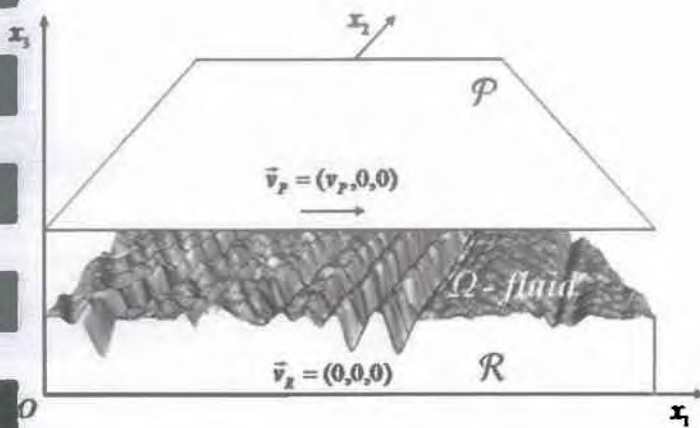




ΤΙΤΛΟΣ_ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΤΡΑΧΕΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΕ
ΤΡΙΒΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ

ΥΠΟΤΙΤΛΟΣ_ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ
FISHER-PEARSON



Επιμέλεια_ΚΟΚΚΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
Επιβλέπων_ΠΑΝΤΑΖΑΡΑΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 10062/1
Ημερ. Εισ.: 03-11-2011
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜ
2011
ΚΟΚ

© 2011 Κόκκας Ανδρέας

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής: Δρ. Πανταζάρας Κωνσταντίνος

(Επιβλέπων) Διδάσκων, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής: Δρ. Καραμάνος Σπύρος

Αναπληρωτής καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής: Δρ. Κερμανίδης Αλέξης

Λέκτορας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

(ii) Πιστώσεις

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου κ. **Κωνσταντίνο Πανταζάρα** για την πολύτιμη βοήθεια, καθοδήγησή, ενθάρρυνση και συμπαράστασή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κκ. Σπύρο Καραμάνο και Αλέξη Κερμανίδη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Οφείλω επίσης ευχαριστίες σε όλους τους καθηγητές και το προσωπικό του τμήματος για την συνεχή βοήθεια τους.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου Απόστολο Γκούντα, Γιώργο Πολύμερο, Βαγγέλη Δημούτση, Γιώργο Μπέλλη, Ζαφείρη Υφαντόπουλο, Σπυρο Γουρζουλίδη, Κώστα Αθανασιάδη, Παντελή Βασιλόπουλο, Σάσα Καραλευθήρη, Βίκυ Κικίδου, Άρη Τσατσαρέλη, Σταύρο Καρατζά, Πάνο Πισκολιού, Στέργιο Μάμαλη, Θανάση Καλτσά, για την βοήθεια τους όλα αυτά τα χρόνια που περάσαμε μαζί στο Βόλο, καθώς και τους Πάνο Γεωργούλα, Γιάννη Λιάγκα, Αιμίλιο Ξεσφιγγούλη, Ντίνο Ξάνθο, Γιώργο Παππά, Βασίλη Νάτσιο, Κωνσταντίνα Σκυθιώτη, Κατερίνα Δημησιούδη για τα "καυστικά" τους σχόλια επί του έργου τούτου.

Τέλος τις μεγαλύτερες ευχαριστίες μου οφείλω στους γονείς μου Νίκο και Ανθή και την αδερφή μου Ελένη που όλα αυτά τα χρόνια με στήριζαν και ήταν πάντα δίπλα μου και που χωρίς την συμβολή τους τίποτε από όλα αυτά δεν θα ήταν εφικτό.

Κόκκας Ανδρέας

(iii) ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βασική ιδέα πάνω στην οποία στηρίχθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στην πληρέστερη περιγραφή χαρακτηριστικών δεδομένων (data) τεχνικών προβλημάτων επαφής- συνεργασίας μεταξύ τεχνολογικών επιφανειών. Η εργασία χωρίζεται σε τέσσερα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η θεωρητική ανάλυση του προβλήματος με επίκεντρο την αναλυτική περιγραφή της τραχύτητας και αναφορά στη συμμετοχή της σε τριβολογικά τεχνικά προβλήματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση αριθμού μοντέλων συνθετικής τραχύτητας που παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και παραμέτρους σύμφωνα με το στατιστικό σύστημα Fisher-Pearson.

Στο τρίτο κεφάλαιο εμφανίζονται τα αποτελέσματα σχετικά με δεδομένα στατιστικού χαρακτήρα που εισάγονται σε προβλήματα υδροδυναμικής λίπανσης και γίνεται σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων που βασίζονται σε διαφορετικά μοντέλα συνθετικής τραχύτητας.

Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα καθώς και οι προοπτικές που ανοίγονται για συνέχιση του συγκεκριμένου θέματος.

(iv) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

(i) Εξώφυλλο.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
(ii) Πιστώσεις.....	7
(iii) Περίληψη.....	9
(iv) Περιεχόμενα.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Τραχύτητα και επαφή στερών σωμάτων

1.1. Εισαγωγή.....	14
1.2. Υδροδυναμική λίπανση-υδροδυναμική συνιστώσα δύναμης τριβής.....	15
1.3. Συνθετική τραχύτητα.....	32
1.4. Σχέση τραχύτητας και πάχους λιπαντικής μεμβράνης.....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Στατιστική ανάλυση τραχύτητας-το σύστημα Fisher-Pearson

2.1. Διαδικασία αναζήτησης – έρευνας του νόμου κατανομής τιμών πειραματικών αποτελεσμάτων κατά Fisher-Pearson.....	39
2.2. Συντελεστές του Pearson και του Fisher-Αρχή της μεθόδου.....	42
2.3. Οικογένειες καμπυλών.....	43
2.4. Τοποθέτηση προβλήματος.....	51
2.5. Ανάλυση προτύπων τραχύτητας.....	53
2.5.1. Πρότυπο 1.....	53
2.5.2. Πρότυπο II.....	59
2.5.3. Πρότυπο III.....	65
2.5.4. Πρότυπο IV.....	71
2.5.5. Πρότυπο V.....	77

2.6. Χαρακτηρισμός προτύπων συνθετικής τραχύτητας κατά Fisher-Pearson.....	83
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Αποτελέσματα υπολογισμών

3.1. Εισαγωγή.....	86
3.2. Διαγράμματα επεξεργασίας προτύπων.....	86
3.2.1. Πρότυπο I.....	86
3.2.2. Πρότυπο II.....	92
3.2.3. Πρότυπο III.....	96
3.2.4. Πρότυπο IV.....	101
3.2.5. Πρότυπο V.....	106

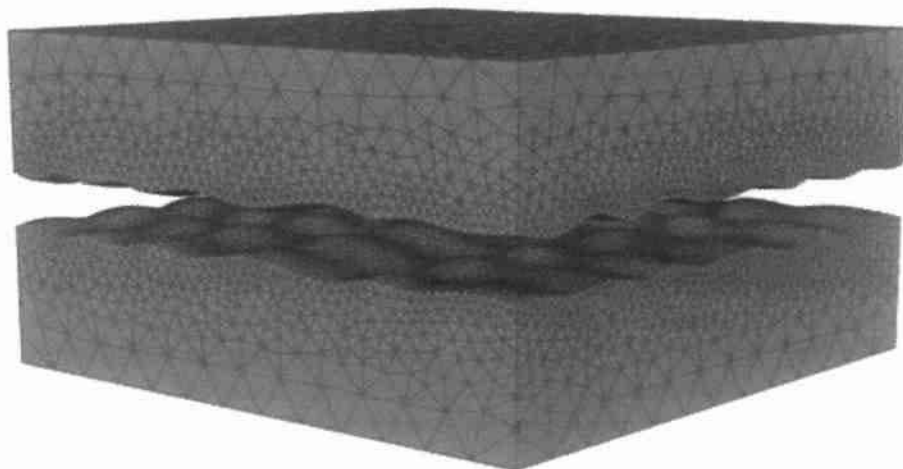
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Συμπεράσματα-Προοπτικές

4.1. Εισαγωγή.....	114
4.2. Συμπεράσματα.....	114
4.3 Προοπτικές.....	122
Βιβλιογραφία.....	123
Παράρτημα 1.....	125
Συμπλήρωμα θεωρίας-Μέτρηση τραχύτητας	
Παράρτημα 2.....	137
Αποτελέσματα-Εκτενής παρουσίαση	
Παράρτημα 3.....	185
Πίνακες	

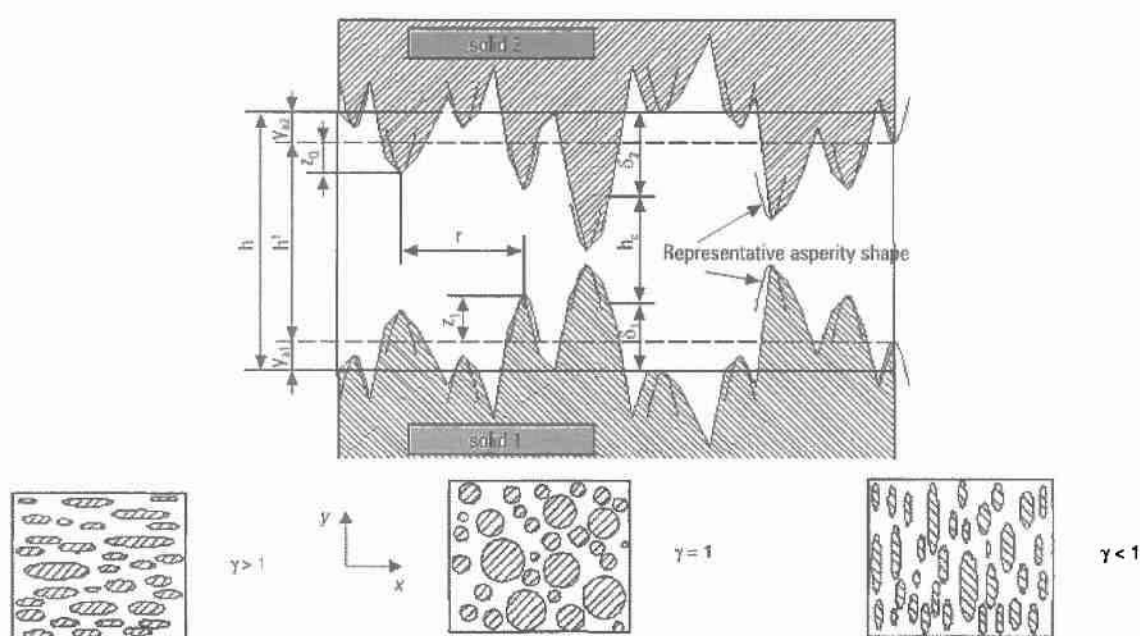
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΑΦΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ



1.1 Εισαγωγή

Για την επαφή μεταξύ δυο στερών σωμάτων που χαρακτηρίζονται από την τραχύτητα τους έχουν αναπτυχθεί θεωρίες που βασίζονται σε στατιστικά κυρίως μεγέθη των επιφανειών αυτών που περιγράφουν πληρέστερα και την διεπιφάνεια τους. Στο γενικότερο πρόβλημα της κίνησης μεταξύ δυο τεχνολογικών επιφανειών οι οποίες μάλιστα διαχωρίζονται και με λιπαντικό μέσο είναι αποδεκτές δυο θεωρίες πάνω στις οποίες βασίζεται και το μοντέλο μεικτής λίπανσης που θα αναλυθεί στη συνέχεια.



Σχήμα 1.1.: Το μοντέλο των λοφίσκων τραχύτητας και τα χαρακτηριστικά ανισοτροπίας.

Στο μοντέλο αυτό οι **Greenwood-Tripp** κάνουν χρήση στατιστικών στοιχείων που αναφέρονται στον πληθυσμό των κορυφών των λοφίσκων καθώς και την μέση ακτίνα καμπυλότητάς τους, με σκοπό τον προσδιορισμό της μη-υδροδυναμικής συνιστώσας της δύναμης τριβής μέσα από τον υπολογισμό του πραγματικού φορτίου των παραμορφούμενων λοφίσκων (ελαστική ή πλαστική παραμόρφωση) την πραγματική επιφάνεια επαφής και τον αριθμό επαφών.

Παράλληλα οι Patir-Cheng έχουν αναπτύξει ένα μοντέλο βασισμένο σε μια γενικευμένη μορφή της εξίσωσης του Reynolds στην οποία υπεισέρχονται διορθωτικοί συντελεστές ροής (flow factors) που χρησιμοποιούνται για την διόρθωση με βάση και πάλι στατιστικά χαρακτηριστικά της παροχής λιπαντικού στις δύο κύριες κατευθύνσεις κατά μήκος και εγκάρσια. Οι συντελεστές αυτοί έχουν εξαχθεί με βάση ψηφιακή προσομοίωση και εξαρτώνται από την τιμή της τυπικής απόκλισης της κατανομής των σημείων καθώς και την ανισοτροπία της τραχύτητας.

Σημειώνεται ότι τα στατιστικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε κάθε μια απ' τις δυο θεωρίες αναφέρονται σε ξεχωριστό πληθυσμό στην πραγματικότητα. Κατά την μοντελοποίηση όμως από πολλούς ερευνητές αφενός μεν δεν γίνεται διάκριση μεταξύ των δυο αυτών πληθυσμών και αφετέρου οι πληθυσμοί αυτοί θεωρούνται ότι ακολουθούν την κατανομή Gauss.

Στη συνέχεια το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται στην υδροδυναμική συνιστώσα της τριβής ευελπιστώντας ότι είναι δυνατή η αξιολόγηση και ταξινόμηση των τραχειών λιπανομένων επιφανειών με το σύστημα Fisher-Pearson.

1.2 Υδροδυναμική λίπανση-υδροδυναμική συνιστώσα δύναμης τριβής

Η εξίσωση του Reynolds για λείες επιφάνειες που με τον δυναμικό της όρο δίνεται στη συνέχεια:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h^3 \frac{\partial P}{\partial y} \right) = 6\eta u \frac{\partial h}{\partial x} + 12\eta \frac{\partial h}{\partial t}$$

σε περίπτωση τραχειών επιφανειών γράφεται ως εξής:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\Phi_1 h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Phi_2 h^3 \frac{\partial p}{\partial y} \right) = 6\eta(u_1 - u_2) \frac{\partial h_T}{\partial x} + 6(u_1 - u_2) \frac{\partial h_T}{\partial x} \sigma_{z,z} \frac{\partial \Phi_s}{\partial x} + 12\eta \frac{\partial h_T}{\partial t}$$

Όπου u_i : με $i=1, 2$ οι ταχύτητες των 2 επιφανειών σ' επαφή:

P : η μέση τοπική πίεση

Φ_x, Φ_y, Φ_s : συντελεστές ροής που εξαρτώνται από τον προσανατολισμό της τραχύτητας (ανισοτροπία-δείκτης ανισοτροπίας) τις τυπικές αποκλίσεις των κατανομών της και της τοπικής τιμής του πάχους της λιπαντικής μεμβράνης.

h : το πάχος του λιπαντικού σε περίπτωση λείων επιφανειών

η : δυναμικό ή απόλυτο ιξώδες λιπαντικού μέσου [Pas]

σ_{po} : είναι η τυπική απόκλιση του πληθυσμού των υψομέτρων σημείων. Με τον όρο πληθυσμός υψομέτρων σημείων εννοούμε τον πληθυσμό της σύνθετης τραχείας επιφάνειας η οποία προέρχεται από τις τραχύτητες των δύο σωμάτων σε επαφή. Δηλαδή το πρόβλημα ανάγεται σε πρόβλημα επαφής μεταξύ λείας και τραχείας επιφάνειας. Σε περίπτωση που το $\sigma_{po} = 0$ τότε $\Phi_x = \Phi_y = 1$ και η εξίσωση του Reynolds παίρνει την αρχική της μορφή καθόσον και $h = h_T$.

Οι δύο πρώτοι όροι της προηγούμενης έκφρασης προέρχονται από τους όρους που ακολουθούν, όπου η τιμή h_T αντικαθίσταται από τη διορθωμένη τιμή του τοπικού πάχους λιπαντικής μεμβράνης h λαμβανομένου υπόψη του συντελεστή ροής Φ_x, Φ_y :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h_T^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h_T^3 \frac{\partial p}{\partial y} \right)$$

Ο συντελεστής Φ_x υπολογίζεται ως εξής:

$$\Phi_x = \frac{1}{Ly} \frac{\int_0^{Ly} \left(\frac{h_T^3}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right) dy}{\left(\frac{h^3}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right)} \quad \text{όπου: } \frac{\overline{\partial p}}{\partial x} = \frac{P_B - P_A}{Lx}$$

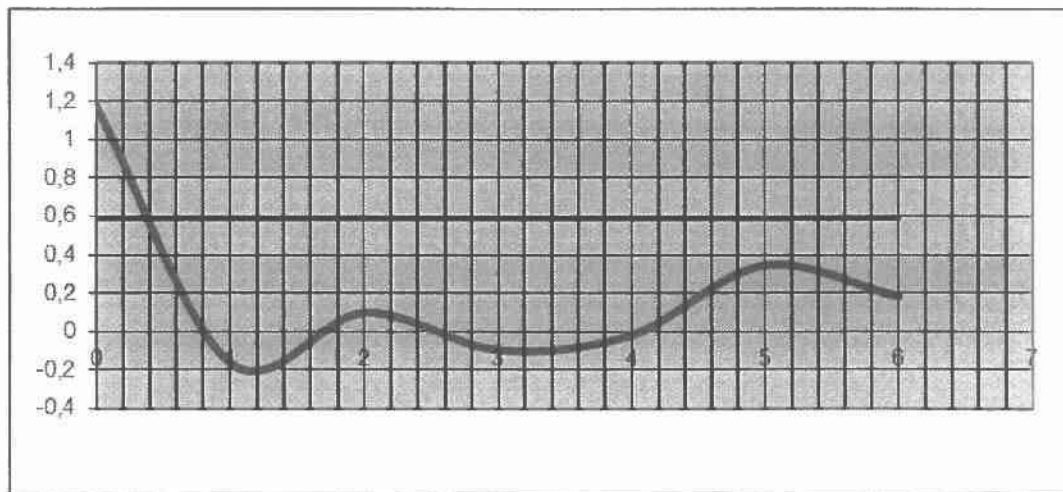
Σύμφωνα με τη θεωρία Patir-Cheng οι τιμές των συντελεστών αυτών που εξάγονται κατόπιν μαθηματικής προσομοίωσης τραχειών και ανισότροπων επιφανειών προσεγγίζονται ως εξής:

$$\Phi_x(H, \gamma) = \begin{cases} 1 - ce^{-H}, & \gamma \leq 1 \\ 1 + cH^{-\gamma}, & \gamma > 1 \end{cases} \quad \Phi_x(H, \gamma) = \Phi_x\left(H, \frac{1}{\gamma}\right)$$

Οπου: $H = \frac{h}{\sigma}$ και $\gamma = \frac{\lambda_{0,5x}}{\lambda_{0,5y}}$, γ : ο δείκτης ανισοτροπίας της τραχείας επιφάνειας που χαρακτηρίζεται από τον λόγο των μηκών κύματος $\lambda_{0,5x}$ και $\lambda_{0,5y}$, οι τιμές των οποίων ισοδυναμούν με το μήκος κύματος λ στο οποίο η αρχική τιμή της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης της τραχύτητας πέφτει στο ήμισυ της αρχικής τιμής της (σχήμα 1.2.2. και 1.2.4.).



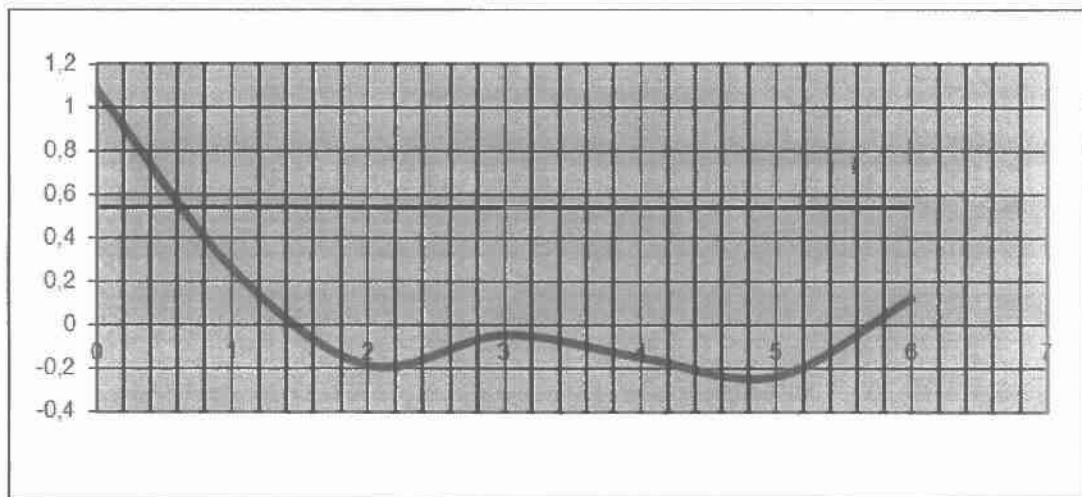
Σχήμα 1.2.1.: Ενδεικτική τραχυμέτρηση κατά μήκος του άξονα x.



Σχήμα 1.2.2.: Συνάρτηση αυτόσυσχέτισης τραχυμέτρησης κατά μήκος του άξονα x, $\lambda_{0,5x} = 0,4$.



Σχήμα 1.2.3.: Ενδεικτική τραχυμέτρηση κατά μήκος του άξονα γ.



Σχήμα 1.2.4.: Συνάρτηση αυτόσυσχέτισης τραχυμέτρησης κατά μήκος του άξονα γ, $\lambda_{0,5\gamma} = 0,6$.

Οπότε η τιμή της ανιστροπίας στο παραπάνω ενδεικτικό παράδειγμα παίρνει τιμή:

$$\gamma = \frac{\lambda_{0,5x}}{\lambda_{0,5\gamma}} = \gamma = \frac{0,4}{0,6} = 0,66.$$

Οι κατευθύνσεις x, γ ισοδυναμούν αντίστοιχα στην διαμήκη και την περιφερειακή κατεύθυνση. Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης δίνεται από τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο:

$$R_{xx}(\lambda) = \frac{1}{N-\lambda} \sum_{i=1}^{N-\lambda} X(i)X(i+\lambda)$$

Όπου: N: Ο αριθμός των σημείων της κατατομής της επιφάνειας.

λ: Η απόσταση μεταξύ δύο τεταγμένων ($R_{xx}(0)=\sigma_x^2$).

Αν h η τοπική τιμή της λιπαντικής μεμβράνης \bar{h}_T ορίζεται σαν:

$$\bar{h}_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f_{po}(\delta) d\delta$$

Για την επίλυση της εξίσωσης του Reynolds γίνεται χρήση των Συνοριακών Συνθηκών που είναι γνωστές ως Half Sommerfeld, αγνοούμε λοιπόν το πεδίο των πιέσεων της αποκλίνουσας περιοχής στην οποία οι τιμές των πιέσεων σύμφωνα με τον Reynolds είναι αρνητικές.

Όταν οι επιφάνειες μπορούν να θεωρηθούν λείες τότε $\Phi_x=1$ και $\Phi_y=1$ και επειδή $\sigma_{po}=0$ και το $h_T = h$ και $(u_1 - u_2) = u$ σχετική ταχύτητα. Έτσι η εξίσωση παίρνει την εξής μορφή:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial y} \right) = 6\eta u \frac{\partial h}{\partial x} + 12\eta \frac{\partial h}{\partial t}$$

Στην περιοχή που αναφέρεται στο μέσον της διαδρομής η μοναδική συνιστώσα είναι υδροδυναμικής φύσης και έχει τη μορφή:

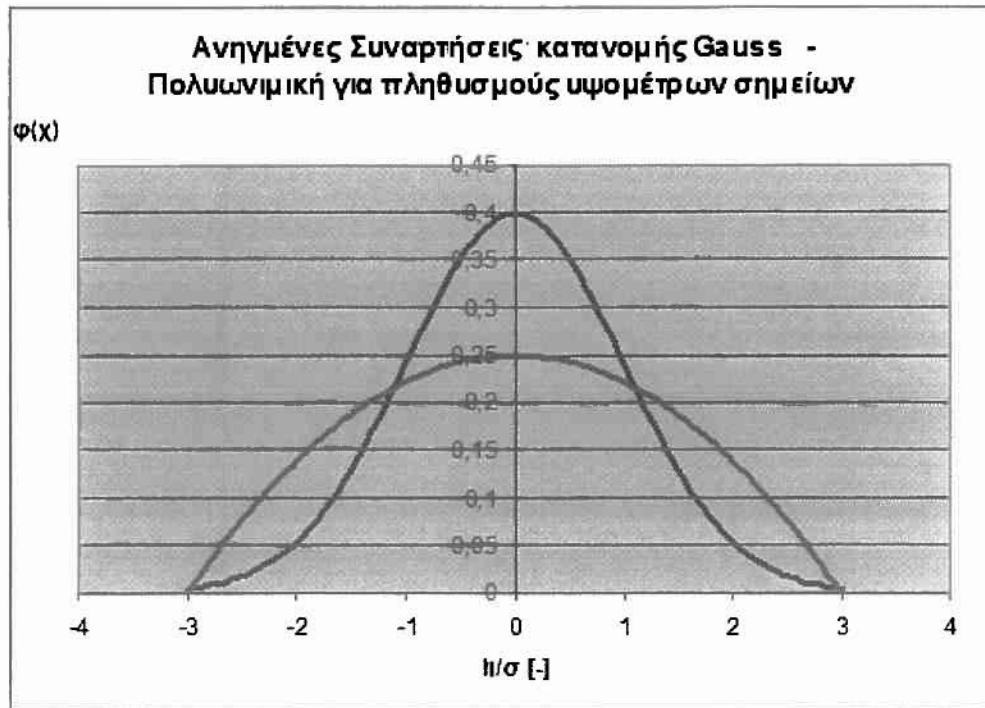
$$F_H = \iint_S \tau_h ds$$

Το άθροισμα λοιπόν αυτών των δύο συνιστωσών θα μας δίνει την συνολική δύναμη τριβής όπου F_a η μη-υδροδυναμική συνιστώσα της:

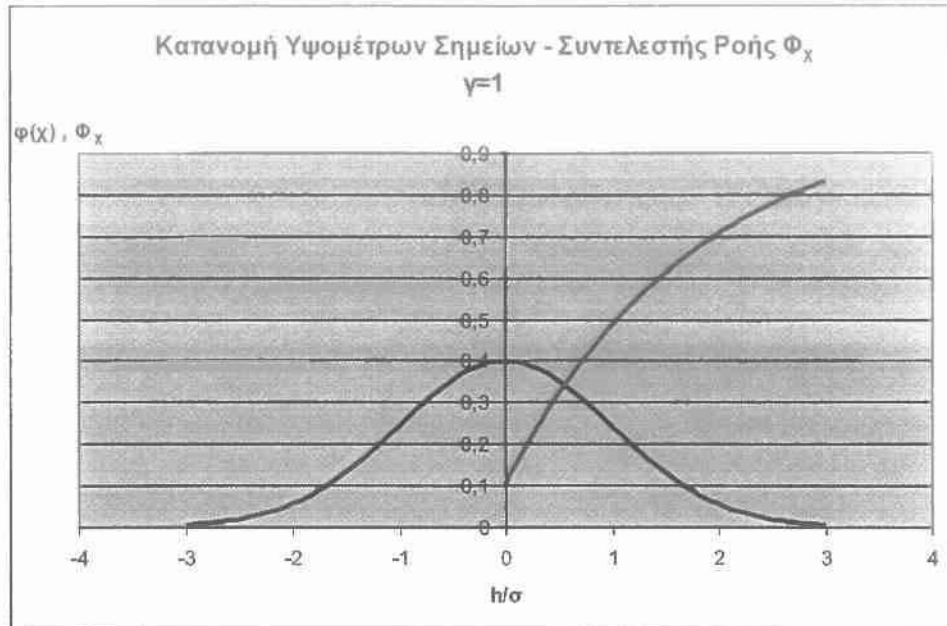
$$F_{total} = F_a + F_H$$

Η διαφοροποίηση μεταξύ των ποσοτήτων παροχής όγκων για λεία και τραχεία επιφάνεια αντίστοιχα εμφανίζεται στα επόμενα διαγράμματα και μάλιστα για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου γ δηλαδή της ανισοτροπίας (δείκτης ανισοτροπίας) της τραχύτητας. Στα διαγράμματα αυτά για γενικά ανισότροπες τραχείες επιφάνειες η ποσότητα h^3 που εμφανίζεται στην εξίσωση του Reynolds για λείες επιφάνειες γίνεται $\Phi_x \cdot h^3$ και $\Phi_y \cdot h^3$ για την κατά μήκος και εγκάρσια ροή.

Σημειώνεται ότι όλα τα προηγούμενα συσχετίζονται με συναρτήσεις κατανομής υψομέτρων σημείων της κατατομής της τεχνολογικής επιφάνειας. Η συνηθέστερη είναι η κανονική κατανομή (Gauss) αλλά και άλλες απλούστερες κατανομές όπως η πολυωνυμική που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

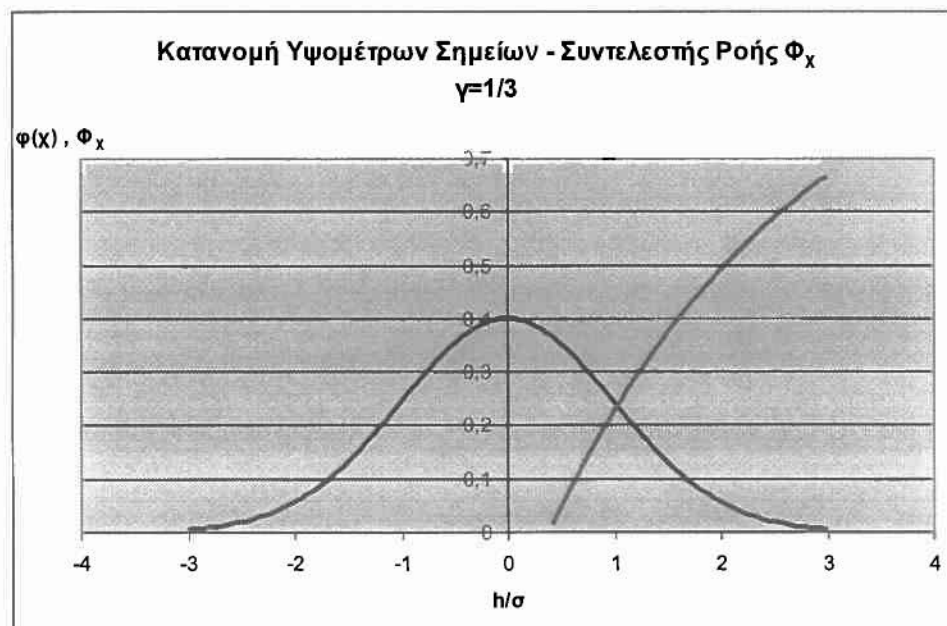


Σχήμα 1.2.5. : Κατανομή Gauss και πολυωνυμική συμμετρική κατανομή που λαμβάνεται για απλουστευτικούς λόγους στο μοντέλο Patir-Cheng. Το ανηγμένο μέγεθος h/σ που χρησιμοποιείται συνήθως στις κατανομές του τύπου αυτού, δίνει για τιμές > 3 αμελητέα επίδραση της τραχύτητας.



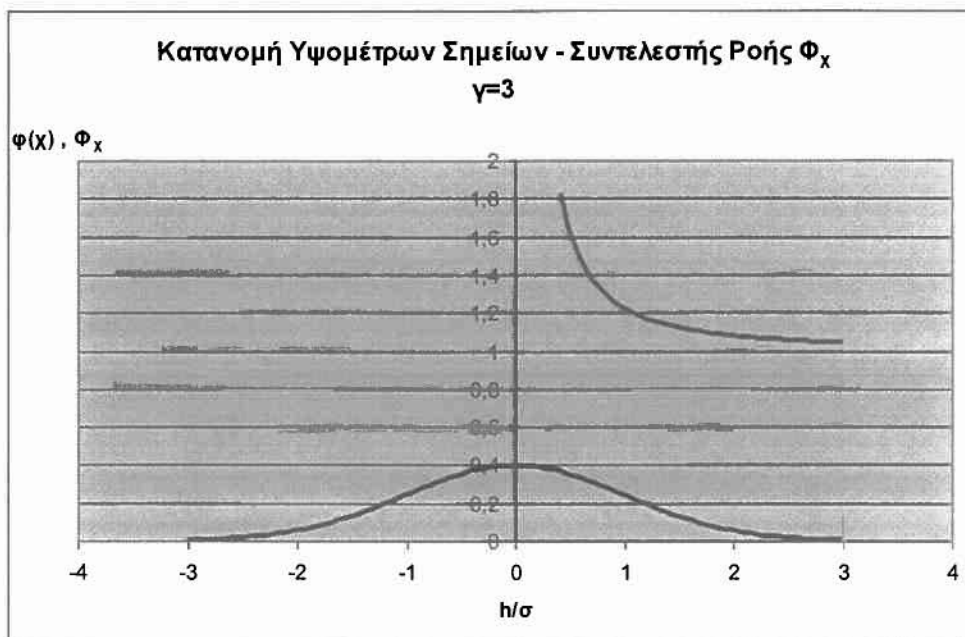
Σχήμα 1.2.6.: Συνάρτηση Κατανομής υψομέτρων σημείων τραχείας επιφάνειας που λιπαίνεται υδροδυναμικά καθώς και διάγραμμα μεταβολής του αντίστοιχου συντελεστή ροής.

Παρατήρηση : Για την κανονική κατανομή και $h/\sigma=3$ ο συντελεστής ροής στη πράξη είναι πολύ κοντά στην τιμή της μονάδας γεγονός που σημαίνει μηδενική επίδραση της τραχύτητας κατά τη λίπανση.



Σχήμα 1.2.7.: Συνάρτηση Κατανομής υψομέτρων σημείων τραχείας επιφάνειας που λιπαίνεται υδροδυναμικά καθώς και διάγραμμα μεταβολής του αντίστοιχου συντελεστή ροής.

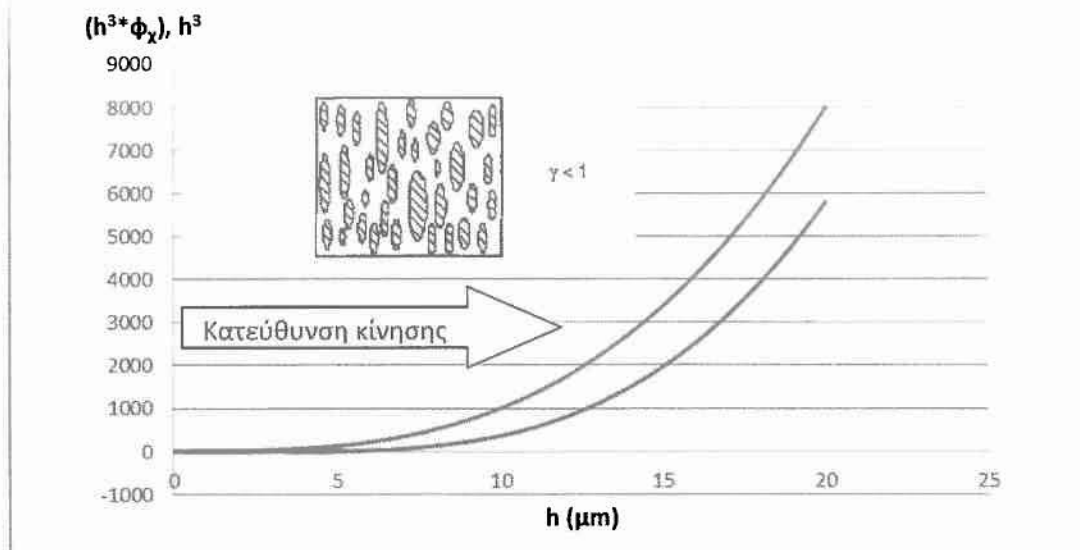
Παρατήρηση : Για την κανονική κατανομή και $h/\sigma=3$ ο συντελεστής ροής στη πράξη είναι πολύ κοντά στην τιμή της μονάδας γεγονός που σημαίνει σχεδόν μηδενική επίδραση της τραχύτητας κατά τη λίπανση, μεγαλύτερη πάντως σε σχέση με την ισότροπη κατάσταση του προηγούμενου σχήματος.



Σχήμα 1.2.8.: Συνάρτηση Κατανομής υψομέτρων σημείων τραχείας επιφάνειας που λιπαίνεται υδροδυναμικά καθώς και διάγραμμα μεταβολής του αντίστοιχου συντελεστή ροής.

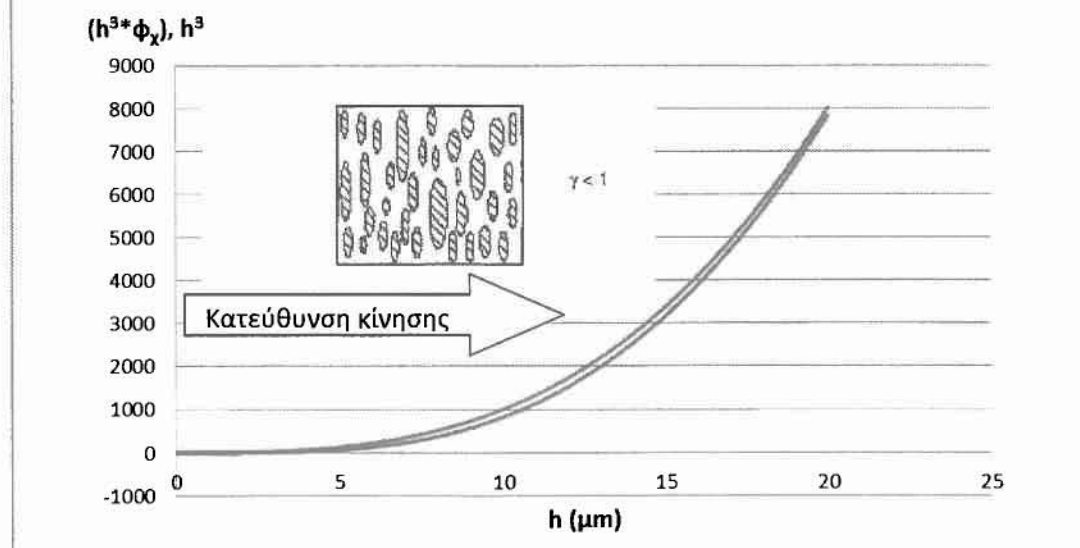
Παρατήρηση : Για την κανονική κατανομή και $h/\sigma=3$ ο συντελεστής ροής στη πράξη είναι πολύ κοντά στην τιμή της μονάδας γεγονός που σημαίνει μηδενική επίδραση της τραχύτητας κατά τη λίπανση. Οι μεγάλες τιμές του συντελεστή Φ_χ για μικρές τιμές του ανηγμένου πάχους της λιπαντικής μεμβράνης υποδηλώνουν μη μηδενική ροή ακόμη και σε κατάσταση πλήρους επαφής των σωμάτων. ($h/\sigma = 0$)

Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου ($h^3 \cdot \phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης h (μm), $\sigma=5 \mu\text{m}$

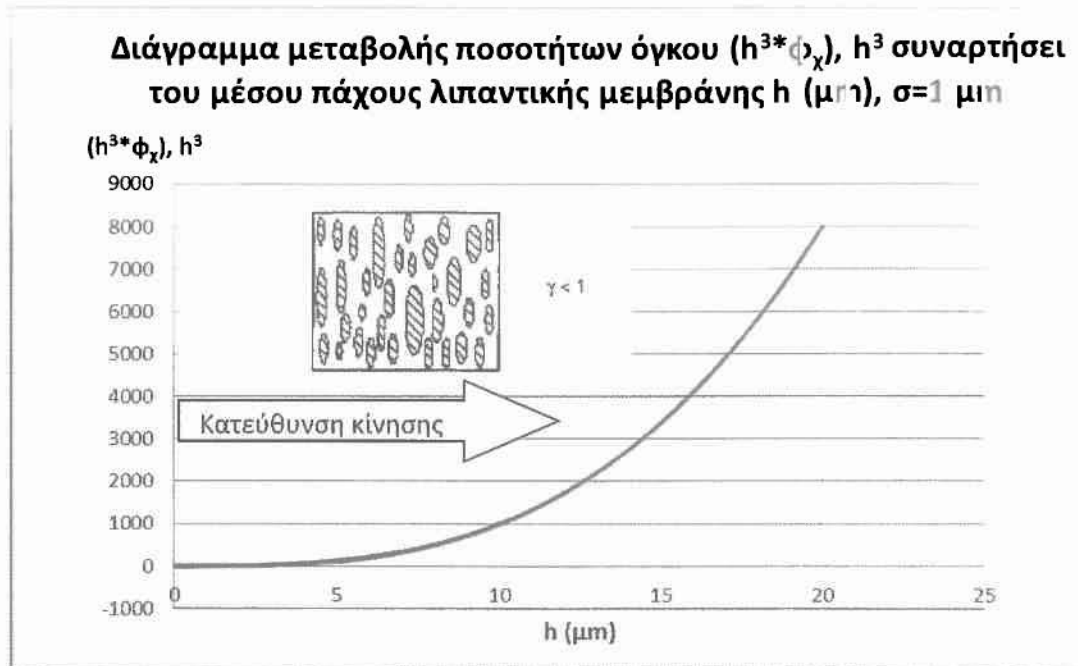


Σχήμα 1.2.9.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσεως του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=1/9$. Μεγάλη τραχύτητα επιφάνειας άρα υψηλή τιμή της τυπικής απόκλισης.

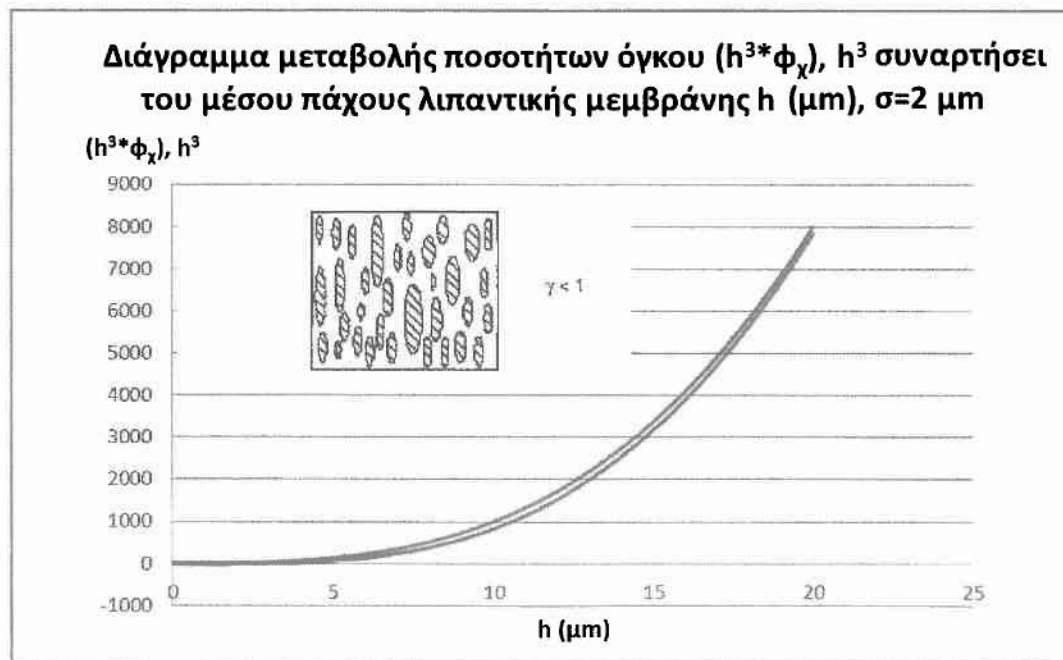
Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου ($h^3 \cdot \phi_x$), h^3 συναρτήσεως του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης h (μm), $\sigma=2 \mu\text{m}$



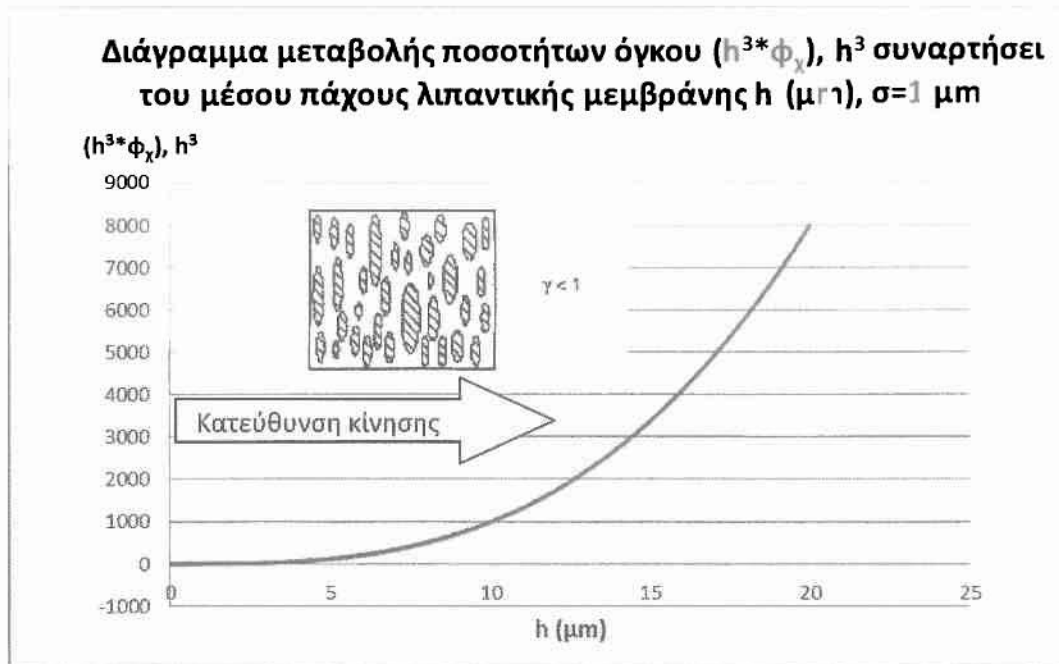
Σχήμα 1.2.10.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσεως του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=1/9$. Μέτρια τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μέτρια τραχύτητα επιφάνειας.



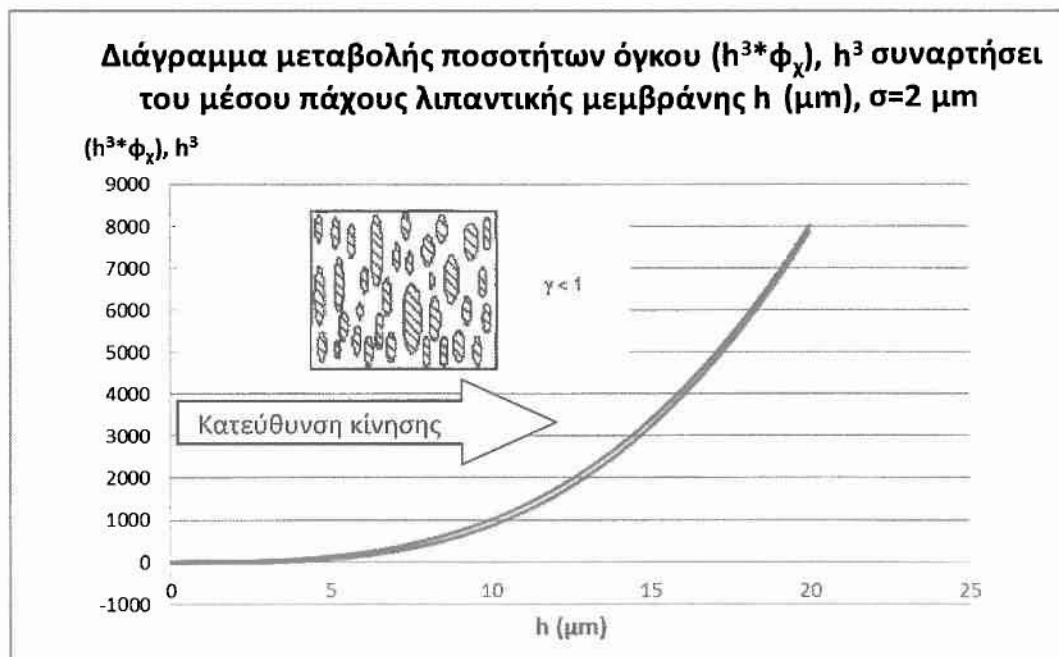
Σχήμα 1.2.11.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma= 1/9$. Μικρή τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μικρή τραχύτητα επιφάνειας όπως φαίνεται και από την σύμπτωση των καμπυλών ειδικά για μεγάλο μέσο πάχος λιπαντικής μεμβράνης. Συμπεριφορά παρόμοια της λείας επιφάνειας.



