



Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας



Τεχνολογία Μικρών Σκαφών

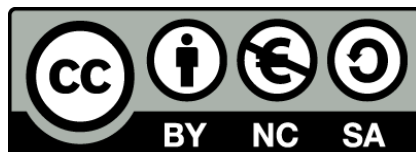
Ενότητα 8: Πρόωση ταχυπλόων

Σοφία Πέππα

Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών ΤΕ

Γρηγόρης Γρηγορόπουλος

Σχολή Ναυπηγών Μηχανολ. Μηχ. ΕΜΠ



Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

Πρόωση 1/3

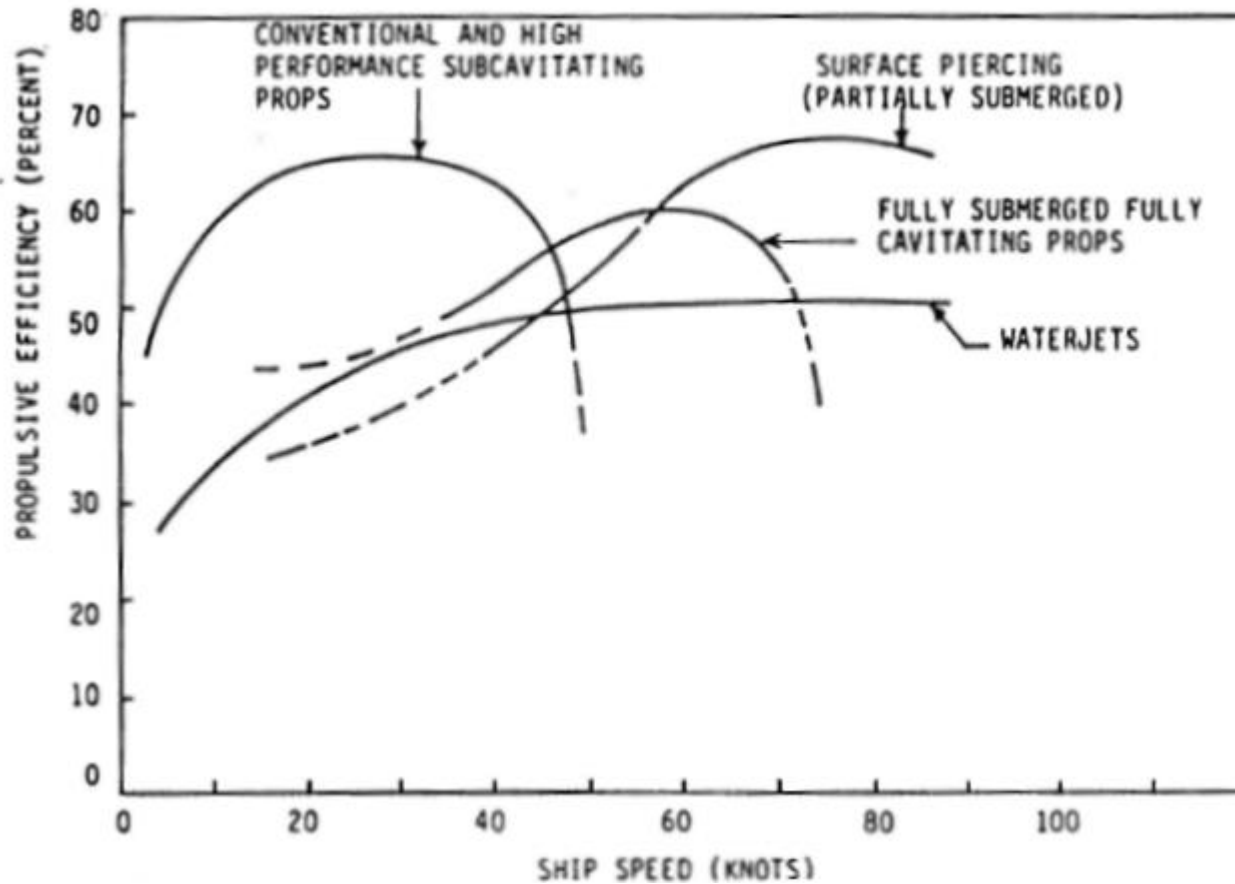
Συστήματα πρόωσης πλοίων:

1. Συστήματα με έλικες,
2. Συστήματα υδραυλικής αντίδρασης (water-jets),
3. Συστήματα προώθησης αέρα (Air propulsion systems).

Πρόωση 2/3

- **Έλικες:** το πιο διαδεδομένο σύστημα πρόωσης για μικρές και μεγάλες ταχύτητες σχεδίασης.
- **Συστήματα υδραυλικής αντίδρασης (water-jets), και τα συστήματα προώθησης αέρα (Air propulsion systems):** χρησιμοποιούνται μόνο σε ταχύπλοα σκάφη με μικρό σχετικά εκτόπισμα, όπου απαιτούνται κατά κανόνα σχετικά μεγάλες ισχύς σε, κατά το δυνατόν, περιορισμένο χώρο.
- **Συστήματα προώθησης αέρα:** χρησιμοποιούνται σε αερόστρωμα σκάφη (hovercrafts).

Πρώση 3/3



Allison (1978)

Πρόωση με έλικες 1/5

Τα συστήματα πρόωσης με έλικες αποτελούνται από:

- Μία ή περισσότερες έλικες **σταθερού βήματος** (fixed-pitch) ή **μεταβλητού βήματος** (controllable-pitch, CPP),
- Τα παρελκόμενα στήριξης της έλικας,
- Το μειωτήρα,
- Τη μηχανή.

