ἰωαννίνων, κοιτίδας τῶν γραμμάτων, ὅπως ἀναφέρει ὁ Παλαμᾶς, ἐπηρεάστηκε ἀπὸ νωρὶς ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα τοῦ Νεοελληνικοῦ Διαφωτισμοῦ.

Ὁ κ. Μουτσόπουλος ἀποφοίτησε μὲ ἄριστα ἀπὸ τὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν τὸ 1968, καὶ τὸ 1971 ἀπέκτησε μὲ ἄριστα τὸν τίτλο τοῦ διδάκτορος.

Ἀφοῦ ὀλοκλήρωσε τὶς στρατιωτικὲς του ὑποχρεώσεις καὶ τὴν ὑπηρεσία ὑπαίθρου, μετέβη στὶς ΗΠΑ τὸ 1972. Ἐκεῖ εἰδικεύτηκε στήν Ἑσωτερικὴ Παθολογία καὶ τὴν Ἀνοσολογία σὲ ἔγκριτα κέντρα τῆς Washington καὶ τοῦ Ἁγίου Φραγκίσκου, καθὼς καὶ στὰ Ἐθνικὰ Ἰνστιτοῦτα Ὑγείας τῆς Ἀμερικῆς.

Ἀκολούθως, ὑπηρετήσε διαδοχικὰ ὡς Ἐπιμελητῆς, Λέκτορας καὶ Κλινικὸς Ἀναπληρωτῆς Καθηγητῆς Παθολογίας τοῦ Πανεπιστημίου Georgetown στήν Washington τῶν ΗΠΑ.

Τὸ 1980 ἐξελέγη καθηγητῆς Παθολογίας στὴ νεοσυσταθεῖσα Ἱατρικὴ Σχολὴ τῶν Ἰωαννίνων. Παράλληλα, ὑποστηριζόμενος ἀπὸ τὸ Fogarty International Center, συνέχιζε νὰ συνεργάζεται μέχρι τὸ 1985 μὲ τὴν Παθολογικὴ Κλινικὴ τοῦ Πανεπιστημίου Georgetown, καὶ ὡς εἰδικὸς σύμβουλος μὲ τὰ Ἐθνικὰ Ἰνστιτοῦτα Ὑγείας τῆς Ἀμερικῆς (NIH).

Τὸ 1993 ἐξελέγη καθηγητῆς Παθολογικῆς Φυσιολογίας στὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ Ἀθηνῶν καί, μέχρι τὴν ἀφυπηρέτησή του τὸ 2011, διετέλεσε διευθυντῆς τῆς Παθολογικῆς Κλινικῆς στὸ Λαϊκὸ Νοσοκομεῖο.

## Ἔρευνα

Βαθύνους μελετητῆς ἐξ ἰδιοσυγκρασίας, ἀσυγκράτητος ὄραματιστῆς ἀλλὰ μὲ γήινες στοχεύσεις, μελέτησε ἐνδελεχῶς τὴν ἔκφραση καὶ τὴν παθογένεια τῆς παράδοξης ἀντίδρασης τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος τοῦ ὄργανισμοῦ στὰ δικά του ἀντιγόνα, ἀπὸ τὴ μακροσκοπικὴ τῆς ἐκδήλωση, δηλαδή τὴν κλινικὴ τῆς ἔκφραση, ἕως τὴ μοριακὴ τῆς συμπεριφορά.

Συνοπτικά, τὰ εὐρήματα τῶν μελετῶν του ὀδήγησαν ἀφ' ἐνὸς στὴ λεπτομερῆ (κλινικὴ, ἀνοσολογικὴ, παθολογοανατομικὴ) περιγραφὴ τῆς προσβολῆς τῶν διαφόρων ὀργάνων (πνευμόνων, οἰσοφάγου, ἥπατος, νεφρῶν, ἀγγείων) σὲ διάφορα αὐτοάνοσα νοσήματα, ὅπως τὸ σύνδρομο Sjögren, ὁ Συστηματικὸς Ἐρυθματώδης Λύκος, τὸ Ἀντιφωσφολιπιδικὸ Σύνδρομο, οἱ Ἀγγειίτιδες, ἡ Ρευματοειδῆς Ἀρθρίτιδα, καὶ ἀφ' ἑτέρου στὴν κατανόηση τῶν μηχανισμῶν ποὺ ὀδηγοῦν τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα νὰ προκαλεῖ βλάβη ἰστῶν καὶ ὀργάνων σὲ ἀσθενεῖς μὲ αὐτοάνοσα νοσήματα.

Κυρίαρχο πρότυπο νόσου γιὰ τὴ μελέτη τῆς παθογένεσης τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων ἀποτελέσει τὸ σύνδρομο Sjögren, νόσος μὲ εὐρύτατο κλινικὸ φάσμα, ποὺ ἐκτείνεται ἀπὸ τὴν προσβολὴ τῶν ἐξωκρινῶν ἀδένων σὲ ὅλα τὰ ὄργανα καὶ τὰ συστήματα, καὶ ἐξελίσσεται σὲ κακοήθεια τοῦ λεμφικοῦ ἰστοῦ.

Ἡ σφαιρικὴ κλινικοεργαστηριακὴ προσέγγιση τῶν ἐρωτημάτων ποὺ ἔθεσε τὸν ὀδήγησε στὸ νὰ ἀναδείξει καὶ νὰ ἐπιβεβαιώσῃ ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα στὰ αὐτοάνοσα νοσήματα δὲν χαρακτηρίζεται ἀπὸ μείζονες διαταραχὲς καὶ ὅτι ἡ ὑπερβολικὴ ἀντίδρασή του ἀπέναντι σὲ στοιχεῖα καὶ ὄργανα τοῦ σώματος ὀφείλεται, κατὰ κανόνα, στὴν πρόκληση ποὺ δέχεται ἀπὸ τοὺς ἰστοὺς αὐτοῦς. Μὲ τὰ ἀποτελέσματα αὐτὰ καθόρισε διεθνῶς νέες κατευθύνσεις στὴν ἔρευνα τῆς αἰτιοπαθογένεσης τῆς αὐτοανοσίας καὶ στὴ θεραπευτικὴ ἀντιμετώπιση τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων.

Τὸ ἐρευνητικὸ ἔργο του, ἀπόρροια σκληρῆς δουλειᾶς στὴν κοινίστρα τῆς παιδείας, γιὰ τὴν ἀνέυρεση τῆς στρυφνῆς ἀλήθειας κόντρα στὶς ἐδραῖες πλάνες τῆς, συνοψίζεται σὲ 396 πρωτότυπα ἄρθρα, 98 ἀνασκοπήσεις καὶ ἄρθρα σύνταξης, 27 ἐνδιαφέροντα περιστατικὰ σὲ ἀγγλόφωνα ἔγκριτα ἐπι-

στημονικά περιοδικά και 66 σε έλληνικά επιστημονικά περιοδικά. Μνημονεύεται από άλλους επιστήμονες περισσότερες από 23.000 φορές και έχει δείκτη απήχησης h 70 (ISI), ή 34.500 φορές, και δείκτη απήχησης 91 (Scholar Google).

Έχει κληθεί ως κύριος όμιλητής και όμοτράπεζος συζητητής κορυφαίων στον διεθνή χώρο επιστημόνων σε επιστημονικές συναντήσεις σε όλο τον κόσμο.

### Διδασκαλία

Ο κ. Μουτσόπουλος ανέπτυξε σχολή διεθνούς έμβλειας. Στόχος του ή προαγωγή και διάδοση της γνώσης σε ένα όσο το δυνατόν πιο ύψηλο επίπεδο άριστείας και σε κλίμα αυστηρού ακαδημαϊκού ήθους. Χωρίς να διεκδικεί το αλάθητο, πάλεψε πολλές φορές, με προσωπικό κόστος, για την επικράτηση της αξιοκρατίας, έρχομενος σε αντιπαράθεση με τα καθεστώτα της φιλοκρατίας, της οικογενειοκρατίας, της κομματοκρατίας. Θεώρησε υπέρτατο χρέος του να υπηρετήσει την έντιμότητα και τη φιλαλήθεια με αίσθημα δικαιοσύνης, καθήκοντος, προσφορᾶς, δίδοντας ίσες ευκαιρίες σε όλους, αλλά προωθώντας τους άριστους.

Αυτές του τις αρχές τις διέδιδε με πάθος και κήρυττε στους νέους πώς η Ελλάδα χρειάζεται όχι μόνο εύφυεις ανθρώπους, αλλά και ανθρώπους που θα έμφορουνται από πνεύμα πρωταθλητισμού.

Ο νέος ακαδημαϊκός υπηρέτησε ως πρότυπο ιατρού-επιστήμονα (physician-scientist), δηλαδή ιατρού που ασκεί την ιατρική και παράλληλα επιτελεί έρευνα.

Δίδασκε τους φοιτητές και τους ιατρούς επί της κλίνης του άσθενους, με βάση τους κανόνες της αποδεικτικής και τεκμηριωμένης ιατρικής γνώσης. Ήταν ο πρώτος στην Ελλάδα που ανέδειξε το αντικείμενο της Άνοσολογίας, από ένα τμήμα της Μικροβιολογίας, σε ιδιαίτερο αντικείμενο μελέτης και διδασκαλίας.

Στην υπερτριακονταετή υπηρεσία του στην Ελλάδα δίδαξε εκατοντάδες νέους ιατρούς και βιολόγους, και έπόπτευσε την έρευνα δεκάδων μεταπτυχιακῶν φοιτητῶν για την εκπόνηση της διδακτορικής τους διατριβής. Περισσότεροι από τριάντα μαθητές του στελεχώνουν ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα και νοσοκομειακές μονάδες σε διευθυντικές θέσεις στην Ελλάδα και το έξωτερικό.

Αυτά ήταν μερικά από τα σημαντικά χαρακτηριστικά του, τα όποια αναμφισβήτητα ώθησαν την επιτροπή επιλογής να του απονεμίσει το 2005 το βραβείο εξάριετης πανεπιστημιακής διδασκαλίας Ξανθόπουλου – Πνευματικού.

### Προσφορά στο κοινωνικό σύνολο

Είναι γνωστό σε όλους ότι η Ίατρική Σχολή Ίωαννίνων φέρει τη σφραγίδα του κ. Μουτσόπουλου. Μια χούφτα ανθρώπων, με πρωτομάστορα του Παθολογικού Τομέα τον κ. Μουτσόπουλο, έθεσαν τα θεμέλια της Σχολής αυτής στην όρεινη έρημο της Ήπειρου, και την κατέστησαν σημεῖο αναφοράς όχι μόνο για την Ελλάδα, αλλά και για τον διεθνή χώρο.

Συγκεκριμένα, ο κ. Μουτσόπουλος οργάνωσε δύο Παθολογικές Κλινικές και αντίστοιχα Τμήματα Αυτόανόσων Νοσημάτων, κάτω από εξαιρετικά δύσκολες ύλικοτεχνικές συνθήκες, τόσο στα Ίωάννινα, όσο και στο Λαϊκό Νοσοκομείο. Και οι δύο κλινικές συνεχίζουν μετά από δεκαετίες να παρέχουν ύψηλοτάτου επιπέδου ιατρική φροντίδα.

Κατά το διάστημα 1995-1997 διετέλεσε πρόεδρος της Έξεταστικής Επιτροπής Ίατρικής Ειδικότητας Παθολογίας και από το 1995 έως το 2011 της ειδικότητας της Ρευματολογίας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Από το 1995 έως το 2004 διετέλεσε πρόεδρος του Ίπιστημονικού Συμβουλίου στο Έρευνητικό Κέντρο Βιοϊατρικών Ίπιστημών – Ε.ΚΕ.Β.Ε. «Α. Φλέμινγκ», και από το 1995 έως το 2009 μέλος της Ίπιστημονικής Επιτροπής του Έλληνικού Ίνστιτούτου Παστέρ.

Κατά το χρονικό διάστημα 1995-1998 διετέλεσε πρόεδρος της Ίπιτροπής Άνωτάτου Ίγειονομικού Συμβουλίου ΙΚΑ, και από το 1996 έως το 1998 πρόεδρος της Έθνικής Ίπιτροπής για την κατάρτιση Λίστας Συνταγογραφούμενων Φαρμάκων.

Το 1998 όρίστηκε μέλος της «Ίπιτροπής Στρατηγικού Σχεδιασμού-Άνάπτυξης του Πανεπιστημίου Ίωαννίνων».

Από το 1999 έως το 2000 ύπηρέτησε ως πρόεδρος του Έθνικού Όργανισμού Φαρμάκων.

Το 2001-2002 διετέλεσε πρόεδρος Τομεακού Ίπιστημονικού Συμβουλίου για τον Τομέα Βιολογίας και Βιοτεχνολογίας στη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας του Ίπουργείου Άνάπτυξης.

Κατά τὸ διάστημα 2011-2013 διετέλεσε πρόεδρος τοῦ Ἐφορευτικοῦ Συμβουλίου τῆς Ἐθνικῆς Βιβλιοθήκης τῆς Ἑλλάδος.

Ὁ Χαράλαμπος Μ. Μουτσόπουλος ἐπελέγη ὡς ἰσόβιο μέλος ἀπὸ τὸ 1985 τοῦ Διοικητικοῦ Συμβουλίου τοῦ Κοινωφελοῦς Ἰδρύματος «Γεωργίου Σταύρου» καὶ ἀπὸ τὸ 1988 τοῦ ΔΣ τοῦ Ἰδρύματος Μελετῶν Ἴονίου καὶ Ἀδριατικοῦ Χώρου, ἐνῶ τὸ 1993 ἔγινε Πρόεδρος τοῦ Κοινωφελοῦς Ἰδρύματος «Φίλιππος καὶ Ἄρτεμις Ἐμμανουήλ».

Ἡ ἀφοσίωσή του στὴν υπεράσπιση τῶν θεσμῶν καὶ τοῦ δημοσίου συμφέροντος ἔχει ἐκφραστῆ κατὰ τὴ διάρκεια τῆς δραστηριότητάς του στὸν ἀκαδημαϊκὸ καὶ διοικητικὸ τομέα. Οἱ ἐμπειρίες καὶ οἱ ἀπόψεις του ἔχουν καταγραφῆ μὲ γλαφυρότητα ἀπὸ τὸν ἴδιο σὲ μιὰ σειρά ἀπὸ δημοσιεύσεις στὸν τύπο καὶ σὲ βιβλία πού ἔχει ἐκδώσει, χωρὶς δισταγμοὺς, χωρὶς ἐνδοιασμούς, χωρὶς ἐκπτώσεις, χωρὶς ἐπιφυλάξεις. Οἱ ἰδεολογικὲς του συγκρούσεις δὲν ἐξαντλοῦνταν στὸ νὰ ἀπαιτεῖ ἀπλῶς τὴν ἀποκατάσταση τῆς τάξης καὶ τῆς εὐπρέπειας στὰ Πανεπιστήμια. Ἔδιδε ἰδεολογικὲς μάχες γιὰ τὴν παιδεία, γιὰ τὸν τρόπο πού διδάσκεται ἡ γνώση τῆς Ἰατρικῆς, καὶ πρὸ πάντων γιὰ τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο μπορεῖ νὰ ἀναδειχθεῖ ἡ ἀξιοκρατία καὶ νὰ ἐπικρατήσῃ ἡ ἀριστεία.

### Τιμητικὲς διακρίσεις

Ὁ κ. Μουτσόπουλος ἔχει τιμηθεῖ γιὰ τὸ ἐπιστημονικὸ καὶ διδακτικὸ του ἔργο μὲ σημαντικὲς διακρίσεις.

Τὸ 1989 ἐξελέγη Ἀντεπιστέλλον Μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν.

Τὸ 2003 ἔλαβε τὸ Βραβεῖο τῆς Ἑλληνικῆς Ἀνοσολογικῆς Ἐταιρείας «γιὰ τὴν πολύτιμη προσφορά του στὴν Ἀνοσολογία στὴν Ἑλλάδα καὶ διεθνῶς», τὸ 2005 τὸ Βραβεῖο Ἐξάιρετης Πανεπιστημιακῆς Διδασκαλίας στὴ μνήμη Βασιλείου Ἐανθόπουλου καὶ Στέφανου Πνευματικοῦ, τὸ 2008 ἔλαβε τὸν τίτλο τοῦ Ἴπποκρατικοῦ Ρήτορα ἀπὸ τὴν Ἑλληνικὴ Ἰατρικὴ Ἐταιρεία τοῦ Λονδίνου, τὸ 2010 ἀναγορεύθηκε Ἐπίτιμος Διδάκτωρ τῆς Ἰατρικῆς Σχολῆς τοῦ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας καὶ Ἐπίτιμος Καθηγητῆς τῆς Ἰατρικῆς Σχολῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἰωαννίνων. Τὸ 2010 τιμήθηκε ἐπίσης μὲ τὸ Βραβεῖο Ἀριστείας ἀπὸ τὸ Ἴδρυμα Μποδοσάκη.

Εἶναι ἐταῖρος ἐπὶ τιμῇ τοῦ Royal College of Physicians τοῦ Λονδίνου καὶ τοῦ Ἐδιμβούργου, καὶ ἐπίτιμο μέλος τῶν British Society of Rheumatology καὶ Turkish Society for Research and Education in Rheumatology.

Είναι έταϊρος του ACR (Άμερικανικοῦ Κολεγίου Ρευματολόγων), τὸ ὁποῖο τὸν τίμησε δις μετὸ βραβεῖο Distinguished Clinician – Scholar Award γιὰ τὴν ἐξαιρετὴ συνεισφορὰ του στὴν κλινικὴ ἰατρικὴ, τὴν ἀκαδημαϊκὴ γνῶση καὶ ἐκπαίδευση, καὶ τὸν ἀναγόρευσε Master of the ACR, ὑψηλότατο τίτλο τιμῆς ποὺ ἀπονέμει τὸ Κολέγιο σὲ μέλος του γιὰ τὴν ἐξαιρετικὴ συνεισφορὰ του στὸ ἀντικείμενο τῆς Ρευματολογίας.

Ὁ κ. Μουτσόπουλος ἔχει τιμηθεῖ ἀπὸ τὴν EULAR (Εὐρωπαϊκὴ Ἐνωση κατὰ τοῦ Ρευματισμοῦ) μετὸ βραβεῖο Alessandro Robecchi γιὰ τὴν ἔρευνά του στὰ Αὐτοάνοσα Ρευματικὰ Νοσήματα καὶ μετὸ Meritorious Service Award γιὰ τὴν ἐξαιρετὴ συνεισφορὰ του στὴ Ρευματολογία.

Τὸ 1992 τιμῆθηκε μετὸ European-Australian Award γιὰ τὴν ἰατρικὴ ἔρευνα καὶ τὸ 2007 μετὸ Βραβεῖο Clemens Von Pirquet γιὰ τὴν προσφορὰ του στὴν Ἀνοσολογία καὶ τὴν Παθολογία ἀπὸ τὸ University of California, Davis, USA.

Τὸ 2013 τιμῆθηκε μετὸν τίτλο Professor and Physician-in-Chief Pro-Tempore ἀπὸ τὸ Hospital of Special Surgery, Weill Medical College of Cornell University, New York, USA.

Τὸ 2014 ἔλαβε βραβεῖο κατὰ τὸ 9ο Εὐρωπαϊκὸ Συνέδριο Συστηματικοῦ Ἐρυθηματώδους Λύκου γιὰ τὴν πολλαπλὴ συνεισφορὰ του στὴ θεραπεία, ἐκπαίδευση καὶ ἔρευνα γιὰ τὸ νόσημα αὐτό.

Τὸ 2010 τὸ ἔγκριτο ἐπιστημονικὸ περιοδικὸ *Journal of Autoimmunity* ἀφιέρωσε εἰδικὸ τεῦχος (35) πρὸς τιμὴν τῆς πρωτότυπης ἐρευνητικῆς συνεισφορᾶς του στὴν Αὐτοανοσία.

Τέλος, γιὰ τὸ ἰατρικὸ καὶ κοινωνικὸ του ἔργο τιμῆθηκε ἀπὸ τὴν Αὐτοῦ Ἐξοχότητα τὸν Πρόεδρο τῆς Δημοκρατίας μετὸ παράσημο τοῦ Ἀνώτερου Ταξιάρχου τοῦ Γάμματος τῆς Τιμῆς, καὶ ἀπὸ τὴν Ἑλληνορθόδοξὴ Ἀρχιεπισκοπὴ τῆς Αὐστραλίας μετὸν Χρυσὸ Σταυρὸ τοῦ Ἁγίου Ἀνδρέα.

## Συμπέρασμα

Ὁ Χαράλαμπος Μουτσόπουλος σπούδασε στὴν Ἑλλάδα καὶ στὶς ΗΠΑ. Ἐργάστηκε στὶς ΗΠΑ καὶ ὑπηρέτησε ὡς καθηγητὴς ἐπὶ πολλὰ ἔτη στὶς Ἱατρικὲς Σχολὲς τῶν Πανεπιστημίων Ἰωαννίνων καὶ Ἀθηνῶν, ὅπου ὀργάνωσε καὶ διηύθυνε Πανεπιστημιακὲς Κλινικὲς, Τμήματα Αὐτοανόσων Νοσημάτων καὶ Ἀνοσολογικὰ Ἐργαστήρια. Ὁ νέος ἀκαδημαϊκὸς εἶναι διακεκριμένος κλινικὸς ἰατρός, ἐμπνευσμένος δάσκαλος μετὸ μεγάλη ἐπιστημο-

νική έπιρροή στους νέους Ιατρούς, πρωτοποριακός και διεθνώς αναγνωρισμένος έρευνητής στο αντικείμενο τής Άνοσολογίας. Θεωρείται ως ο κύριος συντελεστής τής ανάπτυξης του τομέα τής Άνοσολογίας και τής Αυτόανοσίας στην Ελλάδα.

Θά πρέπει με έμφαση νά τονισθεῖ ὅτι τὸ μεγαλύτερο μέρος τοῦ ἔργου τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ ἔχει ἐπιτελεσθεῖ στήν Ελλάδα. Τὸ γεγονός αὐτὸ προσδίδει στὸ ἔργο του ἰδιαίτερη βαρύτητα καὶ τὸν καθιστᾷ μία ἀπὸ τὶς μείζονες ἰατρικὲς προσωπικότητες τῆς χώρας, ἡ ὅλη διαδρομὴ τοῦ ὁποῖου ἀφήνει στοὺς νεότερους ἕνα βαρυσήμαντο καταπίστευμα: ὅτι ἡ λιμώττουσα σήμερα πατρίδα, ὅπως θά ἔλεγε ὁ ἴδιος χρησιμοποιώντας τὰ λόγια τοῦ διάσημου συγγραφέα καὶ εἰρημιστῆ Amos Oz, ἔχει ἀνάγκη ἀπὸ ἀγωνιστές· γυναῖκες καὶ ἄνδρες δραστήριους καὶ δημιουργικούς· ἀνθρώπους μὲ πνευματικὴ ἀλκή, μὲ δυνατὰ ἔνστικτα καὶ ἅς ἔχουν πρόδηλες ἀδυναμίες καὶ ἐσωτερικὲς ἀντιφάσεις. Δὲν θέλει προξενητές, δουλοπρεπεῖς καὶ φολκλορικούς γηγενεῖς ἐπαῖτες ἢ ζητιάνους ἐπήλυδες τῆς διασποράς. Ἡ χώρα μας, θά ἔλεγε ὁ κ. Μουτσόπουλος, θέλει μορφές πού νά μπορεῖ ἡ νεολαία μας νά θαυμάσει καὶ ἀπὸ τὶς ὁποῖες νά μπορεῖ νά διδαχθεῖ καὶ κυρίως νά ἀντλήσει ἔμπνευση.



ΑΥΤΟΑΝΟΣΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ:  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΤΑΞΙΔΙ 45 ΕΤΩΝ

ΕΙΣΙΓΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ  
κ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥ Μ. ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΥ

Αίσθάνομαι ιδιαίτερη τιμή, χαρά και συγκίνηση ανερχόμενος στο βήμα της Ακαδημίας Αθηνών προκειμένου να έκφωνήσω την έναρκτήριο όμιλία στην επίσημη τελετή υποδοχής μου ως ακαδημαϊκού. Τα συναισθήματα αυτά εμπλουτίζονται περαιτέρω από το βάρος της ευθύνης που εμπειριέχει ή έδρα της Ακαδημίας Αθηνών, όπως άλλωστε αυτό ρητά αναφέρεται στον Ίδρυτικό Νόμο για τη σύσταση του ανωτάτου αυτού πνευματικού ιδρύματος της χώρας. Αναλαμβάνω τον θώκο του ακαδημαϊκού με σεμνότητα, αναλογιζόμενος σπουδαίους δασκάλους της Ιατροβιολογικής επιστήμης, που συγκυρίες δέν τους επέτρεψαν να απολαύουν της τιμής αυτής και της ευκαιρίας για αναγνώριση, αλλά και της επέκτασης της προσφοράς τους από τη θέση του ακαδημαϊκού. Δημόσια θέλω να διαβεβαιώσω ότι και από το ανώτατο ακαδημαϊκό αξίωμα θά συνεχίσω να υπηρετώ την αριστεία, την αξιοκρατία και την πρόοδο της επιστήμης.

Στις σημαντικές στιγμές της ζωής, όπως είναι ή σημερινή για το πρόσωπό μου, ανακαλούνται στη μνήμη οί συντελεστές της δημιουργίας του χαρακτήρα, της προσωπικότητας και της επιστημονικής όλοκλήρωσης. Έπιτρέψτε μου έτσι πρώτα να αποδώσω φόρο τιμής στους αείμνηστους γονείς μου Νίκη και Μιχάλη Μουτσόπουλο, οί όποιοι με τη στάση ζωής τους μάς δίδαξαν να αγαπάμε τη σκληρή δουλειά και τόν συνάνθρωπο, να είμαστε άφοσιωμένοι στο καθήκον, να υπηρετούμε την αλήθεια και την αξιοκρατία και να πορευόμαστε άφιλοκερδώς. Τα διδάγματα και τις απόψεις τους τά πέρασαν σέ έμας άθόρυβα. Ήταν πάντα διαθέσιμοι συμπαραστάτες στις δυσκολίες και στα έμπόδια της ζωής και εξέφραζαν την άποψή τους με διακριτικότητα και ευγένεια. Έρχεται τώρα ή σειρά να μνημονεύσω την προσφορά τών δασκάλων μου στην επιστημονική μου όλοκλήρωση. Από τά πρώτα φοιτητικά μου χρόνια οί αείμνηστοι Άχιλλέας Μαρούφωφ, διευθυντής του Μικροβιολογικού Έργαστηρίου του Νοσοκομείου Χατζηγκώστα Ίωαννίνων, και ό Ίωάννης Παπαβασιλείου, καθηγητής Μικροβιολογίας, μου φανέρωσαν τις όμορφιές της Ιατρικής έρευνας. Οί αείμνηστοι δάσκαλοί μου στην Παθο-

λογία καθηγητές Harold Weiss, Proctor Harvey, Sol Katz, Hayman Zimmerman και Dudley Jackson συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή μου ως διαγνώστη και θεραπευτή ιατροῦ. Ακολούθως οί ἀείμνηστοι καθηγητές Norman Talal, William Epstein, Ephraim Engelmann, John L. Decker, Alfred D. Steinberg και οί καθηγητές Paul Plotz, Antony S. Fauci και Steve Katz συνέβαλαν στην ώριμάσή μου ως ἐρευνητῆ τῶν μηχανισμῶν γένεσης τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων. Ἐνα ἀπλό εὐχαριστῶ σέ ὅλους αὐτούς δὲν θὰ ἦταν ἐπαρκῆς και θὰ ἀποτελοῦσε κοινοτοπία. Θεωρῶ ὅτι μεγαλύτερη ἀπόδοση τιμῆς στοὺς δασκάλους ἀποτελεῖ τὸ γεγονὸς ὅτι σέ ὅλη τὴν ἀκαδημαϊκὴ μου πορεία προσπάθησα νὰ προσφέρω τὰ ὅμοια, αὐτὰ δηλαδή πού διδάχθηκα ἀπὸ τοὺς δασκάλους μου, στοὺς νεότερους συναδέλφους μου.

Ἀγαπητὲ ἀκαδημαϊκὲ κ. Χαράλαμπε Ροῦσσε, ἡ γενναϊὸδωρη εἰσήγησή σας μὲ συγκίνησε βαθύτατα. Σᾶς εὐχαριστῶ θερμά. Στὴν πολυετὴ ἀκαδημαϊκὴ συμπόρευσή μας στὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ Ἀθηνῶν προσπαθήσαμε νὰ ὑπηρετήσουμε τὴν ἀριστεία και τὴν ἀξιοκρατία. Δὲν ξέρω ἂν τὰ καταφέραμε.

Κλείνοντας αὐτὰ τὰ λίγα εἰσαγωγικὰ θὰ ἦταν οὐσιώδης και ἀνεπίτρεπτη παράλειψη ἂν ἀπὸ τὸ βῆμα τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν δὲν εὐχαριστοῦσα τίς κυρίες και τοὺς κυρίους ἀκαδημαϊκοὺς πού μὲ τίμησαν μὲ τὴν ψῆφο τους και ὅλους ἐσᾶς πού μὲ τιμᾶτε ἀπόψε μὲ τὴν παρουσία σας.

### Γενικὰ χαρακτηριστικὰ τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων

Τὸ ἀνοσολογικὸ (ἀμυντικὸ) σύστημα τοῦ ὄργανισμοῦ στὰ αὐτοάνοσα νοσήματα ἀναγνωρίζει στοιχεῖα τοῦ ἴδιου τοῦ ὄργανισμοῦ (αὐτοαντιγόνα) προκαλώντας νοσηρῆς καταστάσεις. Ἡ ἐπίθεση τοῦ ἀμυντικοῦ συστήματος κατὰ τῶν ἰδίων στοιχείων ἐπιτελεῖται εἴτε μέσῳ ἀντισωμάτων πού ὀνομάζονται αὐτοαντισώματα, μὲ τὴ βοήθεια τῶν πρωτεϊνῶν τοῦ συμπληρώματος, εἴτε μέσῳ ἐνεργοποιημένων ἀνοσοκυττάρων και τῶν προϊόντων τους (κυτταροκίνες, χημειοκίνες). Ἀποτέλεσμα τῆς ἐπίθεσης τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος κατὰ τῶν ἰδίων στοιχείων εἶναι:

α) Ἡ καταστροφὴ τοῦ κυττάρου ἢ ὄργανου, ὅπως, γιὰ παράδειγμα, προκαλοῦν τὰ ἀντιερυθροκυτταρικὰ αὐτοαντισώματα στὰ ἐρυθρὰ αἱμοσφαίρια και ἐπάγουν τὴν αὐτοάνοση αἱμολυτικὴ ἀναιμία. Τὰ αὐτοαντισώματα προκαλοῦν τὴ βλάβη εἴτε ὑποβοηθούμενα ἀπὸ τὴν ἐνεργοποίησή τοῦ συμπληρώματος εἴτε μὲ τὴ βοήθεια τῶν φαγοκυττάρων (μακροφάγα και λευκοκύτταρα).