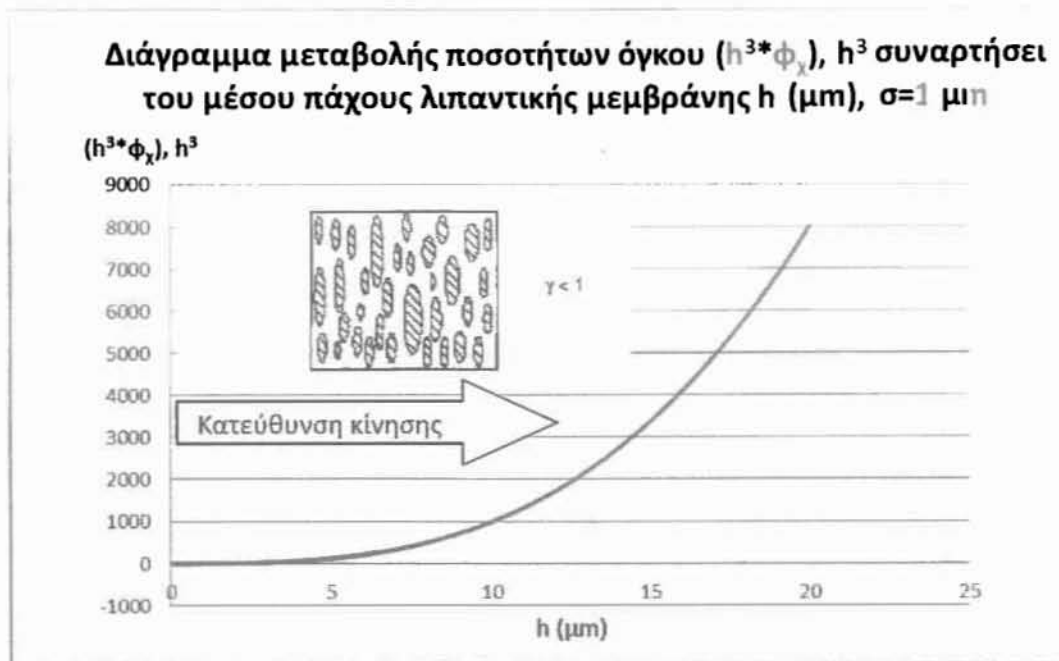
Σχήμα 1.2.12.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους h για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=1/6$. Παρατηρούμε αύξηση του Φ_x με αύξηση του δείκτη ανισοτροπίας από $1/9$ σε $1/6$. Μέτρια τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μέτρια τραχύτητα επιφάνειας.



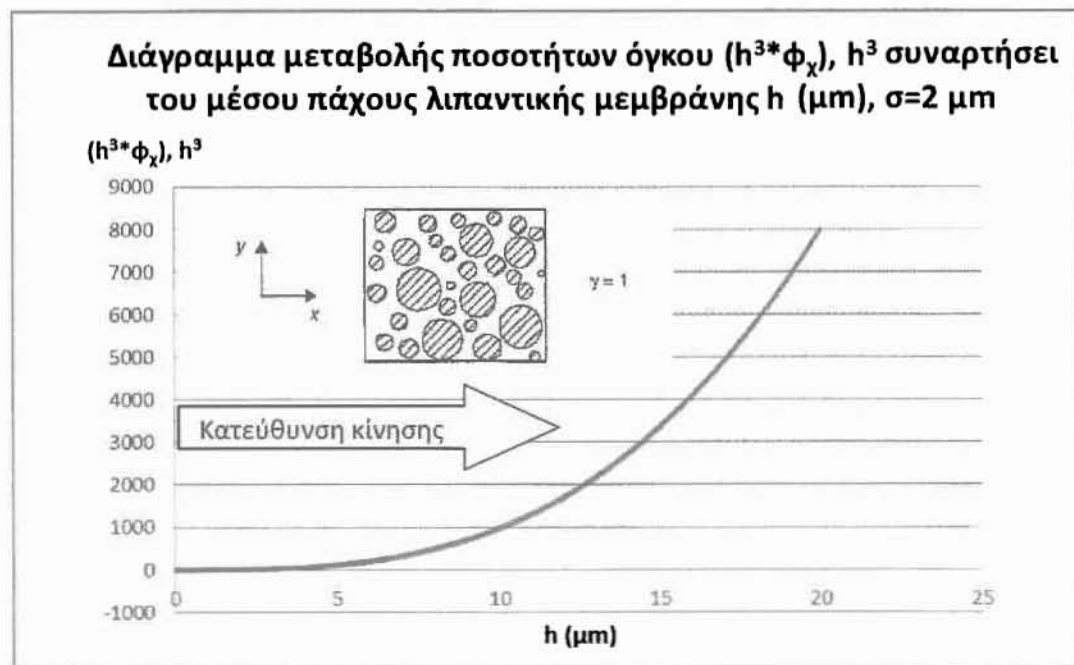
Σχήμα 1.2.13.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma = 1/6$. Μικρή τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μικρή τραχύτητα επιφάνειας όπως φαίνεται και από την σύμπτωση των καμπυλών ειδικά για μεγάλο μέσο πάχος λιπαντικής μεμβράνης. Συμπεριφορά παρόμοια της λείας επιφάνειας.



Σχήμα 1.2.14.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους h για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma = 1/3$. Παρατηρούμε αύξηση του Φ_x με αύξηση του δείκτη ανισοτροπίας από $1/6$ σε $1/3$. Μέτρια τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μέτρια τραχύτητα επιφάνειας.

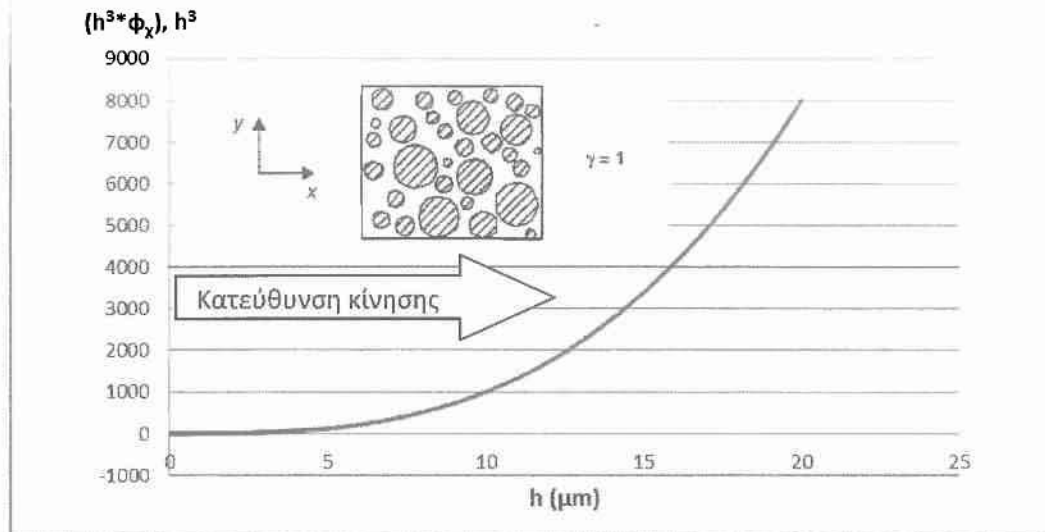


Σχήμα 1.2.15.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσεϊ του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης για δείκτη ανιστροπίας $\gamma = 1/3$. Μικρή τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μικρή τραχύτητα επιφάνειας όπως φαίνεται και από την σύμπτωση των καμπυλών ειδικά για μεγάλο μέσο πάχος λιπαντικής μεμβράνης. Συμπεριφορά παρόμοια της λείας επιφάνειας.



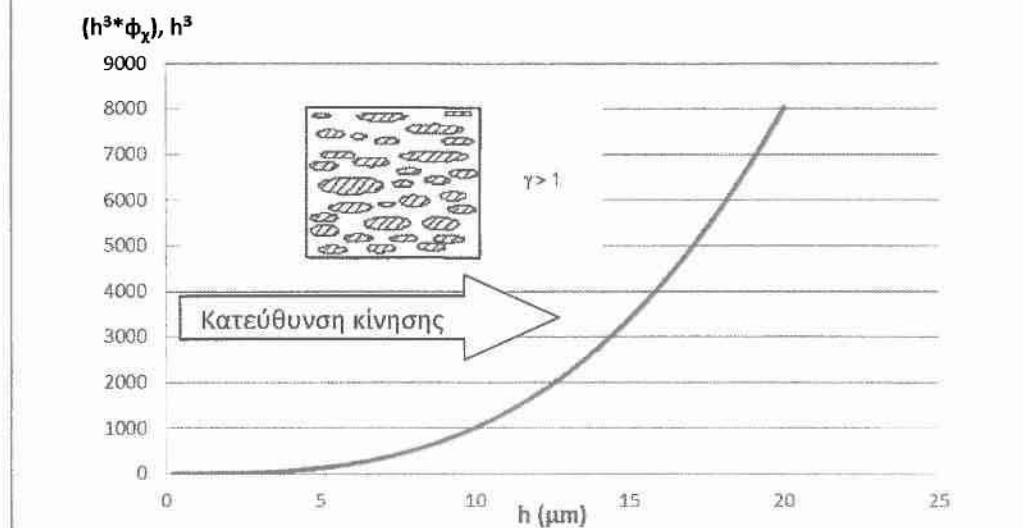
Σχήμα 1.2.16.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσεϊ του μέσου πάχους h για ισότροπη επιφάνεια $\gamma=1$. Παρατηρούμε σχεδόν μοναδιαίες τιμές του Φ_x . Μέτρια τιμή της τυπικής απόκλισης μικρή όμως τραχύτητα επιφάνειας (σχεδόν λεία).

Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου ($h^3 \cdot \Phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης h (μm), $\sigma=1 \mu\text{m}$

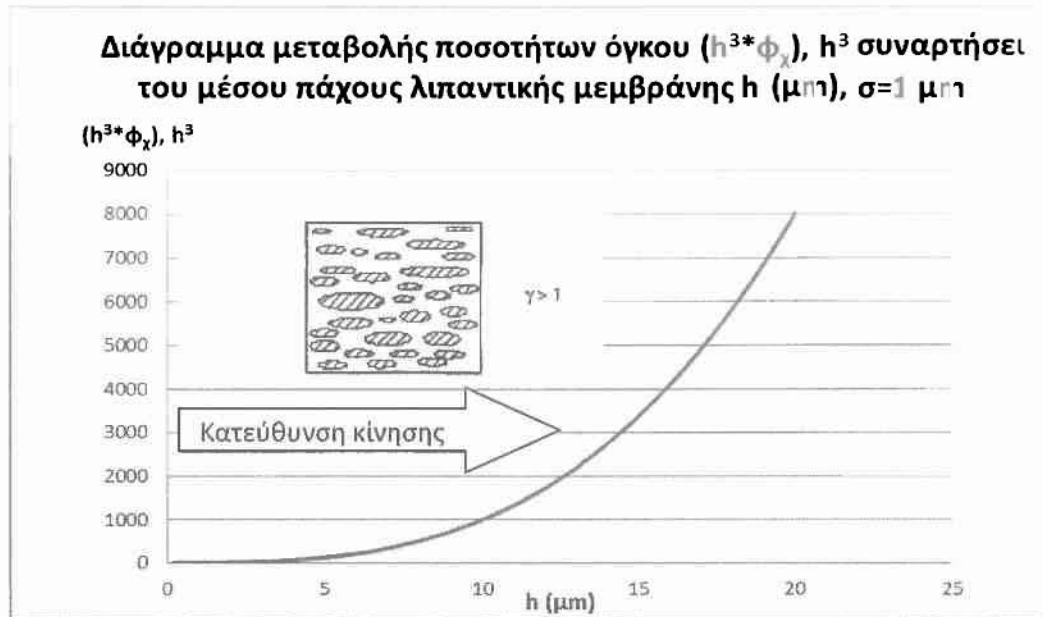


Σχήμα 1.2.17.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσεϊ του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης για ισότροπη επιφάνεια $\gamma=1$. Μικρή τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μικρή τραχύτητα επιφάνειας όπως φαίνεται και από την σύμπτωση σχεδόν των καμπυλών ειδικά για μεγάλο μέσο πάχος λιπαντικής μεμβράνης. Συμπεριφορά παρόμοια της λείας επιφάνειας.

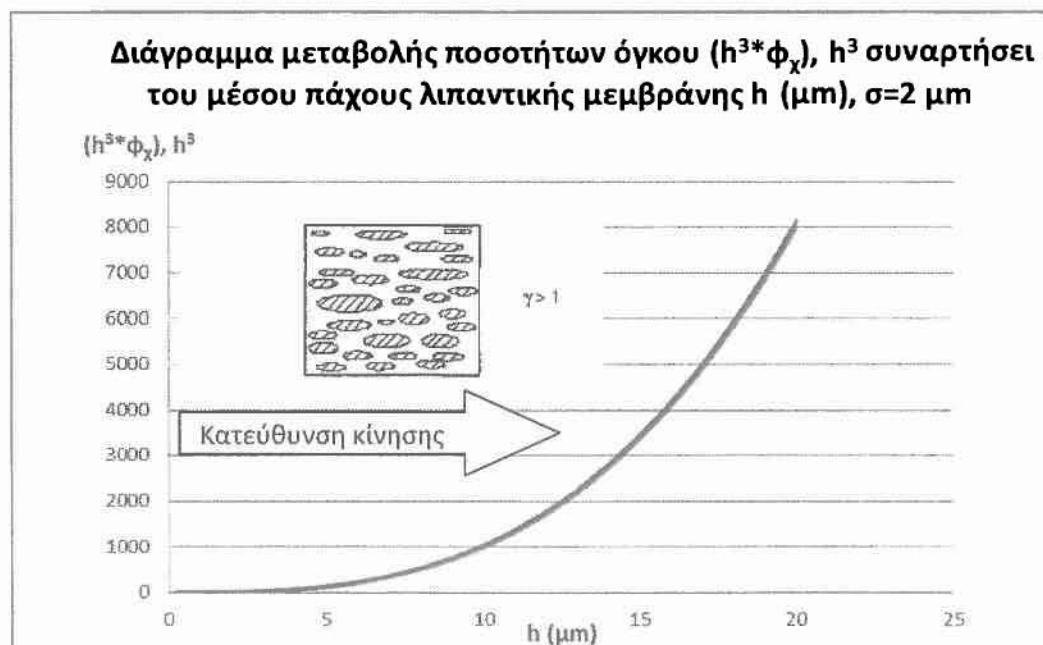
Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου ($h^3 \cdot \Phi_x$), h^3 συναρτήσεϊ του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης h (μm), $\sigma=2 \mu\text{m}$



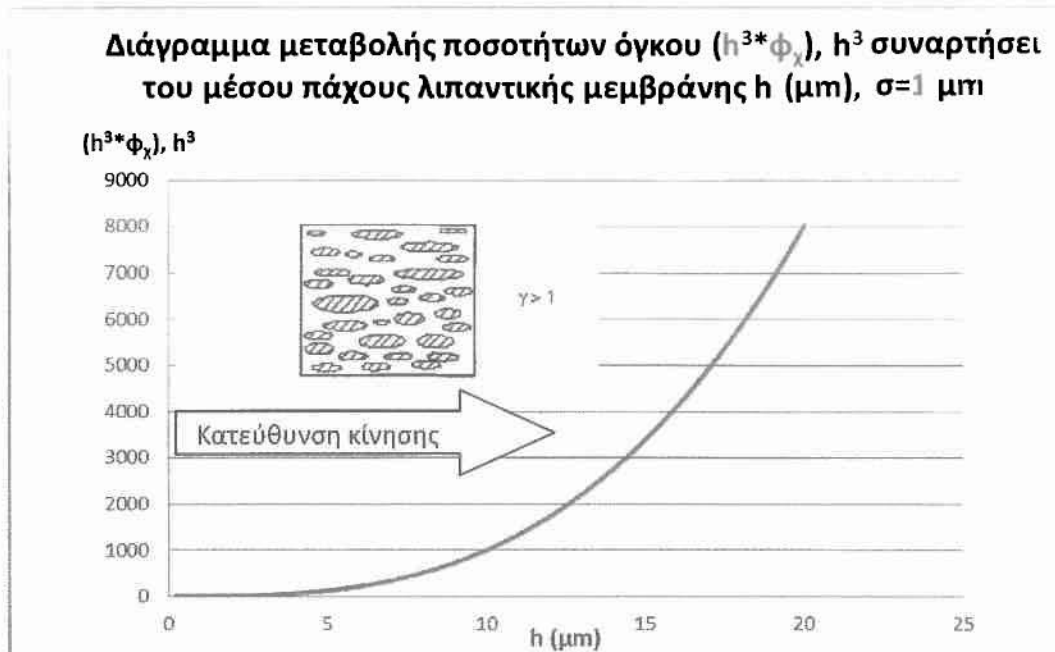
Σχήμα 1.2.18.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσεϊ του μέσου πάχους h για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=3$. Παρατηρούμε ότι για μικρότερες τιμές της τυπικής απόκλισης άρα και της τραχύτητας, ο όγκος παροχής λιπαντικού προσεγγίζει ασυμπτωτικά την συμπεριφορά για λείες επιφάνειες.



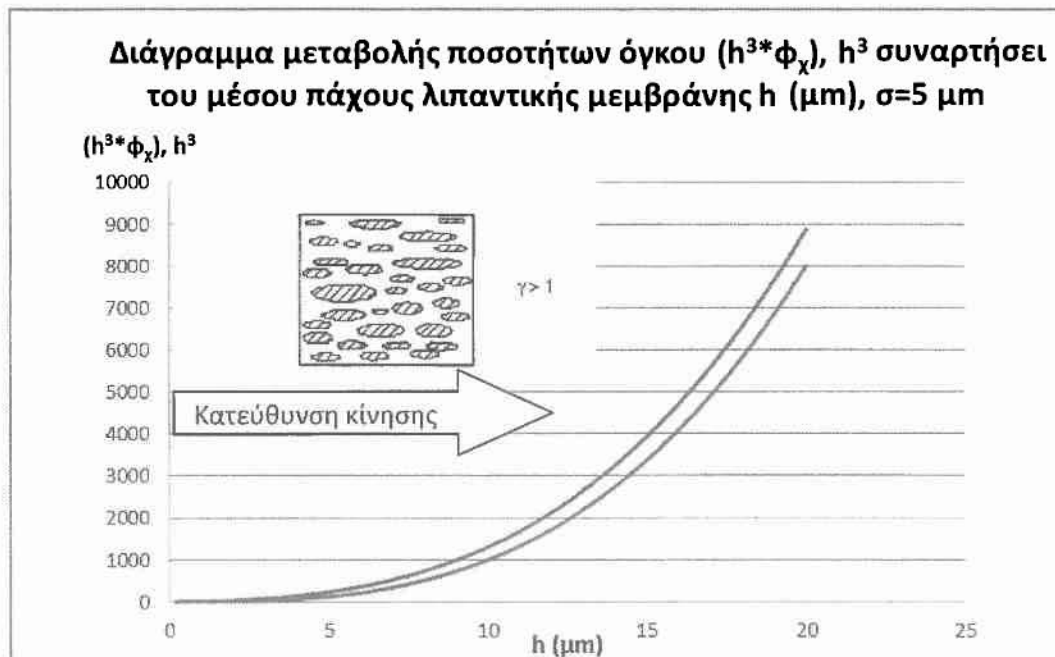
Σχήμα 1.2.19.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσεϊ του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=3$. Μικρή τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μικρή τραχύτητα επιφάνειας όπως φαίνεται και από την σύμπτωση των καμπυλών ειδικά για μεγάλο μέσο πάχος λιπαντικής μεμβράνης. Συμπεριφορά παρόμοια της λείας επιφάνειας.



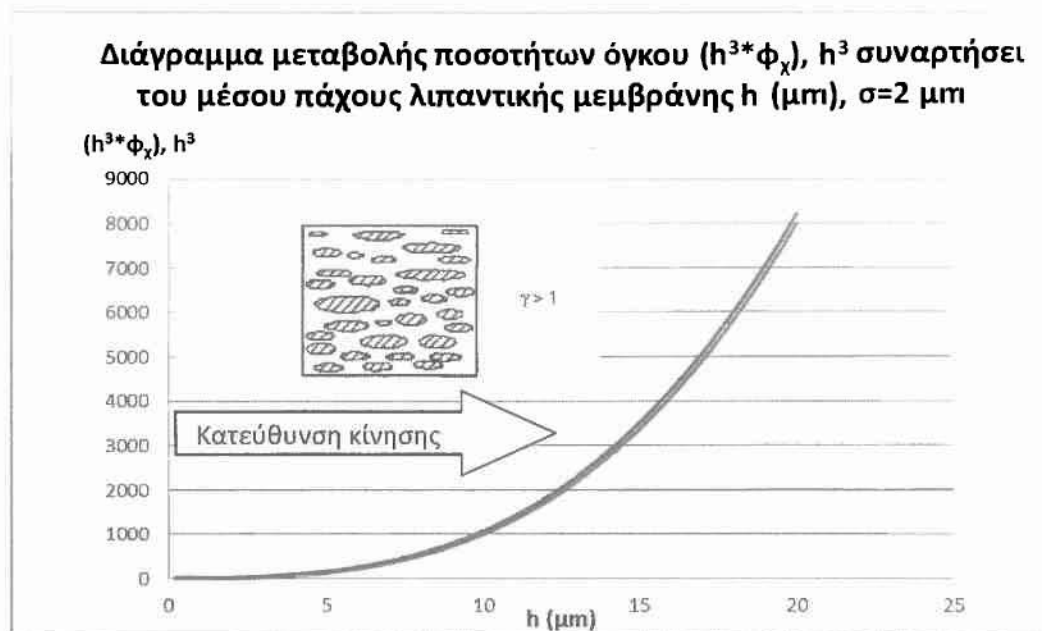
Σχήμα 1.2.20.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσεϊ του μέσου πάχους h για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=6$. Παρατηρούμε ότι για μικρότερες τιμές της τυπικής απόκλισης άρα και της τραχύτητας, ο όγκος παροχής λιπαντικού προσεγγίζει ασυμπτωτικά την συμπεριφορά για λείες επιφάνειες.



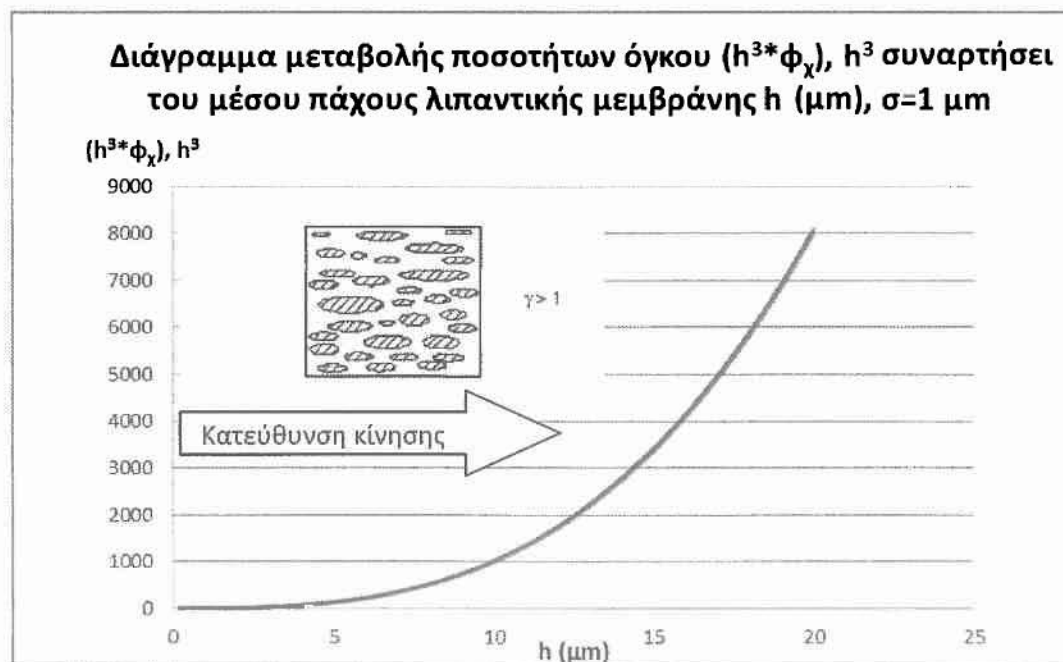
Σχήμα 1.2.21.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=6$. Μικρή τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μικρή τραχύτητα επιφάνειας όπως φαίνεται και από την σύμπτωση των καμπυλών ειδικά για μεγάλο μέσο πάχος λιπαντικής μεμβράνης. Συμπεριφορά παρόμοια της λείας επιφάνειας.



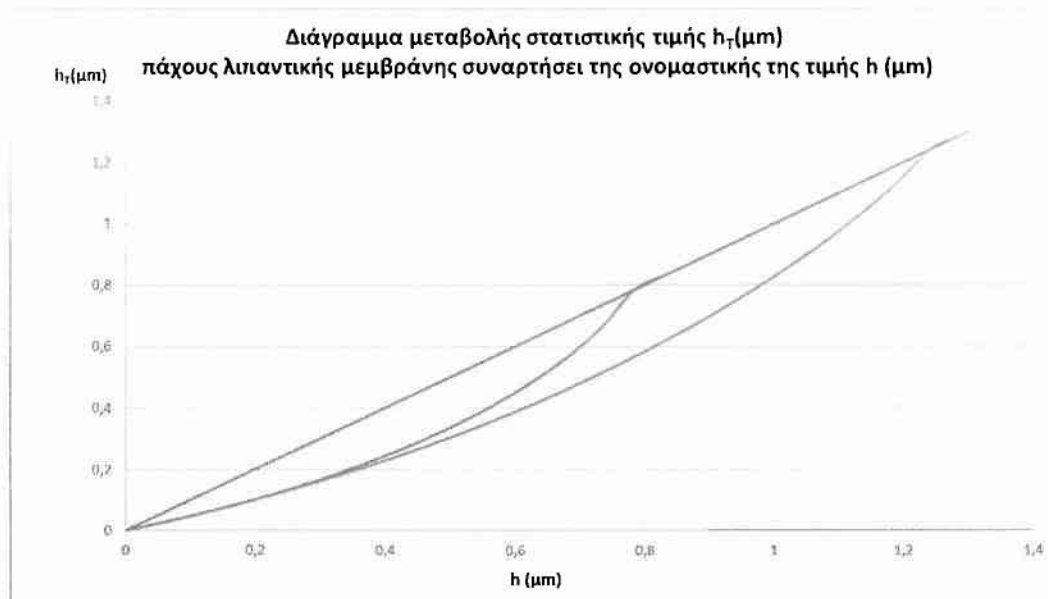
Σχήμα 1.2.22.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους h για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=9$. Παρατηρούμε αύξηση του Φ_x και καλύτερη τιμή από τη λεία με αύξηση του δείκτη ανισοτροπίας από 6 σε 9. Μεγάλη τραχύτητα επιφάνειας άρα υψηλή τιμή της τυπικής απόκλισης.



Σχήμα 1.2.23.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους h για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=9$. Παρατηρούμε ότι για μικρότερες τιμές της τυπικής απόκλισης άρα και της τραχύτητας, ο όγκος παροχής λιπαντικού προσεγγίζει ασυμπτωτικά την συμπεριφορά για λείες επιφάνειες.



Σχήμα 1.2.24.: Διάγραμμα μεταβολής ποσοτήτων όγκου παροχής λιπαντικού ($h^3 \Phi_x$), h^3 συναρτήσει του μέσου πάχους λιπαντικής μεμβράνης για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=9$. Μικρή τιμή της τυπικής απόκλισης άρα μικρή τραχύτητα επιφάνειας όπως φαίνεται και από την σύμπτωση των καμπυλών ειδικά για μεγάλο μέσο πάχος λιπαντικής μεμβράνης. Συμπεριφορά παρόμοια της λείας επιφάνειας.



Σχήμα 1.2.25.: Διάγραμμα μεταβολής στατιστικής τιμής h_T πάχους λιπαντικής μεμβράνης συναρτήσει της ονομαστικής της τιμής h .

Επειδή στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης, ουσιαστικά της κατανομής των υψομέτρων σημείων κυρίως πάνω στις τιμές που λαμβάνει το στατιστικό πάχος $\bar{h}_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f_{\rho_0}(\delta) d\delta$ το οποίο εξαρτάται

άμεσα από την προαναφερθείσα συνάρτηση, θεωρήθηκε απαραίτητο να γίνει και μια σύγκριση με τις τιμές $\phi_y^{1/3} * h$ που είναι δυνατόν να θεωρηθούν σαν διορθωμένες τιμές του πάχους λιπαντικής μεμβράνης που εξαρτώνται και από τον δείκτη ανισοτροπίας. Η ιδέα προέκυψε με σκοπό να διερευνηθεί αν ο μέσος όρος των συντελεστών ροής ϕ_y ϕ_y μπορεί να προσεγγίσει δραστικά την τιμή h_T . Βεβαίως μια λεπτομερέστερη σύγκριση επιβάλλεται να γίνει με τιμές των συντελεστών ροής που θα προκύψουν με την χρήση ρεαλιστικών συναρτήσεων κατανομής και όχι της κατανομής Gauss της οποίας η χρήση έγινε κατά τον υπολογισμό τους. Όμως για τις φραγμένες συναρτήσεις που χρησιμοποιούμε, μια σύγκριση είναι εφικτή περνώντας από την κατανομή του Gauss με δεδομένο σ σε άλλη ισοδύναμη με $\sigma = 3\alpha_1$.

1.3. Συνθετική τραχύτητα

Κατά τη φάση της διερεύνησης του προγράμματος υπολογισμού των παραμέτρων της τραχύτητας έγιναν διάφορες δοκιμές με σκοπό την επαλήθευση της εγκυρότητας του υπολογιστικού κώδικα, ο οποίος απλουστευμένος περιγράφηκε μέσω υπολογιστικών φύλων τύπου excel office.

Για παράδειγμα η επαλήθευση της εγκυρότητας της γεννήτριας τυχαίων αριθμών του excel εμφανίζεται στα παρακάτω σχήματα. Η τεχνική που ακολουθήθηκε με την χρήση των συνθετικών κατανομών έχει δοκιμαστεί ως προς την εγκυρότητα της σε προηγούμενες εργασίες με επίκεντρο την τραχύτητα τεχνολογικών επιφανειών που προέρχονται από κατεργασία honing και έδωσε άριστα αποτελέσματα. Ένα παράδειγμα αντίστοιχης επιφάνειας που προέρχεται από honing σε διαφορετικά στάδια φθοράς είναι το ακόλουθο.



Σχήμα1.3.1.: Συνθετική τραχύτητα με τη μέθοδο των τυχαίων αριθμών rand () excel



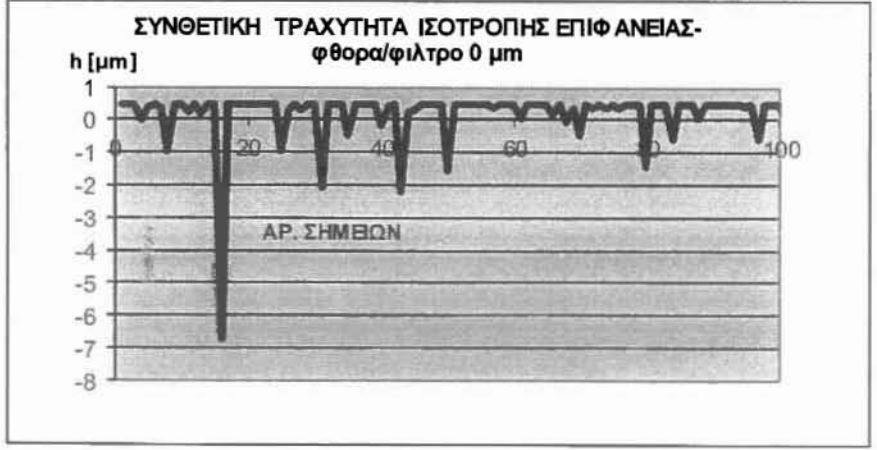
(α)



(β)

Σχήμα 1.3.2.: Συνθετικές κατατομές αρχικής κατάστασης επιφάνειας, για δυο αντιπροσωπευτικά προφίλ.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κατατομές συνθετικής τραχύτητας σε διαφορετικά στάδια φθοράς ή προσομοίωση της οποίας επιτυγχάνεται με χρήση φίλτρου με κατώφλιο μειούμενης τιμής (1,0,-1,-2 μm)





(δ)



(ε)

Σχήμα 1.3.3.: Συνθετικές κατατομές τραχύτητας σε διαφορετικά στάδια φθοράς.

1.4. Σχέση τραχύτητας και πάχους λιπαντικής μεμβράνης

Τοπικά το πάχος της λιπαντικής μεμβράνης h_T είναι συνάρτηση:

- του τοπικού πάχους της λιπαντικής μεμβράνης h που αντιστοιχεί στην τοπική απόσταση μεταξύ των μέσων γραμμών των δύο κατατομών. Το μέγεθος μπορεί να καθοριστεί και από μέτρηση.
- των μεγεθών δ_1, δ_2 των υψομέτρων των σημείων των επιφανειών 1 και 2 αντίστοιχα που μετρώνται από τις μέσες γραμμές. Οι κατανομές $F_i(\delta)$ με $i=1,2$ είναι γενικά μη κανονικές.
- Της απόστασης $y_{0,i}$, $i=1,2$ που αντιστοιχεί στην απόσταση μεταξύ των μέσων γραμμών των πληθυσμών που λαμβάνονται υπόψη για κάθε επιφάνεια. Δηλαδή, αφενός του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων και αφετέρου του πληθυσμού των υψομέτρων των κορυφών των λόφων, απόσταση που είναι γενικά αρνητική.
- Τις $\sigma_{\rho 0}$ και $\sigma_{\rho i}$ δηλαδή τις τυπικές αποκλίσεις των δυο προαναφερθέντων πληθυσμών.

Έτσι λοιπόν έχουμε: $h_T = h + \delta_1 + \delta_2$

Η συνθετική τραχύτητα $\delta_1 + \delta_2$ έχει τυπική απόκλιση $\sigma_{\rho 0}$ έτσι ώστε:

$$\sigma_{\rho 0}^2 = \sigma_{\rho 01}^2 + \sigma_{\rho 02}^2$$

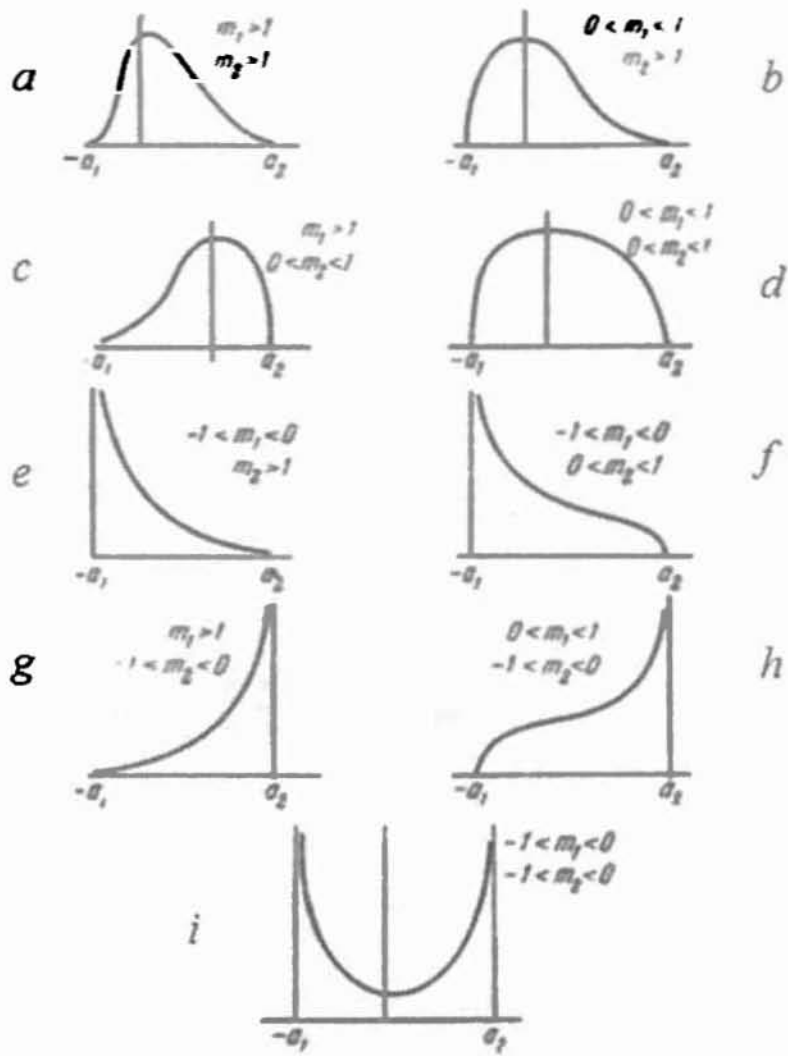
Δεχόμαστε γενικά ότι για $h/3 \sigma_{\rho 0} > 1$ η επίδραση στην τραχύτητα είναι αμελητέα. Η κατατομή κάθε λοφίσκου θεωρείται ότι περιγράφεται με μία παραβολική συνάρτηση $y = f(x)$.

Αν v η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών λοφίσκων δύο σωμάτων υπάρχει επαφή όταν το $h + y_{01} + y_{02} < z_1 + z_2 - 2f(r/2)$, όπου z_1 και z_2 είναι τα υψόμετρα των λοφίσκων που μετρώνται από την μέση της γραμμής αναφοράς. Ορίζεται λοιπόν το μέγεθος w όπου :

- 1) $w = z_1 + z_2 - 2f(r/2) - (h + y_{01} + y_{02})$, [m]
- 2) θ είναι η μέση τιμή της ακτίνας καμπυλότητας της ακτίνας των λοφίσκων. [m]
- 3) n η πυκνότητα των λοφίσκων. [m⁻²]

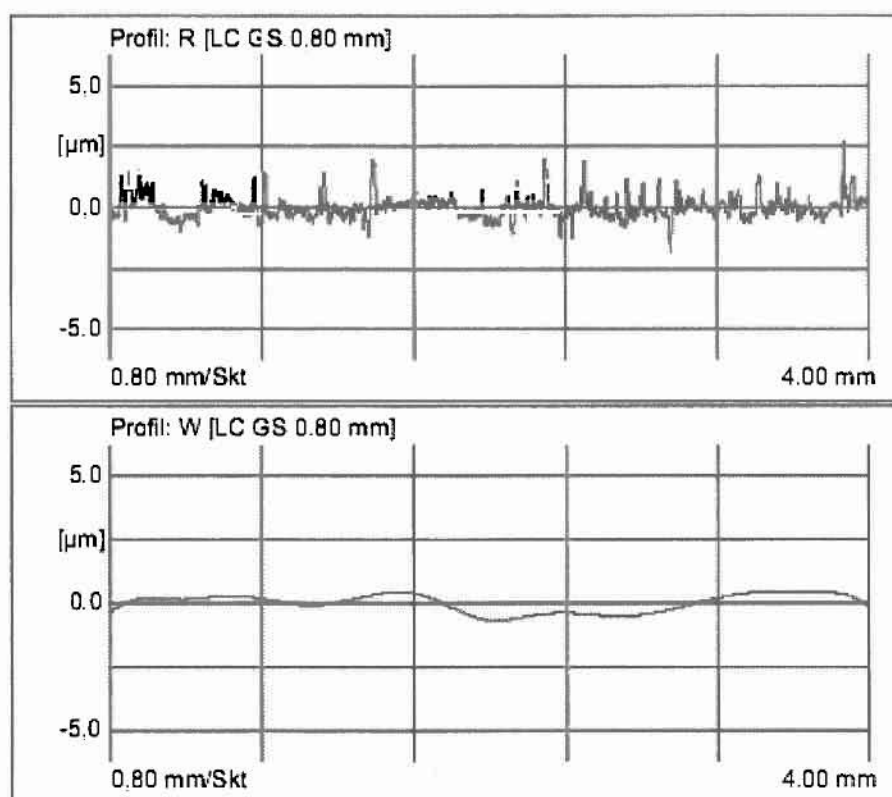
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ FISHER-PEARSON

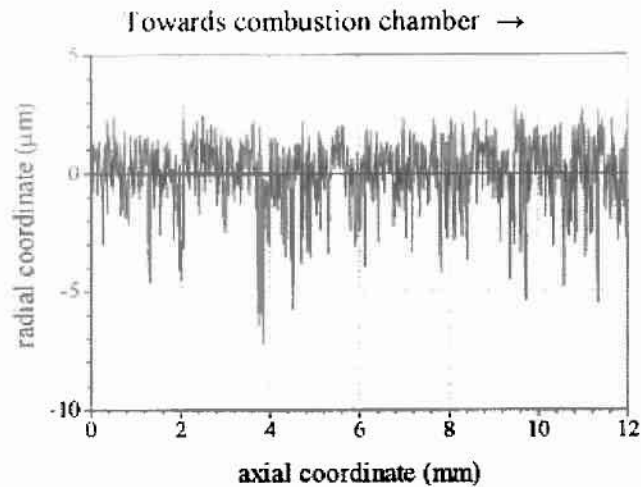


2.1. Διαδικασία αναζήτησης – έρευνας του νόμου κατανομής τιμών πειραματικών αποτελεσμάτων κατά Fisher-Pearson :

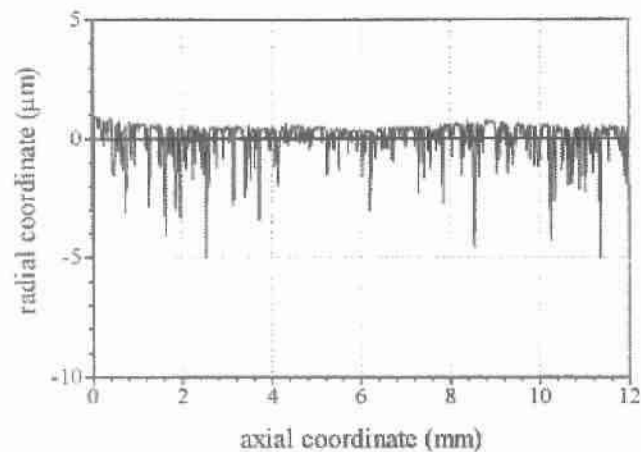
Βάση για το παρόν κεφάλαιο αποτέλεσε μια σειρά δεδομένων από την βιβλιογραφία που σχετίζονται με το χαρακτηρισμό των τραχειών επιφανειών σε διάφορα στάδια φθοράς τους όπως φαίνεται στα διαγράμματα που ακολουθούν.



Σχήμα 2.1.1: Χαρακτηριστικά περιγράμματα τεχνολογικής επιφάνειας, διαχωρισμός τραχύτητας (α -roughness) και κυμάτωσης (β -waviness).



(a) mid-stroke, thrust plane at 0 hours



(b) mid-stroke, thrust plane at 120 hours

Σχήμα 2.1.2.: Χαρακτηριστικό παράδειγμα κατατομών επιφάνειας κυλίνδρου MEK σε αρχική κατάσταση και σε κατάσταση μετά το στρώσιμο αντίστοιχα.

Το κριτήριο του **Pearson**, το οποίο μάλιστα εμφανίζει μεγάλη ευαισθησία ως προς την ασυμμετρία της καμπύλης κατανομής, έχει αποδειχθεί ότι είναι δυνατό να συνεισφέρει στην ταξινόμηση των υπό μελέτη πληθυσμών (υπομέτρων σημείων, υπομέτρων κορυφών λόφων και των ακτινών καμπυλότητας κορυφών λόφων).

Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό η παράμετρος **k** καταδεικνύει αν η κατανομή είναι φραγμένη ή όχι όπως αυτό φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

$k < 0$	Καμπύλη κατανομής άνω και κάτω φραγμένη		$\alpha_1 \quad \alpha_2$
$0 < k < 1$	Κατανομή χωρίς φράγμα άνω και κάτω		$-\infty \quad +\infty$
$1 \leq k$	Καμπύλη κατανομής έχει	$\gamma_1 > 0$	$\alpha \quad +\infty$
	ένα φράγμα (άνω ή κάτω)	$\gamma_1 < 0$	$-\infty \quad \alpha$

Πίνακας 2.1.1.: Συμπεριφορά καμπύλης κατανομής σε σχέση με την τιμή του συντελεστή k .

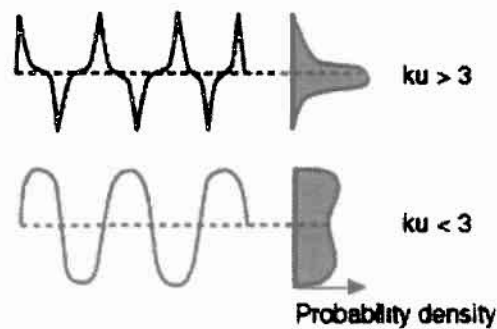
Όπου γ_1 είναι ένας συντελεστής συμμετρίας ή παράμετρος «skewness» (ένδειξη συμμετρίας-ασυμμετρίας) σύμφωνα με το κριτήριο του Fisher. Συγκεκριμένα όταν $\gamma_1 = 0$ η κατανομή είναι συμμετρική (φραγμένη-μη φραγμένη), όταν $\gamma_1 > 0$ το μέγιστο της κατανομής εμφανίζεται αριστερά της μέσης τιμής ενώ όταν $\gamma_1 < 0$ το μέγιστο της κατανομής εμφανίζεται δεξιά της μέσης τιμής. Κατά κανόνα η παράμετρος k είναι αρνητική και το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και στην παρούσα εργασία.

Η παράμετρος k δίνεται από την σχέση:

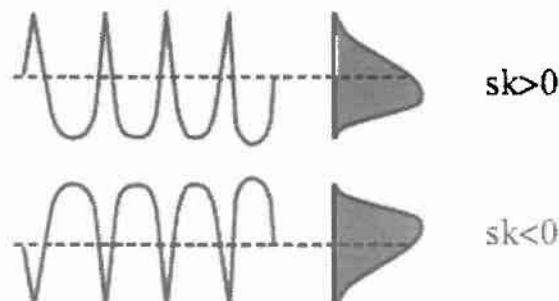
$$k = \frac{\beta_1(\beta_2 + 3)^2}{4(4\beta_2 - 3\beta_1)(2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)}$$

2.2. Συντελεστές του Pearson και του Fisher-Αρχή της μεθόδου

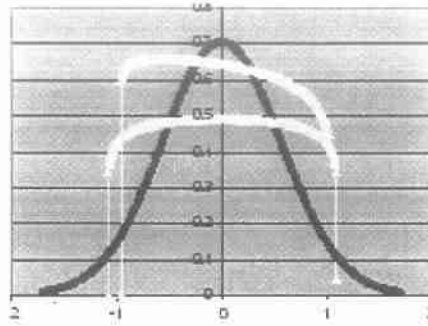
$\beta_1 = \gamma_1^2$ και $\beta_2 = \gamma_2 + 3$, γ_2 είναι η κύρτωση («kurtosis») σύμφωνα με το κριτήριο του Fisher. Σύμφωνα λοιπόν με αυτό το κριτήριο, όταν ο συντελεστής γ_2 πάρει αρνητική τιμή, η κατανομή τείνει να έχει μια πεπλατυσμένη μορφή σε σχέση με την κατανομή Gauss ενώ όταν πάρει θετική τιμή, η κατανομή τείνει να είναι πιο αιχμηρή.



Σχήμα 2.2.1.: Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή κύρτωσης όπου η κατανομή Fisher-Pearson είναι περισσότερο αιχμηρή (για $\gamma_2 > 0$ ή $ku > 3$) ή πεπλατυσμένη (για $\gamma_2 < 0$ ή $ku < 3$).



Σχήμα 2.2.2.: Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή συμμετρίας όπου το μέγιστο της κατανομής εμφανίζεται αριστερά (κλίση προς τις αρνητικές τιμές) της μέσης τιμής (για $\gamma_1 = sk > 0$) και το μέγιστο της κατανομής εμφανίζεται δεξιά (κλίση προς τις θετικές τιμές) της μέσης τιμής (για $\gamma_1 = sk < 0$) (ανεστραμμένη παρουσίαση).



Σχήμα 2.2.3.: Χαρακτηριστικές κατανομές (κίτρινο χρώμα) με $\gamma_2 < 0$ σε σύγκριση με την κανονική κατανομή. Παρατηρούμε την πεπλατυσμένη μορφή της κατανομής Fisher-Pearson σε σχέση με την κανονική κατανομή.

