



**Εργαστήριο  
Βιορρευσιμηχανικής  
&  
Βιοϊατρικής  
Τεχνολογίας**



**Εθνικό  
Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

**Σχολή  
Μηχανολόγων Μηχανικών**

**Τομέας Ρευστών**

**Εργαστήριο  
Βιορρευτομηχανικής  
&  
Βιοϊατρικής Τεχνολογίας**

**Διευθυντής:  
Καθηγητής Σωκράτης Τσαγγάρης**

**Ηρώων Πολυτεχνείου 9,  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου,  
157 73 ΑΘΗΝΑ**

**Τηλ.: 210 7721043 – 7721026  
Fax: 210 7721057**

**ΑΘΗΝΑ 2007**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Βιορευστομηχανική είναι από τα νεότερα πεδία της επιστήμης του μηχανικού. Χρησιμοποιεί παραδοσιακά εργαλεία και δεξιότητες για να αναλύει και επιλύει προβλήματα στη βιολογία και ιατρική προσφέροντας βελτίωση της ιατρικής περίθαλψης. Η προσφορά της επιτελείται κυρίως μέσω ανάπτυξης σχεδιασμού και κατασκευής είτε τεχνητών οργάνων όπως τεχνητής καρδιάς, νεφρών, πνευμόνων, ήπατος, είτε τεχνητών τμημάτων οργάνων όπως συνθετικά αγγεία, καρδιακές βαλβίδες κλπ.

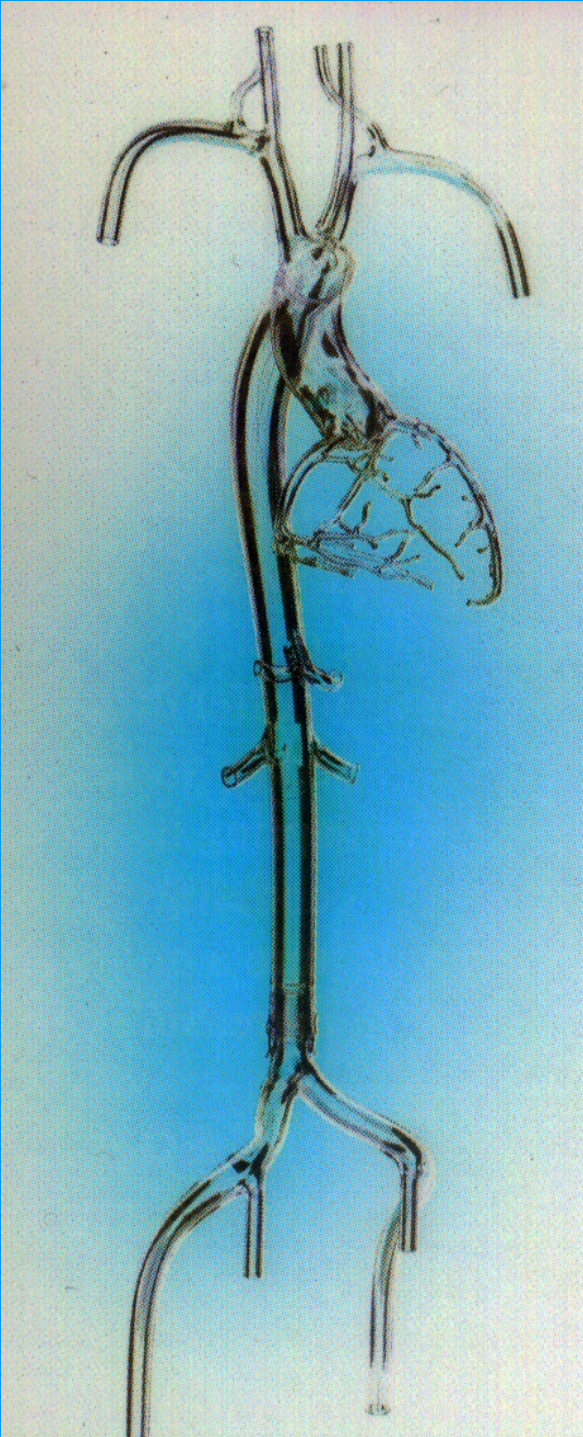
Το Εργαστήριο Βιορευστομηχανικής & Βιοϊατρικής Τεχνολογίας συστάθηκε με το ΠΔ389/2002 (ΦΕΚ336/31-12-02) και ανήκει στον Τομέα Ρευστών της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ. Οι δραστηριότητές του αφορούν κυρίως ανάπτυξη πειραματικών, τεχνικών και θεωρητικών - υπολογιστικών μεθοδολογιών με εφαρμογή την επίλυση προβλημάτων εμβιομηχανικής του κυκλοφορικού, αναπνευστικού και ουροποιητικού συστήματος.