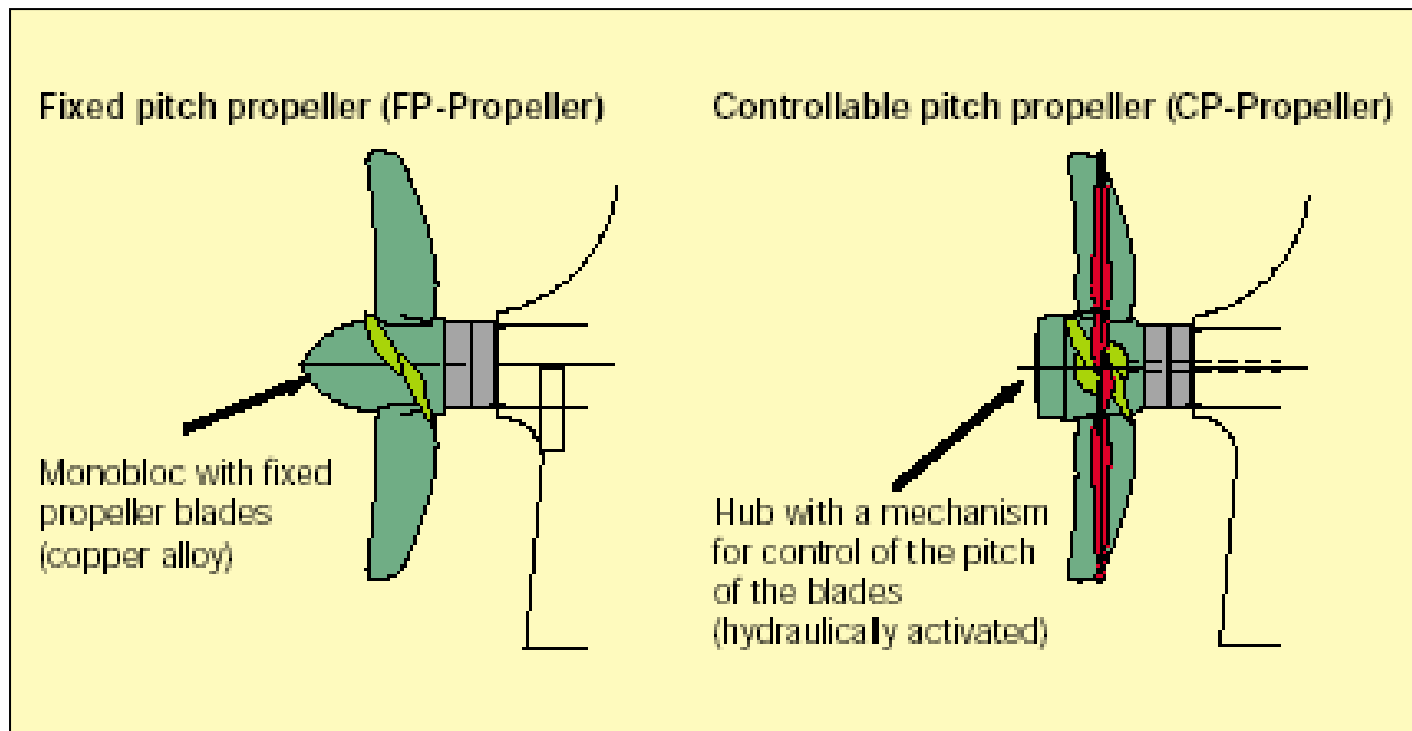
Πρόωση με έλικες 2/5

Έλικες σταθερού & μεταβλητού βήματος

- Οι έλικες σταθερού βήματος (fixed-pitch) είναι ενιαία χυτά κομμάτια (συνήθως κράμα χαλκού).
- Οι έλικες μεταβλητού βήματος (controllable-pitch, CPP) έχουν μεγαλύτερη πλύμνη από αυτές του σταθερού βήματος γιατί περιέχουν τον υδραυλικό μηχανισμό ελέγχου της γωνίας βήματος των πτερυγίων. Χρησιμοποιούνται στα κρουαζιερόπλοια και στα ferries που απαιτούν υψηλές ελικτικές ικανότητες.

