

# Οι σπουδές των μηχανικών στον 21<sup>ο</sup> αιώνα – Το Ε.Μ.Π. μπροστά σε κρίσιμα διλήμματα

Δημήτρης Καλιαμπάκος<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Καθηγητής, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Τ.Κ. 15772, Αθήνα.

Διεύθυνση ηλεκτρονικής επικοινωνίας: dkal@central.ntua.gr

## Περίληψη

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η ανάλυση των συνθηκών της σύγχρονης πραγματικότητας και ο προβληματισμός επί των κατευθύνσεων που πρέπει να ακολουθήσει το πρώτο τεχνολογικό Ίδρυμα της χώρας ώστε να κερδίσει το «στοίχημα των καιρών». Στην εργασία γίνεται ανασκόπηση των βασικών αλλαγών στις σπουδές των μηχανικών, ιδιαίτερα στον 20<sup>ο</sup> αι., και των σύγχρονων προκλήσεων που εισάγει η τρέχουσα 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση, εκκινώντας από το θεμελιώδες ερώτημα «τί είναι ένας μηχανικός» και αν αυτό αλλάζει σήμερα και κατά ποιόν τρόπο. Η ανάλυση εστιάζει στην ιστορία του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.) και στη σχετικά χαμηλή τάση ανανέωσης στη σύγχρονη κουλτούρα του, η οποία, αν και προστάτευσε το Ίδρυμα από ευκαιριακές και πρόχειρες εκπαιδευτικές αλλαγές στο παρελθόν, θα πρέπει σήμερα να αντιστραφεί με δεδομένο το βάθος των εξελίξεων. Στη συνέχεια, εξετάζονται κρίσιμα προβλήματα του περιεχομένου των σπουδών στο Ε.Μ.Π. και κατατίθενται, προς προβληματισμό, οι προτεινόμενες λύσεις. Στην εργασία γίνεται συστηματική αναφορά στην εξαιρετική συμβολή του Θ. Ξανθόπουλου σε θέματα στρατηγικών κατευθύνσεων των σπουδών στο Ε.Μ.Π. Τέλος, γίνεται μια απόπειρα συμπύκνωσης της στοχοθεσίας που πρέπει να έχει το Ε.Μ.Π., σήμερα, έτσι ώστε να επιτελέσει τον διευρυμένο εκπαιδευτικό και κοινωνικό του ρόλο.

*Λέξεις-Κλειδιά: ανώτατη εκπαίδευση, σπουδές μηχανικών, 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση, Ε.Μ.Π.*

## Abstract

The subject of the paper is the analysis of the contemporary conditions and their reflection on the directions that the first technological institution of our country must follow in order to win the "bet of the times". The paper reviews the key changes in engineering studies, particularly in the 20<sup>th</sup> century, and the current challenges introduced by the ongoing 4<sup>th</sup> Industrial Revolution, starting from the fundamental question "what is an engineer" and whether this is changing today and in what way. The analysis focuses on the history of the National Technical University of Athens (NTUA) and the relatively low renewal potential in its current culture, which, although it protected the institution from opportunistic and haphazard educational changes in the past, should be reversed today given the depth of developments. Furthermore, critical problems of the content of the curricula at the NTUA are examined and proposed solutions are presented. The paper makes systematic reference to the excellent contribution of Th. Xanthopoulos in NTUA's strategic choices. Finally, an attempt is made to formulate the vision that the NTUA should have today in order to fulfil its expanded educational and social role.

*Keywords: higher education, engineering studies, 4th Industrial Revolution, NTUA*

## 1 Εισαγωγή

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η ανασκόπηση της εξέλιξης των σπουδών του μηχανικού και η αναζήτηση των κρίσιμων στρατηγικών κατευθύνσεων στο θέμα του περιεχομένου των σπουδών για το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Η συνάφεια του θέματος με την προσωπικότητα και τη συμβολή

του Θ. Ξανθόπουλου είναι προφανής. Ο Θ. Ξανθόπουλος υπήρξε πάντα στοχαστής των μεγάλων οριζόντων αλλά, ταυτόχρονα, και θερμός υποστηρικτής κάθε αλλαγής και κίνησης προς τα εμπρός, ακόμη και της ελάχιστης. Δεν δίστασε ποτέ να πάρει θέση στα μεγάλα ερωτήματα, το θεωρούσε αυτονόητο καθήκον του («να αγαπάς την ευθύνη»<sup>1</sup>), ακολουθώντας αυτοτελή ανάλυση και αποφεύγοντας συστηματικά την οκνηρή υιοθέτηση της «γνώμης των πολλών», που, περιέργως πώς, έφθανε συχνά να αποτελεί επαρκή απόδειξη, μόνο και μόνο επειδή είχε προλάβει να διαμορφωθεί. Έτσι, πέραν των εξαιρετικών σε βάθος, αυθεντικότητα (και ανθεκτικότητα) αναλύσεων του για τα στρατηγικά προβλήματα της ανώτατης Ελληνικής Παιδείας, βοήθησε να καλλιεργηθεί συστηματικά, για πολλά χρόνια, εντός Ε.Μ.Π. ένα κλίμα ανεξάρτητης και πρωτοπόρου ανάλυσης σε σημαντικά εκπαιδευτικά ζητήματα. Το κεκτημένο αυτό δεν πρέπει να χαθεί.

## 2 Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση

Η πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση (18<sup>ος</sup> – 19<sup>ος</sup> αιώνας) είχε ως κύριο χαρακτηριστικό τη χρήση και τη μετάβαση από την αγροτική κοινωνία στα εργοστάσια και τη μηχανική παραγωγή. Η δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση (1870-1914) είναι η περίοδος του εξηλεκτρισμού και της μαζικής παραγωγής, μέσα από την οργάνωση και χρήση των γραμμών παραγωγής. Η τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση τοποθετείται στη δεκαετία του 1980. Βασικά χαρακτηριστικά της είναι η ταχύτατη εξέλιξη των υπολογιστών, της ηλεκτρονικής και του διαδικτύου. Αυτά της έδωσαν και τον χαρακτηρισμό ως Ψηφιακή Επανάσταση. Σήμερα, βρισκόμαστε στην εν εξελίξει τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (4<sup>η</sup> Β.Ε.). Ακριβώς για αυτό, είναι ακόμη δύσκολο να περιγραφεί με σαφήνεια, ελάχιστοι όμως αμφισβητούν την ύπαρξή της. Υπάρχει μια ευρύτερη συμφωνία ότι τέσσερις μεγάλες, σε εξέλιξη, τεχνολογικές επαναστάσεις (Nano-Bio-Info-Cogno), οι οποίες μάλιστα τείνουν να συγκλίνουν (Converging Technologies), διαμορφώνουν τις προϋποθέσεις μιας μεγα-τεχνολογικής επανάστασης, η οποία θα διαπεράσει οριζόντια όλους τους επιστημονικούς κλάδους, μεταμορφώνοντας το σύνολο του συστήματος παραγωγής αλλά και εισχωρώντας σε κάθε πλευρά της κοινωνικής πραγματικότητας (Jamali et al, 2018, Osman et al, 2013, Nordman, 2004). Για το λόγο αυτό της έχει δοθεί ο (προσωρινός;) τίτλος της Επανάστασης που θα βελτιώσει την Ανθρώπινη Απόδοση.