β) Ἡ καταστολή τῆς λειτουργίας τοῦ ὄργάνου, ὅπως ἐπιτυγχάνουν τὰ αὐτοαντισώματα πού δροῦν κατά τῶν ὑποδοχέων τῆς ἀκετυλολίνης παρεμποδίζοντας τή μετάδοση τοῦ μηνύματος ἀπό τὰ νεῦρα στους μῦς. Ἔτσι προκαλεῖται ἡ βαρεία μυασθένεια.

γ) Ἡ ὑπερλειτουργία ἐνός ὄργάνου, ὅπως ἐπιτυγχάνουν τὰ αὐτοαντισώματα κατά τοῦ ὑποδοχέα τῆς θυρεοειδοτρόπου ὁρμόνης καί προκαλοῦν τήν αὐτοάνοση νόσο ὑπερθυρεοειδισμό.

δ) Ἡ βλάβη τῶν ἰστῶν ἀπό τήν ἐναπόθεση σέ αὐτούς συμπλόκων ἀντιγόνων-ἀντισωμάτων (ἀνοσοσυμπλέγματα). Τά ἀνοσοσυμπλέγματα ἐνεργοποιοῦν τίς πρωτεΐνες τοῦ συμπληρώματος. Παραδείγματα νοσημάτων πού προκαλοῦνται μέσω αὐτοῦ τοῦ μηχανισμοῦ εἶναι οἱ ἀγγεΐτιδες καί οἱ σπειραματονεφρίτιδες τοῦ συστηματικοῦ ἐρυθματώδους λύκου.

ε) Ἡ βλάβη τῶν ἰστῶν πού προκαλεῖται ἀπό τή συνάρθρωση σέ αὐτούς φλεγμονωδῶν κυττάρων (πολυμορφοπύρηνων, μακροφάγων, λεμφοκυττάρων). Τά κύτταρα αὐτά ἐξαπολύουν τοξικές οὐσίες (μεταλλοπρωτεΐνάσες, δραστικές ρίζες ὀξυγόνου, κυτταροκίνες), μέσω τῶν ὁποίων ἐπιτελεῖται ἡ ἰστική βλάβη. Παραδείγματα τέτοιων ἱστολογικῶν βλαβῶν παρατηροῦνται στόν ἀρθρικό ὑμένα ἀσθενῶν πού πάσχουν ἀπό ρευματοειδή ἀρθρίτιδα καί στους σιελογόνους ἀδένες ἀσθενῶν μέ σύνδρομο Sjögren.

Ἡ ἐπιστημονική κοινότητα ἔχει ἀναγνωρίσει μέχρι τώρα 100 καί πλέον νοσήματα πού πληροῦν τίς συνθῆκες γιά νά ὀνομάζονται αὐτοάνοσα νοσήματα. Κάποια ἀπό αὐτά παρατηροῦνται συχνά, ἐνῶ ἄλλα εἶναι σπάνια:

Νόσος	Ἐπίπτωση (%)
Θυρεοειδίτιδα Hashimoto	15
Ρευματοειδῆς ἀρθρίτιδα	0.5-1
Σύνδρομο Sjögren's	0.2
Συστηματικός ἐρυθματώδης λύκος	0.01-0.02
Πολυμυοσίτιδα/Δερματομυοσίτιδα	0.01
Πρωτοπαθῆς χολική κίρρωση	0.01

Πίνακας 1: Συχνότητα αὐτοάνοσων νοσημάτων.

Τά αὐτοάνοσα νοσήματα προσβάλλουν κατ' ἐξοχήν γυναῖκες τῆς ἀναπαραγωγικῆς ἡλικίας. Μελέτες ἔχουν ὑπολογίσει ὅτι 36 ἑκατομμύρια Εὐρωπαϊκῶν πάσχουν ἀπό αὐτοάνοσα νοσήματα. Τά νοσήματα αὐτά ἀποτε-

λοῦν τὴ δεύτερη αἰτία νοσηρότητας καὶ τὴν τρίτη αἰτία ἀναπηρίας καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ προσβάλλουν ἓνα μόνον ὄργανο (ὄργανοειδικά), ὅπως, γιὰ παράδειγμα, τὰ νοσήματα τοῦ θυρεοειδοῦς ἀδένα ἢ τοῦ δέρματος (ψωρίαση), ἐνῶ ἄλλα προσβάλλουν πολλὰ ὄργανα συγχρόνως καὶ ὀνομάζονται συστηματικά. Ἐπειδὴ τὰ νοσήματα αὐτὰ προσβάλλουν ὅλα τὰ ὄργανα τοῦ ἀνθρώπινου σώματος, εἶναι καλὸ οἱ ἰατροὶ ὅλων τῶν εἰδικοτήτων νὰ τὰ ἀναγνωρίζουν καὶ νὰ τὰ παραπέμπουν σὲ ἐξειδικευμένα κέντρα γιὰ τὴν πλέον σύγχρονη καὶ ἀποτελεσματικὴ ἀντιμετώπισή τους.

### Ἱστορικοὶ σταθμοὶ κατανόησης τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων

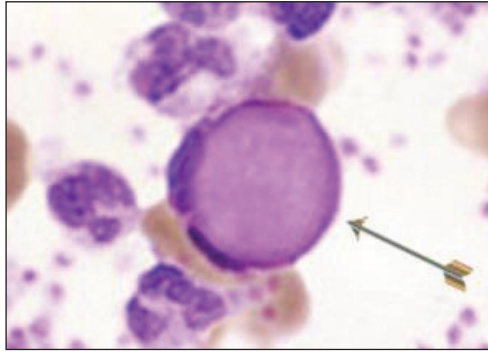
Ἡ ἀντίληψη ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτεθεῖ κατὰ τῶν στοιχείων (ἀντιγόνων) τοῦ ἴδιου τοῦ ὄργανισμοῦ (αὐτοάνοση ἀπόκριση) ἦταν ἀδιανόητη στὸ τέλος τοῦ 19ου αἰώνα. Ἡ ἀντίληψη αὐτὴ πυροδοτήθηκε ἀπὸ τὸ πείραμα τοῦ Paul Erlich (2). Ὁ ἐρευνητὴς αὐτὸς προσπάθησε νὰ ἐνεργοποιήσει τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα αἰγῶν χορηγώντας τους τὰ δικά τους ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια. Ἐπειδὴ οἱ αἶγες δὲν ἀνέπτυξαν ἀντισώματα κατὰ τῶν δικῶν τους ἐρυθρῶν αἰμοσφαιρίων, διατύπωσε τὴν ἄποψη ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα δὲν δύναται νὰ ἀντιδράσει κατὰ τῶν δικῶν του στοιχείων (*Horror autotoxicus*). Τὰ ἐπόμενα χρόνια πολλοὶ ἐρευνητὲς περιέγραψαν ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναγνωρίσει τὰ δικά του στοιχεῖα καὶ νὰ προκαλέσει νόσο. Οἱ Donath καὶ Landsteiner ἔδειξαν ὅτι ἀντισώματα στὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος ἀσθενῶν ἀναγνώριζαν τὰ δικά τους ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια (ἀντιερυθροκυτταρικά αὐτοαντισώματα) καὶ τὰ κατέστρεφαν ὅταν ὁ ἀσθενὴς ἐκτίθετο στὸ κρῦο (3). Ὁ Papasolu τὸ 1911 περιέγραψε ἀντισώματα στὸ αἷμα ἀσθενῶν ποὺ ἀναγνώριζαν στοιχεῖα τοῦ θυρεοειδοῦς ἀδένα σὲ ἀσθενεῖς ποὺ ἔπασχαν ἀπὸ ὑπερθυρεοειδισμό (4). Τὰ εὐρήματα αὐτὰ ἀγνοήθηκαν καὶ τὸ πεδίο τῆς ἀπόκρισης τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος κατὰ ἰδίων στοιχείων (αὐτοάνοση ἀπόκριση) καὶ ἡ ἀνάπτυξη, μέσῳ αὐτοῦ τοῦ μηχανισμοῦ νόσου (αὐτοάνοση νόσος), παρέμειναν σὲ ὑπνώση μέχρι τῆς δεκαετίας τοῦ 1940.

Τὴν τριακονταετία 1945-1975 οἱ γνώσεις μας γιὰ τὶς αὐτοάνοσες ἀποκρίσεις ἀυξήθηκαν δραματικά. Δύο ἐρευνητὲς, ὁ ἓνας ἐργαζόμενος στὴ Νορβηγία (Dr Eric Waaler) καὶ ὁ ἄλλος στὴ Νέα Ὑόρκη (Dr Harry Rose), ἀνακάλυψαν τυχαῖα, στὴ δεκαετία τοῦ 1940, στὸν ὄρο τοῦ αἵματος τὴν

ὑπαρξῆ ἑνὸς παράγοντα ποὺ ἀναγνώριζε τὰ ἀντισώματα. Ἐπειδὴ οἱ ἀσθενεῖς ἔπασχαν ἀπὸ ρευματοειδῆ ἀρθρίτιδα, ὀνόμασαν τοὺς παράγοντες αὐτοὺς ρευματοειδεῖς παράγοντες (5, 6). Ἀργότερα ἀποδείχθηκε ὅτι ὁ παράγοντας αὐτὸς ἦταν ἀντίσωμα ποὺ ἀναγνώριζε τὰ ἄλλα ἀντισώματα τοῦ ὀργανισμοῦ, δηλαδή ἓνα αὐτοαντίσωμα. Τὴν ἴδια δεκαετία, ὁ Dr Edward Hargraves, ἐξετάζοντας μυελοὺς τῶν ὀστέων ἀσθενῶν μὲ δυσεπίλυτα ἰατρικὰ προβλήματα, παρατήρησε ὅτι μερικὰ κύτταρα τοῦ μυελοῦ εἶχαν ροδόχροα ἔγκλειστα σωματίδια. Τὸ ἴδιο κύτταρο μὲ ἔγκλειστα δημιουργήθηκε ὅταν ὁ Hargraves ἐπάσασε μυελοὺς ἀπὸ ὑγιῆ ἄτομα μὲ ὀρους ἀπὸ ἀσθενεῖς μὲ συστηματικὸ ἐρυθρηματώδη λύκο (7). Μελέτες στὴ συνέχεια ἔδειξαν ὅτι ὁ παράγοντας τοῦ ὀροῦ ἀσθενῶν μὲ συστηματικὸ ἐρυθρηματώδη λύκο ἀναγνώριζε ἀντιγόνα τῶν πυρήνων τῶν κυττάρων. Τὰ κύτταρα αὐτὰ ὀνομάστηκαν κύτταρα λύκου (Εἰκόνα 1). Ἡ παρατήρηση αὐτὴ ὀδήγησε στὴν ἀνακάλυψη κατὰ τὴ δεκαετία τοῦ 1950 τῶν ἀντιπυρηνικῶν ἀντισωμάτων, τῶν αὐτοαντισωμάτων ποὺ ἀνευρίσκονται στὸν ὀρὸ τοῦ αἵματος τῆς πλειονότητος τῶν ἀσθενῶν μὲ συστηματικὰ αὐτοάνοσα νοσήματα. Στὶς ἐπόμενες δεκαετίες, μελέτες ἀνέδειξαν τὰ ἀκριβῆ αὐτοαντιγόνα στὸν πυρήνα ἢ στὸ κυτταρόπλασμα τοῦ κυττάρου τὰ ὁποῖα ἀναγνωρίζουν τὰ ἀντιπυρηνικὰ ἀντισώματα (Πίνακας 2) (1).

Κυτταρική ἐντόπιση	Ἀντιγόνα	Νόσος
Πυρήνας	Διπλῆ ἔλικια DNA Ίστόνες Τοποϊσομεράση I	Συστηματικὸς ἐρυθρηματώδης λύκος (ΣΕΛ) ΣΕΛ Συστηματικὸ σκληρόδερμα
Πυρήνας	Sm ἀντι-U1snRNP	ΣΕΛ ΣΕΛ, Μικτὴ νόσος συνδετικοῦ ἰστοῦ
Πυρήνας	Κεντρομερίδιο	Περιορισμένο σκληρόδερμα
Κυτταρόπλασμα/ Πυρήνας	Ro(SSA), La(SSB)	ΣΕΛ, Σύνδρομο Sjögren
Κυτταρόπλασμα	Συνθετάσες τῶν tRNA	Μυοσίτιδα
Κυτταρόπλασμα	Ἀντιγόνα κατὰ τῶν μιτοχονδρίων	Πρωτοπαθῆς χολικὴ κίρρωση

Πίνακας 2: Οἱ κυτταρικοὶ στόχοι ποὺ ἀναγνωρίζουν τὰ ἀντιπυρηνικὰ αὐτοαντισώματα καὶ οἱ αὐτοάνοσες ἀσθένειες στὶς ὁποῖες ἀνευρίσκονται.



Εικόνα 1: Κύτταρα λύκου (βέλος).

Από τὸ τέλος τῆς δεκαετίας τοῦ 1940 ἕως τὰ μέσα τῆς δεκαετίας τοῦ 1950, ὁ ἰολόγος-ἀνοσολόγος Αὐστραλὸς ἐρευνητῆς F. Macfarlane Burnet διατύπωσε τὴν ὑπόθεση τῆς «Ἐπιλογῆς τῶν κλώνων». Σύμφωνα μὲ τὴν ὑπόθεση, τὰ ἀνοσοκύτταρα ποὺ ἀναγνωρίζουν μὲ ὑψηλὴ συγγένεια ἀντιγόνα τοῦ ὄργανισμοῦ, περνώντας ἀπὸ πρωτεύοντα ἀνοσολογικὰ ὄργανα, δηλαδὴ τὸν θύμο ἀδένα καὶ τὸν μυελὸ τῶν ὀστέων, γιὰ νὰ διαφοροποιηθοῦν καὶ νὰ ὠριμάσουν, ἀποθνήσκουν. Ἔτσι αὐτὰ ποὺ κυκλοφοροῦν στὸ αἷμα ἢ μεταναστεύουν στὰ δευτερογενῆ ἀνοσολογικὰ ὄργανα (λεμφαδένες) δὲν ἀντιδρῶν μὲ τὰ στοιχεῖα τοῦ ὄργανισμοῦ (ἴδια ἀντιγόνα) καὶ ἔχουν ἀνοσολογικὴ ἀνοχή (8). Μὲ βᾶση τὴν ὑπόθεση αὐτή, τὰ αὐτοάνοσα νοσήματα ἐκδηλώνονται ὅταν καταργεῖται ἡ ἀνοσολογικὴ ἀνοχή.

Ἀντίθετα, στὰ μέσα τῆς δεκαετίας τοῦ 1970 μὲ ἀρχὲς τῆς δεκαετίας τοῦ 1980, ὁ ἐρευνητῆς Σ. Ἀβραμέας, μελετώντας ὄρους ὑγιῶν ἀτόμων, μὲ ἀνοσοενζυμικὴ μέθοδο τὴν ὁποία ὁ ἴδιος ἀνέπτυξε (9), ἀνακάλυψε ἀντισώματα ποὺ ἀντιδρῶσαν κατὰ πολλῶν ἀντιγόνων τοῦ ὄργανισμοῦ. Τὰ ἀντισώματα αὐτὰ τὰ ὀνόμασε «φυσικὰ αὐτοαντισώματα» καὶ τὸ φαινόμενο «φυσικὴ αὐτοανοσία» (10, 11). Ἐξαιτίας τῆς πολυδραστικότητάς τους, ἀποτελοῦν τὴν πρώτη γραμμὴ ἄμυνας τοῦ ὄργανισμοῦ ἐναντίον ξένων εἰσβολέων, ἀπομακρύνουν νεκρὰ ὑπολείμματα κυττάρων, καλύπτουν νεοαντιγόνα καὶ παίζουν οὐσιώδη ρόλο στὴν ἀνοσορρύθμιση. Ὅταν ἀπελευθερώνονται ἀθρόα αὐτοαντιγόνα λόγω ἔντονου κυτταρικοῦ θανάτου (ἀπόπτωση) ἢ λόγω τοῦ ὅτι μικροβιακὲς δομὲς ὁμοιάζουν μὲ δομὲς τοῦ ὄργανισμοῦ, τότε σὲ γενετικὰ προδιατεθειμένα ἄτομα φυσικοὶ αὐτοδραστικοὶ κλώνοι ἀνοσοκυττάρων ἐκπτύσσονται, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἀνάπτυξη αὐτοάνοσης νόσου.

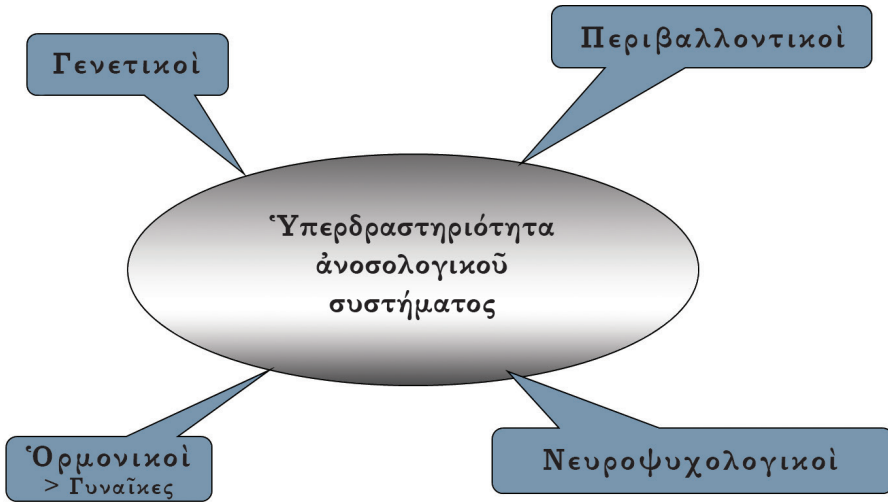
Μελέτες τῆς ομάδας μας, χρησιμοποιώντας τὰ ζωικά πρότυπα (ποντίκια Νέας Ζηλανδίας, NZBxNZW, NZB και NZW) πού ἀναπτύσσουν αὐτόματα κατὰ τὸν ἕκτο μήνα τῆς ζωῆς τους συστηματικὸ ἐρυθρηματώδη λύκο, κατέδειξαν ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα τῶν ζωικῶν προτύπων μὲ αὐτοάνοση νόσο εἶναι ἐνεργοποιημένο ἀπὸ τὴν πρώτη ἐβδομάδα τῆς ζωῆς τους καὶ ἡ ἀπάντησή του σὲ ἐνδογενῆ καὶ ἐξωγενῆ ἐρεθίσματα ἀκολουθεῖ τοὺς κανόνες τῆς ἀντιγόνο-καθοδηγούμενης ἀνοσολογικῆς ἀπόκρισης. Μὲ τὰ πειράματα αὐτὰ ἀνεδείχθη ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα ὑπερλειτουργεῖ καὶ δὲν δυσλειτουργεῖ (12). Ἡ λειτουργικὴ ἀκραιότητα τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος στὰ αὐτοάνοσα νοσήματα τοῦ ἀνθρώπου ἐπιβεβαιώθηκε, διότι ὁ ἐμβολιασμὸς ἀσθενῶν κατὰ ἰῶν καὶ μικροβίων ὀδήγησε σὲ ἐπαρκή, προστατευτικὴ ἀνοσολογικὴ ἀπόκριση (13). Ἐπιπλέον, οἱ ἀσθενεῖς πού ὑποβλήθηκαν σὲ ἀλλογενῆ μεταμόσχευση μυελοῦ τῶν ὀστέων, ὡς θεραπεία τῆς λευχαιμίας ἢ τῆς ἀπλαστικῆς ἀναιμίας, ἀνέπτυξαν αὐτοάνοσες νόσους, ὅπως σκληρόδερμα, σύνδρομο Sjögren, πρωτοπαθῆ χολικὴ κίρρωση καὶ συστηματικὸ ἐρυθρηματώδη λύκο (14,15). Ἡ ἀνάπτυξη αὐτῆ ἦταν τὸ ἀποτέλεσμα τῆς χρόνιας ἀντίδρασης τῶν ἀνοσοκυττάρων τοῦ μοσχεύματος κατὰ τῶν ἀντιγόνων τοῦ ξενιστῆ. Οἱ πειραματικὲς καὶ κλινικὲς μελέτες μας ἐνδυνάμωσαν τὴν ἄποψη ὅτι ἡ χρόνια ἐνεργοποίηση τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος ὀδηγεῖ στὴν ἀνάπτυξη αὐτοάνοσου νοσήματος.

### Παράγοντες πού ἐνεργοποιοῦν τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα

Μελέτες στὶς δεκαετίες 1970 καὶ 1980 ὑπέδειξαν ὅτι ἡ ὑπερλειτουργία τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος στὰ αὐτοάνοσα νοσήματα εἶναι πολυπαραγοντικὴ (Εἰκόνα 2).

*Περιβαλλοντικοὶ παράγοντες*, ὅπως λοιμώξεις, φάρμακα καὶ χημικὲς οὐσίες, εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπάγουν ἢ νὰ προκαλέσουν ἐξάρση τῶν νοσημάτων αὐτῶν. Αὐτὸ ἐπιτελεῖται μὲσω ἀξημένου κυτταρικοῦ θανάτου ἢ/καὶ καταστροφῆς ἰστῶν/ὀργάνων, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἀθρόα ἀπελευθέρωση ἐνδοκυττάρων δομῶν (ἀντιγόνων), μὲ τίς ὁποῖες τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα δὲν ἔχει προηγουμένως ἔλθει σὲ ἐπαφή καὶ στὶς ὁποῖες δὲν ἔχει ἀναπτύξει ἀνοχή. Ἐπίσης, οἱ μικροοργανισμοὶ μπορεῖ νὰ ἔχουν δομικὰ στοιχεῖα πού προσομοιάζουν σὲ δομὲς τοῦ ὀργανισμοῦ, ἐπεκτείνοντας ἔτσι τίς ἀνοσολογικὲς ἀποκρίσεις στὶς τελευταῖες (μοριακὴ μίμηση).





Εικόνα 2: Παράγοντες που συμμετέχουν στην παθογένεια των αυτοάνοσων νοσημάτων.

Η γενετική προδιάθεση είναι έτερος σημαντικός γενεσιουργός παράγοντας για την εκδήλωση των αυτοάνοσων νοσημάτων. Αυτό υποδεικνύεται τόσο από κλινικές μελέτες που δείχνουν ότι τα αυτοάνοσα νοσήματα έπιπολάζουν σε μέλη οικογενειών, όσο και από τη μεγάλη συχνότητα αυτοάνοσων νοσημάτων σε μονοζυγωτικά δίδυμα. Έπιπρόσθετα, ή ύψηλή συσχέτιση των νοσημάτων αυτών με διάφορους πολυμορφισμούς γονιδίων που σχετίζονται με την ανοσολογική απάντηση, όπως τα αντιγόνα του μείζονος συμπλέγματος ιστοσυμβατότητας, πρωτεΐνες του συμπληρώματος, κυτταροκίνες κ.ά., συνηγορούν ισχυρά υπέρ του ότι τα άτομα που αναπτύσσουν αυτοάνοσα νοσήματα έχουν γενετική προδιάθεση. Μελέτες του έργαστηρίου μας στη δεκαετία του 1970 έδειξαν την ύψηλή συσχέτιση των αντιγόνων ιστοσυμβατότητας HLA-B8 και HLA-DR3 με το σύνδρομο Sjögren (16-19).

Έπίσης, όρμονικοί παράγοντες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση αυτών των νοσημάτων. Σε αυτό συνηγορούν τόσο το γεγονός ότι τα περισσότερα από τα συστηματικά αυτοάνοσα νοσήματα εμφανίζονται σε γυναίκες, με αναλογία που πολλές φορές φτάνει το 10 προς 1 σε σχέση με τους άνδρες, όσο και πληθώρα μελετών σε πειραματικά πρότυπα αυτοάνοσων νοσημάτων και στον άνθρωπο που υποστηρίζουν ότι τα οιστρογόνα πυροδοτούν την αυτοάνοση νόσο, ενώ τα ανδρογόνα την καταστέλλουν (20).



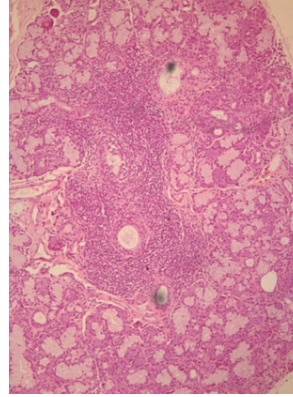
Τέλος, η ψυχική καταπόνηση (stress) συμμετέχει στην παθοβιολογία των νοσημάτων αυτών. Πράγματι, η εμφάνιση ή έξαρση των αυτοανόσων νοσημάτων έχει συσχετισθεί με προηγούμενα σημαντικά ψυχοτραυματικά γεγονότα, όπως απώλεια αγαπημένου προσώπου, διαζύγιο ή οικονομική καταστροφή, που ο ασθενής με αυτοάνοσο προδιάθεση δεν είναι δυνατόν να διαχειριστεί (21,22).

### Παθογένεια των αυτοανόσων νοσημάτων: Μαθήματα από τη μελέτη του συνδρόμου Sjögren

Το σύνδρομο Sjögren είναι ιδανικό πρότυπο νόσου για τη μελέτη της παθογένειας των αυτοανόσων νοσημάτων διότι α) πληροί τα κριτήρια αυτοανόσου ασθένειας (παρουσία αυτοαντισωμάτων στην κυκλοφορία και καταστροφή των προσβεβλημένων ιστών από λεμφοκύτταρα) (Εικόνα 3), β) έχει εύρύ κλινικό φάσμα που εκτείνεται από όργανοειδικό νόσημα (προσβολή των εξωκρινών αδένων, κατεξοχήν των σιελογόνων και των δακρυϊκών) σε συστηματικό (προσβολή πνευμόνων, νεφρών, ήπατος και αγγείων), γ) σε ένα σημαντικό ποσοστό των ασθενών (5-10%) εξελίσσεται σε λεμφική νεοπλασία (B-λεμφοκυτταρικό λέμφωμα), και δ) είναι δυνατόν να εκφράζεται ως ξεχωριστή οντότητα ή να συνεκφράζεται με άλλο συστηματικό αυτοάνοσο νόσημα, όπως η ρευματοειδής αρθρίτιδα ή ο συστηματικός έρυθματώδης λύκος. Η έρευνητική μας ομάδα περιέγραψε τόσο την κλινικοεργαστηριακή εικόνα των συστηματικών εκδηλώσεων της νόσου, όσο και την κλινικοϊστολογική εικόνα του λεμφώματος στους ασθενείς με το σύνδρομο Sjögren, και βρήκαμε κλινικούς και εργαστηριακούς δείκτες που προβλέπουν, από την πρώτη επίσκεψη του ασθενούς στον ιατρό, αν στην πορεία της νόσου θα αναπτύξει λέμφωμα (23-26). Τέλος, κλινικές, εργαστηριακές και ανοσογενετικές μελέτες μας ανέδειξαν ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των ασθενών που πάσχουν μόνο από το σύνδρομο Sjögren και των ασθενών που πάσχουν από ρευματοειδή αρθρίτιδα ή συστηματικό έρυθματώδη λύκο και σύνδρομο Sjögren. Τα εύρηματα των μελετών αυτών μάς οδήγησαν να αποκαλέσουμε πρωτοπαθές το σύνδρομο όταν εκφράζεται μόνο του, ενώ δευτεροπαθές όταν συνεκφράζεται με άλλα αυτοάνοσα νοσήματα (19, 27, 28). Με βάση τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά του συνδρόμου, η μελέτη του είναι δυνατόν να διαλευκάνει την παθογένεια όχι μόνο των αυτοανόσων νοσημάτων, αλλά και της κακοήθειας των λεμφοκυττάρων.

Σιελογόνοι αδένες:  
λεμφοκυτταρικές διηθήσεις

Αυτοαντισώματα έναντι:	Ποσοστό ασθενών
Ανοσοσφαιρινών (ΠΠ)	60-70%
Ro (SSA)	50-60%
La (SSB)	30-40%
Μιτοχονδρίων	5%
Κεντρομεριδίου	5%
Κιτρουλινοποιημένων πεπτιδίων	5%

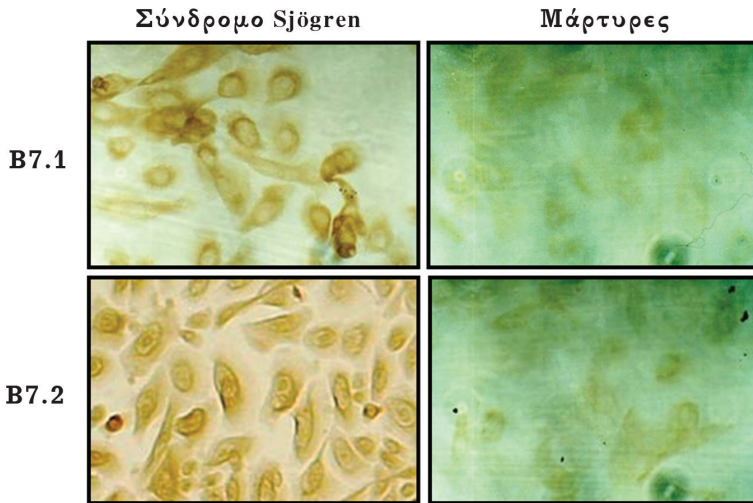


Εικόνα 3: Παρουσία αυτοαντισωμάτων στην κυκλοφορία (αριστερά) και διήθηση των σιελογόνων από ανοσοκύτταρα (δεξιά) σε ασθενείς με σύνδρομο Sjögren.