Πρόωση με έλικες 3/5

Έλικες σταθερού και μεταβλητού βήματος

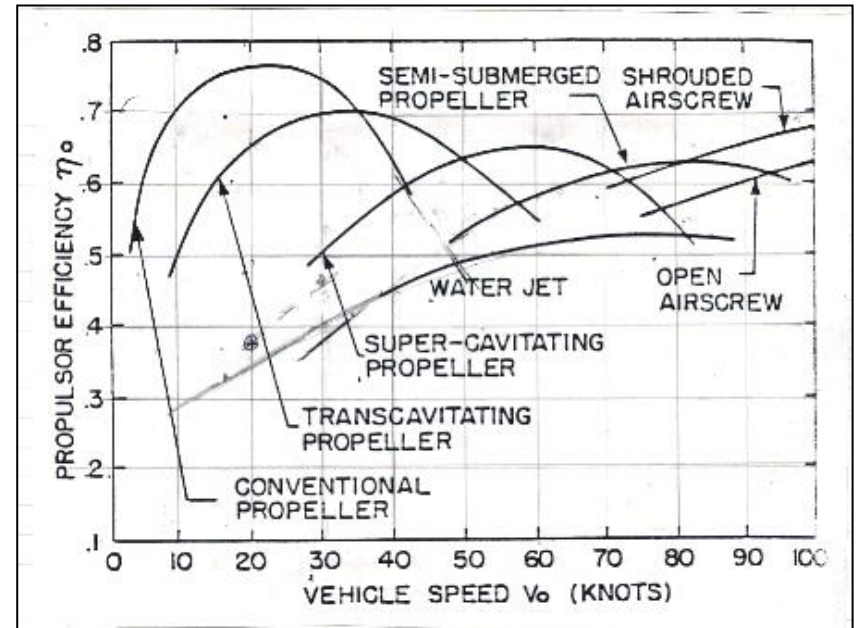


Πρόωση με έλικες 4/5

- Στα σκάφη που πλέουν σε κατάσταση εκτοπίσματος οι έλικες τοποθετούνται στη συνέχεια της πρύμνης.
- Στα ταχύπλοα σκάφη με πρύμνη καθρέφτη, οι έλικες:
 - τοποθετούνται σε **κεκλιμένους άξονες** (inclined-shaft mountings) κάτω από τον πυθμένα του σκάφους στην περιοχή της πρύμνης,
 - στηρίζονται σε **κατακόρυφα πόδια** (rod-strut). Η μετάδοση, με σύστημα κωνικών οδοντωτών τροχών, αλλάζει την κατεύθυνση του άξονα περιστροφής κατά 90°.

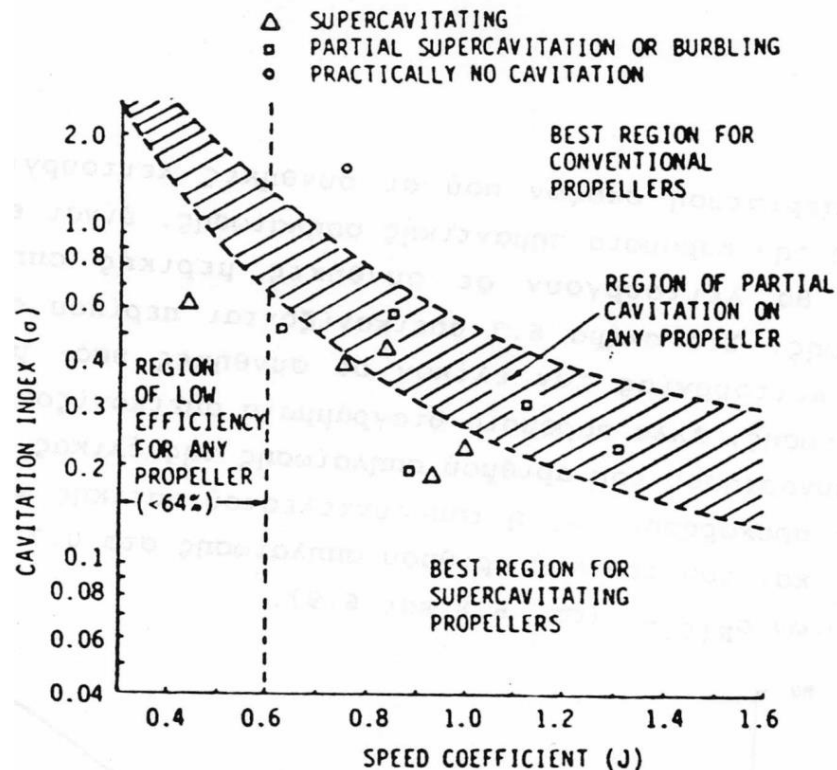
Πρόωση με έλικες 5/5

- Τύποι ελίκων:
 - Έλικες υποσπηλαίωσης (subcavitating propellers), ταχύτητες < 40 kn.
 - Έλικες σε συνθήκες μερικής σπηλαίωσης (transcavitating propellers).
 - Έλικες υπερσπηλαίωσης (super-cavitating propellers), ταχύτητες > 40 kn.
 - Υπεραεριζόμενες έλικες (super-ventilated propellers): Μερικώς βυθισμένες (partially or semi-submerged), αναβαπτιζόμενες (surface piercing propellers, SPP).



Έλικες υποσπηλαίωσης 1/8

- Οι έλικες υποσπηλαίωσης, είναι **ακατάλληλες** για ταχύτητες > 40 κόμβων γιατί λόγω της σπηλαίωσης (cavitation) παρουσιάζουν αυξημένη μηχανική διάβρωση (erosion).



Έλικες υποσπηλαίωσης 2/8

- Είναι επιθυμητό να αποφεύγονται οι φυσαλίδες σπηλαίωσης γιατί η καταστροφή τους, καθώς μετακινούνται σε περιοχή υψηλότερης πίεσης πάνω στη επιφάνεια του πτερυγίου, μπορεί να προκαλέσει:
 - σοβαρή μηχανική διάβρωση (erosion) και
 - ταλαντώσεις (vibrations).
- Στην πράξη, λίγες έλικες ταχυπλόων λειτουργούν εξ ολοκλήρου σε συνθήκες ελλείψεως σπηλαίωσης, λόγω:
 - Της κυκλικής μεταβολής της γωνίας πρόσπτωσης της ροής που προκαλείται από την κλίση του άξονα περιστροφής και
 - Των ασταθών (unsteady) συνιστωσών του ομόρου που προσάγεται στην έλικα.

Έλικες υποσπηλαίωσης 3/8

Σχεδίαση

Στόχος: η πιο αποδοτική έλικα (εντός των περιορισμών διαμέτρου, ικανοποιώντας τις ανοχές από τη γάστρα) έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή ταχύτητα του σκάφους με:

- την ελάχιστη κατανάλωση καυσίμου και
- με ικανοποιητική διάρκεια ζωής της έλικας.