Όσον αφορά την εμβιομηχανική του κυκλοφορικού συστήματος διερευνάται η δυναμική της ροής του αίματος σε μεγάλα αγγεία που εξετάζεται υπολογιστικά με χρήση απλοποιημένων μονοδιάστατων χρονικά μεταβαλλόμενων μοντέλων (ροή στο σύστημα στεφανιαίων αγγείων, εγκεφαλικές ροές στον κύκλο του Willis) καθώς και με αριθμητική επίλυση των εξισώσεων Navier-Stokes συζευγμένων με τις εξισώσεις που περιγράφουν την μηχανική του παραμορφωτού τοιχώματος των αγγείων (ροή σε αρτηριακές στενώσεις, διακλαδώσεις και ανευρύσματα). Επίσης εξετάζονται φαινόμενα διάχυσης ουσιών στις παλλόμενες ροές του αίματος στα αγγεία (διάχυση φαρμάκων). Έχουν κατασκευασθεί εργαστηριακά μοντέλα προσομοίωσης παλλόμενων ροών αίματος σε αγγεία, όπου εξετάζεται η ροή μέσα σε τεχνητά όργανα όπως τεχνητές καρδιακές βαλβίδες, αιμοδυναμική των stents με μεθόδους μέτρησης μεγεθών της ροής (ταχύτητες, πιέσεις, παροχή, διατμητικές τάσεις) καθώς και οπτικοποίησης της ροής (PIV). Επίσης με θεωρητικές και πειραματικές μεθοδολογίες διερευνάται η ροή σε περισταλτικές αντλίες και αντλίες έγχυσης φαρμάκων και γίνεται προσπάθεια βελτιστοποίησής τους. Αναπτύσσονται και εξελίσσονται τεχνικές υποβοήθησης του κυκλοφορικού συστήματος (ενδοαρτηρική αντλία μπαλονιού) και γίνεται υπολογιστική τους προσομοίωση. Διερευνάται η ρεολογία του ολικού αίματος και πλάσματος με μεθόδους ιξωδομετρίας. Έχουν για το σκοπό αυτό αναπτυχθεί στο εργαστήριο νέας μορφής ιξωδόμετρα. Γίνονται θετικές προσπάθειες συσχέτισμού παραμέτρων του ιξώδους του αίματος με παθολογικές καταστάσεις.

Η μικροκυκλοφορία του αίματος εξετάζεται πειραματικά με την ανάπτυξη μεθοδολογίας μέτρησης των ταχυτήτων έμμορφων συστατικών του αίματος μέσω μικροσκοπίου και ανάλυσης εικόνας είτε με τη μέθοδο PIV. Επίσης έχει αναπτυχθεί μέθοδος υπολογιστικής προσομοίωσης ροής αίματος στην μικροκυκλοφορία, όπου μπορούν να προσομοιωθεί η ροή των ερυθρών αιμοσφαιρίων ως σταγόνων αιμοσφαιρίνης που ρέουν σε πλάσμα, η δε κυτταρική τους μεμβράνη προσομοιώνεται είτε ως λεπτή μεμβράνη συγκεκριμένων μηχανικών χαρακτηριστικών είτε ως επιφανειακή τάση.

Εξετάζονται με υπολογιστικές μεθοδολογίες τεχνικές μηχανικής υποστήριξης της αναπνοής, όπως μέθοδος αερισμού με παλλόμενη δέσμη.

Όσον αφορά την εμβιομηχανική του ουροποιητικού συστήματος η κύρια ενασχόληση είναι η ουροδυναμική του κατώτερου ουροποιητικού συστήματος. Έχει αναπτυχθεί μέθοδος βασισμένη στην ανάλυση εικόνας για την μέτρηση της καμπύλης ούρησης. Επίσης έχει αναπτυχθεί θεωρητικό - υπολογιστικό μοντέλο που με χρήση της καμπύλης ούρησης υπολογίζεται η καμπύλη πίεσης κάνοντας χρήση των εξισώσεων ροής.



## ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

### Διευθυντής:

Τσαγγάρης Σωκράτης, Καθ.

### Διοικητική Υποστήριξη:

Μανόπουλος Χρήστος, M.Sc.

### Υποψήφιοι Διδάκτορες:

Βραχλιώτης Σωκράτης, M.Sc.  
Κρίθαρης Ελευθέριος, Διπλ.Μηχ.Μηχ.  
Λαζόπουλος Αναστάσιος, Διπλ.Ναυπ.Μηχ.Μηχ.  
Μανόπουλος Χρήστος, M.Sc.  
Μάνος Θεμιστοκλής, Διπλ.Μηχ.Μηχ.  
Παπαγεωργακόπουλος Ιωάννης, M.Sc.  
Πηλού Μαρίκα, M.Sc.  
Χρισταφάκης Αστέριος, Διπλ.Μηχ.Μηχ.