Μια ενδιαφέρουσα πλευρά της σχέσης ανώτατης τεχνικής εκπαίδευσης και της τρέχουσας τεχνολογικής επανάστασης, και ένα σαφώς νέο στοιχείο, είναι η εξής: στην επιστημονική πρωτοπορία της τρέχουσας επιστημονοτεχνικής επανάστασης θα βρεθούν στο μέλλον όσοι την πραγματοποιήσουν (Kamp, 2016). Όσοι προσπαθήσουν εκ των υστέρων να καλύψουν το χαμένο έδαφος θα βρίσκονται ήδη πολύ μακριά. Ταυτόχρονα, το ερώτημα του περιεχομένου των σπουδών των σύγχρονων μηχανικών γίνεται ακόμη πιο σύνθετο, δεδομένου ότι ο στόχος (σύγχρονες σπουδές) είναι διαρκώς (μετα)κινούμενος και με εξελισσόμενα χαρακτηριστικά.

## 3 Τι είναι ο μηχανικός; Αλλάζει αυτό σήμερα;

Ένας ευρύτατα διαδεδομένος ορισμός για το τι είναι ο μηχανικός είναι «αυτός που λύνει προβλήματα με τη χρήση της τεχνολογίας» (Kamp, 2016, Royal Academy of Engineering, 2014). Επομένως, είναι αυτός που κινητοποιεί, διαμορφώνει, αναπτύσσει («χρησιμοποιεί») την επιστήμη και την τεχνική με σκοπό την επίλυση προβλημάτων. Μη θεωρήσουμε τον ορισμό αυτόν ταυτολογία, ορισμό με φτωχό περιεχόμενο. Είναι περιεκτικός και ουσιώδης, λέει πολλά για τον τρόπο σκέψης ενός μηχανικού. Για παράδειγμα, ερμηνεύει το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητα ιεραρχείται σε κορυφαία θέση ανάμεσα στις αξίες ενός μηχανικού (μια ιεράρχηση με προφανείς θετικές συνέπειες, σε μια κοινωνία περιορισμένων πόρων σε σχέση με τις ανάγκες, αλλά και κάποιες -συχνά άδηλες- αρνητικές, αλλά σε αυτό θα επανέλθουμε). Προφανώς, στον παραπάνω ορισμό είναι αθέατα μια σειρά από ουσιαστικά ερωτήματα που καθορίζουν τη δουλειά του μηχανικού, για παράδειγμα, «ποιος θέτει τα προς επίλυση προβλήματα;» ή «για ποιον λύνει τα προβλήματα;». Ευρύτατη είναι, επίσης, και η αποδοχή του «τρόπου» που δουλεύει ένας μηχανικός: ορισμός του

---

<sup>1</sup> Ν. Καζαντζάκης, (2012). Ασκητική (Salvatores Dei), Εκδόσεις Καζαντζάκη.

προβλήματος – διαμόρφωση εναλλακτικών λύσεων – αξιολόγηση – βελτιστοποίηση – επικοινωνία της λύσης.

Σε μια προσπάθεια βαθύτερης ανάλυσης όσον αφορά στα χαρακτηριστικά των μηχανικών, η Royal Academy of Engineering διεξήγαγε το 2014 μια έρευνα σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Winchester στο Ηνωμένο Βασίλειο (Royal Academy of Engineering, 2014). Η έκθεση, με τίτλο Thinking Like an Engineer: An Active Learning Approach επισημαίνει έξι βασικούς μηχανισμούς σκέψης και πρακτικής ενός μηχανικού. Αυτοί είναι οι εξής (Atkinson, 2016):

- (1) Ορισμός του προβλήματος,
- (2) Δημιουργική επίλυση προβλημάτων,
- (3) Οπτικοποίηση,
- (4) Βελτίωση,
- (5) Συστημική σκέψη και
- (6) Προσαρμογή.

Προσθέτω μια ακόμη ενδιαφέρουσα παρατήρηση της Έκθεσης. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι μάλλον εγγενή σε κάθε παιδί. Κατά μία έννοια όλοι γεννιούνται μηχανικοί. Στη συνέχεια, αν δεν λάβουμε σοβαρά μέτρα ώστε αυτά τα χαρακτηριστικά να ενισχυθούν, υπάρχει ο κίνδυνος ένα εκπαιδευτικό σύστημα που βασίζεται στην αποθησαύριση και στην ανάκληση γνώσεων να «επιτεθεί» και να αποδομήσει τα χαρακτηριστικά αυτά.

Και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά («τι είναι» και «πώς δουλεύει» ένας μηχανικός) δεν απειλούνται από τις σύγχρονες εξελίξεις, αλλάζει όμως δραστικά το πλαίσιο στο οποίο εφαρμόζονται.

#### **4 Η ιστορική εξέλιξη των σπουδών του μηχανικού και οι σύγχρονες προκλήσεις**

Η εκπαίδευση των μηχανικών στον κόσμο δεν ήταν ποτέ στατική, αν και συχνά γίνεται σκληρή κριτική επί του αντιθέτου. Η κριτική ανάλυση των προγραμμάτων σπουδών των μηχανικών και η συζήτηση για αλλαγές δεν είναι καν, μάλιστα, μια σύγχρονη υπόθεση. Η παλαιότερη μελέτη, η οποία θεωρείται ως η πρώτη αξιολόγηση της εκπαίδευσης μηχανικών στις ΗΠΑ χρονολογείται από το 1918 (Mann, 1918). Ο Mann υποστήριζε μια εκπαιδευτική προσέγγιση βασισμένη σε «μελέτες περίπτωσης» (όπως συμβαίνει στην δικηγορική πρακτική). Για παράδειγμα, στους ηλεκτρολόγους μηχανικούς, μια «ηλεκτρική γεννήτρια» θα μπορούσε να είναι το αντικείμενο της «μελέτης περίπτωσης» και οι φοιτητές θα ξεκινούσαν την ανάλυση με σκοπό την ανακάλυψη των θεμελιωδών φυσικών αρχών που εμπλέκονται στη λειτουργία της. Υποστήριζε ότι αυτό θα «οδηγούσε τον σπουδαστή από τις πρακτικές εφαρμογές μέσω της ανάλυσης στην κατανόηση της θεωρίας, αντί από τη θεωρία στις εφαρμογές». Υπογράμμισε, επίσης, το γεγονός ότι η εκπαίδευση των μηχανικών δίνει πολύ μεγάλη έμφαση στις θετικές επιστήμες και τα μαθηματικά, παραμελώντας τις κοινωνικές επιστήμες, το σχεδιασμό και την πρακτική. Είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον ότι οι παρατηρήσεις του εξακολουθούν να ισχύουν και σήμερα.