Έλικες υποσπηλαίωσης 4/8

Σχεδίαση

Οι κύριες παράμετροι σχεδίασης μιας έλικας είναι:

- η διαμέτρος της έλικας, D
- το βήμα της έλικας, P
- ο λόγος εκτεταμένης επιφάνειας της έλικας προς το εμβαδόν του δίσκου τη, $\alpha_E = A_E/A_0$ και
- οι στροφές λειτουργίας της έλικας, n (RPM).

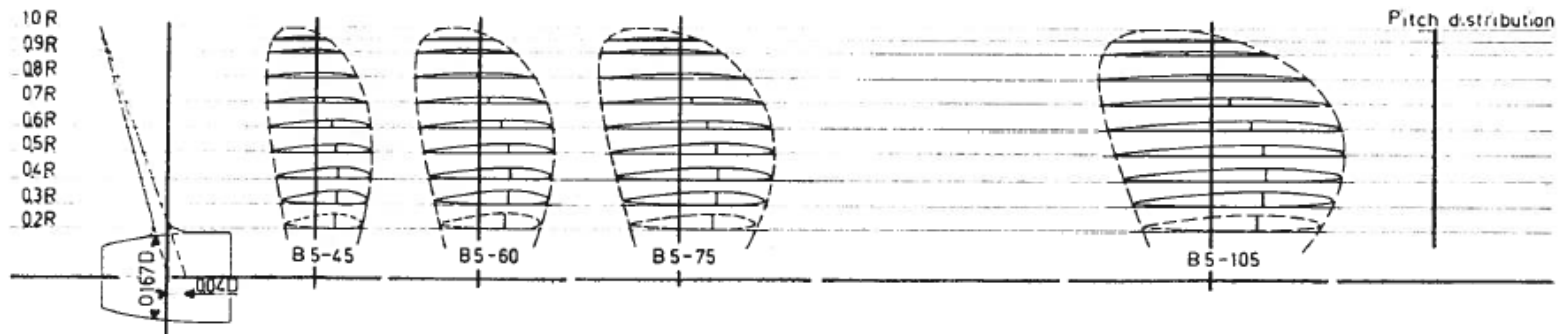
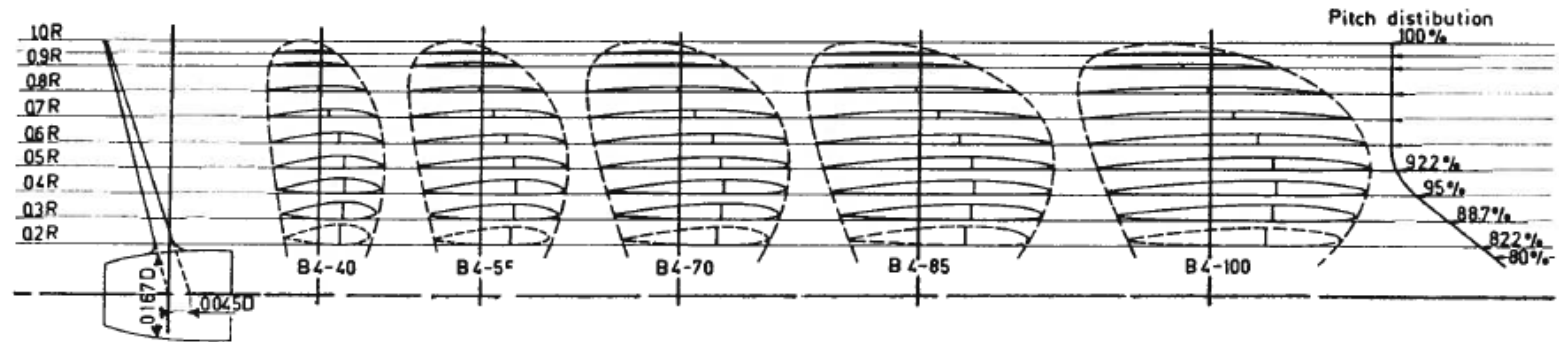
Έλικες υποσπηλαίωσης 5/8

- Εκλογή υλικού έλικας με καλή αντοχή σε σπηλαίωση,
- Καλή υδροδυναμική σχεδίαση της γάστρας του σκάφους, των παρελκομένων και της ίδιας της έλικας,
- Επικάλυψη της έλικας με υλικό που παρουσιάζει αντοχή στη σπηλαίωση.