2.3. Οικογένειες καμπυλών

Σύμφωνα με το κριτήριο Fisher, η καμπύλη της κατανομής πιθανότητας στην περίπτωση $\gamma_1 > 0$ δίνεται από τη σχέση:

$$f = f_0 (x - a_1)^{q_1 - 1} (a_2 - x)^{q_2 - 1}$$

Όπου a_1, a_2 τα δύο όρια και q_1, q_2 εκθέτες ως ακολούθως:

$$q_1 = \frac{r}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{-k}{1-k}} \right), \quad q_2 = r - q_1 \quad \text{όπου} \quad r = \frac{6(\beta_2 - \beta_1 - 1)}{3\beta_1 - 2\beta_2 + 6}$$

Τα δύο όρια (κάτω και άνω) δίνονται στη συνέχεια:

$$a_1 = \bar{x} - \frac{wq_1}{q_2}, \quad a_2 = w - a_1 \quad \text{όπου} \quad w = 2\sqrt{s^2(1-k)(1+r)}$$

Και f_0 δίνεται από τη σχέση:

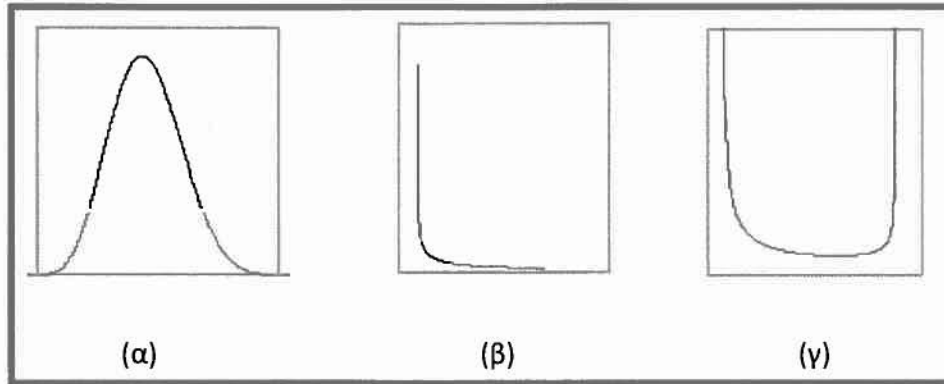
$$f_0 = \frac{1}{\int_{a_1}^{a_2} (x - a_1)^{(q_1 - 1)} (a_2 - x)^{(q_2 - 1)} dx}$$

Σε περίπτωση που $\gamma_1 < 0$ τότε $x = -x$ και $\bar{x} = -\bar{x}$ με:

$$f = f_0 (x - a_1)^{q_2 - 1} (a_2 - x)^{q_1 - 1}$$

Ανάλογα με τις τιμές των συντελεστών του Fisher ή του Pearson και ιδιαίτερα με την συμπεριφορά του k σε σχέση με τις χαρακτηριστικές τιμές 0 και 1, όλες οι κατανομές μπορούν να τοποθετηθούν σε μία από τις τρεις κατηγορίες που έπονται:

- α) καμπύλες τύπου κώδωνα (ή «Π» ή «Λ»)
 β) καμπύλες τύπου «J» (ή «L») και
 γ) καμπύλες τύπου «U» σε σχέση με την κατανομή Gauss



Σχήμα 2.3.1.: καμπύλες α) τύπου κώδωνα β) τύπου «J» γ) τύπου «U»

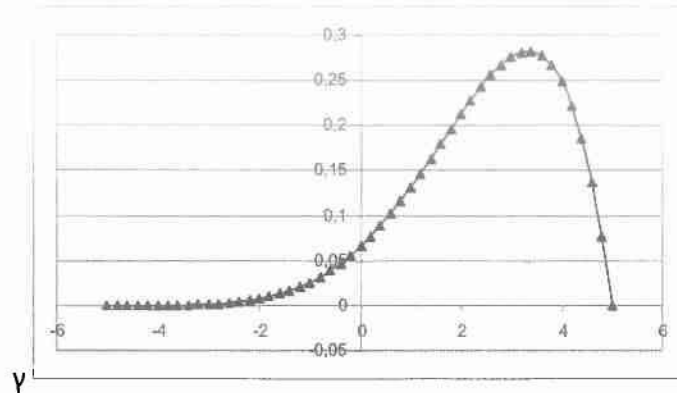
Στις περιπτώσεις που το κ είναι μεγαλύτερο του 0 οι καμπύλες που προκύπτουν όπως προαναφέρθηκε είναι είτε μη φραγμένες ($0 < \kappa < 1$) είτε φραγμένες από τη μια πλευρά ($\kappa > 1$) όπως θα παρουσιασθεί στη συνέχεια. Για την αναζήτηση των καμπυλών που αντιπροσωπεύουν τα αντίστοιχα ιστογράμματα απαιτείται ο υπολογισμός των συντελεστών k_2, k_3, k_4 .

$$K_2 = \frac{\sum (x_i - x_m)^2}{(n-1)} = \frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}$$

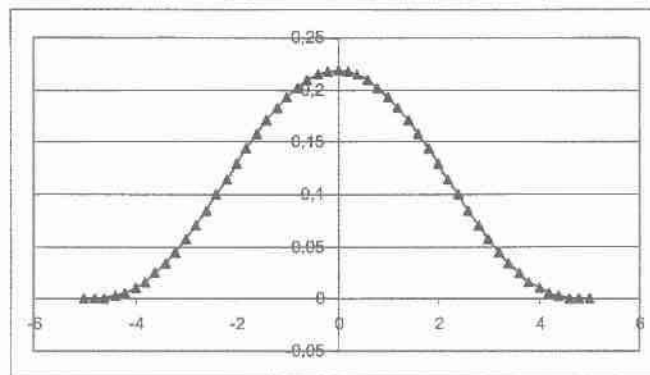
$$K_3 = \frac{n}{(n-1)(n-2)} * \sum (x_i - x_m)^3 = \frac{n^2 \sum x_i^3 - 3n(\sum x_i)^2 \sum x_i + 2(\sum x_i)^3}{n(n-1)(n-2)}$$

$$K_4 = \frac{n(n+1)\sum (x_i - x_m)^4 - 3(n-1)[\sum (x_i - x_m)^2]^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \Rightarrow$$

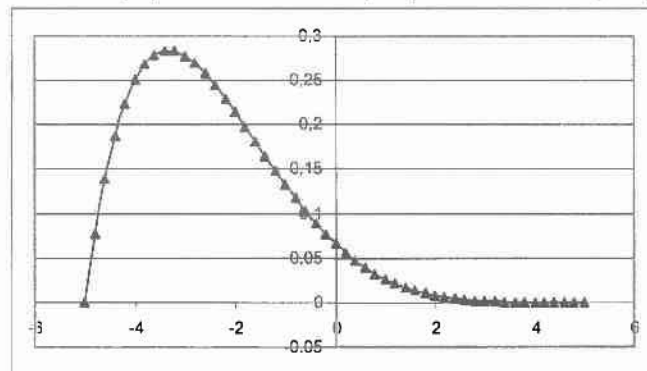
$$K_4 = \frac{(n^2(n+1)\sum x_i^4 - 4n(n+1)\sum x_i^3 \sum x_i - 3n(n-1)(\sum x_i^2)^2 + 12n\sum x_i^2 (\sum x_i)^2 - 6(\sum x_i)^4)}{n(n-1)(n-2)(n-3)}$$



Σχήμα 2.3.2.: Κατανομή Fisher-Pearson για για συντελεστή συμμετρίας $\gamma_1 < 0$



Σχήμα 2.3.3.: Κατανομή Fisher-Pearson για για συντελεστή συμμετρίας $\gamma_1 = 0$



Σχήμα 2.3.4.: Κατανομή Fisher-Pearson για για συντελεστή συμμετρίας $\gamma_1 > 0$

Η εκτίμηση των τιμών των συντελεστών γ_1 και γ_2 γίνεται χρησιμοποιώντας τους

παρακάτω τύπους: $g_1 = \frac{k_3}{\sqrt{k_2^3}}$ και $g_2 = \frac{k_4}{k_2^2}$

$\gamma_1, \gamma_2, \beta_1, \beta_2$ θεωρητικές τιμές των κατανομών
 g_1, g_2, b_1, b_2 υπολογιστικές τιμές των κατανομών

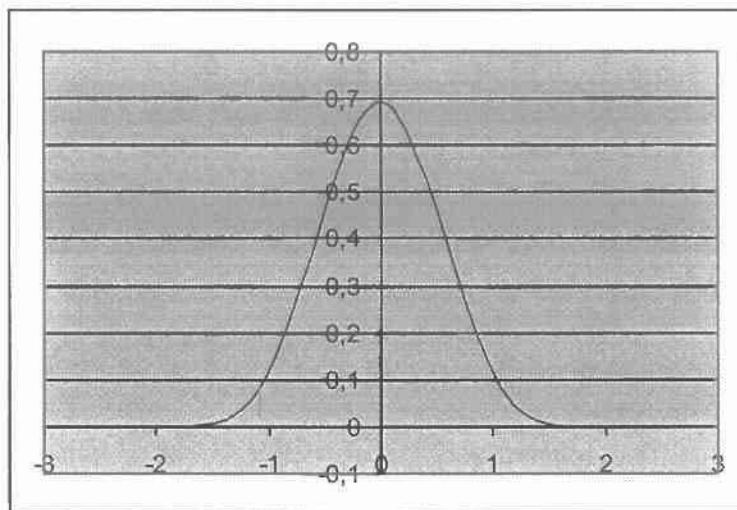
Αντίστοιχα οι συντελεστές του Pearson δίνονται από τους τύπους: $b_1 = g_1^2$ και $b_2 = g_2 + 3$

Σπανιότερη είναι η περίπτωση συμμετρικών καμπυλών που διακρίνονται σε 2 κατηγορίες, στην κατηγορία των φραγμένων καμπυλών στην περιοχή $m-a \dots m+a$, καθώς και την κατηγορία των μη φραγμένων καμπυλών (από $-\infty$ έως $+\infty$). Στις περιπτώσεις αυτές δίνονται: $a = \sqrt{\frac{2b_2 * s^2}{3-b_2}}$ όπου $s^2 = k_2$ και η μορφή της

συνάρτησης γίνεται: $f = f_0 \left[\frac{1 - (x - x_m)^2}{a^2} \right]^q$ όπου $q = \frac{5b_2 - 9}{2(3 - b_2)}$.

Στις περιπτώσεις που η καμπύλη είναι μη φραγμένη η συνάρτηση γίνεται:

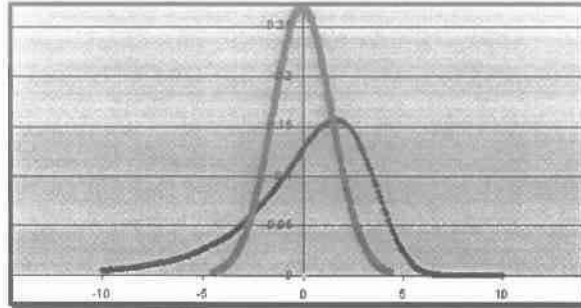
$f = \frac{f_0}{\left[1 + \frac{(x - x_m)^2}{a^2} \right]^q}$ όπου $a = \sqrt{\frac{2b_2 * s^2}{b_2 - 3}}$ και $q = \frac{5b_2 - 9}{2(b_2 - 3)}$.



Σχήμα 2.3.5.: Συμμετρική καμπύλη φραγμένη άνω και κάτω.

Σε περιπτώσεις ασύμμετρων μη φραγμένων καμπυλών (βλ. ακόλουθο σχήμα) η συνάρτηση γίνεται $f = f_0 (\cos \theta)^{2q} e^{p\theta}$ όπου $\operatorname{tg} \theta = \frac{X - c}{a}$ με $r = \frac{6(b_2 - b_1 - 1)}{2b_2 - 3b_1 - 6}$,

$q = 1 + \frac{r}{2}$, $p = r \sqrt{\frac{k}{1-k}}$, $a = \sqrt{s^2(r-1)(1-k)}$, $c = x_m - \frac{p a}{r}$. Οι καμπύλες αυτής της μορφής με $\gamma_1 < 0$ εντοπίζονται συνήθως για αρχική κατάσταση φθοράς. Είναι αδύνατον να συναντηθούν σε φθαρμένες επιφάνειες.



Σχήμα 2.3.6.: Κατανομή F-P για αρχική κατάσταση τραχύτητας, χωρίς φθορά, καμπύλη τύπου «Λ» χωρίς άνω και κάτω όρια, $0 < \kappa < 1$.

Σε περιπτώσεις καμπυλών με ένα φράγμα η συνάρτηση γίνεται $f = f_0 \frac{(x-a)^{q_1-1}}{(x-a+c)^{q_2+1}}$. Οι καμπύλες αυτής της μορφής με $q_1 < 0$ και άνω φράγμα εμφανίζονται σπάνια και μόνο σε περιπτώσεις πολύ φθαρμένων επιφανειών που θα μπορούσαν ακόμη και να θεωρηθούν λείες.

Οι συναρτήσεις που χρησιμοποιηθήκαν για την μορφοποίηση των συνθετικών τραχυτήτων στη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας έχουν την ακόλουθη μορφή:

-Πρότυπο 1. $F_1(x) = ((2 * \text{RAND}() - 1) * \text{RAND}()) * 4$

-Πρότυπο 2. $F_2(x) = 2,2 * (2 * \text{rand}() - 1)$

-Πρότυπο 3. $F_3(x) = \text{SIN}(((2 * \text{RAND}() - 1) * \text{RAND}()) * 4) * 1,27 / 0,6$

-Πρότυπο 4. $F_4(x) = ((2 * \text{RAND}()^2 - 1) * \text{RAND}()) * 4 * 1,27 / 1,39$

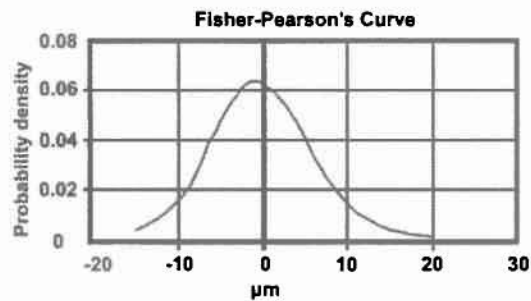
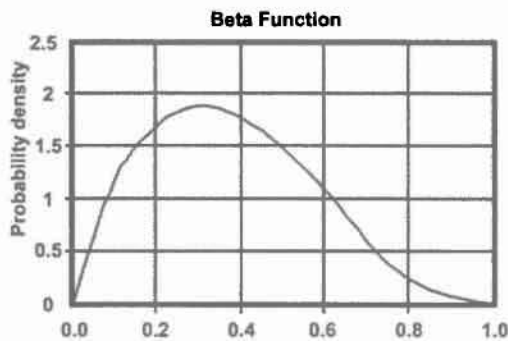
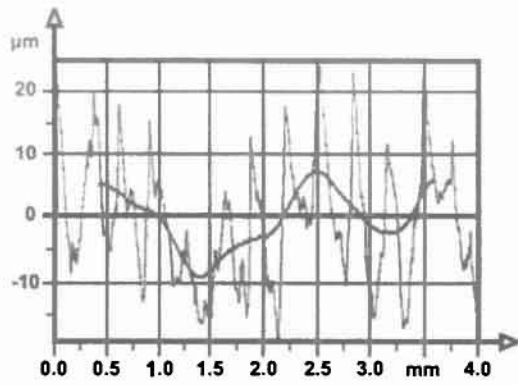
-Πρότυπο 5. $F_5(x) = ((2 * \text{RAND}()^2 - 1) * \text{RAND}()^2) * 4 * \text{SIN}(\text{RAND}()) * 1,27 / 0,6$

Οι συνθετικές τραχύτητες που έχουν επιλέγει βασίζονται σε σημαντικό ποσοστό στην συνάρτηση `rand()` του προγράμματος `excel` της εταιρείας `Microsoft`. Η δημιουργία των τυχαίων αριθμών πραγματοποιείται αρχικά για ένα πεδίο ορισμού μεταξύ 0 και 1 και στη συνέχεια με χρήση διορθωτικών συντελεστών που ακολουθούν συγκεκριμένες επιλεγμένες συναρτήσεις μεταβολής τους, οδηγούν στην παραγωγή τεχνητών τραχύ-γραφημάτων.

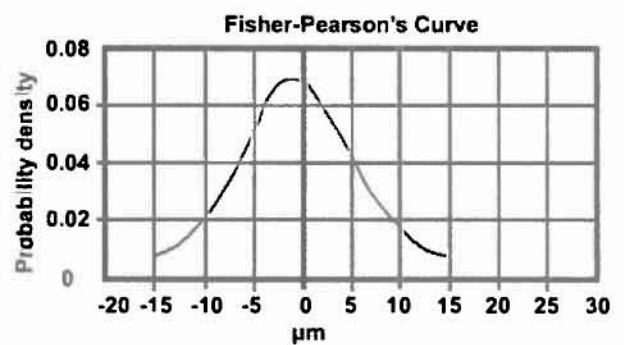
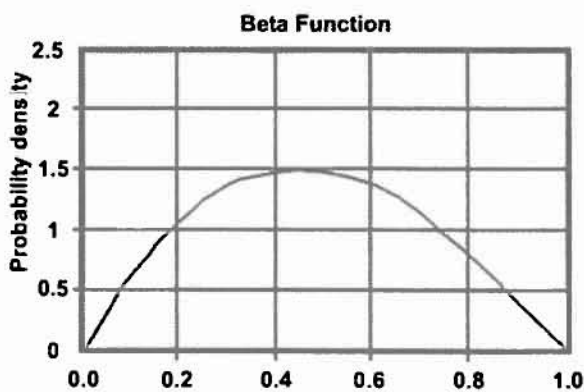
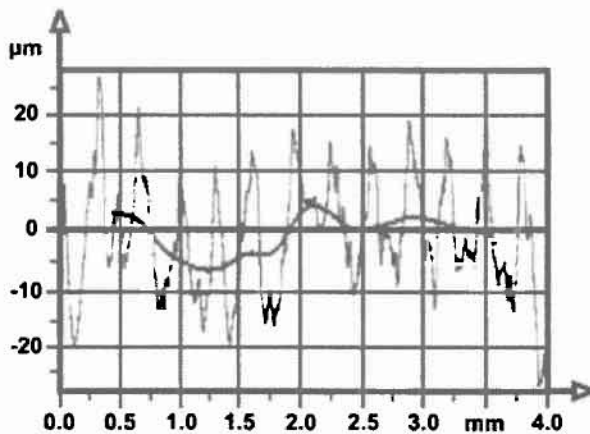
Θεωρώντας ότι το βήμα δειγματοληψίας είναι είτε 0,5 μm είτε 1 μm η επεξεργασία κάθε τεχνητής κατατομής γίνεται μέσα από φύλλα εργασίας `excel` σε πρώτη προσέγγιση ενώ υπάρχει δυνατότητα ανάπτυξης κώδικα σε γλώσσα `fortran`.

Τυπικά παραδείγματα πραγματικών τραχυμετρήσεων εμφανίζονται στη συνέχεια με χαρακτηριστικά που σχετίζονται με διαφόρων ειδών συνθήκες κατεργασίες προκειμένου να διερευνηθεί ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων κατατομών.

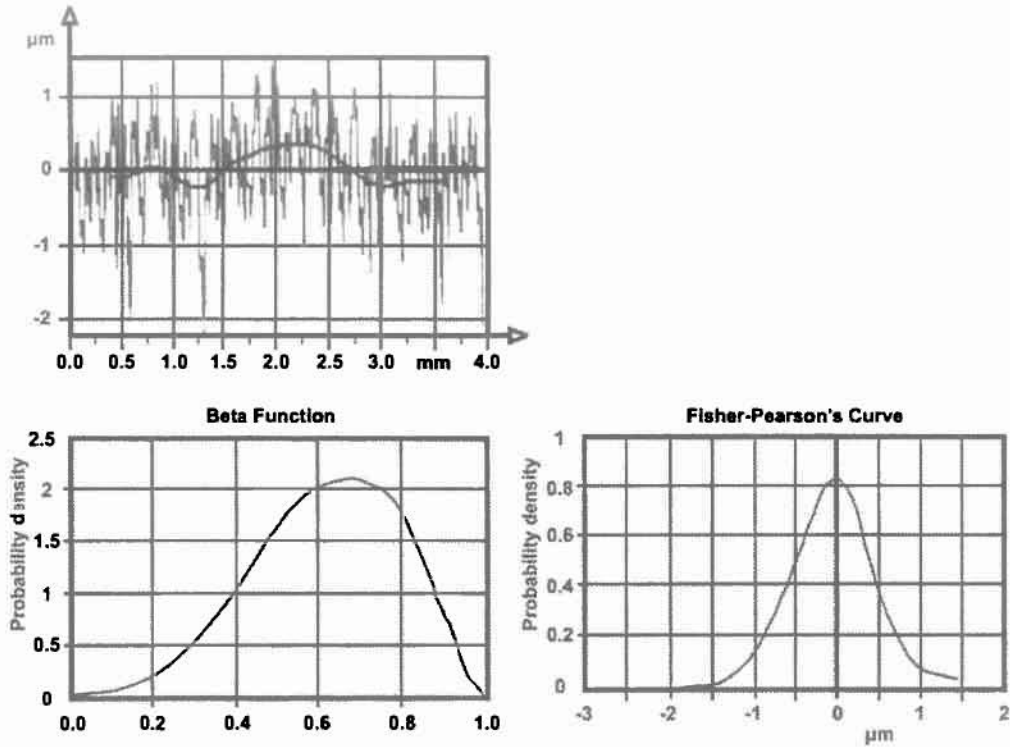
Η προσομοίωση της φθοράς επιτυγχάνεται με αποκοπή-(ψηφιακό φίλτρο) το κατώφλιο το οποίο αναγράφεται σε κάθε τραχυμέτρηση σαν "φθορά A μm " που σημαίνει ότι έχουν αποκοπεί-φθαρεί όλα τα σημεία της κατατομής με υψόμετρο μεγαλύτερο ή ίσο του A.



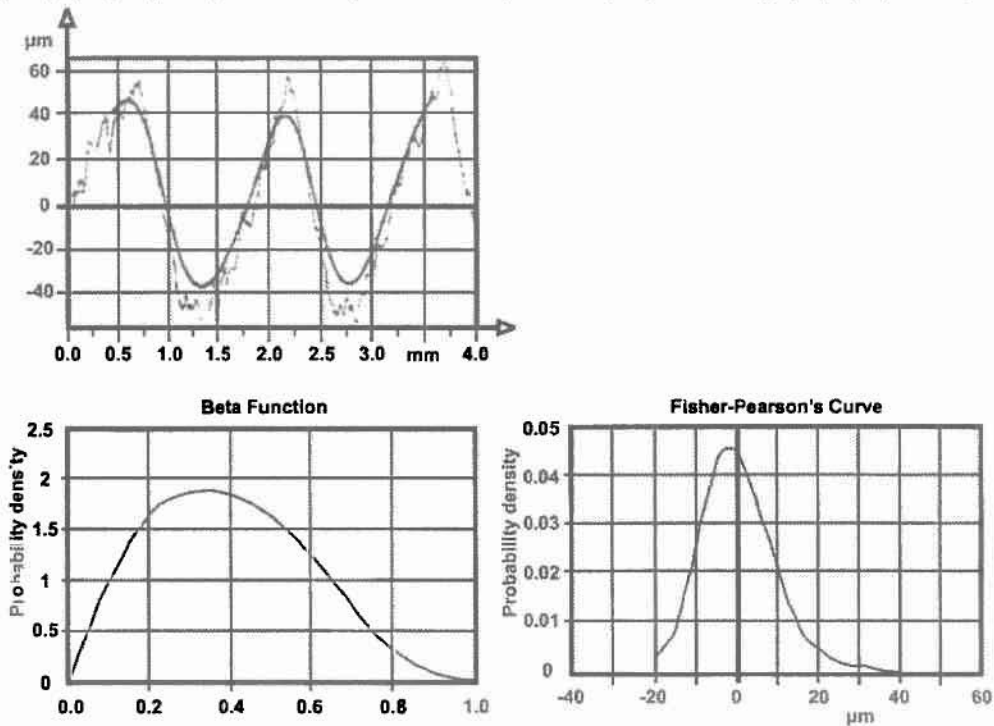
Σχήμα 2.3.7.: Σύνολο γραφημάτων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και ταξινόμηση τورνευμένων επιφανειών. Περίπτωση I παρουσία ψευδόκοψης.



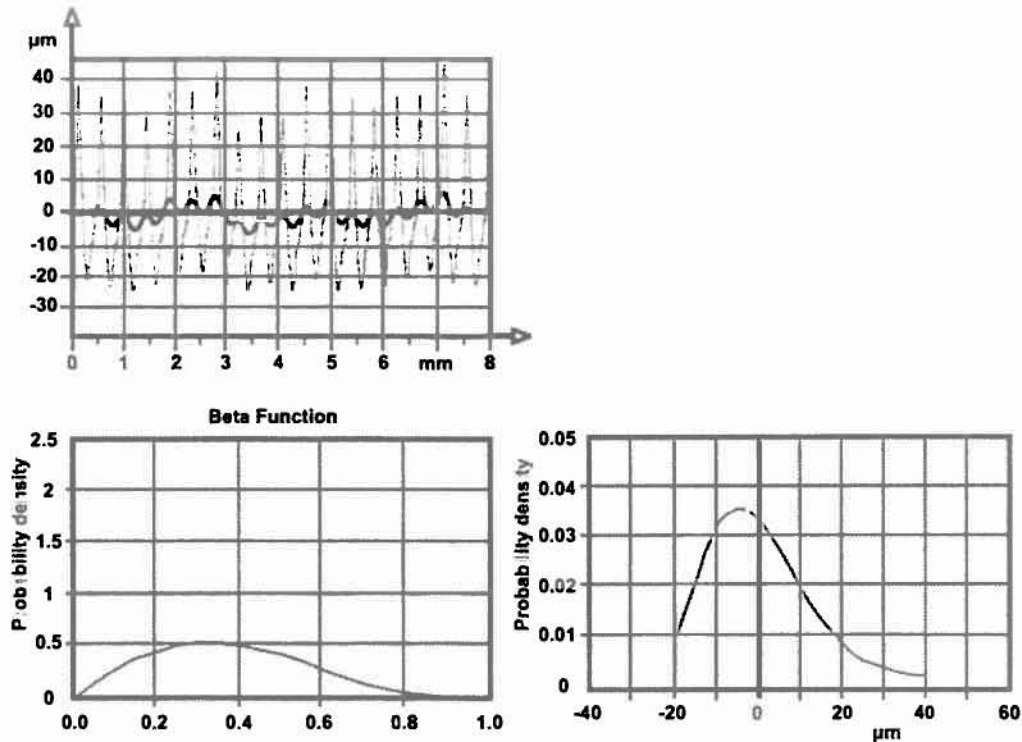
Σχήμα 2.3.8.: Σύνολο γραφημάτων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και ταξινόμηση τورνευμένων επιφανειών. Περίπτωση II με ασυνεχές απόβλητο.



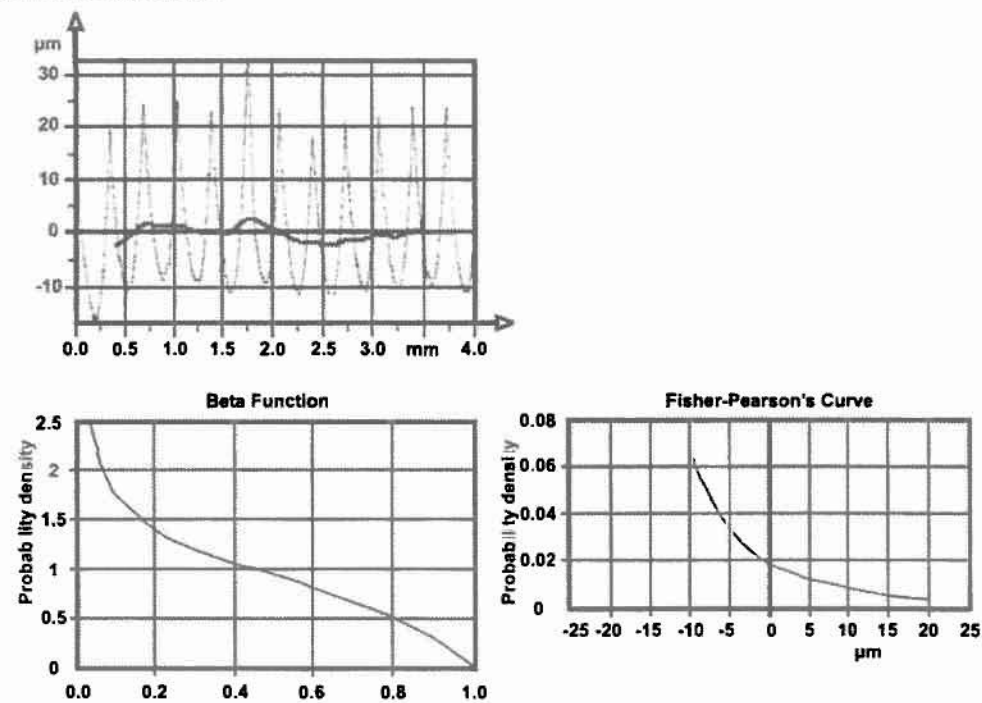
Σχήμα 2.3.10.: Σύνολο γραφημάτων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και ταξινόμηση τорνευμένων επιφανειών. Περίπτωση III με πολύ χαμηλή πρόωση.



Σχήμα 2.3.11.: Σύνολο γραφημάτων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και ταξινόμηση τорνευμένων επιφανειών. Περίπτωση IV υπό την επίδραση ταλάντωσης του συστήματος.



Σχήμα 2.3.12.: Σύνολο γραφημάτων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και ταξινόμηση τорνευμένων επιφανειών. Περίπτωση V υπό την παρουσία κρατήρα στο κοπτικό εργαλείο.



Σχήμα 2.3.13.: Σύνολο γραφημάτων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και ταξινόμηση τорνευμένων επιφανειών. Περίπτωση VI με κανονική παραγωγή αποβλήτου.

2.4. Τοποθέτηση προβλήματος

Στις περισσότερες των περιπτώσεων που αφορούν σε τεχνικά προβλήματα συνεργασίας μεταξύ τραχειών επιφανειών, στα μοντέλα που με λεπτομέρεια αλλά και ρεαλισμό λαμβάνουν υπόψη την τραχύτητα κάθε επιφάνειας βασικές παραδοχές των ερευνητών σχετίζονται με τους εξής άξονες:

1) Η κατανομή των υψομέτρων όλων των σημείων της κατατομής όπως αυτά έχουν απεικονιστεί στο τραχύμετρο και έχουν ταξινομηθεί αντίστοιχα, θεωρείται ότι ακολουθεί τα χαρακτηριστικά κανονικής κατανομής (Gauss-συμμετρική και μη φραγμένη).

2) Σε περίπτωση επιφάνειας η οποία έχει υποστεί φθορά για λόγους απλότητας και πάλι λαμβάνεται κανονική κατανομή για τα υψόμετρα αλλά με μειωμένη την τιμή της τυπικής απόκλισης σ .

3) Η επαφή μεταξύ δυο τραχειών επιφανειών είναι αντίστοιχη με την επαφή μιας συνισταμένης τραχείας επιφάνειας με λεία. Χρησιμοποιείται λοιπόν η έννοια μιας σύνθετης επιφάνειας με τυπική απόκλιση σ τέτοια ώστε $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$ όπου σ_i η αντίστοιχη τυπική απόκλιση καθεμιάς των επιφανειών.

4) Αν και στα μοντέλα της λίπανσης ακόμη και σε περιπτώσεις χημικής δράσης που υφίσταται η τραχεία επιφάνεια από το περιβάλλον λαμβάνεται υπόψη ο πληθυσμός των υψομέτρων όλων των σημείων της κατατομής, είναι προφανές ότι δεν είναι αυτός ο πληθυσμός των σημείων που ενδιαφέρει σε περιπτώσεις επαφών μεταξύ των τραχυτήτων δηλαδή επαφών μεταξύ των λοφίσκων όπως αυτοί περιγράφονται στο μοντέλο Greenwood-Tripp. Εν τούτοις αν και ενδιαφέρει στις περιπτώσεις αυτές ο πληθυσμός των υψομέτρων των κορυφών των λοφίσκων και μόνο, στην πράξη δεν παρατηρείται εκτός σπανίων περιπτώσεων αυτή η διάκριση.

5) Δεν λαμβάνεται υπόψη εκτός ελαχίστων περιπτώσεων η ανισοτροπία της τραχύτητας κάθε επιφάνειας (όπως και η ανισοτροπία της σύνθετης επιφάνειας) που είναι γενικώς επιφάνειες ανισότροπες λόγω αφενός κατεργασίας (π.χ. honing για τον κύλινδρο) και αφετέρου μονοσύμαντης συνήθως σχετικής κίνησης η οποία με την σειρά της δημιουργεί συγκεκριμένο τρόπο φθοράς με αποτέλεσμα λοφίσκους συγκεκριμένης μορφής.

Τέλος,

6) Στις ελάχιστες των εργασιών που αναφέρονται σε μορφή διατομής λοφίσκου που συσχετίζεται με την ανισοτροπία της επιφάνειας, ο χαρακτηριστικός λοφίσκος αναφέρεται σε σταθερή τιμή ακτίνας καμπυλότητας στην κορυφή του γεγονός που δεν επαληθεύεται λόγω επιπλέον και της μεγάλης διασποράς του πληθυσμού των ακτίνων καμπυλότητας των λοφίσκων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνθετικές κατανομές οι οποίες βρέθηκαν κατόπιν διαδικασίας δοκιμών με σκοπό τη δημιουργία ενός ισχυρού αν και περιορισμένου πληθυσμού αρχείου που θα χρησιμοποιηθεί για την διερεύνηση που ακολουθεί.

Τελικά έγινε η επιλογή πέντε μοντέλων τραχύτητας. Στο μοντέλο τύπου I έγινε προσπάθεια δημιουργίας πληθυσμού υψομέτρων σημείων ο οποίος αρχικά σε κατάσταση μη φθοράς να χαρακτηρίζεται από καμπύλη κατανομής τύπου κώδωνα.

Στο μοντέλο τύπου II έγινε προσπάθεια δημιουργίας πληθυσμού υψομέτρων σημείων ο οποίος αρχικά σε κατάσταση μη φθοράς να χαρακτηρίζεται από καμπύλη κατανομής ορθογωνικού τύπου(σταθερής τιμής πιθανότητας-ιστόγραμμα ισοδύναμο με ορθογώνιο σχήμα).

Στο μοντέλο τύπου III έγινε προσπάθεια δημιουργίας πληθυσμού υψομέτρων σημείων ο οποίος αρχικά σε κατάσταση μη φθοράς να χαρακτηρίζεται από καμπύλη κατανομής ορθογωνικού τύπου(σταθερής τιμής πιθανότητας-ιστόγραμμα ισοδύναμο με ορθογώνιο σχήμα) με διαφορετικά όμως χαρακτηριστικά από το πρότυπο II.

Στο μοντέλο τύπου IV έγινε προσπάθεια δημιουργίας πληθυσμού υψομέτρων σημείων ο οποίος αρχικά σε κατάσταση μη φθοράς να χαρακτηρίζεται από καμπύλη κατανομής τύπου κώδωνα με ελαφρά ασυμετρία με μέγιστα προς την περιοχή των αρνητικών τιμών (επιφάνεια άδεια).

Στο μοντέλο τύπου V έγινε προσπάθεια δημιουργίας πληθυσμού υψομέτρων σημείων ο οποίος αρχικά σε κατάσταση μη φθοράς να χαρακτηρίζεται από καμπύλη κατανομής τύπου κώδωνα με ελαφρά ασυμετρία με μέγιστα προς την περιοχή των θετικών τιμών (επιφάνεια γεμάτη).

2.5. Ανάλυση προτύπων τραχύτητας

2.5.1.Πρότυπο I

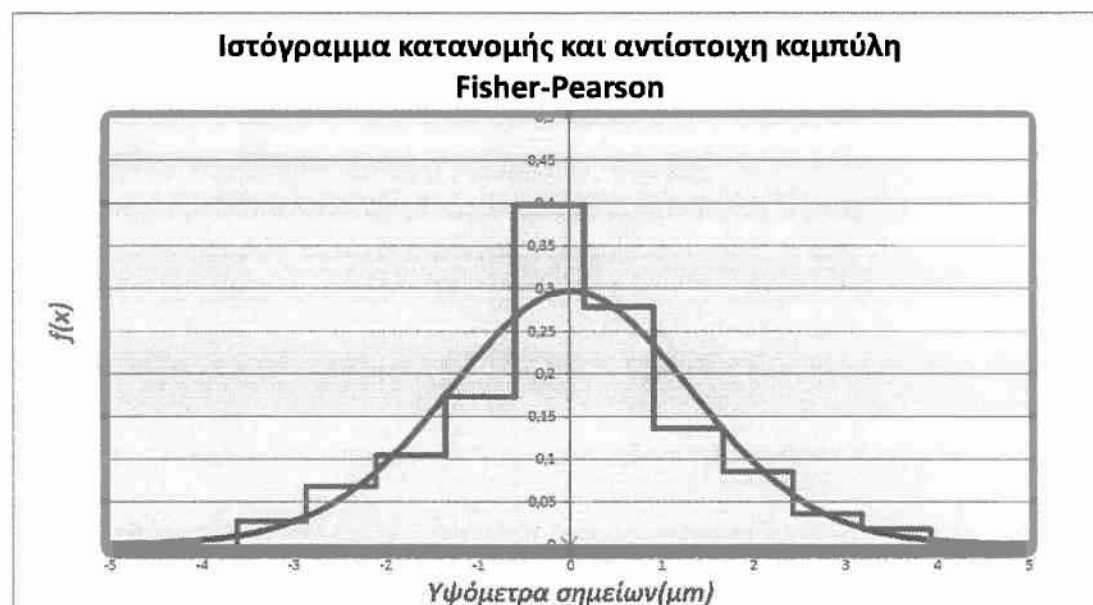
Η ανάπτυξη του πρώτου προτύπου για την εξέταση της τραχύτητας βασίστηκε στην παρακάτω γεννήτρια συνάρτηση η οποία σε κατάσταση μη φθοράς μας δίνει ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας τύπου κώδωνα ενώ με την σταδιακή φθορά της υπό κατεργασία επιφάνειας το ιστόγραμμα και η συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας εμπίπτουν στην κατηγορία τύπου << J >> όπως φαίνεται στα διαγράμματα που ακολουθούν και εκτενέστερα στο παράρτημα 2. Κατατομή αυτής της μορφής ενδεχομένως να προέρχεται από συμβατικές κατεργασίες με αφαίρεση υλικού.

$$F(X) = ((2 * \text{RAND}() - 1) * \text{RAND}()) * 4$$

(καμπύλη κατανομής τύπου κώδωνα)



Σχήμα 2.5.1.1: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=5\mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.



Σχήμα 2.5.1.2: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=5\mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

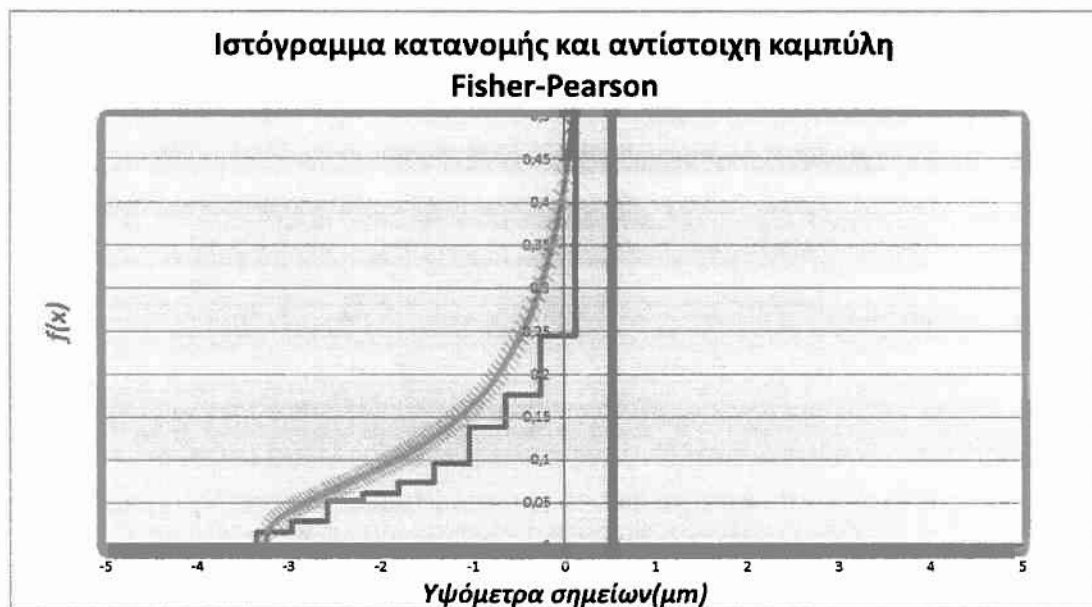
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.1.1.ΚΑΙ 2.5.1.2:

Σχήμα 2.5.1.1: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατό).

Σχήμα 2.5.1.2: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα 2.5.1.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

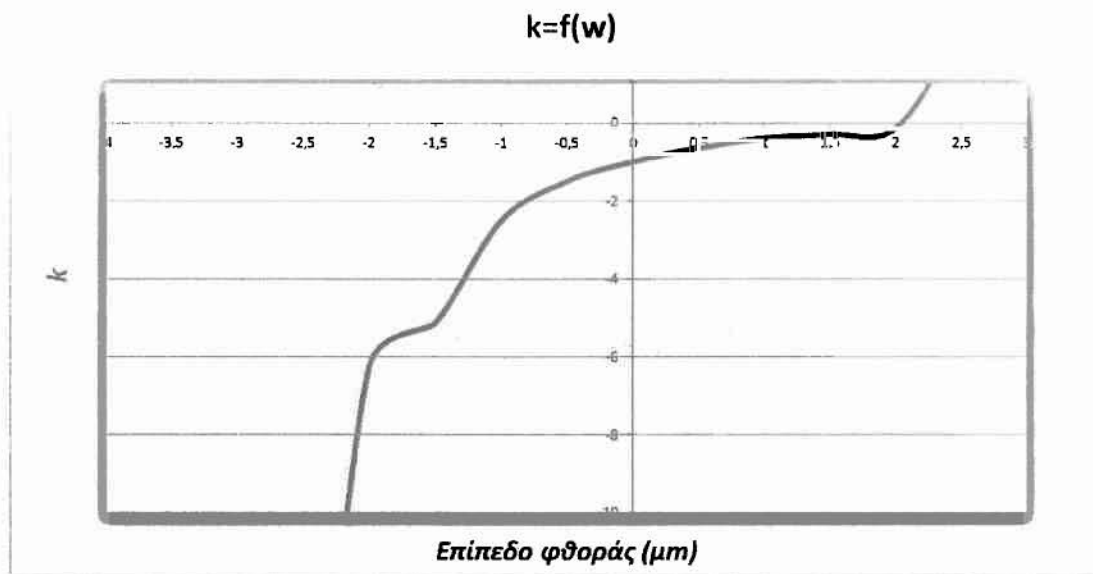


Σχήμα 2.5.1.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.1.3. ΚΑΙ 2.5.1.4.:

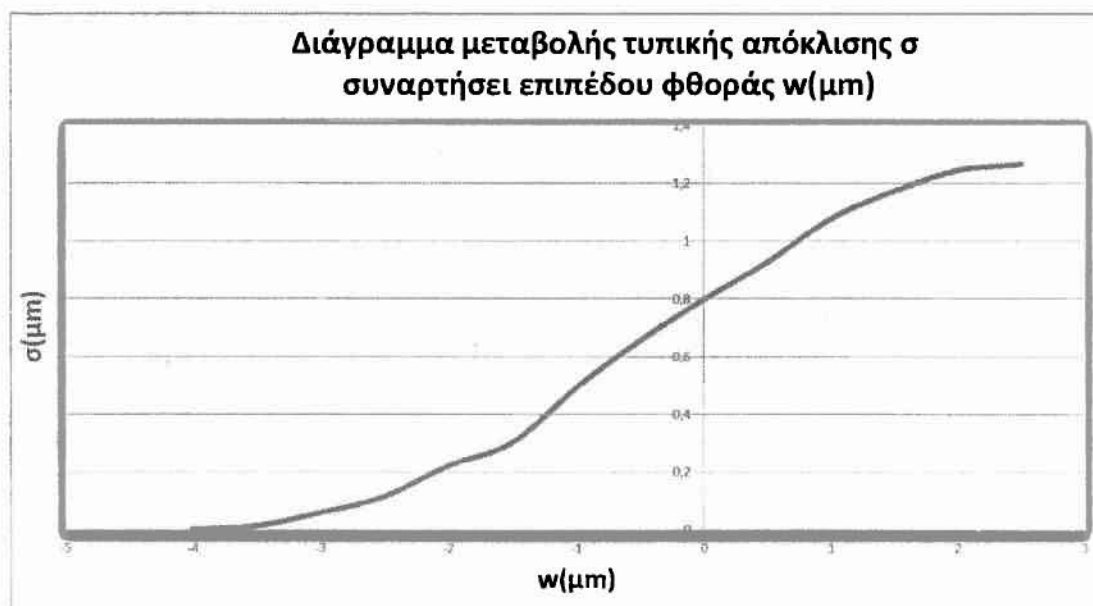
Σχήμα 2.5.1.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα 2.5.1.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα με έντονη ασυμμετρία.



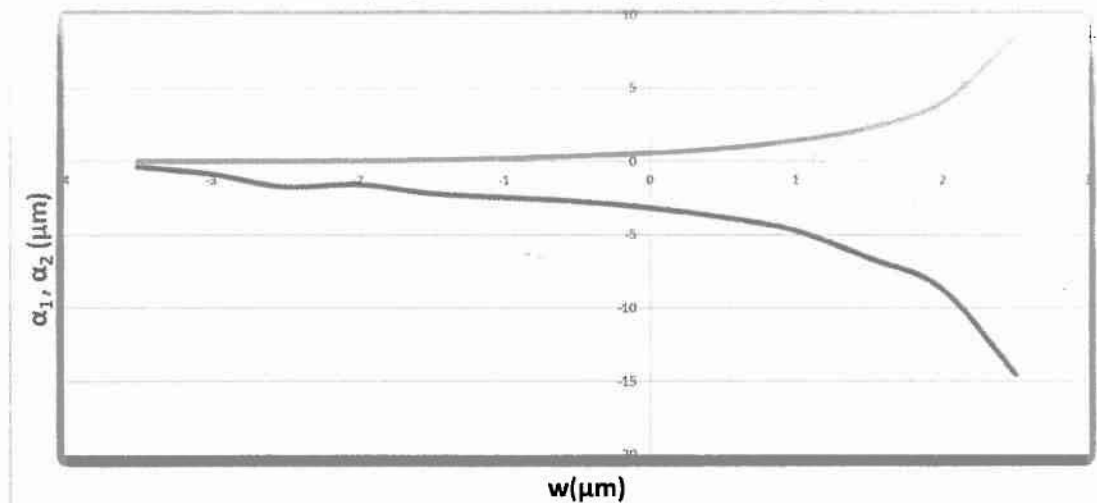
Σχήμα 2.5.1.5.: Διάγραμμα μεταβολής συντελεστή k των κατανομών του προτύπου I συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Παρατήρηση: Γενικά $k < 0$, εκτός ορισμένων αρχικών τιμών (για $\Delta W > 2 \mu\text{m}$) συνάρτηση φραγμένη άνω-κάτω όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα από την συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας.



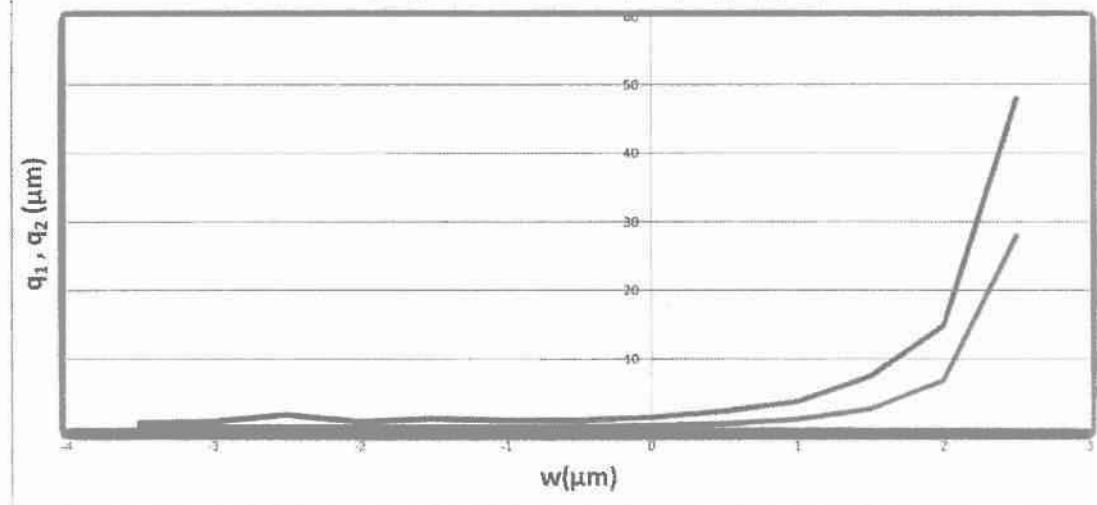
Σχήμα 2.5.1.6.: Διάγραμμα μεταβολής τιμών τυπικής απόκλισης σ των κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου I συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε σχεδόν γραμμική σχέση που υποδηλώνει την αναλογία μεταξύ τυπικής απόκλισης και τραχύτητας.