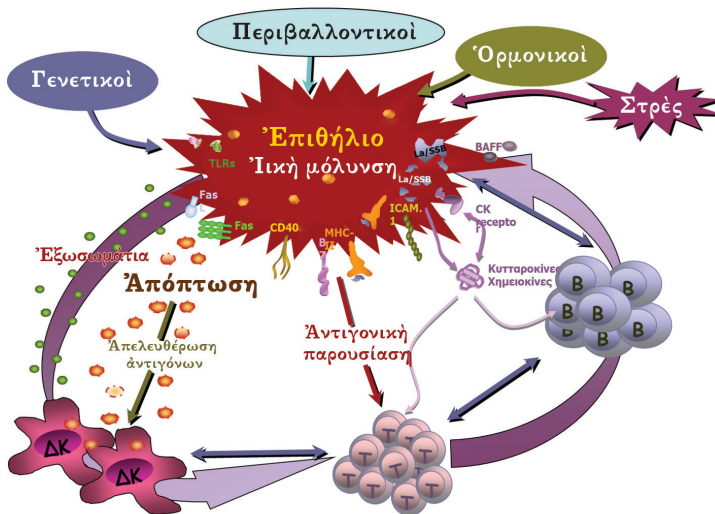
Η έρευνητική μας ομάδα μελέτησε τόσο τις αντιγονικές περιοχές του αυτοαντιγόνου La/SSB (έπιτόποι) που αναγνωρίζουν τα αυτοαντισώματα, όσο και την ιστοπαθολογική βλάβη των μικρών σιελογόνων αδένων του χείλους. Στόχος της μελέτης των αντιγονικών έπιτόπων που αναγνωρίζουν τα αυτοαντισώματα του όρου του αίματος των ασθενών με σύνδρομο Sjögren ήταν αφενός η δημιουργία φθηνών, ευαίσθητων και ειδικών διαγνωστικών τεχνικών, και αφετέρου η ανεύρεση του έναρκτηρίου έρεθίσματος που προκαλούσε την υπερδραστηριότητα του ανοσολογικού συστήματος (29). Η μελέτη δέ της ιστοπαθολογικής βλάβης των μικρών σιελογόνων αδένων ασθενών με σύνδρομο Sjögren μās βοήθησε να κατανοήσουμε και να αποκρυπτογραφήσουμε τους μηχανισμούς που συμμετέχουν στην παθογένεια του συνδρόμου και την ανάπτυξη των αυτοανόσων αποκρίσεων. Μάλιστα η ιστοική βλάβη των σιελογόνων αδένων είναι αντιπροσωπευτική των βλαβών που παρατηρούνται και σε άλλα αυτοάνοσα νοσήματα. Έτσι η μελέτη της παρέχει τη δυνατότητα κατανόησης της παθογένειας των αυτοανόσων διεργασιών γενικά και όχι μόνο αυτών που συμμετέχουν στην ανάπτυξη του συνδρόμου Sjögren.

Η ομάδα μας μελέτησε τη βλάβη με ανοσοϊστοχημικές και μοριακές τεχνικές και περιέγραψε αναλυτικά τους πληθυσμούς των ανοσοκυττάρων

(B-, T-, μακροφάγα, NK και ύποπληθυσμοί τους) και τών διαβιβαστῶν τῆς ἐπικοινωνίας μεταξύ τους (ἐπιφανειακοὶ ὑποδοχεῖς, κυτταροκίνες, χημειοκίνες). Ἡ κατανομή τῶν ἀνοσοκυττάρων καὶ ἡ ἔκφραση τῶν κυτταροκινῶν μεταβάλλονται ἀνάλογα μὲ τὴ βαρύτητα τῆς βλάβης (30-33). Ἐπιπροσθέτως, παρατηρήθηκε ὅτι τὰ ἐπιθηλιακὰ κύτταρα τῶν σιελογόνων ἀδένων ἀσθενῶν μὲ σύνδρομο Sjögren ἐκφράζουν ἀδόκιμα ἀντιγόνα ἰστούσυμβατότητας, συνδιεγερτικὰ καὶ προσκολλητικὰ μόρια, παράγουν κυτταροκίνες καὶ χημειοκίνες, ἀποθνήσκουν ἀπὸ προγραμματισμένο κυτταρικὸ θάνατο καὶ ἀπελευθερώνουν μέσῳ ἀποπτωτικῶν φυσαλίδων καὶ ἐξωσωματίων ἐνδοκυττάρια αὐτοαντιγόνα (34-40). Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ ὑποδηλώνουν ὅτι τὰ ἐπιθηλιακὰ κύτταρα τῶν σιελογόνων ἀδένων τῶν ἀσθενῶν μὲ σύνδρομο Sjögren εἶναι ἐνεργοποιημένα καὶ ἱκανὰ νὰ ρυθμίζουν τὴν προσέλκυση καὶ ἐνεργοποίηση τῶν ἀνοσοκυττάρων. Γιὰ νὰ ἀποκλεισθεῖ ὅτι αἰτία τῆς ἐνεργοποίησης τῶν ἐπιθηλιακῶν κυττάρων εἶναι ἡ ἐπίδραση τῶν κυτταροκινῶν καὶ τῶν χημειοκινῶν τοῦ ἰστικοῦ μικροπεριβάλλοντος τῆς ἀνοσοπαθολογικῆς βλάβης, ἀναπτύχθηκαν καλλιέργειες τῶν ἐπιθηλιακῶν κυττάρων τῶν σιελογόνων ἀδένων ἀσθενῶν καὶ μαρτύρων (41). Τὰ ἐπιθηλιακὰ κύτταρα, παρὰ τὴν ἀπομάκρυνσή τους ἀπὸ τοὺς ἰστούς, διατηροῦσαν τὸν ἐνεργοποιημένο φαινότυπο (38-41), πράγμα ποὺ ὑποδεικνύει ὅτι εἶναι ἐνδογενῶς ἐνεργοποιημένα καὶ ἱκανὰ νὰ ἀλληλοεπιδροῦν ἀποτελεσματικὰ καὶ νὰ ἐνεργοποιοῦν τὰ λεμφοκύτταρα. Ἔτσι φαίνεται ὅτι στὸ σύνδρομο Sjögren τὰ ἐνδογενῶς ἐνεργοποιημένα ἐπιθηλιακὰ κύτταρα προσκαλοῦν καὶ ἐνεργοποιοῦν τὰ ἀνοσοκύτταρα νὰ ἐπιτεθοῦν κατὰ αὐτῶν, διαδραματίζοντας σημαντικὸ ρόλο στὴν ἔναρξη καὶ στὴ διαιώνιση τῆς αὐτοάνοσης ἀντίδρασης (Εἰκόνα 4). Ἡ αἰτία τῆς ἐνδογενοῦς ἐνεργοποίησης τῶν ἐπιθηλιακῶν κυττάρων στὸ σύνδρομο Sjögren δὲν εἶναι γνωστή. Ἐντούτοις, μελέτες ἀπὸ τὴ δεκαετία τοῦ 1970 ὑπέδειξαν ὅτι λικῆς λοιμώξεις ἀποτελοῦν πιθανὰ τὸ ἔναρκτηριο λάκτισμα γιὰ τὴν ἀπαρχὴ τῆς αὐτοάνοσης διεργασίας. Μελέτες τοῦ ὄρου τοῦ αἵματος ἀσθενῶν μὲ συστηματικὰ αὐτοάνοσα νοσήματα, συμπεριλαμβανομένου τοῦ συνδρόμου Sjögren, ἔδειξαν τὴν ὑπαρξὴ ἰντερφερόνης-α, ἐνὸς ἀντιικοῦ παράγοντα, ἰδίως κατὰ τὴν ἐνεργὸ φάση τῶν νόσων (42, 43). Μεταγενέστερες μελέτες ἐνέπλεξαν διάφορους ἰοὺς στὴν παθογένεια τοῦ συνδρόμου Sjögren. Ἡ ὁμάδα μας ἔδειξε ὅτι οἱ σιελογόνοι ἀδένες τῶν ἀσθενῶν φέρουν ἐνδοκυττάρια ἀλληλουχίες ἐντεροϊῶν (ιοὶ Coxsackie), οἱ ὁποῖες πιθανῶς εἶναι ὑπεύθυνες γιὰ τὴν ἐνεργοποίηση τῶν ἐπιθηλιακῶν κυττάρων (44).



Εικόνα 4: Καλλιεργημένα επιθηλιακά κύτταρα σιελογόνων αδένων από ασθενείς με σύνδρομο Sjögren και μάρτυρες χωρίς νόσο. Αναδεικνύεται ότι τα κύτταρα των ασθενών, σε αντίθεση με αυτά των μαρτύρων, εκφράζουν τα μόρια B7, που συμμετέχουν στην ενεργοποίηση των Τ-λεμφοκυττάρων (38).



Εικόνα 5: Σχηματική αναπαράσταση της παθογένειας του συνδρόμου Sjögren (αυτοάνοση επιθηλίτιδα).

Τὰ εὐρήματα αὐτά, παράλληλα μὲ τὴν παρατήρηση ὅτι οἱ ἱστοπαθολογικὲς βλάβες ὄλων τῶν προσβεβλημένων ὀργάνων (σιελογόνων καὶ δακρυϊκῶν ἀδένων, πνευμόνων, νεφρῶν, ἥπατος) τῶν ἀσθενῶν μὲ σύνδρομο Sjögren ἔχουν τὰ ἴδια χαρακτηριστικά, δηλαδή τὰ ἀνοσοκύτταρα στρέφονται κατὰ τῶν ἐπιθηλιακῶν κυττάρων τους, μὲ ὁδήγησε νὰ προτείνω γιὰ τὸ σύνδρομο Sjögren τὸν ὄρο «Αὐτοάνοση ἐπιθηλίτιδα» (41, 45, 46). Τὸ εὐρημα αὐτὸ ἄλλαξε τὸν προσανατολισμὸ τῶν ἐρευνητῶν τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων, ἀπὸ τὴ μελέτη τῶν ἀνοσοκυττάρων καὶ τῶν προϊόντων τους στὴν ἱστική βλάβη, στὸ κύτταρο ποὺ προσελκύει καὶ ἐνεργοποιεῖ τὰ ἀνοσοκύτταρα, γιὰ παράδειγμα στὸ ὑμενοκύτταρο στὴ ρευματοειδῆ ἀρθρίτιδα.

### Θεραπευτικὴ ἀντιμετώπιση τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων

Ἐνδελεχεῖς μελέτες τῆς ἀνοσοϊστοπαθολογικῆς βλάβης τῶν ἀρθρίτιδων στὶς δεκαετίες τοῦ 1980-1990 ἀνέδειξαν τὰ σημαντικὰ ἐκκρινόμενα, ἐπιφανειακὰ ἢ/καὶ ἐνδοκυττάρια μόρια ποὺ πυροδοτοῦν καὶ διακωδικοῦν τὴ φλεγμονή. Ἀναστολὴ τῶν μορίων αὐτῶν σὲ πειραματικὰ πρότυπα ὁδήγησε σὲ ἀντιμετώπιση τῆς φλεγμονώδους διεργασίας καὶ θεραπευτικὴ ἀντιμετώπιση τῆς νόσου. Ἔτσι σήμερα ὁ κλινικὸς γιατρὸς ἔχει μιὰ πλειάδα βιοτεχνολογικὰ παραγόμενων μορίων ποὺ ἀναστέλλουν τὴν πρόοδο καὶ βελτιώνουν τὴ βλάβη ἀσθενῶν μὲ φλεγμονώδεις ἀρθρίτιδες (47). Δέον νὰ σημειωθεῖ ὅτι ἀπὸ τὸ τέλος τῆς δεκαετίας τοῦ 1970, μετὰ ἀπὸ ἐπαναλαμβανόμενες γονιμοποιήσεις μεταξὺ τῶν αὐτοανόσων ποντικῶν NZB καὶ τῶν ποντικῶν CBA/N (ποντικῶν τῶν ὁποίων τὰ Β-λεμφοκύτταρα δυσλειτουργοῦν), δημιουργήθηκαν ὑβρίδια ποντικῶν στὰ ὁποῖα ἡ λειτουργία τῶν Β-λεμφοκυττάρων (παραγωγή ἀνοσοσφαιρινῶν) ἦταν κατασταλαμένη. Εἶχε ἀναδειχθεῖ δηλαδή ὅτι ἡ καταστολὴ τῶν ἐνεργοποιημένων Β-λεμφοκυττάρων στὰ πειραματικὰ πρότυπα αὐτοανοσίας (ποντίκια NZB) ὁδηγεῖ στὴν ἀναστολὴ ἀνάπτυξης τῆς αὐτοάνοσης νόσου (48). Ἡ παρατήρηση αὐτή, καθὼς καὶ ἡ ἀποτελεσματικότητά τῆς ἐξάλειψης τῶν Β-λεμφοκυττάρων στὰ λεμφώματα, ἀποτέλεσαν τὴ βάση γιὰ τὴν ἐφαρμογὴ τῆς θεραπευτικῆς χρήσης αὐτῆς σὲ ἀσθενεῖς μὲ αὐτοάνοσα νοσήματα.

Οἱ θεραπευτικὲς αὐτὲς παρεμβάσεις ἐφαρμόζονται εὐρέως στὴν κλινικὴ πράξι γιὰ νὰ ἀντιμετωπιστοῦν ἡ ρευματοειδῆς ἀρθρίτιδα, οἱ ὀροαρθρικές σπονδυλοαρθρίτιδες, ἡ ψωριασικὴ νόσος, ὁ συστηματικὸς ἐρυθματώδης λύκος, τὸ σύνδρομο Sjögren καὶ οἱ ἀγγειίτιδες.

## Συμπερασματικά

Η υπερτεσσαρακονταετής μελέτη ζωικών προτύπων και ανθρώπων μάς δίδαξε ότι:

- Το ανοσολογικό σύστημα στά αυτοάνοσα νοσήματα υπερλειτουργεί και δέν δυσλειτουργεί.
- Έναρκτης τής ανοσοπαθολογικής βλάβης είναι τὸ κύτταρο τοῦ ὀργάνου ἔναντι τοῦ ὁποίου στρέφεται τὸ ανοσολογικὸ σύστημα.
- Ἐνδελεχῆς μελέτη τῶν ανοσοκυττάρων και τῶν προϊόντων τους (κυτταροκίνες, χημειοκίνες), καθὼς και τῆς ἐπικοινωνίας μεταξὺ τους, ὑπέδειξαν στόχους κατὰ τῶν ὁποίων παρήχθησαν βιοτεχνολογικά θεραπευτικά μόρια.

## Ἀπόδοση τιμῆς

Τὸ κλινικοερευνητικὸ ἔργο ποὺ ἐπιτελέσαμε δέν θὰ ἦταν δυνατὸν νὰ γίνει χωρὶς συνεργάτες. Θέλω νὰ ἐξάρω τὴν προσφορά τους. Ἐγινε μὲ τὴν ἀνιδιοτελή, ἀγόγγυστη, ἄοκνη ἐργασία τῶν γραμματέων, τῶν νοσηλευτῶν, τῶν τεχνικῶν, τῶν ἰατρῶν και τῶν ἐπιστημόνων τῆς κλινικῆς και τοῦ ἐργαστηρίου και στὶς δύο ἰατρικὲς σχολὲς ποὺ ὑπηρέτησα.

Τοὺς συντελεστὲς τοῦ κλινικοερευνητικοῦ ἔργου παρουσιάζω στὸν Πίνακα 3. Οἱ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς συνεργάτες μου ξεκίνησαν τὴν ἐρευνητικὴ ἐργασία ἀπὸ τὰ πρῶτα φοιτητικὰ τους χρόνια ἢ μετὰ τὸ πτυχίο. Ἡ ἀφοσίωσή τους στὴν ἐρευνητικὴ διαδικασία δέν ἀποσπάστηκε οὔτε στιγμή ἀπὸ τίς πάμπολλες δυσκολίες ποὺ ἀντιμετωπίσαμε. Ἀντίθετα, οἱ δυσκολίες αὐτὲς τοὺς ἐνδυνάμωσαν γιὰ περισσότερη δουλειὰ και παραγωγὴ πρωτοπόρου γνώσης.

Σήμερα οἱ συνεργάτες μου κοσμοῦν μὲ τὴν παρουσία τους ἰατρικὲς σχολὲς και ἐρευνητικὰ ἰνστιτούτα τῆς χώρας και τοῦ ἐξωτερικοῦ, νοσοκομεῖα τοῦ Ἐθνικοῦ Συστήματος Ὑγείας, καθὼς και τοῦ ἰδιωτικοῦ τομέα. Θέλω νὰ τοὺς εὐχαριστήσω ὅλους ἀπὸ τὰ βάθη τῆς καρδιάς μου και νὰ τοὺς εὐχηθῶ, ἀπὸ τὴ θέση αὐτή, νὰ ἔχουν ὑγεία και νὰ συνεχίσουν τὴν προσφορά τους σὲ ὁποιοδήποτε κλάδο ὑπηρετοῦν. Εὐχομαι οἱ ἐρευνητὲς συνεργάτες μου νὰ μεταλαμπαδεύσουν τὸ πάθος, τὴν ἀγάπη και τὴν ἀφοσίωση γιὰ τὴν ἐρευνα στοὺς νεότερους συναδέλφους.

Ἐπιτρέψτε μου τώρα νὰ ἀναφερθῶ σὲ δύο δικὰ μου ἄτομα: τὴ Φωτεινὴ Νικολάου Σκοπούλη, τῆς ὁποίας τὸ ἦθος και ἡ ἀξιοπρέπεια τῆς ἐπέβαλαν,

ὅταν ἡ σχέση μας ἔγινε συγγενική, νὰ παραιτηθεῖ ἀπὸ τὴν ἀνώτατη ἀκαδημαϊκή θέση πού κατεῖχε στὴν κλινική καὶ τὸ ἐρευνητικό μας ἐργαστήριο καὶ νὰ ἀκολουθήσει τὸν δικό της ἀκαδημαϊκὸ δρόμο· καὶ τὴν κόρη μου, Νίκη-Μαρία Μουτσοπούλου, πού ἄνοιξε τὸν δικό της ἐρευνητικὸ δρόμο στοὺς βασικοὺς μηχανισμοὺς γένεσης τῶν ἀνοσολογικῶν νοσημάτων τοῦ στόματος· τῆς εὐχομαι μεγαλύτερες ἐπιστημονικὲς καὶ προσωπικὲς ἐπιτυχίες.

R. F. Abu-Helu, PhD	Σ. Κατσιουγιάννης, PhD	Κ. Πέτροβας, PhD
B. Βασιλείου, MD	Γκ. Κατσιφής, MD	Σ. Πλαστήρας, MD
Π. Γ. Βλαχογιαννόπουλος, MD	Ε. Κ. Καψογεώργου, PhD	Ι. Ρούτσινας, MD
M. Βουλγαρέλης, MD	Στ. Κοκὸρη, MD	Κ. Σακαρέλλος, PhD
X. Γεωργοπούλου, MD	N. Κυριακίδης, PhD	Φ. Ν. Σκοπούλη, MD
E. Γιαννάκη, PhD	Στ. Κωνσταντόπουλος, MD	M. Σπαχίδου, PhD
Στ. Γιαννούλη, MD	Δ. Λιάκος, PhD	E. Στέα, PhD
A. Gharavi, MD	Γ. Λιναρδάκη, MD	N. Ταπεινός, MD
X. Γολεμάτη, PhD	Σ. Λιονάκη, MD	M. Τεκτονίδου, MD
A. Γουλές, MD	M. N. Μανουσάκης, MD	A. Τερζόγλου, PhD
B. Γουρζή, MD	Κ. Π. Μαυραγάνη, MD	B. Τζαβάρα, MD
I. Cinoku, MD	A. Μαυρίδης, MD	E. Τζάκος, PhD
O. Δαφνή, PhD	Δ. Μήτσιας, MD	Γ. Τζελέπης, MD
I. Δ. Δημητρίου, PhD	Κ. Μποκί, MD	A. Γ. Τζιούφας, MD
I. Dahabreh, MD	Ι. Μπολέτης, MD	A. Τριανταφυλλοπούλου, MD
A. Δρόσος, MD	Δ. Μπούμπα, PhD	E. Τσιάνος, MD
Ι. Ίωαννίδης, MD	E. Μπουραζοπούλου, PhD	A. Τσιρογιάννη, MD
E. Johnson, PhD	A. Νέζος, PhD	Σ. Φραγκιουδάκη, MD
E. Ζαμπέλη, MD	Γ. Ξάνθου, PhD	Γ. Φραγκούλης, MD
Λ. Ζέρβα, MD	Σ. Πάικος, DDS	Γρ. Χατζής, MD
H. Ζινζαράς, PhD	A. Παπαγεωργίου, MD	M. I. Χριστοδούλου, PhD
Π. Καπιτσίνου, MD	Σπ. Παπίρης, MD	
Δ. Καραϊσκος, MD	Π. Παυλάκης, MD	
Π. Κατσίκης, MD	N. Παυλίδης, MD	
	Δ. Πικάζης, MD	

Πίνακας 3: Συντελεστές τοῦ κλινικοεργαστηριακοῦ ἐρευνητικοῦ ἔργου στὴν Ἑλλάδα.



## Άναφορές

1. ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ, Χ. Μ., *Αυτοάνοσα νοσήματα. Βασικές γνώσεις, εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης*, 2017.
2. EHRLICH, P. – MORGENROCH, J., Ueber Hämolysine, *Berl klin Wochenschr*, 38, 1901, σ. 251-257.
3. DONATH, J. – LANDSTEINER, K., Ueber paroxysmale Hämoglobinurie, *Munch Med Wochenschr*, 51, 1904, σ. 1590-1593.
4. CHANG, C., Autoimmunity: From black water fever to regulatory function, *J Autoimmun*, 48-49, 2014, σ. 1-9 (Editorial).
5. WAALER, E., On the occurrence of a factor in human serum activating the specific agglutination of sheep blood corpuscles, *Acta Path Microbiol Scandinav*, 17, 1940, σ. 172-188.
6. ROSE, H. M. – RAGAN, CH. – PEARCE, E. – LIPMAN, M., Differential agglutination of normal and sensitized sheep erythrocytes by sera of patients with rheumatoid arthritis, *Proc Soc Exp Biol Med*, 68, 1948, σ. 1-6.
7. HARGRAVES, M. M. – RICHMOND, H. – MORTON, R., Presentation of two bone marrow elements: the «tart» cell and the LE cell, *Proc Staff Meet Mayo Clin*, 23, 1948, σ. 25-28.
8. MACKAY, I. R., Travels and travails of autoimmunity: a historical journey from discovery to rediscovery, *Autoimmun Rev*, 9, 2010, σ. A251-A258.
9. AVRAMEAS, S., Coupling of enzymes to proteins with glutaraldehyde. Use of the conjugates for the detection of antigens and antibodies, *Immunochemistry*, 6, 1969, σ. 43-52.
10. GUILBERT, B. – DIGHIERO, G. – AVRAMEAS, S., Naturally occurring antibodies against nine common antigens in human sera. I. Detection, isolation and characterization, *J Immunol*, 128, 1982, σ. 2779-2787.
11. AVRAMEAS, S., Natural autoantibodies: from ‘horror autotoxicus’ to ‘gnothi seauton’, *Immunol Today*, 12, 1991, σ. 154-159.
12. MOUTSOPOULOS, H. M. – BOEHM-TRUITT, M. – KASSAN, S. S. – CHUSED, T. M., Demonstration of activation of B-lymphocytes in New Zealand black mice at birth by an immunoradiometric assay for murine IgM, *J Immunol*, 119, 1977, σ. 1639-1644.
13. KARSH, J. – PAVLIDIS, N. – SCHIFFMAN, G. – MOUTSOPOULOS, H. M., Immunization of patients with Sjögren’s Syndrome with pneumococcal polysaccharide vaccine. A randomized trial, *Arthritis Rheum*, 23, 1980, σ. 1294-1298.
14. GRATWOHL, A. A. – MOUTSOPOULOS, H. M. – CHUSED, TH. M. – AKIZUKI, M. – WOLF, R. O. – SWEET, J. B. – DEISSEROTH, A. B., Sjögren-type Syndrome after allogeneic bone-marrow transplantation, *Ann Intern Med*, 87, 1977, σ. 703-706.



15. LAWLEY, T. J. – PECK, G. L. – MOUTSOPOULOS, H. M. – GRATWOHL, A. A. – DEISSEROTH, A. B., Scleroderma, Sjögren-like syndrome, and chronic graft-versus-host disease, *Ann Intern Med*, 87, 1977, σ. 707-709.
16. FYE, K. H. – TERASAKI, P. I. – MOUTSOPOULOS, H. M. – DANIELS, T. E. – MICHALSKI, J. P. – TALAL, N., Association of Sjögren's syndrome with HLA-B8, *Arthritis Rheum*, 19, 1976, σ. 883-886.
17. CHUSED, TH. M. – KASSAN, S. S. – OPETZ, G. – MOUTSOPOULOS, H. M. – TERASAKI, P. I., Sjögren's Syndrome associated with HLA-DW3, *N Engl J Med*, 296, 1977, σ. 895-897.
18. MOUTSOPOULOS, H. M. – CHUSED, TH. M. – JOHNSON, A. H. – KNUDSEN, B. – MANN, D. L., B-Lymphocyte antigens in Sicca syndrome, *Science*, 199, 1978, σ. 1441-1442.
19. MOUTSOPOULOS, H. M. – MANN, D. L. – JOHNSON, A. H. – CHUSED, TH. M., Genetic differences between primary and secondary Sicca syndrome, *N Engl J Med*, 301, 1979, σ. 761-763.
20. AHMED, S. A. – TALAL, N., Sex hormones and the immune system, *Baillieres Clin Rheumatol*, 4, 1990, σ. 13-31.
21. KARAIKOS, D. – MAVRAGANI, C. P. – MAKARONI, S. – ZINTZARAS, E. – VOULGARELIS, M. – RABAVILAS, A. – MOUTSOPOULOS, H. M., Stress, coping strategies and social support in patients with primary Sjögren's syndrome prior to disease onset: a retrospective case-control study, *Ann Rheum Dis*, 68, 2009, σ. 40-46.
22. KARAIKOS, D. – MAVRAGANI, C. P. – SINNO, M. H. – DÉCHELOTTE, P. – ZINTZARAS, E. – SKOPOULI, F. N. – FETISSOV, S. O. – MOUTSOPOULOS, H. M., Psychopathological and personality features in primary Sjögren's syndrome-associations with autoantibodies to neuropeptides, *Rheumatology*, 49, Oxford, 2010, σ. 1762-1769.
23. MAVRAGANI, C. P. – MOUTSOPOULOS, H. M., Sjögren's Syndrome, *CMAJ*, 186, 2014, σ. E579-E586.
24. SKOPOULI, F. N. – DAFNI, U. – IOANNIDIS, J. P. A. – MOUTSOPOULOS, H. M., Clinical evolution and morbidity and mortality of primary Sjögren's syndrome, *Semin Arthritis Rheum*, 29, 2000, σ. 296-304.
25. VOULGARELIS, M. – MOUTSOPOULOS, H. M., Mucosa-associated lymphoid tissue lymphoma in Sjögren's syndrome: risks, management and prognosis, *Rheum Dis Clin North Am*, 34, 2008, σ. 921-933.
26. FRAGKIOUDAKI, S. – MAVRAGANI, C. P. – MOUTSOPOULOS, H. M., Predicting the risk for lymphoma development in Sjögren's syndrome: an easy to use clinical tool, *Medicine*, 95, 2016, σ. e3766.
27. MOUTSOPOULOS, H. M. – WEBBER, B. L. – VLAGOPOULOS, T. P. – CHUSED, T. M. – DECKER, J. L., Differences in the clinical manifestations of Sicca syndrome

- in the presence and absence of rheumatoid arthritis, *Am J Med*, 66, 1979, σ. 733-736.
28. MANOUSSAKIS, M. N. – GEORGOPOULOU, CH. – ZINTZARAS, E. – SPYROPOULOU, M. – STAVROPOULOU, AI. – SKOPOULI, F. N. – MOUTSOPOULOS, H. M., Sjögren's syndrome associated with systemic lupus erythematosus, *Arthritis Rheum*, 50, 2004, σ. 882-891.
  29. ROUTSIAS, J. G. – TZIOUFAS, A. G. – MOUTSOPOULOS, H. M., The clinical value of intracellular autoantigens B-cell epitopes in systemic rheumatic diseases, *Clin Chim Acta*, 340, 2004, σ. 1-25.
  30. DALAVANGA, Y. A. – DETRICK, B. – HOOKS, J. J. – DROSOS, A. A. – MOUTSOPOULOS, H. M., Effect of cyclosporinA (CyA) on the immunopathological lesion of the labial minor salivary glands from patients with Sjögren's syndrome, *Ann Rheum Dis*, 46, 1987, σ. 89-92.
  31. MANOUSSAKIS, M. N. – BOIU, S. – KORKOLOPOULOU, P. – KAPSOGEOURGOU, E. K. – KAVANTZAS, N. – ZIAKAS, P. – PATSOURIS, E. – MOUTSOPOULOS, H. M., Rates of infiltration by macrophages and dendritic cells and expression of interleukin-18 and interleukin-12 in the chronic inflammatory lesions of Sjögren's syndrome: correlation with certain features of immune hyperactivity and factors associated with high risk of lymphoma development, *Arthritis Rheum*, 56, 2007, σ. 3977-3988.
  32. CHRISTODOULOU, M. I. – KAPSOGEOURGOU, E. K. – MOUTSOPOULOS, M. N. – MOUTSOPOULOS, H. M., Foxp3+ T-regulatory cells in Sjögren's syndrome: correlation with the grade of the autoimmune lesion and certain adverse prognostic factors, *Am J Pathol*, 173, 2008, σ. 1389-1396.
  33. CHRISTODOULOU, M. I. – KAPSOGEOURGOU, E. K. – MOUTSOPOULOS, H. M., Characteristics of the minor salivary gland infiltrates in Sjögren's syndrome, *J Autoimmun*, 34, 2010, σ. 400-407.
  34. SKOPOULI, F. N. – KOUSVELARI, E. E. – MERTZ, P. – JAFFE, E. S. – FOX, P. C. – MOUTSOPOULOS, H. M., c-myc mRNA expression in minor salivary glands of patients with Sjögren's syndrome, *J Rheumatol*, 19, 1992, σ. 693-699.
  35. BOUMBA, D. – SKOPOULI, F. N. – MOUTSOPOULOS, H. M., Cytokine mRNA expression in the labial salivary gland tissues from patients with primary Sjögren's syndrome, *Brit J Rheumatol*, 34, 1995, σ. 326-333.
  36. POLIHRONIS, M. – TAPINOS, N. I. – THEOCHARIS, S. E. – ECONOMOU, A. – KITAS, C. – MOUTSOPOULOS, H. M., Modes of epithelial cell death and repair in Sjögren's syndrome (SS), *Clin Exp Immunol*, 114, 1998, σ. 485-490.
  37. XANTHOU, G. – POLIHRONIS, M. – TZIOUFAS, A. G. – PAIKOS, S. – SIDERAS, P. – MOUTSOPOULOS, H. M., "Lymphoid" chemokine messenger RNA expression by epithelial cells in the chronic inflammatory lesion of the salivary glands of