Έλικες υποσπηλαίωσης 6/8

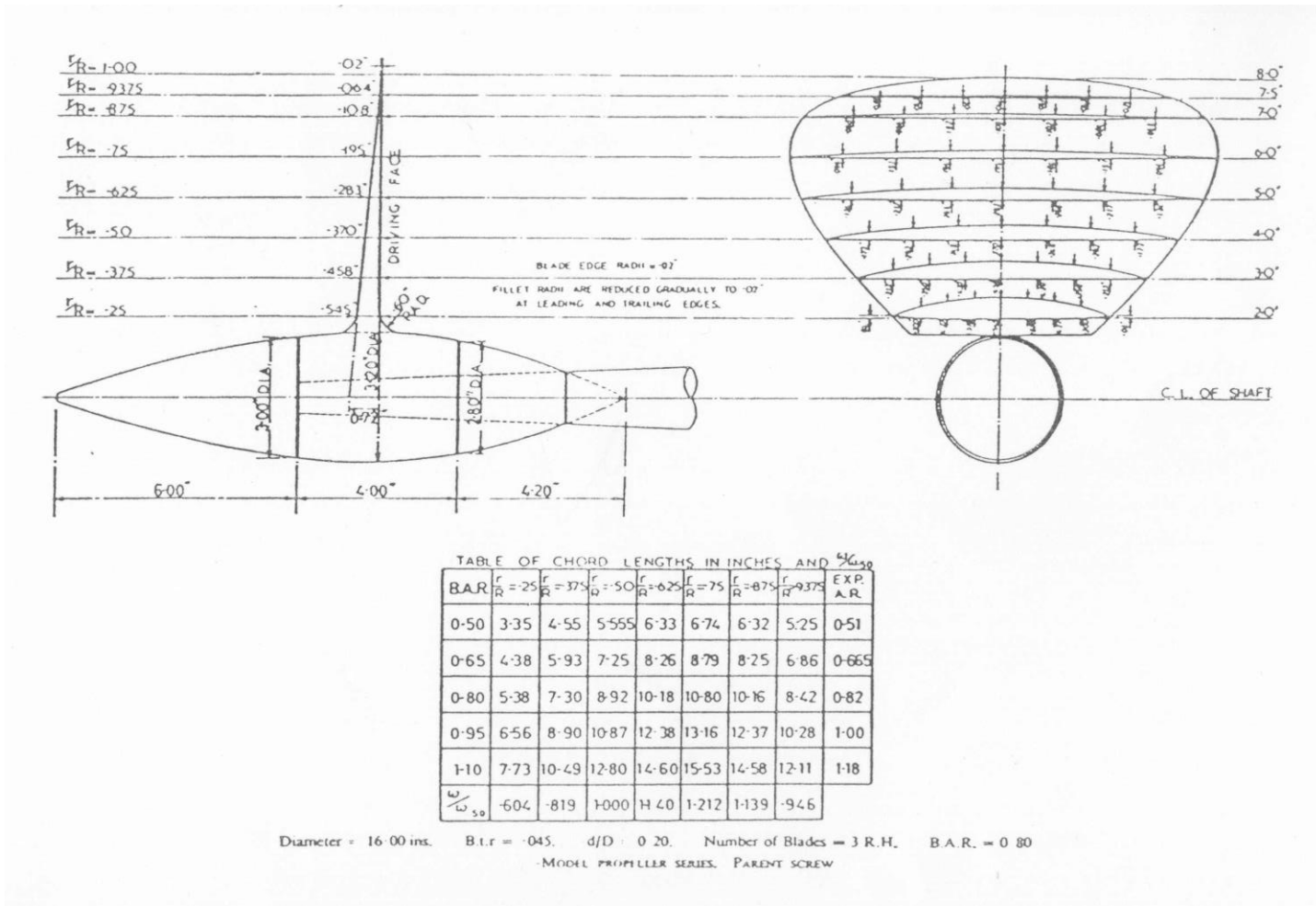
- Οι υδροτομές των ελίκων στις κυριότερες συστηματικές σειρές ελίκων υποσπηλαίωσης είναι:
 - Αεροτομές NACA (Σειρά ελίκων Wageningen Troost B-series) ή
 - Απλοποιημένες αεροτομές, με μορφή κυκλικών τμημάτων, (σειρά ελίκων Gawn-Burrill).

Έλικες υποσπηλαίωσης 7/8



Η γεωμετρία της σειράς ελίκων Wageningen B-series

Έλικες υποσπηλαίωσης 8/8



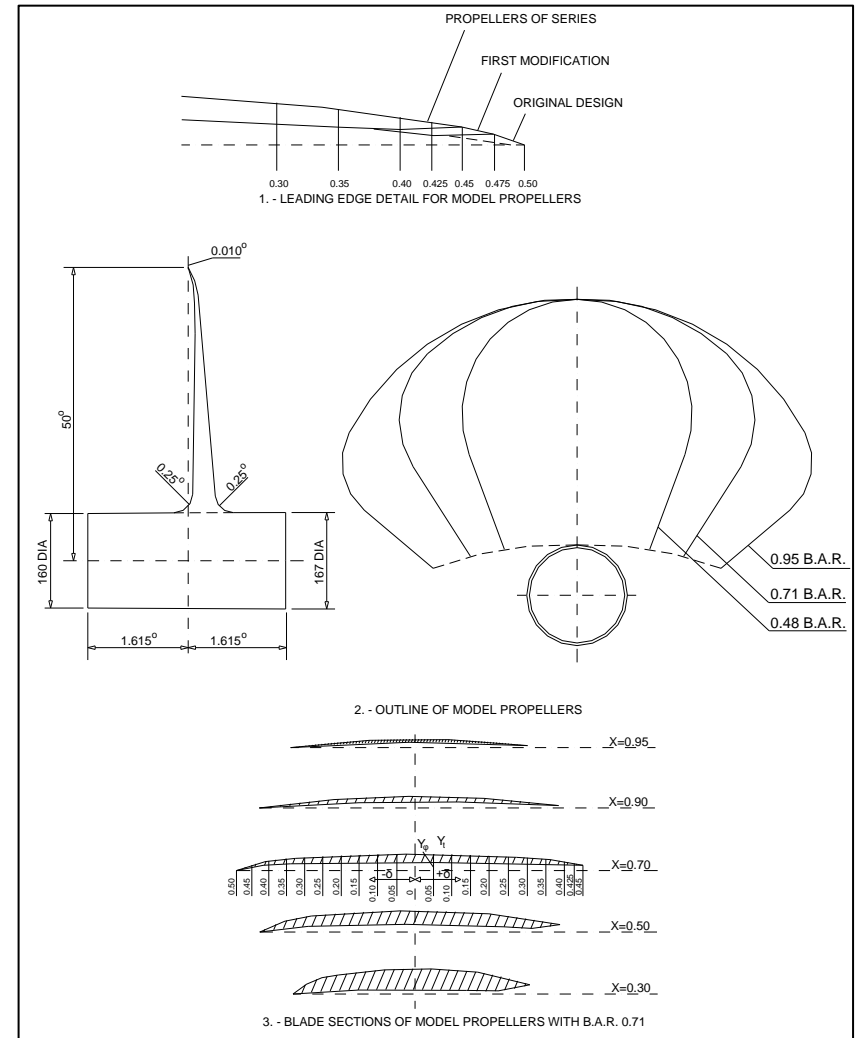
Η γεωμετρία της σειράς ελίκων Gawn-Burrill.