Διάγραμμα μεταβολής ορίων κατανομής α_1, α_2 συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



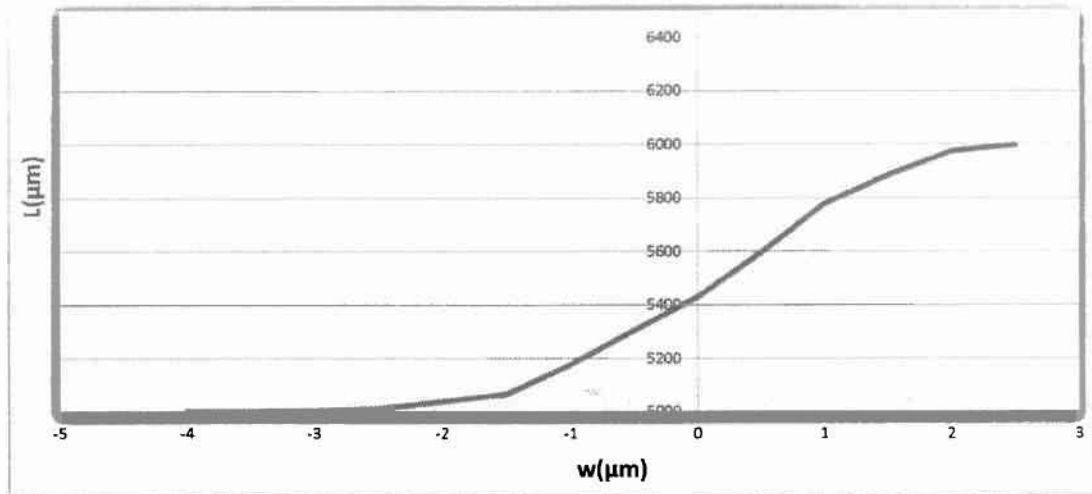
Σχήμα 2.5.1.7.: Διάγραμμα μεταβολής ορίων α_1 και α_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου I συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι με σταδιακή φθορά της επιφάνειας μειώνεται και η απόσταση μεταξύ των ορίων της κατανομής πράγμα το οποίο οδηγεί σε μείωση της τυπικής απόκλισης άρα και μείωση της τραχύτητας.

Διάγραμμα εκθετών q_1, q_2 κατανομής F-P συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$

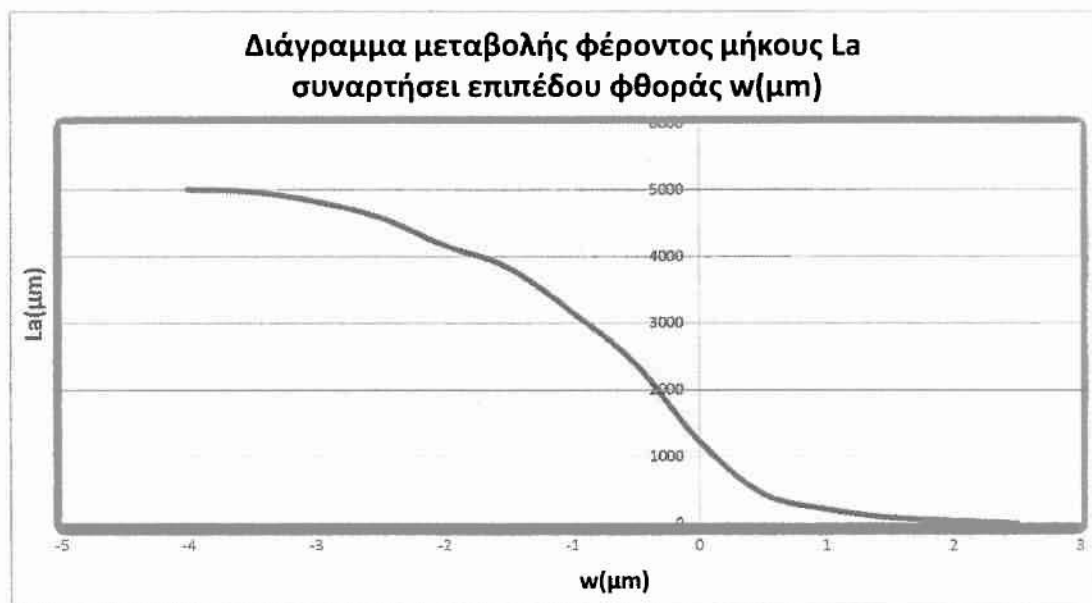


Σχήμα 2.5.1.8.: Διάγραμμα μεταβολής εκθετών q_1 και q_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου I συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος κατατομής L συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



Σχήμα 2.5.1.9.: Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος μήκους L κατατομής του προτύπου I συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι το ανάπτυγμα του μήκους μειώνεται με την μείωση του επιπέδου φθοράς μέχρι την τιμή μήκους της λείας επιφάνειας, αποκτώντας χαρακτηριστικά της.



Σχήμα 2.5.1.10.: Διάγραμμα μεταβολής φέροντος μήκους L_a κατατομής του προτύπου I συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

2.5.2.Πρότυπο II

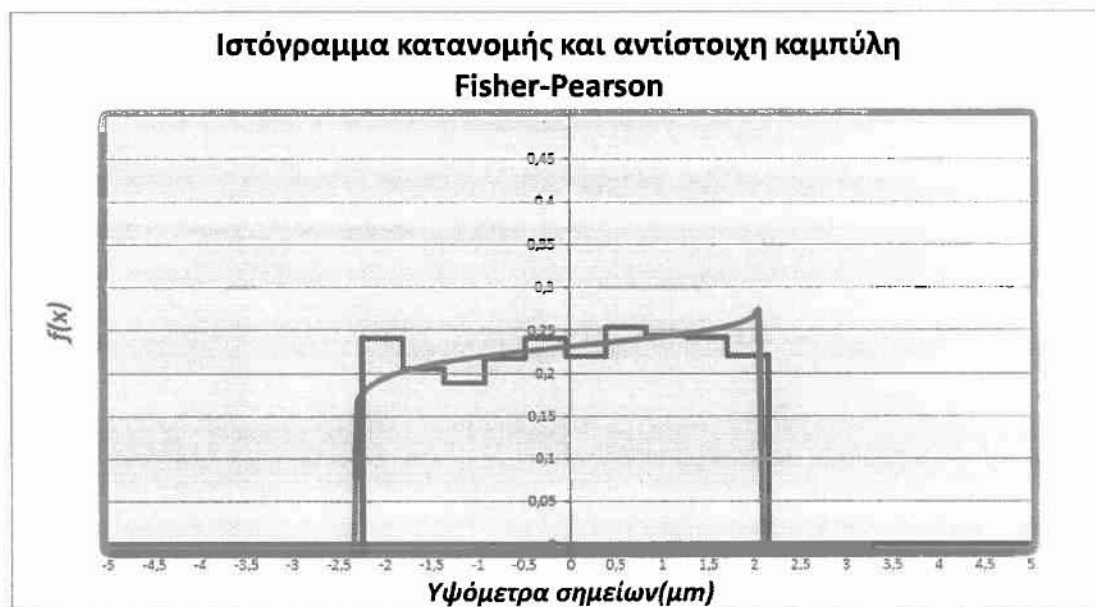
Η ανάπτυξη του δεύτερου προτύπου για την εξέταση της τραχύτητας βασίστηκε στην παρακάτω γεννήτρια συνάρτηση η οποία σε κατάσταση μη φθοράς μας δίνει ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας ορθογωνικού τύπου ενώ με την σταδιακή φθορά της υπό κατεργασία επιφάνειας το ιστόγραμμα και η συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας εμπίπτουν στην κατηγορία τύπου << U >> όπως φαίνεται στα αντιπροσωπευτικά διαγράμματα που ακολουθούν και εκτενέστερα στο παράρτημα 2. Κατατομή αυτής της μορφής ενδεχομένως να προέρχεται από μη συμβατικές κατεργασίες που προσδίδουν έντονο τυχαίο χαρακτήρα ως προς τα υψόμετρα των σημείων.

$$F(x)=2,2*(2*\text{rand}()-1)$$

(καμπύλη κατανομής ορθογωνικού τύπου)



Σχήμα 2.5.2.1.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=3\mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.



Σχήμα 2.5.2.2.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=3\mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

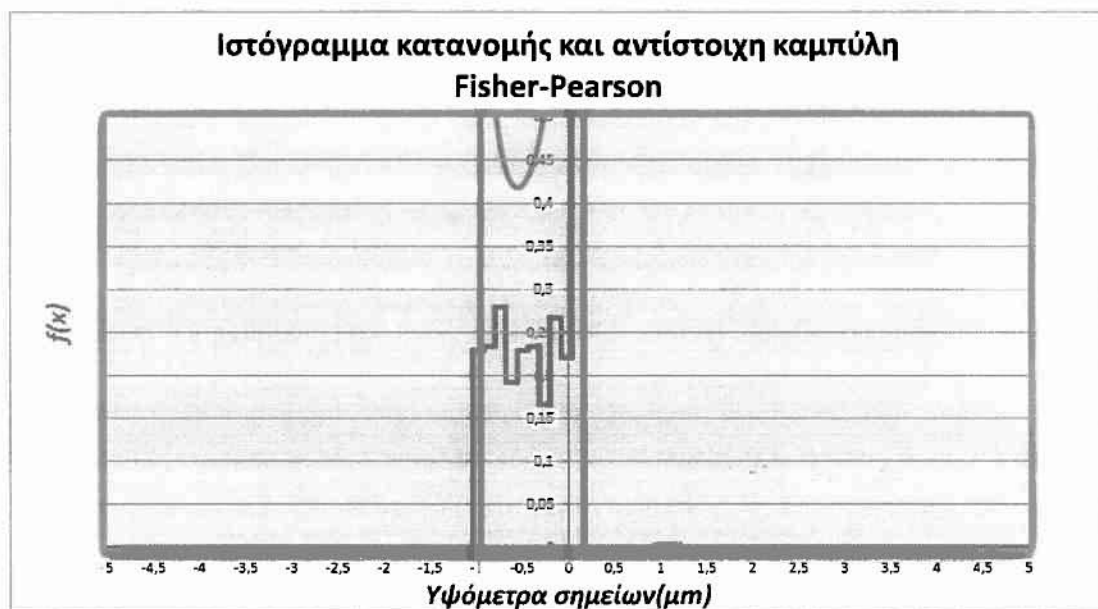
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.2.1. ΚΑΙ 2.5.2.2.:

Σχήμα 2.5.2.1.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων-απουσία οροπέδιων (πλατώ).

Σχήμα 2.5.2.2.: Ιστόγραμμα και κατανομή ορθογωνικού τύπου.



Σχήμα 2.5.2.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-1 \mu\text{m}$.

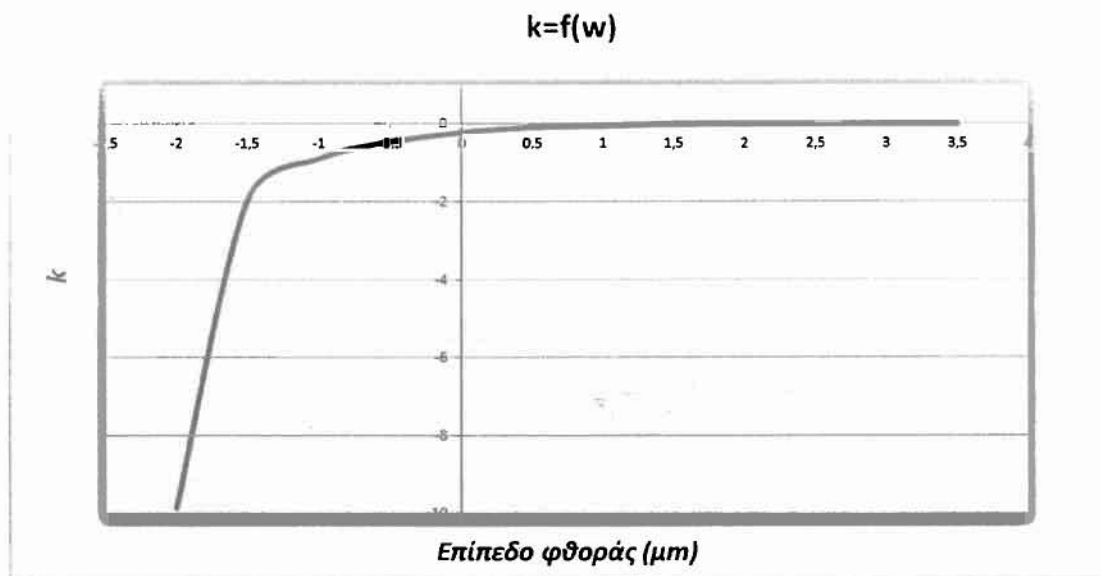


Σχήμα 2.5.2.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=-1 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.2.3. ΚΑΙ 2.5.2.4.:

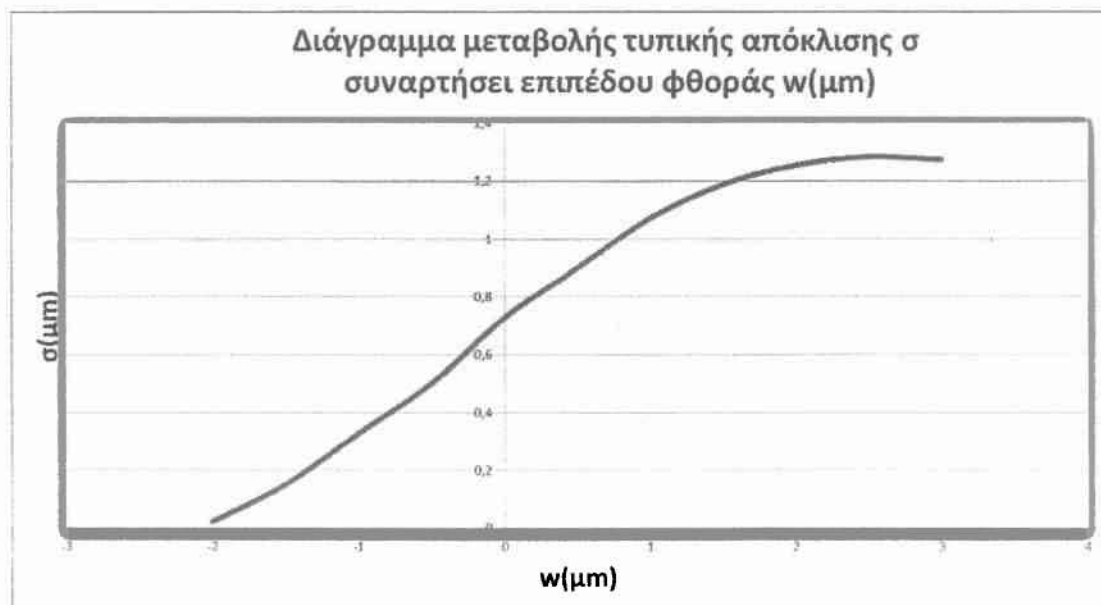
Σχήμα 2.5.2.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα 2.5.2.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << U >>.



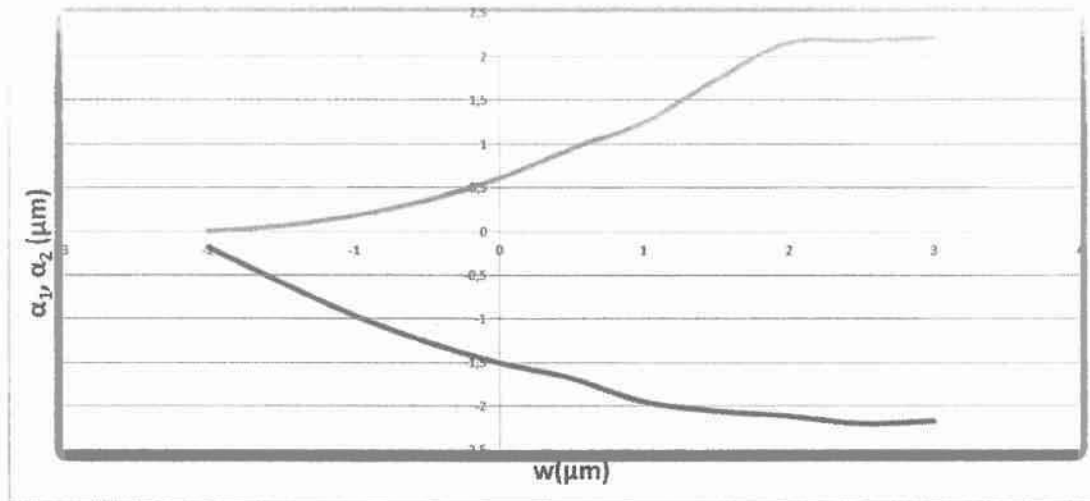
Σχήμα 2.5.2.5.: Διάγραμμα μεταβολής συντελεστή k των κατανομών του προτύπου II συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Παρατήρηση: $k < 0$, συνάρτηση φραγμένη άνω-κάτω όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα από την συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας.



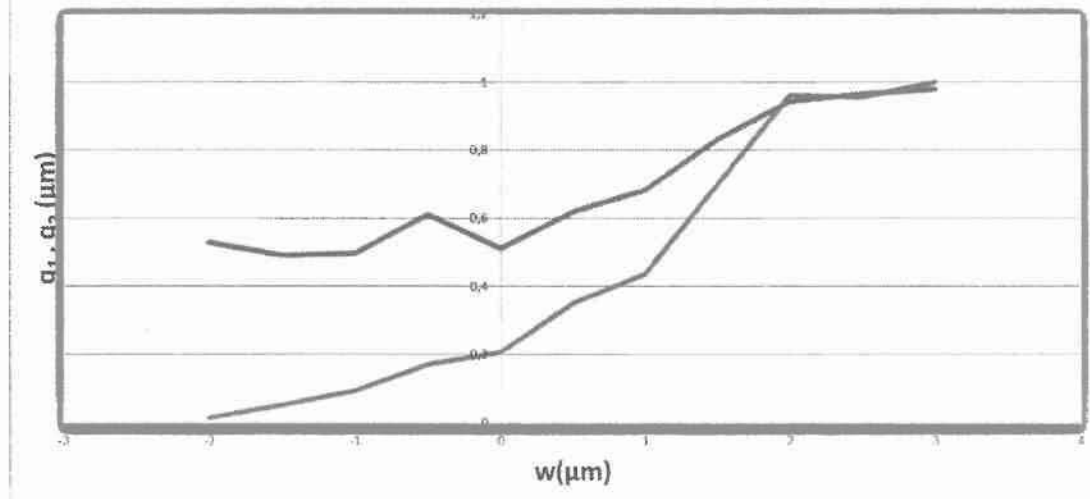
Σχήμα 2.5.2.6.: Διάγραμμα μεταβολής τιμών τυπικής απόκλισης σ των κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου II συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε σχεδόν γραμμική σχέση που υποδηλώνει την αναλογία μεταξύ τυπικής απόκλισης και τραχύτητας.

Διάγραμμα μεταβολής ορίων κατανομής α_1, α_2 συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



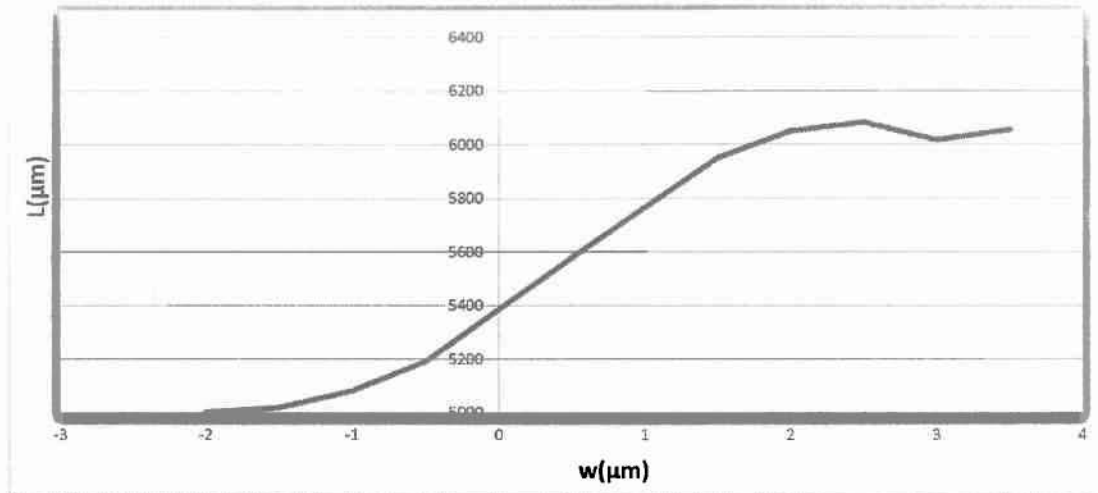
Σχήμα 2.5.2.7.: Διάγραμμα μεταβολής ορίων α_1 και α_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου II συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι με σταδιακή φθορά της επιφάνειας μειώνεται και η απόσταση μεταξύ των ορίων της κατανομής πράγμα το οποίο οδηγεί σε μείωση της τυπικής απόκλισης άρα και μείωση της τραχύτητας.

Διάγραμμα εκθετών q_1, q_2 κατανομής F-P συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



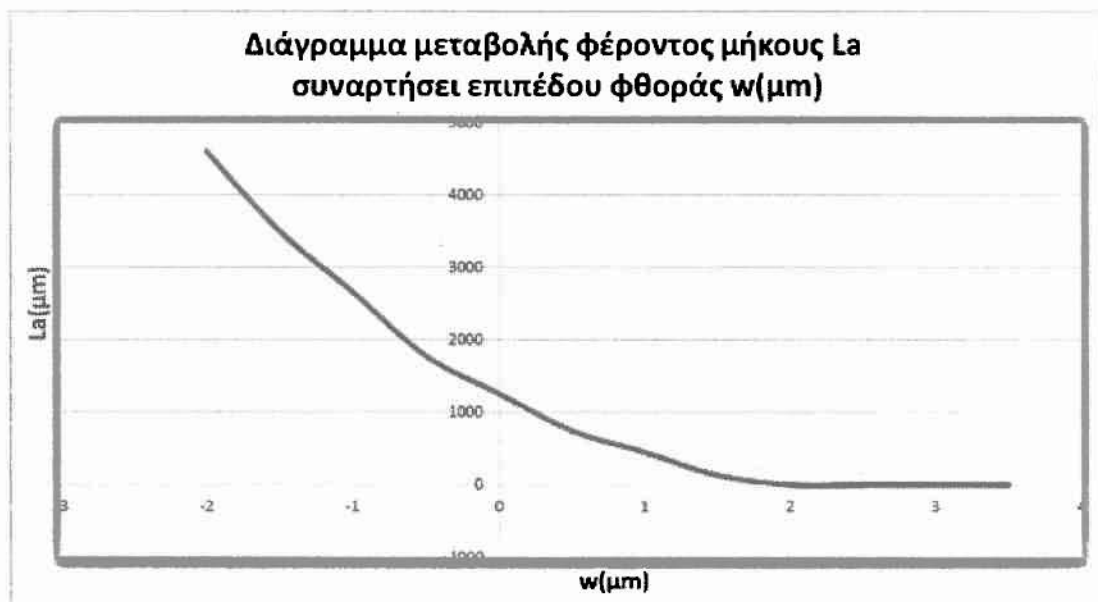
Σχήμα 2.5.2.8.: Διάγραμμα μεταβολής εκθετών q_1 και q_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου II συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος κατατομής L συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



Σχήμα 2.5.2.9.: Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος μήκους L κατατομής του προτύπου II συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι το ανάπτυγμα του μήκους μειώνεται με την μείωση του επιπέδου φθοράς μέχρι την τιμή μήκους της λείας επιφάνειας, αποκτώντας χαρακτηριστικά της.

Διάγραμμα μεταβολής φέροντος μήκους L_a συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



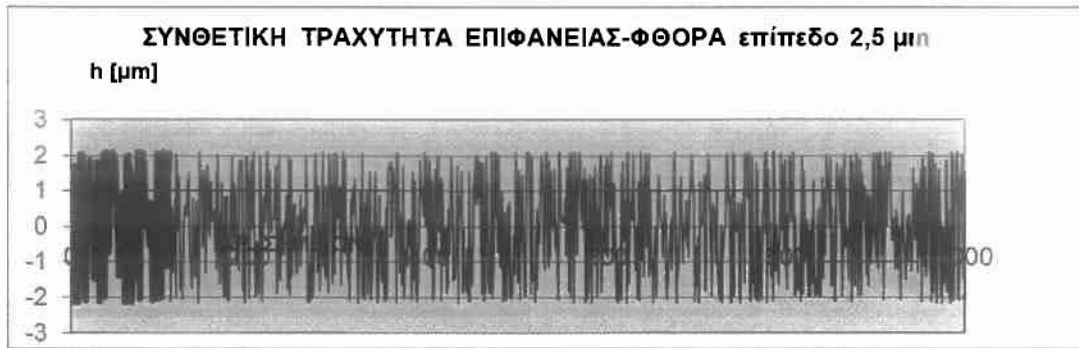
Σχήμα 2.5.2.10.: Διάγραμμα μεταβολής φέροντος μήκους L_a κατατομής του προτύπου II συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

2.5.3.ΠΡΟΤΥΠΟ ΙΙΙ

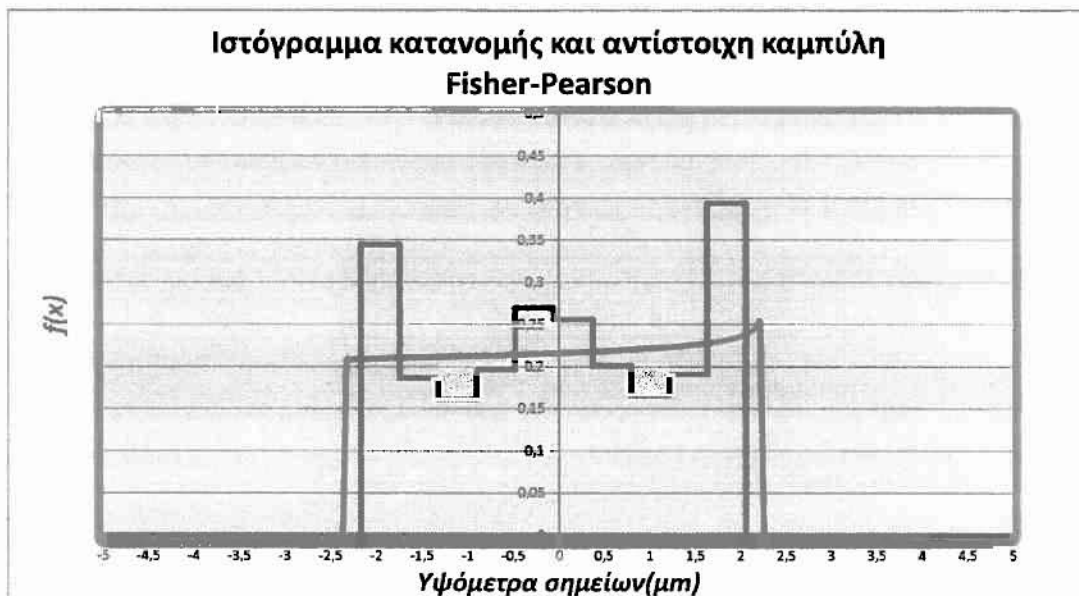
Η ανάπτυξη του τρίτου προτύπου για την εξέταση της τραχύτητας βασίστηκε στην παρακάτω γεννήτρια συνάρτηση η οποία σε κατάσταση μη φθοράς μας δίνει ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας ορθογωνικού τύπου ενώ με την σταδιακή φθορά της υπό κατεργασία επιφάνειας το ιστόγραμμα και η συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας εμπίπτουν στην κατηγορία τύπου << U >> όπως φαίνεται στα αντιπροσωπευτικά διαγράμματα που ακολουθούν και εκτενέστερα στο παράρτημα 2. Κατατομή αυτής της μορφής ενδεχομένως να προέρχεται από μη συμβατικές κατεργασίες που προσδίδουν έντονο τυχαίο χαρακτήρα ως προς τα υψόμετρα των σημείων.

$$F(x) = \text{SIN}(((2 * \text{RAND}() - 1) * \text{RAND}()) * 4) * 1,27 / 0,6$$

(καμπύλη κατανομής ορθογωνικού τύπου)



Σχήμα 2.5.3.1.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=2.5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.



Σχήμα 2.5.3.2.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2.5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

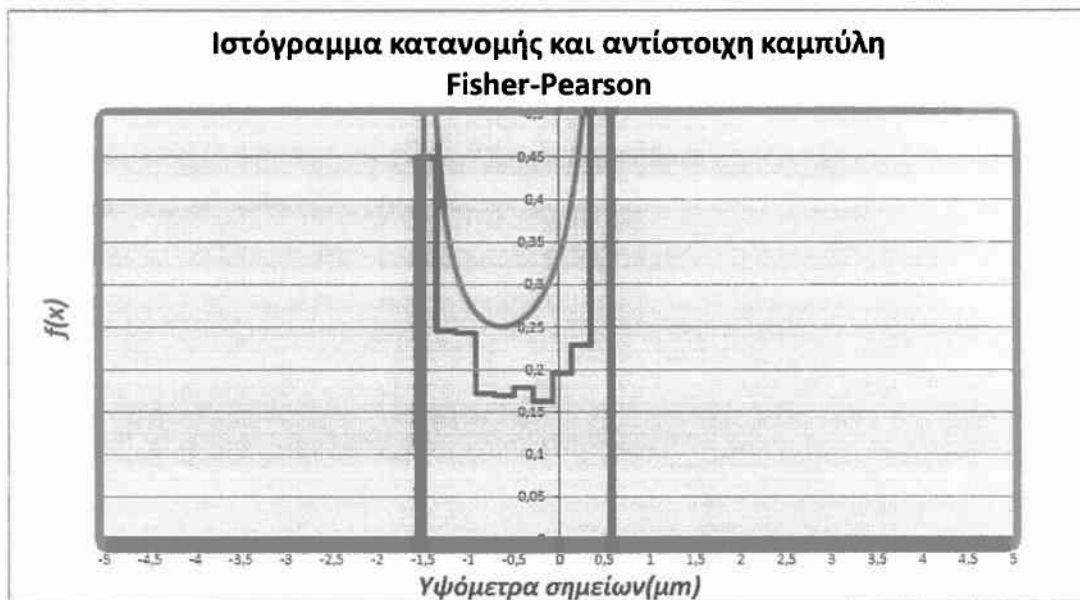
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.3.1. ΚΑΙ 2.5.3.2.:

Σχήμα 2.5.3.1.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα 2.5.3.2.: Ιστόγραμμα και κατανομή ορθογωνικού τύπου.



Σχήμα 2.5.3.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

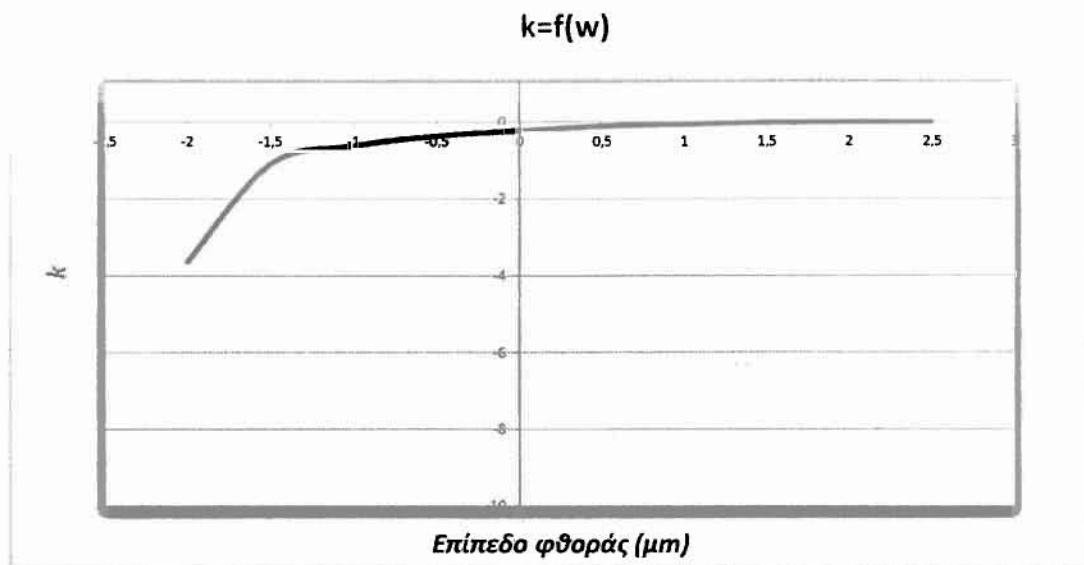


Σχήμα 2.5.3.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.3.3. ΚΑΙ 2.5.3.4.:

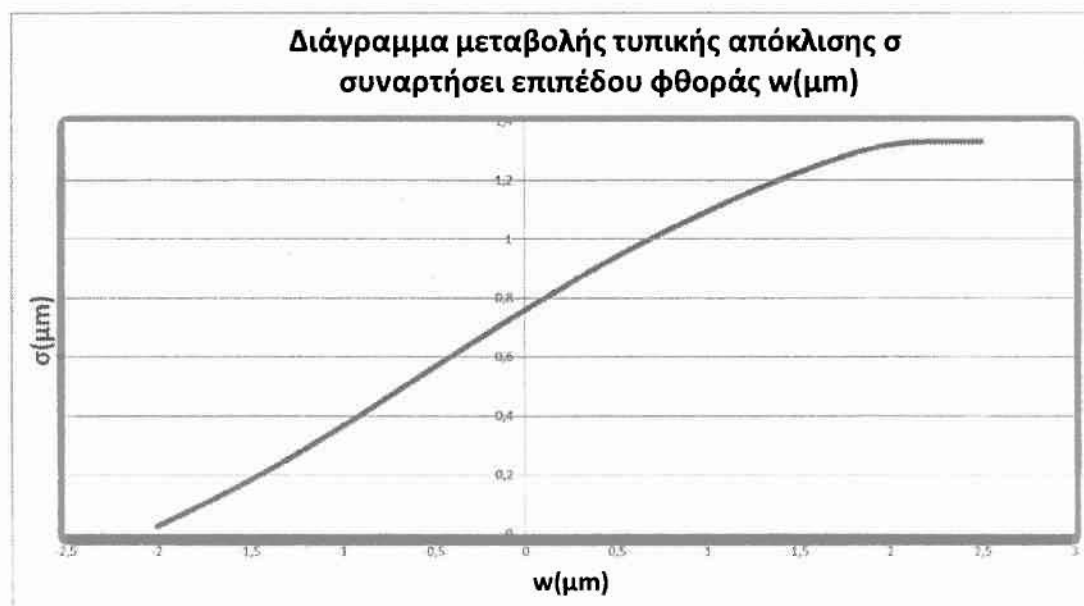
Σχήμα 2.5.3.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα 2.5.3.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου $\ll U \gg$.



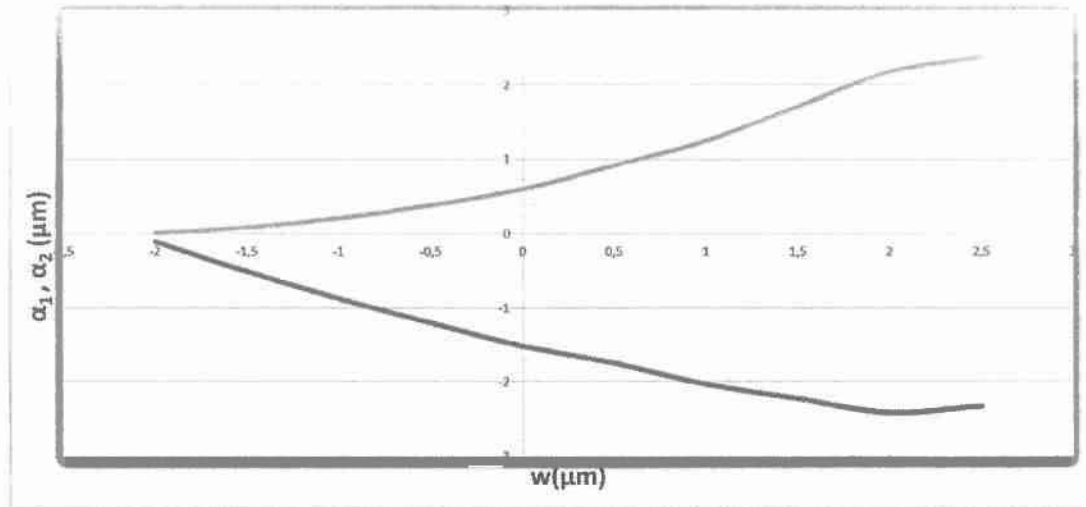
Σχήμα 2.5.3.5.: Διάγραμμα μεταβολής συντελεστή k των κατανομών του προτύπου III συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Παρατήρηση: $k < 0$, συνάρτηση φραγμένη άνω-κάτω όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα από την συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας.



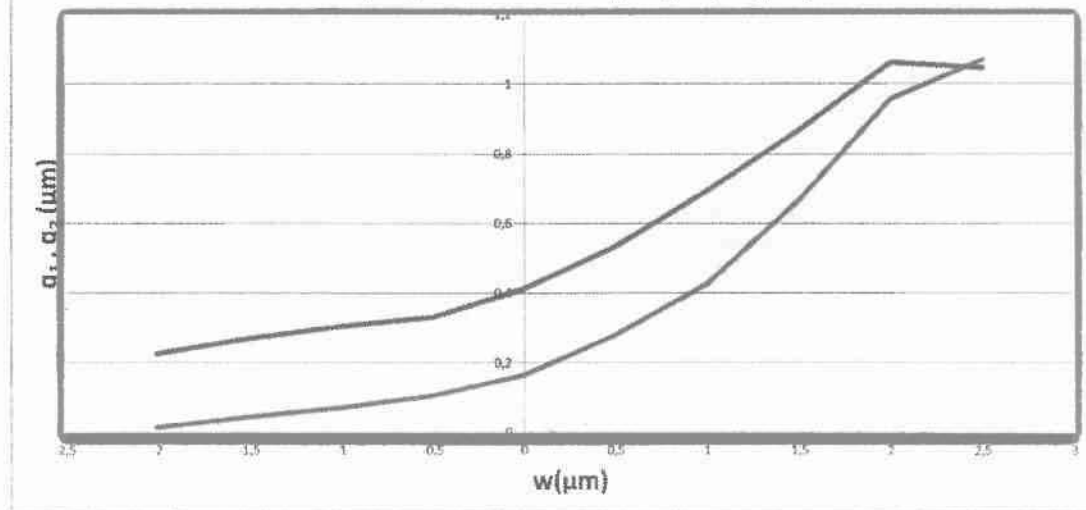
Σχήμα 2.5.3.6.: Διάγραμμα μεταβολής τιμών τυπικής απόκλισης σ των κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου III συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε σχεδόν γραμμική σχέση που υποδηλώνει την αναλογία μεταξύ τυπικής απόκλισης και τραχύτητας.

Διάγραμμα μεταβολής ορίων κατανομής α_1 , α_2 συναρτήσει επιπέδου φθοράς w (μm)



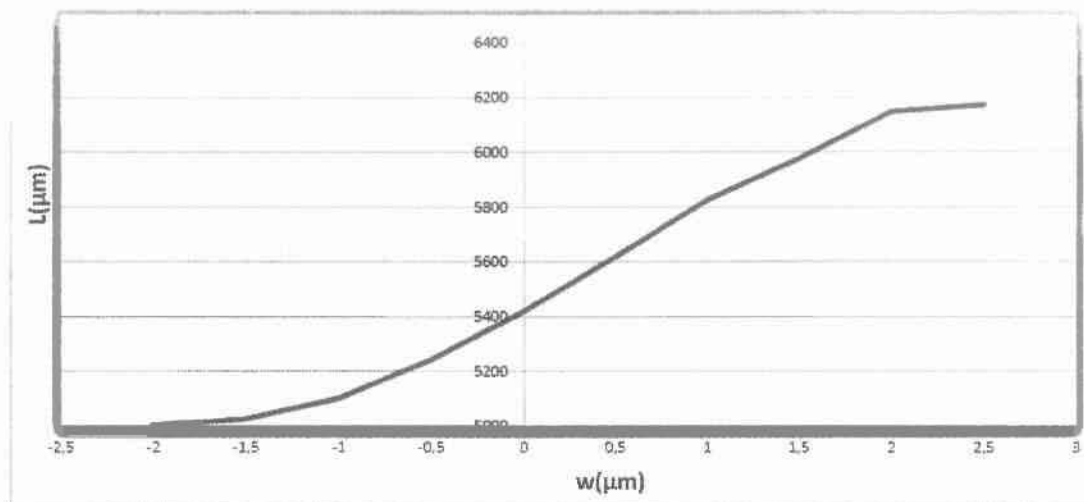
Σχήμα 2.5.3.7.: Διάγραμμα μεταβολής ορίων α_1 και α_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου III συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι με σταδιακή φθορά της επιφάνειας μειώνεται και η απόσταση μεταξύ των ορίων της κατανομής πράγμα το οποίο οδηγεί σε μείωση της τυπικής απόκλισης άρα και μείωση της τραχύτητας.

Διάγραμμα εκθετών q_1 , q_2 κατανομής F-P συναρτήσει επιπέδου φθοράς w (μm)



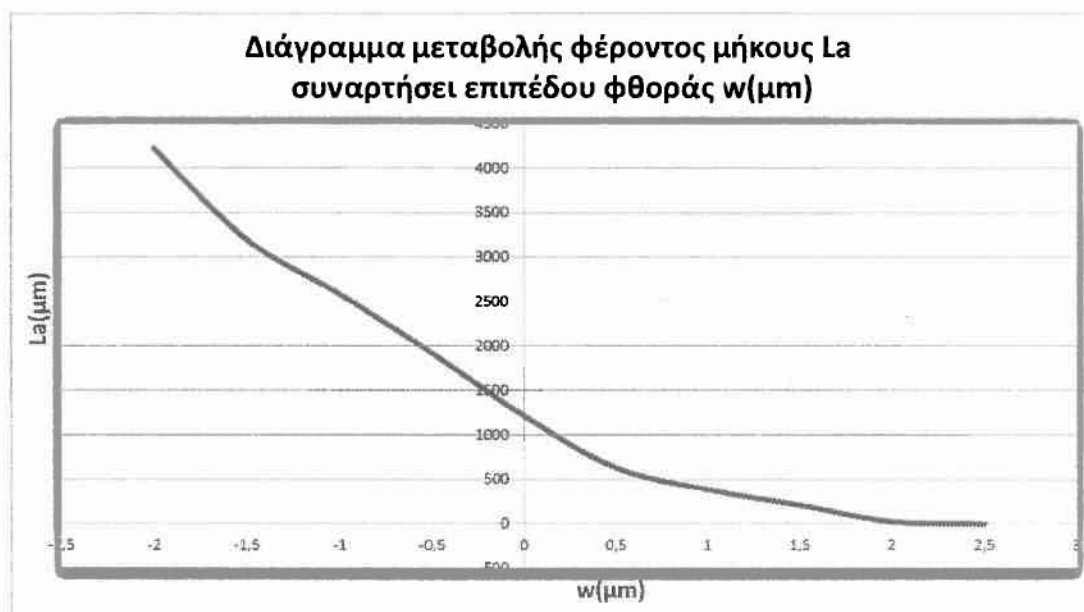
Σχήμα 2.5.3.8.: Διάγραμμα μεταβολής εκθετών q_1 και q_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου III συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος κατατομής L συναρτήσει επιπέδου φθοράς w(μm)



Σχήμα 2.5.3.9.: Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος μήκους L κατατομής του προτύπου III συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι το ανάπτυγμα του μήκους μειώνεται με την μείωση του επιπέδου φθοράς μέχρι την τιμή μήκους της λείας επιφάνειας, αποκτώντας χαρακτηριστικά της.

Διάγραμμα μεταβολής φέροντος μήκους La συναρτήσει επιπέδου φθοράς w(μm)



Σχήμα 2.5.3.10.: Διάγραμμα μεταβολής φέροντος μήκους La κατατομής του προτύπου III συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

2.5.4.Πρότυπο IV

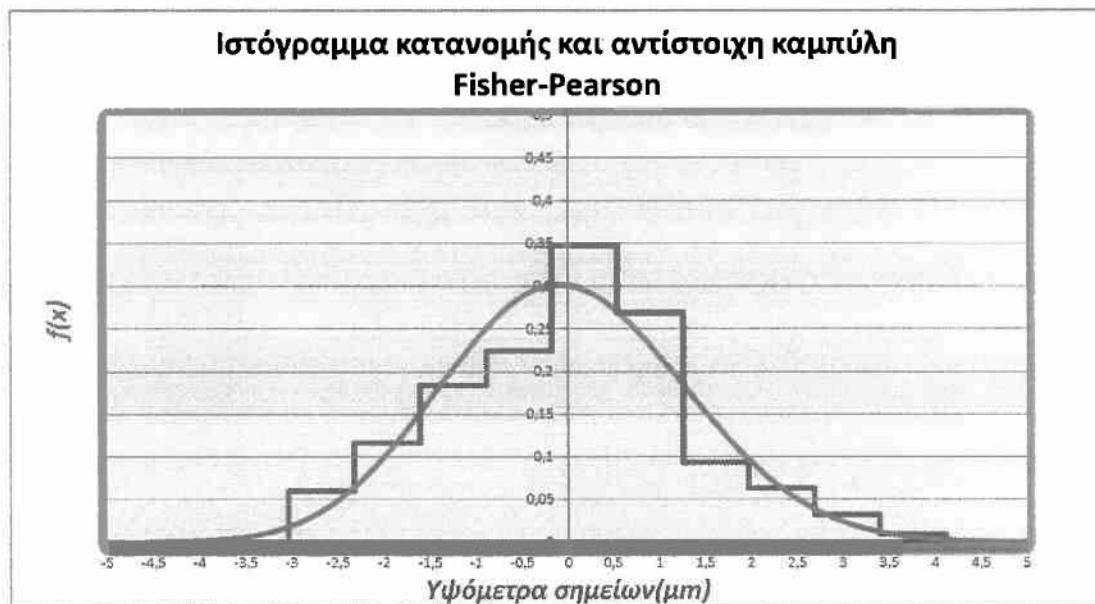
Η ανάπτυξη του τετάρτου προτύπου για την εξέταση της τραχύτητας βασίστηκε στην παρακάτω γεννήτρια συνάρτηση η οποία σε κατάσταση μη φθοράς μας δίνει ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας τύπου κώδωνα ενώ με την σταδιακή φθορά της υπό κατεργασία επιφάνειας το ιστόγραμμα και η συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας εμπίπτουν στην κατηγορία τύπου << U >> όπως και φαίνεται βήμα-βήμα στα διαγράμματα που ακολουθούν. Κατατομή αυτής της μορφής ενδεχομένως να προέρχεται από συμβατικές κατεργασίες και μάλιστα από κοπτικό εργαλείο καθορισμένης γεωμετρίας.

$$F(x) = ((2 * \text{RAND}()^2 - 1) * \text{RAND}()) * 4 * 1,27 / 1,39$$

(καμπύλη κατανομής τύπου κώδωνα)



Σχήμα 2.5.4.1.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=3,5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

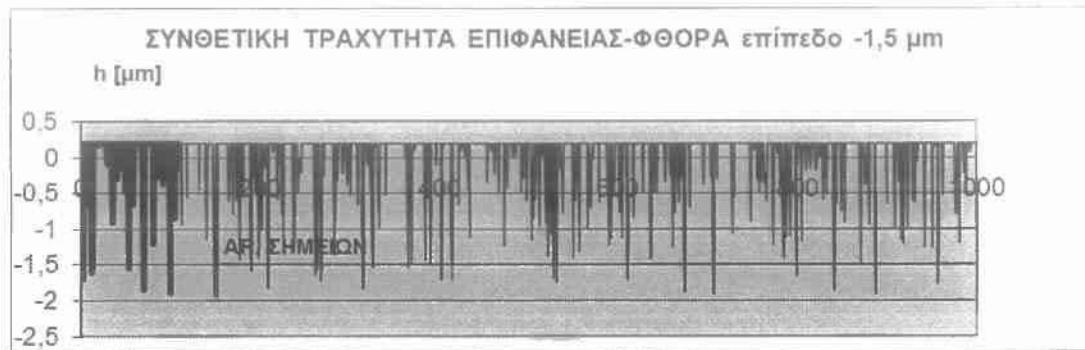


Σχήμα 2.5.4.2.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=3,5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

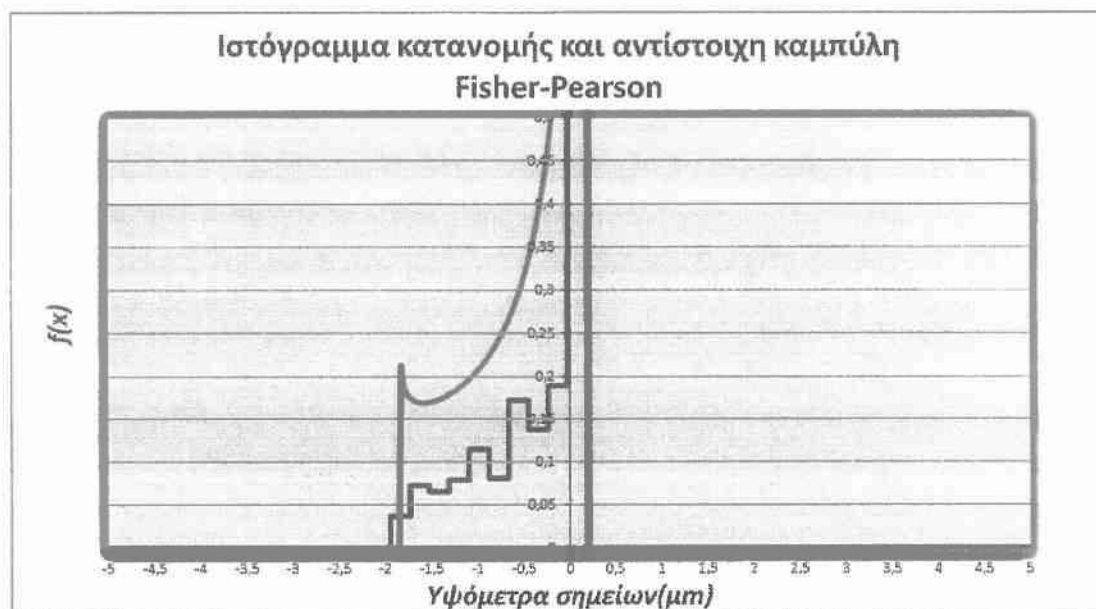
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.4.1. ΚΑΙ 2.5.4.2.:

Σχήμα 2.5.4.1.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα 2.5.4.2.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα 2.5.4.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-1,5 \mu\text{m}$.