Η συζήτηση για τα προγράμματα σπουδών των μηχανικών δεν αφορά μόνο τις επιβεβλημένες αλλαγές με την εισαγωγή νέων αντικειμένων, αλλά και τον πυρήνα τους: τη βασική σύλληψη και οργάνωση τους. Σύμφωνα με την εργασία των Broo et al (2022), στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, το βασικό σύνολο δεξιοτήτων που έπρεπε να έχει ένας αυριανός μηχανικός θεωρούνταν ότι ήταν τα 3R (Reading, wRiting and aRithmetic). Στην αντίληψη αυτή είναι φανερό η κυριαρχία των μαθηματικών έναντι των άλλων βασικών γνώσεων. Η αντίληψη αυτή κατάφερε να φτάσει μακριά τα προγράμματα σπουδών των μηχανικών αποδεικνύοντας την ισχύ της και στις τρεις βιομηχανικές επαναστάσεις που προηγήθηκαν.

Μια ουσιαστική αμφισβήτηση αυτής της λογικής υπήρξε η οργάνωση του αγγλοσαξωνικού μοντέλου, το οποίο επίδρασε ισχυρά, ιδιαίτερα μετά τη δεκαετία του '80, σε ολόκληρο τον κόσμο. Η κεντρική λογική του υπήρξε η ταχύτητα στην προετοιμασία «έτοιμων για δουλειά» μηχανικών, χωρίς περιττή σπατάλη σε βασικές γνώσεις, μέσα σε τρία χρόνια, με έμφαση στην καλή χρήση των

τεχνολογιών εφαρμογής. Το μοντέλο αυτό, που συμβατικά στην ελληνική πανεπιστημιακή διάλεκτο ονομάστηκε «μοντέλο της Μπολόνια» δέχθηκε ισχυρή κριτική στα ελληνικά πανεπιστήμια, με ηγετικό τον ρόλο του αείμνηστου καθηγητή Ξανθόπουλου, ο οποίος ανέδειξε με εξαιρετικής διορατικότητας ανάλυση τις ουσιαστικές αδυναμίες (Ξανθόπουλος, 2005), όταν μάλιστα αυτό είχε ήδη αποκτήσει την «ασυλία» του καθιερωμένου σε όλο τον κόσμο εκπαιδευτικού συστήματος. Η υπόθεση αυτή, αν και δεν έχει κριθεί οριστικά ούτε και στο Ε.Μ.Π., κατά τη γνώμη μου, μιας και οι τάσεις κομφορμισμού είναι ισχυρές, έχει χάσει την αίγλη της διεθνώς, ιδιαίτερα στις σπουδές μηχανικού. Στην πράξη σχεδόν σε όλο τον κόσμο το master θεωρείται ως το βασικό επαγγελματικό πτυχίο, ενώ δεν είναι λίγα σε όλο τον κόσμο (και ανάμεσα σε αυτά πολλά από τα καλύτερα), τα πανεπιστήμια που υιοθετούν το μοντέλο του συνεχούς και αδιάσπαστου 5ετούς πτυχίου για τους μηχανικούς, αυτό που ονομάζεται integrated master.

Ας προχωρήσουμε, όμως, στις προκλήσεις του σήμερα, οι οποίες φαίνεται όντως να θέτουν σε δοκιμασία την «κλασική συνταγή». Με την έναρξη της 4<sup>ης</sup> Β.Ε., δηλαδή της σύγκλισης των αναδυόμενων επιστημονικών πεδίων και σε συνδυασμό με την ταχύτητα εξέλιξης της γνώσης, τα 3R φαίνεται να αντικαθίστανται από τα 3S (Searching, Sharing and Simulation). Το πρώτο αφορά στο εντοπισμό της κατάλληλης και αξιόπιστης πηγής, το δεύτερο αφορά τη δυνατότητα επικοινωνίας της πληροφορίας εντός μιας διεπιστημονικής ομάδας, της μόνης ομάδας ως προς τη σύνθεση που μπορεί να ανταπεξέλθει σήμερα στις προκλήσεις και το τρίτο αφορά στην μοντελοποίηση ενός προβλήματος και την επεξεργασία του, κατά βάση, μέσω ενός υπολογιστή.

Ας επιστρέψουμε στο θέμα του περιεχομένου. Σε μια μελέτη του Economist Intelligence Unit που συχνά αναφέρεται σε σχετικά άρθρα, φαίνεται ότι μόνο το 34% των στελεχών των επιχειρήσεων που συμμετείχαν στην έρευνα ανέφεραν ότι είναι ικανοποιημένοι από το επίπεδο των προσόντων των νέων που εισέρχονται στις εταιρείες τους, ενώ ένα 52% δήλωσε ότι υπάρχει έλλειμμα βασικών δεξιοτήτων των νεοπροσληφθέντων (EIU, 2015). Από την άλλη πλευρά, μια έρευνα του ΟΟΣΑ (2019) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το 21% των εργαζομένων αισθάνεται «υπερβολικά μορφωμένο» για αυτό που κάνει. Το προφανές συμπέρασμα είναι ότι κάτι δεν πάει καλά στο εκπαιδευτικό σύστημα. Υπάρχει, όμως, και μια άλλη ανάγνωση της πραγματικότητας, που θεωρεί όχι μόνο αδύνατη αλλά και λανθασμένη την ταύτιση της εκπαίδευσης ενός μηχανικού, εν προκειμένω, με τις ανάγκες που πρέπει να καλύψει σε μια συγκεκριμένη επαγγελματική θέση. Πρώτον, γιατί αυτό μειώνει εξ αντικειμένου τις πιθανότητες να είναι ικανός να ανταπεξέλθει εξίσου καλά και σε μια επόμενη, με κάπως διαφορετικά χαρακτηριστικά, επαγγελματική θέση στην οποία είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα μετακινηθεί (το γνωστό ως «πρόβλημα της υπερεξειδίκευσης»). Δεύτερον, μια εκπαίδευση με χαρακτηριστικά άμεσης απόδοσης σε ένα αντικείμενο καθόλου δεν εξασφαλίζει καλή επαφή με τη συνεχή εξέλιξη του αντικειμένου, γιατί αυτό απαιτεί βαθύτερες γνώσεις. Πολύ περισσότερο, σήμερα, όταν η ανάγκη επέκτασης των γνώσεων των μηχανικού απαιτεί μια θεμελιώδη στροφή, σε αυτό που συνήθως αναφέρονται ως «κοινωνικές δεξιότητες». Αυτό περιλαμβάνει, για να συνεχίσουμε το παιχνίδι των αρκτικόλεξων, τα «4C της μάθησης του 21<sup>ου</sup> αιώνα» (Critical thinking, Creativity, Collaboration and Communication). Εξετάζοντας τα επιμέρους στοιχεία των 4C, το τρίτο και το τέταρτο (Συνεργασία και Επικοινωνία) αντιστοιχεί στην ικανότητα Διαμοιρασμού των 3S. Επίσης, όταν γίνεται τόσος λόγος για την αντικατάσταση της ανθρώπινης εργασίας από τα ρομπότ είναι ίσως ανακουφιστικό το γεγονός ότι οι δύο πρώτες ιδιότητες, δηλαδή η κριτική σκέψη και η δημιουργικότητα, είναι οι τομείς στους οποίους οι άνθρωποι εξακολουθούν να έχουν σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των ευφών μηχανών.