Έλικες μερικής σπηλαίωσης

- Σε συνθήκες μερικής σπηλαίωσης μπορούν να λειτουργήσουν και οι κοινές έλικες υποσπηλαίωσης Wageningen και Gawn-Burrill με αντίστοιχη μείωση της απόδοσης και της διάρκειας ζωής.
- **Cupping:** κάμψη της ακμής εκφυγής των υδροτομών των πτερυγίων μιας έλικας Gawn-Burrill, με συνέπεια τη δημιουργία θετικής κυρτότητας στις υδροτομές. Βελτίωση της συμπεριφορά της έλικας σε συνθήκες λειτουργίας μερικής σπηλαίωσης.

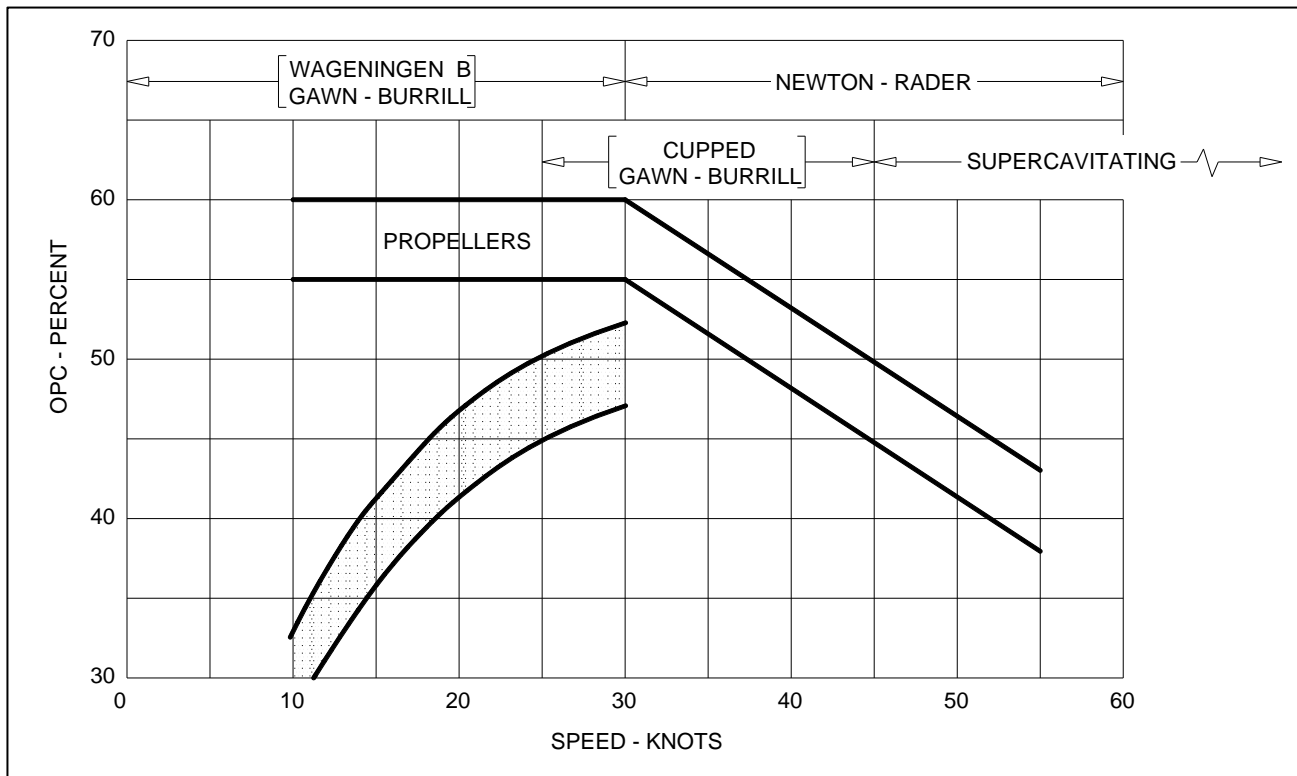
Σειρά ελίκων Newton-Rader

- Συστηματική σειρά ελίκων **Newton-Rader**: Πολύ καλά αποτελέσματα σε συνθήκες μερικής σπηλαίωσης, αλλά και υπερσπηλαίωσης
- Οι υδροτομές των ελίκων της σειράς διαθέτουν οξεία ακμή στο χείλος πρόσπτωσης και παρουσιάζουν θετική κυρτότητα στην πρόσοψη των πτερυγίων.