### Επιστημονικοί Συνεργάτες:

Αθανασίου Αγγελική, Ιατρός  
Αθανασίου Βασίλειος, Δρ.Ιατρός  
Αλεξόπουλος Ιωάννης, Διπλ.Μηχ.Μηχ.  
Βλαχάκης Νικόλαος, Καθ.ΤΕΙ  
Γεωργαντοπούλου Χριστίνα, Δρ.  
Γιαγκίνη Αθηνά, Χημικός  
Καλιακάτσος Χρήστος, Δρ.  
Καραγιαννάκος Παναγιώτης, Ομότ.Καθ.  
Κολυβά Χριστίνα, M.Sc.  
Κονταξάκης Δημήτριος, Δρ.  
Κουερίνης Ηλίας, Λεκτ.  
Κούλλιας Γεώργιος, Καρδιοχειρουργός  
Κουτσιαρής Αριστοτέλης, Δρ.  
Λαζόπουλος Κωνσταντίνος, Αναπλ.Καθ.  
Liersch Dieter, Prof  
Μαθιουλάκης Δημήτριος, Αναπλ.Καθ.  
Μαραγκός Πέτρος, Καθ.  
Μαρινάκης Γεώργιος, Δρ.  
Νεοφύτου Παναγιώτης, Δρ.  
Παπαϊωάννου Θεόδωρος, Λεκτ.  
Πάππου Θεοδώρα, Δρ.  
Pedrizzetti Gianni, Prof  
Πεντάρης Αντώνης, Δρ.  
Perktold Karl, Prof.  
Πογιατζή Αφροδίτη, Αναπλ. Καθ.  
Ποταμιάνος Αλέξανδρος, Καθ.  
Ράμμος Κυριάκος, Αναπλ. Καθ.  
Schima Heinrich, Assoc. Prof.  
Σοκόλης Δημήτριος, Δρ.Ερευνητής  
Σταματελόπουλος Κίμων, Ομοτ.Καθ.  
Stergiopoulos Nikos, Prof.

## ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

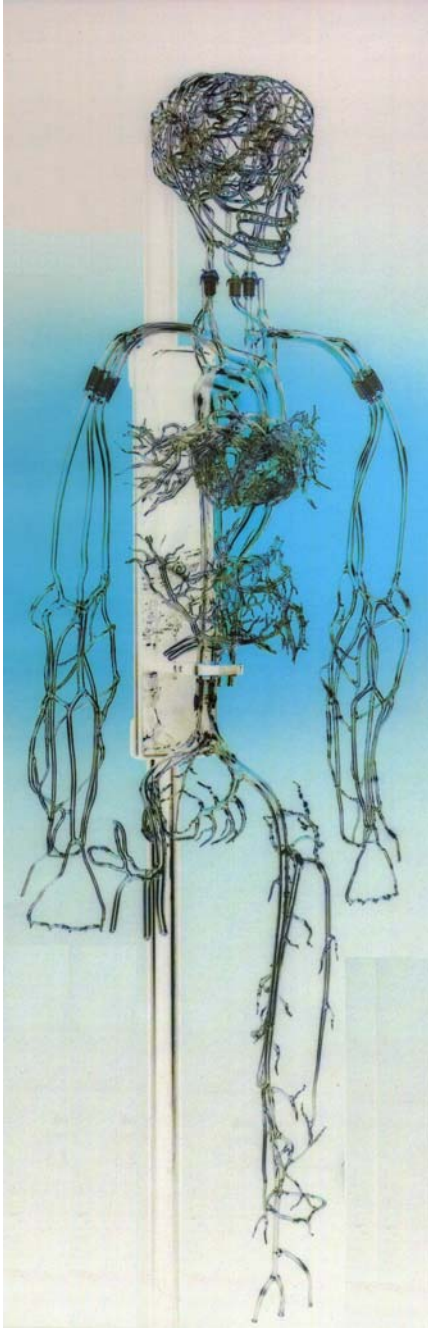
Το κύριο ερευνητικό πεδίο με το οποίο ασχολείται το Εργαστήριο καλύπτει, τόσο θέματα Βασικής Έρευνας, όσο και Εφαρμοσμένης που σχετίζονται με την επιστήμη της Βιορευστομηχανικής και Βιοϊατρικής Τεχνολογίας.

Ειδικότερα τα πεδία δραστηριοποίησης του Εργαστηρίου είναι:

- Ανάλυση μη-γραμμικών δυναμικών συστημάτων στη Βιορευστομηχανική
- Μοντελοποίηση βιορευστομηχανικών - αιμοδυναμικών συστημάτων
- Πειραματική και Υπολογιστική Βιορευστομηχανική
- Επίλυση εξισώσεων Navier-Stokes με κινούμενα και με μη δομημένα πλέγματα
- Διάδοση κυμάτων σε αγγεία
- Βιορεολογία & Κλινική Αιμορεολογία (Ιξωδομετρία)
- Μελέτη Μη Μόνιμων Παλλόμενων Ροών (φυσιολογικών και μη) και μετρήσεις αυτών
- Προσομοίωση καρδιαγγειακών δικτύων (Ρευστομηχανική της Εγκεφαλικής, Στεφανιαίας Κυκλοφορίας και της Μικροκυκλοφορίας)
- Μηχανική του τοιχώματος αγγείων
- Ροές σε δομές με κινούμενα όρια (εύκαμπτοι και συρρικνούμενοι αγωγοί)
- Μηχανική μη-Νευτώνειων Ρευστών
- Αρτηριακά μοσχεύματα, μελέτη στενώσεων και διακλαδώσεων αγωγών σε μη μόνιμη ροή, stents, καρδιακές βαλβίδες
- Μηχανήματα τεχνητής καρδιάς, αναπνευστικά-αναισθησιολογικά, τεχνητού νεφρού, υποβοήθησης της αιματικής κυκλοφορίας
- Αντλίες έγχυσης φαρμάκων, μπαλονιού, περισταλτικές και μικροαντλίες
- Μηχανική της αποκατάστασης

## ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

- Ανάπτυξη διαγνωστικής συσκευής για τον προσδιορισμό παραμέτρων του κατώτερου ουροποιητικού συστήματος.
- Μελέτη και κατασκευή παροχομέτρου αίματος με χρήση LASER, (ΓΓΕΤ-ΠΑΒΕ).
- Αιμοδυναμικές παράμετροι στην αθηρογένεση, (ΓΓΕΤ-ΠΕΝΕΔ).
- Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Βιοϊατρικής Τεχνολογίας, (ΥΠΕΠΘ-ΕΠΕΑΕΚ).
- Αξιολόγηση ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού που θα μετεγκατασταθεί σε νέα υποδομή (Εφαρμογή στο νοσοκομείο Κέρκυρας), Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Υγεία-Πρόνοια, (ΠΕΠ).
- Μελέτη ρευστομηχανικών και αιμοδυναμικών φαινομένων κατά τη λειτουργία τεχνητών οργάνων στο καρδιαγγειακό σύστημα", (ΓΓΕΤ-ΠΕΝΕΔ).
- Αεροδυναμική ανάλυση του ανθρώπινου ηχητικού σωλήνα με εξισώσεις Navier-Stokes και συσχετισμός με την παραγωγή φωνής, (ΕΜΠ-ΕΠΙΣΕΥ-Αρχιμήδης).
- Μόνιμη και μη ροή (βιολογικών) ασυμπιέστων ρευστών σε αγωγούς με εύκαμπτα τοιχώματα.
- Μελέτη ρευστομηχανικών και αιμοδυναμικών φαινομένων κατά τη λειτουργία τεχνητών οργάνων στο καρδιαγγειακό σύστημα, (ΓΓΕΤ-ΠΕΝΕΔ).
- Υπολογιστική προσομοίωση της ροής αίματος στα επικάρδια στεφανιαία αγγεία.
- Ανάπτυξη μίας ασθενούς ψευδοφασματικής μεθοδολογίας με εφαρμογή στην υπολογιστική δυναμική των ρευστών και στην αεροακουστική ανάλυση παλλόμενων εσωτερικών ροών.
- Μοντελοποίηση, σύνθεση και αναγνώριση φωνής με υπολογιστική αεροδυναμική ανάλυση του ανθρώπινου ηχητικού σωλήνα, Πολυτεχνείο Κρήτης, (ΓΓΕΤ-ΠΕΝΕΔ, ΑΕ Συστημάτων επικοινωνίας φωνής διάλογος).
- Συμβολή των αιμοδυναμικών παραγόντων στην πρόκληση ιστομορφολογικών αλλοιώσεων του τοιχώματος των αρτηριοφλεβικών αναστομών, (ΓΓΕΤ-ΠΕΝΕΔ, EPFL).
- Ανάπτυξη υπολογιστικών μεθοδολογιών για την μελέτη διφασικών ροών ρευστού που περιέχει σταγόνες άλλου ρευστού, με εφαρμογή στην μικροκυκλοφορία του αίματος.
- Ανάπτυξη οπτικών μεθόδων για τη μέτρηση της ταχύτητας ροής σε μικροαγγεία in-vitro και in - vivo.
- Εξέλιξη αριθμητικών μεθοδολογιών για την πρόβλεψη αλληλεπίδρασης ροής και κίνησης-παραμόρφωσης τοιχώματος.
- Ανάπτυξη λογισμικού διερεύνησης αιματικών ροών, (ΓΓΕΤ-ΠΕΝΕΔ).
- Σχεδιασμός και κατασκευή ιξωδομέτρων αίματος και μέτρηση ρεολογικών χαρακτηριστικών αίματος.
- Σχεδιασμός και κατασκευή πρότυπων αντλιών διακίνησης βιολογικών ρευστών και φαρμάκων, (ΕΠΕΑΕΚ-Αρχιμήδης).
- Εξέλιξη αριθμητικών μεθοδολογιών για την πρόβλεψη αλληλεπίδρασης ροής και κίνησης - παραμόρφωσης, (ΕΜΠ-Καραθεοδωρή).





## ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Το Εργαστήριο Βιορευστομηχανικής και Βιοϊατρικής Τεχνολογίας έχει μέχρι σήμερα πραγματοποιήσει τη δημοσίευση περισσότερων των εκατό (100) ερευνητικών άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές καθώς και σε επιστημονικά συνέδρια και βιβλία-συγγράμματα.



## ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Το Εργαστήριο Βιορευστομηχανικής και Βιοϊατρικής Τεχνολογίας διδάσκει σε προπτυχιακό επίπεδο στους φοιτητές της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ το ομώνυμο μάθημα με τίτλο **Βιορευστομηχανική και Βιοϊατρική Τεχνολογία** μέσα από παραδόσεις, εργαστηριακές ασκήσεις, εκπόνηση θεμάτων-ασκήσεων, πραγματοποίηση κάποιων επισκέψεων σε νοσοκομεία και εταιρείες που σχετίζονται με την υγεία και διάφορα βιοϊατρικά προϊόντα, ενώ δίνεται κατάλληλο σύγγραμμα για τη μελέτη του μαθήματος από τις εκδόσεις ΕΜΠ.