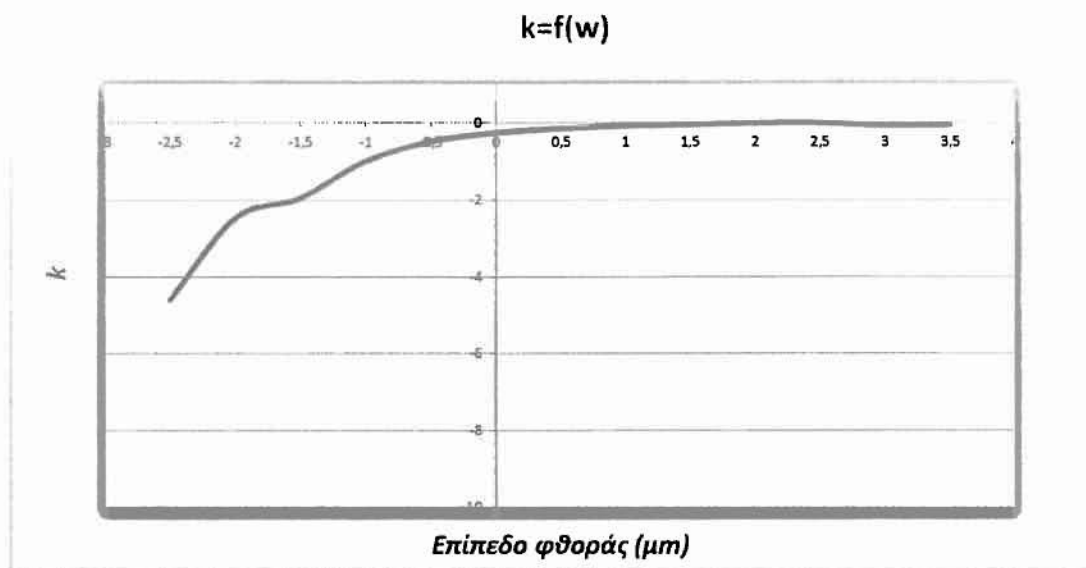


Σχήμα 2.5.4.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=-1,5 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.4.3. ΚΑΙ 2.5.4.4.:

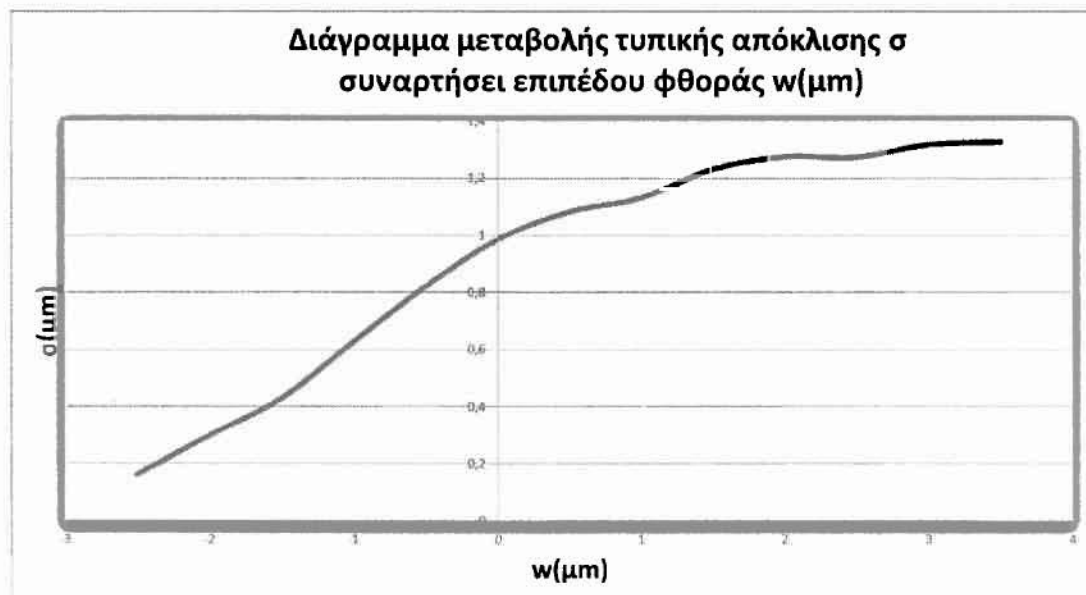
Σχήμα 2.5.4.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα 2.5.4.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << U >>.



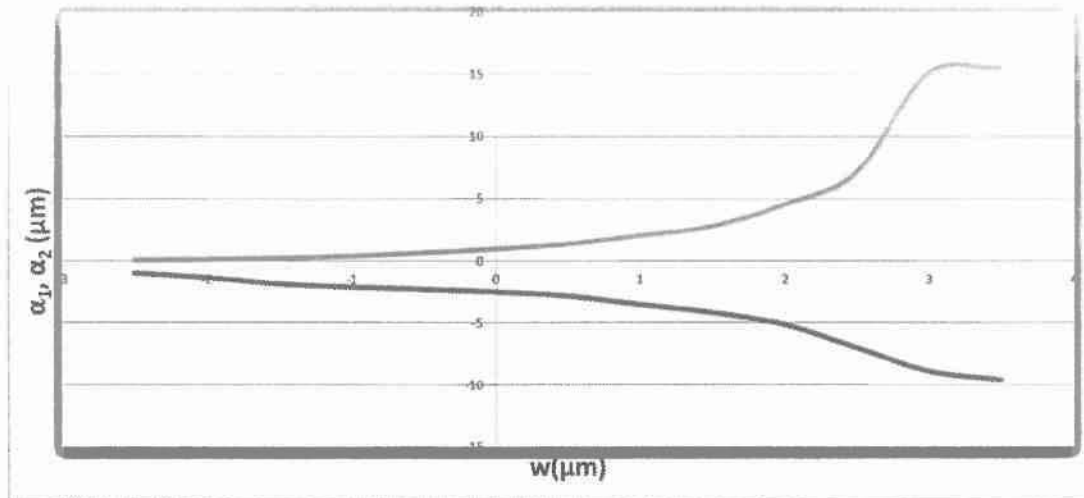
Σχήμα 2.5.4.5.: Διάγραμμα μεταβολής συντελεστή k των κατανομών του προτύπου IV συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Παρατήρηση: $k < 0$, συνάρτηση φραγμένη άνω-κάτω όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα από την συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας.



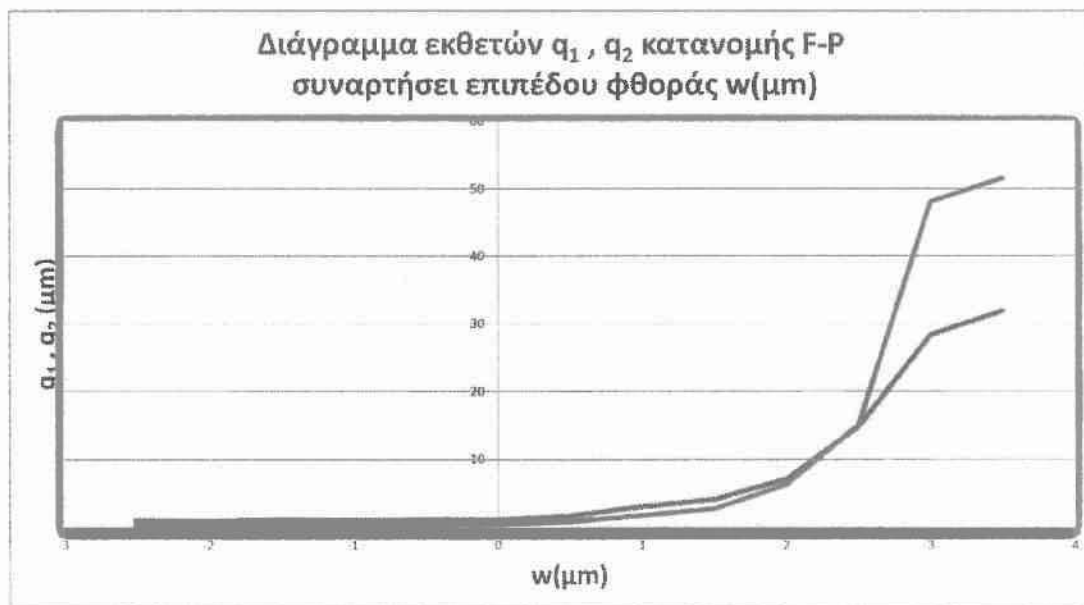
Σχήμα 2.5.4.6.: Διάγραμμα μεταβολής τιμών τυπικής απόκλισης σ των κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου IV συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε σχεδόν γραμμική σχέση που υποδηλώνει την αναλογία μεταξύ τυπικής απόκλισης και τραχύτητας.

Διάγραμμα μεταβολής ορίων κατανομής α_1, α_2 συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



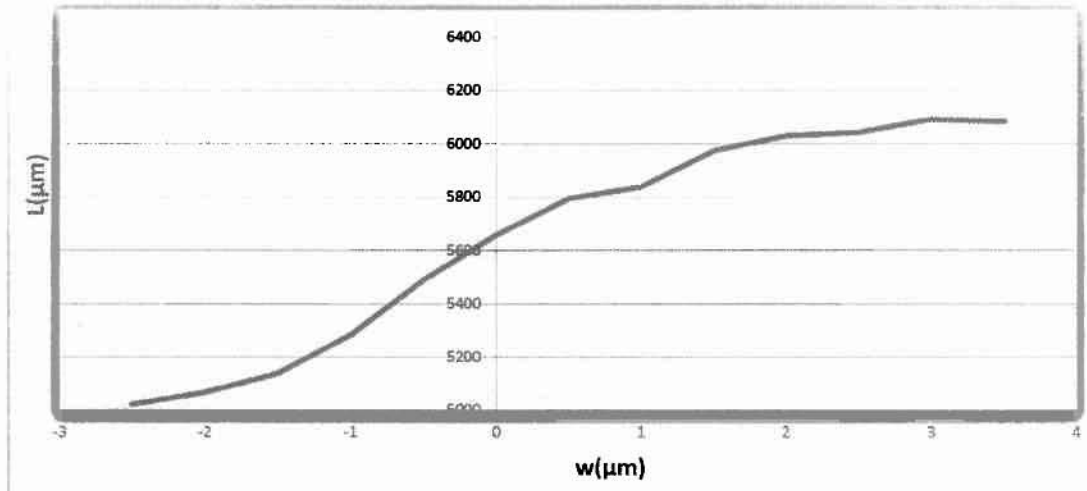
Σχήμα 2.5.4.7.: Διάγραμμα μεταβολής ορίων α_1 και α_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου IV συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι με σταδιακή φθορά της επιφάνειας μειώνεται και η απόσταση μεταξύ των ορίων της κατανομής πράγμα το οποίο οδηγεί σε μείωση της τυπικής απόκλισης άρα και μείωση της τραχύτητας.

Διάγραμμα εκθετών q_1, q_2 κατανομής F-P συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



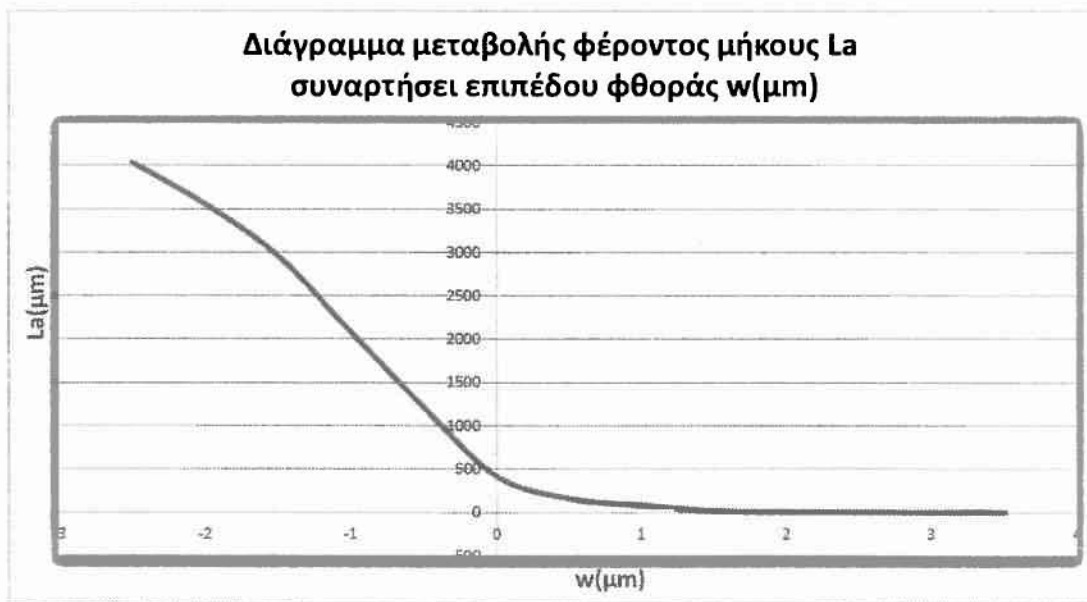
Σχήμα 2.5.4.8.: Διάγραμμα μεταβολής εκθετών q_1 και q_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου IV συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος κατατομής L συναρτήσει επιπέδου φθοράς w(μm)



Σχήμα 2.5.4.9.: Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος μήκους L κατατομής του προτύπου IV συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι το ανάπτυγμα του μήκους μειώνεται με την μείωση του επιπέδου φθοράς μέχρι την τιμή μήκους της λείας επιφάνειας, αποκτώντας χαρακτηριστικά της.

Διάγραμμα μεταβολής φέροντος μήκους La συναρτήσει επιπέδου φθοράς w(μm)



Σχήμα 2.5.4.10.: Διάγραμμα μεταβολής φέροντος μήκους La κατατομής του προτύπου IV συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

2.5.5.Πρότυπο V

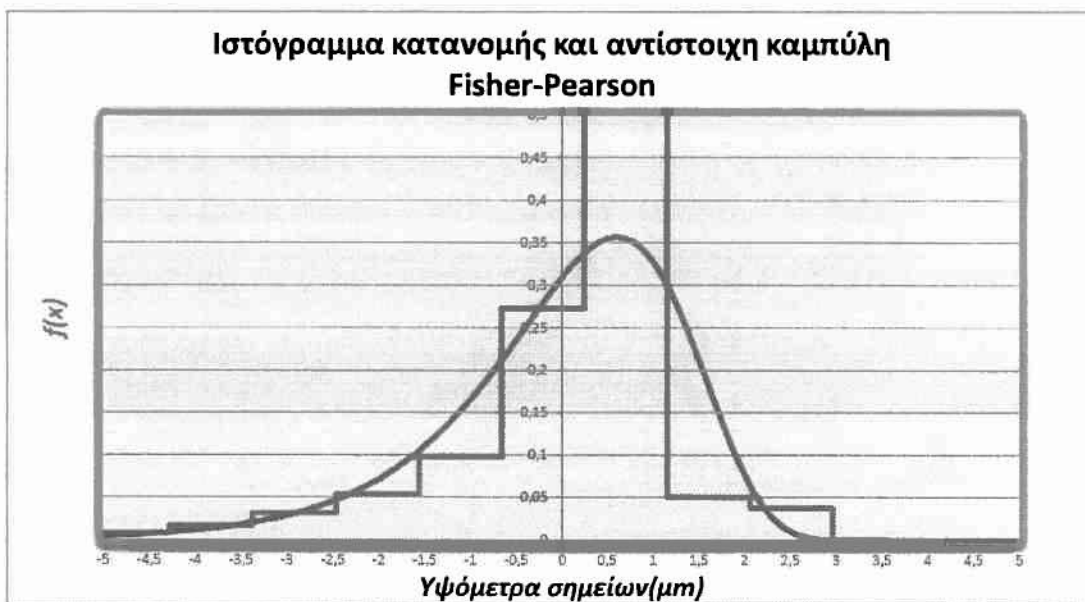
Η ανάπτυξη του πέμπτου προτύπου για την εξέταση της τραχύτητας βασίστηκε στην παρακάτω γεννήτρια συνάρτηση η οποία σε κατάσταση μη φθοράς μας δίνει ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας τύπου κώδωνα ενώ με την σταδιακή φθορά της υπό κατεργασία επιφάνειας το ιστόγραμμα και η συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας εμπίπτουν στην κατηγορία τύπου << J >> όπως φαίνεται στα αντιπροσωπευτικά διαγράμματα που ακολουθούν και εκτενέστερα στο παράρτημα 2. Κατατομή αυτής της μορφής ενδεχομένως να προέρχεται από συμβατικές κατεργασίες αφαίρεσης υλικού.

$$F(x) = ((2 * \text{RAND}()^2 - 1) * \text{RAND}()^2) * 4 * \text{SIN}(\text{RAND}()) * 1,27 / 0,6$$

(καμπύλη κατανομής τύπου κώδωνα).



Σχήμα 2.5.5.1.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=2.5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.



Σχήμα 2.5.5.2.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2,5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

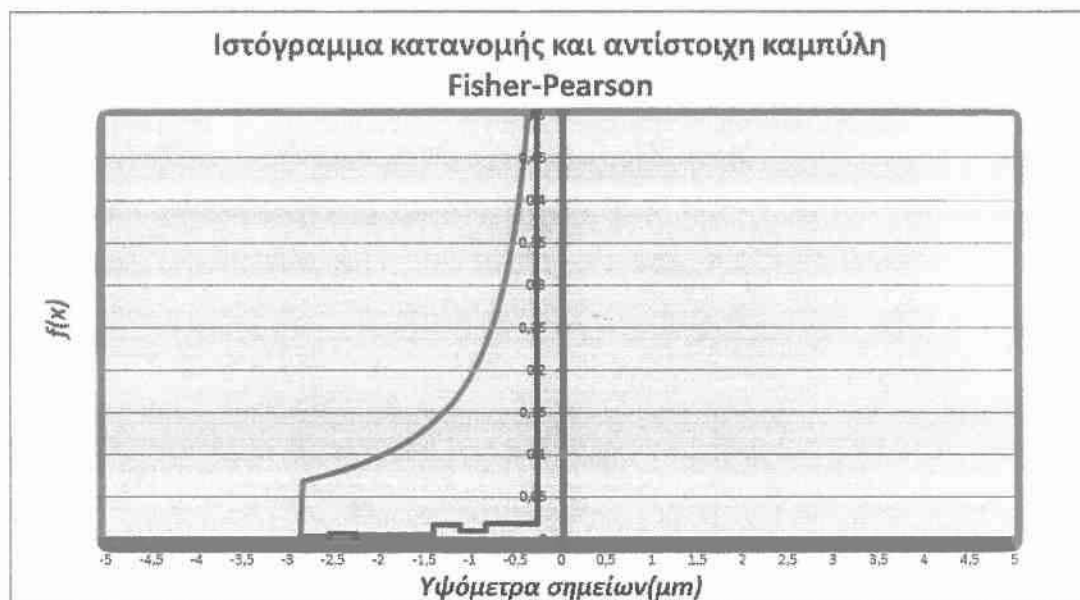
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.5.1. ΚΑΙ 2.5.5.2.:

Σχήμα 2.5.5.1.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα 2.5.5.2.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα 2.5.5.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-3.5 \mu\text{m}$.

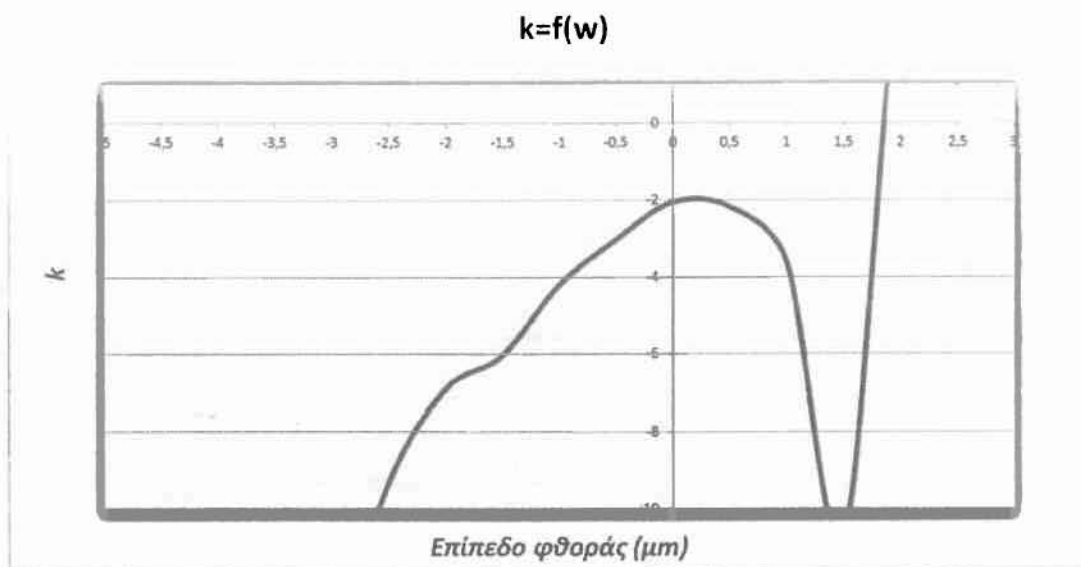


Σχήμα 2.5.5.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=-3.5 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 2.5.5.3. ΚΑΙ 2.5.5.4.:

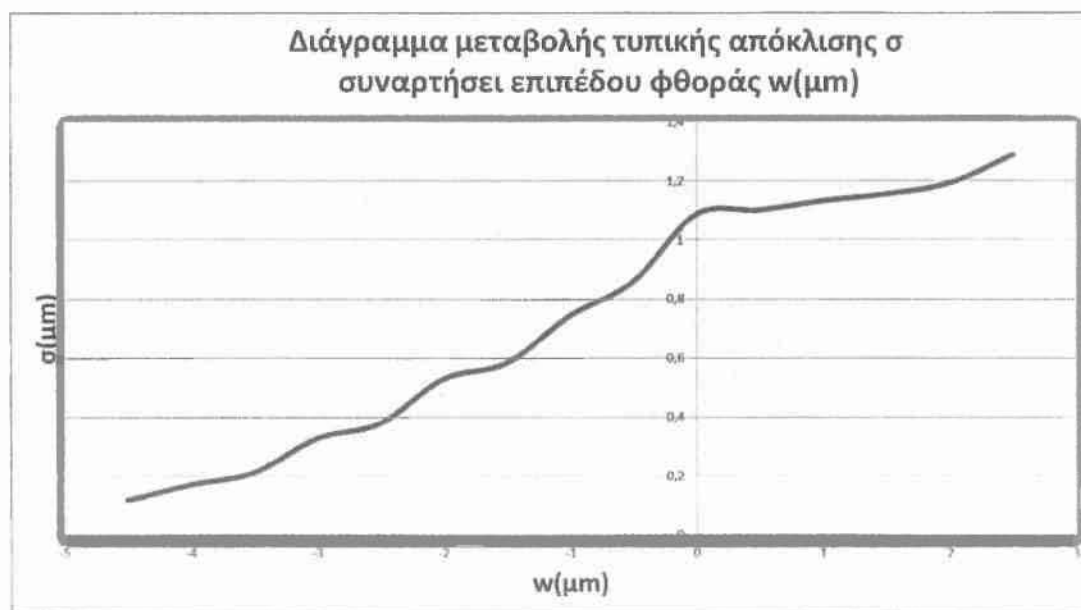
Σχήμα 2.5.5.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα 2.5.5.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου $\ll J \gg$.



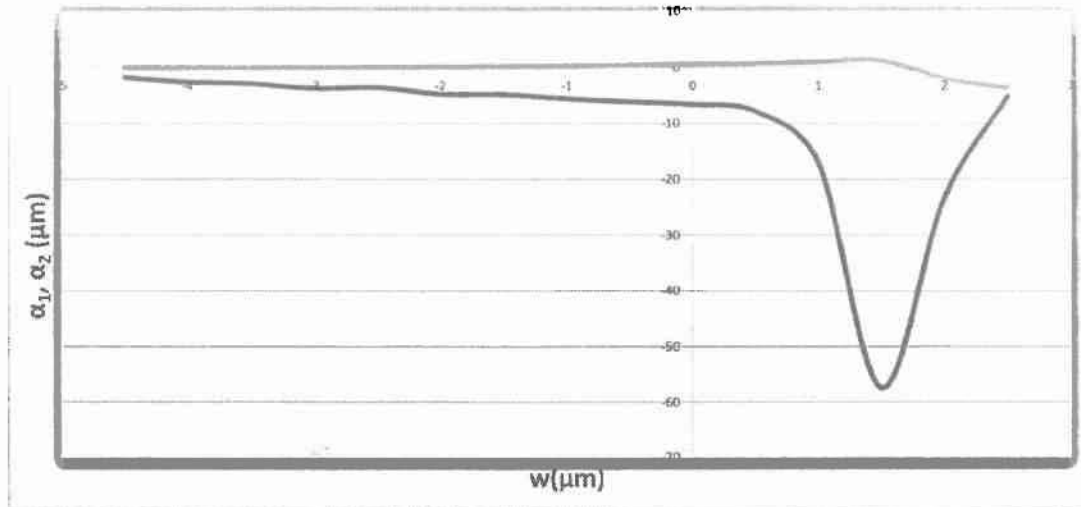
Σχήμα 2.5.5.5.: Διάγραμμα μεταβολής συντελεστή k των κατανομών του προτύπου V συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Παρατήρηση: Γενικά $k < 0$, συνάρτηση φραγμένη άνω-κάτω όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα από την συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας.



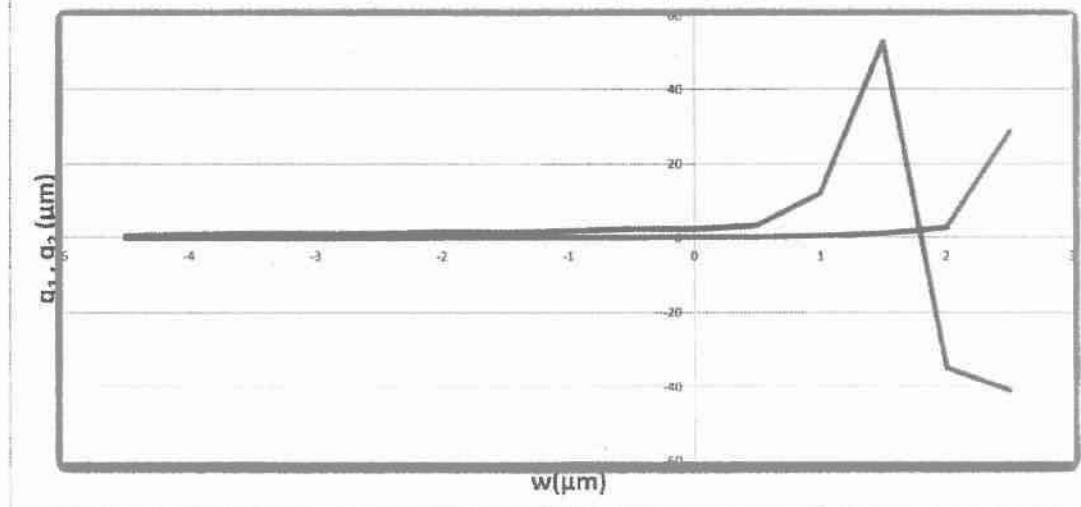
Σχήμα 2.5.5.6.: Διάγραμμα μεταβολής τιμών τυπικής απόκλισης σ των κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου V συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε σχεδόν γραμμική σχέση που υποδηλώνει την αναλογία μεταξύ τυπικής απόκλισης και τραχύτητας.

Διάγραμμα μεταβολής ορίων κατανομής α_1 , α_2 συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



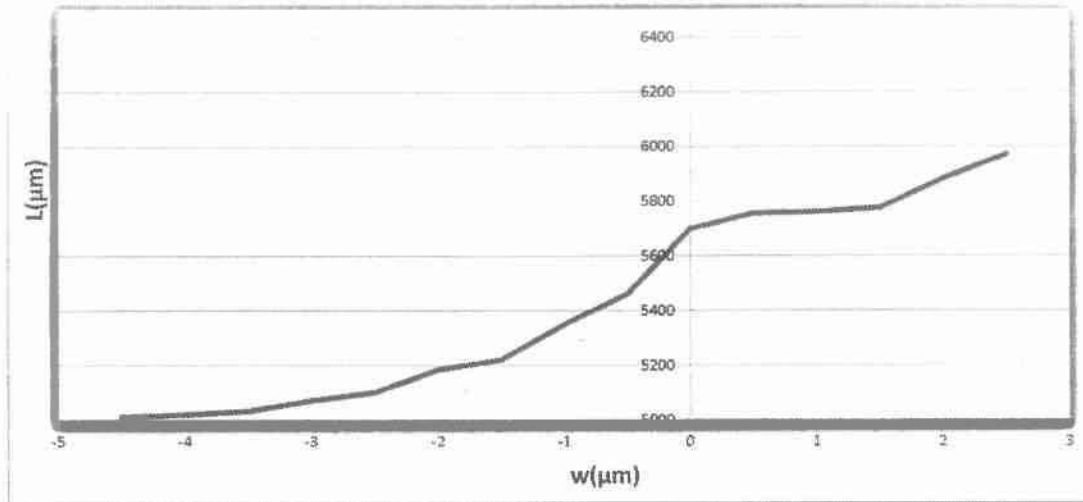
Σχήμα 2.5.5.7.: Διάγραμμα μεταβολής ορίων α_1 και α_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου II συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι με σταδιακή φθορά της επιφάνειας μειώνεται και η απόσταση μεταξύ των ορίων της κατανομής πράγμα το οποίο οδηγεί σε μείωση της τυπικής απόκλισης άρα και μείωση της τραχύτητας.

Διάγραμμα εκθετών q_1 , q_2 κατανομής F-P συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



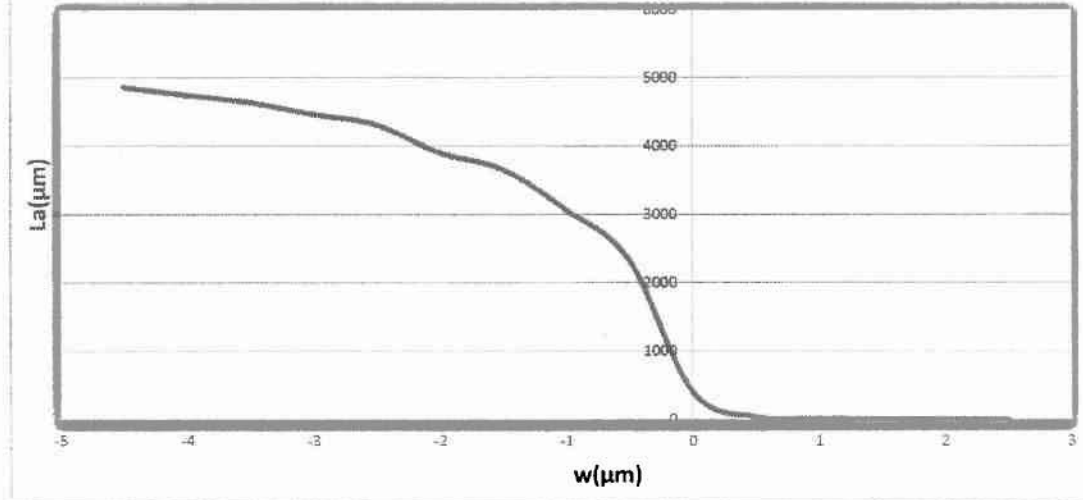
Σχήμα 2.5.5.8.: Διάγραμμα μεταβολής εκθετών q_1 και q_2 κατανομών υψομέτρων σημείων του προτύπου V συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος κατατομής L συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



Σχήμα 2.5.5.9.: Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος μήκους L κατατομής του προτύπου V συναρτήσει του επιπέδου φθοράς. Παρατηρούμε ότι το ανάπτυγμα του μήκους μειώνεται με την μείωση του επιπέδου φθοράς μέχρι την τιμή μήκους της λείας επιφάνειας, αποκτώντας χαρακτηριστικά της.

Διάγραμμα μεταβολής φέροντος μήκους L_a συναρτήσει επιπέδου φθοράς $w(\mu\text{m})$



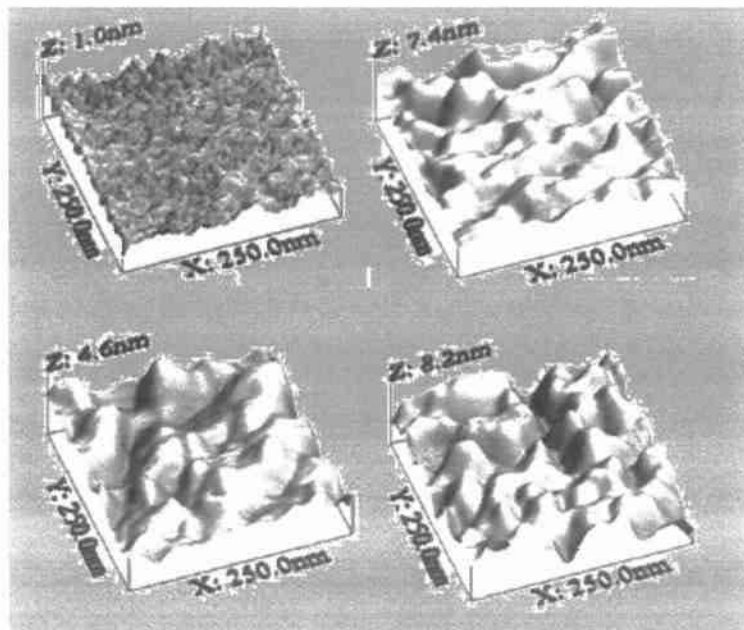
Σχήμα 2.5.5.10.: Διάγραμμα μεταβολής φέροντος μήκους L_a κατατομής του προτύπου V συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

2.6. Χαρακτηρισμός προτύπων συνθετικής τραχύτητας κατά Fisher-Pearson

Τα πέντε πρότυπα που μελετήθηκαν και χαρακτηρίστηκαν σύμφωνα με το σύστημα Fisher-Pearson χαρακτηρίζονται κάθε ένα και για διαφορετικό επίπεδο φθοράς από τη δική του συνεχή καμπύλη κατανομής η οποία σε πολύ μεγάλο ποσοστό των περιπτώσεων είναι φραγμένη άνω και κάτω εμφανίζοντας συντελεστή k αρνητικό. Οι μορφές των κατατομών που επιλέξαμε για τα πρότυπα αυτά θα συνδυαστούν στο μέλλον με κατανομές που προέρχονται από διαφορετική κατεργασία. Για το λόγο αυτό επιλέξαμε αφενός μεν κατανομές τύπου κώδωνα που γνωρίζαμε εκ των προτέρων ότι αντιστοιχούν σε κατεργασίες π.χ. honing χωρίς φθορά και αφετέρου σχετικά με τα πρότυπα II και III επιλέξαμε τη συνάρτηση τυχαίων αριθμών με σκοπό να δημιουργήσουμε κατανομή σταθερής πιθανότητας που και αυτές αντιστοιχούν σε ειδική περίπτωση μη συμβατικών κατεργασιών επιφανειών π.χ. ηλεκτροδιάβρωση. Επειδή η εμπειρία σχετικά με την μεταβολή των ιδιοτήτων των κατανομών αυξανόμενης της φθοράς ήταν περιορισμένη, έγινε επιλογή περισσότερων από μίας κατανομών για κάθε περίπτωση. Επίσης κατά την ανάλυση και μελέτη των κατανομών αυτών αποφασίστηκε να συγκριθούν τιμές που αφορούσαν στο μήκος του αναπτύγματος της κατατομής καθώς και στη φέρουσα ευθεία που χρησιμοποιείται για την χάραξη της καμπύλης του Abbott h η οποία δείχνει το ποσοστό του μήκους των οροπεδίων σε σχέση με τη φθορά των κατατομών. Οι καμπύλες αυτές χρησιμοποιούνται στη συνέχεια στο επόμενο κεφάλαιο με σκοπό τον προσδιορισμό της στατιστικής τιμής του πάχους της λιπαντικής μεμβράνης $\bar{h}_T = \int_{-\infty}^h (h + \delta) f(\delta) d\delta$ όπου $f(\delta)$ η συνάρτηση κατανομής των υψομέτρων των σημείων κάθε κατατομής. Γραφήματα και συγκριτικά αποτελέσματα δίνονται στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ



3.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται αφενός μεν τα πρότυπα τραχύτητας τα οποία χρησιμοποιούνται σαν βάση για την παρούσα εργασία καθώς και όλα τα αποτελέσματα υπολογισμών που έχουν εξαχθεί μέσα από την στατιστική ανάλυση των προτύπων αυτών με το στατιστικό σύστημα Fisher-Pearson.

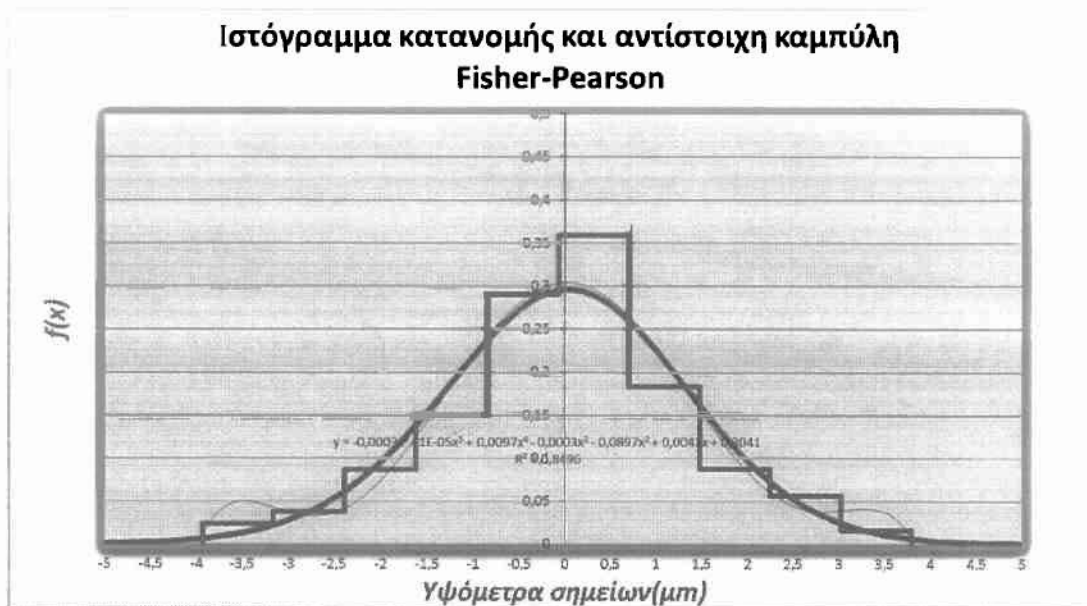
Στη συνέχεια δίνονται διαγράμματα και πίνακες τιμών για κάθε πρότυπο συνθετικής τραχύτητας σε δυο αντιπροσωπευτικά επίπεδα φθοράς ενώ τα υπόλοιπα διαγράμματα δίνονται συνολικά στο παράρτημα 2. Στα διαγράμματα αυτά περιλαμβάνεται α) τραχυγράφημα β) ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής του πληθυσμού των υψομέτρων σημείων γ) δείγμα των πρώτων σημείων της συνθετικής κατατομής και δ) συνάρτηση αυτοσυσχέτισης για τον καθορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{0,5}$

3.2. Διαγράμματα επεξεργασίας προτύπων

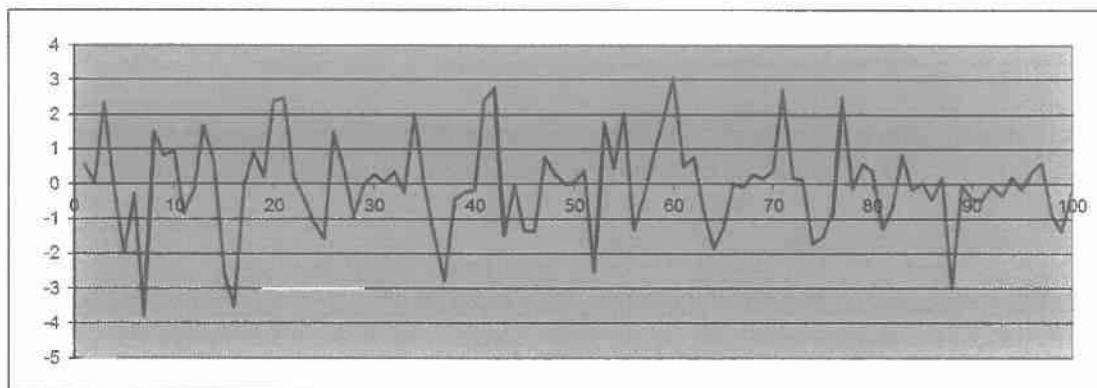
3.2.1. Πρότυπο I



Σχήμα 3.2.1.1: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο I, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma = 1,28 \mu\text{m}$.

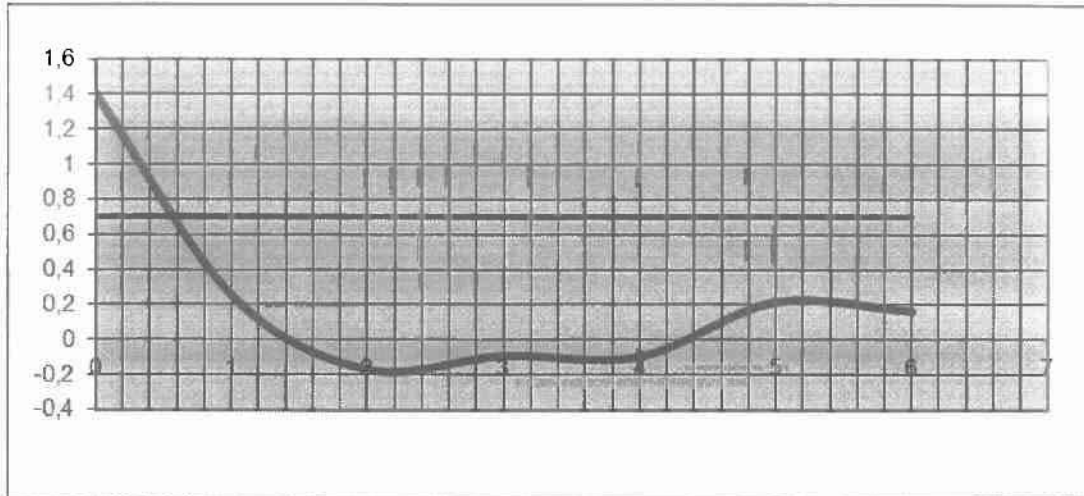


Σχήμα 3.2.1.2: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο I, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma = 1,28 \mu\text{m}$.



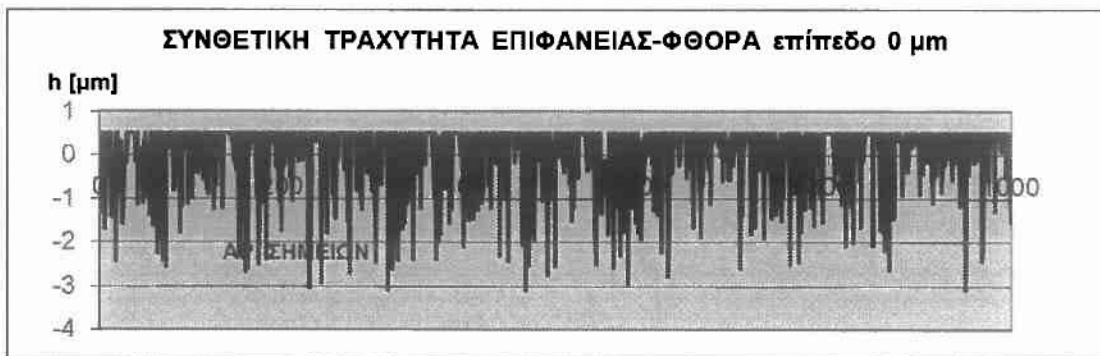
(α)

Σχήμα 3.2.1.3.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο I, $\Delta w = 5 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 1,28 \mu\text{m}$.



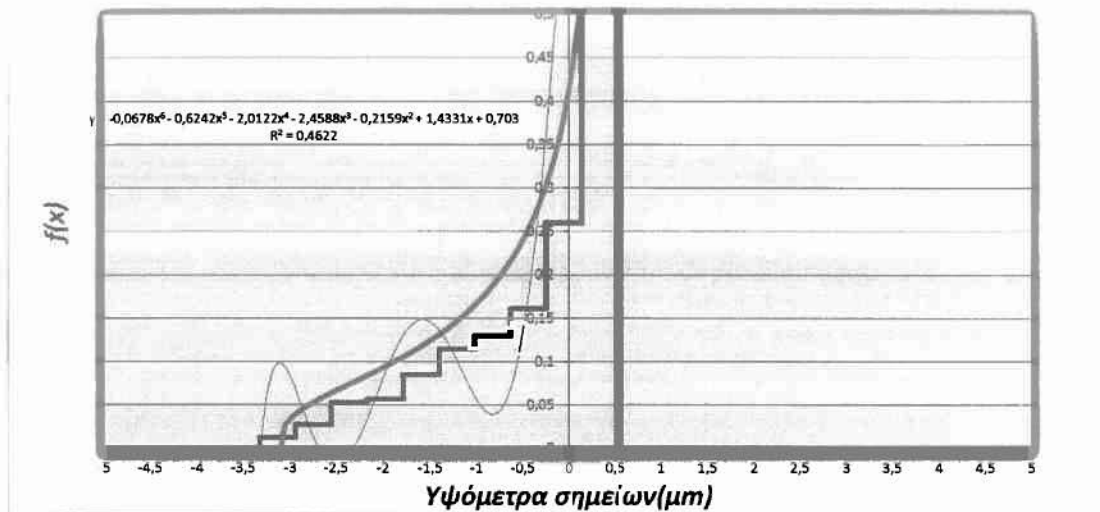
(β)

Σχήμα 3.2.1.3.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.

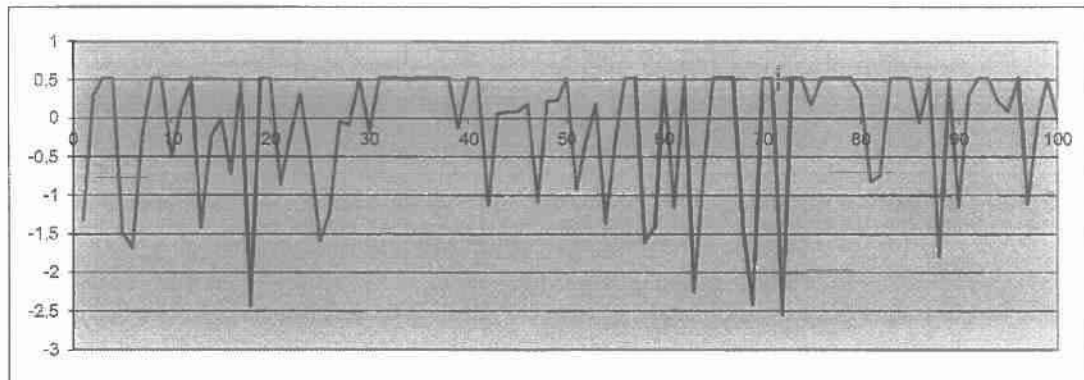


Σχήμα 3.2.1.4: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο I, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0,79 \mu\text{m}$.

Ιστόγραμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη
Fisher-Pearson

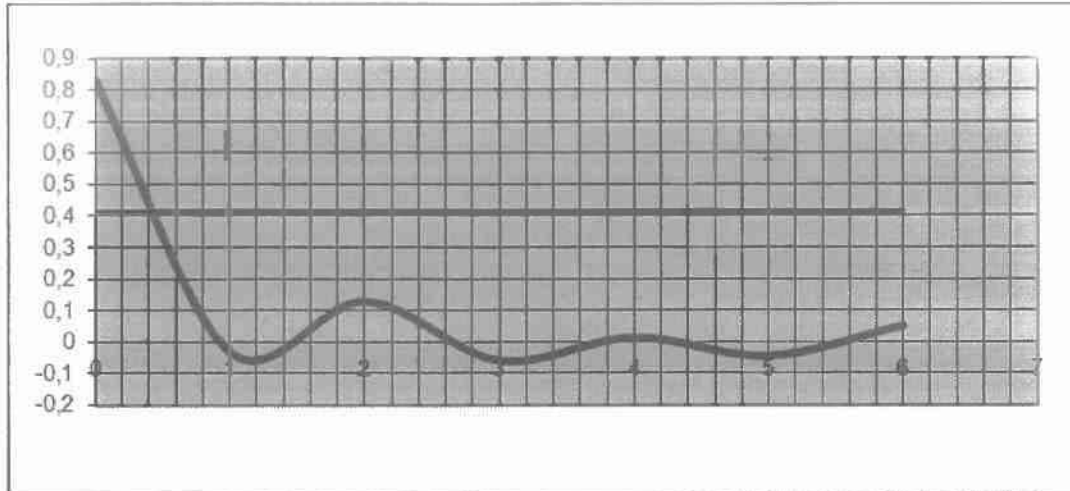


Σχήμα 3.2.1.5: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο I, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0,79 \mu\text{m}$.