- Sjögren's syndrome patients: possible participation in lymphoid structure formation, *Arthritis Rheum.*, 44, 2001, σ. 408-418.
38. KAPSOGEOURGOU, E. K. – MOUTSOPOULOS, H. M. – MANOUSSAKIS, M. N., Functional expression of a costimulatory B7.2 (CD86) protein on human salivary gland epithelial cells that interacts with the CD28 receptor, but has reduced binding to CTLA4, *J Immunol*, 166, 2001, σ. 3107-3113.
39. KAPSOGEOURGOU, E. K. – ABU-HELU, R. F. – MOUTSOPOULOS, H. M. – MANOUSSAKIS, M. N., Salivary gland epithelial cell exosomes: a source of autoantigenic ribonucleoproteins, *Arthritis Rheum*, 52, 2005, σ. 1517-1521.
40. TZIOUFAS, A. G. – KAPSOGEOURGOU, E. K. – MOUTSOPOULOS, H. M., Pathogenesis of Sjögren's syndrome: what we know and what we should learn, *J Autoimmun*, 39, 2012, σ. 4-8.
41. DIMITRIOU, I. D. – KAPSOGEOURGOU, E. K. – ABU-HELU, R. F. – MOUTSOPOULOS, H. M. – MANOUSSAKIS, M. N., Establishment of a convenient system for the long-term culture and study of non-neoplastic human salivary gland epithelial cells, *Eur J Oral Sci*, 110, 2002, σ. 21-30.
42. HOOKS, J. J. – MOUTSOPOULOS, H. M. – GEIS, S. A. – STAHL, N. I. – DECKER, J. L. – NOTKINS, A. L., Immune interferon in the circulation of patients with autoimmune disease, *N Engl J Med*, 301, 1979, σ. 5-8.
43. HOOKS, J. J. – JORDAN, G. W. – CUPPS, T. H. – MOUTSOPOULOS, H. M. – FAUCI A. S. – NOTKINS A. L., Multiple interferons in the circulation of patients with systemic lupus erythematosus and vasculitis, *Arthritis Rheum*, 25, 1982, σ. 396-400.
44. TRIANTAFYLLOPOULOU, A. – TAPINOS, N. – MOUTSOPOULOS, H. M., Evidence for coxsackievirus infection in primary Sjögren's syndrome, *Arthritis Rheum*, 50, 2004, σ. 2897-2902.
45. MOUTSOPOULOS, H. M., Sjögren's syndrome: autoimmune epithelitis, *Clin Immunol Immunopathol*, 72, 1994, σ. 162-165.
46. MOUTSOPOULOS, H. M., Sjögren's syndrome: a forty-year scientific journey, *J Autoimmun*, 51, 2014, σ. 1-9.
47. ZAMPELLI, E. – VLACHOYIANNPOULOS, P. G. – TZIOUFAS, A. G., Treatment of rheumatoid arthritis: unraveling the conundrum, *J Autoimmun*, 65, 2015, σ. 1-18.
48. TAUROG, J. D. – MOUTSOPOULOS, H. M. – ROSENBERG, Y. J. – CHUSED, T. M. – STEINBERG, A. D., CBA/N x-linked B-cell defect prevents NZB B-cell hyperactivity in F1 mice, *J Exp Med*, 150, 1979, σ. 31-43.
-

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

---

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017

---

## Η ΠΕΡΙΦΗΜΗ ΕΙΚΑΣΙΑ RIEMANN

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ  
κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΦΩΚΑ

Ἡ σημερινή ἀνακοίνωση ἀποτελεῖ ἐκπλήρωση ὑπόσχεσης στὸν κορυφαῖο Ἑλληνα διανοούμενο ἀκαδημαϊκὸ κ. Νικόλαο Κονομή, καθὼς ἐπίσης καὶ στὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Απόστολο Γεωργιάδη, ὅταν ἐπὶ προεδρίας του ἀνέφερα ὅτι, ἐὰν κατορθώσω νὰ λύσω ἓνα ἱστορικὸ πρόβλημα σχετιζόμενο μὲ τὴν ὑπόθεση Riemann, τότε θὰ τὸ ἀνακοινώσω πρῶτα στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν καὶ μετὰ στὸ Cambridge. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο ἐκφράζω τὸν σεβασμὸ μου στὸ ἀνώτατο πνευματικὸ ἴδρυμα τῆς χώρας μας.

Πρὶν ἀπὸ 10 χρόνια πραγματοποιήθηκε στὸ σπίτι μας στὸ Cambridge μία συνέντευξη-διάλογος μὲ τὸν Φώτη Καφάτο, ἡ ὁποία δημοσιεύθηκε στὸ περιοδικὸ *K* τῆς *Καθημερινῆς* μὲ τίτλο «Ἡ ἀλήθεια τῶν μαθηματικῶν καὶ τὸ πεπρωμένο τοῦ γονιδιώματος». Τότε ἀποφασίσαμε μὲ τὸν Φώτη νὰ συγγράψουμε ἓνα βιβλίο, μία ἀπόφαση ποὺ δυστυχῶς δὲν θὰ ὑλοποιηθεῖ ποτέ. Αὐτὴ ἡ ἀνακοίνωση ἀφιερώνεται στὴ μνήμη τοῦ Φωτίου Καφάτου, τοῦ μεγάλου αὐτοῦ ἐπιστήμονα.

Δὲν ὑπάρχει ἀμφιβολία ὅτι ἡ ὑπόθεση Riemann ἀποτελεῖ τὸ πιὸ σημαντικὸ ἀνοικτὸ πρόβλημα στὴν ἱστορία τῶν μαθηματικῶν. Τὸ 1900, ὅταν ὁ David Hilbert ἀνακοίνωσε τὰ πιὸ σημαντικὰ ἀνοικτὰ τότε προβλήματα τῶν μαθηματικῶν, πολλὰ ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἔχουν ἤδη λυθεῖ, κάποιος δημοσιογράφος τοῦ ὑπέβαλε τὴν ἀκόλουθη ἐρώτηση: «Ὡς ἀποτέλεσμα τῶν ἐκπληκτικῶν ἐξελίξεων στὴν ἰατρική, ἴσως καταστεῖ δυνατὸν νὰ ἐπανέρχεται μετὰ θάνατον ὁ ἄνθρωπος στὴ ζωὴ. Ἐὰν ἐσεῖς ἐπανέλθετε μετὰ ἀπὸ

100 χρόνια, ποιά θα είναι ή πρώτη σας ερώτηση;» 'Ο Hilbert χωρίς κανέναν δισταγμό απήντησε: «Έχει λυθεί ή υπόθεση Riemann;»

Η υπόθεση Riemann αφορά την Euler – Riemann ζήτα συνάρτηση. Για τους μη επαίοντες, μία μαθηματική συνάρτηση δέν είναι τίποτε άλλο παρὰ ένας κανόνας ό όποϊος έπιτρέπει τόν ύπολογισμό κάποιας μαθηματικής όντότητος. Στην περίπτωση τής συναρτήσεως ζήτα, αυτός ό κανόνας λαμβάνει τή μορφή

$$\zeta(\sigma) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^{\sigma}}, \quad \sigma > 1.$$

Δεδομένου του  $\sigma$ , ό άνωτέρω κανόνας ύπολογίζει τή συνάρτηση  $\zeta(\sigma)$ . Για παράδειγμα, άν  $\sigma=2$ , τότε

$$\zeta(2) = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \dots$$

Βεβαίως, δέν είναι καθόλου προφανές ότι τό άθροισμα άπείρων άριθμών είναι πεπερασμένο. Είναι όμως εύκολο νά άποδειχθεί ότι άν τό  $\sigma$  είναι μεγαλύτερο τής μονάδος, τότε όντως ό  $\zeta(\sigma)$  είναι ένας πεπερασμένος άριθμός.

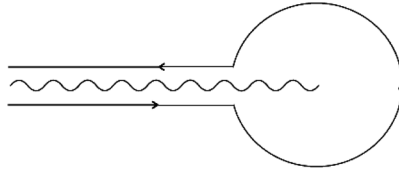
Είναι γνωστό ότι τά μαθηματικά άποτελοϋν τήν άποθέωση τής έννοιας τής γενικεύσεως. Η συνάρτηση ζήτα γενικεύεται ως άκολούθως: Πρῶτον, είναι δυνατόν νά άντικατασταθεί ό πραγματικός άριθμός  $\sigma$  άπό τόν μιγαδικό άριθμό  $s$ :

$$\zeta(s) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^s}, \quad s = \sigma + it, \quad \sigma > 1,$$

όπου  $t$  είναι ένας πραγματικός άριθμός. Η δεύτερη γενίκευση είναι πιό δύσκολη και έπετεύχθη άπό τόν ίδιο τόν Riemann: άν χρησιμοποιηθεί ή τεχνική τής αναλυτικής συνέχειας, είναι δυνατόν νά όρισθεί ή συνάρτηση ζήτα για όλα τά  $\sigma$ ,

$$\zeta(s) = \frac{\Gamma(1-s)}{2i\pi} \int_H \frac{z^{s-1}}{e^{-z} - 1} dz, \quad s \in \mathbb{C},$$

όπου τώρα  $s$  είναι ένας όποιοσδήποτε μιγαδικός άριθμός, τó  $\Gamma$  συμβολίζει τή συνάρτηση γάμα και τó  $H$  συμβολίζει τήν καμπύλη του Hankel, ή όποία άπεικονίζεται στην Εικόνα 1.

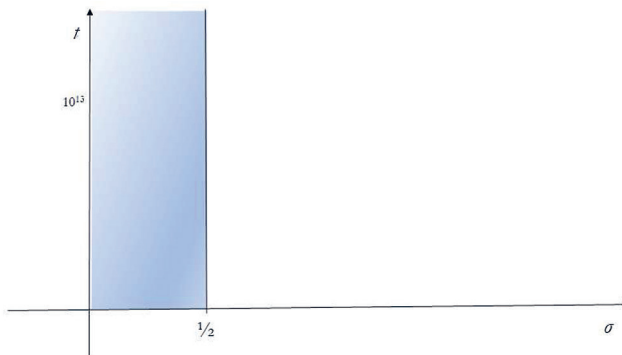


Εικόνα 1: Η καμπύλη Hankel.

Ανοίγοντας μιὰ παρένθεση, αναφέρω ὅτι ἡ ἀνωτέρω γενίκευση δεικνύει ὅτι τὸ πέρασμα ἀπὸ τοὺς πραγματικοὺς ἀριθμοὺς στὸ μιγαδικὸ ἐπίπεδο ἐπιτρέπει τὸν ὀρισμὸ τῆς συναρτήσεως ζήτα γιὰ ὅλα τὰ  $s$ . Ἡ μέθοδος ποὺ ἔχω εἰσαγάγει γιὰ τὴ λύση διαφοροετικῶν ἐξισώσεων (ἡ ἐπονομαζόμενη μέθοδος Φωκᾶ) ἀποτελεῖ ἕνα ἄλλο παράδειγμα τῆς ἐξαιρετικῆς χρησιμότητος τοῦ μιγαδικοῦ ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖο παρεμπιπτόντως ἀποτελεῖ τὴ μεγάλη ἀγάπη τῆς μαθηματικῆς ζωῆς μου.

Μετὰ τὸν ὀρισμὸ τῆς συναρτήσεως ζήτα εἶναι εὐκόλο νὰ ὀρίσουμε τὴν ὑπόθεση Riemann. Ἀξίζει νὰ ἀναφερθεῖ ὅτι τόσο στὰ μαθηματικὰ ὅσο καὶ στὶς καλὲς τέχνες ὑπάρχει μιὰ ὑπέροχη σχέση ἀπλότητος καὶ πολυπλοκότητος.

Σὲ αὐτὸ τὸ πλαίσιο εἶναι εὐκόλο νὰ κατανοηθεῖ ἡ ἀπλότητα τῆς ὑπόθεσης Riemann: Ἡ συνάρτηση Riemann μηδενίζεται ἐντὸς τῆς λωρίδας  $\{0 < \sigma \leq \frac{1}{2}, 0 < t < \infty\}$  μόνο γιὰ  $\sigma = \frac{1}{2}$ .



Εικόνα 2.

Ὁ μεγάλος μαθηματικὸς τοῦ Cambridge Hardy ἀπέδειξε ὅτι ὄντως ἡ ζήτα συνάρτηση ἔχει ἄπειρα μηδενικὰ στὴν εὐθεία γραμμὴ  $\sigma = \frac{1}{2}$ . Κανεὶς ὅμως δὲν ἔχει ἀποδείξει ὅτι δὲν ὑπάρχουν μηδενικὰ γιὰ  $0 < \sigma < \frac{1}{2}$ .

Ποιά είναι η χρησιμότητα τῆς απόδειξης τῆς ἀνωτέρω ὑποθέσεως; Ἡ συνάρτηση ζῆτα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σέ πολλές περιοχές τῶν μαθηματικῶν καί τῆς φυσικῆς καί ἐπίσης εἶναι καθοριστικῆς σημασίας στήν ἀνάλυση τῶν πρώτων ἀριθμῶν. Ἐνδεικτικῶς ἀναφέρουμε τίς ἀκόλουθες παραπομπές (Marcus du Sautoy, *Ἡ μουσική τῶν πρώτων ἀριθμῶν*): «Ὁ Riemann ἀνακάλυψε μιὰ ἀπροσδόκητη ἀρμονία στοὺς πρώτους ἀριθμούς» καί «Ἡ ὑπόθεση Riemann προσφέρει τὴν ἐλπιδοφόρα προοπτικὴ νὰ χαρτογραφήσει τὰ θολὰ νερὰ τοῦ ἀπέραντου ὠκεανοῦ τῶν πρώτων ἀριθμῶν».

Ἐὰν ληφθεῖ ὑπ' ὄψιν ὁ καθοριστικὸς ρόλος τῶν πρώτων ἀριθμῶν ἀπὸ τὴν κρυπτογράφηση μέχρι τὴν ἀσφάλεια τῶν τραπεζικῶν συναλλαγῶν καί τοῦ ἠλεκτρονικοῦ ἐμπορίου, καθὼς ἐπίσης καί ἡ σημασία τῆς συναρτήσεως ζῆτα σέ πληθώρα κλάδων τῶν μαθηματικῶν ἀπὸ τὴ θεωρία τοῦ χάους καί τὴν πληροφορικὴ μέχρι τὴν κβαντομηχανικὴ, τότε γίνεται κατανοητὸ τὸ γεγονός ὅτι ἡ ὑπόθεση Riemann συνιστᾷ τὴν ὑψίστη πρόκληση γιὰ μεγάλους, σύγχρονους μαθηματικούς καί συχνὰ γίνεται ὄνειρο καί ἐπένδυση ὀλόκληρης ζωῆς. «Ἡ ὑπόθεση Riemann ἔγινε γιὰ πολλοὺς μαθηματικούς ἐμμονὴ ἢ ἀκόμη καί μονομανία» (John Derbyshire, *Ἦπόθεση Ρίμαν – Ἡ ἐμμονὴ μὲ τοὺς πρώτους ἀριθμούς*).

Μὲ τὴ χρῆση τῶν σημερινῶν ὑπολογιστῶν, εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπαληθευθεῖ ὅτι ἡ συνάρτηση ζῆτα πράγματι δὲν μηδενίζεται στὴ λωρίδα τῆς Εἰκόνας 2 γιὰ τιμὲς τοῦ  $t$  ποὺ φτάνουν περίπου μέχρι 10 εἰς τὴν 13η. Οἱ τιμὲς αὐτές, παρ' ὅ,τι εἶναι ἐξαιρετικὰ ὑψηλές, ἐντούτοις εἶναι πολὺ χαμηλές συγκρινόμενες μὲ τὸ ἄπειρο. Ὅπως εἶναι φυσικὸ, οἱ κλασικοὶ μαθηματικοὶ κατανόησαν ὅτι ἡ θεμελιώδης δυσκολία τῆς ὑπόθεσης Riemann ἔγκειται στὸν ὑπολογισμό τῆς συμπεριφορᾶς τῆς συναρτήσεως ζῆτα γιὰ πολὺ ὑψηλές τιμὲς τῆς παραμέτρου  $t$ . Ἰδιαιτέρα ὁ Lindelöf πρότεινε ἕναν μαθηματικὸ τύπο γιὰ τὴν ἀνωτέρω συμπεριφορὰ ὁ ὁποῖος καθιερώθηκε ὡς ὑπόθεση τοῦ Lindelöf:

$$\zeta\left(\frac{1}{2} + it\right) = O(t^\varepsilon), \varepsilon > 0, t \rightarrow \infty.$$

Ἐδῶ πρέπει νὰ τονιστεῖ ὅτι ἡ ὑπόθεση Riemann συνεπάγεται τὴν ὑπόθεση Lindelöf, ἐνῶ ἡ ὑπόθεση Lindelöf περιορίζει δραματικὰ τὸν πιθανὸ ἀριθμὸ τῶν μηδενικῶν τῆς ζῆτα συναρτήσεως.

Τὸ 2010 δίδαξα στὸ Cambridge ἕνα μάθημα ποὺ συμπεριελάμβανε μιὰ σύντομη ἀναφορὰ στὴν ὑπόθεση Riemann. Ἐκεῖνη τὴν περίοδο ἤμουν πλήρως ἀφοσιωμένος στὴ μέθοδό μου (μέθοδος Φωκᾶ). Ἔτσι, προέκυψε ἡ

ιδέα να συνδέσω τη μέθοδό μου με την υπόθεση Riemann. Πράγματι, υφίσταται μια τέτοιου είδους σύνδεση και το σχετικό αποτέλεσμα δημοσιεύτηκε στο επιστημονικό περιοδικό των πεπραγμένων της Βασιλικής Ακαδημίας (A. S. FOKAS – M. L. GLASSER, *The Laplace equation in the exterior of the Hankel contour and novel identities for hypergeometric functions*, 2013). Έντούτοις, δέν κατέστη δυνατόν να χρησιμοποιηθεί αυτή η σχέση ώστε να σημειωθεί πρόοδος ως προς την υπόθεση Riemann. Με αυτόν τον τρόπο άρχισα να ασχολούμαι με τη συνάρτηση ζήτα. Επίσης, είναι ξεκάθαρο ότι η υπόθεση Lindelöf σχετίζεται με την επιστημονική περιοχή της ασυμπτωτικής ανάλυσης, ή οποία επί χρόνια αποτελεί βασικό πεδίο εξειδίκευσής μου. Ός εκ τούτου, έθεσα ως μαθηματικό μου στόχο την απόδειξη της υπόθεσης Lindelöf. Σχεδόν όλοι οι μαθηματικοί θεωρούν την υπόθεση Lindelöf ως ένα κατεξοχήν πρόβλημα των θεωρητικών μαθηματικών (παρ' ό,τι η ασυμπτωτική ανάλυση αποτελεί τμήμα των εφαρμοσμένων μαθηματικών). Έτσι, κράτησα τον φιλόδοξο στόχο μου κρυφό.

Ποιά είναι η δυσκολία της υπόθεσης Lindelöf; Εάν χρησιμοποιήσουμε τις καθιερωμένες ασυμπτωτικές τεχνικές της μιγαδικής ανάλυσης, τότε μπορούμε να βρούμε ένα τύπο για τον πρωτεύοντα όρο στο ανάπτυγμα που προκύπτει από την ανάλυση της συμπεριφοράς της συναρτήσεως ζήτα για μεγάλα  $t$ :

$$\zeta(s) \sim \sum_{m=1}^{\lfloor \frac{t}{2\pi} \rfloor} \frac{1}{m^s}, \quad t \rightarrow \infty.$$

Το άνωτέρω άθροισμα είναι όμως υπερβατικό. Πολλοί καταξιωμένοι μαθηματικοί, συμπεριλαμβανομένου και του Hardy, έχουν αναπτύξει εξειδικευμένες τεχνικές για να προσεγγίσουν αυτό το άθροισμα. Όμως στις προσεγγίσεις αυτές προκύπτουν ανισότητες και όχι ισότητες και, επομένως, οι προσεγγίσεις είναι πάντοτε λειψές (όσο πιο ισχυρή ή τεχνική, τόσο μικρότερο το σφάλμα). Κατά συνέπεια, είναι αδύνατον να αποδείξει κανείς την υπόθεση Lindelöf μέσω αυτής της διαδικασίας, ή οποία είναι τεχνικώς σύνθετη, αλλά λογικώς προφανής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όλοι οι άνωτέρας τάξεως όροι στο ανάπτυγμα που περιγράφει τη συμπεριφορά της συναρτήσεως ζήτα για μεγάλα  $t$  είναι δυνατόν να υπολογισθούν άκριβως. Αυτό το καταφέραμε με τον πρώην μεταδιδακτορικό μου συνεργάτη Jonatan Lenells σε μια έργασία έκτασης 120



σελίδων (A. S. FOKAS – J. LENELLS, On the Asymptotics to all Orders of the Riemann Zeta Function and of a Two-Parameter Generalization of the Riemann Zeta Function, υπό έκδοση στο: *Memoirs of the AMS*, 2017). Για παράδειγμα:

$$\begin{aligned} \zeta(s) &= \sum_{n=1}^{\left[\frac{\eta}{2\pi}\right]} n^{-s} - \frac{1}{1-s} \left(\frac{\eta}{2\pi}\right)^{1-s} + \frac{2i\eta^{-s}}{(2\pi)^{1-s}} \left\{ -i \arg(1 - e^{-i\eta}) \right. \\ &+ \left. \frac{t-i\sigma}{\eta} \Re Li_2(e^{i\eta}) \right\} + O\left(\frac{t^2}{\eta^{2+\sigma}}\right), \quad 2t < \eta < \infty, \quad 0 \leq \sigma \leq 1, \quad t \rightarrow \infty \\ \zeta(s) &= \sum_{n=1}^{\left[\frac{t}{2\pi}\right]} n^{-s} - \frac{1}{1-s} \left(\frac{t}{2\pi}\right)^{1-s} - \frac{2it^{-s}e^{it}}{(2\pi)^{1-s}} \left\{ -\frac{e^{-it}}{2t} [t+i(\sigma-1)] - i\Im Li_1(e^{it}) \right. \\ &+ \left. \frac{i\sigma}{t} \Re Li_2(e^{it}) - \frac{1}{t} \Im Li_3(e^{it}) \right\} + \frac{t^{-s}e^{it}}{(2\pi)^{1-s}} \left\{ \frac{1+i}{2} \sqrt{\pi} t - \frac{1}{3} i(3\sigma-2) \right. \\ &+ \left. \frac{i-1}{24\sqrt{t}} \sqrt{\pi}(6\sigma^2-6\sigma+1) + \frac{1}{135t}(45\sigma^3-45\sigma^2+4) \right. \\ &- \left. \frac{1+i}{576t^{\frac{2}{3}}} \sqrt{\pi}(36\sigma^4-24\sigma^3-24\sigma^2+12\sigma+1) \right\} + O(t^{-\sigma-2}), \quad 0 \leq \sigma \leq 1, \quad t \rightarrow \infty \end{aligned}$$

Σχετικά με την υπόθεση Lindelöf, ως θυμηθοῦμε τὰ λόγια τοῦ Bombieri (*Prime Territory*, 1992): «Όταν τὰ πράγματα δυσκολεύουν δραματικά, ἐνίοτε ὀφείλουμε νὰ ἀποστασιοποιηθοῦμε ἀπὸ τὸ πρόβλημα ποὺ μᾶς βασανίζει καὶ νὰ ἀναρωτηθοῦμε ἐὰν ἔχουμε θέσει τὴ σωστὴ ἐρώτηση». Πράγματι, ἡ δική μου ἰδέα ἦταν ἐντελῶς διαφορετικὴ: Προσπάθησα νὰ ἐνσωματώσω τὴ συνάρτηση ζῆτα σὲ μιὰ πιὸ σύνθετη μαθηματικὴ δομὴ καὶ νὰ ἀναλύσω ἀσυμπτωτικά τὴ νέα αὐτὴ δομὴ (παρακάμπτοντας μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο τὸ ἀναπόφευκτο σφάλμα τῶν προσεγγίσεων). Μετὰ ἀπὸ πολλὰς ἀνεπιτυχεῖς προσπάθειες καὶ μὲ τὴν κρίσιμη συμβολὴ τοῦ Jonathan Lenells καὶ τοῦ πρώην διδακτορικοῦ μου μαθητῆ Anthony Ashton, κατέστη τελικὰ δυνατὸν νὰ ἐνσωματωθεῖ ἡ συνάρτηση ζῆτα σὲ ἓνα πρόβλημα Riemann – Hilbert:

$$\frac{t}{\pi} \oint_{-\infty}^{\infty} \Re \left\{ \frac{\Gamma(it - i\tau t)}{\Gamma(\sigma + it)} \Gamma(\sigma + i\tau t) \right\} |\zeta(\sigma + i\tau t)|^2 d\tau + \mathcal{G}(\sigma, t) = 0,$$

$$0 < \sigma < 1, \quad t > 0,$$

$$\mathcal{G}(\sigma, t) = \begin{cases} \zeta(2\sigma) + \left( \frac{\Gamma(1-s)}{\Gamma(s)} + \frac{\Gamma(1-s)}{\Gamma(s)} \right) \Gamma(2\sigma-1)\zeta(2\sigma-1) + \frac{2(\sigma-1)\zeta(2\sigma-1)}{(\sigma-1)^2+t^2}, & \sigma \neq \frac{1}{2} \\ \Re\{\Psi(\frac{1}{2}+it)\} + 2\gamma - \ln 2\pi + \frac{2}{1+4t^2}, & \sigma = \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$\Psi(z) = \frac{d}{dz} \frac{\Gamma(z)}{\Gamma(z)}, \quad z \in \mathbb{C}.$$

Ἐπισημαίνω ὅτι σὲ πολὺ μεγάλο κομμάτι τῆς μαθηματικῆς μου ζωῆς ἐπωφελήθηκα ἀπὸ τὶς μεγάλες ἀνακαλύψεις τοῦ Riemann: (i) Σημαντικὲς συνεισφορὲς μου στὰ μαθηματικὰ στηρίχθηκαν στὸν φορμαλισμὸ Riemann – Hilbert. (ii) Τὰ τελευταῖα ὀκτὼ χρόνια ἀσχολοῦμαι μὲ τὴ συνάρτηση τοῦ Riemann. (iii) Ἐπίσης, προσφάτως, σὲ συνεργασία μὲ τὸν Luc Blanchet, τὸν πιὸ σημαντικὸ ἐρευνητὴ στὴν περιοχὴ τοῦ λεγόμενου προβλήματος τῶν δύο σωμάτων τῆς θεωρίας τῆς γενικῆς σχετικότητας, ὀρμώμενοι ἀπὸ τὶς πρωτοποριακὲς ιδέες τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Βαγενᾶ, λύσαμε ἓνα σημαντικὸ πρόβλημα τῆς γενικῆς σχετικότητας (καὶ βεβαίως ἡ γενικὴ σχετικότητα δὲν θὰ ὑπῆρχε χωρὶς τὴ γεωμετρία τοῦ Riemann).

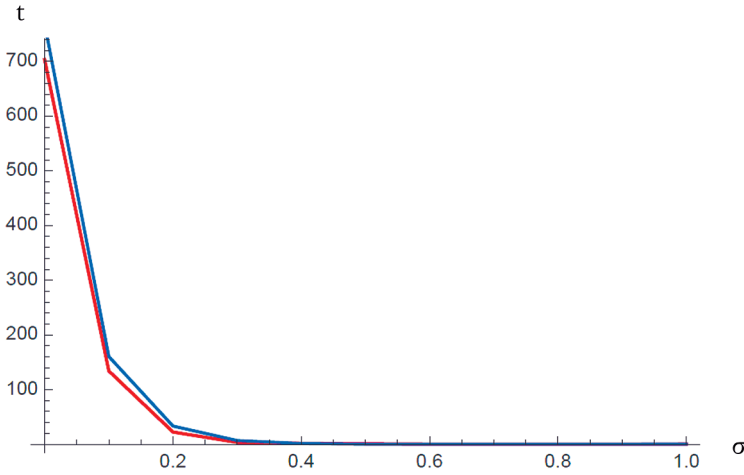
Ἡ ἀνάλυση τῆς ἀνωτέρω ἐξιῶσεως καταρχὰς ὀδηγεῖ στὴν ἀπόδειξη Lindelöf γιὰ τὴν ἀκόλουθη συνάρτηση, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ μικρὴ παραλλαγὴ τῆς συναρτήσεως ζῆτα:

$$\sum_{m_1, m_2 \in \mathbb{N}} \frac{1}{m_1^{s-it\delta_3}} \frac{1}{m_2^{\bar{s}+it\delta_3}} \frac{1}{\ln \left[ \frac{m_2}{m_1} (t^{1-\delta_3} - 1) \right]} = \begin{cases} O(t^{\delta_3} \ln t), & \sigma = \frac{1}{2}, \\ O\left(t^{\frac{\delta_3}{2}}\right), & \frac{1}{2} < \sigma < 1, \end{cases}$$

$t \rightarrow \infty,$

$$N = \left\{ m_1 \in \mathbb{N}^+, \quad m_2 \in \mathbb{N}^+, \quad 1 \leq m_1 \leq [T], \quad 1 \leq m_2 < [T], \right. \\ \left. \frac{m_2}{m_1} > \frac{1}{t^{1-\delta_3} - 1} \left( 1 + c(t) \right), \quad t^{-\frac{\delta_3}{2}} < c(t) < 1, \quad t > 0, \quad T = \frac{t}{2\pi} \right\}.$$

Ἡ ἀνωτέρω συνάρτηση εἶναι ὄντως κοντὰ στὴ συνάρτηση ζῆτα:



Εικόνα 3: Μπλέ:  $\ln(t)$  επί το τετράγωνο τῆς ἀπολύτου τιμῆς τῆς νέας συναρτήσεως, κόκκινο: τὸ τετράγωνο τῆς ἀπολύτου τιμῆς τῆς συναρτήσεως ζῆτα.