## 5 Περί του νέου και των αλλαγών

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ενώ οι αλλαγές μπορεί να έχουν είτε θετικό είτε αρνητικό πρόσημο, πάντα σε σχέση με την στοχοθεσία του Ιδρύματος, η ακινησία, σε βάθος χρόνου, έχει μόνο αρνητικό πρόσημο, δεδομένης της ραγδαίας εξέλιξης της επιστήμης και της τεχνολογίας αλλά και της ίδιας της κοινωνίας. Άρα, ένα μεγάλο δημόσιο πανεπιστήμιο πρέπει να έχει ως μόνιμο χαρακτηριστικό του τον διαρκή εκσυγχρονισμό των σπουδών του, να επιδιώκει συστηματικά θετικές αλλαγές.

Το Ε.Μ.Π. έχει κάθε λόγο να μπαίνει στη συζήτηση για τη φυσιογνωμία του στον 21<sup>ο</sup> αιώνα με αυτοπεποίθηση και σιγουριά. Βρίσκεται στην επιστημονική πρωτοπορία σε σημαντικούς τομείς στο

διεθνές επιστημονικό γίνεσθαι. Έχει ένα «βαρύ» όνομα στην ελληνική κοινωνία, εξαιτίας της διαχρονικής συμβολής του στην ανάπτυξη της χώρας και του ρόλου του σε κρίσιμα γεγονότα της νεοελληνικής ιστορίας (Τάσιος, 2018). Κατέχει μια ηγεμονική θέση στα τεκταινόμενα της ανώτατης εκπαίδευσης, κυρίως μέσω των θέσεων και των επεξεργασιών του, όχι του μεγέθους του. Έχει κατακτήσει μια δομή (ενιαίες πενταετείς και αδιάσπαστες σπουδές. Απέφυγε σοφά «θνησιγενείς» μόδες –πρόσφατα τις άνευ ακαδημαϊκής βάσης «συγχωνεύσεις»–, πράγμα που κάθε άλλο παρά μείωσε το ειδικό του βάρος. Όμως, τόσο η επιστημονική πρωτοπορία όσο και η ηγεμονική κοινωνική θέση ούτε κληροδοτούνται ούτε πρέπει να θεωρούνται έμφυτα και δεδομένα. Απεναντίας, πρέπει να επανακατακτώνται σε κάθε ιστορική περίοδο. Η «μακαριότητα του πρώτου τεχνολογικού ιδρύματος της χώρας» σίγουρα δεν είναι καλός σύμβουλος, ούτε βέβαια και οι σπασμωδικές αντιδράσεις.

Δεν ταιριάζει στο Ε.Μ.Π. να παίζει απλά τον ρόλο του «τερματοφύλακα» απέναντι στις χειρότερες εκδοχές κακών πολιτικών. Ούτε άβουλα να παρασύρεται, εκεί που το ρεύμα οδηγεί. Έχει τις δυνατότητες και το ειδικό βάρος να διαβάσει σωστά το έδαφος όπως διαμορφώνεται σήμερα, να χαράξει δρόμο, επιδρώντας ταυτόχρονα συνολικά στην τριτοβάθμια εκπαίδευση με τις αναλύσεις και τις επιλογές του.

Οι «σπονδές» στο νέο, η επαναλαμβανόμενη επίκληση της ανάγκης αλλαγών, δεν μετακινεί ουσιαστικά το Ε.Μ.Π. προς τα εμπρός. Αντίθετα, αυτό που απαιτείται είναι μια βαθιά ανάλυση των νέων συνθηκών, ο εντοπισμός των κρίσιμων χαρακτηριστικών (κι όχι η ρηχή αποτύπωση χαοτικών λεπτομερειών) και ένας ουσιαστικός διάλογος που θα αγκαλιάσει το σύνολο της πολυτεχνειακής κοινότητας. Ένας διάλογος χωρίς κλισέ και προκαταλήψεις. Ήδη, από το 1948, ο Α. Einstein, προειδοποιούσε: «Η σημερινή πραγματικότητα δεν είναι συγκρίσιμη σε τίποτε σε σχέση με το παρελθόν. Είναι, επομένως, αδύνατο να εφαρμόσουμε κριτήρια και μεθόδους που σε ένα προηγούμενο στάδιο ίσως είχαν αποδειχθεί επαρκείς... Χθесινά κλισέ αποδεικνύονται ακατάλληλα σήμερα και, χωρίς αμφιβολία, θα αποδειχθούν εξαιρετικά παρωχημένα αύριο» (Einstein, 1948).

Ένας διάλογος ουσιαστικός, μακριά από την πεπατημένη του δημόσιου βίου της προσχηματικής συζήτησης και των ειλημμένων αποφάσεων, είναι ο δρόμος που θα μας βγάλει στην επόμενη ημέρα. Έναν τέτοιο διάλογο το Ε.Μ.Π. δεν πρέπει να τον φοβηθεί, και δεν πρέπει να τον αναβάλλει.