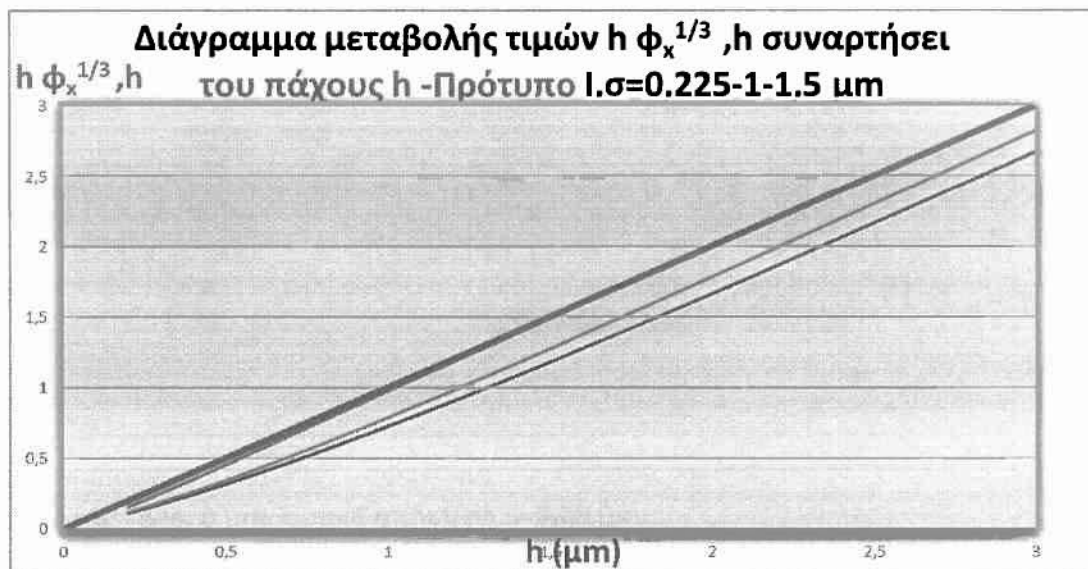
(α)

Σχήμα 3.2.1.6.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο I, $\Delta w = 0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0,79 \mu\text{m}$.

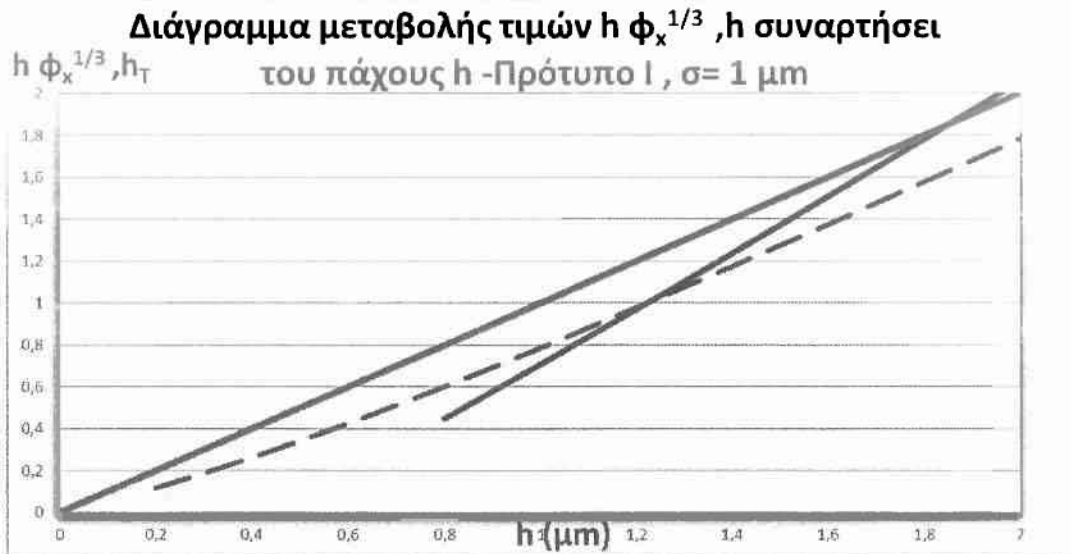


(β)

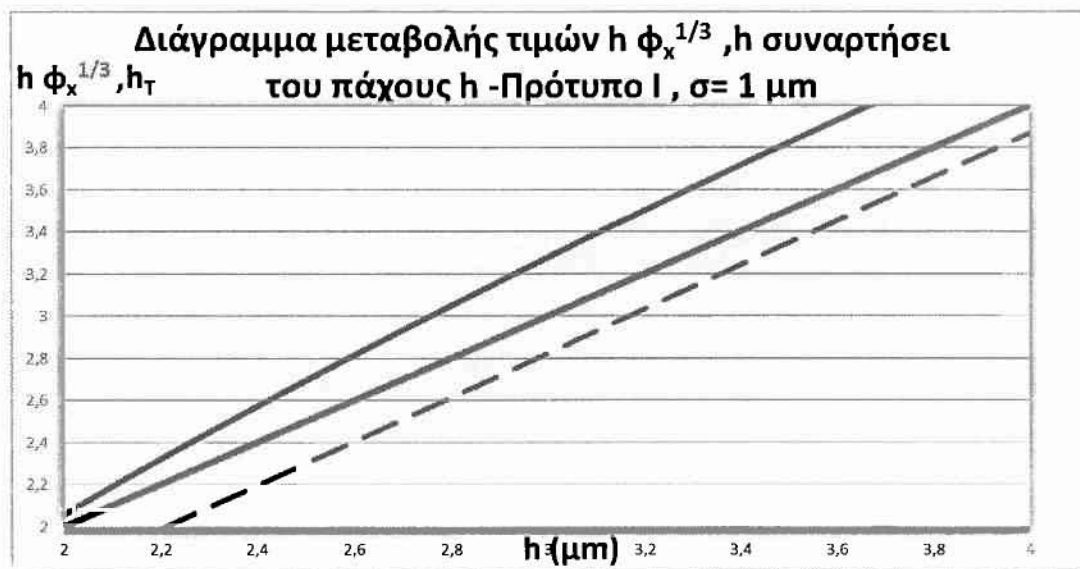
Σχήμα 3.2.1.6.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.



Σχήμα 3.2.1.7: Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ για $\gamma=1$ (ισότροπη επιφάνεια). $\sigma = 0,225 \mu\text{m}$ καμπύλη χρώματος μπλε, $\sigma = 1 \mu\text{m}$ καμπύλη χρώματος πράσινου $\sigma = 1,5 \mu\text{m}$ καμπύλη χρώματος μαύρου.

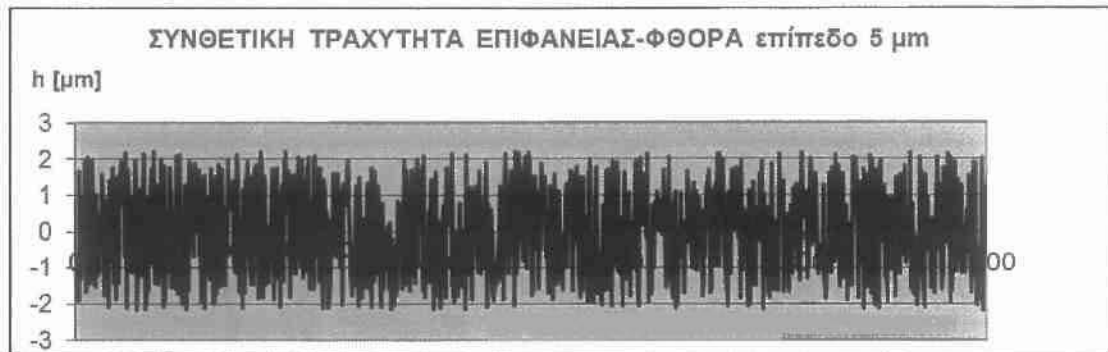


Σχήμα 3.2.1.8.(α): Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ (διακεκομμένη καμπύλη) καθώς και την στατιστική τιμή $h_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f(\delta) d\delta$ (συνεχής καμπύλη), $\sigma = 1 \mu\text{m}$

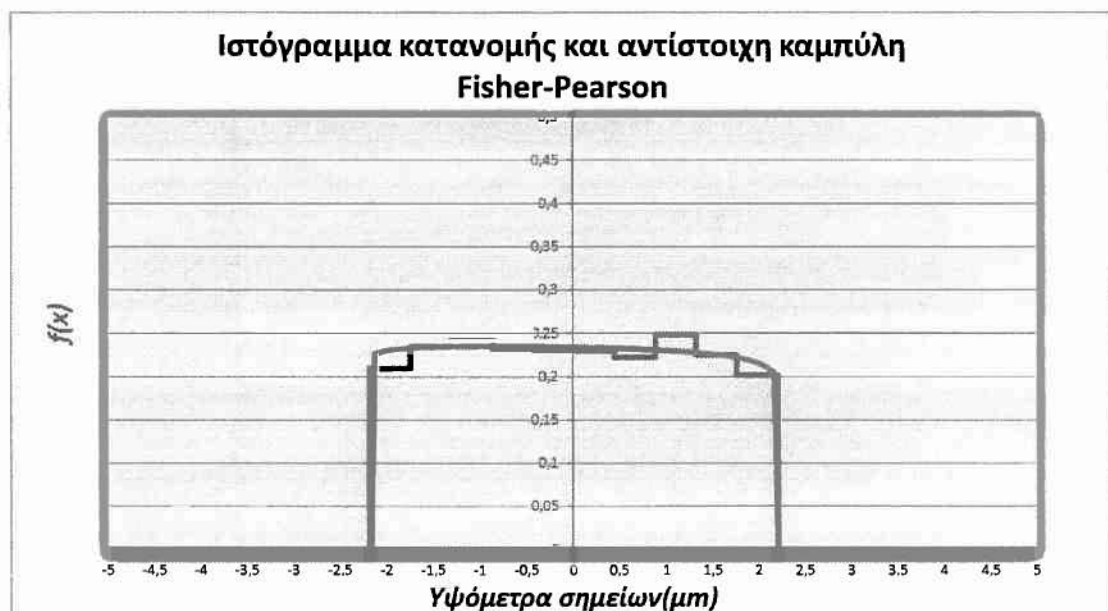


Σχήμα 3.2.1.8.(β): Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ (διακεκομμένη καμπύλη) καθώς και την στατιστική τιμή $h_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f(\delta) d\delta$ (συνεχής καμπύλη), $\sigma = 1 \mu\text{m}$ και για ανισοτροπία $\gamma = 1$.

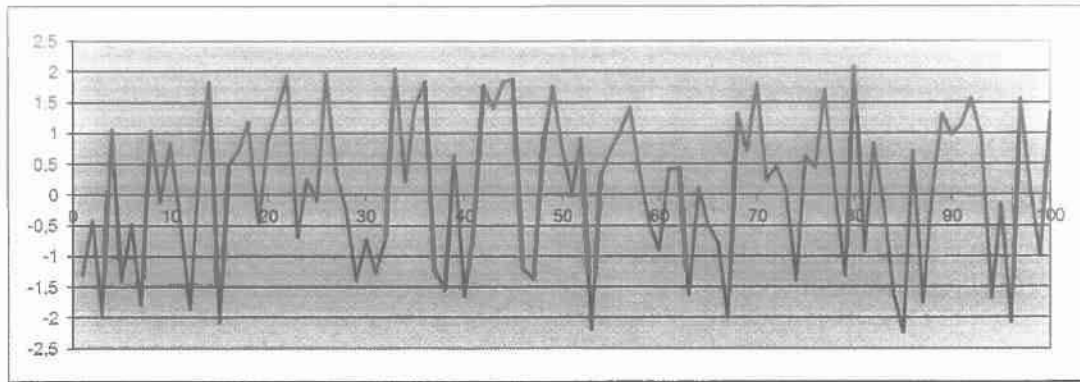
3.2.2. Πρότυπο II



Σχήμα 3.2.2.1: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο II, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma = 1,25 \mu\text{m}$.

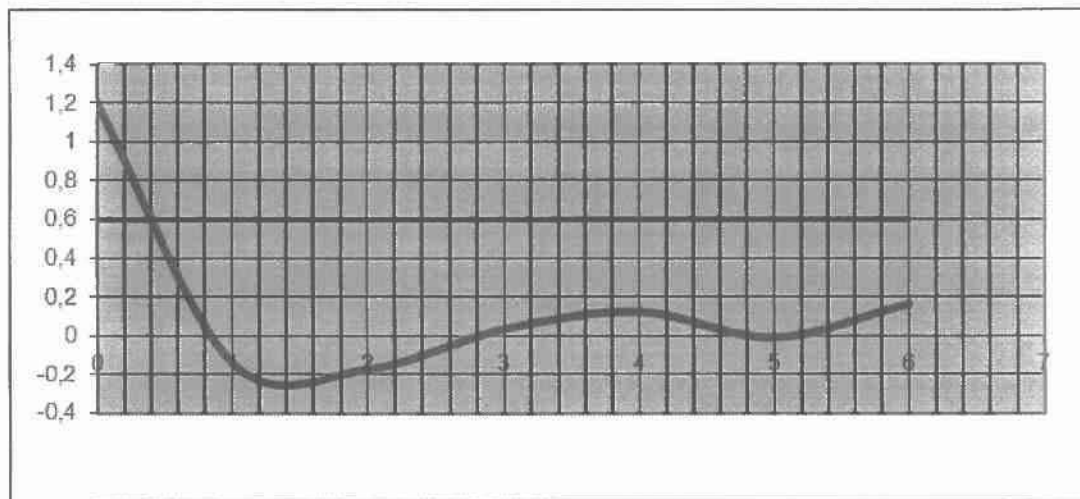


Σχήμα 3.2.2.2: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο II, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 2,5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma = 1,25 \mu\text{m}$.



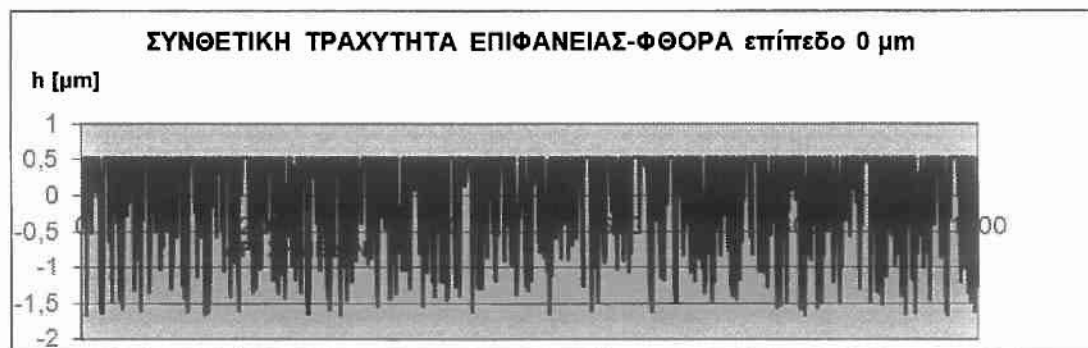
(α)

Σχήμα 3.2.2.3.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο II, $\Delta w = 5 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 1,25 \mu\text{m}$.



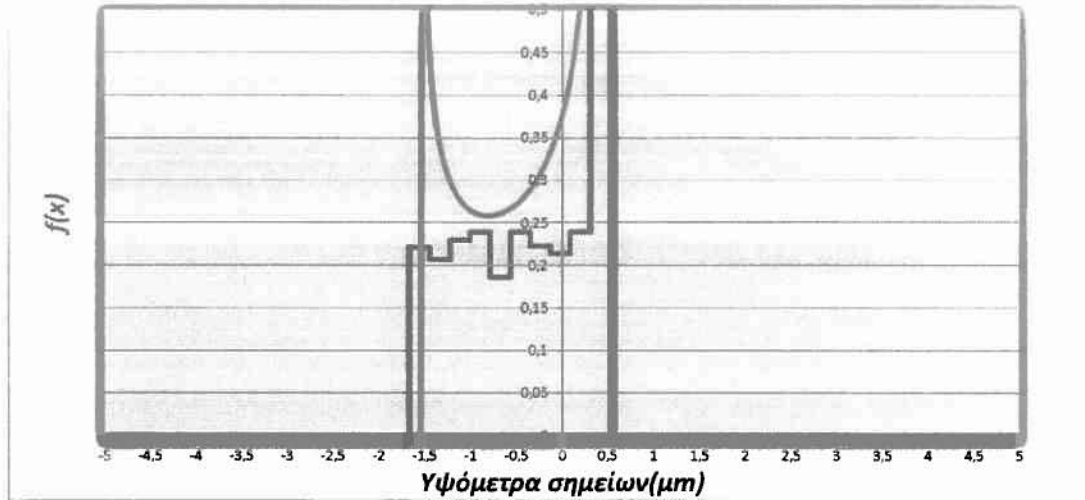
(β)

Σχήμα 3.2.2.3.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.

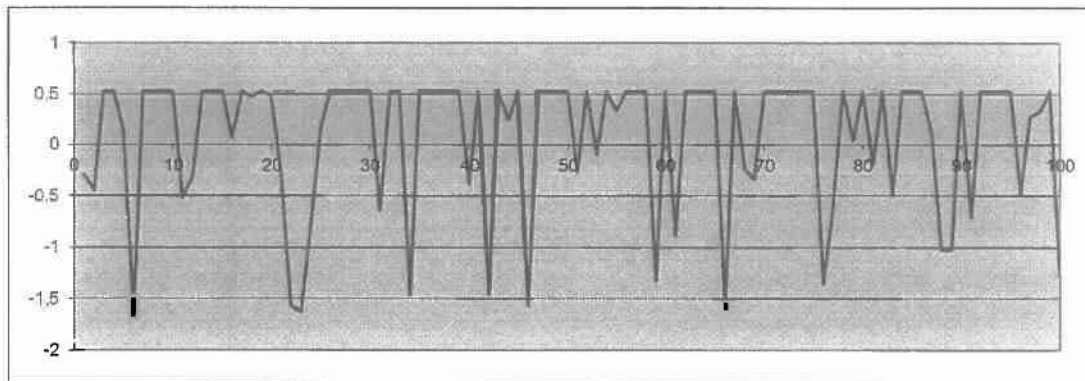


Σχήμα 3.2.2.4.: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο II, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0,7 \mu\text{m}$.

**Ιστόγραμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη
Fisher-Pearson**

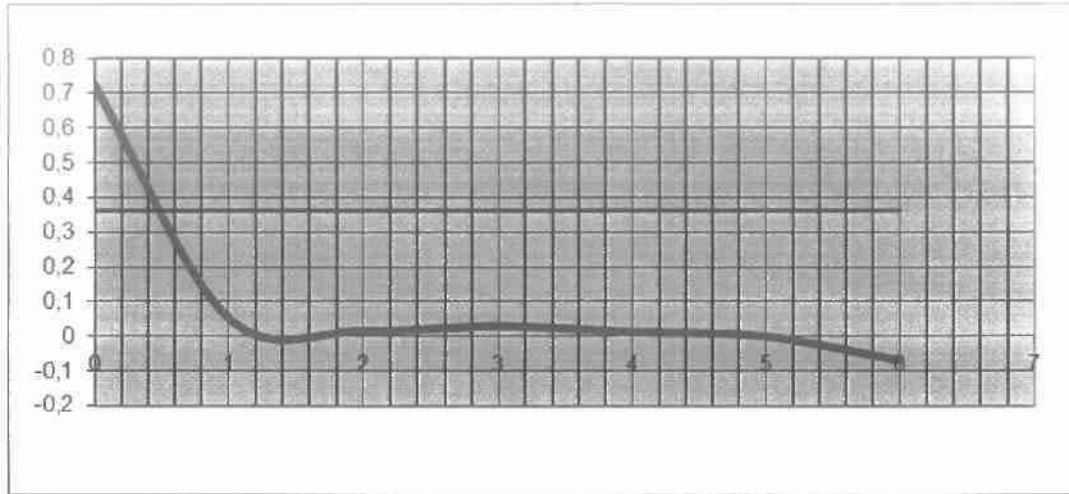


Σχήμα 3.2.2.5.: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο II, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 0 \mu m$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0.7 \mu m$.



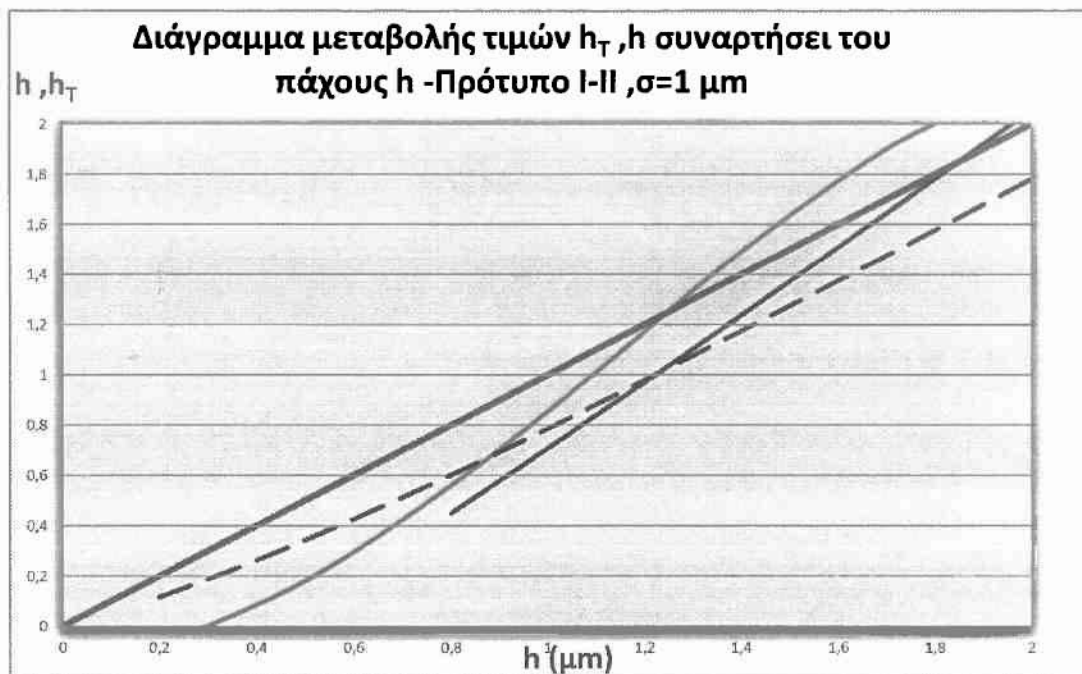
(α)

Σχήμα 3.2.2.6.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο II, $\Delta w = 0 \mu m$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0.7 \mu m$.

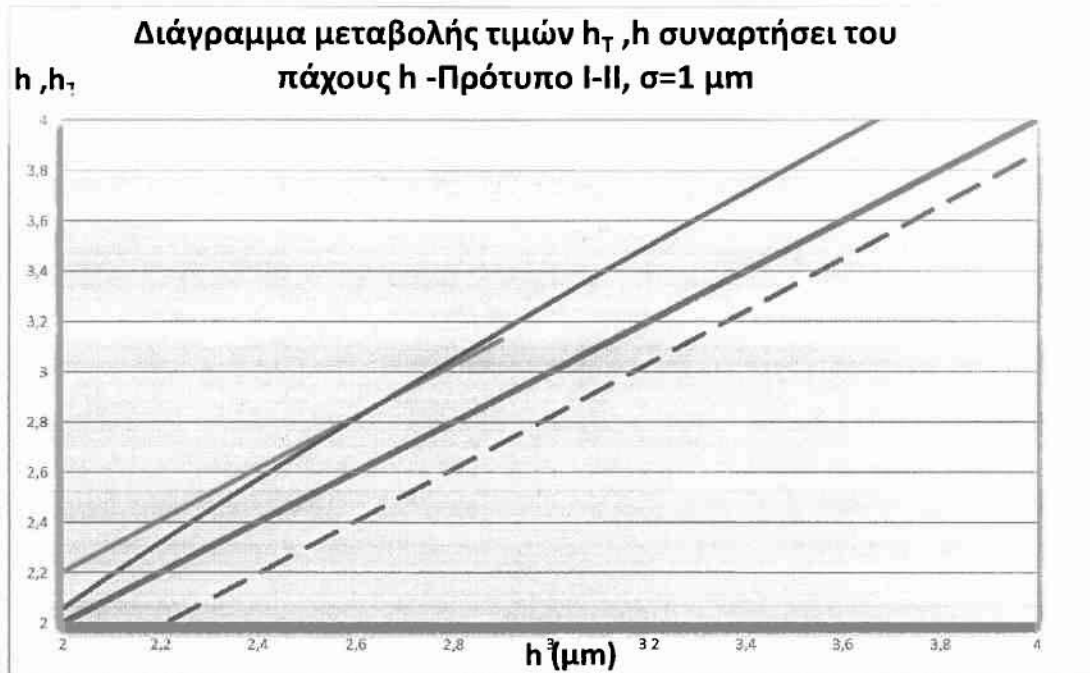


(β)

Σχήμα 3.2.2.6.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.



Σχήμα 3.2.2.7.(α): Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ (διακεκομμένη καμπύλη) καθώς και την στατιστική τιμή $h_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f(\delta) d\delta$ για τα πρότυπα I και II (μαύρη και μπλε καμπύλη αντίστοιχα), $\sigma=1 \mu\text{m}$.



Σχήμα 3.2.2.7.(β): Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) σε υψηλές τιμές, με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ (διακεκομμένη καμπύλη) καθώς και την στατιστική τιμή

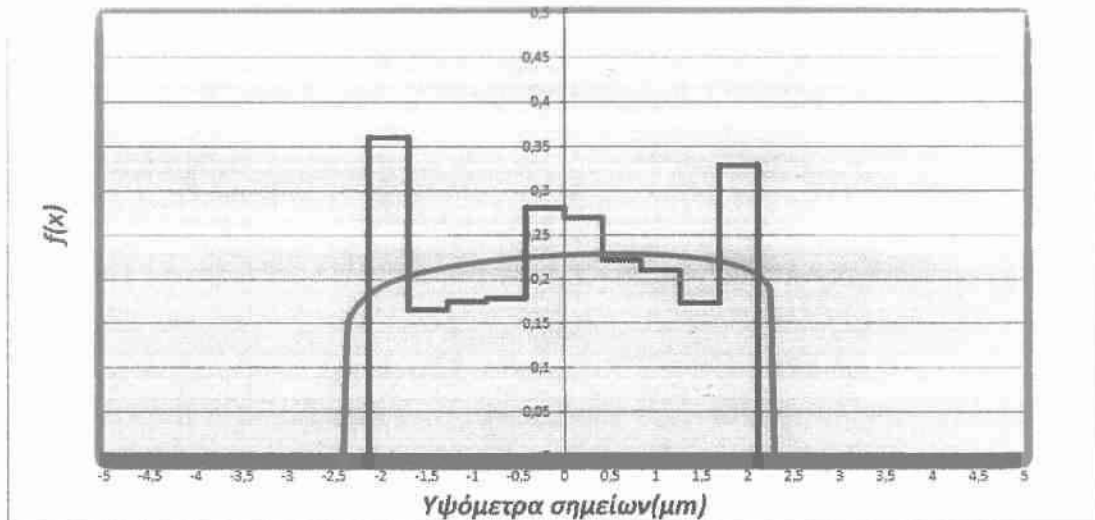
$$h_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f(\delta) d\delta \quad (\text{συνεχής καμπύλη}), \quad \sigma = 1 \mu\text{m} \quad \text{και για ανισοτροπία } \gamma = 1.$$

3.2.3. Πρότυπο III

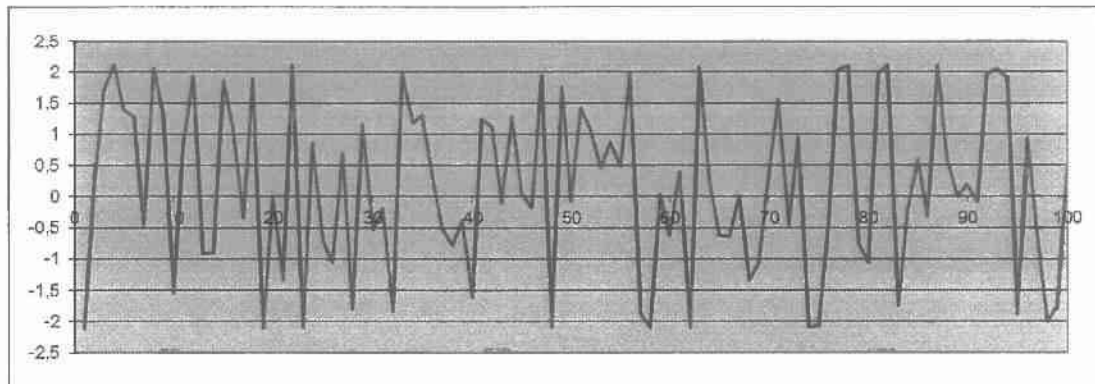


Σχήμα 3.2.3.1.: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο III, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma = 1,34 \mu\text{m}$.

Ιστόγραμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη
Fisher-Pearson

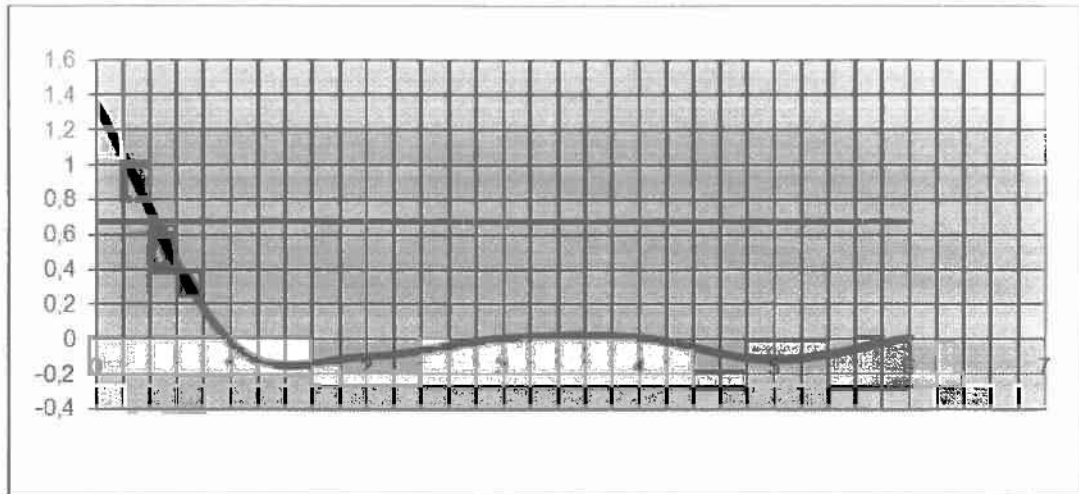


Σχήμα 3.2.3.2.: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο III, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma = 1,34 \mu\text{m}$.



(α)

Σχήμα 3.2.3.3.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο III, $\Delta w = 5 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 1,34 \mu\text{m}$.



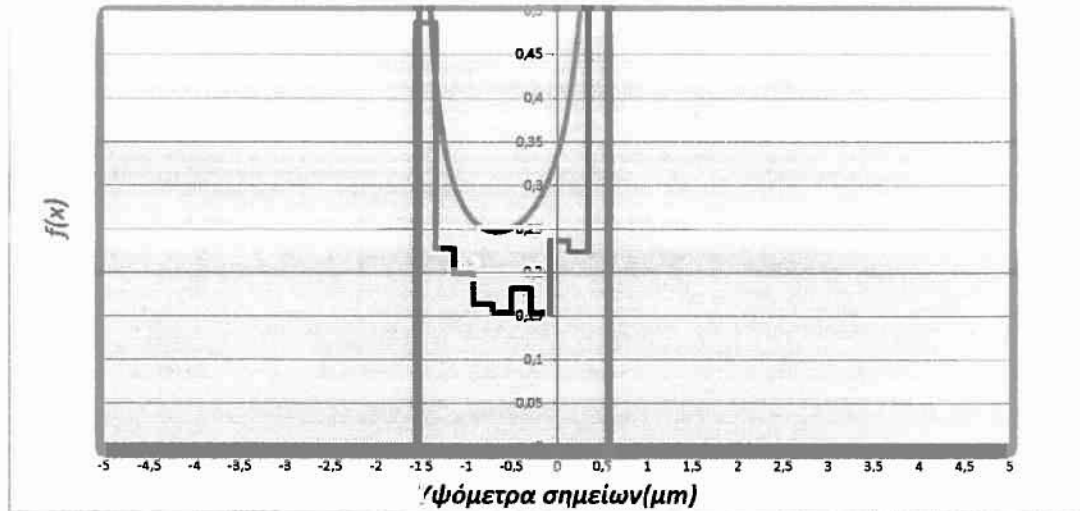
(β)

Σχήμα 3.2.3.3.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.

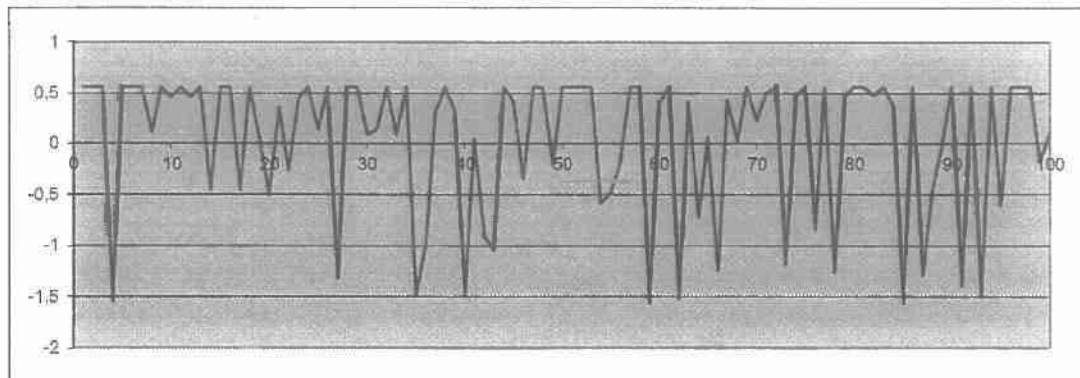


Σχήμα 3.2.3.4.: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο III, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0.76 \mu\text{m}$.

Ιστόγραμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη
Fisher-Pearson

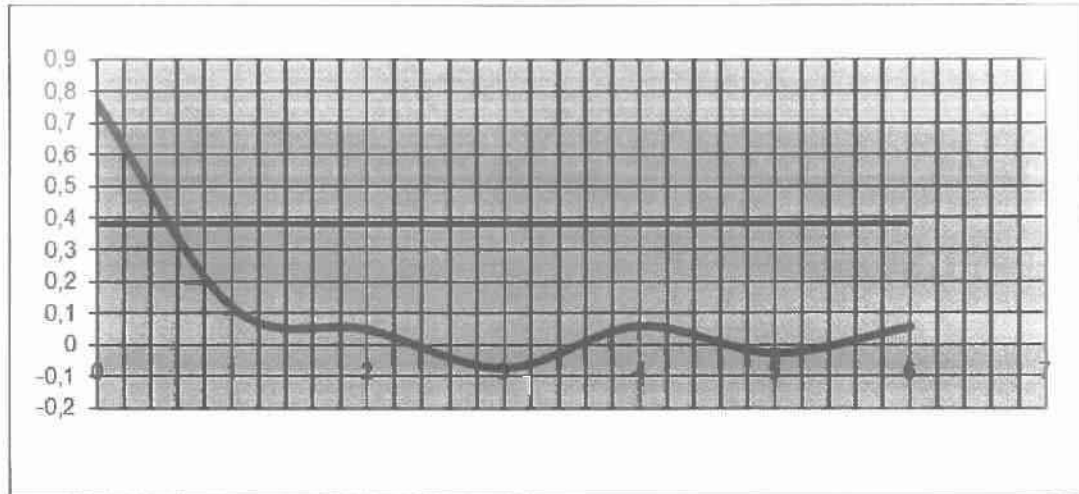


Σχήμα 3.2.3.5.: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο III, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 0 \mu m$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0.76 \mu m$.



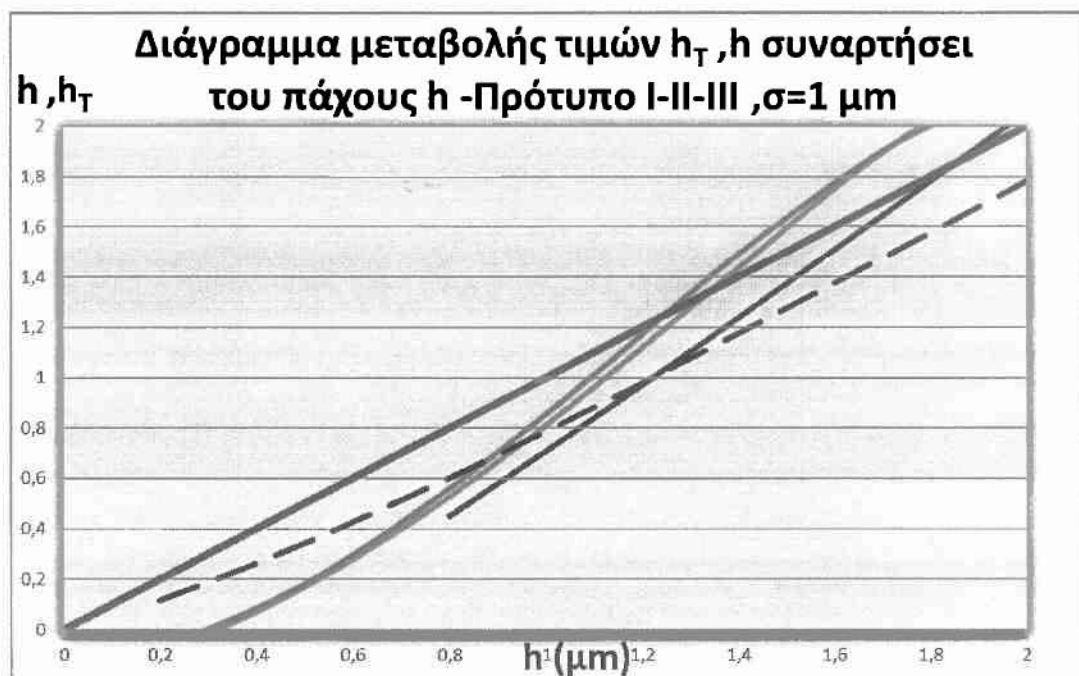
(α)

Σχήμα 3.2.3.6.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο III, $\Delta w = 0 \mu m$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0.76 \mu m$.

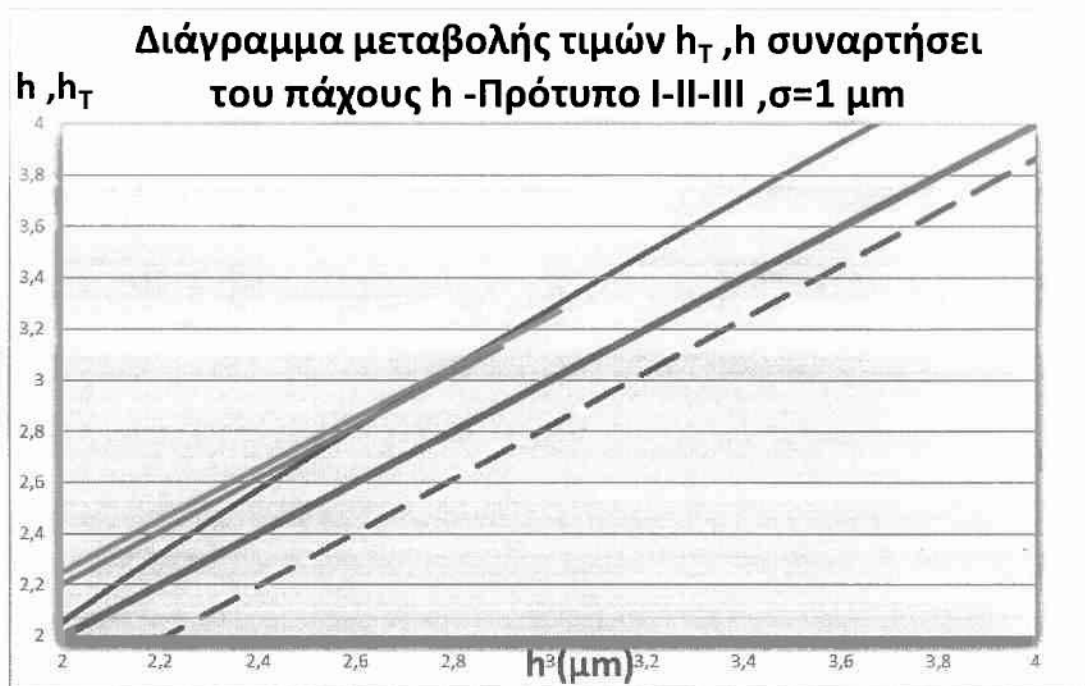


(β)

Σχήμα 3.2.3.6.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.



Σχήμα 3.2.3.7.(α): Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ (διακεκομμένη καμπύλη) καθώς και την στατιστική τιμή $h_T = \int_{-h}^{\infty} (h-\delta)f(\delta)d\delta$ για τα πρότυπα I, II και III (μαύρη, μπλε και πράσινη καμπύλη αντίστοιχα), $\sigma=1 \mu\text{m}$.

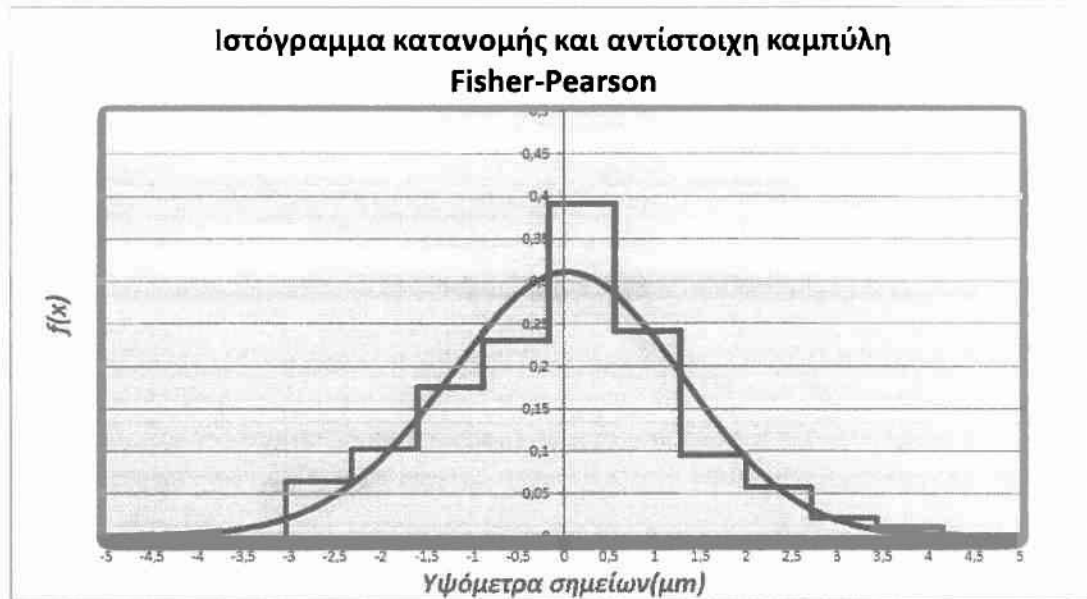


Σχήμα 3.2.3.8.(β): Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) για υψηλές τιμές, με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ (διακεκομμένη καμπύλη) καθώς και την στατιστική τιμή $h_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f(\delta) d\delta$ (συνεχής καμπύλη) , για τα πρώτα τρία πρότυπα για $\sigma=1 \mu\text{m}$ και για ανισοτροπία $\gamma=1$.

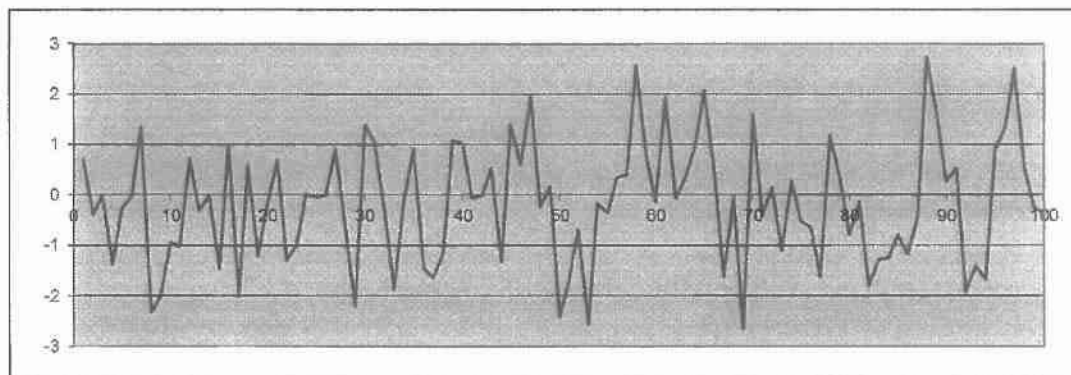
3.2.4. Πρότυπο IV



Σχήμα 3.2.4.1.: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο IV, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w= 5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma=1,32 \mu\text{m}$.

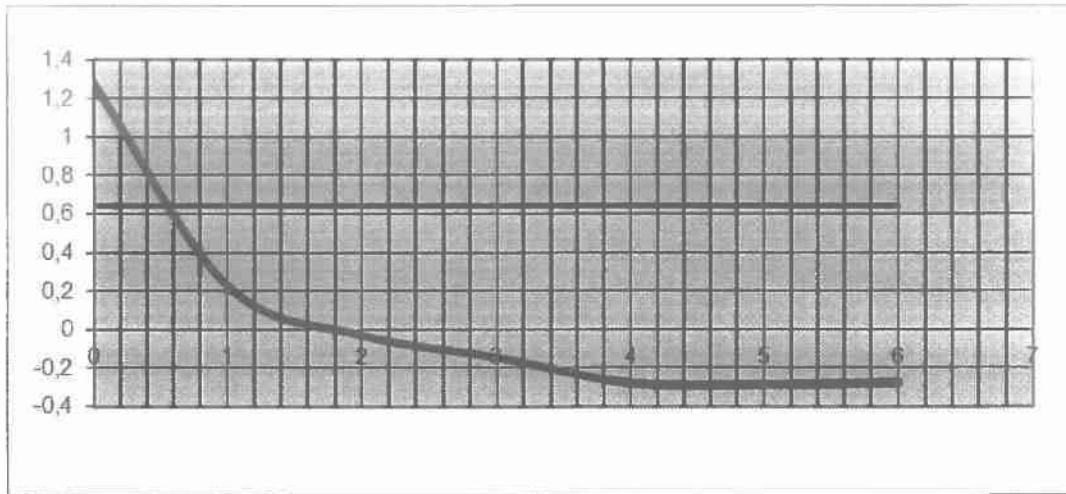


Σχήμα 3.2.4.2.: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο IV, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w= 5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma=1,32 \mu\text{m}$.



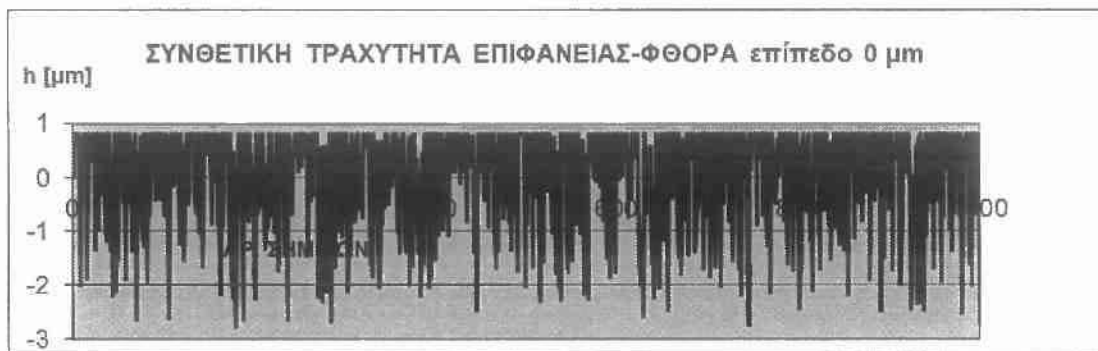
(α)

Σχήμα 3.2.4.3.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο IV, $\Delta w= 5 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma=1,32 \mu\text{m}$.