Χρησιμοποιώντας αὐτὸ τὸ ἀποτέλεσμα κατέστη τελικὰ δυνατὸν προσφάτως νὰ ἀποδειχθεῖ ἡ ὑπόθεση Lindelöf γιὰ τὴ συνάρτηση ζῆτα τοῦ Riemann καθεαυτῆν (A. S. FOKAS, *A formal proof of Lindelöf's hypothesis*, preprint, 2017).

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

---

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 5ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017

---

ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ  
κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΥΝΟΛΑΚΗ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ  
κ. ΛΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟ

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὑποδέχεται σήμερα μεῖ ιδιαίτερη τιμὴ τὸν κ. Κωνσταντῖνο Συνολάκη, καθηγητὴ (φυσικῶν καταστροφῶν) στὸ Πολυτεχνεῖο Κρήτης, τὸν ὁποῖο ἡ Ὀλομέλεια ἐξέλεξε κατὰ τὸ ἔτος 2016 ὡς τακτικὸ μέλος τῆς στὸν κλάδο τῶν Γεωλογικῶν Ἐπιστημῶν στὴν Τάξη τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Ὁ κ. Κωνσταντῖνος Συνολάκης γεννήθηκε στὴν Ἀθήνα τὸ 1956. Σπούδασε πολιτικὸς μηχανικὸς στὸ California Institute of Technology (Ἰνστιτοῦτο Τεχνολογίας τῆς Καλιφόρνιας), ἀπὸ ὅπου ἔλαβε καὶ τὸ διδακτορικὸ του δίπλωμα τὸ 1986. Ἐξελέγη καθηγητῆς στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Νότιας Καλιφόρνιας τὸ 1997 καὶ καθηγητῆς στὸ Πολυτεχνεῖο Κρήτης τὸ 2004, στὴν πρώτη πανεπιστημιακὴ ἔδρα πανελλαδικὰ με ἀντικείμενο τίς φυσικὲς καταστροφές.

Τὸ ἐπιστημονικὸ ἔργο τοῦ καθηγητῆ Συνολάκη περιλαμβάνει ἔρευνες στὴ σεισμολογία καὶ τὴν ὠκεανογραφία. Εἰδικότερα, οἱ ἔρευνές του ἀφοροῦν τίς ἐπιπτώσεις σεισμῶν, παλιρροϊκῶν κυμάτων (τῶν ὀνομαζόμενων τσουνάμι) καὶ ἀκραίων θαλασσίων πλημμυρῶν.

Ἡ συμβολὴ του στὴ μείωση τῶν κινδύνων ἀπὸ τσουνάμι συνδυάζει θεωρία, ἐργαστηριακὰ πειράματα, ὑπολογιστικὰ πρότυπα καὶ ἔρευνες πεδίου. Τὸ ὑπολογιστικὸ πρότυπο προσομοίωσης MOST, ποὺ ἀνέπτυξε με τοὺς φοιτητές του στὴν Ἀμερικὴ καὶ στὸ Πολυτεχνεῖο Κρήτης, χρησιμο-

ποιεῖται ἐπιχειρησιακὰ ἀπὸ τὴν Ἐθνικὴ Ὑπηρεσία Ὤκεανῶν καὶ Ἀτμόσφαιρας τῶν Ἡνωμένων Πολιτειῶν τῆς Ἀμερικῆς (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) γιὰ τὴν ἔγκαιρη πρόγνωση τῆς διάδοσης τῶν παλιρροϊκῶν κυμάτων στὸν Εἰρηνικό, τὸν Ἰνδικὸ καὶ τὸν Ἀτλαντικὸ Ὤκεανὸ καὶ τὴν Καραϊβική.

Ὁ καθηγητὴς Συνολάκης ἔχει ὀργανώσει ἢ συμμετάσχει σὲ 31 ἀποστολὲς πεδίου, γιὰ τὴ μελέτη τῶν ἐπιπτώσεων σεισμῶν καὶ τσουνάμι σὲ 20 χῶρες, σὲ ὅλες τὶς θάλασσες καὶ τοὺς ὠκεανοὺς τοῦ πλανήτη μας. Ἡ ἔρευνά του ἐμπεριέχει, μεταξὺ ἄλλων, τὴν ἀνάλυση τῶν ἐπιπτώσεων τῆς προϊστορικῆς ἔκρηξης τοῦ ἠφαιστείου τῆς Σαντορίνης στὸν μινωικὸ πολιτισμὸ.

Τὸ συγγραφικὸ ἔργο τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ περιλαμβάνει περισσότερες ἀπὸ 110 ἐργασίες ποὺ ἔχουν δημοσιευθεῖ σὲ ἔγκριτα ἐπιστημονικὰ περιοδικὰ μεγάλης ἐπιρροῆς, τὴν ἐπιμέλεια ἔκδοσης ἑξὶ βιβλίων, καθὼς καὶ πάνω ἀπὸ 50 δημοσιεύσεις σὲ πρακτικὰ συνεδρίων καὶ κεφάλαια βιβλίων μὲ διαδικασίες κρίσης. (Ἔχει ἐκφωνήσει δεκάδες ὀμιλίες σὲ συνέδρια καὶ σὲ ἐπιστημονικὰ ἰδρύματα σὲ ὅλο τὸν κόσμον καὶ ἔχει ἐπιβλέψει πολλὰ διδακτορικὰ διατριβές.)

Τέλος, θὰ ἤθελα νὰ ἐπισημάνω ὅτι, γιὰ τὴ σπουδαιότητα καὶ τὴν ποιικιλία τῶν ἐπιτευγμάτων του, ὁ κ. Κωνσταντῖνος Συνολάκης ἔχει τιμηθεῖ μὲ τὶς σημαντικότερες διεθνεῖς διακρίσεις στὸ ἐπιστημονικὸ πεδίο του. Ἐνδεικτικὰ ἀναφέρω ὅτι τοῦ ἔχει ἀπονεμηθεῖ τὸ βραβεῖο Moffatt – Nichol (γιὰ τὴν Ἀκτομηχανικὴ) τῆς Ἀμερικανικῆς Ἐταιρείας Πολιτικῶν Μηχανικῶν (τὸ 2015) καὶ τὸ βραβεῖο Soloviev γιὰ φυσικὲς καταστροφές ἀπὸ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἐταιρεία Γεωεπιστημῶν (τὸ 2014). Ἐπίσης, τὸ 1988 ἐπελέγη ἀπὸ τὸν Λευκὸ Οἶκο ὡς ἓνας ἀπὸ τοὺς 100 καλύτερους νέους ἐπιστήμονες ὄλων τῶν εἰδικότητων στὶς ΗΠΑ.

Κύριε συνάδελφε, ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχῆς ποὺ σᾶς καλωσορίζει ὡς τακτικὸ μέλος της καὶ σᾶς ἀπευθύνει θερμὲς εὐχὲς γιὰ τὴν ἐπιτυχή συνέχιση τοῦ ἐπιστημονικοῦ σας ἔργου.

Σᾶς καλῶ γιὰ νὰ σᾶς ἐπιδώσω τὸ διάσημον τοῦ τακτικοῦ μέλους τοῦ Ἰδρύματος.

Καὶ τώρα παρακαλῶ τὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Χρῆστο Ζερεφὸ νὰ παρουσιάσει ἀναλυτικὰ τὸ ἔργο τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ  
κ. ΧΡΗΣΤΟ Σ. ΖΕΡΕΦΟ

Τὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ἐλάμπρυναν στὶς Γεωλογικὲς καὶ Γεωφυσικὲς Ἐπιστῆμες πλειάδα σημαντικῶν ἐπιστημόνων ὡς τακτικὰ καὶ πρόσεδρα μέλη καθὼς καὶ ὡς ξένοι ἐταῖροι, ὅπως φαίνεται στὴν Εἰκόνα 1. Ὅπως εἶναι γνωστὸ, στὴν ἑλληνικὴ μυθολογία τὰ γεωλογικὰ φαινόμενα ἐρμηνεύοντο πάντοτε ὡς διαμάχες μεταξὺ θεοτήτων. Εἰς τὴν περὶ λίθων ὁμιλία του ὁ ἀείμνηστος ἀκαδημαϊκὸς Ἀθανάσιος Πανάγος περιγράφει τὴ μυθολογικὴ ἀποψη ἐρμηνείας τῆς ἠφαιστειακῆς δραστηριότητος στὴ Σικελία μὲ τὸν μῦθο τῆς Γαίας καὶ τοῦ γίγαντα Τυφωέα, τὸν ὁποῖο ὁ Ζεὺς νικά καὶ τὸν καταπλακώνει μὲ τὴν Αἴτνα. Ἀπὸ τοὺς ὁμηρικὸς χρόνους, ὁ Ποσειδῶνας

*Τακτικὰ μέλη*

- Κτενᾶς Κωνσταντῖνος (1884-1935), Ὀρυκτολογία, 1926
- Νέγρης Φωκίων (1846-1928), Γεωλογία, 1926
- Τρικκαλινὸς Ἰωάννης (1888-1980), Φυσιχοῖστορικὲς Ἐπιστῆμες, 1947
- Μητσόπουλος Μάξιμος (1897-1968), Φυσιχοῖστορικὲς Ἐπιστῆμες, 1955
- Μούσουλος Λουκάς (1910-1993), Γεωλογικὲς-Μεταλλειολογικὲς Ἐπιστῆμες, 1977
- Γαλανόπουλος Ἀγγελος (1910-2001), Φυσιχοῖστορικὲς Ἐπιστῆμες- Γεωφυσική, 1983
- Πανάγος Ἀθανάσιος (1926-1999), Φυσιχοῖστορικὲς Ἐπιστῆμες-Ὀρυκτολογία-Πετρογραφία, 1995
- Ἀμβράζης Νικόλαος (1929-2012), Γεωλογικὲς Ἐπιστῆμες, 2003

*Πρόσεδρα μέλη*

- Γεωργαλᾶς Γεώργιος (1887-1980), Ὀρυκτολογία-Πετρογραφία, 1939

*Ξένοι ἐταῖροι*

- Kühn Othmar (1892-1975), Γεωλογία, Βιέννη, 1964
- Lacroix Alfred (1863-1948), Ὀρυκτολογία-Πετρογραφία, Παρίσι, 1933
- Philippson Alfred (1864-1953), Φυσικὴ Γεωγραφία, Βόννη, 1933
- Stille Hans (1876-1966), Γεωλογία, Βερολίνο, 1964

Εἰκόνα 1: Διατελέσαντα τακτικὰ, πρόσεδρα μέλη καὶ ξένοι ἐταῖροι στὶς γεωλογικὲς-γεωφυσικὲς ἐπιστῆμες.

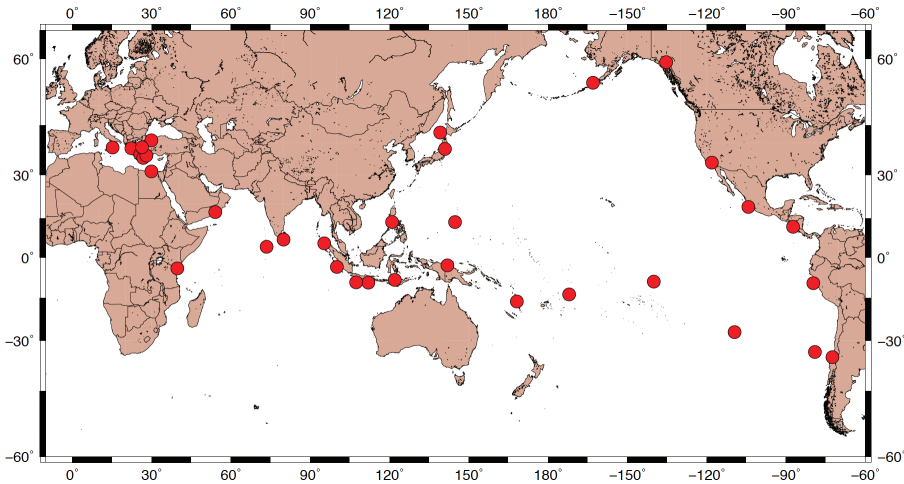
αναφέρεται και ως Σεισίθων και Έννοσίγαιος (γαιοσειστής), στον οποίο απέδιδαν και το φαινόμενο των σεισμών. Στον Ποσειδώνα επίσης απέδιδαν και φαινόμενα καταποντισμών και κατακλισμών, ακόμα και τὰ παλιρροϊκά κύματα που υπάρχουν στα όμηρικὰ ἔπη, ὅπως π.χ. ἡ πλημμυρίδα τοῦ Σκάμανδρου ποταμοῦ, ὁ ὁποῖος καταδίωξε τὸν Ἀχιλλέα.

Ὁ ἀείμνηστος Σπύρος Μαρινάτος ἀνέπτυξε σὲ σχετικὴ ὀμιλία του στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν τὶς καταστροφικὲς συνέπειες τῆς ἐκρήξεως τοῦ ἠφαιστείου τῆς Σαντορίνης τοῦ 1450 π.Χ. εἰς τὸν μινωικὸ πολιτισμὸ. Ἡ καταστροφή δὲν ἔγινε μόνον ἀπὸ τὴ μεταφορὰ πρὸς τὴν Κρήτη δολοφονικῶν ἀερίων καὶ τέφρας, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴ συνέργεια τοῦ παλιρροϊκοῦ κύματος πρὸς ἀκολούθησε τὴν ἐκρήξη. Ὁ Μαρινάτος παραλλήλισε τὶς καταστροφὲς αὐτὲς μὲ ἐκείνες πρὸς τὴν ἐκρήξη τοῦ Κρακατάο καὶ τοῦ Βεζουβίου – θὰ πρόσθετα ἐδῶ καὶ τοῦ ἠφαιστείου Ταμπόρα τὸ 1815. Ὁ ἀείμνηστος Ἀγγελος Γαλανόπουλος ἀπέδωσε μὲ ἐπιχειρήματα, ἐπίσης στὴν ἐκρήξη τοῦ ἠφαιστείου τῆς Θήρας, καὶ τὶς δέκα πληγὲς τοῦ Φαραῶ. Ὁ ἀείμνηστος Ἰωάννης Ξανθάκης ἔδωσε μαθηματικὴ ἔκφραση στὴν ἀλληλουχία τῶν μεγάλου μεγέθους σεισμῶν καὶ προέβη σὲ μαθηματικὲς προβλέψεις. Ὁ ἀείμνηστος Νικόλαος Ἀμβράζης περιέγραψε τὴν καταστροφή τοῦ μεγαλύτερου λιμένος τῆς ἀρχαιότητος, δηλαδὴ τῆς Ἀλεξάνδρειας, ἀπὸ παλιρροϊκὸ κύμα τὸ 365 μ.Χ., τὸ ὁποῖο καὶ προσομοίωσε μὲ τὸ μαθηματικὸ του μοντέλο.

Ἡ ἀπώλεια τοῦ ἀειμνήστου Ἀμβράζη τὸ 2012 ἀναπληρώνεται σήμερα μὲ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ Κωνσταντίνου Συνολάκη ὡς τακτικοῦ μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν στὸν τομέα τῶν Γεωλογικῶν Ἐπιστημῶν τῆς Τάξεως τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν τῆς Ἀκαδημίας.

Τὸ ἐπιστημονικὸ πεδίο τοῦ νέου συναδέλφου κ. Κωνσταντίνου Συνολάκη περιλαμβάνει ἔρευνες στὴ σεισμολογία, στὴν ὠκεανογραφία καὶ ἰδιαίτερα στὴ σχέση σεισμῶν καὶ παλιρροϊκῶν κυμάτων σχεδὸν σὲ ὅλους τοὺς ὠκεανούς καὶ σὲ πολλὰς θάλασσες τοῦ πλανήτη. Ἀπὸ τὸ 1992 μέχρι σήμερα ἔχει ὀργανώσει διεθνεῖς μετρήσεις πεδίου σὲ 31 περιοχὲς τῆς γῆς ἀπὸ τὴ Χιλή μέχρι τὴν Εὐρώπη καὶ ἀπὸ τὴν Εὐρώπη μέχρι τὴν ἀνατολικὴ Ἀσία, ὅπως φαίνεται στὴν Εἰκόνα 2.

Ὁ Κωνσταντῖνος Συνολάκης πραγματοποίησε τὶς προπτυχιακὲς καὶ μεταπτυχιακὲς σπουδὲς του στὸ Τεχνολογικὸ Ἰνστιτοῦτο τῆς Καλιφόρνιας (Caltech). Τὴν περίοδο τῶν σπουδῶν του στὸ Caltech ἐδίδασκε μαθήματα Σεισμολογίας καὶ Γεωφυσικῆς ὁ ἀείμνηστος Charles Richter, μαζί μὲ



Εικόνα 2: Διεθνείς αποστολές διασκόπησης του καθηγητή Κ. Συνολάκη.

πλειάδα διασώζων γεωφυσικών και μηχανικών επίγειας διασκόπησης. Το 1997 ό κ. Συνολάκης εξελέγη καθηγητής τής Άκτομηχανικής στο Πανεπιστήμιο τής Νότιας Καλιφόρνιας (USC) και το 2004 καθηγητής Φυσικών Καταστροφών και Περιβαλλοντικής Ρευστομηχανικής στη Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Ό κ. Συνολάκης ανέπτυξε το υπολογιστικό μοντέλο προσομοίωσης MOST, το όποιο χρησιμοποιείται επιχειρησιακά από την Έθνική Ύπηρεσία Ώκεανών και Άτμσφαιρας τών ΗΠΑ (NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration) για την έγκαιρη πρόγνωση τής διάδοσης τών παλιρροϊκών κυμάτων στον Ειρηνικό, Ύνδικό και Άτλαντικό Ώκεανό καθώς και στην Καραϊβική. Είναι ό πρώτος που εξέγησε τις διαφορές μεταξύ μακρών κυμάτων που προξενούνται από κατολισθήσεις και από σειμούς. Είναι εκείνος που έχει μαζί με την ομάδα του σχεδιάσει και αναπτύξει τους επίσημους χάρτες αντιπλημμυρικής προστασίας τής Πολιτείας τής Καλιφόρνιας από παλιρροϊκά κύματα. Τά αποτελέσματα τών έρευνών του κ. Συνολάκη έχουν παρουσιαστεί σε 25 επιστημονικές και εκπαιδευτικές ταινίες μεγάλης θέασης διεθνώς, στις όποιες συμπεριλαμβάνεται και ή έρευνά του για την καταστροφή τής μινωικής Κρήτης από παλιρροϊκό κύμα, στην όποία έφάρμοσε με έπιτυχία το υπολογιστικό του μοντέλο.

Ό κ. Συνολάκης έχει δημοσιεύσει περισσότερες από 120 έργασίες σε έγκριτα έπιστημονικά περιοδικά μεγάλης έπιρροής (μεταξύ αυτών στο



Science, στο *Nature* και στο *Philosophical Transactions* της Royal Society), έχει δώσει δεκάδες διαλέξεις και παρουσιάσεις σε επιστημονικά ιδρύματα κύρους σε όλο τον κόσμο και έχει επιβλέψει 11 διδακτορικές διατριβές. Έχει βραβευθεί με το βραβείο Moffatt – Nichol για Άκτομηχανική της Αμερικανικής Έταιρείας Πολιτικών Μηχανικών (2015), από την Ευρωπαϊκή Έταιρεία Γεωεπιστημών (European Geosciences Union) με το βραβείο Soloviev για φυσικές καταστροφές (2014), με το πολιτειακό βραβείο για τη συμβολή του στην πολιτική προστασία της Καλιφόρνιας (2001) και από τον Λευκό Οίκο ως ένας από τους 100 καλύτερους νέους επιστήμονες όλων των ειδικοτήτων στις ΗΠΑ (1988).

Ο κ. Συνολάκης έχει συντονίσει σημαντικό αριθμό ανταγωνιστικών έρευνητικών προγραμμάτων στον τομέα του. Ο γενικός δείκτης επιρροής του είναι υψηλός, κυμαινόμενος από 42 μέχρι 55 ανάλογα με τη βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί, και έχει αρκετές χιλιάδες έτεροαναφορών στο έργο του. Χαρακτηριστικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι το άρθρο του στο *Philosophical Transactions* της Royal Society που περιέχει επισκόπηση των γεωφυσικών φαινομένων πριν και κατά τη διάρκεια του πυρηνικού ατυχήματος στη Fukushima συγκαταλέγεται μεταξύ των 10 πιο αναγνωσμένων άρθρων του έγκριτου αυτού περιοδικού υψηλής επιρροής. Οι πρόσφατες εργασίες του κ. Συνολάκη επικεντρώνονται στις συνέπειες από τη διάβρωση των ακτών στην Ελλάδα λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και άλλων ανθρωπογενών παραγόντων. Θα πρέπει να τονισθεί ότι ο κ. Συνολάκης ίδρυσε το πρώτο Tsunami Research Center στις ΗΠΑ το 1995 στο Πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας. Από την ήμερομηνία δημιουργίας του Κέντρου Παλιρροϊκών Κυμάτων στην Καλιφόρνια μέχρι σήμερα, η επισκεψιμότητα της ιστοσελίδας του έχει ξεπεράσει τα 35 εκατομμύρια επισκεπτών.

Από το 1986 μέχρι σήμερα έχει διαχειρισθεί δεκάδες ανταγωνιστικά επιστημονικά έργα συνολικού ύψους που πλησιάζει τα 7 εκατομμύρια δολάρια. Έχει δώσει προσκεκλημένες ομιλίες σε δεκάδες ερευνητικά-εκπαιδευτικά ιδρύματα ανά τον κόσμο και έχει συμμετάσχει σε 31 διεθνείς επιστημονικές επιτροπές, καθώς και στην έκδοση έξι βιβλίων γενικής αναφοράς σε έκδοτικούς οίκους υψηλής επιρροής.

ΜΕΓΑΛΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΑ ΚΥΜΑΤΑ  
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ  
κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΥΝΟΛΑΚΗ

Ὁ καθηγητὴς κ. Συνολάκης δὲν παρέδωσε τὸ κείμενο τοῦ εἰσιτηρίου λόγου του.

---



# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

---

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 12ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017

---

ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ  
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΔΑΣΙΟΥ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ  
κ. ΛΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟ

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὑποδέχεται σήμερα μὲ ἰδιαίτερη τιμὴ τὸν κ. Γεώργιο Δάσιο, ὁμότιμο καθηγητὴ Μαθηματικῶν στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν, τὸν ὁποῖο ἡ Ὀλομέλεια ἐξέλεξε κατὰ τὸ τρέχον ἔτος ὡς ἀντεπισταῖλλον μέλος τῆς στὸν κλάδο τῶν Μαθηματικῶν, στὴν ἔδρα «Ἐφαρμοσμένη Ἀνάλυση», στὴν Τάξη τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Ὁ κ. Γεώργιος Δάσιος γεννήθηκε στὴν Πάτρα τὸ 1946. Σπούδασε Μαθηματικὰ στὸ Ἐθνικὸ καὶ Καποδιστριακὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν καὶ ἔλαβε τὸ πτυχίον του τὸ 1970. Συνέχισε τὶς σπουδές του στὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Illinois στὸ Chicago τῶν Ἡνωμένων Πολιτειῶν τῆς Ἀμερικῆς, ὅπου ἀπέκτησε δίπλωμα Master of Science στὰ μαθηματικὰ τὸ 1972 καὶ ἀναγορεύτηκε διδάκτωρ (Doctor of Philosophy) ἐφαρμοσμένων μαθηματικῶν τὸ 1975.

Ὁ κ. Δάσιος ἔχει διδάξει στὸ Ἐθνικὸ Μετσόβιον Πολυτεχνεῖο καὶ στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν, ὅπου ἐξελέγη καθηγητῆς τὸ 1981. Ἔχει διατελέσει ἐπισκέπτης καθηγητῆς σὲ πανεπιστήμια τῶν Ἡνωμένων Πολιτειῶν καί, τὴν τριετία 2005-2008, κατεῖχε τὴν ἔδρα ἀριστείας Marie Curie στὸ Τμῆμα Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν καὶ Θεωρητικῆς Φυσικῆς στὸ Πανεπιστήμιο Cambridge. Ἐπίσης, ἔχει δώσει διαλέξεις σὲ πάρα πολλὰ πανεπιστήμια σὲ ὅλον τὸν κόσμον.

Ὁ καθηγητῆς Δάσιος εἶναι ἐπιστήμων μὲ παγκόσμια ἀναγνώριση καὶ προβολὴ στὸν τομέα τῆς Ἐφαρμοσμένης Ἀνάλυσης καί, εἰδικότερα, στὴ

Θεωρία Σκέδασης, στις Ίατρικές Άπεικονίσεις και στην Ανάλυση Μαθηματικών Προτύπων τῆς Ἐπιστήμης και τῆς Τεχνολογίας. Θεωρεῖται διεθνῶς ὡς εἰδικὸς στὴ Θεωρία τῶν Ἐλλειψοειδῶν Ἀρμονικῶν Συναρτήσεων και στὶς ἐφαρμογές τους.

Τὸ συγγραφικὸ ἔργο τοῦ καθηγητῆ Δάσιου εἶναι ἐκτενές και διακεκριμένο. Περιλαμβάνει μεγάλο ἀριθμὸ ἐπιστημονικῶν ἐργασιῶν (ἄνω τῶν 140) δημοσιευμένων σὲ ἔγκριτα διεθνῆ ἐπιστημονικὰ περιοδικά, 10 πανεπιστημιακὰ συγγράμματα στὰ ἑλληνικὰ και 2 ἐρευνητικὰ συγγράμματα στὰ ἀγγλικά ποὺ ἐκδόθηκαν ἀπὸ τὸ Oxford University Press και τὸ Cambridge University Press.

Κύριε συνάδελφε, ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχῆς ποὺ σᾶς καλωσορίζει ὡς ἀντεπιστέλλον μέλος τῆς και σᾶς ἀπευθύνει θερμὲς εὐχές γιὰ τὴν ἐπιτυχή συνέχιση τοῦ ἐπιστημονικοῦ σας ἔργου.

Σᾶς καλῶ γιὰ νὰ σᾶς ἐπιδώσω τὸ δίπλωμα τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους τοῦ Ἰδρύματος.

Και τώρα παρακαλῶ τὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Ἀθανάσιο Φωκᾶ νὰ παρουσιάσει λεπτομερέστερα τὸ ἔργο τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ  
κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟ ΦΩΚΑ

Ἡ λέξις εὐδαιμονία ἐκφράζει ἴσως μὲ τὸν καλύτερο δυνατὸ τρόπο τὰ συναισθήματά μου γιὰ τὴ συμμετοχή μου στὴ σημερινὴ ὑποδοχὴ τοῦ νέου ἀντεπιστέλλοντος μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν.

Ὁ κύριος Δάσιος ἔλαβε τὸ πτυχίον μαθηματικῶν ἀπὸ τὸ Ἐθνικὸ και Καποδιστριακὸ Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν τὸ 1970. Τὸ 1972 ἔλαβε τὸ πτυχίον Master of Science στὰ μαθηματικὰ ἀπὸ τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Illinois και τὸ 1975 ἀνηγορεύθη διδάκτωρ ἐφαρμοσμένων μαθηματικῶν ἀπὸ τὸ ἴδιον Πανεπιστήμιον. Ἀφοῦ διετέλεσε ἐπιμελητῆς στὸ Πανεπιστήμιον Πατρῶν και ὑφηγητῆς στὸ Ἐθνικὸ Μετσόβιον Πολυτεχνεῖον, ἐξελέγη τὸ 1981 Καθηγητῆς στὸ Μαθηματικὸν Τμῆμα τοῦ Πανεπιστημίου Πατρῶν. Τὸ 1989 μετεκινήθη, μετὰ ἀπὸ πρόσκληση, στὸ Τμῆμα Χημικῶν Μηχανικῶν τοῦ Πανεπιστημίου Πατρῶν. Τὸ 2013, ἀμέσως μετὰ τὴ συνταξιοδότησή του, ἀνηγορεύθη ὀμότιμος καθηγητῆς και συνεχίζει τὴν ἀκαδημαϊκὴν του δραστηριότητα

στά μεταπτυχιακά προγράμματα σπουδών του Τμήματος Χημικών Μηχανικών.

Κατά τη διάρκεια των ετών 2005-2008 ήταν κάτοχος της έδρας άριστείας Marie Curie στο Τμήμα Έφαρμοσμένων Μαθηματικών και Θεωρητικής Φυσικής του Πανεπιστημίου του Cambridge. Η έδρα αυτή ήταν μία από τις 16 συνολικά έδρες άριστείας σε όλο τον κόσμο και σε όλες τις επιστημονικές περιοχές που χρηματοδότησε το 2005 η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η ακαδημαϊκή ζωή του κ. Γεωργίου Δάσιου αποτελεί έκφραση προσφοράς στην κοινωνία, στους νέους και στην επιστήμη.

### Προσφορά στην κοινωνία

1. Από το 1980 έως το 1996 διετέλεσε καθηγητής στη Σχολή Έπιμόρφωσης Λειτουργών Μέσης Εκπαίδευσης του Υπουργείου Παιδείας.

2. Από το 1992 έως σήμερα (με εξαίρεση μόνο τα 3 έτη που ήταν στο Cambridge) διετέλεσε αρχικά εισηγητής των θεμάτων μαθηματικών και στη συνέχεια πρόεδρος της Κεντρικής Επιτροπής Έξετάσεων για την εισαγωγή στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Από το 2014 είναι πρόεδρος της Ανεξάρτητης Αρχής («Εθνικός Όργανισμός Έξετάσεων»).

3. Υπήρξε μέλος της Πρώτης Διοικούσας Επιτροπής και πρόεδρος της Επιτροπής Έρευνών του Έλληνικού Άνοιχτού Πανεπιστημίου.

4. Είναι ιδρυτικό μέλος της Επιτροπής Άπονομής του βραβείου Ξανθόπουλου – Πνευματικού για εξαιρετη πανεπιστημιακή διδασκαλία και παραμένει μέλος από το 1990 έως σήμερα.