## 6 Κρίσιμα διλήμματα

Το ερώτημα για το περιεχόμενο των σπουδών του μηχανικού, το «τι διδάσκεται» ένας μηχανικός, προφανώς συνδέεται άμεσα με το «πώς αυτό διδάσκεται» και με το «για ποιον σκοπό». Με ένα σχηματικό τρόπο, το γινόμενο των δύο πρώτων παραγόντων συνιστά την απάντηση στο τρίτο ερώτημα. Αυτό σημαίνει ότι μια κακή εκπαιδευτική διαδικασία ή, πιο απλά ακόμη, ένας κακός δάσκαλος μπορεί να μηδενίσει το αποτέλεσμα ακόμη και του καλύτερου προγράμματος σπουδών. Αλλά αυτό είναι μια άλλη, επίσης ζωτικής σημασίας, συζήτηση.

Ας μείνουμε στο θέμα του περιεχομένου των σπουδών.

Οι έρευνες σχετικά με τις σπουδές του μηχανικού στη σύγχρονη εποχή έχουν εν πολλοίς προσδιορίσει τις βασικές αλλαγές που επιφέρουν οι εν εξελίξει τεχνολογικές επαναστάσεις και, επομένως, και τα κρίσιμα διλήμματα που τίθενται (Rugarcía et al, 2000, Dunderstadt, 2010, Kamp and Klaassen, 2016). Φαίνεται να συγκλίνουν στον ραγδαία αυξανόμενο ρυθμό παραγωγής γνώσης, στην ταχεία απαξίωση των ειδικών γνώσεων, στην ανάγκη για βαθιά διεπιστημονικότητα, στην επίδραση της παγκοσμιοποίησης και στην ανάδυση της σημασίας των μη τυπικά εντασσόμενων στις τεχνικές γνώσεις πεδίων («soft skills») (Fuchs, 2012, Fomunyan, 2019, Van der Beemt et al, 2020).

Ας μείνουμε στην πρώτη σοβαρή πρόκληση. Πώς είναι δυνατόν να διαμορφώσουμε σύγχρονες σπουδές στα Πολυτεχνεία, όταν σε κάποια πεδία η υφιστάμενη γνώση μπορεί να διπλασιάζεται σε χρόνο μικρότερο από τον χρόνο φοίτησης ή και ακόμη γρηγορότερα; Ένα εμφανικό σχετικό παράδειγμα της ταχύτητας παραγωγής γνώσης χρησιμοποιεί ο S. Hawking, υπολογίζοντας ότι αν συσσωρεύαμε τα βιβλία που τυπώνονται καθημερινά το ένα πάνω στο άλλο, τότε για να παρακολουθήσουμε την κορυφή θα έπρεπε να κινούμαστε με ταχύτητα 120 χλμ/ώρα (Hawking, 2018). Και αυτό αφορά μόνο στα τυπωμένα βιβλία...

Από την άλλη πλευρά, θα πρέπει να παρατηρήσει κανείς ότι τέτοιες διαπιστώσεις στηρίζονται συχνά στην άστοχη εφαρμογή ποσοτικών κριτηρίων (παραδείγματος χάριν, ο αριθμός των παραγόμενων δημοσιεύσεων ή το μέγεθος σε αποθηκευμένη πληροφορία) πάνω σε πεδία, όπως η γνώση, στα οποία η ποιότητα είναι η κρίσιμη ιδιότητα. Ας σκεφτούμε, για παράδειγμα, ότι όλη η πληροφορία που εμπεριέχεται στο ανθρώπινο γονιδίωμα είναι της τάξης του 1,5 GB, όταν μια ασήμαντη B-πονιέ μπορεί να έχει μέγεθος 25 GB (Blu-Ray disc)! Αυτή σημαίνει ότι υπάρχει τεράστια διαφοροποίηση στην ποιότητα και τη σημασία της πληροφορίας. Συνεπαγωγικά, ένα πρόγραμμα σπουδών πρέπει να προσανατολίζεται σε εκείνη την ουσιώδη γνώση που θέτει τις βάσεις για τον χειρισμό πολλών παραλλαγών εξειδίκευσης. Και αυτή δεν αλλάζει με τους ίδιους ρυθμούς.

Αυτό δεν σημαίνει ότι αντιμετωπίζεται, έτσι απλά, η πρόκληση της ραγδαία εξελισσόμενης γνώσης. Η προσπάθεια να μεταδοθεί το παρόν «στιγμιότυπο» της γνώσης θα γίνεται ολοένα και πιο μάταιη στο κοντινό μέλλον. Απεναντίας, η διαμόρφωση ενός μηχανισμού σταθερής επαφής με την εξέλιξη της θα αποτελεί ένα ζητούμενο ολοένα και πιο ζωτικής σημασίας. Πώς μπορούμε να κινηθούμε σε μια τέτοια κατεύθυνση; Κατ' αρχάς, θα πρέπει να αναθεωρήσουμε ορισμένους βασικούς ορισμούς. Πρέπει να απομακρυνθούμε από τους τυπικούς ορισμούς της εκπαίδευσης, ως ο τομέας της επιστημονικής δραστηριότητας που μεταδίδει τη γνώση, και της έρευνας, ως ο τομέας που κατά βάση την παράγει. Με στόχο μια εκπαίδευση που θα στοχεύει σε μια συνεχή επαφή με το νέο, τα όρια μεταξύ εκπαίδευσης και έρευνας θα πρέπει να γίνουν, πολλαπλώς, λιγότερο διακριτά. Εξάλλου, τι καλύτερη προγύμναση για να εξοικειώνεται κάποιος με το καινούριο από το να μαθαίνει πώς αυτό παράγεται; Επίσης, στο σημείο αυτό χρειάζεται μια ριζική αλλαγή στο μαθησιακό πρότυπο. Από την διόγκωση των προγραμμάτων σπουδών με νέα αντικείμενα που ίσως χρειαστούν στην επαγγελματική ζωή του αποφοίτου («just in case»), η οποία απλά δεν είναι πλέον εφικτή, θα πρέπει να μετακινηθούμε σε ένα μοντέλο εκπαίδευσης που ο-η απόφοιτος θα μπορεί να εξοικειώνεται με ένα ειδικό αντικείμενο, έγκαιρα, όταν του χρειάζεται («just in time») (Broo et al, 2022).

Ένας δεύτερος κοινός τόπος των αναλύσεων είναι η ταχύτατη απαξίωση των εξειδικευμένων γνώσεων.