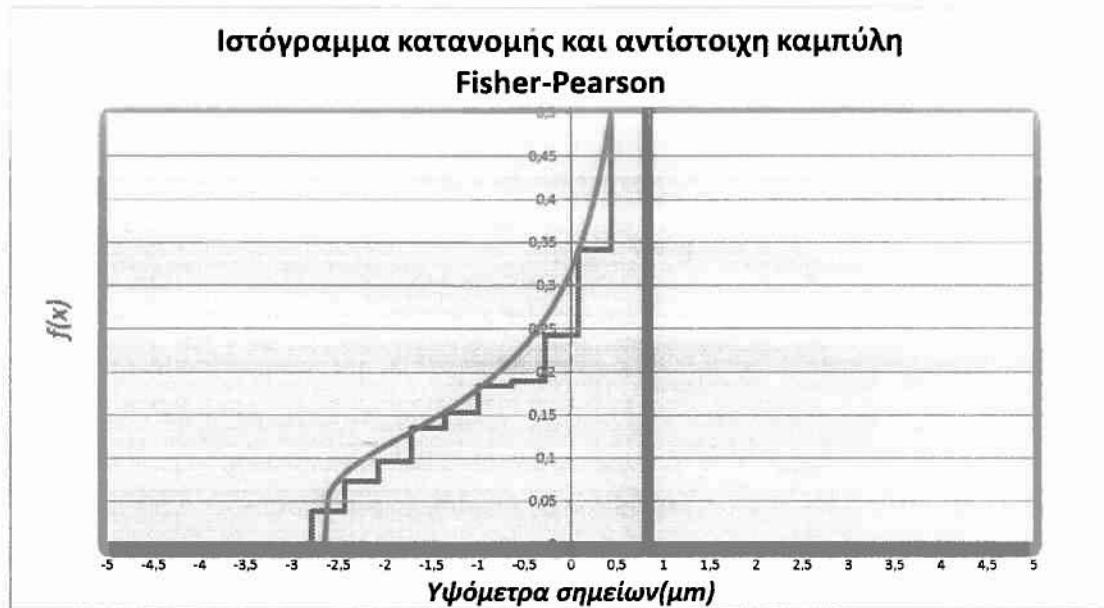


(β)

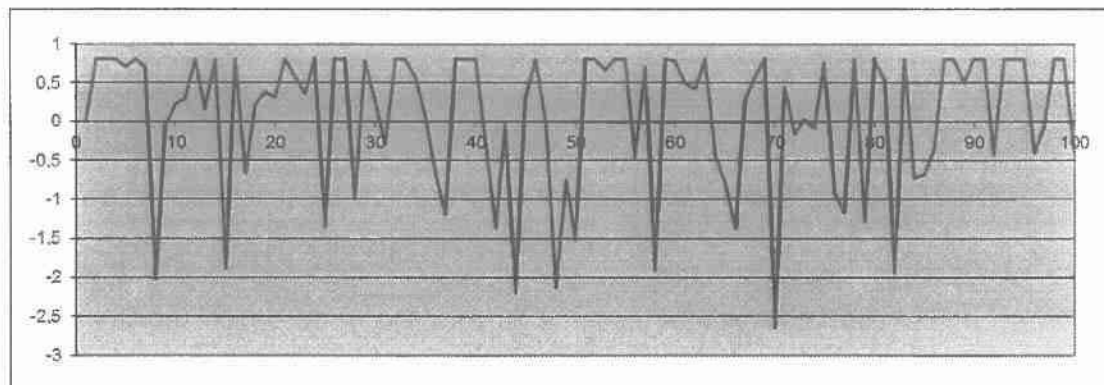
Σχήμα 3.2.4.3.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.



Σχήμα 3.2.4.4.: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο IV, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0.95 \mu\text{m}$.

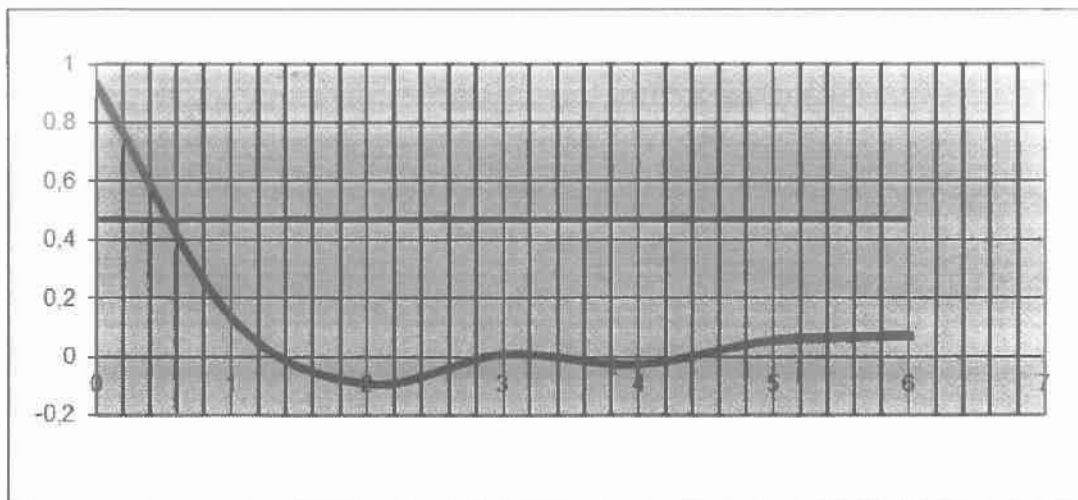


Σχήμα 3.2.4.5.: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο IV, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0.95 \mu\text{m}$.



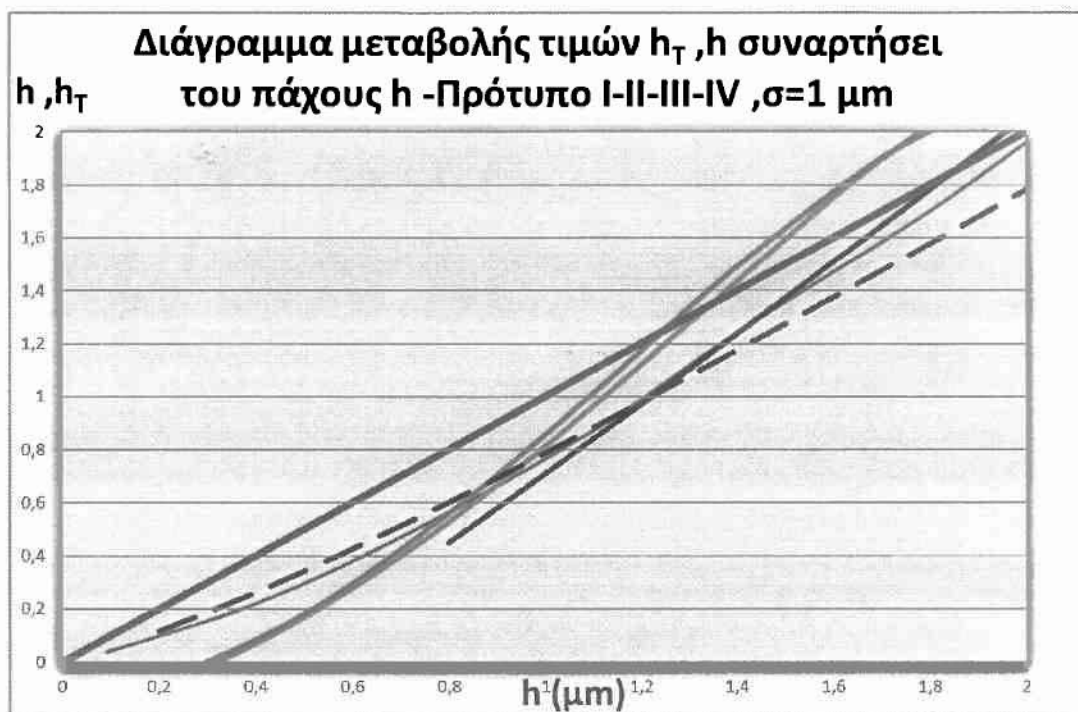
(α)

Σχήμα 3.2.4.6.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο IV, $\Delta w = 0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 0.95 \mu\text{m}$.

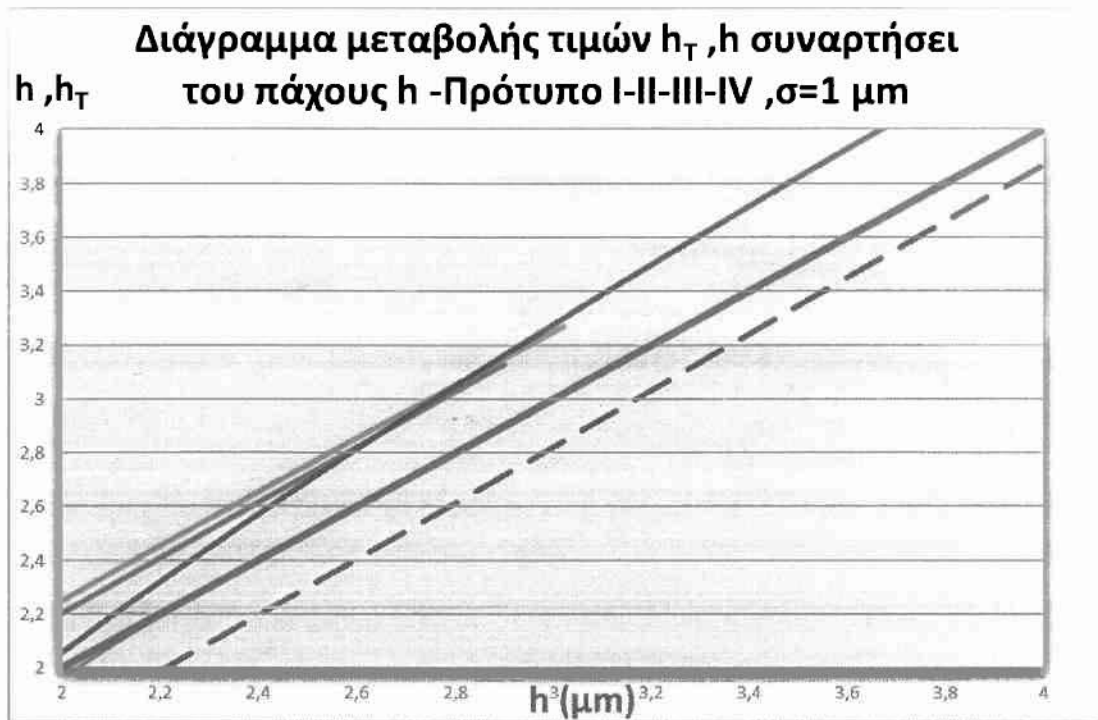


(β)

Σχήμα 3.2.4.6.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.



Σχήμα 3.2.4.7.(α): Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ (διακεκομμένη καμπύλη) καθώς και την στατιστική τιμή $h_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f(\delta) d\delta$ για τα πρότυπα I, έως IV (μαύρη, μπλε, πράσινη και μωβ καμπύλη αντίστοιχα), $\sigma=1 \mu\text{m}$.



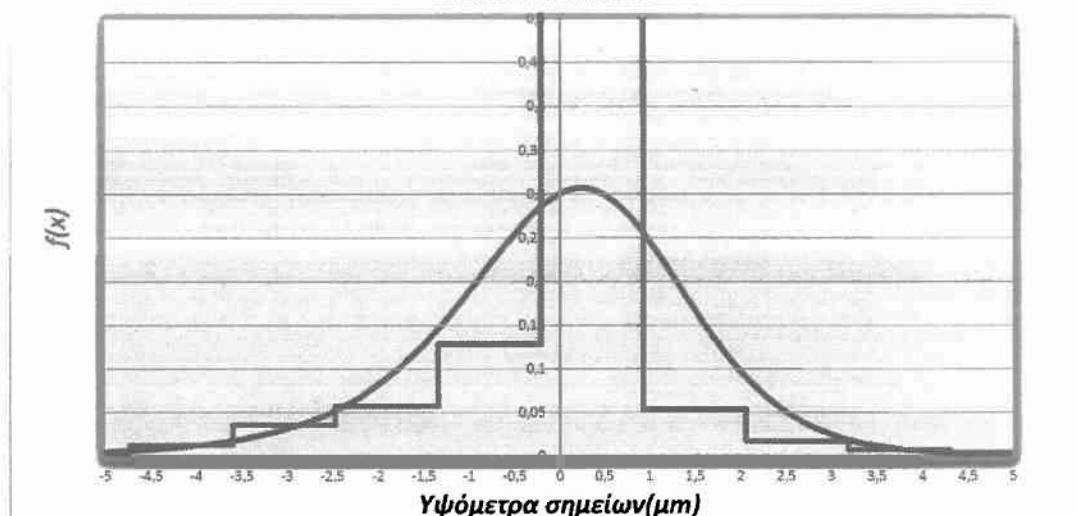
Σχήμα 3.2.4.8.(β): Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) για υψηλές τιμές, με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ (διακεκομμένη καμπύλη) καθώς και την στατιστική τιμή $h_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f(\delta) d\delta$ (συνεχής καμπύλη), για τα πρώτα τέσσερα πρότυπα για $\sigma=1 \mu\text{m}$ και για ανισοτροπία $\gamma=1$.

3.2.5. Πρότυπο ν

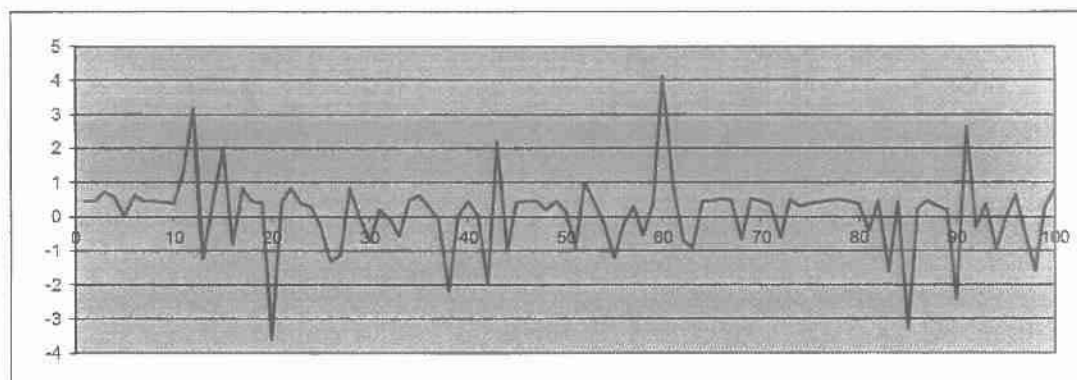


Σχήμα 3.2.5.1.: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο V, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w= 5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma=1,25 \mu\text{m}$.

Ιστόγραμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη
Fisher-Pearson

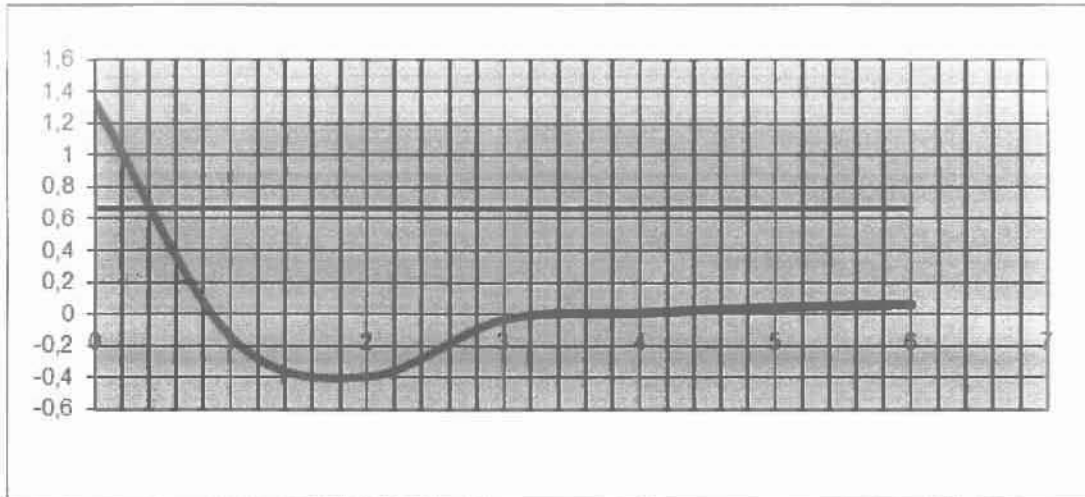


Σχήμα 3.2.5.2.: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο V, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε υψηλό επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w= 5 \mu\text{m}$, στην περίπτωση αυτή χωρίς φθορά, τυπική απόκλιση $\sigma=1,25 \mu\text{m}$.



(α)

Σχήμα 3.2.5.3.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο V, $\Delta w= 5 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma=1,25 \mu\text{m}$.



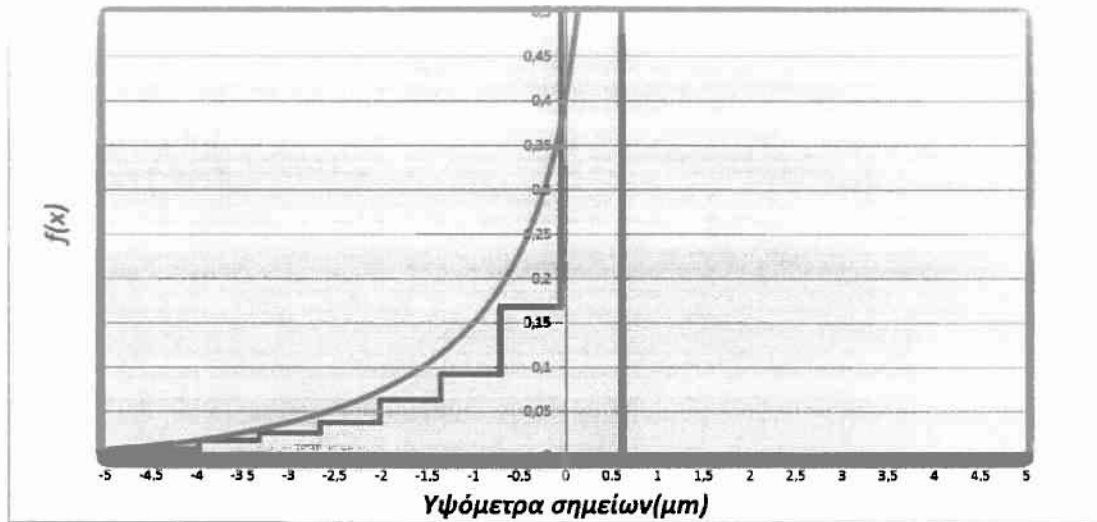
(β)

Σχήμα 3.2.5.3.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.

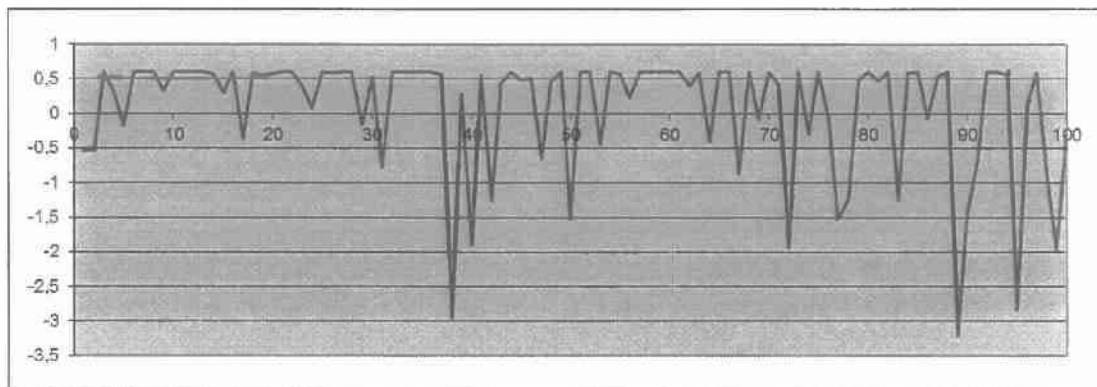


Σχήμα 3.2.5.4.: Γράφημα συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο V, προσομοίωση τραχείας επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w = 0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma = 1 \mu\text{m}$.

Ιστογράμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη
Fisher-Pearson

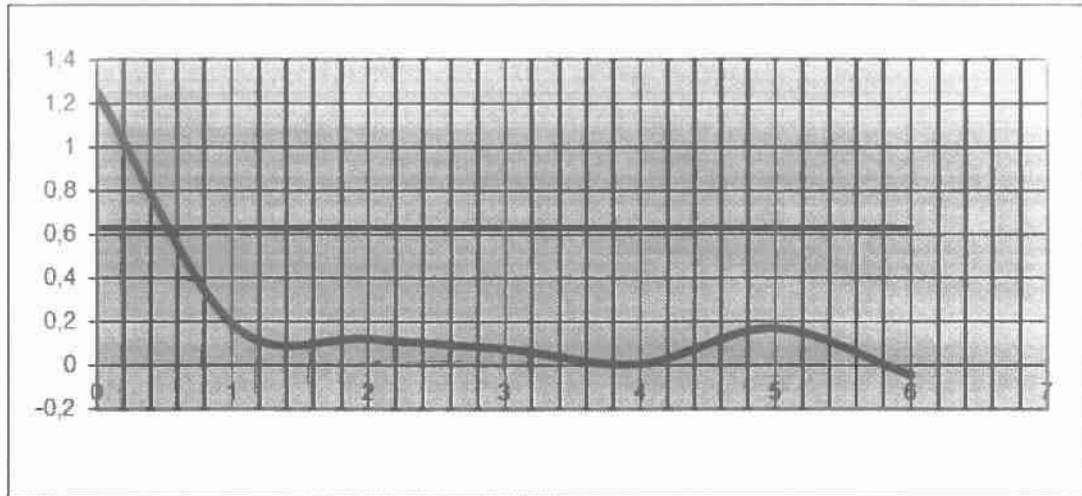


Σχήμα 3.2.5.5.: Συνάρτηση κατανομής συνθετικής τραχύτητας σύμφωνα με το πρότυπο V, προσομοίωση τραχειάς επιφάνειας σε επίπεδο κατωφλίου αποκοπής (επίπεδο φθοράς) $\Delta w=0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma=1 \mu\text{m}$.



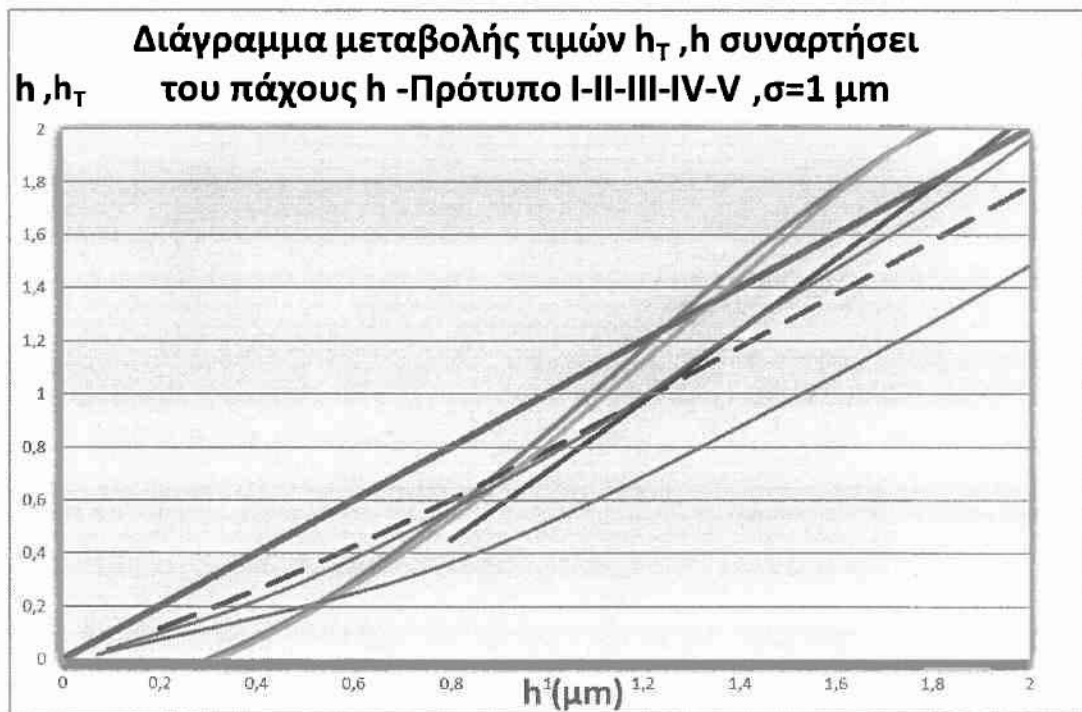
(α)

Σχήμα 3.2.5.6.(α): Γράφημα συνθετικής τραχύτητας (200 σημεία) σύμφωνα με το πρότυπο V, $\Delta w=0 \mu\text{m}$, τυπική απόκλιση $\sigma=1 \mu\text{m}$.

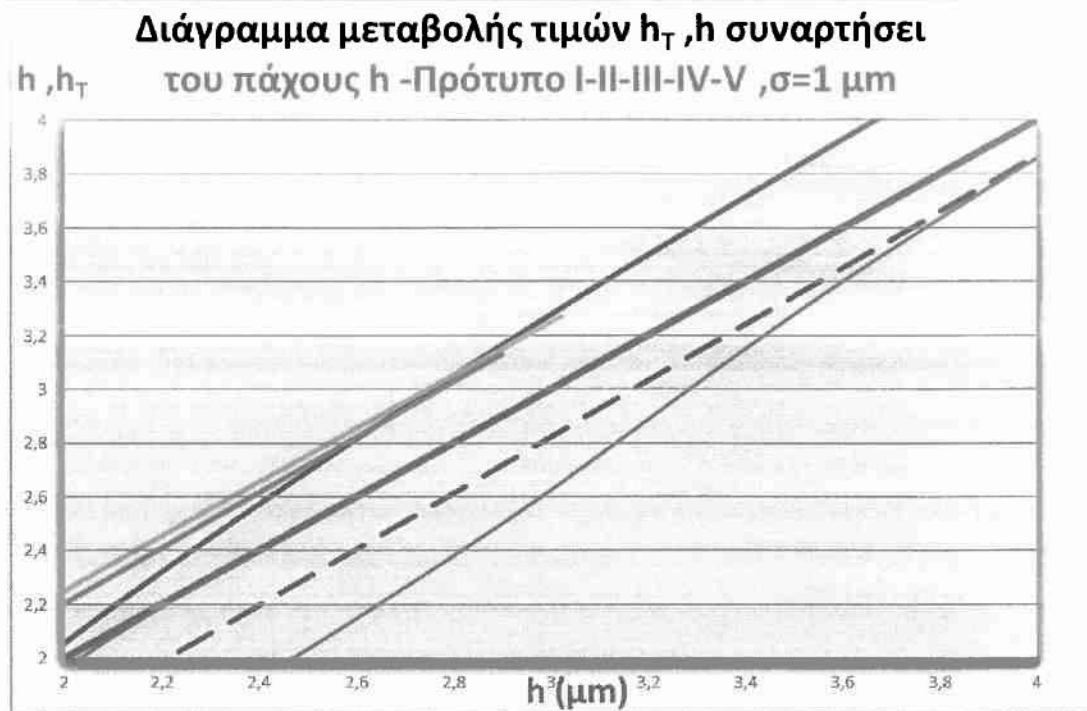


(β)

Σχήμα 3.2.5.6.(β): Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης R_{xx} με την ευθεία $R_{xx}(0)/2$ για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος $\lambda_{xx}(0,5)$.



Σχήμα 3.2.5.7.: Συνολικό διάγραμμα μεταβολής της τοπικής (local) ή στατιστικής τιμής της λιπαντικής μεμβράνης για τα διάφορα πρότυπα φθοράς σε σύγκριση α) με την αντίστοιχη τιμή για λίπανση λείων επιφανειών και β) με την διορθωμένη τιμή με βάση τους συντελεστές ροής.

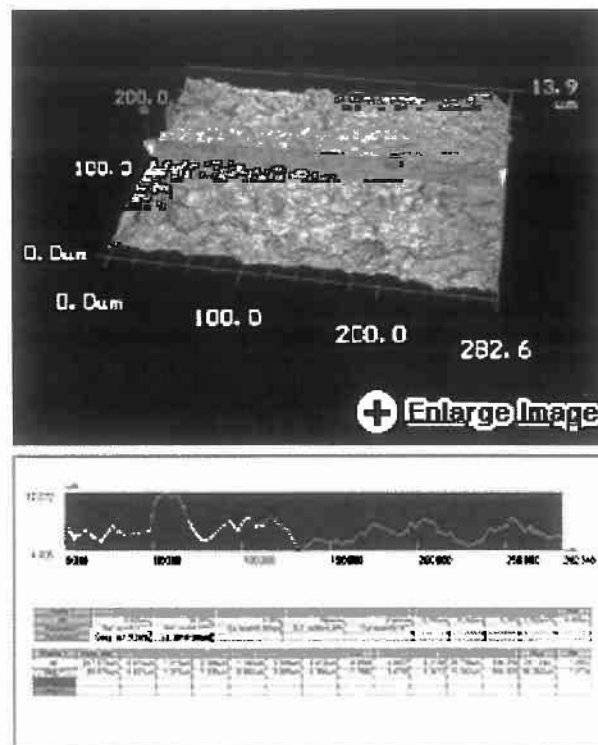


Σχήμα 3.2.3.8.: Διάγραμμα σύγκρισης τιμής πάχους λιπαντικής μεμβράνης h για λείες επιφάνειες (καμπύλη ερυθρού χρώματος) για υψηλές τιμές, με τις διορθωμένες τιμές $h \phi_x^{1/3}$ (διακεκομμένη καμπύλη) καθώς και την στατιστική τιμή $h_T = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f(\delta) d\delta$ (συνεχής καμπύλη), για όλα τα πρότυπα για $\sigma=1 \mu\text{m}$ και για ανισοτροπία $\gamma=1$.

Παρατήρηση: Η σύγκριση γίνεται για τα διαφορετικά πρότυπα σε επίπεδα φθοράς τα οποία χαρακτηρίζονται από την ίδια τυπική απόκλιση της κατανομής κάθε προτύπου. Γενικά γίνεται διάκριση δυο περιοχών. Μια περιοχή χαμηλών τιμών πάχους μεμβράνης και μια περιοχή αυξημένων τιμών για ισότροπη τραχεία επιφάνεια όπως φαίνεται στα παραπάνω σχήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

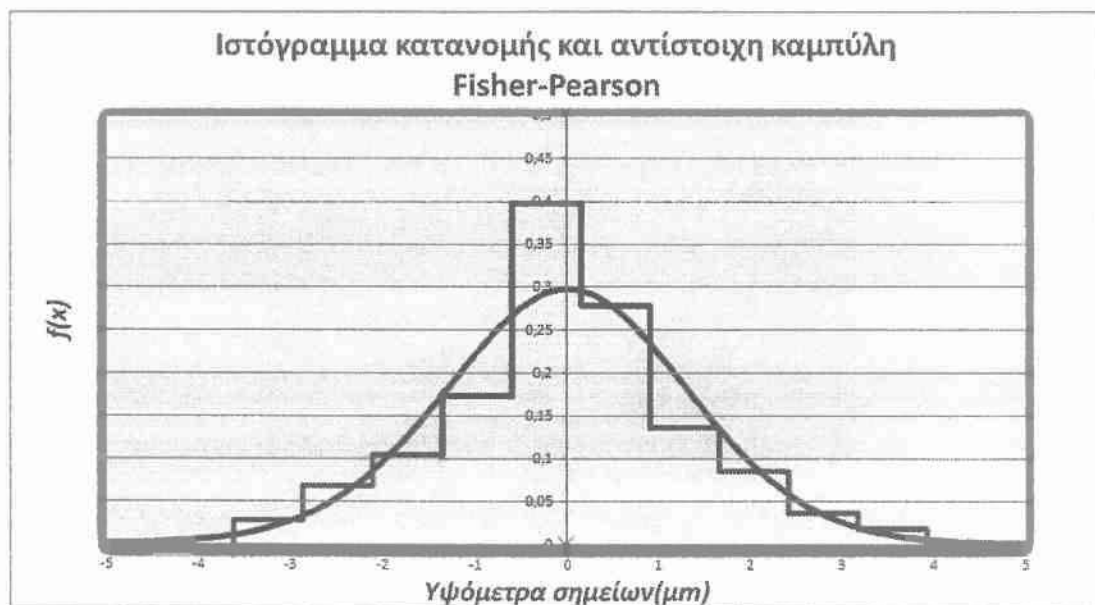


4.1. Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης της φθοράς της τραχείας επιφάνειας πάνω σε τριβολογικά και μετρολογικά χαρακτηριστικά της. Ως προς τα **μετρολογικά** χαρακτηριστικά της τραχείας επιφάνειας, αυτά μελετήθηκαν με βάση μια μεθοδολογία που έχει εφαρμοστεί σε συγκεκριμένου τύπου τραχύτητα (κατεργασία honing) και έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Έτσι η χρήση πέντε προτύπων βασισμένων σε διαφορετικές κατεργασίες και συνθήκες κοπής οδηγεί στα ακόλουθα συμπεράσματα.

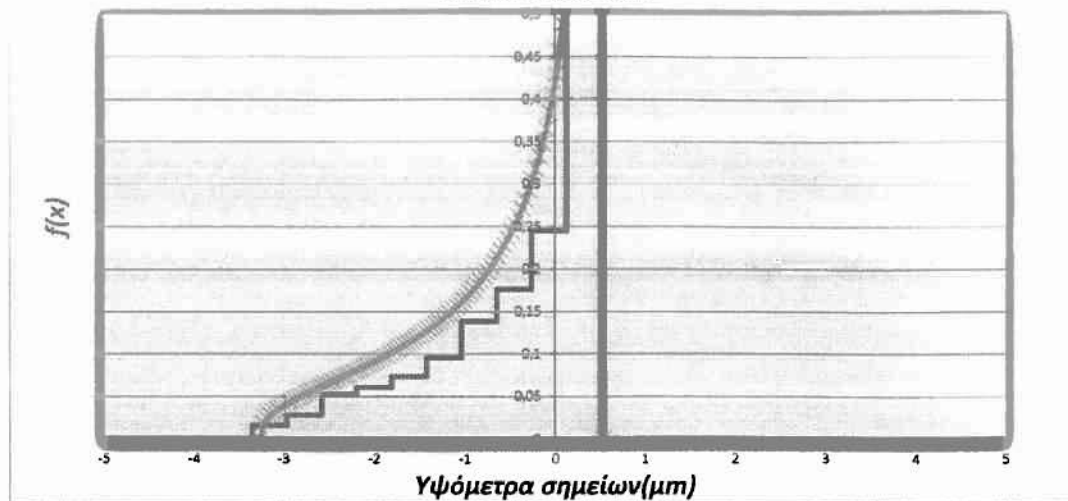
4.2. Συμπεράσματα

1α) Επιφάνειες που αρχικά εμφανίζουν κατανομή Fisher-Pearson τύπου κώδωνα με άνω και κάτω φράγμα ($k < 0$) εξακολουθούν να παραμένουν στην ίδια κατηγορία (δηλαδή φραγμένες) ακόμη και σε επίπεδο φθοράς στο υψόμετρο 0 δηλαδή όταν αφαιρείται σχεδόν το 50% των αρχικών σημείων. Η μεταβολή της μορφής των καμπυλών αυτών συνοδεύεται από έντονη μείωση από την αρχική τιμή, σε τιμή κοντά στο μηδέν του εκθέτη q_1 και η καμπύλη μετατρέπεται από κώδωνα σε καμπύλη τύπου $\ll J \gg$.



Σχήμα 4.2.1.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=5\mu m$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

Ιστόγραμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη Fisher-Pearson

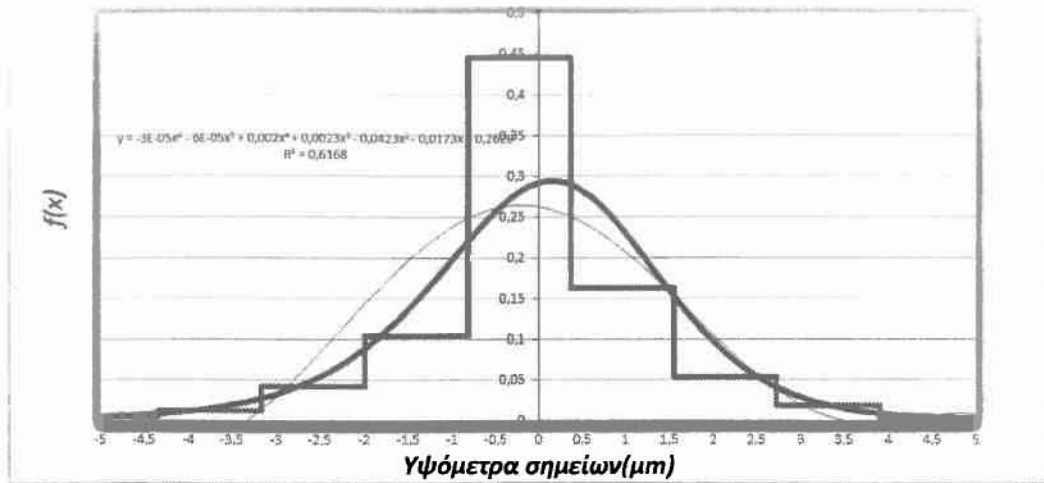


Σχήμα 4.2.2.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0$ μm .

1β) Στα πρότυπα 1, 4 και 5 για τον χαρακτηρισμό της ανισοτροπίας της επιφάνειας, η διερεύνηση των τιμών του μήκους κύματος $\lambda_{\text{xx}}(0,5)$ έδειξε σημαντική σταθερότητα των τιμών αυτών με την πρόοδο της φθοράς.

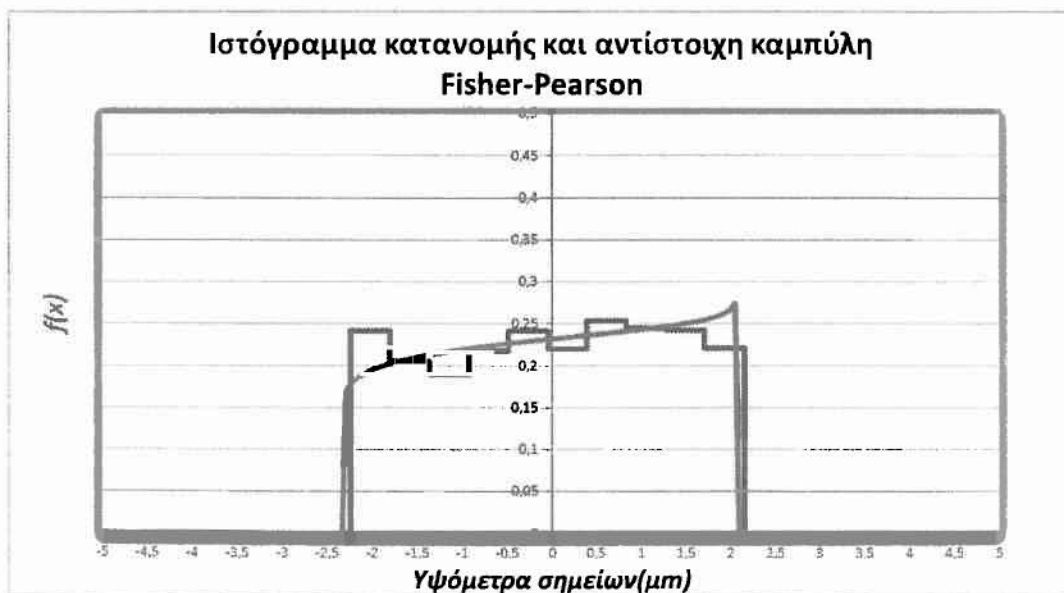
1γ) Κατά τη διάρκεια της παρούσας εργασίας και επειδή δεν υπήρχε ανάλογη εμπειρία έγινε προσπάθεια δημιουργίας ανισότροπων επιφανειών προκειμένου να μελετηθεί η συμπεριφορά της κατανομής (τύπου κώδωνα η ορθογωνικού). Με τη δημιουργία συνθετικών ανισότροπων επιφανειών με συνδυασμό των προτύπων 1-4 και 1-5 παίρνουμε γενικά σαν συνιστάμενη κατανομή, μία φραγμένη κατανομή fisher-Pearson τύπου κώδωνα με δείκτη ανισοτροπίας σ οποίος προσεγγίζεται θεωρητικά ως εξής: Στην περίπτωση της ανισότροπης επιφάνειας, που προκύπτει από τα πρότυπα 1 και 4, του παρακάτω σχήματος, και με την βοήθεια των συναρτήσεων αυτοσυσχέτισης-των μηκών κύματος $\lambda_{\text{xx}}(0,5)=0,58$ και $\lambda_{\text{yy}}(0,5)=0,4$ (που προκύπτουν από τα σχήματα 3.2.1.3 και 3.2.4.3.) προκύπτει $0,68 < \gamma < 1,45$.

**Ιστογράμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη
Fisher-Pearson**



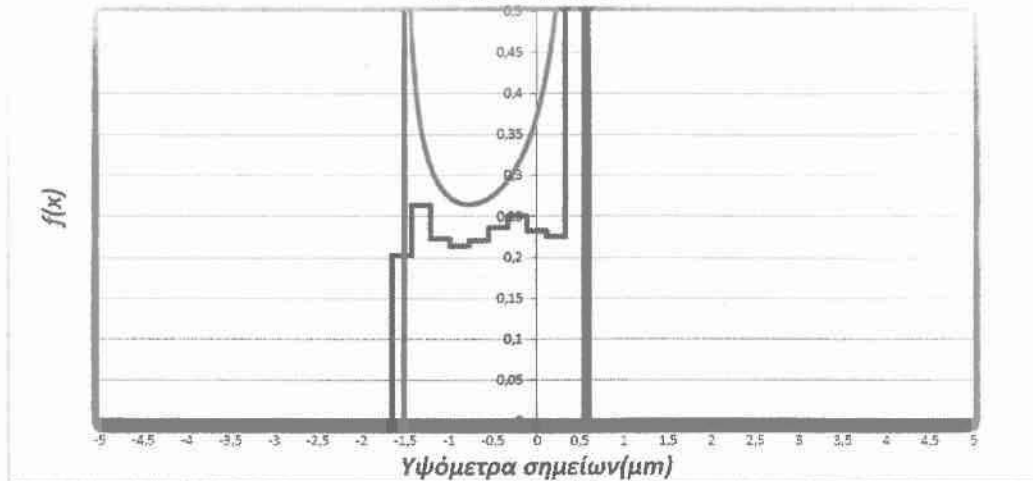
Σχήμα 4.2.3.: Ιστογράμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη Fisher-Pearson για συνδυασμό των προτύπων 1 και 4.

2α) Επιφάνειες που αρχικά περιγράφονται από καμπύλες Fisher-Pearson με κατανομή ορθογωνικού τύπου με άνω και κάτω φράγμα ($k < 0$) εξακολουθούν να παραμένουν στην ίδια κατηγορία (δηλαδή φραγμένες) ακόμη και σε επίπεδο φθοράς στο υψόμετρο 0 δηλαδή όταν αφαιρείται σχεδόν το 50% των αρχικών σημείων. Η μεταβολή της μορφής των καμπυλών αυτών συνοδεύεται από έντονη μείωση από την αρχική τιμή, σε τιμή κοντά στο μηδέν και των δύο εκθέτων και η καμπύλη μετατρέπεται σε καμπύλη τύπου << U >>. Ο εκθέτης α_1 παραμένει μεγαλύτερος του αντίστοιχου α_2 ο οποίος τείνει ασυμπτωτικά στο 0.



Σχήμα 4.2.4.: Ιστογράμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=3\mu\text{m}$.

Ιστόγραμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη
Fisher-Pearson

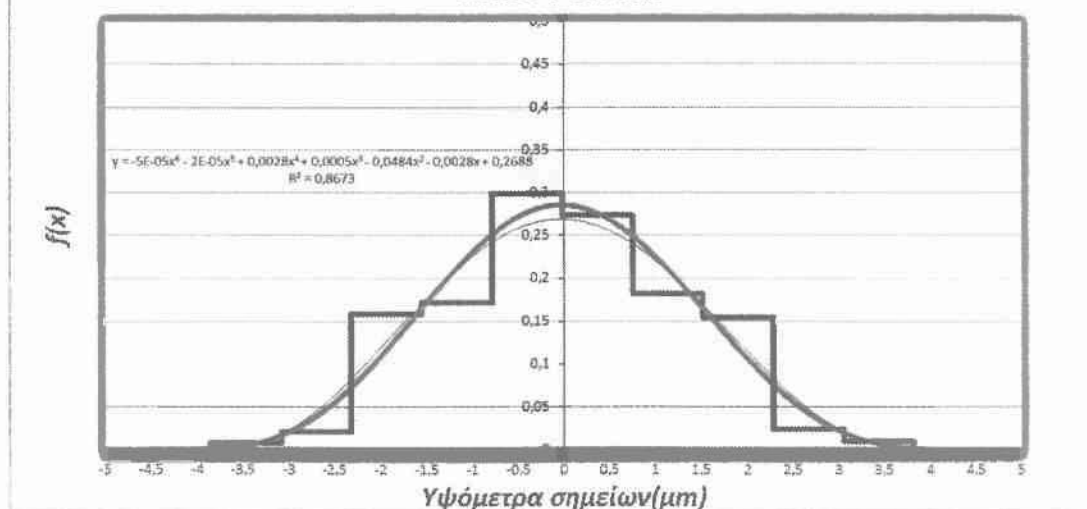


Σχήμα 4.2.5.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής $w=0$ μm.

2β) Στα πρότυπα 2 και 3 για τον χαρακτηρισμό της ανισοτροπίας της επιφάνειας, η διερεύνηση των τιμών του μήκους κύματος $\lambda_{ch}(0,5)$ έδειξε σημαντική σταθερότητα των τιμών αυτών με την πρόοδο της φθοράς.

2γ) Συνθετικές ανισότροπες επιφάνειες με συνδυασμό των προτύπων 1-2 και 1-3 δίνουν γενικά σαν συνιστάμενη κατανομή fisher-Pearson τύπου κώδωνα φραγμένη με δείκτη ανισοτροπίας $0,72 < \gamma < 1,38$ που προέκυψε με τρόπο ανάλογο του συμπεράσματος 1α).

Ιστόγραμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη
Fisher-Pearson



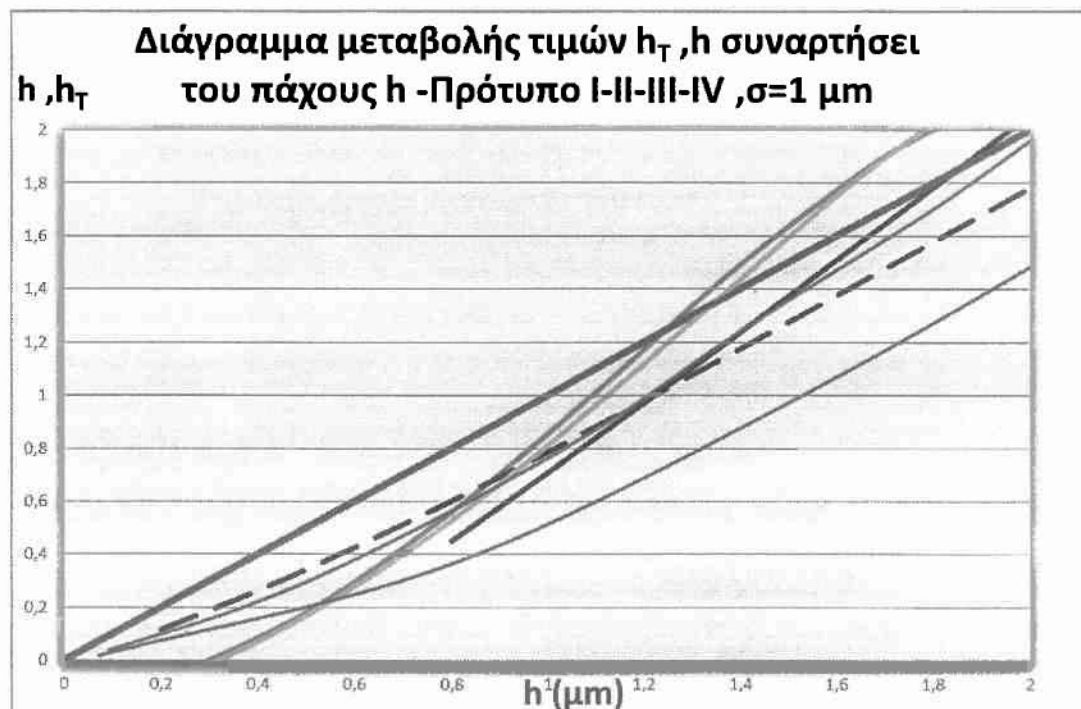
Σχήμα 4.2.6.: Ιστόγραμμα κατανομής και αντίστοιχη καμπύλη Fisher-Pearson για συνδυασμό των προτύπων 1 και 2.