Ολικός βαθμός απόδοσης συστήματος πρόωσης

Ολικός βαθμός απόδοσης διαφόρων
συστημάτων πρόωσης



Έλικες υπερσηλαίωσης 1/3

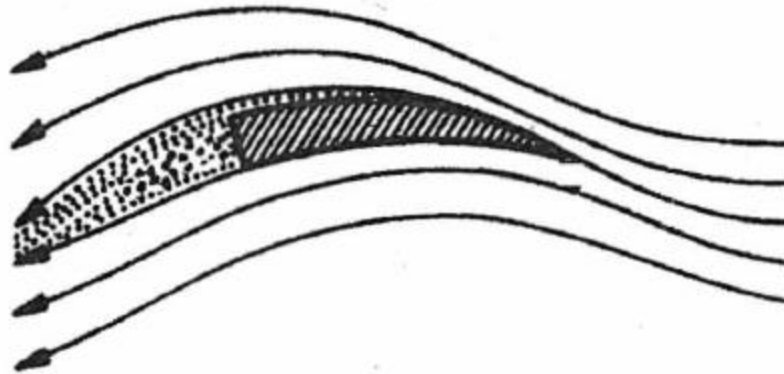
- Έλικα σε κατάσταση **υπερσηλαίωσης** (supercavitating): όταν παρουσιάζει μία φυσαλίδα σηλαίωσης στα πτερύγιά της η οποία πηγάζει από το χείλος πρόσπτωσης του πτερυγίου, καλύπτει **πλήρως** την πίσω πλευρά του πτερυγίου, και καταλήγει με τη ροή **πίσω** από το χείλος εκφυγής.
- Έλικα σε κατάσταση **πλήρους υπερσηλαίωσης** (fully supercavitating): όταν επιπλέον, σε πολύ χαμηλές τιμές υποπίεσης, ο συντελεστής ώσης της έλικας δεν εξαρτάται πλέον από την υποπίεση.

Έλικες υπερσπηλαίωσης 2/3

- Οι έλικες υπερσπηλαίωσης χρησιμοποιούνται επιτυχώς σε ταχύτητες πάνω από 40 κόμβους, αν και, η απόδοσή τους είναι πολύ χαμηλή για ταχύτητες πάνω από 100 κόμβους.
- **Πλεονέκτημα:** Απουσία μηχανικής διάβρωσης, λόγω σπηλαίωσης, στην πίσω πλευρά των πτερυγίων.

Έλικες υπερσηλαίωσης 3/3

- Η πιο συνηθισμένη μορφή τομής των πτερυγίων των ελίκων υπερσηλαίωσης είναι η σφήνα (wedge) της οποίας το μυτερό άκρο είναι το χείλος πρόσπτωσης (leading edge, LE).



Υπεραεριζόμενες έλικες

- **Υπεραεριζόμενες έλικες** (superventilated propellers): όταν η φουσαλίδα σπηλαίωσης είναι γεμάτη κυρίως με αέρα, που προσάγεται κατάλληλα, και όχι με ατμό.
- Οι υπεραιριζόμενες έλικες συμπεριφέρονται ανάλογα με τις έλικες υπερσπηλαίωσης.

Αναβαπτιζόμενες έλικες

- Μια κατηγορία **υπεραεριζόμενων ελίκων** είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν **μερικώς βυθισμένες** (partially submerged) στο νερό έτσι ώστε να αερίζεται η πλήμνη (hub) της έλικας.
- Οι έλικες αυτές λέγονται και έλικες που διαπερνούν την επιφάνεια **αναβαπτιζόμενες** (surface piercing propellers, SPP) και συνήθως τοποθετούνται σε άξονες που εξέρχονται από τον καθρέπτη της πρύμνης του σκάφους (transom-mounted).

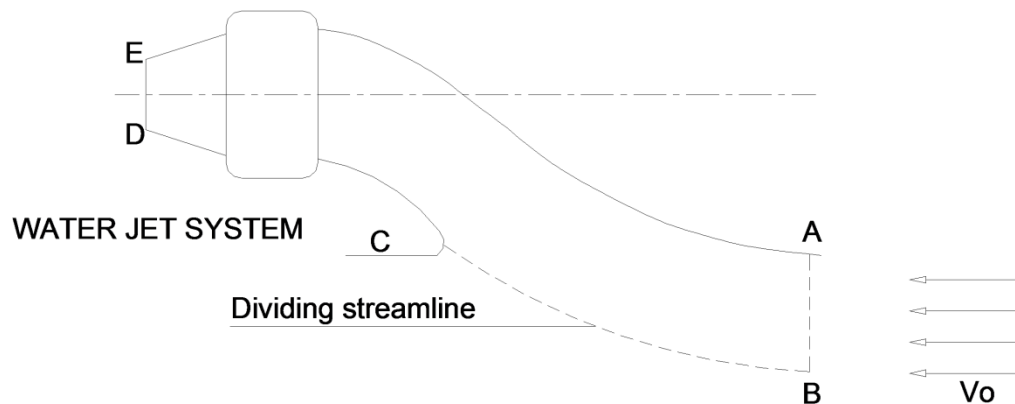
Water jets 1/3

Στα συστήματα προώσεως υδραυλικής αντίδρασης (**waterjets**):

- Εισροή (intake) νερού με ειδική διαμόρφωση εισόδου (inlet), μεταβλητού ή σταθερού εμβαδού, επί της γάστρας (συνήθως τον πυθμένα) του σκάφους.
- Το νερό στη συνέχεια οδηγείται μέσω γωνιακού σωληνωτού αγωγού (diffusor) σε μία αντλία (pump) η οποία αποτελείται συνήθως από μια πτερωτή (impeller)- όπου η ροή επιταχύνεται.
- Εκτόνωση της ροής στην πρύμνη, μέσω ενός ακροφυσίου (nozzle) στην ατμόσφαιρα.