Η κλασική συνταγή του Ε.Μ.Π., αλλά και άλλων μεγάλων πολυτεχνειακών Ιδρυμάτων, στηρίζεται στο γερό υπόβαθρο στις βασικές επιστήμες. Είναι κάτι για το οποίο υπερηφανευόμαστε. Πόσο, όμως, σε βάθος το πιστεύουμε; Μια αρνητική συνέπεια της κυρίαρχης αξίας μας, της αποτελεσματικότητας, είναι η ακούσια τις περισσότερες φορές υπερτίμηση των γνώσεων που έχουν άμεση χρηστική αξία με ταυτόχρονη (και άρρητη) υποτίμηση αυτών που συνδέονται με λιγότερο προφανή τρόπο με τη καθημερινή δραστηριότητα του μηχανικού. Έτσι, για παράδειγμα, στη συζήτηση για τις αλλαγές στα προγράμματα σπουδών των Σχολών, όχι σπάνια, η μείωση των μαθηματικών εμφανίζεται ως μια πιο «εύκολη και αποδεκτή λύση», σε σχέση με την αντίστοιχη μείωση σε μαθήματα ειδίκευσης. Όμως, τα μαθηματικά είναι η μόνη γλώσσα που μπορεί να μεταφράσει ένα τεχνικό πρόβλημα σε όρους που καταλαβαίνει η επιστήμη και η τεχνολογία. Ταυτόχρονα, είναι μια γυμναστική ορθολογισμού και αυστηρότητας, ιδιότητες κρίσιμες για τη συγκρότηση της σκέψης ενός μηχανικού.

Αυτό δεν σημαίνει ότι η εξειδίκευση δεν έχει σημασία και μια γενικού τύπου εκπαίδευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα είδος επαγγελματικού πασπαρτού. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η συντριπτική πλειονότητα των αυριανών μηχανικών θα εργαστεί σε μια στενά εξειδικευμένη εργασία, με υψηλές και ειδικές απαιτήσεις. Όμως, επίσης, πολλές στατιστικές έρευνες συγκλίνουν στο συμπέρασμα ότι ο μηχανικός στον εργασιακό του βίο θα αλλάξει τουλάχιστον 3-4 φορές πεδίο δραστηριότητας. Που σημαίνει ότι αν είναι μονομερώς καλά προετοιμασμένος σε μια από αυτές τις κατευθύνσεις/ειδικεύσεις, θα είναι ταυτόχρονα ελλιπέστατα προετοιμασμένος για τις υπόλοιπες. Επομένως, ο στόχος ενός προγράμματος σπουδών θα πρέπει να είναι γερό υπόβαθρο, με ένα ισχυρό «άρωμα» ειδίκευσης, ώστε να υπάρχει η εμπειρία του πώς κανείς την αποκτά. Να υπάρχει, επίσης, και ένα κατ' αρχήν προνομακό πεδίο έναρξης της επαγγελματικής δράσης, χωρίς αυτό να δημιουργεί μεγάλα εμπόδια στην κινητικότητα και τις επιλογές, χωρίς να παγιδεύει τους απόφοιτους σε έναν υπο-τομέα. Δύσκολο στοίχημα, αλλά όχι χωρίς καλές λύσεις, όπως αποδεικνύεται και από την υψηλή αποδοχή των σημερινών μας αποφοίτων σε διεθνές πεδίο. Επομένως, μεγάλες σε εύρος Σχολές, με πλούσια πεδία επαγγελματικής δράσης, με σταθερή και συνεχή ανανέωση των σπουδών,

είναι μια λύση με σημαντικά πλεονεκτήματα. Ταυτόχρονα, το Ε.Μ.Π. θα πρέπει συνολικά να ενισχύσει την πρώτη απόπειρά του να ιδρύσει Σχολή πέραν των παραδοσιακών πεδίων των μηχανικών, τη Σ.Ε.Μ.Φ.Ε., αποδεικνύοντας στην πράξη ότι έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται σε σχετικά αυτοτελή νέα πεδία.

Τρίτο θέμα: η διεπιστημονικότητα, ως ανάγκη της σύγχρονης εκπαίδευσης, φαίνεται να είναι μια αρχή σχεδόν καθολικά αποδεκτή (Kamp, 2016, Dunderstadt, 2010, Van den Beemt et al, 2020). Όλα δείχνουν ότι, αν και οι διάφοροι επιστημονικοί και τεχνολογικοί κλάδοι θα συνεχίζουν να εξελίσσονται, οι μεγάλες τομές στο μέλλον θα πραγματοποιηθούν στις διεπιφάνειες των επιστημονικών κλάδων. Και πάλι, το ερώτημα για το Ε.Μ.Π. δεν είναι η «επί της αρχής» τοποθέτηση, όσο η εφαρμογή στην πράξη: π.χ. στη συζήτηση για τα επαγγελματικά δικαιώματα, όπου η διεπιστημονικότητα και η συνεργασία των μηχανικών θα έπρεπε να κυριαρχεί, συχνά έχουμε την τάση να παρασυρόμαστε από μια παρωχημένη συμπεριφορά του «μηχανικού - ξερόλα». Δεν πρέπει εξάλλου να ξεχνάμε ότι, όλοι μας, είμαστε παιδιά ενός εκπαιδευτικού συστήματος της εξειδίκευσης. Και βαθιά ριζωμένες αντιλήψεις αλλάζουν δύσκολα. Ωστόσο, υπάρχουν και αντίρροπα παραδείγματα στο Ε.Μ.Π., που αξίζει να μελετηθούν και να ενισχυθούν. Για παράδειγμα, το μάθημα «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» που διδάσκεται, επί χρόνια, από πλειάδα μελών ΔΕΠ όλων των Σχολών του Ε.Μ.Π., με αντιπαραθετικές εισηγήσεις για κρίσιμα επίκαιρα θέματα, και σε ακροατήριο φοιτητών από όλες τις Σχολές του Ε.Μ.Π. Τελικά, οι πρακτικοί δρόμοι υλοποίησης μετρούν πολλές φορές πολύ περισσότερο από την αρχική ιδέα.

Ένα ακόμη δίλημμα, που συνδέεται με την παγκοσμιοποίηση, φαίνεται συχνά να απασχολεί. Προετοιμάζουμε έναν μηχανικό για την ελληνική πραγματικότητα ή έναν μηχανικό για την διεθνή πραγματικότητα; Και, μήπως, το δεύτερο ενδεχόμενο αποτελεί απλά μια ομολογία ήττας για τις προοπτικές της χώρας, μια υποχώρηση στη μάλιστα της εποχής, το brain drain; Αναμφίβολα ένα μεγάλο ποσοστό των αποφοίτων μηχανικών και θέλει και θα εργαστεί στην Ελλάδα. Είναι δικαίωμά του να μεγαλώσει και να δουλέψει στην πατρίδα που γεννήθηκε και ταυτόχρονα να στηρίξει την μάχη για την υπέρβαση της κρίσης. Είναι, επίσης, καθήκον του Ε.Μ.Π. να βοηθήσει τη χώρα. Επομένως, το πρόγραμμα σπουδών πρέπει να βασίζεται στα χαρακτηριστικά της ελληνικής πραγματικότητας. Επίσης, όμως, ισχύει ότι η Ελλάδα δεν αναπτύσσεται απομονωμένη από τη διεθνή πραγματικότητα. Κάθε άλλο. Η χώρα μας υπηρετείται καλύτερα από ένα αυριανό μηχανικό που θα είναι ικανός να αντιμετωπίσει οποιαδήποτε πρόκληση σε παγκόσμιο επίπεδο, στο πεδίο του. Τίποτε λιγότερο.