### Προσφορά στους νέους

1. Έχει συνεχή πανεπιστημιακή διδακτική παρουσία από το 1970. Η αγάπη του για τη διδασκαλία είναι προφανής αν σημειώσουμε ότι από το 1981 μέχρι σήμερα διοργανώνει κάθε Δευτέρα (15:00-18:00) ένα σεμινάριο όπου αναλύεται μία σημαντική δημοσίευση ή μία σημαντική μονογραφία. Αυτό το σεμινάριο το έχουν παρακολουθήσει πάνω από 300 έρευνητές. Υπάρχουν άτομα που άρχισαν να συμμετέχουν ως προπτυχιακοί φοιτητές και που συνεχίζουν να το παρακολουθούν παρόλο που τώρα είναι πρόεδροι Τμημάτων του Πανεπιστημίου Πατρών. Με αυτόν τον τρόπο ο κ. Δάσιος παρέχει γνώση αλλά και, όπως ο ίδιος αναφέρει, «αυτό το σεμινάριο είναι ή

κύρια πηγή μάθησής μου». Δηλαδή ο κύριος Δάσιος συνεχίζει να διδάσκει διδασκόμενος.

2. Έχει επιβλέψει 23 διδακτορικές διατριβές. Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι στην Ελλάδα ανθεϊ μια σχολή που θα ονόμαζα «Σχολή Έφαρμοσμένων Μαθηματικών Γ. Δάσιου». Πράγματι, 12 από τους διδακτορικούς του φοιτητές διδάσκουν σήμερα σε ελληνικά πανεπιστήμια.

3. Έχει επιβλέψει πολυάριθμες διπλωματικές και μεταπτυχιακές εργασίες και έχει συμμετάσχει σε 110 τριμελείς επιτροπές παρακολούθησης διδακτορικών διατριβών.

### Προσφορά στην επιστήμη

Το 1986, εύρισκόμενος για Sabbatical στο Πανεπιστήμιο Stanford, είχα τη μεγάλη τιμή να συνεργασθώ με τον περίφημο Joseph Keller, έναν από τους σημαντικότερους ερευνητές εφαρμοσμένων μαθηματικών του 20ού αιώνα. Ο Joe προσφώνουσε τον κ. Δάσιο ως ο Mr Ellipsoid. Πράγματι, ο κ. Δάσιος είναι ο πλέον επιφανής ερευνητής στον τομέα της Έλλειψοειδούς Γεωμετρίας. Ο εκδοτικός οίκος Cambridge University Press εξέδωσε το 2012 τη μονογραφία του με τίτλο Έλλειψοειδείς αρμονικές συναρτήσεις και εφαρμογές τους, ή όποια αποτελεί τη μοναδική στο θέμα αυτό μονογραφία στην παγκόσμια βιβλιογραφία. Στον τομέα αυτόν εξ άλλου έχει δημοσιεύσει άνω των 50 ερευνητικών εργασιών, που σχετίζονται με προβλήματα κυρίως συνοριακών τιμών.

Λόγω οικονομίας χρόνου θα αναφέρω ακόμα συντόμως τρεις μόνο περιοχές θεμελιώδους προσφοράς του κ. Γ. Δάσιου.

1. *Κυματική διάδοση και Σκέδαση*: Η προσφορά του σε αυτήν την περιοχή είναι όντως αξιοθαύμαστη και αφορά πληθώρα εφαρμογών στην ακουστική, στον ηλεκτρομαγνητισμό, στην ελαστικότητα, στη θερμοελαστικότητα και στη μαγνητοελαστικότητα. Οι εργασίες αυτές εστιάζονται στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων όπου το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι τουλάχιστον μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερο από τη χαρακτηριστική διάσταση του σκεδαστή. Στις περισσότερες από αυτές τις εργασίες το πεδίο σκέδασης έχει την ανισότροπη συμπεριφορά του έλλειψοειδούς. Σε αυτήν την περιοχή έχει συγγράψει, σε συνεργασία με τον καθηγητή Ralph Kleinman, ένα βιβλίο το οποίο εξέδωσε το Oxford University Press το 2009 και το οποίο καλύπτει πλήρως την περιοχή σκέδασης

χαμηλών συχνοτήτων από τη δεκαετία του 1970 έως σήμερα. Σημαντική συνεισφορά του κ. Δάσιου στη θεωρία της Σκέδασης αποτελούν οι ποικίλες διευρύνσεις του θεωρήματος Atkinson – Wilcox στις περιοχές της ελαστικότητας, της θερμοελαστικότητας και της έλλειψοειδοῦς γεωμετρίας.

2. *Ροές Strokes*: Στην προσπάθειά του να επιλύσει ένα πρόβλημα έρπουσας ροής γύρω από ένα σφαιροειδές σώμα, ο Γ. Δάσιος εισήγαγε για πρώτη φορά την έννοια του ήμιχωρισμοῦ τῶν μεταβλητῶν, ἢ ὁποία ἀποτελεῖ μία γενίκευση τῆς γνωστῆς μεθόδου χωρισμοῦ μεταβλητῶν. Προσφάτως, ὁ κ. Δάσιος καὶ οἱ συνεργάτες του ἐφήρμοσαν σὲ προβλήματα ροῶν Strokes τὴν καινούρια μέθοδο λύσεως μερικῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων, τὴν ὁποία ἔχει εἰσαγάγει ὁ ὀμιλῶν.

3. *Ἀπεικονίσεις ἐγκεφάλου*: Οἱ πρώτες του ἐργασίες σὲ αὐτὴν τὴν περιοχὴ ἀφοροῦν τὴν πρώιμη διάγνωση ἐγκεφαλικοῦ οἰδήματος, προερχόμενου ἀπὸ κάθε εἶδους κρανιοεγκεφαλικῆς κακώσεως. Τὸ σχετικὸ ἐρευνητικὸ πρόγραμμα «New Systems for Early Medical Diagnosis and Biotechnologic Approaches», σὲ συνεργασία μὲ τὴν ὁμάδα τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ρούσσου, ἐπελέγη ἀπὸ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἐπιτροπὴ ὡς ἓνα ἀπὸ τὰ πλέον ἐπιτυχημένα ἑλληνικὰ προγράμματα ποὺ χρηματοδοτήθηκαν ἀπὸ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἐνωση. Τὰ τελευταῖα χρόνια, μεγάλη εἶναι ἡ συνεισφορά τοῦ κ. Δάσιου στὴν περιοχὴ τῶν λεγομένων ἀντιστρόφων προβλημάτων ἠλεκτροεγκεφαλογραφίας καὶ μαγνητοεγκεφαλογραφίας. Στὴν ἠλεκτρικὴ ἐγκεφαλογραφία τὸ συγκεκριμένο πρόβλημα εἶναι τὸ ἀκόλουθο: Εἶναι δυνατὴ ἡ εὕρεση τοῦ νευρωνικοῦ ρεύματος στὸν ἐγκέφαλο –καὶ κατὰ συνέπεια τῆς ἐγκεφαλικῆς ἐνεργοποίησης– ἀπὸ τὴ γνώση τοῦ ἠλεκτρικοῦ δυναμικοῦ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ κρανίου τὸ ὁποῖο μετρεῖται μέσῳ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐγκεφαλογραφήματος; Στὴ μαγνητικὴ ἐγκεφαλογραφία τὸ ἀνάλογο πρόβλημα εἶναι ἡ εὕρεση τοῦ ρεύματος ἀπὸ τὴ μέτρηση τῆς μαγνητικῆς ροῆς σὲ μιὰ μικρὴ ἀπόσταση ἀπὸ τὸ κρανίον, ἢ ὁποία ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ λεγόμενο MEG. Ὡς ἀποτέλεσμα τῆς ἐρευνητικῆς προσπάθειας τοῦ κ. Δάσιου καὶ τῶν συνεργατῶν του, καθὼς καὶ τῆς συνεργασίας του μὲ τὸν ὀμιλοῦντα, τὰ ἀνωτέρω προβλήματα ἐπελύθησαν πλήρως τὸ 2009. Αὐτὲς οἱ λύσεις ἔχουν ὀδηγήσει στὴν εἰσαγωγὴ πρωτοποριακῶν ἀλγορίθμων ἀναλύσεως τῆς ἐνεργοποίησης τοῦ ἐγκεφάλου διὰ μέσου ἠλεκτρομαγνητοἐγκεφαλογραφίας.

Ἄνακεφαλαίωνοντας, ἡ προσφορά τοῦ κ. Δάσιου στὴν κοινωνία εἶναι ἄκρως σημαντικὴ, ἢ προσφορά του στοὺς νέους ποικιλόμορφη καὶ κατὰ μία ἀποψη μοναδική. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἐρευνητικὴ του δραστηριότητα, ὁ κ. Δά-



σιος θεωρεῖται ὡς ἕνας ἀπὸ τοὺς κορυφαίους παγκοσμίως ἐρευνητὲς στὴν περιοχή τῶν ἀναλυτικῶν μεθόδων στὰ ἐφαρμοσμένα μαθηματικά καὶ ὡς κορυφαῖος ἐρευνητὴς σὲ προβλήματα ἐλλειψοειδοῦς γεωμετρίας. Κατὰ συνέπεια ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν καλωσορίζει μὲ ἰδιαίτερη χαρὰ καὶ τιμὴ τὸ καινούριο ἀντεπιστέλλον μέλος της.

## Η ΑΠΟΛΥΤΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΣΚΕΨΗ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ  
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΔΑΣΙΟΥ

Πέρα από τη συγκίνηση που με διακατέχει αυτές τις στιγμές, αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όρισμένα πρόσωπα αλλά και να παραθέσω τα γεγονότα που με όδηγησαν σήμερα σε αυτό το βήμα.

Θα αρχίσω από τα μέλη της Ακαδημίας Αθηνών, τα όποια ειλικρινά ευχαριστώ για την τιμή που μου έκαναν να με υποδεχθούν στο ανώτατο πνευματικό ίδρυμα της χώρας μας.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τον κύριο Φωκά για τα έξαιρετικά και επαινετικά του λόγια.

Μεγάλωσα σε ένα οικογενειακό περιβάλλον όπου η πνευματική διάκριση βρισκόταν στην κορυφή του θαυμασμού και των συζητήσεων και αυτό καθόρισε στη συνείδησή μου, από μικρή ηλικία, τις ανθρώπινες αξίες, παρόλο που δεν μπορώ να πω ότι ως παιδί αυτές οι αξίες ήταν στις πρώτες μου επιλογές.

Ο κλασικός αθλητισμός και ο προσκοπισμός αποτελούσαν πιο κεντρικούς στόχους των παιδικών και εφηβικών μου χρόνων.

Θυμάμαι πολύ έντονα την όμιλία του κ. Κουνάδη κατά την υποδοχή του στην Ακαδημία το 1999, όταν ανέφερε τις χαρακτηριστικές ιδιότητες που αποκτάει κάποιος από τον αθλητισμό, όπως είναι η πειθαρχία, η επιμονή, η συνέπεια, ο αυτοέλεγχος, η ικανότητα να ξανασηκώνεσαι μετά από κάθε πτώση, η ύψιστη έστιαση στην προσπάθεια όταν το απαιτεί η στιγμή, η πίστη στον στόχο και πολλές άλλες.

Αυτές ακριβώς τις ιδιότητες χρειάζεται να έχει και ο επιστήμονας που εισέρχεται στον στίβο της έρευνας.

Χωρίς να θέλω να συγκρίνω το αθλητικό βιογραφικό του κ. Κουνάδη με αυτό του όμιλου, η αναφορά σε αυτές τις ιδιότητες είχε ταυτιστεί απόλυτα με την προσωπική μου εμπειρία. Γιατί όταν στην καθημερινότητά μου αντικατέστησα τον αγωνιστικό χώρο με το γραφείο της μελέτης, ταύτισα τη μελέτη με την προπόνηση και το διαγώνισμα με τον αγώνα. Η προσπάθεια, η πειθαρχία, η επιμονή, η συνέπεια, η συγκέντρωση, η πίστη ήταν και εκεί παρούσες.

Στόν επαγγελματικό χώρο αισθάνομαι ότι υπήρξα ιδιαίτερα τυχερός, και μάλιστα σέ δύο διαδοχικά επίπεδα. Είχα τήν τύχη νά διδαχθῶ ἀπό ἐξαιρετικούς καί ἐμπνευσμένους δασκάλους, μερικοί ἀπό τούς ὁποίους βρίσκονται σήμερα σέ αὐτήν τήν αἴθουσα, καί στή συνέχεια εἶχα τήν τύχη νά ἔχω ἐξαιρετικούς μαθητές.

Ἔμαθα καί ἀπό ὅλους τούς παραπάνω ὅσα δέν θά μπορούσα νά μάθω ποτέ μόνος μου.

Μερικοί ἀπό τούς καλύτερους δασκάλους πού εἶχα ποτέ ἦταν οἱ μαθητές μου, σέ σημεῖο νά συγγέονται στό μυαλό μου οἱ ἔννοιες τοῦ «διδάσκω» καί τοῦ «διδάσκομαι». Παραφράζοντας τόν Σωκράτη, ἤ κατ' ἄλλους τόν Σόλωνα, μπορῶ νά πῶ ὅτι σέ ὅλη μου τή ζωή «δίδασκα ἀεὶ διδασκόμενος».

Οἱ εὐχαριστίες μου εἶναι διαρκεῖς καί βαθιά εἰλικρινεῖς καί πρὸς τίς δύο αὐτές κατευθύνσεις.

Θέλω ἀκόμα νά εὐχαριστήσω τή γυναίκα μου καί τὰ δύο παιδιά μου γιά τήν ἀνεξάντλητη ὑπομονή πού ἔδειξαν κατὰ τὰ καθημερινά, ἀλλά καί πολυήμερα διαστήματα πού ὁ ἐναγκαλισμός μου μέ τήν ἔρευνα μέ κρατοῦσε μακριά ἀπό τὸ ἄμεσο οἰκογενειακὸ περιβάλλον, γιατί ὅπως εἶναι γνωστὸ ἡ δημιουργία ἀνθεῖ σέ περιβάλλον μοναξιᾶς.

Ἀλλὰ ἄς ἔλθω τώρα στό θέμα μου: στήν ἀπόλυτη ἀνθρώπινη σκέψη.

Εἶναι προφανές ὅτι ὁ τίτλος τῆς ὀμιλίας μου εἶναι ἰσοδύναμος μέ μία λέξη, καί αὐτή ἡ λέξη δέν εἶναι ἄλλη ἀπό τὰ «μαθηματικά». Ὅμως πολὺ λίγοι ταυτολογοῦν τή σημασία τῶν δύο αὐτῶν ἐνοιῶν. Οἱ περισσότεροι ταυτίζουν τὰ μαθηματικά μέ τούς ἀριθμητικούς ὑπολογισμούς καί τήν ἀπόλυτη ἀνθρώπινη σκέψη σέ μιὰ φιλοσοφικὴ διάσταση.

Ἡ ἀλήθεια, ὅπως ἄλλωστε συμβαίνει τίς περισσότερες φορές, βρίσκεται κάπου στή μέση.

Ὅταν καλεῖται ἓνας μαθηματικὸς νά μιλήσει σέ ἓνα γενικὸ ἀκροατήριο ἀντιμετωπίζει ἓνα πολὺ μεγάλο πρόβλημα, γιατί ὅσο πιὸ ἀυστηρὴ μαθηματικὴ γλώσσα χρησιμοποιήσει, τόσο περισσότερο θά μειωθεῖ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀκροατῶν πού θά τὸν παρακολουθήσει, καί πολὺ φοβᾶμαι ὅτι ἀν ἐπιχειρήσει νά εἶναι ἀπόλυτα ἀυστηρὸς μέ τὰ μαθηματικά θά καταλήξει νά μιλάει μόνο στόν ἑαυτόν του.

Γι' αὐτὸ θά προσπαθῶ νά μιλήσω γιά τὰ ἐπιτεύγματα τῶν μαθηματικῶν, πού ἔτσι καί ἀλλιῶς βρίσκονται πίσω ἀπὸ κάθε ἐπιστημονικὴ ἢ τεχνολογικὴ δραστηριότητα τοῦ σημερινοῦ κόσμου.

Ὡς τριτοετῆς φοιτητῆς τοῦ Μαθηματικοῦ Τμήματος στὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν, εἶχα τὴν τύχη νὰ διδαχθῶ τὸ μάθημα τῆς φιλοσοφίας ἀπὸ τὸν ἀείμνηστο καθηγητὴ Ἰωάννη Θεοδωρακόπουλο, ὁ ὁποῖος ἄρχιζε τὸ μάθημά του διατάσσοντας τὸν ἀνθρώπινο λόγο ὡς ἐξῆς:

«Ἄν διατάξουμε τὸν ἀνθρώπινο λόγο ἐπάνω σὲ μιὰ εὐθεία γραμμὴ, εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νὰ ὀρίσουμε ἓνα σταθερὸ σημεῖο ἐπάνω στὴν εὐθεία, τὸ ὁποῖο καθορίζεται ἀπὸ ὀρισμένες παραδοχὲς καὶ τὸ ὁποῖο θὰ πρέπει νὰ ἀναγνωριστῆ ὡς μιὰ θεμελιώδης ἀρχή. Ἀπὸ αὐτὴν τὴν ἀρχὴ ἀναδύονται δύο πνευματικὲς διεργασίες ποὺ κινοῦνται πρὸς ἀντίθετες κατευθύνσεις. Ἡ μία ἀποδέχεται τὴ θεμελιώδη αὐτὴ ἀρχὴ καὶ οἰκοδομεῖ θεωρίες μὲ βάση τὴν ἀπόλυτη λογικὴ καὶ αὐτὸ τὸ ὀνομάζουμε “μαθηματικά”, καὶ ἡ ἄλλη διερευνᾷ τὴν ὀρθότητα καὶ τὴ σημασία αὐτῶν τῶν ἀρχῶν καὶ αὐτὸ τὸ ὀνομάζουμε “φιλοσοφία”»).

Καὶ συνέχισε...

«Συνεπῶς, ἀνάλογα μὲ τὴν κατεύθυνση πρὸς τὴν ὁποία κινούμαστε ἐπάνω σὲ αὐτὴν τὴν εὐθεία, μπορούμε νὰ ποῦμε ὅτι ἐκεῖ ποὺ καταλήγει ἡ φιλοσοφία ἀρχίζουν τὰ μαθηματικά, ἢ ἐκεῖ ποὺ καταλήγουν τὰ μαθηματικά ἀρχίζει ἡ φιλοσοφία. Φιλοσοφικὰ συστήματα ὑπάρχουν πολλὰ ἀνάλογα μὲ τὴν ἐρμηνεία τῶν ἀρχῶν τους. Ἀλλὰ, στὸν βαθμὸ ποὺ ἔχουμε ὅλοι μας τὴν ἴδια λογικὴ, τὰ μαθηματικά ἀποτελοῦν ἀπόλυτες ἀλήθειες. Ἡ ἀξιοπιστία τῶν ἀρχῶν (ἐν προκειμένῳ τῶν ἀξιωματῶν) δὲν ἀφορᾷ τὰ μαθηματικά, τὰ ὁποῖα κρίνονται ἀποκλειστικὰ καὶ μόνον ἀπὸ τὴν ὀρθὴν χρῆση τῆς λογικῆς»).

Κατὰ συνέπεια, δὲν εἶναι λάθος νὰ ἰσχυρισθοῦμε ὅτι τὰ μαθηματικά δὲν εἶναι τίποτα περισσότερο ἀπὸ μιὰ γλῶσσα, μὲ τὴν ὁποία μπορούμε νὰ ἐπικοινωνοῦμε χωρὶς καμία ἀπολύτως παρερμηνεία τῶν ἐννοιῶν καὶ τῶν ἀποτελεσμάτων· μιὰ γλῶσσα μὲ συγκεκριμένους κανόνες οἱ ὁποῖοι δὲν ἐπιδέχονται καμία ἀπολύτως ἐξαίρεση· μιὰ γλῶσσα μὲ ἀπόλυτη νομοτέλεια· μιὰ αἰτιοκρατικὴ γλῶσσα μὲ ὑποθέσεις καὶ συμπεράσματα, ὅπου καταγράφουμε ὅποιο ἀποτέλεσμα διαπιστώνουμε ὅτι ἔπεται ἐνὸς αἰτίου.

Ἐδῶ θὰ πρέπει νὰ ἐξηγήσουμε ὅτι στοχαστικὲς θεωρίες ὅπως αὐτὲς τῶν πιθανοτήτων καὶ τῆς στατιστικῆς δὲν καταστρατηγοῦν τὴν προηγούμενη περιγραφή τῶν μαθηματικῶν, γιὰτὶ οἱ θεωρίες αὐτὲς ἔχουν ἐνωμα-

τωμένη τήν ἀβεβαιότητα στά αξιώματα στά ὁποῖα θεμελιώνονται. Ἄν ἡ στοχαστικότητα συμπεριλαμβάνεται στά αξιώματα, τὰ ἀποτελέσματα θά εἶναι προφανῶς στοχαστικά.

Ἄναφερόμενοι στά μαθηματικά ὡς γλώσσα ἀξίζει ἴσως νά σημειώσουμε ὅτι τὸ κέντρο τοῦ ἐγκεφάλου ποῦ εἶναι ὑπεύθυνο γιά τή γραμματική, τὸ συντακτικὸ καὶ τοὺς ἀριθμητικούς ὑπολογισμούς εἶναι ἀκριβῶς τὸ ἴδιο· προφανῶς ἐπειδὴ εἶναι τὸ κέντρο τοῦ ἐγκεφάλου ποῦ ἀποφασίζει μὲ βάση τήν ἐπεξεργασία κανόνων, εἴτε αὐτοὶ εἶναι κανόνες ὀρθογραφίας, εἴτε εἶναι κανόνες διάταξης τῶν λέξεων, εἴτε εἶναι κανόνες πρόσθεσης καὶ πολλαπλασιασμοῦ.

Ὁ ἄνθρωπος, ζώντας τήν κατάσταση τῆς στιγμῆς ὡς ἀποτέλεσμα τοῦ παρελθόντος καὶ αἴτιο τοῦ μέλλοντος, γνωρίζει τὰ πάντα γιά τὸ παρελθόν καὶ δὲν γνωρίζει τίποτα γιά τὸ μέλλον. Ὅταν ὅμως καλεῖται νά πάρει μιὰ ἀπόφαση, αὐτὸ πρέπει νά τὸ κάνει γιά τήν περιοχὴ τοῦ χρόνου γιά τήν ὁποία δὲν ἔχει καμία πληροφορία, δηλαδή γιά τὸ μέλλον.

Πῶς θά ἀποφασίσει λοιπόν;

Προφανῶς ἐπεξεργαζόμενος τήν ἐμπειρία τοῦ παρελθόντος μὲ τὴ βοήθεια τῆς ἀπόλυτης ἀνθρώπινης σκέψης, δηλαδή μὲ τὴ βοήθεια τῆς μαθηματικῆς σκέψης. Καὶ θά πρέπει νά σημειώσουμε ἐδῶ ὅτι αὐτὴ ἡ ἀπόλυτη λογικὴ σκέψη χαρακτηρίζει τὸ ἑλληνικὸ πνεῦμα γιά περισσότερα ἀπὸ δύομισι χιλιάδες χρόνια.

Τὰ μαθηματικά βοηθοῦν τὴ σὲ βάθος κατανόηση τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν μέσα ἀπὸ τὴν παρακολούθηση πολύπλοκων διαδικασιῶν. Ὁ γνωστός φυσικός Richard Feynman (βραβεῖο Νόμπελ 1962) εἶχε πεῖ:

«Ἄν ἓνας ἐκ γενετῆς τυφλὸς μᾶς ζητήσει νά τοῦ ἐξηγήσουμε τί εἶναι ἓνα ἀστέρι, δὲν θά μπορέσουμε νά τοῦ δώσουμε μιὰ καλὴ ἀπάντηση. Ἄν ὅμως ἔβλεπε, θά τοῦ τὸ δείχναμε. Ἀλλὰ ἀκόμα καὶ τότε, ἡ πληροφορία θά ἦταν σχεδὸν μηδενικὴ μπροστὰ στοῦ νά κατανόησει τί ἀκριβῶς εἶναι ἓνα ἀστέρι. Αὐτὸ τὸ ἐπίπεδο κατανόησης δὲν μπορεῖ νά ἐπιτευχθεῖ χωρὶς τὴ χρῆση σοβαρῶν μαθηματικῶν».

Ἀπὸ τὴν ἴδια τους τὴ φύση, τὰ μαθηματικά δὲν ἔχουν τὴν πολυτέλεια νά ἀλλάζουν. Ὅ,τι ἀποδειχθεῖ κάτω ἀπὸ ἓνα συγκεκριμένο σύστημα ἀξιωματῶν ἰσχύει γιά πάντα. Οἱ φυσικὲς ἐπιστῆμες ἀντίθετα δέχονται ἀλλαγές

και βελτιώσεις, καθώς κατανοούμε τις διαδικασίες σε συνεχώς βαθύτερο επίπεδο.

Είναι χαρακτηριστική η ρήση του Einstein όταν ήταν καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Βερολίνου τη δεκαετία του 1920, όπου οι αλλαγές στην κατανόηση της φυσικής, στο επίπεδο των μεγάλων ταχυτήτων και των μικρών διαστάσεων, υπήρξαν καταιγιστικές. Αφού υπαγόρευσε λοιπόν τα θέματα των εξετάσεων σε ένα μάθημα σύγχρονης φυσικής, ο Einstein άκουσε έναν φοιτητή να σχολιάζει: «Κύριε καθηγητά, όλα τα ερωτήματα που μās θέσατε είναι ακριβώς τα ίδια με αυτά που ρωτήσατε και πέρσι» και η απάντηση του Einstein: «Ναί, αλλά καμία απάντηση δεν είναι ίδια έφέτος».

Λοιπόν, αυτή η πολυτέλεια της αλλαγής δεν πρόκειται να υπάρξει ποτέ στα μαθηματικά. Γιατί τα μαθηματικά είναι προϊόν του ανθρώπινου έγκεφάλου, τα αποδεικνύουμε και δεν αλλάζουν, ενώ η φύση είναι αποτέλεσμα της δημιουργίας, την οποία κατανοούμε διαδοχικά σε διαρκώς βαθύτερο επίπεδο.

Παραδοσιακά, και για πολλές δεκαετίες, υπήρχε ένας διαχωρισμός μεταξύ θεωρητικών και εφαρμοσμένων μαθηματικών, δηλαδή μεταξύ της παραγωγής νέων μαθηματικών αποτελεσμάτων και της χρήσης (ή και της παραγωγής) νέων μαθηματικών με στόχο την επίλυση προβλημάτων που απασχολούν τον άνθρωπο. Για παράδειγμα, η απόδειξη του θεωρήματος του Fermat κατατασσόταν στα θεωρητικά μαθηματικά, ενώ η ανάγνωση του ανθρώπινου DNA ανήκε στα εφαρμοσμένα μαθηματικά. Σήμερα αυτός ο διαχωρισμός δεν υπάρχει, για τον απλούστατο λόγο ότι δεν υπάρχει μαθηματική θεωρία που να μην έχει εφαρμογές. Ακόμα και η Άλγεβρική Τοπολογία, που θεωρείτο μέχρι πρότινος καθαρά θεωρητικός κλάδος, χρησιμοποιείται σήμερα για να αναλύσει την αλληλεπίδραση ομάδων νευρωνικών κυττάρων στον λειτουργικό έγκέφαλο.

Θα ήθελα πάντως να τονίσω ότι τα μαθηματικά έχουν πρωτίστως καθιερωθεί για τις εφαρμογές τους.

Ίστορικά, τα θεωρητικά και τα εφαρμοσμένα μαθηματικά αποτελούσαν δύο πνευματικές περιοχές που συνδέονταν με μια γέφυρα διπλής κατεύθυνσης μέσω της οποίας τροφοδοτούσε αλλά και διήγειρε ή μία περιοχή την άλλη. Αναπτυγμένες μαθηματικές θεωρίες χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση προβλημάτων, και ύπαρκτα προβλήματα προκάλεσαν την ανάπτυξη νέων μαθηματικών θεωριών για να επίλυθούν τα προβλήματα αυτά.

Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς Ἀναγέννησης, ὅταν ἔμπαιναν τὰ θεμέλια τῆς σύγχρονης ἐπιστήμης, τέθηκε ἐπιτακτικὰ τὸ ἐρώτημα τῆς ἀξιοπιστίας τῆς παραγόμενης γνώσης στὸ ἐπίπεδο τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, καὶ τότε παρουσιάστηκε ἡ δύναμη καὶ ἡ ἀπλότητα τῆς σκέψης τοῦ Γαλιλαίου ὁ ὁποῖος εἶχε πεῖ:

«Γιὰ τὴν ἀλήθεια ἢ ὄχι τῶν ἀποτελεσμάτων ποὺ παράγουμε μὲ τὴ λογικὴ μας σκέψη, ὁ μόνος ἀξιόπιστος τρόπος εἶναι νὰ ρωτήσουμε τὴν ἴδια τὴ φύση. Καὶ πῶς ρωτᾶμε τὴ φύση; Πολὺ ἀπλά, μὲ ἓνα πείραμα. Εἶναι ὁ μόνος τρόπος ἐπικοινωνίας μας μὲ τὴ φύση».

Δὲν πρέπει ὅμως νὰ ἀποσιωποῦμε τὸ γεγονός ὅτι ἡ μελέτη τῆς φύσης παρουσιάζει ἐνδογενὴ ἀβεβαιότητα, γιὰτὶ στὸ πείραμα ἔχουμε βέβαια ἀποτελέσματα μὲ ἀβέβαιες μετρήσεις, ἐνῶ στὴ θεωρία ἔχουμε ἀβέβαιες ὑποθέσεις μὲ βέβαια ἀποτελέσματα.

Προσωπικὰ αἰσθάνομαι ὅτι ἔζησα ὅλη τὴν ἐπαγγελματικὴ μου ζωὴ στὸν χῶρο τῶν ἐφαρμοσμένων μαθηματικῶν, ἔχοντας πάντα ὡς στόχο τὴν ἐπίλυση ἑνὸς συγκεκριμένου προβλήματος. Αὐτὸς ὁ στόχος κινοῦσε τὸ ἐνδιαφέρον μου. Εἶχα μπροστὰ μου ἓνα πρόβλημα, καὶ ἔπρεπε ἢ νὰ βρῶ μὲ ποιά μαθηματικὰ μπορεῖ νὰ λυθεῖ, ἢ ποιά μαθηματικὰ ἔπρεπε νὰ ἀναπτύξω γιὰ νὰ μπορέσω νὰ τὸ λύσω.

Θὰ μοῦ ἐπιτρέψετε ἐδῶ νὰ μιλήσω γιὰ λίγα λεπτὰ μὲ μαθηματικοὺς ὄρους γιὰ νὰ παραθέσω ἓνα παράδειγμα γιὰ καθεμία ἀπὸ τὶς δύο αὐτὲς κατηγορίες ἐπίλυσης προβλημάτων ποὺ εἶχα τὴ χαρὰ νὰ ἀντιμετωπίσω στὴν ἔρευνά μου.