Water jets 2/3

- Συνήθως στο στάδιο της εκτόνωσης υπάρχει μηχανισμός ελεγχόμενης αλλαγής της κατεύθυνσης (ακόμη και αντιστροφής) της ροής του νερού, άρα και της παρεχόμενης ώσης (thrust vectoring and reversing mechanisms), αυξάνοντας έτσι σημαντικά τις ελκτικές ικανότητες του σκάφους.



Water jets 3/3

Πλεονεκτήματα

- Αυξημένη ελικτική ικανότητα, προστασία, ασφάλεια, μικρότερη φόρτιση της μηχανής & του συστήματος μετάδοσης.
- Η διάταξη της πρόωσης βρίσκεται εσωτερικά της γάστρας, επιτρέπει την κίνηση του σκάφους και σε ιδιαίτερα ρηχά νερά.

Μειονεκτήματα

- Κόστος.
- Χαμηλότερος βαθμός απόδοσης στις χαμηλές ταχύτητες.
- Η διάταξη πρόωσης βρίσκεται εσωτερικά της γάστρας με αποτέλεσμα να ελαττώνεται ο ωφέλιμος όγκος του σκάφους.

Σύστημα προώθησης αέρα

- Συστήματα πρόωσης αέρα (*ταχύπλοα σκάφη*): οι ελεύθερες ή μέσα σε δακτύλιο (αερο)έλικες και τα συστήματα με φυγοκεντρικές ή αξονικές αεραντλίες.
- **Πλεονεκτήματα** σε σχέση με τα συστήματα προώσεως που λειτουργούν στο νερό: η καλή απόδοση σε χαμηλές ταχύτητες και η έλλειψη σπηλαίωσης (δεν υπάρχουν βυθισμένα μέρη).
- **Μειονεκτήματα:** μηχανική διάβρωση λόγω του αφρού και χημική διάβρωση λόγω του αλατιού.
- Οι ελεύθερες και οι μέσα σε δακτύλιο (αερο)έλικες χρησιμοποιούνται για την πρόωση των hovercraft.
 - Προσφέρουν τη δυνατότητα υψηλών βαθμών απόδοσης.
 - Σημαντικό μειονέκτημα: ο εκπεμπόμενος θόρυβος.

Χρήση ιστίων 1/2

- Η πρόωση με πανιά εφαρμόζεται κυρίως σε ιστιοφόρα και ιστιοπλοϊκά σκάφη.
- Στα ιστιοφόρα αποτελεί βοηθητικό μέσο πρόωσης, παράλληλα με τις εγκατεστημένες σ' αυτά μηχανές.

Χρήση ιστίων 2/2

Ιστιοπλοϊκά σκάφη:

- Τα σκάφη που συμμετέχουν σε αγώνες ενσωματώνουν γενικά πολύ υψηλή τεχνολογία, τόσο στη σχεδίαση όσον και στην κατασκευή τους.
- Τα σύγχρονα πανιά λειτουργούν σαν αεροτομές: δύναμη κατά μήκος του πλοίου για την πρόωσή του, εγκάρσια που δίνει κλίση στο πλοίο και κατακόρυφη που αυξάνει ουσιαστικά το εκτόπισμα.
- Για την αντιμετώπιση της εγκάρσιας κλίσης τα ιστιοπλοϊκά διαθέτουν καρίνα και μεγάλο πηδάλιο.
- Για λόγους ευστάθειας, λαμβάνεται μέριμνα για μετατόπιση του κέντρου βάρους όσον γίνεται χαμηλότερα, με την τοποθέτηση έρματος 40-50% του βάρους του σκάφους στην καρίνα.

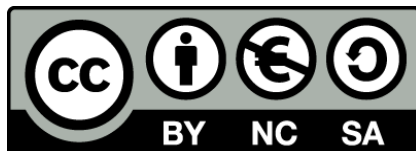
Έλικες Ιστιοπλοϊκών

- Αν και υπάρχουν αρκετές συστηματικές σειρές για τη σχεδίαση των ελίκων, μερικές μόνον από αυτές περιλαμβάνουν δίπτερες έλικες που χρησιμοποιούνται στα ιστιοπλοϊκά σκάφη.
- Μια τέτοια σειρά είναι η σειρά ελίκων Troost που αναπτύχθηκε από το ερευνητικό κέντρο NSMB στην Ολλανδία.

Βιβλιογραφία

- Van Lammeren, W.P.A., Van Manen, J.D. and Oosterveld, M.W.C., 1969, The Wageningen B-Screw Series, Transactions Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Alison, J. L., 1978, Propellers for High-Performance Craft, Marine Technology, Vol. 15, No. 4, pp. 335-380, October.

Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημειώματα

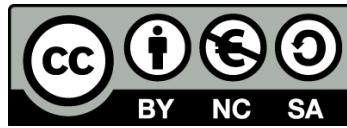
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Σοφία Πέππα, Γρηγόρης Γρηγορόπουλος 2014. Σοφία Πέππα, Γρηγόρης Γρηγορόπουλος. «Τεχνολογία Μικρών Σκαφών. Ενότητα 8: Πρόωση». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: ocp.teiath.gr.

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

© Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.

διαθέσιμο με άδεια CCO Public Domain
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο ως κοινό κτήμα
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

χωρίς σήμανση
Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Σημειώσεις μαθήματος «Τεχνολογία Μικρών Σκαφών Ι», Γ.Γρηγορόπουλος, Σ.Περισσάκης, (“Παιδεία Μπροστά”, 2^ο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης και Αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης).

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