Τέλος, ας επιστρέψουμε στο ερώτημα της κατεύθυνσης των σπουδών, το «γιατί» και «για ποιόν» της εκπαίδευσης των μηχανικών. Ο μηχανικός της σύγχρονης εποχής θα χειριστεί κολοσσιαίες δυνάμεις, με αποτελέσματα που μπορούν να αποβούν καθοριστικά για το μέλλον της ανθρωπότητας, για το καλύτερο ή για το χειρότερο. Στο τελευταίο βιβλίο του ο Hawking κάνει μια κρίσιμη παρατήρηση. Ο άνθρωπος, αργά η γρήγορα, θα πάψει να είναι προϊόν της εξελικτικής διαδικασίας, που τον έφτασε σε αυτό που είναι σήμερα μέσα από μια διαδικασία χιλιάδων ετών. Για πρώτη φορά, έχει τη δυνατότητα να επέμβει στο DNA του και να προκαλέσει ταχύτατες αλλαγές, άρα να καθορίσει σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξή του (Hawking, 2018). Το παράδειγμα είναι χαρακτηριστικό του αυξημένου κοινωνικού ρόλου του μηχανικού, του επιστήμονα γενικότερα. Αυτός ο ρόλος είναι αδύνατον να εξυπηρετηθεί σωστά μέσα σε ένα απλουστευμένο και μονομερές τεχνοκρατικό πλαίσιο εκπαίδευσης. Απαιτεί ένα ισχυρό έρμα των ανθρωπιστικών σπουδών, όχι ως «κερασάκι» στις σπουδές του μηχανικού αλλά ως ουσιαστικό βασικό πεδίο εκπαίδευσης και συγκρότησης αντίληψης.

## **7 Από την 4<sup>η</sup> στην 5<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση**

Αν κανείς παραβλέψει το γεγονός ότι όλα παλιώνουν πια πολύ σύντομα και αντικαθίστανται από νέα «φαντεζί» ονόματα που φέρουν ελάχιστη επιπλέον καινοτομία, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η συζήτηση που έχει ξεκινήσει για την 5<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση (5<sup>η</sup> Β.Ε.). Η συζήτηση αυτή εστιάζει σε μια θεμελιώδη αδυναμία των προσεγγίσεων για την 4<sup>η</sup> Β.Ε.: την παντελή απουσία της κοινωνικής κατεύθυνσης που αυτή παράγει (ή αναπαράγει), τη στοχοθεσία της. Με λόγια του Θ. Ξανθόπουλου, ο οποίος αναφέρεται στον Κλάους Σβάμπ, Γερμανό ιδρυτή και εκτελεστικό πρόεδρο

τότε του παγκόσμιου οικονομικού φόρουμ του Νταβός: «Ο Σβάμπ παρακάμπτει το μείζον θέμα της κοινωνικής ωφελιμότητας (της 4<sup>ης</sup> Β.Ε.) για τη συντριπτική πλειονότητα του πληθυσμού, τους μικρομεσαίους και τους απόκληρους. Αυξάνονται ή μειώνονται οι θέσεις εργασίας, βελτιώνεται ή επιδεινώνεται η ποιότητα ζωής στο εργασιακό περιβάλλον, συρρικνώνονται ή εκτοξεύονται οι κοινωνικές αντιθέσεις;» (Ξανθόπουλος, 2017). Φθάνει δε στο σημείο να αμφισβητεί την ύπαρξη της 4<sup>ης</sup> Β.Ε. εξαιτίας, ακριβώς, της απουσίας οποιουδήποτε νέου κοινωνικού προσανατολισμού, όσον αφορά στην αντιμετώπιση των σύγχρονων προβλημάτων. Θεωρεί δε την 4<sup>η</sup> Β.Ε. ως άρνηση του εγγενούς δυναμικού δημοκρατικοποίησης των παραγωγικών και κοινωνικών λειτουργιών που υπήρχε στην 3<sup>η</sup> Β.Ε.

Μια τέτοια κριτική φαίνεται να γενικεύεται σήμερα. Αρκετοί θεωρούν ότι ενώ η 4<sup>η</sup> Β.Ε. υπόσχεται τη γενική χρήση κυβερνο-φυσικών συστημάτων, η 5<sup>η</sup> Β.Ε. - ή Κοινωνία 5.0 (σε αντιδιαστολή με την αρίθμηση μόνο των αλλαγών στην βιομηχανία, π.χ. Βιομηχανία 4.0) - στοχεύει στην επίλυση συγκεκριμένων κοινωνικών προβλημάτων με τη βοήθεια των κυβερνο-φυσικών συστημάτων που θα επιτυγχάνονταν από την 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση (Xu et al, 2021, Lu et al, 2022, Maddikunta et al, 2022). Ως τέτοια προβλήματα θεωρούνται η υπερθέρμανση του πλανήτη, η πεπερασμένη φύση των φυσικών πόρων σε συνδυασμό με την αύξηση του πληθυσμού, η προστασία του περιβάλλοντος και η μείωση των κοινωνικών ανισοτήτων (Fuchs, 2012, Broo et al, 2022).