Μαθήματα σε μεταπτυχιακό επίπεδο διδάσκονται στα πλαίσια του ΔΠΜΣ-Βιοϊατρικής Τεχνολογίας που λειτουργεί από το 1994 και συμμετέχουν οι Σχολές Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ καθώς και το Τμήμα Ιατρικής της Σχολής Επιστημών Υγείας του Πανεπιστημίου Πατρών. Στο δεύτερο εξάμηνο του συγκεκριμένου ΔΠΜΣ μια από τις τρεις κατευθύνσεις είναι η «Εμβιομηχανική» όπου συνολικά προσφέρονται επτά μεταπτυχιακά μαθήματα στην περιοχή της Βιοϊατρικής από τα οποία το εργαστήριο διδάσκει δύο (2). Τη **Βιορευστομηχανική** και την **Ιατρική Οργανολογία** για τα οποία δίνονται τα αντίστοιχα συγγράμματα από τις εκδόσεις ΕΜΠ.

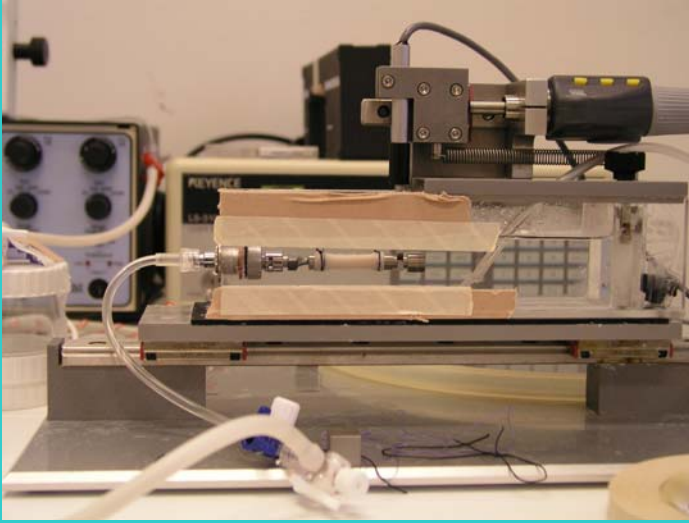
Στο Εργαστήριο έχουν εκπονηθεί πάνω από πενήντα (50) διπλωματικές εργασίες σε προπτυχιακό επίπεδο, πάνω από δέκα (10) σε μεταπτυχιακό επίπεδο, όλες στην περιοχή της Βιορευστομηχανικής και Βιοϊατρικής Τεχνολογίας. Μέχρι σήμερα έχουν περατωθεί πέντε (5) διδακτορικές διατριβές ενώ εκπονούνται οκτώ (8)