Τὸ πρῶτο ἀφορᾷ στὴ σκέδαση κυματικῶν πεδίων (ἀκουστικῶν, ἠλεκτρομαγνητικῶν καὶ ἐλαστικῶν κυρίως πεδίων) ἀπὸ ἐλλειψοειδεῖς σκεδαστές, δηλαδὴ ἀπὸ ἀνομοιογένειες τοῦ χώρου διάδοσης τοῦ κυματικοῦ πεδίου ποὺ παρουσιάζουν ἀνισότροπη συμπεριφορά. Αὐτὲς εἶναι περιοχὲς ποὺ σὲ κάθε διεύθυνση τοῦ χώρου παρουσιάζουν διαφορετικὰ χαρακτηριστικά.

Αὐτὰ τὰ προβλήματα ἀπαίτησαν τὴ μελέτη τῶν συναρτήσεων Lamé καὶ τῆς θεωρίας τῶν ἐλλειψοειδῶν ἀρμονικῶν συναρτήσεων, ποὺ εἶναι μιὰ ἐξαιρετικὰ πολὺπλοκὴ ἀναλυτικὴ θεωρία. Τὴ θεωρία αὐτὴ ἄρχισα νὰ μελετῶ τὸ 1973, ὅταν ἐκπονοῦσα τὴ διδακτορικὴ μου διατριβὴ στὸ Σικάγο, καὶ ὀλοκλήρωσα μὲ τὴν ἐκδοση τοῦ πρώτου συγγράμματος στὸν κόσμον ἀφιερωμένου ἀποκλειστικὰ στὴ θεωρία τῶν ἐλλειψοειδῶν ἀρμονικῶν συ-

ναρτήσεων και των εφαρμογών τους. Το σύγγραμμα αυτό εξέδωσε το Cambridge University Press το 2012.

Άλλά ως δοῦμε ποιὰ εἶναι ἡ χρησιμότητα μιᾶς τέτοιας προσπάθειας.

Ἐδῶ θέλω νὰ ἐπισημάνω ὅτι μιὰ ἀπὸ τὶς πρῶτες προτεραιότητες τῆς ἐπιστημονικῆς ἔρευνας σήμερα εἶναι ἡ ἀναγνώριση προτύπων σὲ περιοχές στὶς ὁποῖες δὲν ἔχουμε πρόσβαση μὲ τὶς αἰσθήσεις μας.

Ἐνδεικτικὰ ἀναφέρω τὸν τομέα τῶν Ἰατρικῶν Ἀπεικονίσεων ὅπως οἱ ἀξονικὲς τομογραφίες, οἱ ὑπέρηχοι, οἱ ἀπεικονίσεις μαγνητικοῦ συντονισμοῦ, ἡ ἠλεκτροσεφαλογραφία, ἡ μαγνητοσεφαλογραφία, οἱ τομογραφίες ἠλεκτρικῆς ἐμπέδισης, οἱ τομογραφίες ἐκπομπῆς ποζιτρονίων, οἱ μέθοδοι συντονισμοῦ ταλαντώσεων καὶ πολλὲς ἄλλες διαγνωστικὲς μέθοδοι ποὺ βασίζονται ἐξ ὀλοκλήρου σὲ ἀντίστροφα προβλήματα σκέδασης. Δηλαδή βασίζονται σὲ προβλήματα ποὺ ἀφοροῦν στὴν ἐκπομπὴ ἑνὸς γνωστοῦ κυματικοῦ πεδίου καὶ στὴ μέτρηση τῆς διαταραχῆς ποὺ προκάλεσε ἕνα ἐμπόδιο κατὰ τὴ διάδοσή του, μὲ σκοπὸ τὴν ἀναγνώριση τῶν χαρακτηριστικῶν αὐτοῦ τοῦ ἐμποδίου ποὺ διατάραξε τὸ κύμα.

Δὲν θὰ κάναμε λάθος ἂν ὑποστηρίζαμε ὅτι ὅλες αὐτὲς οἱ διαγνωστικὲς μέθοδοι διευρύνουν τὸ ὀπτικὸ μας παράθυρο, ἀφοῦ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ «βλέπουμε» ἐκεῖ ποὺ δὲν μποροῦν νὰ δοῦν τὰ μάτια μας.

Στὴν ἴδια κατηγορία τῶν εφαρμογῶν τῆς θεωρίας σκέδασης ἐντάσσονται καὶ τὸ radar, τὸ sonar, ἡ σειсмоγραφία, ὁ μὴ καταστρεπτικὸς ἔλεγχος κ.τ.λ.

Ἡ συνολικὴ ἐρευνητικὴ δραστηριότητα στὴν περιοχὴ τῆς Σκέδασης Κυματικῶν Πεδίων Χαμηλῆς Συχνότητας, ἀπὸ τὴ δεκαετία τοῦ 1870, ποὺ προτάθηκε ἀπὸ τὸν Λόρδο Rayleigh, μέχρι τὸ ἔτος 2000, ἀποτελέσει τὸ περιεχόμενον ἑνὸς βιβλίου ποὺ ἐκδώσαμε μὲ τὸν καθηγητὴ Ralph Kleinman καὶ κυκλοφόρησε τὸ 2000 ὁ ἐκδοτικὸς οἶκος Oxford University Press.

Θὰ περάσω τώρα σὲ μιὰ ἄλλη ἐρευνητικὴ περιοχὴ, ὅπου ἡ ἐπίλυση ἑνὸς συγκεκριμένου προβλήματος ἀπαίτησε τὴν ἀνάπτυξη νέας μαθηματικῆς θεωρίας.

Τὸ πρόβλημα ποὺ εἴχαμε νὰ ἀντιμετωπίσουμε σχετιζόταν μὲ τὴ δευτερογενὴ ἐξόρυξη ὑδρογονανθράκων, καὶ ἀφοροῦσε τὴν ἔρπουσα ροὴ Stokes γύρω ἀπὸ ἕνα σφαιροειδές, ἕνα σχῆμα ποὺ παρουσιάζει διδιάστατη ἀνισοτροπία. Ἡ γνωστότερη φασματικὴ μέθοδος ἀναλυτικῆς ἐπίλυσης προβλημάτων συνοριακῶν τιμῶν εἶναι αὐτὴ τοῦ χωρισμοῦ τῶν μεταβλητῶν. Ἡ



μέθοδος αυτή, ενώ εφαρμόζεται αποτελεσματικά στην περίπτωση που το έμπόδιο της ροής έχει σφαιρική (και συνεπώς μονοδιάστατη) συμμετρία, δὲν είναι δυνατόν νά εφαρμοστεί στην περίπτωση της σφαιροειδοῦς διδιάστατης συμμετρίας. Σὲ αὐτὴν τὴν περίπτωση χρειάστηκε νά ἐπεκτείνουμε τὴν ἔννοια τοῦ χωρισμοῦ τῶν μεταβλητῶν, που συνδέει τὶς ἰδιοσυναρτήσεις τῶν δύο μεταβλητῶν μία πρὸς μία, στὴν ἔννοια τοῦ ἡμιχωρισμοῦ τῶν μεταβλητῶν που συνδέει μὲ συγκεκριμένο τρόπο τριδιάστατους ὑποχώρους συναρτήσεων.

Ἡ περίπτωση αὐτὴ εἶναι ἡ μοναδικὴ πραγματικοῦ προβλήματος που ἐπιλύεται μὲ αὐτὴν τὴν πεπερασμένη ἐπέκταση τῆς συνήθους φασματικῆς μεθόδου.

Μία ἀκόμα γενικότερη φασματικὴ μέθοδος εἶναι αὐτὴ τῶν γενικευμένων ὀλοκληρωτικῶν μετασχηματισμῶν που εἰσήγαγε ὁ κ. Φωκᾶς κατὰ τὴν τελευταία εἰκοσαετία, ἐργαζόμενος παράλληλα μὲ τὸ ἐξαιρετικὰ σημαντικὸ πρόβλημα τῆς ἀπόδειξης τῆς ὑπόθεσης τοῦ Lindelöf, που πρόσφατα ὀλοκλήρωσε μὲ ἐπιτυχία. Ἐδῶ θὰ ἤθελα νά ἀναφέρω ὅτι ἡ ὑπόθεση τοῦ Lindelöf ἀφορᾷ ἓνα πρόβλημα σχεδὸν ἰσοδύναμο μὲ τὴν ὑπόθεση τοῦ Riemann, που εἶναι τὸ τελευταῖο ἄλυτο πρόβλημα τὸ ὁποῖο ἀντιστέκεται γιὰ περισσότερο ἀπὸ ἑνάμιση αἰῶνα.

Σὲ αὐτὸ τὸ σημεῖο θέλω νά ἀναφερθῶ καὶ σὲ μιὰ ἄλλη σημαντικὴ συνεισφορά τῶν μαθηματικῶν στὴν ἀνθρώπινη γνώση: σὲ αὐτὴν τῆς κατανόησης ἔννοιῶν πέραν τῆς ἐμπειρίας τῶν αἰσθήσεων.

Τὰ δύο πρῶτα παραδείγματα που βρίσκει κανεὶς σὲ ὁποιοδήποτε σύγγραμμα εἰσάγουν τὴν ἔννοια τῆς παραγώγου, δηλαδή τοῦ ρυθμοῦ μεταβολῆς ἑνὸς μεγέθους ὡς πρὸς ἓνα ἄλλο μέγεθος· εἶναι αὐτὰ τῆς ἐφαπτόμενης μιᾶς καμπύλης σὲ ἓνα σημεῖο τῆς, καὶ τῆς στιγμιαίας ταχύτητας. Καὶ εἶναι ἀπορίας ἄξιον τὸ γεγονός ὅτι αὐτὰ τὰ δύο παραδείγματα, που ἔχουν τὴν ἴδια ἀκριβῶς μαθηματικὴ βάση, κατανοήθηκαν ἀπὸ τὸν ἄνθρωπο μὲ διαφορά 22 περίπου αἰῶνων.

Γιατί ἄραγε;

Ἡ ἔννοια τῆς παραγώγου ἀπαιτεῖ τὴ γνώση τῶν τιμῶν ἑνὸς μεγέθους ὄχι μόνον στὸ σημεῖο ὑπολογισμοῦ ἀλλὰ σὲ ἓνα ὅσοδήποτε μικρὸ διάστημα τιμῶν γύρω ἀπὸ τὸ σημεῖο ὑπολογισμοῦ. Στὸ πρῶτο παράδειγμα λοιπὸν τῆς ἐφαπτόμενης, τὸ σχετικὸ μέγεθος ἀφορᾷ τὸν χῶρο γιὰ τὸν ὁποῖο ἔχουμε πρόσβαση σὲ μιὰ περιοχὴ τοῦ σημείου μέσῳ τῆς ὄρασης. Ἀντίθετα, στὸ δεύτερο παράδειγμα, γιὰ τὴν περίπτωση τῆς ταχύτητας, τὸ ἀντίστοιχο μέ-

γεθος άφορα τον χρόνο, για τον όποϊον έχουμε μόνον στιγμιαία αντίληψη του «τώρα», ενώ στερούμαστε αίσθητηρίου όργάνου για την αντίληψη μι�ς περιοχής του χρόνου. Με άλλα λόγια, δέν έχουμε «μάτια» να «βλέπουμε» περιοχές του χρόνου γύρω από μι� στιγμή. Αυτό ακριβώς τó γεγονός καθυστέρησε για πάνω από δύο χιλιετίες την έννοιολογική ταύτιση τής έφαπτόμενης και τής ταχύτητας, και χρειάστηκε ή ανάπτυξη τής μαθηματικής σκέψης και ή ίδιοφυής Νεύτων για να αρχίσουμε να «φαναζόμαστε» χρονικές περιοχές.

Άν προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε σε κάποιον τί σημαίνει μι� περιοχή του χρόνου γύρω από μι� χρονική στιγμή είναι σαν να προσπαθοϋμε να εξηγήσουμε σε έναν εκ γενετής τυφλό τί σημαίνει έφαπτόμενη μι�ς καμπύλης σε ένα σημείο της. Αυτές τις έννοιες, που δέν βασίζονται στις αίσθήσεις, τις αποδεχόμαστε μόνον μέσα από λογικές αποδείξεις.

Και επειδή μιλάμε για χρόνο, ας μήν παραλείψουμε και μι� αναφορά στη σχετικότητα, που μέσα από καθαρά μαθηματική σκέψη και στη συνέχεια μέσα από πειραματική επιβεβαίωση, άμφισβήτησε την αντικειμενικότητα του χρόνου για κάθε κινούμενο παρατηρητή ή για κάθε παρατηρητή που βρίσκεται σε ένα βαρυτικό πεδίο.

Είναι γεγονός ότι πολλές φορές ή απόλυτη ανθρώπινη σκέψη άφησε άναυδο τον άνθρωπο, ή όποϊος άντλεϊ τή γνώση του κυρίως από τó άριστοτελικό περιβάλλον των αισθήσεων.

Θά μπορούσα να συνεχίσω την παρουσίασή μου σε αυτό τó περιγραφικό μαθηματικό επίπεδο, αλλά σεβόμενος εκείνους που δέν είναι μαθηματικοί θά σταματήσω σε αυτό τó σημείο την ξενάγησή μου στα μαθηματικά. Άντι αυτού θά συνεχίσω τονίζοντας μόνον τις άμεσες έφαρμογές των έρευνητικων άποτελεσμάτων.

Τό σημαντικότερο ίσως έρώτημα που χρειάζεται να διερευνηθεϊ κατά την ανάλυση ενός αντίστροφου προβλήματος, δηλαδή ενός προβλήματος για τó όποϊο έχουμε τó αποτέλεσμα μι�ς διαδικασίας και αναζητοϋμε τó αίτιο που την προκάλεσε, είναι ή μοναδικότητα αυτού του αίτιου. Με άλλα λόγια, όταν συλλέγουμε εικόνες από κάποιες μετρήσεις τις όποϊες χρησιμοποιοϋμε για να αναγνωρίσουμε τó σχήμα ενός αντικειμένου, πώς είμαστε σίγουροι ότι αυτές οι εικόνες προέρχονται από ένα και μόνον ένα συγκεκριμένο σχήμα;

Η άπάντηση είναι ότι τις περισσότερες φορές αυτήν τή μοναδικότητα δέν μπορούμε να την εξασφαλίσουμε a priori.

Ἄν γιὰ παράδειγμα προσπαθοῦμε νὰ ἀνακατασκευάσουμε τὸ σχῆμα ἑνὸς ἀντικειμένου ἀπὸ τῆ σκιά ποὺ δημιουργεῖται ὅταν φωτίζεται ἀπὸ διάφορες, ἀκόμα καὶ ἀπὸ ὅλες, τὶς διευθύνσεις, αὐτὸ εἶναι δυνατὸν μόνον ὅταν τὸ ἀντικείμενο εἶναι κυρτό, δηλαδὴ ἓνα στερεὸ ποὺ δὲν ἔχει βαθουλώματα, κάτι σὰν τὸ αὐτό.

Ἡ μοναδικότητα ἢ ὄχι τῆς λύσης ἑνὸς ἀντίστροφου προβλήματος ἀπαιτεῖ δύο ἐπίπεδα ἀνάλυσης. Πρῶτα, τῆ διερεύνηση τοῦ ἂν ὑπάρχει μοναδικότητα ἢ ὄχι, καὶ στὴ συνέχεια, ἂν δὲν ὑπάρχει μοναδικότητα, τὴν εὔρεση τῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ ἀντικειμένου ποὺ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναγνωρισθοῦν ἀπὸ τὶς μετρήσεις ποὺ μᾶς παρέχει ἡ χρησιμοποιούμενη μέθοδος.

Θὰ δώσω καὶ ἐδῶ ἓνα παράδειγμα ποὺ ἀφορᾷ στὴν ἠλεκτρικὴ δραστηριότητα τοῦ ἀνθρώπινου ἐγκέφαλου. Ὁ λειτουργικὸς ἐγκέφαλος μπορεῖ νὰ προτυποποιηθεῖ μὲ ἓνα παχύρρευστο ὑγρὸ ποὺ εἶναι ἠλεκτρικὰ ἀγώγιμο. Ὅταν μιὰ τοπικὴ ομάδα νευρωνικῶν κυττάρων διεγείρεται μὲσω τῆς ροῆς ἰόντων κατὰ μῆκος τῶν ἀξόνων τους, σχηματίζεται ἓνα στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ τὸ πεδίο ποὺ παράγεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ρεῦμα δημιουργεῖ ἓνα δευτερεῦον (ἐπαγωγικὸ) ρεῦμα σὲ ὀλόκληρο τὸν ἐγκέφαλο. Ἀπόρροια τοῦ συνολικοῦ αὐτοῦ ρεύματος εἶναι ἡ δημιουργία ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ δυναμικοῦ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ κρανίου τὸ ὁποῖο μετρεῖται μὲ τὴν ἠλεκτροεγκεφαλογραφία, καὶ μιᾶς μαγνητικῆς ροῆς ἢ ὁποῖα μετρεῖται μὲ τὴ μαγνητοεγκεφαλογραφία σὲ ἀπόσταση 2-4 cm ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ κρανίου.

Τὸ ἱατρικὸ ἐνδιαφέρον αὐτῶν τῶν τεχνικῶν ἐστιάζεται στὸ κατὰ πόσο ἡ ἠλεκτροεγκεφαλογραφία καὶ ἡ μαγνητοεγκεφαλογραφία εἶναι ἱκανὲς μέθοδοι γιὰ τὸν ἀκριβῆ ἐντοπισμὸ τῆς ἀρχικῆς διέγερσης τῶν νευρώνων, ἢ ὁποῖα διέγερση προφανῶς ἀντιπροσωπεύει κάποια ἐγκεφαλικὴ λειτουργία, ἢ κάποια ἠλεκτρικὴ δυσλειτουργία ὅπως αὐτὲς ποὺ ὀδηγοῦν στὴν ἐπιληψία, τὸ Alzheimer, τὸ Parkinson ἢ τὴν ἄνοια. Ἐνδιαφέρει δηλαδὴ τὸ κατὰ πόσο οἱ μέθοδοι τῆς ἠλεκτροεγκεφαλογραφίας καὶ μαγνητοεγκεφαλογραφίας μᾶς ἐξασφαλίζουν τὸν ἐντοπισμὸ μιᾶς μοναδικῆς πηγῆς διέγερσης στὸν ἐγκέφαλο, καὶ αὐτὸ ἀκριβῶς εἶναι τὸ πρόβλημα τῆς μοναδικότητας.

Ἡ ἀπάντηση στὸ ἐρώτημα αὐτὸ εἶναι ἀρνητικὴ καὶ αὐτὸ τὸ ποιοτικὸ ἀποτέλεσμα τὸ γνωρίζουμε, τουλάχιστον σὲ ἐπίπεδο φυσικῆς, ἀπὸ τὸ 1853 ἀπὸ τὸν Helmholtz. Εἶναι ὅμως ἐνδεικτικὸ τῆς μαθηματικῆς δυσκολίας ὀρισμένων προβλημάτων τὸ γεγονὸς ὅτι ὁ ποσοτικὸς χαρακτήρας τοῦ τί ἀκριβῶς δὲν «βλέπει» τὸ ἠλεκτροεγκεφαλογράφημα καὶ τὸ μαγνητοεγκε-

φαλογράφημα τὸ ἀπαντήσαμε στὴ γενική του μορφή τὸ 2008, 155 χρόνια μετὰ τὸν Helmholtz. Ἡ προσπάθεια αὐτὴ διήρκεσε περισσότερο ἀπὸ μία δεκαετία καὶ ὀλοκληρώθηκε σὲ συνεργασία μὲ τὸν κύριο Φωκᾶ καὶ μὲ μεταπτυχιακοὺς φοιτητὲς μου, τρία χρόνια ἀπὸ τὰ ὁποῖα χρειάστηκε νὰ παραμείνω στὸ πανεπιστήμιο τοῦ Cambridge μὲ τὸν διορισμὸ μου σὲ ἔδρα ἀριστείας Marie Curie.

Χωρὶς νὰ ὑπεισέλθω σὲ μαθηματικὲς λεπτομέρειες, ἀναφέρω ἐπιγραμματικὰ ὅτι ἡ ἠλεκτροεγκεφαλογραφία μπορεῖ νὰ ἀναγνωρίσει maximum τὸ 33% τῆς ἐγκεφαλικῆς δραστηριότητας καὶ ἡ μαγνητοεγκεφαλογραφία τὸ 66% τῆς ἐγκεφαλικῆς δραστηριότητας, τὸ μισὸ τῆς ὁποίας εἶναι τὸ ἴδιο μὲ αὐτὸ ποὺ δύνανται νὰ ἀναγνωρισθεῖ καὶ ἀπὸ τὴν ἠλεκτροεγκεφαλογραφία.

Συμπέρασμα: Μὲ αὐτὲς τὲς δύο ἀπεικονιστικὲς μεθόδους ἕνα 33% τῆς ἐγκεφαλικῆς δραστηριότητας δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναγνωρισθεῖ ποτέ, ὅσο καλὰ ὄργανα καὶ νὰ ἔχουμε, ὅσο καλὲς μετρήσεις καὶ νὰ πάρομε.

Προφανῶς, ὑπάρχουν καὶ ἄλλες μέθοδοι, ὅπως εἶναι τὸ MRI, ποὺ δίνουν ἀκριβέστερα ἀποτελέσματα, ἀλλὰ εἶναι πολὺ ἀργές γιὰ νὰ παρακολουθήσουν τὴν ἐγκεφαλικὴ λειτουργία, σὲ ἀντίθεση μὲ τὴν ἠλεκτροεγκεφαλογραφία καὶ τὴ μαγνητοεγκεφαλογραφία, ποὺ μποροῦν νὰ μᾶς δίνουν εἰκόνα τῆς ἐγκεφαλικῆς δραστηριότητας ἀνὰ χιλιοστὸ τοῦ δευτερολέπτου.

Παρόλο ποὺ τὸ ἔργο τῶν μαθηματικῶν βρίσκεται πίσω ἀπὸ κάθε ἐρευνητικὸ ἀποτέλεσμα ποὺ ἐντυπωσιάζει τὴν ἀνθρωπότητα, οἱ μαθηματικοὶ πετᾶνε πολὺ χαμηλότερα ἀπὸ τὴν περιοχὴ στὴν ὁποία ἔχουν πρόσβαση τὰ κοινωνικὰ radar καὶ βρίσκονται πάντα στὴ σκιά τῆς δημοσιότητας. Αὐτὴ ἡ διατύπωση ἀφορᾷ προφανῶς καὶ τὸν ἐλλαδικὸ πανεπιστημιακὸ χῶρο, στὸν ὁποῖο διεξάγεται ἀξιόλογη μαθηματικὴ ἔρευνα ποὺ δὲν εἶναι ἰδιαίτερα γνωστὴ. Αὐτὸ τὸ γνωρίζουν πολὺ καλύτερα τὰ μεγάλα ἐρευνητικὰ κέντρα τοῦ ἐξωτερικοῦ μέσω τῶν Ἑλλήνων ἐρευνητῶν μὲ τοὺς ὁποίους τὰ τροφοδοτοῦμε.

Εἶναι γεγονός ὅτι οἱ δυσκολίες στὴν ἔρευνα εἶναι μεγαλύτερες στὴν Ἑλλάδα λόγῳ κυρίως τῆς περιφερειακῆς θέσης της σὲ σχέση μὲ τὰ μεγάλα κέντρα. Αὐτὸ ἀντιμετωπίζεται μὲ συνεχῆ ταξίδια στὸ ἐξωτερικὸ καὶ μὲ συνεργασίες μὲ συναδέλφους ἀπὸ ὅλον τὸν κόσμο. Ἄλλωστε ἡ μαθηματικὴ ἔρευνα δὲν ἀπαιτεῖ τὴν καθημερινὴ ἐπαφὴ μὲ τοὺς συνεργάτες καὶ προφανῶς μὲ τὸ σημερινὸ ἐπίπεδο ἐπικοινωνίας οἱ ἀποστάσεις μεταξὺ τῶν συνεργατῶν ἔχουν ἐκμηδενισθεῖ. Ἄρκει νὰ σᾶς ἀναφέρω ὅτι ἔχω δημοσιεύσει ἐρευνητικὲς ἐργασίες μὲ συναδέλφους ἀπὸ διάφορα σημεῖα τῆς Γῆς

μέ τους όποιους δέν ἔχουμε συναντηθεῖ ποτέ, καί προφανῶς αὐτό εἶναι πολύ διαδεδομένο στή σημερινή ἔποχή.

Ἄς ἔλθω τώρα γιά λίγο καί στό ἔργο τῆς διδασκαλίας.

Ἀγαποῦσα πάντα τή διδασκαλία, ἴσως ἐπειδὴ ἐκτιμοῦσα τήν ἐξαιρετική διδασκαλία πού δέχθηκα, ἴσως γιά τή χαρά νά βλέπω στά μάτια τῶν μαθητῶν μου ὅτι κατανοοῦσαν αὐτό πού τους περιέγραφα κάθε φορά, ἢ ἴσως γιά τὸ γεγονός ὅτι, σέ μιὰ γόνιμη διδασκαλία, ὁ δάσκαλος κερδίζει σέ βαθμὸ κατανόησης περισσότερο ἀπὸ κάθε μαθητὴ πού τὸν ἀκούει. Ἄλλωστε εἶναι γνωστή ἡ ρήση τοῦ νομπελίστα Leon Lenderman, ὁ ὁποῖος ἔχει πει ὅτι:

«Ὅποιος κάνει ἕνα μάθημα καί δέν μαθαίνει τίποτα ἀπὸ αὐτό, τότε σίγουρα δέν τὸ κάνει καλά».

Οἱ 23 διδακτορικές διατριβές πού ἐκπονήθηκαν ἀπὸ μαθητές μου μοῦ ἔχουν προσφέρει τόση ἱκανοποίηση πού δέν μπορῶ νά τή συγκρίνω μὲ καμία ἄλλη ἐπαγγελματική μου δραστηριότητα ἢ τιμητική διάκριση, γιὰτὶ ἀνήκω σέ αὐτὴν τὴν κατηγορία δασκάλων πού πιστεύουν ὅτι τὸ ἔργο τους μετριέται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν μαθητῶν τους πού τὸν ξεπέρασαν, καί χαίρομαι κάθε φορά πού ἕνας μαθητῆς μου μὲ ἀφήνει πίσω. Εἶναι καί αὐτό μιὰ συνιστώσα τῆς πολυσχιδοῦς ἔννοιας τοῦ δασκάλου.

Κυρίες καί κύριοι, ὅταν τὸ 1975 ὀλοκλήρωσα τίς διδακτορικές μου σπουδές στὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Illinois, μοῦ προσφέρθηκε μιὰ θέση στὸ Ἰνστιτοῦτο Courant στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Νέας Ὑόρκης, τὸ σημαντικότερο τότε κέντρο ἐφαρμοσμένων μαθηματικῶν τῆς Ἀμερικῆς ἀν ὅχι τοῦ κόσμου, καί ἡ πρόκληση ἦταν πολὺ μεγάλη. Τελικὰ ἀποφάσισα νά συμβιβαστῶ ἐπαγγελματικά καί νά ἐπιστρέψω στὴν Ἑλλάδα γιὰτὶ ἤθελα νά διδάξω μαθηματικά σέ Ἑλληνόπουλα. Δέν τὸ μετάνιωσα ποτέ. Καί, ἀν σήμερα ἀντιμετώπιζα τὸ ἴδιο δίλημμα, τὸ ἴδιο θὰ ἐπέλεγα. Δέν ξέρω ἀν αὐτὸ λέγεται συναισθηματισμός, ρομαντισμός, ἀνωριμότητα ἢ ἐπαγγελματική ἀφέλεια, ἀλλὰ ἐγὼ εἶναι κάτι πού δέν μπόρεσα ποτέ νά ξεπεράσω μὲ τὴ λογική, καί ἄς εἶμαι καί μαθηματικός.

Σᾶς εὐχαριστῶ πολὺ γιά τὴν παρουσία σας ἐδῶ σήμερα καί γιά τὴν ὑπομονή σας νά ἀκοῦτε ἕναν μαθηματικὸ νά σᾶς μιλάει.

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 13ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017

---

ΦΩΤΗΣ ΚΑΦΑΤΟΣ (1940-2017):  
ΤΟ ΙΧΝΟΣ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΠΑΙΔΕΙΑ  
ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ  
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΟΛΛΙΑ

Ὁ ἀκαδημαϊκὸς κ. Γεώργιος Κόλλιας λαμβάνει τὸν λόγο καὶ λέγει γιὰ τὸν Φώτη Καφάτο τὰ ἑξῆς:

Τὴν 18η Νοεμβρίου ἔφυγε ἀπὸ τὴ ζωὴ, σὲ ἡλικία 77 ἐτῶν, ὁ Φώτης Καφάτος, ὁ πλέον ἀναγνωρίσιμος διεθνῶς Ἑλληνας βιολόγος. Ὁ Φώτης Καφάτος ὑπηρέτησε καὶ ἀνέπτυξε τὴν εὐρωπαϊκὴ καὶ παγκόσμια ἐπιστημονικὴ ἔρευνα καὶ παιδεία μὲ ἰδιαίτερη ἀφοσίωση καὶ ἐξαιρετικὰ ἀποτελέσματα. Ἀφήνει πίσω του ἓνα βαθὺ καὶ γόνιμο ἴχνος μὲ τὴ σπουδαία ἐπιστημονικὴ του προσφορά, καθὼς συνετέλεσε στὴν ἀνάπτυξη καὶ λειτουργία τῶν πιὸ σημαντικῶν εὐρωπαϊκῶν ὀργανισμῶν ὑποστήριξης τῆς ἐπιστημονικῆς ἔρευνας.

Ὁ Φώτης Καφάτος γεννήθηκε στὸ Ἡράκλειο τῆς Κρήτης στὶς 16 Ἀπριλίου τοῦ 1940. Τὸ 1961 σπούδασε ζωολογία στὸ Πανεπιστήμιο Κορνέλ καὶ τὸ 1962 βιολογία στὸ Πανεπιστήμιο Χάρβαρντ, ἀπὸ τὸ ὁποῖο καὶ ἔλαβε τὸ διδακτορικὸ του στὴ βιολογία τὸ 1965.