## 8 Ποιο είναι το όραμα του Ε.Μ.Π. για τον 21<sup>ο</sup> αιώνα;

Στη βάση των παραπάνω, και ιδιαίτερα υπό το πρίσμα του διευρυμένου κοινωνικού ρόλου που παίζει ο μηχανικός της σύγχρονης εποχής, το πρώτο ερώτημα που πρέπει να τεθεί και να απαντηθεί είναι ποιος είναι ο στόχος, ποιο είναι το όραμα του Ε.Μ.Π. για τον 21<sup>ο</sup> αιώνα. Η απάντηση δεν είναι εύκολη και, κυρίως, πρέπει να είναι συλλογική, αφού θα πρέπει να συμπυκνώνει σε λίγες λέξεις τη στρατηγική του Ιδρύματος. Στη βάση της ιστορικής φυσιογνωμίας του Ε.Μ.Π., των σύγχρονων προκλήσεων, αλλά και των σκέψεων που προηγήθηκαν, ας αποπειραθούμε μια πρώτη προσέγγιση: *Το Ε.Μ.Π. επιδιώκει τη μέγιστη δυνατή συμβολή στην κοινωνική πρόοδο της χώρας και της ανθρωπότητας, ως ένα διακεκριμένο δημόσιο ίδρυμα διεθνούς εμβέλειας, στην πρωτοπορία των επιστημονικών και τεχνολογικών πεδίων που θεραπεύει. Το Ε.Μ.Π. καλλιεργώντας το ζήλο της μάθησης και τον ενθουσιασμό της ανακάλυψης, τη βαθιά, διεπιστημονική και κριτική σκέψη και τις ανθρωπιστικές αξίες εκπαιδεύει μηχανικούς αφοσιωμένους στο γενικό καλό, ικανούς να προσφέρουν καινοτόμες λύσεις στις προκλήσεις που γεννώνται σε έναν ταχύτατα μεταβαλλόμενο κόσμο.*

Τέλος, ίσως κάποιος αναρωτηθεί αν είναι σήμερα η κατάλληλη ώρα για τέτοιες συζητήσεις, όταν το Ε.Μ.Π. παλεύει ακόμη και για τα χρειώδη της λειτουργίας του. Η ιστορία του Ε.Μ.Π. αποδεικνύει ότι και σε εποχές πολύ πιο δύσκολες από τη σημερινή, για παράδειγμα στην Κατοχή, το Ε.Μ.Π. προετοίμαζε το αύριο, και για τον εαυτό του και για την ελληνική κοινωνία. Αν σταματήσουμε να σχεδιάζουμε το μέλλον, η κρίση θα έχει νικήσει τη ψυχή του Ε.Μ.Π. Και αυτό θα είναι η μεγαλύτερη απώλεια.

Το παράδειγμα του Θ. Ξανθόπουλου που σήκωσε το «γάντι» των προκλήσεων της σύγχρονης εποχής και μάλιστα σε μια ηλικία που οι περισσότεροι συνήθως αποστρατεύονται, καταβάλλοντας μια τεράστια και υψηλής ποιότητας διανοητική προσπάθεια, αναζητώντας την κατά Kuhn (Kuhn, 1962) αλλαγή παραδείγματος (paradigm shift) που έχουν σήμερα όχι μόνο τα πανεπιστήμια αλλά το σύνολο της κοινωνίας, δείχνει τον δρόμο.

## Αναφορές

- Ξανθόπουλος, Θ. (2005). *Ελληνική παιδεία. Δοκίμιο εξορθολογισμού και ανασυγκρότησης*, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.
- Ξανθόπουλος, Θ. (2017). *Ρέκβιμ με Κρεσέντο; Homo Sapiens ο Τελευταίος του Γένους των Ανθρώπων*. Τόμος Α, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- Τάσιος, Θ.Π. (2018). *Η συμβολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην Ανάπτυξη της χώρας- κατά τα τελευταία 100 χρόνια*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.



- Atkinson, H. (2016). The Beginnings of Wisdom: Challenges in Engineering Education, *Engineering* 2:45–47, <http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2016.01.031>.
- Van den Beemt A, MacLeod M, Van der Veen J, Van de Ven, A., van Baalen, S., Klaassen, R., Boon, M. (2020). Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support, *J Eng Educ.*, 109(3):508–555. <https://doi.org/10.1002/jee.20347>.
- Broo, D.G., Kaynak, O. and Sait, S.M. (2022). Rethinking engineering education at the age of industry 5.0, *Journal of Industrial Information Integration*, Vol. 25, <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311>.
- Fomunyan, K.G. (2019). Education and the Fourth Industrial Revolution: Challenges and Possibilities for Engineering Education, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(8):271-284.
- Duderstadt, J. J. (2010). Engineering for a changing world a roadmap to the future of American engineering practice, research, and education. In *Holistic Engineering Education: Beyond Technology*, 17–35. Springer New York.
- Einstein, A. (1948). A Message to the World Congress of Intellectuals, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 4(10):295-299, doi:10.1080/00963402.1948.11460251.
- Fuchs, W. (2012). The New Global Responsibilities of Engineers Create Challenges for Engineering Education, *Journal of Education for Sustainable Development*, 6(1): 111–113, 10.1177/097340821100600117.
- Hawking, S. (2018). *Brief answers to the big questions*, Hodder & Stoughton General Division London.
- Jamali, H. R., Azadi-Ahmadabadi, G., & Asadi, S. (2018). Interdisciplinary relations of converging technologies: Nano–Bio–Info–Cogno (NBIC). *Scientometrics*, 116(2):1055–1073.
- Kamp, A. (2016). *Engineering Education in a Rapidly Changing World - Rethinking the Vision for Higher Engineering Education*. 4TU. <https://www.4tu.nl/cee/en/publications/vision-engineering-education.pdf>
- Kamp, A., and Klaassen, R. (2016). Impact of Global Forces and Empowering Situations on Engineering Education in 2030. In Proceedings of the 12<sup>th</sup> International CDIO Conference.
- Kuhn, Thomas S., (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lu, Y., Zheng, H., Chand, S., Xia, W., Liu, Z., Xu, X., Wang, L., Qin, Z., Bao, J. (2022). Outlook on human-centric manufacturing towards Industry 5.0, *Journal of Manufacturing Systems*, 62:612-627, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.02.001>.
- Maddikunta, P.K.R., Pham, Q-V., Deepa, Prabadevi, B. Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T.R., Ruby, R., Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications, *Journal of Industrial Information Integration*, 26, <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>.
- Mann, C. R. (1918). *A study of engineering education: prepared for the Joint committee on engineering education of the national engineering societies* (No. 11). Merrymount Press.
- Nordmann, A. (2004). *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*. EUROPEAN COMMISSION RESEARCH.
- OECD (2019). *Skills Outlook 2019*. OECD
- Osman, K., Hiong, L. C., & Vebrianto, R. (2013). 21<sup>st</sup> Century Biology: An Interdisciplinary Approach of Biology, Technology, Engineering and Mathematics Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 102:188–194.
- Royal Academy of Engineering (2014). *Thinking like an engineer - Implications for the education system*. [www.raeng.org.uk/thinkinglikeanengineer](http://www.raeng.org.uk/thinkinglikeanengineer)
- Rugarcia, A., Felder, R. M., Woods, D. R., & Stice, J. E. (2000). *The future of engineering education: Part 1. A vision for a new century*. Chemical Engineering Education.
- Unit, E. I. (2015). *Driving the skills agenda: Preparing students for the future*. London: The Economist Intelligence Unit Limited.
- Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception, *Journal of Manufacturing Systems*, 61:530-535, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>.