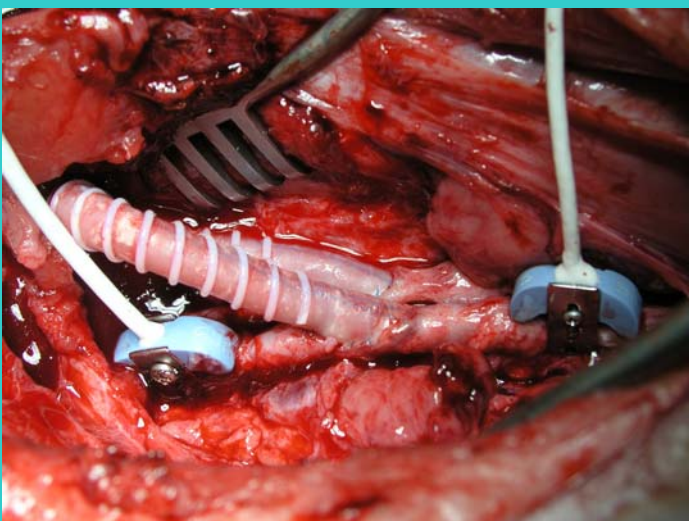
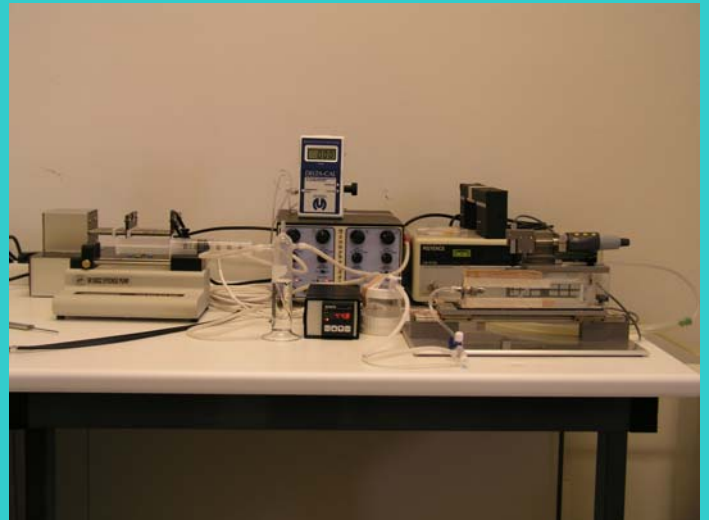
## ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Θεραπευτική Κλινική (Νοσοκομείο Αλεξάνδρα) Ιατρικής Σχολής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ).
- Τομέας Μηχανικής Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών & Φυσικών Επιστημών (ΣΕΜΦΕ) ΕΜΠ.
- Ερευνητικό Πανεπιστημιακό Ινστιτούτο Συστημάτων Επικοινωνιών και Υπολογιστών (ΕΠΙΣΕΥ).
- Εργαστήριο Πληροφορίας και Δικτύων Πολυτεχνείου Κρήτης.
- Τομέας Σημάτων Ελέγχου και Ρομποτικής Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ.
- Laboratory of Hemodynamics and Cardiovascular Technology, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL).
- Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών (ΕΚΕΦΕ) Δημόκριτος.
- Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών (ΙΙΒΕΑΑ).
- Εργαστήριο Μηχανικής Ρευστών & Υδραυλικών Στροβιλομηχανών Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών ΤΕΙ Χαλκίδας.
- Πανεπιστημιακό Εργαστήριο Πειραματικής Χειρουργικής και Χειρουργικής Έρευνας Λαϊκού Νοσοκομείου Αθηνών.
- Πανεπιστημιακό Εργαστήριο Πειραματικής Φυσιολογίας Λαϊκού Νοσοκομείου Αθηνών.
- Ουρολογικό Τμήμα Γενικού Νοσοκομείου Αθηνών «Γ. Γεννηματάς».
- Μονάδα Βιοϊατρικής και Τεχνολογίας Αποκατάστασης (ΒΙΤΑ), Εθνικού Ιδρύματος Αποκατάστασης Αναπήρων (ΕΙΑΑ).
- Μονάδα Υποβοηθούμενης Αναπαραγωγής, Μαιευτικής-Γυναικολογικής Κλινικής «Μητέρα».
- Πανεπιστημιακή Καρδιολογική Κλινική Ιπποκράτειου Νοσοκομείου Αθηνών.
- Πανεπιστημιακή Καρδιοχειρουργική Κλινική Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ).
- Center for Biomedical Engineering and Physics, Medical University of Vienna, Austria.
- Institute of Mathematics, Graz University of Technology, Austria.
- Institut für Biotechnik e.V., University of Applied Sciences, Munich, Germany.
- Geotechnical and Hydraulics Section, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Trieste.

## ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

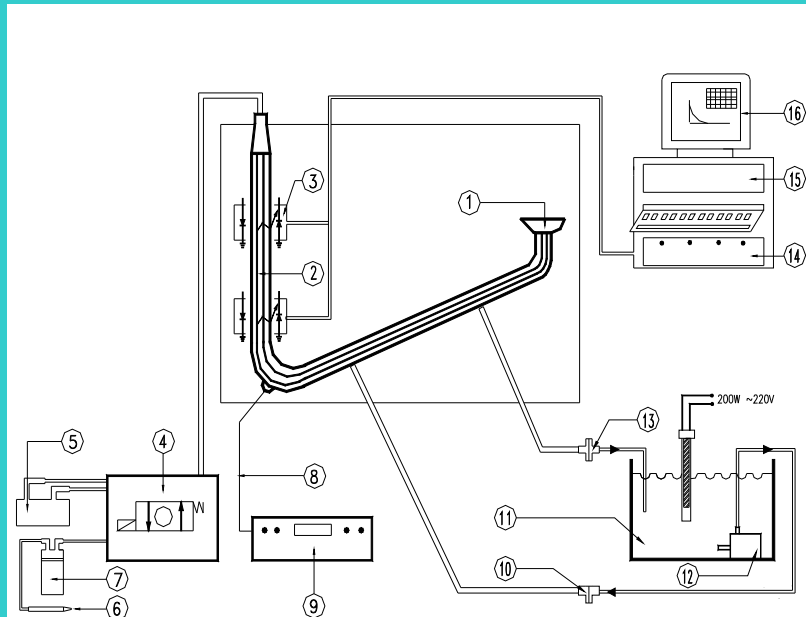


Συσκευή προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων αγγείων μέσω έκτασης και διάτασης (extension - inflation)