Τὸ 1969, σὲ ἡλικία 29 ἐτῶν, γίνεται ὁ νεότερος τακτικὸς καθηγητὴς θετικῶν ἐπιστημῶν στὸ Χάρβαρντ, ὅπου ἀναπτύσσει πρωτοποριακὲς μεθόδους στὴ μοριακὴ βιολογία γιὰ τὴ μελέτη τῆς ἀλληλουχίας τοῦ DNA καὶ τοῦ RNA τῶν εὐκαρυωτικῶν ὀργανισμῶν. Ἐκεῖνη τὴν ἐποχὴ ἀναπτύσσει

μαζί με τον Άργύρη Εύστρατιάδη και τον Tom Maniatis την κλωνοποίηση συμπληρωματικού DNA και αποκαλύπτεται έτσι για πρώτη φορά η πρωτοταγής δομή του RNA της β-σφαιρίνης. Το έργοστήριό του εφευρίσκει επίσης εκείνη την εποχή την περίφημη και πολυαναφερθείσα τεχνική του «dot blot», που έμελλε να χρησιμοποιηθεί ευρύτατα και για πολλά ακόμη χρόνια από τους μοριακούς βιολόγους για την ποσοτική ταυτοποίηση DNA και RNA. Παράλληλα από το 1972 έως το 1982 κατέχει και τη θέση του καθηγητή Βιολογίας στο Έθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Οι φοιτητές εκείνης της εποχής, μεταξύ των οποίων και ο όμιλός, έντυπωσιάζονται με την απλότητα και την άμεσότητα του καθηγητή Καφάτου, που εισάγει στο Πανεπιστήμιο της Αθήνας τις επαναστατικές νέες γνώσεις της μοριακής βιολογίας. Με την εικόνα του, πιστεύω όμως και με την ψυχή του, να μοιάζει με αυτή των φοιτητών, των παιδιών με τὰ μαλλιά και με τὰ μαύρα γένια, συνομιλεί μαζί τους, εισάγει πρωτόγνωρα ήθη στις μεταξύ τους σχέσεις και έμπνέει τον αλληλοσεβασμό, που στηρίζεται σε πραγματικές αξίες και πηγαίους διαλόγους, καταφέροντας έτσι να γεννήσει έναν προβληματισμό και «έναν κάποιον» μετασχηματισμό των έν πολλοῖς υποκριτικῶν συμπεριφορῶν του κατεστημένου των «καθηγητικῶν έδρῶν» εκείνης της εποχής, απομεινάρια του οποίου δυστυχῶς παρατηροῦμε συχνά και στις μέρες μας.

Τὸ 1982 ὁ Φῶτης Καφάτος ἐκλέγεται καθηγητῆς Βιολογίας στὸ Πανεπιστήμιο Κρήτης. Ἀπὸ τὴν Κρήτη, ἐγκαινιάζει καὶ συμβάλλει καθοριστικὰ στὴν ἀνάπτυξη τοῦ Ἰνστιτούτου Τεχνολογίας καὶ Ἐρευνας (ΙΤΕ), σὲ στενὴ συνεργασία μὲ τὸν ἀείμνηστο ἐξάριετο ἐπιστήμονα τῆς Πληροφορικῆς Στέλιο Ὁρφανουδάκη καὶ τὸν ἐπίσης σπουδαῖο Ἕλληνα φυσικὸ Λευτέρη Οἰκονόμου. Τμημα τοῦ ΙΤΕ ἀποτελεῖ καὶ τὸ Ἰνστιτούτο Μοριακῆς Βιολογίας καὶ Βιοτεχνολογίας (IMBB), τὸ ὁποῖο ἀναλαμβάνει νὰ διευθύνει ὁ Φῶτης Καφάτος μέχρι τὸ 1993. Ὑπὸ τὴν ἡγεσία τῶν τριῶν αὐτῶν προσωπικοτήτων τῆς ἐλληνικῆς ἐπιστήμης δημιουργεῖται ἓνα μοναδικὰ θετικὸ ἀναπτυξιακὸ κλίμα καὶ στὸ Ἰνστιτούτο Βιολογίας, ἀλλὰ καὶ γενικότερα στὸ ΙΤΕ καὶ τὸ Πανεπιστήμιο Κρήτης, στὰ ὁποῖα ἀρχίζουν νὰ προσελκύνονται ἀξιολογότατοι Ἕλληνες ἐρευνητές, πολλοὶ ἐκ τῶν ὁποίων ἐπαναπατρίζονται ἀπὸ γνωστὰ πανεπιστήμια ἢ ἐρευνητικὰ κέντρα τῆς Εὐρώπης καὶ τῆς Ἀμερικῆς. Δημιουργεῖται ἔτσι στὴν Κρήτη ἓνα νέο δυναμικὸ ἐπιστημονικὸ περιβάλλον, πρωτόγνωρο γιὰ τὰ ἐλληνικὰ δεδομένα τῆς εποχῆς, τὸ



όποιο λειτουργεί βάσει διεθνών προτύπων και συμβάλλει τὰ μέγιστα στην ανάπτυξη πρωτοποριακῶν ἐρευνητικῶν ομάδων και ρευμάτων στην ἑλληνική ἐπιστήμη και ἔρευνα. Σήμερα, 35 περίπου χρόνια μετά, τὸ ΙΤΕ και τὸ Πανεπιστήμιο Κρήτης διατηροῦνται στην κορυφή τῶν ἑλληνικῶν και εὐρωπαϊκῶν ἀκαδημαϊκῶν ἰδρυμάτων, συνεχίζοντας νὰ παράγουν και νὰ παρέχουν ὑψηλῆς ποιότητας ἔργο στην ἐπιστημονική ἔρευνα, καινοτομία, ἐκπαίδευση και παιδεία.

Τὸ 1993 ὁ Φώτης Καφάτος ἀναλαμβάνει τὴν ἡγεσία τοῦ Εὐρωπαϊκοῦ Ἐργαστηρίου Μοριακῆς Βιολογίας (European Molecular Biology Laboratory, EMBL) στὴ Χαϊδελβέργη, θέση πού διατήρησε ἕως τὴ συνταξιοδότησή του τὸ 2005. Στὸ EMBL ἐκπονεῖ ἕνα ἀπὸ τὰ εὐρέως γνωστὰ ἐπιστημονικά του ἐπιτεύγματα, τὴν πλήρη ἀλληλούχιση τοῦ γονιδιώματος τοῦ κουνουπιοῦ *Anopheles gambiae*, και τὸν χαρακτηρισμὸ γονιδίων πού μετέχουν στην ἔμφυτη ἀνοσία αὐτοῦ τοῦ ἐντόμου, τὴν ὁποία ἐκμεταλλεύεται γιὰ τὴν ἀνάπτυξή του τὸ πλασμώδιο, τὸ παράσιτο πού εὐθύνεται γιὰ τὴ διάδοση τῆς ἐλονοσίας στὸν ἄνθρωπο. Πέρα ἀπὸ τὰ ἐπιστημονικά του ἐπιτεύγματα στὸ EMBL, ὁ Φώτης Καφάτος δίνει στὸν ὄργανισμὸ αὐτὸν μιὰ καινούργια ἀναπτυξιακή πνοή, πού τὸ φέρνει στην παγκόσμια κορυφή τῶν ἐρευνητικῶν ἰδρυμάτων. Ἐπεξεργάζεται και ἐγκαθιστᾷ ἕνα νέο πρόγραμμα γιὰ διδακτορικές σπουδές ὑψηλοῦ ἐπιπέδου, ἀνεξάρτητο ἀπὸ πανεπιστήμια και βασισμένο στην προώθηση τῆς ἀριστείας, πού παράγει ἑκατοντάδες ικανότατους νέους ἐρευνητές, διεσπαρμένους σήμερα σὲ ὅλο τὸν κόσμο. Ὑποστηρίζει τὴ δημιουργία ἐπιχειρήσεων ἔντασης γνώσης (τὶς λεγόμενες spin-off ἐταιρείες), τὶς ὁποῖες ὀργανώνει γύρω ἀπὸ μιὰ νέα, ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ EMBL, ἐταιρεία διαχείρισης τῆς πνευματικῆς ἰδιοκτησίας, γνωστῆς ὡς EMBLEM, δημιουργώντας ἔτσι ἕνα νέο πλήρως ἐπιτυχημένο πρότυπο ἐκμετάλλευσης τῆς πνευματικῆς ἰδιοκτησίας και τῆς καινοτομίας σὲ ἐρευνητικούς ὀργανισμούς. Ἐγκαινιάζει ἕνα νέο πυκνὸ πρόγραμμα δραστηριοτήτων, τὸ Πρόγραμμα Ἐπιστήμης και Κοινωνίας τοῦ EMBL, πού λειτουργεῖ μέχρι σήμερα μὲ μεγάλη ἐπιτυχία και εὐαισθητοποιεῖ και τοὺς ἐρευνητές και τὸ κοινὸ σὲ θέματα κοινωνικῆς εὐθύνης τῆς ἐπιστημονικῆς ἔρευνας. Ὁραματιζόμενος τὸ μέλλον τῆς βιολογίας στὴ νέα ἐποχὴ τῆς γονιδιωματικῆς, ἰδρύει στὸ EMBL τέσσερις νέους τομεῖς, ἕνα ἐργαστήριό γιὰ τὴν ἀναπτυξιακὴ βιολογία στὴ Χαϊδελβέργη, ἕνα νέο ἴνστιτούτο βιοπληροφορικῆς στὸ Hinxton τῆς Μεγάλης Βρετανίας, τὸ γνωστὸ σὲ ὅλους σήμερα και πολὺ σημαντικὸ European Bioinformatics Institute (EBI), ἐνῶ, γιὰ νὰ κατευνάσει τὶς πιε-



στικές απαιτήσεις των Ιταλών ως προς τη συμμετοχή τους στο EMBL, ιδρύει ένα νέο Ινστιτούτο για τη μελέτη της γονιδιακής λειτουργίας σε πρότυπα ποντικών, στο Monterotondo της Ρώμης.

Με την ολοκλήρωση της θητείας του στο EMBL μεταφέρει το έργο-στήριό του στο Imperial College του Λονδίνου, όπου εκλέγεται καθηγητής Άνοσογενομικής. Ταυτόχρονα ήγείται και θέτει τις βάσεις για την ίδρυση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Έρευνας (European Research Council – ERC), ως πρώτος Πρόεδρος του Έπιστημονικού του Συμβουλίου. Συσπειρώνει μια ομάδα 22 κορυφαίων ερευνητών –μεταξύ των οποίων είναι και τρεις νομπελίστες– γύρω από το όραμα ενός ανεξάρτητου ευρωπαϊκού φορέα χρηματοδότησης της βασικής έρευνας, το οποίο υποστηρίζει την έρευνα με γνώμονα μόνο την επιστημονική άριστεία και λειτουργεί πέρα από τις γραφειοκρατικές άγκυλώσεις των προγραμμάτων-πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το ERC κλείνει φέτος τα 10 χρόνια λειτουργίας του και αποτελεί σήμερα τον φάρο της ευρωπαϊκής χρηματοδότησης για την έρευνα. Ο προϋπολογισμός του ERC για την περίοδο 2014-2020 είναι 13 δισ. ευρώ (αύξηση 60% σε σχέση με το προηγούμενο πρόγραμμα-πλαίσιο FP7). Οι βάσεις που έθεσε ο Φώτης Καφάτος αποδίδουν σήμερα καρπούς και θέτουν τις προϋποθέσεις ανάπτυξης της έρευνας και της καινοτομίας στην Ευρώπη. Από την ίδρυσή του το ERC έχει χρηματοδοτήσει 7.000 κορυφαίες ερευνητικές ομάδες, οι οποίες έχουν επιλεγεί ανάμεσα σε 65.000 αιτήσεις, μέσα από αδιάβλητες και αξιοκρατικές διαδικασίες αξιολόγησης που αναγνωρίζονται διεθνώς ως πρότυπο. Περισσότερες από 40.000 δημοσιεύσεις έχουν υποστηριχθεί άμεσα από πόρους του ERC και 42.000 ταλαντούχοι νέοι ερευνητές έχουν ενισχυθεί στο πλαίσιο ομάδων ERC, συνεισφέροντας στη δημιουργία μιᾶς νέας γενιάς εξαιρετών επιστημόνων. Η ιδέα του ότι το Συμβούλιο πρέπει να διοικείται από επιστήμονες ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της ερευνητικής κοινότητας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της επιτυχίας του ERC και δίνει το παράδειγμα και για άλλα παρόμοια έγχειρήματα. Το ERC σήμερα χτίζει πάνω στην κληρονομιά που άφησε πίσω του ο Φώτης Καφάτος με πυξίδα το όραμα και την εμπνευσή του.

Αξίζει να αναφερθῶ, ἔστω ἀποσπασματικά σὲ αὐτὴ τὴ σύντομη ἀναδρομὴ, σὲ μερικὲς δικές του σκέψεις ποὺ ἐξέφρασε δημόσια:

Γιὰ τὴ σχέση του μὲ τὴν ἐξουσία εἶχε πῆ:

«Δὲν ἐπιζητῶ τὴν ἐξουσία, δὲν αἰσθάνομαι τὴν ἀνάγκη νὰ ἀποδείξω πὼς ἔχω δύναμη. Ἀντίθετα, ὑπακούω στὴν ἐσωτερικὴ μου ἀνάγκη νὰ χρη-

σιμοποιῶ τὴν ὅποια δυνατότητα καὶ ἐπιρροή ἔχω γιὰ νὰ κάνω κάτι δημιουργικό, κάτι τὸ ὁποῖο δὲν προωθεῖ κυρίως τὴ δική μου καριέρα ἀλλὰ ὑπηρετεῖ ἕναν εὐρύτερο κοινωνικό στόχο. Τὸ ὅτι ἡ ἐξουσία γιὰ τὴν ἐξουσία μὲ ἀφήνει ἀδιάφορο ἀποτελεῖ μέρος τῆς κοσμοθεωρίας μου καὶ συνδέεται μὲ εὐρύτερες σκέψεις σχετικά μὲ τὸ τί εἴμαστε καὶ ποιὸς εἶναι ὁ προορισμὸς μας στὸ σύντομο χρονικὸ διάστημα τῆς ζωῆς. Πιστεύω ὅτι ὁ προορισμὸς μας ἔχει νὰ κάνει μὲ τὴ δημιουργία, τὴν αὐτογνωσία, τὸν σεβασμὸ τοῦ ἄλλου, τὴν ἠθικὴ καὶ κοινωνικὴ συνείδηση ποὺ μᾶς κάνει πραγματικὰ ἀνθρώπους».

Γιὰ τὴν ἐπιστήμη στὴν Ἑλλάδα εἶπε:

«Ἄν ὅλοι συμφωνοῦν ὅτι ἡ ἐπιστήμη καὶ ἡ ἔρευνα ἀποτελοῦν μοχλὸ μακροχρόνιας ἀνάπτυξης, ὀφείλει καὶ ὁ σχεδιασμὸς νὰ εἶναι ἐξίσου μακροχρόνιος. Πρέπει κανεὶς νὰ τραβήξει τὸ ἐνδιαφέρον τῶν μαθητῶν τοῦ γυμνασίου πρὸς τὴν ἐπιστήμη, νὰ τοὺς ἐκπαιδεύσει σωστὰ καὶ νὰ τοὺς δελεάσει μὲ τὴ βᾶσιμη δυνατότητα δημιουργικῆς ἐργασίας. Πρακτικὰ αὐτὸ σημαίνει ὅτι πρέπει νὰ ὑπάρξει συνέπεια καὶ συνέχεια τῶν πρωτοβουλιῶν τῆς πολιτείας. Πιστεύω πῶς καὶ γενικότερα ἡ ἀλλοπρὸσαλλη ἀσυνέχεια ἀπογοητεύει τοὺς πολίτες καὶ τοὺς ὀδηγεῖ στὴν παραίτηση. Αὐτὸ τὸ τρομερὸ ποὺ λέμε συχνά, ὅτι στὴν Ἑλλάδα δὲν γίνεται τίποτε, εἶναι καταστρεπτικό. Σαφῶς γίνονται σημαντικὰ πράγματα στὴν Ἑλλάδα, ἀς τὰ διαφυλάξουμε. Ἄς χαραχθεῖ μιὰ μακροχρόνια πολιτικὴ. Ἄς πάψουμε νὰ εἴμαστε ἡ χώρα τοῦ Σίσυφου».

Γιὰ τὴ Νέα Βιολογία εἶπε:

«Ἡ συμμετοχή μας στὴ Νέα Βιολογία ἀπαιτεῖ σοβαρὴ ἐπένδυση καὶ ὑποδομή, μὲ τοπικὲς καὶ ἐθνικοῦ ἐπιπέδου μονάδες ποὺ δίνουν πρόσβαση στὶς νέες τεχνολογίες καὶ ὄργανα. Σοβαρὴ ἐπένδυση στὴ διεξαγωγή τῆς ἔρευνας καθαυτῆν, λειτουργικὰ ἔξοδα καὶ ἐκπαιδευμένοι ἄνθρωποι, μὲ αὐστηρὰ ἀξιοκρατικὰ κριτήρια. Τὸ χάσμα ποὺ μᾶς χωρίζει ἀπὸ τίς ἄλλες εὐρωπαϊκὲς χῶρες μεγαλώνει».

Ἐπιτρέψτε μου ἐδῶ νὰ παρεμβάλω μιὰ προσωπικὴ μαρτυρία ποὺ μοῦ ζήτησε νὰ ἀναφέρω ὁ ἐκλεκτὸς συνάδελφος Θανάσης Φωκᾶς:

Πρὶν ἀπὸ 10 χρόνια πραγματοποιήθηκε στὸ σπίτι του στὸ Cambridge μιὰ συνέντευξη-διάλογος μὲ τὸν Φώτη Καφάτο, ἡ ὁποία δημοσιεύτηκε στὸ περιοδικὸ *K* τῆς Καθημερινῆς μὲ τίτλο: «Ἡ ἀλήθεια τῶν μαθηματικῶν καὶ τὸ πεπερωμένο τοῦ γονιδιώματος».

Τότε αποφασίσαμε, λέγει ὁ Θανάσης Φωκᾶς, νὰ συγγράψουμε ἕνα βιβλίο, μιὰ ἀπόφαση ποὺ δυστυχῶς δὲν θὰ ὑλοποιηθεῖ ποτέ. Αὐτὴν τὴν ἀνακοίνωση ἀφιερῶνω στὴ μνήμη τοῦ Φώτη, τοῦ μεγάλου αὐτοῦ ἐπιστήμονα.

Μὲ τὸ πολυσχιδὲς ἔργο του ὁ Φώτης Καφάτος κέρδισε τὴ δική του ἀθανασία. Ἐκεῖνοι ποὺ ἀφήνει πίσω του ἀλλὰ καὶ οἱ μελλοντικὲς γενιὲς στὸ ἐξῆς θὰ τὸν μνημονεύουν καὶ θὰ τὸν μιμοῦνται, ὡς παράδειγμα προσωπικότητας ποὺ στηρίξε τὴν παραγωγικὴ του θητεία σὲ ἀξίες ὅπως ἡ ἀξιοκρατία καὶ ἡ ἀριστεία, ἡ ἐπίμονη καὶ ποιοτικὴ ἐργασία, τὸ ἀνθρωπιστικὸ ἦθος καὶ ὄραμα, ἡ συμβολὴ στὴν ἀνάπτυξη ἐπιστημονικοῦ πολιτισμοῦ μέσα ἀπὸ τὴν ὑποστήριξη καὶ διάδοση τῶν ἀξιῶν τῆς ἐπιστήμης, καὶ ἐν τέλει οἱ πολλαπλὲς εὐκαιρίες ποὺ γενναϊόδωρα ἔδωσε ὁ ἴδιος στοὺς ἄλλους, σὲ ἐπιστροφή τοῦ «δώρου τοῦ χρόνου», ὅπως ἐκεῖνος ἔλεγε ὅτι ἀντιλαμβάνόταν τὴ ζωὴ καὶ σὲ ἀντίθεση μὲ τὴν ἀχάριστη «φειδωλότητα τοῦ χρόνου» ποὺ τοῦ ἐπιφύλασσε ἡ ἴδια.

Κύριε Πρόεδρε, παρακαλῶ, ἂν συμφωνεῖτε, νὰ προσκαλέσετε τὴν Ὀλομέλεια σὲ σιγὴ, ἀφιερωμένη στὴ μνήμη τοῦ μεγάλου αὐτοῦ κοσμοπολίτη Ἑλληνα ἐπιστήμονα καὶ δασκάλου, ποὺ προσέφερε τόσο πολλὰ στὸν τόπο του, τὴν Κρήτη, τὴν Ἑλλάδα καὶ τὸν κόσμον».

Ἡ Ὀλομέλεια τηρεῖ ἐνὸς λεπτοῦ σιγὴ εἰς μνήμην τοῦ ἐκλιπόντος.

---

ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ  
ΤΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΕΡΕΥΝΗΣ



## ΕΚΘΕΣΕΙΣ

### ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

---

Κατὰ τὸ 2017 συνεχίστηκαν οἱ πολλαπλές δραστηριότητες τοῦ Κέντρου. Ἡ ἔρευνα ἐστίασε στὰ ἀκόλουθα ἐπιστημονικά πεδία: Θεωρητική καὶ Παρατηρησιακὴ Γαλαξιακὴ Δυναμικὴ, Μὴ Γραμμικὴ Δυναμικὴ καὶ Χάος, Ἡλιακὴ Φυσικὴ, Μαγνητοϋδροδυναμικὴ, Κοσμολογία. Δημοσιεύθηκαν ἢ ἔγιναν δεκτὲς πρὸς δημοσίευση 61 ἐργασίες σὲ περιοδικὰ μὲ κριτές, καθὼς καὶ σὲ πρακτικὰ συνεδρίων μὲ κριτές ἢ χωρὶς κριτές. Ὁ Ἐπόπτης τοῦ Κέντρου δημοσίευσε τὶς ἐξῆς δύο ἐργασίες του: *Ἵπαρξη ζωῆς στὸ Σύμπαν καὶ Ζωὴ στὸ Σύμπαν*. Ἐπίσης, ἐκδόθηκε τὸ τεῦχος *Νεότερες Ἐξελίξεις στὴν Ἀστρονομία 2017* (ἐπιμ. Γ. Κοντόπουλος – Π. Πάτσης). Τέλος, ὁ Διευθύνων ἐπιμελήθηκε τὴν ἔκδοση τοῦ περιοδικοῦ *Ἵππαρχος τῆς Ἑλληνικῆς Ἀστρονομικῆς Ἑταιρείας*. Οἱ ἐρευνητὲς τοῦ Κέντρου ἔλαβαν μέρος μὲ ἀνακοινώσεις σὲ συνέδρια, ἡμερίδες καὶ ἄλλες συναφεῖς ἐπιστημονικὲς ἐκδηλώσεις. Ἔγιναν 39 σεμινάρια γιὰ θέματα Ἀστρονομίας, Ἀστροφυσικῆς καὶ Μηχανικῆς. Οἱ ἐρευνητὲς ἔδωσαν σειρὰ μαθημάτων σὲ μεταπτυχιακὰ πανεπιστημιακὰ τμήματα, ἐπέβλεψαν 9 διδακτορικὲς διατριβὲς καὶ 3 μεταπτυχιακοὺς φοιτητὲς.

### ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

---

Τὸ Κέντρο συνῆψε συνεργασίες μὲ ἐρευνητικὰ κέντρα τοῦ ἐξωτερικοῦ καὶ μὲ ἑλληνικὰ ἰδρύματα. Ἐπίσης, παρουσίασε ἐργασίες καὶ συμμετέσχε σὲ διεθνῆ ἐπιστημονικὰ συνέδρια, συναντήσεις, καθὼς καὶ σὲ ἐθνικὰ ἐπιστημονικὰ συνέδρια, ἐνῶ δημοσιεύσεις του παρουσιάστηκαν σὲ ἐπιστημονικὰ περιοδικὰ μὲ κριτές. Στὸν Ἐπόπτη τοῦ Κέντρου ἀπονεμήθηκαν σημαντικὲς διακρίσεις.

Ἐκδόθηκε ἡ μελέτη τοῦ Ἡ. Εὐθυμιόπουλου *Τὸ δῆλημα τῆς πεταλούδας* καὶ παρουσιάστηκε τὸ βιβλίο τοῦ καθηγητῆ Γρηγόρη Τσάλτα *Περιβάλλ-*

λον. Διεθνής Προστασία-Πολιτική-Δίκαιο-Θεσμοί. Το Κέντρο συμμετέχει σε πολλά έρευνητικά προγράμματα: α) NEO (Navarino Environmental Observatory), β) «Copernicus Atmosphere Monitoring Service CAMS-84: Global and regional a posteriori validation, including focus on the Arctic and Mediterranean areas-CAMS-84», γ) «The European Network for Observing our Changing Planet-ERA-PLANET».

### ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

---

Ἡ ἔρευνα τοῦ Κέντρου ἐστιάζεται στή δημιουργία ἀλγόριθμων ἀνακατασκευῆς ἱατρικῆς εἰκόνας. Τὸ 2017 ἔγιναν οἱ ἐξῆς δραστηριότητες: 1) Ὁ ἐπόπτης τοῦ Κέντρου, Ἀθανάσιος Φωκᾶς, ἀπέδειξε τὴν ὑπόθεση Lindelöf, ἓνα ἀπὸ τὰ σημαντικότερα ἀνοικτὰ προβλήματα στὴν ἱστορία τῶν μαθηματικῶν. 2) Ἀναπτύχθηκε ὁ aSRT, ἓνας ἀναλυτικὸς ἀλγόριθμος γιὰ τὴν ἀνακατασκευὴ τῆς εἰκόνας τοῦ τομογραφικοῦ SPECT. 3) Δημοσιεύθηκε ἡ μελέτη μὲ τίτλο «Automatic contour determination of multi-object nuclear medicine images». 4) Δημοσιεύθηκε ἡ μελέτη μὲ τίτλο «Radiolabelled Methotrexate as a diagnostic agent of inflammatory target sites in patients with rheumatoid arthritis» καὶ πραγματοποιήθηκαν τέσσερις ὀμιλίες σὲ διεθνή συνέδρια. Τὸ Κέντρο μετέχει στὰ ἐρευνητικὰ προγράμματα «Ἀντίστροφα Προβλήματα καὶ Ἰατρικὴ Ἀπεικόνιση» καὶ «Real-Data Implementation and Evaluation of an Analytic Reconstruction Algorithm: Comparison with FBP and OSEM».

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΤΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

---

	Σελ.
ΒΑΓΕΝΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Νεκρολογία για τὸ ἀντεπιστέλλον μέλος τῆς Ἀκαδημίας Louis Hegedus .....	115
ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. – Ἡ ἀπεξάρτηση τοῦ Τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα καὶ οἱ ἐπιπτώσεις της στὰ μελλοντικά συστήματα μεταφορῶν καὶ συγκοινωνιῶν .....	47
ΔΑΣΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. – Ἡ ἀπόλυτη ἀνθρώπινη σκέψη. Εἰσιτήριοις λόγος τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία ....	193
ΖΕΡΕΦΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ. – Παρουσίαση τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Κωνσταντίνου Συνολάκη κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία .....	181
ΚΟΛΛΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. – Φώτης Καφάτος (1940-2017): Τὸ ἔχνος του στὴν εὐρωπαϊκὴ παιδεία καὶ στὴν ἐπιστημονικὴ ἔρευνα .....	205
ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. – Ὑπαρξὴ ζωῆς στὸ σύμπαν .....	95
ΚΟΥΝΑΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ. – Ἡ πληθυσμικὴ γενετικὴ καὶ ἡ θεωρία περὶ δῆθεν ἀφανισμοῦ τῶν Ἑλλήνων τῆς Πελοποννήσου κατὰ τὸν Μεσαίωνα .....	109
ΚΟΥΝΑΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ. – Ἀναγγελία θανάτου τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους τῆς Ἀκαδημίας Louis Hegedus .....	115
ΚΟΥΝΑΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ. – Ἀστρονομικὲς χρονολογήσεις τοῦ τέλους τοῦ Τρωικοῦ Πολέμου καὶ τῆς ἐπιστροφῆς τοῦ Ὀδυσσεά .....	119
ΜΙΚΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ. – Ἱστομηχανικὴ: Σύγκλιση ἐπιστημῶν γιὰ τὴν υἰγεία τοῦ ἀνθρώπου. Εἰσιτήριοις λόγος τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία .....	18
ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ. – Αὐτοάνοσα νοσήματα: Ἐπιστημονικὸ ταξίδι 45 ἐτῶν. Εἰσιτήριοις λόγος τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία .....	152
ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Ἀναγγελία θανάτου τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἰωακείμ (Μάκη) Τσαπόγα .....	9



ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κ. Ἀντωνίου Μίκου στὴν Ἀκαδημία .....	11
ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Χαράλαμπου Μ. Μουτσόπουλου στὴν Ἀκαδημία .....	143
ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Κωνσταντίνου Συνολάκη στὴν Ἀκαδημία...	179
ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κ. Γεωργίου Δάσιου στὴν Ἀκαδημία .....	187
ΡΟΥΣΣΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ. – Παρουσίαση τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Χαράλαμπου Μ. Μουτσόπουλου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία ....	145
ΣΥΝΟΛΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Μεγάλοι σεισμοὶ καὶ παλιρροιακὰ κύματα στὴν Ἑλλάδα. Εἰσιτήριοις λόγος τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία .....	185
ΦΩΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ. – Παρουσίαση τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κ. Ἀντωνίου Μίκου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία .....	13
ΦΩΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ. – Ἡ περίφημη εἰκασία Riemann .....	171
ΦΩΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ. – Παρουσίαση τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κ. Γεωργίου Δάσιου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία .....	188
<b>ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΕΡΕΥΝΗΣ</b>	
Κέντρον Ἑρευρῶν Ἀστρονομίας καὶ Ἐφηρμοσμένων Μαθηματικῶν .....	213
Κέντρον Ἑρέυνης Φυσικῆς τῆς Ἀτμοσφαιράς καὶ Κλιματολογίας.....	213
Κέντρον Ἑρευρῶν Θεωρητικῶν καὶ Ἐφηρμοσμένων Μαθηματικῶν.....	214





Έκδοτική Παραγωγή



**ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ Α.Β.Ε.Ε.**

Άρδηττού 12-16, 116 36 Άθήνα  
Τηλ.: 210.921.7513, 210.921.4820 • Fax: 210.923.7033  
www.eptalofos.gr • e-mail: info@eptalofos.gr