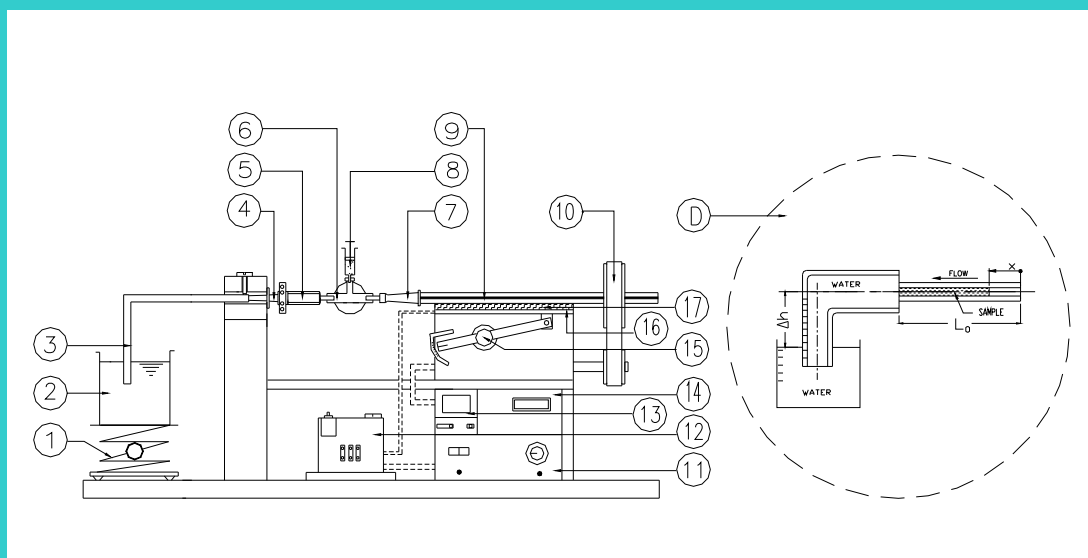


Αρτηριοφλεβική αναστόμωση με μόσχευμα από πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE) και μετρήσεις ροής με κεφαλές υπερήχων Doppler





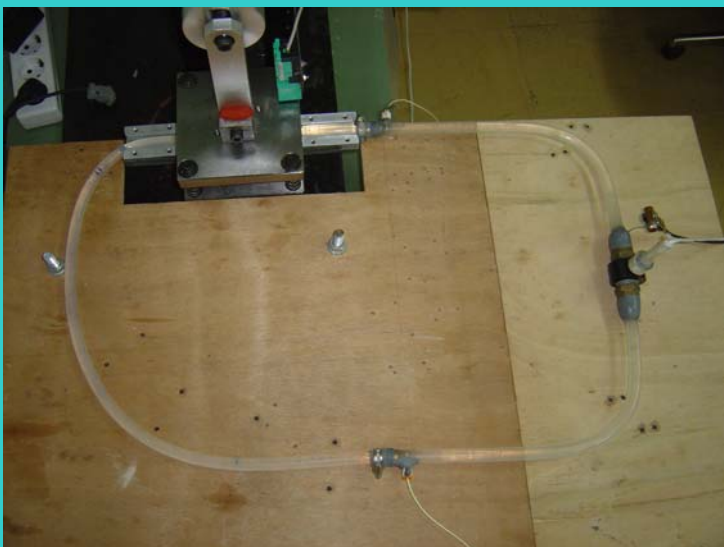
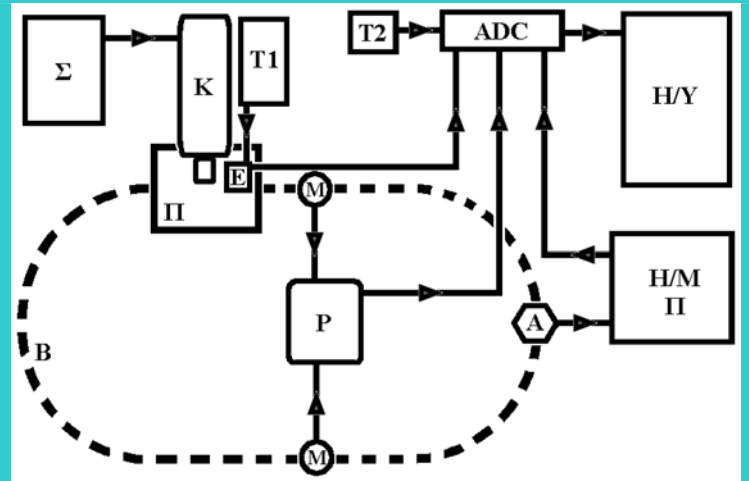
**Ιξωδόμετρο τριχοειδούς σωλήνα για τη μέτρηση του ολικού ιξώδους του αίματος**

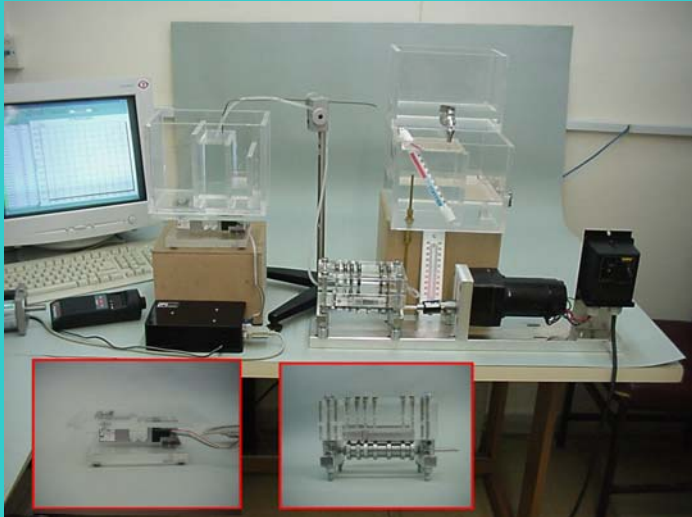


**Ιξωδόμετρο τριχοειδούς σωλήνα για μικρό δείγμα αίματος**

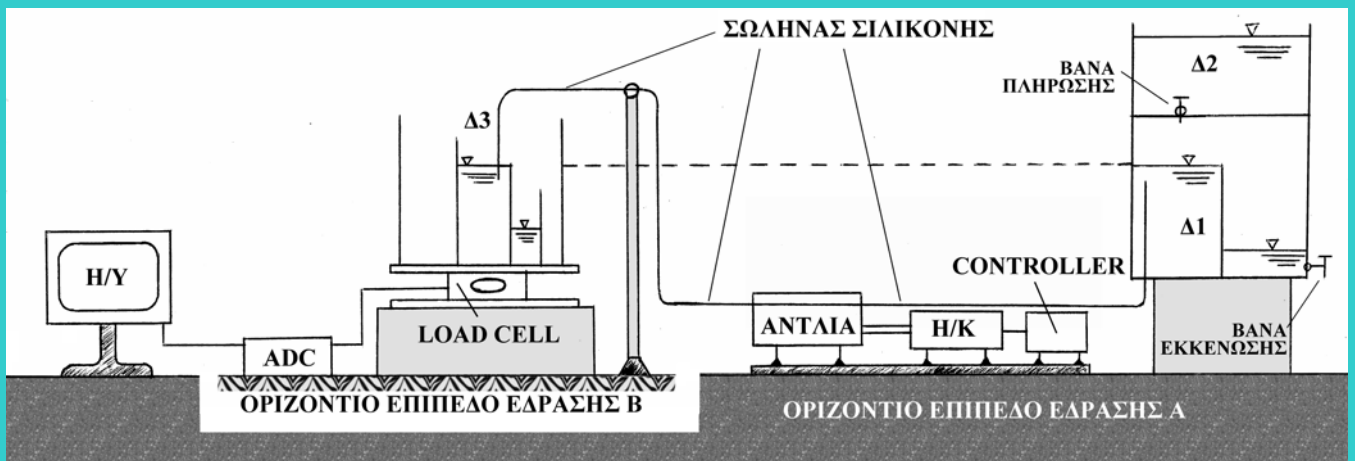
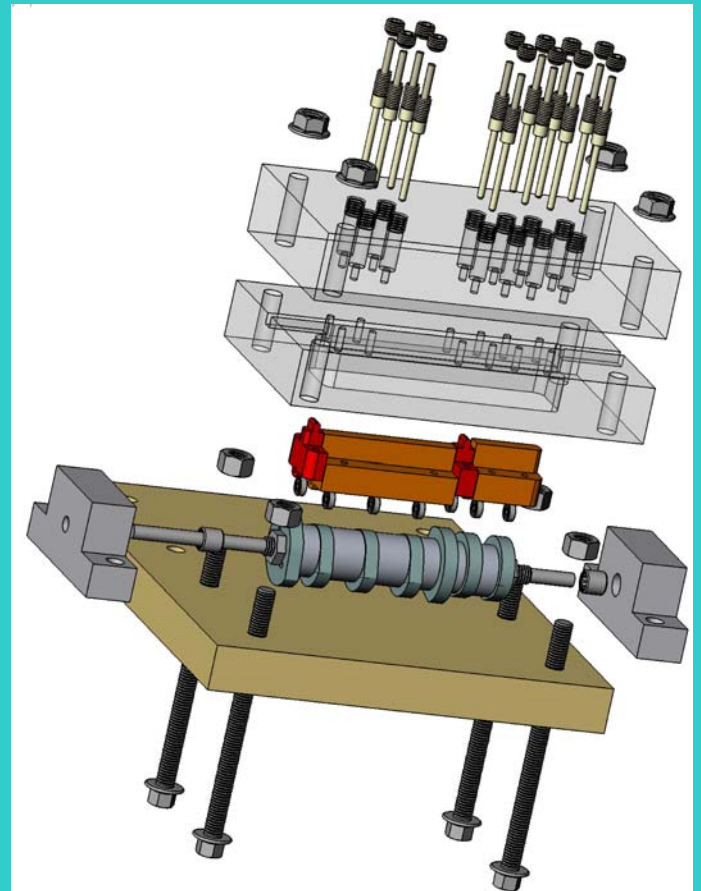


Πειραματική διάταξη άντλησης χωρίς βαλβίδες κλειστού βρόγχου





**Πειραματική διάταξη δοκιμής πρωτότυπης δίχρονης περισταλτικής αντλίας**





**Εθνικό  
Μετσόβιο Πολυτεχνείο**  
**Σχολή  
Μηχανολόγων Μηχανικών**

**Τομέας Ρευστών**

**Εργαστήριο  
Βιορρευστομηχανικής  
&  
Βιοϊατρικής Τεχνολογίας**

**Διευθυντής:  
Καθηγητής Σωκράτης Τσαγγάρης**

**Ηρώων Πολυτεχνείου 9,  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου,  
157 73 ΑΘΗΝΑ**

**Τηλ.: 210 7721043 – 7721026  
Fax: 210 7721057**

**ΑΘΗΝΑ 2007**