Από τριβολογικής τώρα απόψεως και έχοντας σαν κριτήριο την τοπική τιμή του πάχους της λιπαντικής μεμβράνης (στατιστική τιμή)

$$\bar{h}_l = \int_{-h}^{\infty} (h - \delta) f_{p\sigma}(\delta) d\delta, \text{ αποδεικνύεται ότι τουλάχιστον για μοντέλο}$$

συνθετικής **ισότροπης** επιφάνειας, υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των προτύπων που χρησιμοποιήθηκαν για μη-φθαρμένη αλλά και φθαρμένη επιφάνεια. Σύγκριση με τον αντίστοιχο διορθωτικό συντελεστή ροής (flow factor) $\Phi_x^{1/3} = \Phi_y^{1/3}$ που θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι διορθώνει ικανοποιητικά την ονομαστική τιμή του πάχους λιπαντικής μεμβράνης h (διορθωμένη τιμή $\Phi_x^{1/3} * h$) έδειξε τα παρακάτω:

- 1) Σε αυξημένες τιμές της τιμής h η τιμή του h_T που υπολογίζεται για όλα τα πρότυπα υπερβαίνει την τιμή του h το οποίο είναι μεγαλύτερο από την τιμή του $\Phi_x^{1/3} * h$. Η σύγκριση έγινε για επίπεδα φθοράς που δίνουν κατανομές με κοινό σ , όπως φαίνεται σε αντιπροσωπευτικό διάγραμμα στη συνέχεια.
- 2) Το προηγούμενο συμπέρασμα οδηγεί με βεβαιότητα στο γεγονός ότι πρέπει να αναθεωρηθεί ριζικά η τιμή των συντελεστών ροής έτσι ώστε να προσαρμοστούν σε μη κανονικές κατανομές και μάλιστα σε διαφορετικά επίπεδα φθοράς.

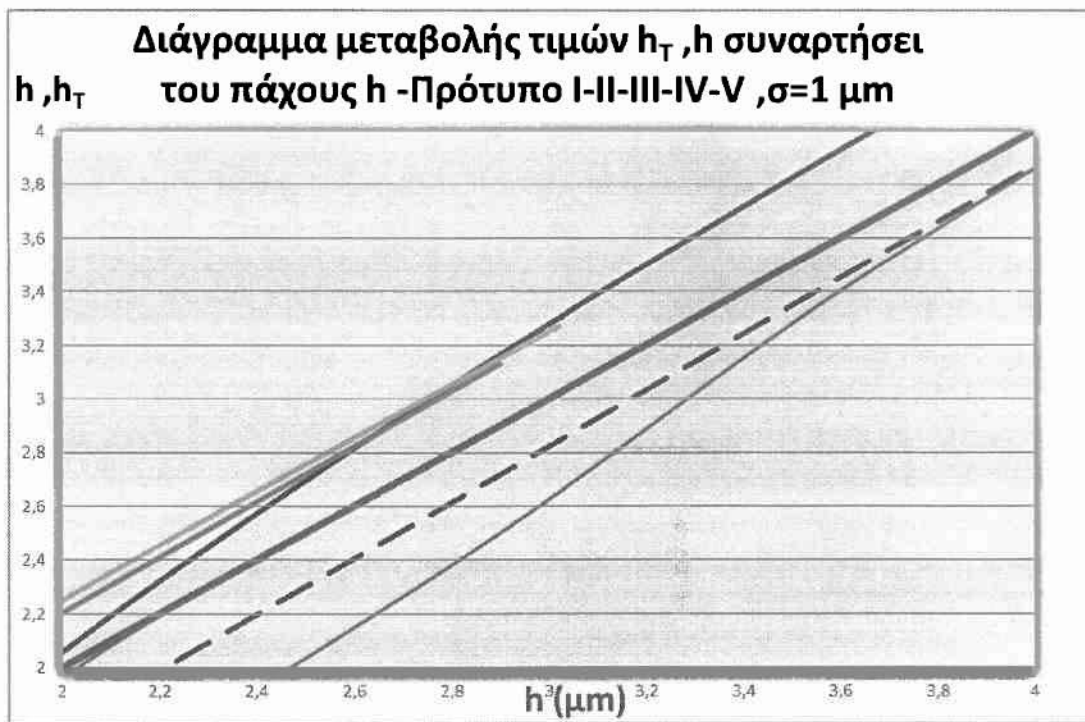


Σχήμα 4.2.7.: Διάγραμμα μεταβολής τιμών h_T, h συναρτήσει του πάχους της λιπαντικής μεμβράνης h (περίπτωση λείων επιφανειών) και με τη διορθωμένη τιμή με χρήση του συντελεστή διόρθωσης (διακεκομμένη) σε ισότροπη επιφάνεια.

Παρατήρηση: Στις περιοχές χαμηλών τιμών λιπαντικής μεμβράνης h (π.χ. για 0,5 μm) με αύξουσα τάση, τα πρότυπα ταξινομούνται ως εξής:

- Πρότυπο 3 (πράσινη γραμμή)
- Πρότυπο 2 (μπλε γραμμή)
- Πρότυπο 1 (μαύρη γραμμή)
- Πρότυπο 5 (καφέ γραμμή)
- Πρότυπο 4 (μωβ γραμμή)

Συγκρίνοντας τις καμπύλες του h_T στις χαμηλές περιοχές παρατηρούμε διαφοροποίηση των συμπεριφορών των μοντέλων με εμφανή την βελτιωμένη συμπεριφορά του προτύπου 4 η οποία συμφωνεί σε χαμηλά πάχη με την αντίστοιχη τιμή που προέρχεται από τον διορθωτικό συντελεστή $\Phi\chi$ και χειρότερη των προτύπων 2 και 3, πάντοτε έχοντας σαν κριτήριο την τιμή h_T .

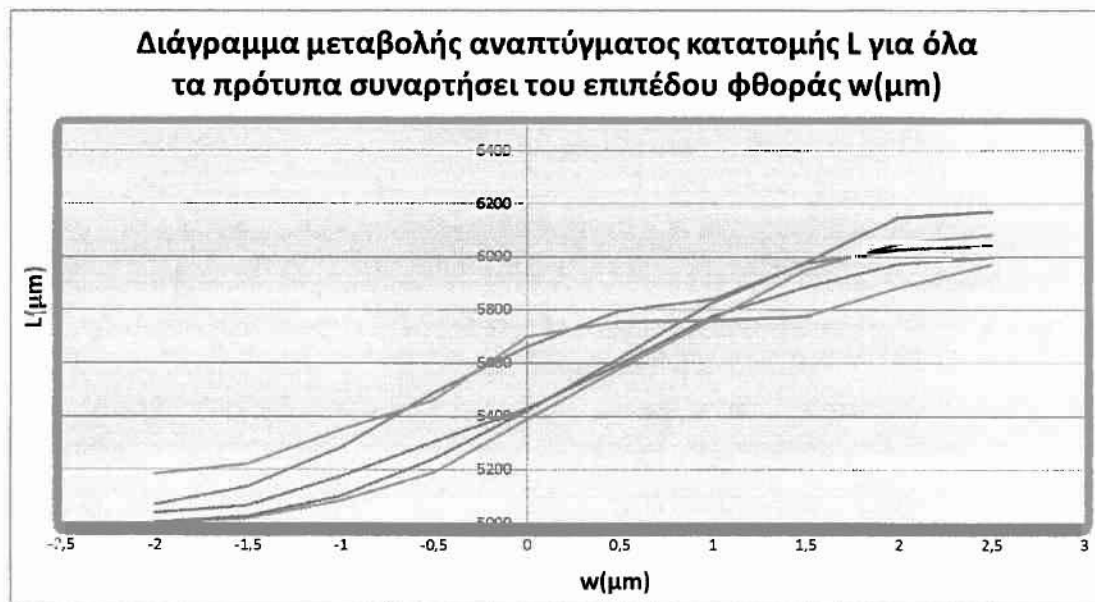


Σχήμα 4.2.8.: Διάγραμμα μεταβολής τιμών h_T , h συναρτήσει των υψηλών τιμών του πάχους της λιπαντικής μεμβράνης h (περίπτωση λείων επιφανειών) και με τη διορθωμένη τιμή με χρήση του συντελεστή διόρθωσης (flow-factor, διακεκομμένη γραμμή) σε ισότροπη επιφάνεια.

Παρατήρηση: Στις περιοχές υψηλών τιμών λιπαντικής μεμβράνης h (π.χ. για 3 μm) με επίσης αύξουσα τάση, τα πρότυπα ταξινομούνται ως εξής:

- Πρότυπο 5 (καφέ γραμμή)
- Πρότυπο 4 (μωβ γραμμή, συμπίπτει με την περίπτωση λείας επιφάνειας)
- Πρότυπο 2 (μπλε γραμμή)
- Πρότυπο 3 (πράσινη γραμμή)
- Πρότυπο 1 (μαύρη γραμμή)

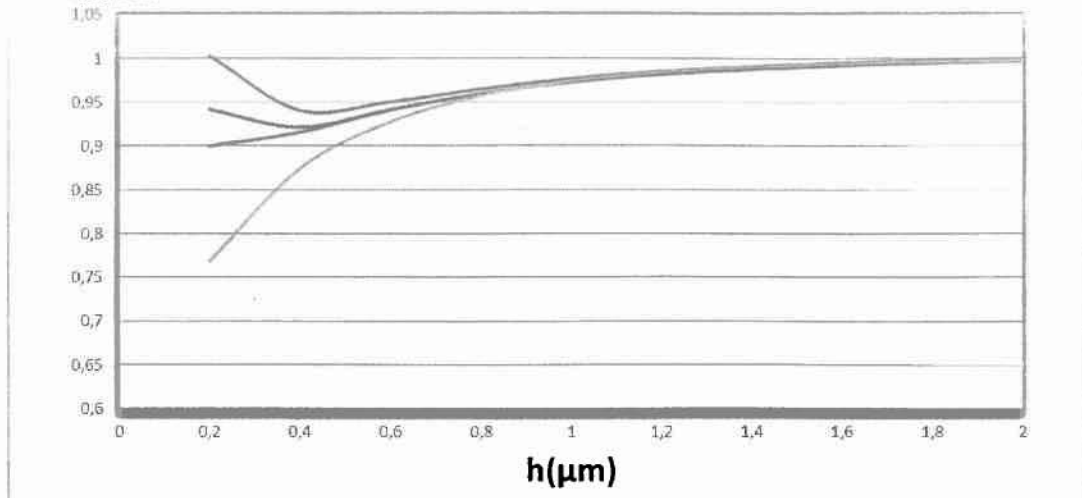
Συγκρίνοντας τις καμπύλες του h_T στις υψηλές περιοχές παρατηρούμε διαφοροποίηση των συμπεριφορών των μοντέλων με εμφανή την βελτιωμένη συμπεριφορά των προτύπων 2 και 3 και χειρότερη του προτύπου 5, πάντοτε έχοντας σαν κριτήριο την τιμή h_T .



Σχήμα 4.2.9.: Διάγραμμα μεταβολής αναπτύγματος κατατομής μήκους L για όλα τα πρότυπα συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

Παρατήρηση: Το παραπάνω διάγραμμα αναφέρεται στο <<πραγματικό>> μήκος αναπτύγματος κάθε κατατομής των προτύπων 1 έως 5 με παράμετρο το επίπεδο φθοράς. Παρατηρούμε λοιπόν σε μία προσπάθεια κατηγοριοποίησης των κατανομών, ότι για μεγάλο ΔW δηλαδή για επιφάνειες χωρίς φθορά υπερτερούν οι ορθογωνικής κατανομής τραχύτητες των προτύπων 2 και 3 (πράσινο και μωβ χρώμα αντίστοιχα) ενώ σε μεσαίες και σε προχωρημένες περιοχές φθοράς υπερτερούν τα πρότυπα 4 και 5 (θαλασσί και πορτοκαλί χρώμα αντίστοιχα).

Διάγραμμα μέσου διορθωτικού συντελεστή για
 $(\Phi_x)_{\text{mean}}^{1/3}$ **$\gamma=1/9-1/6-1/3-1$ και $\sigma=0,225(\mu\text{m})$**

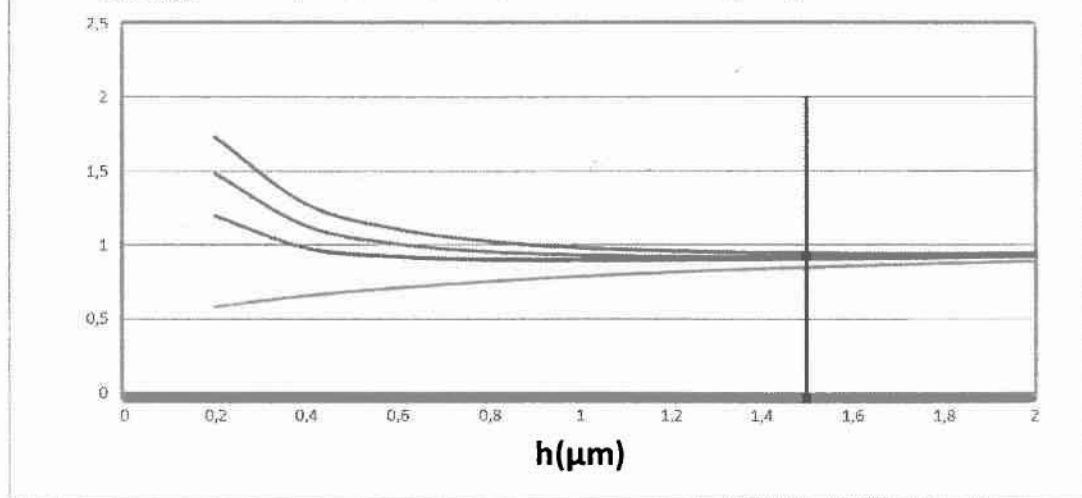


Σχήμα 4.2.10.: Διάγραμμα μέσης τιμής διορθωτικού συντελεστή ροής (flow factor)

$$(\Phi_x)_{\text{mean}}^{1/3} = \left(\frac{\Phi_{\cdot} + \Phi_{\cdot}}{2} \right)^{1/3}, \Phi_x(1/9) = \Phi_x(9), \Phi_x(1/6) = \Phi_x(6), \Phi_x(1/3) = \Phi_x(3), \Phi_x(1) = \Phi_x(1)$$

για κανονική κατανομή με $\sigma = 0.225 \mu\text{m}$.

Διάγραμμα μέσου διορθωτικού συντελεστή για
 $(\Phi_x)_{\text{mean}}^{1/3}$ **$\gamma=1/9-1/6-1/3-1$ και $\sigma=1(\mu\text{m})$**



Σχήμα 4.2.11.: Διάγραμμα μέσης τιμής διορθωτικού συντελεστή ροής (flow factor)

$$(\Phi_x)_{\text{mean}}^{1/3} = \left(\frac{\Phi_{\cdot} + \Phi_{\cdot}}{2} \right)^{1/3}, \Phi_x(1/9) = \Phi_x(9), \Phi_x(1/6) = \Phi_x(6), \Phi_x(1/3) = \Phi_x(3), \Phi_x(1) = \Phi_x(1)$$

για κανονική κατανομή με $\sigma = 1 \mu\text{m}$.

Παρατήρηση: Παρά την αναμενόμενη ταύτιση των μέσων διορθωτικών τιμών του πάχους της λιπαντικής μεμβράνης, παρατηρείται έντονη διαφοροποίηση των τιμών τους σε περιοχές για $h < 2 \mu\text{m}$ γεγονός που οδηγεί σε ενδεχόμενη αμφίβολη λύση καθώς και αδυναμία σύγκρισης της τιμής $h^*(\Phi_x)_{\text{mean}}^{1/3}$ με τις αντίστοιχες h και h_T . Επίσης όσον αφορά τις υψηλές τιμές (για $h > 2 \mu\text{m}$) του πάχους λιπαντικής μεμβράνης, η χρήση της κατανομής Gauss από τους Patir-Cheng οδηγεί σε λάθος εκτίμηση των τιμών Φ_x , Φ_y διότι στις αντίστοιχες κατανομές Fisher-Pearson για φραγμένες επιφάνειες, η επίδραση της τραχύτητας γίνεται αμελητέα για τιμές του h αρκετά μικρότερες της τιμής 3σ που θεωρείται όριο για την κανονική κατανομή και τούτο συμβαίνει γιατί η κατανομή του Pearson είναι φραγμένη με άνω όριο a_2 μικρότερο του 3σ . Η ρεαλιστική κατάσταση την οποία συγκρίνουμε με την αντίστοιχη που χαρακτηρίζεται από κατανομή Gauss, για να υπάρξει αντιστοίχιση, θεωρούμε ότι η κατανομή Gauss δεν θα έπρεπε να έχει τιμή $\sigma=1 \mu\text{m}$ ($3\sigma=3\mu\text{m}$) αλλά με $\sigma=a_2/3$ δηλαδή περίπου $1,5/3$ ή $0,5 \mu\text{m}$.

4.3 Προοπτικές

Απ τα παραπάνω συμπεράσματα προκύπτει ότι μελλοντικές εργασίες αξίζει να επικεντρωθούν στα παρακάτω σημεία:

- 1) Στον επαναπροσδιορισμό των τιμών των διορθωτικών συντελεστών ροής για επιφάνειες που δεν ακολουθούν ως προς την τραχύτητα του την κανονική κατανομή, δηλαδή επιφάνειες σαν αυτές που μελετήθηκαν με την εισαγωγή των προτύπων I έως V στην παρούσα διπλωματική εργασία.
- 2) Στην χρήση συνιστάμενης κατανομής υψομέτρων σημείων για κάθε τραχεία επιφάνεια ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιότητες και των δυο κατευθύνσεων.
- 3) Να συνεχιστεί η εργασία μελέτης συνθετικών προτύπων τραχυτήτων και να επεκταθεί και σε άλλες κατηγορίες με σκοπό την εύρεση ενδεχομένως μιας μορφής κατανομής η οποία δεν θα είναι ευαίσθητη στη φθορά και θα δημιουργεί συνθήκες τοπικής λίπανσης με $h_T > h$.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Pandazaras, C.N., «Diminution des pertes par frottement dans les ensembles Pistons-Segments- Chemises / Simulateur: Definition-Mesures proposées-Calcul Théorique de l' Effort de Frottement», Institut Supérieur des Matériaux et de la Construction Mécanique - ISMCM, St Ouen/Paris- France, Thesis D.I.S – D.E.A. (1981)
2. Pandazaras, C.N., «Etudes Experimentales et Theoriques sur les Pertes par Frottement dans les Ensembles Pistons-Segments-Chemises», Etude Bibliographique, Direction des Laboratoires/Direction de Recherche et Developement/Régie Nationale des Usines Renault (DLA/DRDA/RNUR) - ISMCM, France (1982)
3. Pandazaras, C.N., «Modelisation Theorique et Experimentale du Frottement Segment-Chemise», Thesis D.D.I., ISMCM - DLA/DRDA/RNUR, France (1985)
4. Pandazaras, C.N., «RENAULT Ring-Liner Friction Code», Report JRC-PG Tribology in Power Train, (PSA-FIAT-VOLVO-B.L.-RENAULT) DLA/DRDA/RNUR, France (1985)
5. Patir N. and Cheng H.S., «An average flow model for determining effects of three-dimensional roughness in partial hydrodynamic lubrication», Journal of Lubrication Technology, Trans. ASME 100 1 (1978) pp. 12-17
6. Patir N. and Cheng H.S., «Application of average flow model to lubrication between rough sliding surfaces», Journal of Lubrication Technology, Trans. ASME 101 2 (1979) pp. 220-230
7. 100.Priest M., «The Wear and Lubrication of Piston Rings», Ph. D. Thesis, University of Leeds (1996)
8. 101.Ming-Tang Ma, Sherrington I., Smith E. H. and Grice N., «Development of a detailed model for piston ring lubrication in IC engines with circular and non circular cylinder bores», Tribology International, Vol. 30, No 11, (1997), pp 779-788
9. 101.Pawlus Pawel, «Change of Cylinder Surface Topography in the Initial Stage of Engine Life», Wear 209, (1997), pp 69-83
10. 102.You-Bai Xie, «On the Tribology Design», Tribology International, Volume 32, Issue 7, (1999), pp 351-358
11. 103.Priest M., Dowson D. and Taylor C. M., «Predictive wear modeling of lubricated piston rings in a diesel engine», Wear, Volume 231, (1999), pp 89-101
12. 104.Priest M. And Taylor C. M., «Automotive engine Tribology- Approaching the surface», Wear, Volume 241, Issue 2, (2000), pp 193-203

13. 105.Sung-Woo Cho, Sang-Min Choi and Choong-Sik Bae, «Frictional modes of barrel shaped piston rings under flooded lubrication», Tribology International, Volume 33, Issue 8, (2000), pp 545-551
14. 106.Akalin Ozgen and Newaz M. Golam, «Piston Ring-Cylinder Bore Friction Modelling in Mixed Lubrication Regime: Part I- Analytical Results», Journal of Tribology, Volume 123, No 1, (2001), pp 211-218
15. 107.Akalin Ozgen and Newaz M. Golam, «Piston Ring-Cylinder Bore Friction Modelling in Mixed Lubrication Regime: Part II- Correlation with Bench Test Data», Journal of Tribology, Volume 123, No 1, (2001), pp 219-223
16. 108.Ji-Young Kim, Jee-Woon Kim, Myung-Rae Cho and Dong-Chul Han, «Friction characteristics of piston ring pack with consideration of mixed lubrication”Parametric investigation», KSME International Journal, Volume 16, No 4, (2002), pp 468-475
17. 109.C.Pandazaras, «Simulation theorique experimental du frottement segment chemise», DDI, ISMCM-France 1985

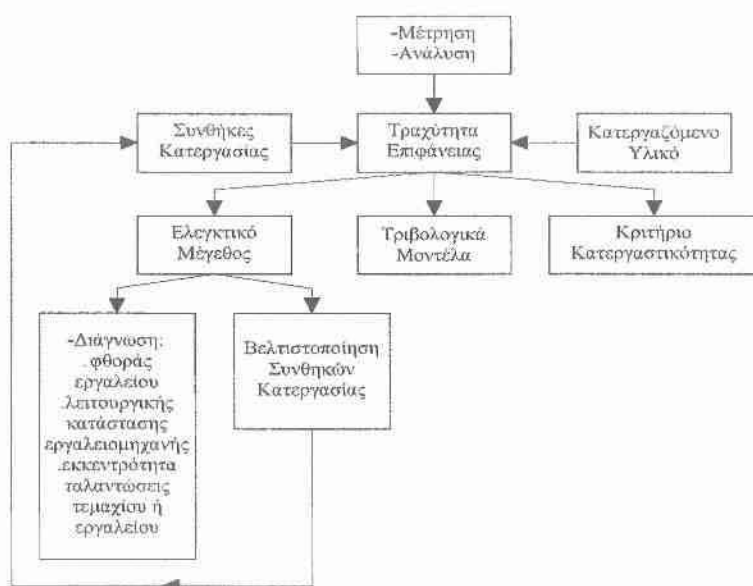
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ

Π.1.1. Συνήθη προβλήματα κατά τις μετρήσεις τραχύτητας τεχνολογικών επιφανειών

Η τραχύτητα επιφάνειας που προκύπτει από την εκτέλεση των ποικίλων κατεργασιών μορφοποίησης είναι ένα βασικό κριτήριο κατεργαστικότητας. Αποτελεί έτσι, ένα κρίσιμο παράγοντα παραδοχής ή απόρριψης των τελικών τεμαχίων. Είτε πρόκειται για ένα απλό διακοσμητικό αντικείμενο, είτε για ένα υψηλών απαιτήσεων λειτουργικότητας στοιχείο μηχανής (π.χ. οδοντωτό τροχό, στροφαλοφόρο άξονα, έδρανο) οι μετρήσεις τραχύτητας πρέπει να είναι ακριβείς και αντιπροσωπευτικές για την κάθε επιφάνεια. Μάλιστα, οι τραχυμετρήσεις σε διάφορες φάσεις του κύκλου παραγωγής επιτρέπουν εκτός από διαπίστωση σφαλμάτων στα αρχικά στάδια, έλεγχο και βελτιστοποίηση της κατεργασίας. Η τραχύτητα άλλωστε αποτελεί και ελεγκτικό μέγεθος σε προβλήματα αυτομάτου ελέγχου και διαγνωστικής δυσλειτουργιών ή βλαβών στα σύγχρονα συστήματα κατεργασιών (Σχήμα Π.1.1.1.).

Στα επόμενα θα εστιάσουμε σε ορισμένα παραδείγματα συνήθων προβλημάτων, σφαλμάτων και παρανοήσεων που ανακύπτουν στις μετρήσεις και στην ανάλυση της τραχύτητας.



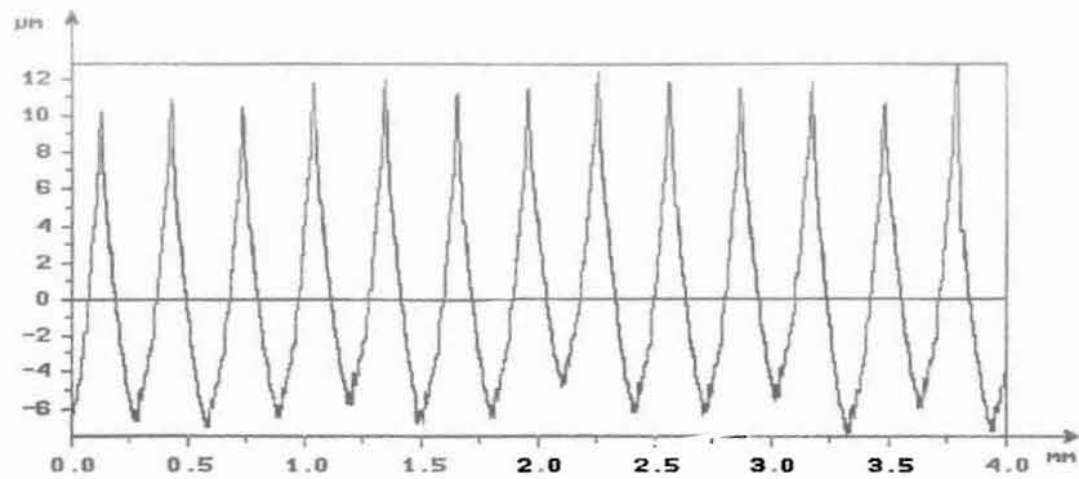
Σχήμα Π.1.1.1.: Σημασία της τραχύτητας επιφάνειας σε σχέση με την παραγωγή και την έρευνα.

Π.1.2. Προσδιορισμός και χαρακτηρισμός παραμέτρων

Παλαιότερα, ο καθορισμός της τραχύτητας κατεργασμένης επιφάνειας διεξάγεται καθαρά εμπειρικά, όσο και κατά υποκειμενικό τρόπο, δηλαδή με απλή οπτική επιθεώρηση ή επιθεώρηση δια της αφής σε σύγκριση με πρότυπες επιφάνειες δεδομένου βαθμού τραχύτητας. Επομένως, δεν ήταν αναγκαίες στενές ανοχές, ούτε ο προσδιορισμός και ο συμβολισμός της τραχύτητας. Ο έλεγχος της τραχύτητας βελτιώθηκε με την εισαγωγή των αντεστραμμένων τριγώνων κατά DIN 140, όμως ο ποσοτικός προσδιορισμός επετεύχθη με τα πρότυπα ASA (1940) και BS (1950), όπου ορίζονται παράμετροι τραχύτητας, οι οποίες εκφράζονται αριθμητικά και μετρούνται από κατάλληλα όργανα (προφιλόμετρα). Οι πρώτες αριθμητικές παράμετροι, οι οποίες προτάθηκαν ήταν το μέγιστο ύψος και το μέσο ύψος τραχύτητας συμβολιζόμενες ως R_{max} και R_a , αντίστοιχως. Η τελευταία μάλιστα έχει καθιερωθεί ως η πιο δημοφιλής παράμετρος. Το μεταγενέστερο πρότυπο ISO R468 (1966) εισηγείται τον υπολογισμό τριών παραμέτρων (R_{max} , R_a και R_z) παράλληλα με αναφορά στη σχετική κατεργασία κοπής. Όμως, ο χαρακτηρισμός της επιφάνειας μόνον υψομετρικά, με απόλυτες τιμές και αντίστοιχους μέσους όρους, έχει σαφείς περιορισμούς. Η σταθερότητα ή διακύμανση των τιμών της R_a μπορεί να επιτρέπει στοιχειώδη έλεγχο της κατεργασίας όμως δεν δίνει καμία πληροφορία για την μορφή της επιφάνειας.

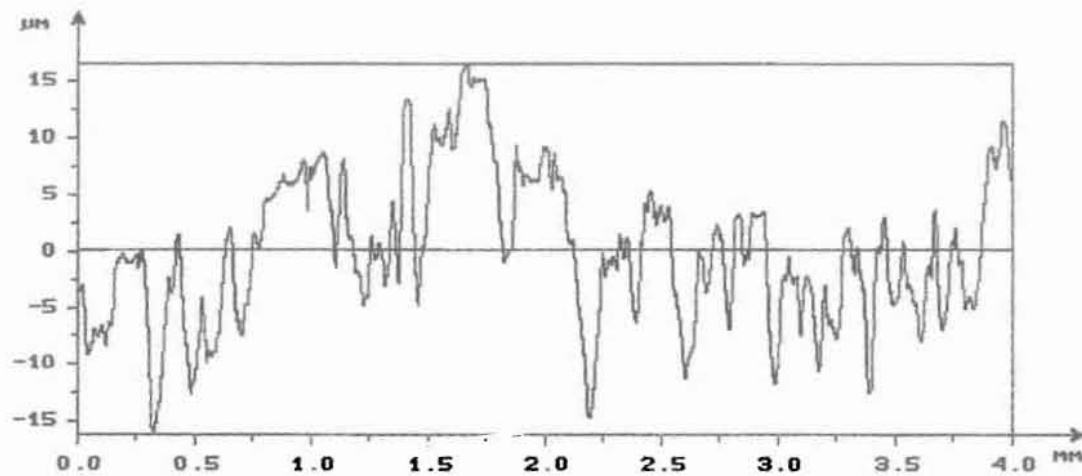
Οι σύγχρονες υψηλές απαιτήσεις για μεγαλύτερη λειτουργική ακρίβεια και υψηλότερη διάρκεια ζωής των τεχνολογικών επιφανειών επιβάλλουν την θεώρηση και άλλων παραμέτρων, τόσο αριθμητικών, όσο και στατιστικών, που καταρχήν είχαν προταθεί σε ερευνητικές εργασίες για να περιγράψουν και άλλα χαρακτηριστικά της επιφάνειας κατά ύψος και κατά μήκος. Ορισμένες τελικά υιοθετήθηκαν από το ISO 4287 (1997).

Η βασική διάκριση μεταξύ των παραγόμενων περιγραμμάτων εντοπίζεται σε περιοδικά και σε τυχαία (Σχήμα Π.1.2.1.). Τα πρώτα οφείλονται σε κατεργασίες με εργαλείο καθορισμένης γεωμετρίας (τόρνευση, φρεζάρισμα, πλάνισμα). Η υφή τους χαρακτηρίζεται από τα αποτυπώματα της ακμής του εργαλείου που ισαπέχουν κατά την τιμή της εκάστοτε εφαρμοζόμενης πρόωσης. Αυτό πάντως δεν ισχύει σε περιπτώσεις μη ομαλού σχηματισμού του αποβλήτου, όπως για ασυνεχές απόβλητο, ψευδόκοψη και σοβαρή φθορά του εργαλείου.



Σχήμα Π.1.2.1.(α): Χαρακτηριστικό περίγραμμα επιφάνειας (περιοδικό).

$s=0.32 \text{ mm.rev}^{-1}$, $v=185 \text{ m.min}^{-1}$, $R_a=3.82 \text{ μm}$, $R_t=17.6 \text{ μm}$, $R_r=101.7 \%$, $\bar{r}_{DeIQ}=10.7^\circ$



Σχήμα Π.1.2.1.(β): Χαρακτηριστικό περίγραμμα επιφάνειας (μη περιοδικό).

$s=0.08 \text{ mm.rev}^{-1}$, $v=20 \text{ m.min}^{-1}$, $R_a=3.29 \text{ μm}$, $R_t=20.9 \text{ μm}$, $R_r=102.9 \%$, $R_{DeIQ}=14.2^\circ$

Τα δεύτερα παράγονται από λειαντικές κατεργασίες ή μη συμβατικές κατεργασίες (π.χ. ηλεκτροδιάβρωση). Είναι σαφώς αναγνωρίσιμα αν και δύσκολα περιγράψιμα.

Εμπορικά λογισμικά λογικού κόστους που συνεργάζονται με τα σύγχρονα τραχύμετρα υπολογίζουν πάνω από 100 (!) παραμέτρους. Από αυτές έως 6 χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία, αλλά και για έρευνα και ανάπτυξη.

Δεν υφίσταται λοιπόν πλέον η δυσκολία προσδιορισμού κάποιων παραμέτρων, αλλά από την άλλη πλευρά γεννιέται σύγχυση ως προς τις επιλέξιμες από αυτές βάσει ή όχι των προτύπων.

Επομένως, παίζει σημαντικό ρόλο η εξειδίκευση της παραγωγής του μηχανουργείου, η συμμόρφωση προς σύγχρονες προδιαγραφές επιφανειών και η κατάρτιση του τεχνικού προσωπικού του τμήματος του ποιοτικού ελέγχου.

Εδώ, πρέπει να τονιστούν τρία σημεία:

α) Οι παρανοήσεις μεταξύ συναφών παραμέτρων, όπως ανάμεσα σε R_a και R_q ή R_t και R_z , είναι συχνές και πρέπει να γίνονται οι αντίστοιχες διορθώσεις.

β) Δεν είναι εύκολη η επιλογή των παραμέτρων, καθώς υφίσταται άμεση εξάρτηση από την κατεργασία που προηγήθηκε, αλλά και την μετέπειτα λειτουργική (τριβολογική) συμπεριφορά της επιφάνειας.

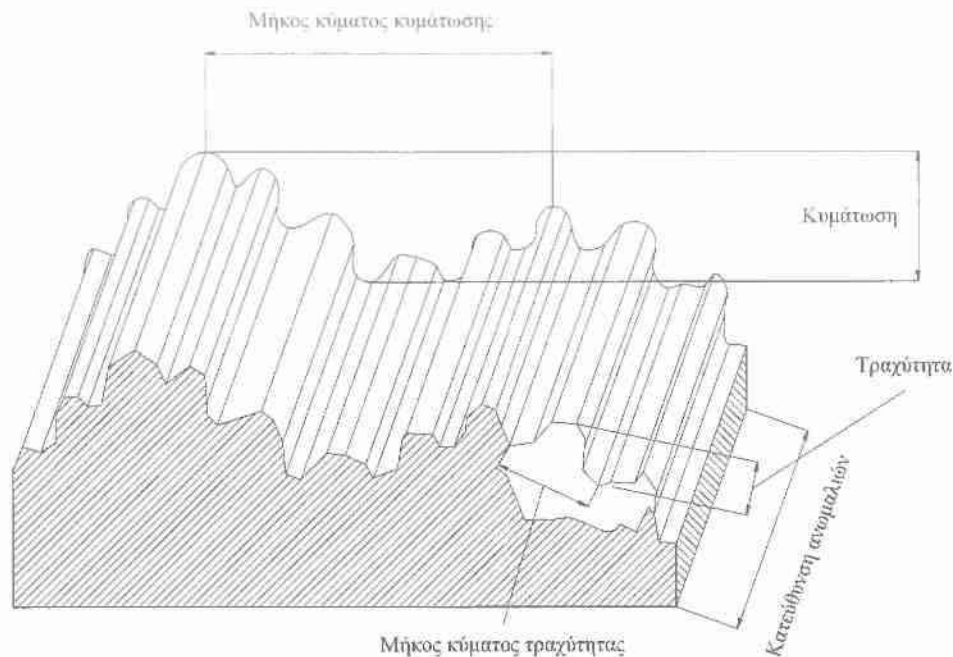
γ) Πρέπει να συμπληρωθεί η έρευνα σχετικά με την αλληλεξάρτηση των εν χρήσει παραμέτρων για όσο το δυνατόν περισσότερες μηχανουργικές κατεργασίες και ευρεία περιοχή μεταβολής παραγόντων κοπής (πρόωση, ταχύτητα κοπής, γεωμετρία κοπτικού κ.ά.). Έτσι, θα προκύψει ένα ελάχιστο σύνολο ασυσχέτιστων μεταξύ των παραμέτρων που θα περιγράφει διαφορετικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας.

Π.1.3. Επιλογή αισθητηρίου (pick up)

Διατίθενται δύο τύποι αισθητηρίων: α) με πέδιλο και β) χωρίς πέδιλο.

Το πέδιλο χαρακτηρίζεται από πολύ μεγαλύτερη ακτίνα καμπυλότητας σε σχέση με τον στυλίσκο και ακολουθώντας εφαπτομενικά το περίγραμμα της επιφάνειας δρα ως μηχανικό φίλτρο, το οποίο αποκόπτει την κυμάτωση (Σχήμα Π.1.3.1.). Τούτο σημαίνει πως μόνο παραμέτρους τραχύτητας μπορούμε να μετρήσουμε. Με τα αισθητήρια χωρίς πέδιλο υπολογίζουμε αξιόπιστα όλα τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας (μακρογεωμετρικά και μικρογεωμετρικά). Άρα, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διαφορά αυτή των δυνατοτήτων μέτρησης κατά την αγορά του αισθητηρίου.

Επίσης, υπάρχουν ευθέα και πλευρικά αισθητήρια, τα οποία χαρακτηρίζουν επίπεδες και καμπύλες επιφάνειες, αντιστοίχως. Το ζητούμενο, που όμως δεν έχει διευκρινιστεί, είναι αν τα πλευρικά αισθητήρια μπορούν να μετρήσουν αξιόπιστα επίπεδες επιφάνειες, κάτι που θα προσέφερε μια πιο συμφέρουσα λύση.



Σχήμα Π.1.3.1.: Τοπογραφία κατεργασμένης επιφάνειας, ορισμός των χαρακτηριστικών μεγεθών επιφάνειας κατά ANSI/ASME B46.1 με βάση τον οποίο αναπτύσσεται η μετρολογία μικροεπιφανειών.

Π.1.4. Επιλογή μήκους κύματος αποκοπής (cut-off)

Ο στυλίσκος του τραχυμέτρου εκτελεί μία ρυθμιζόμενη προκαθορισμένη διαδρομή πάνω στην επιφάνεια του δοκιμίου. Πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ του συνολικού διαστήματος της τροχιάς του και του δειγματοληπτικού μήκους μέτρησης, το οποίο είναι μικρότερο από το πρώτο και συνίσταται από συνήθως 5 μήκη κύματος αποκοπής (Σχήμα Π.1.4.1.). Αυτό το μήκος έχει αναγνωριστεί από δεκαετίες ως μείζον στοιχείο στην αποτίμηση της τραχύτητας, καθώς είναι το ελάχιστο μήκος όπου συλλέγονται τα δεδομένα της τραχύμετρησης. Αν είναι μικρότερο από το αναγκαίο, ο χαρακτηρισμός της τραχύτητας δεν θα αντιπροσωπεύει το περίγραμμα, αν είναι πολύ μεγαλύτερο θα αποδίδει στην τραχύτητα μακρογεωμετρικά χαρακτηριστικά. Συστηματικά, η τελική επιλογή του μήκους κύματος αποκοπής συναρτάται άμεσα προς την κατεργασία και την μορφή των περιγραμμάτων που αυτή παράγει, όπως φαίνεται στον Πίνακα Π.1.4.1. Σαφώς, η περιοδικότητα ή τυχαιότητα του περιγράμματος παίζει σημαντικό ρόλο και από το παράδειγμα που ακολουθεί συνάγεται ότι και οι συνθήκες κατεργασίας, όπως η πρόωση, επιβάλλουν διαφορετικές τιμές cut-off, ακόμη και κατά την ίδια κατεργασία. Ίσως, ένας πρακτικός κανόνας του να περιλαμβάνονται σε ένα μήκος

κύματος αποκοπής 10-15 αποτυπώματα του εργαλείου δίνει μία συμβιβαστική λύση.

Μία συνιστώμενη τιμή αποκοπής παλαιότερα ήταν τα 0,8 mm (πρότυπο ANSI B46.1-1985), επειδή ήταν αποτελεσματική για πολλά είδη κατεργασιών, αλλά και με αρκετές εξαιρέσεις.



Σχήμα Π.4.1.: Προδιαγραφή της τραχύτητας

ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΟΠΗΣ (<i>cutoff</i>) λ_c		
DIN EN ISO 4288, ASME B46.1		
ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ	ΜΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ	<i>cutoff</i>

R_{sm} (mm)	R_z (μm)	R_a (μm)	λ_c (mm)
0.013 έως 0.04	έως 0.10	έως 0.02	0.08
0.04 έως 0.13	0.10 έως 0.50	0.02 έως 0.10	0.25
0.13 έως 0.4	0.5 έως 10	0.1 έως 2	0.80
0.4 έως 1.3	10 έως 50	2 έως 10	2.50
1.3 έως 4	50 έως 200	10 έως 80	8.00

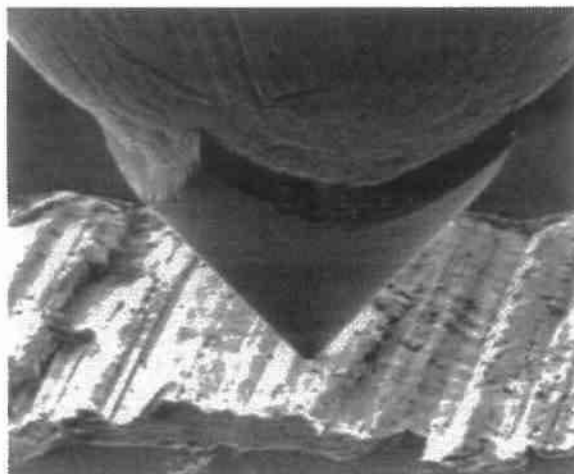
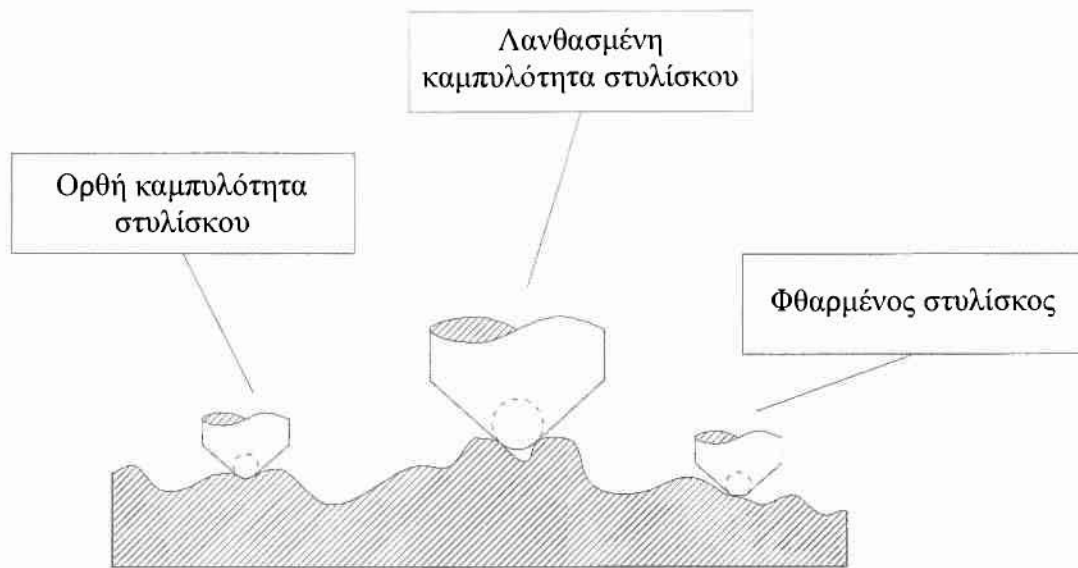
Πίνακας Π.1.4.1.: Προτεινόμενα μήκη *cutoff* για διάφορες κατεργασίες

Π.1.5. Επιλογή φίλτρου

Το σήμα που λαμβάνεται από το αισθητήριο πρέπει να φιλτραριστεί ηλεκτρονικά πριν γίνει η ψηφιακή επεξεργασία της μέτρησης, ούτως ώστε να παρέχονται οι χρήσιμες πληροφορίες και λεπτομέρειες για την τραχύτητα. Δηλαδή, το χρησιμοποιούμενο φίλτρο πρέπει να αποκόπτει την κυμάτωση και το σφάλμα μορφής με ταυτόχρονη μικρή παραμόρφωση φάσης. Το νεότερο φίλτρο είναι το Gauss (ISO 11562), που είναι βελτιωμένο σχετικά με το παλαιότερο αναλογικό 2RC. Οι σύγχρονες προδιαγραφές ταχύτητας αποπεράτωσης καθορίζουν τον τύπο του φίλτρου. Δεδομένου ότι η εφαρμογή διαφορετικού φίλτρου αλλοιώνει τις τιμές των παραμέτρων επιβάλλεται η διασαφήνιση του θέματος αυτού από τον σχεδιαστή-κατασκευαστή. Βεβαίως, η επιλογή του κατάλληλου φίλτρου έχει ιδιαίτερη σημασία σε ερευνητική αντιμετώπιση θεμάτων, όπως ο έλεγχος της κατεργασίας, τριβολογικές ιδιότητες (τριβή -φθορά-λίπανση), διαγνωστική της κατάστασης της εργαλειομηχανής κλπ.

Π.1.6. Μέγεθος στυλίσκου

Οι ακτίνες καμπυλότητας των στυλίσκων του εμπορίου κυμαίνονται από 2μm έως 10μm. Υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στην καμπυλότητα και στην ιχνηλασία πολύ μικρών ανωμαλιών του περιγράμματος, όπως και στην δυνατότητα χάραξης της επιφάνειας του δοκιμίου. Ο μεγάλης καμπυλότητας στυλίσκος, αδυνατεί να διακρίνει ιδιαίτερες λεπτομέρειες (πολύ μικρά μήκη κύματος). Αντιθέτως, η πίεσή του επί της επιφάνειας αυξάνει και μπορεί να χαράξει μαλακά υλικά, όπως: πλαστικά, ελαστομερή, μόλυβδο κ.ά. Σε τέτοιες περιπτώσεις άλλωστε πρέπει να είναι ελαττωμένο και το φορτίο «ανάγνωσης» του στυλίσκου.



Σχήμα Π.1.6.1: Καμπυλότητα στυλίσκου – φθορά στυλίσκου.

Π.1.7. Χρήση φθαρμένου στυλίσκου

Το υλικό κατασκευής του στυλίσκου, φυσικό ή τεχνητό διαμάντι, είναι πολύ σκληρό, αλλά και έχει χαμηλή δυσθραυστότητα. Κατά συνέπεια, εφόσον δεν αποφεύγονται και οι κρούσεις με το δοκίμιο κατά τις μετρήσεις, απολεπίσεις ή θραύση είναι αναμενόμενες μετά από κάποιο χρονικό διάστημα χρήσης. Σε αυτή την περίπτωση ο στυλίσκος δεν διεισδύει επαρκώς και τούτο διαπιστώνεται από τις

εσφαλμένες τιμές των παραμέτρων. Αν υπάρχει υποψία φθοράς μπορεί αυτή να διαπιστωθεί με ένα μηχανουργικό μικροσκόπιο (χαμηλής ισχύος) ή με μέτρηση του προτύπου πλακιδίου διακρίβωσης.

Π.1.8. Λανθασμένη κατεύθυνση ή θέση μέτρησης

Σε πολλές κατεργασίες εξ αιτίας της κινηματικής τους το κοπτικό εργαλείο αφήνει το αποτύπωμά του προς καθορισμένες διευθύνσεις, δηλαδή η επιφάνεια αποκτά προσανατολισμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Κατά μία διεύθυνση θα εμφανίζεται η μέγιστη τιμή εύρους της τραχύτητας (κάθετη στην ταχύτητα κοπής), ενώ η κάθετη σε αυτήν διεύθυνση εμφανίζει την ελάχιστη τραχύτητα. Επομένως, οι ιδιότητες αυτές δεν πρέπει να αγνοούνται για να μην υποεκτιμάται η τραχύτητα. Ο προσανατολισμός είναι δυνατόν να μεταβληθεί σε περίπτωση έντονων ταλαντώσεων ή φθοράς του εργαλείου.

Εκτός από την κατεύθυνση μερικές φορές έχουν σημασία και οι θέσεις μέτρησης στην επιφάνεια, οι οποίες εξαρτώνται από φθορά του εργαλείου και δυναμικά φαινόμενα. Για παράδειγμα, η τραχύτητα κατά μήκος ενός торνευμένου άξονα επιδεινώνεται αν δεν έχει αλλαχθεί το κοπτικό. Ή κατά φραιζάρισμα με μεγάλο βάθος κοπής ή σε χαμηλής ισχύος φραιζομηχανή (άρα και χαμηλής στιβαρότητας) υφίσταται ανομοιογένεια των τιμών τραχύτητας σε διάφορες θέσεις.

Π.1.9. Ύπαρξη επιφανειακών ελαττωμάτων

Υπάρχει πιθανότητα να ευρεθούν στην επιφάνεια σχισίματα, πόροι ή και ρωγμές, που δεν οφείλονται στην κατεργασία ή δεν είναι αντιπροσωπευτικά της κατεργασίας π.χ. τραυματισμός της επιφάνειας κατά την απόσυρση του τεμαχίου από την εργαλειομηχανή. Με τα φορητά τραχύμετρα που υπολογίζουν μία ή δύο παραμέτρους ή για παλαιά όργανα χωρίς λογισμικό η μόνη λύση είναι η αποφυγή τέτοιων περιοχών πριν ληφθεί η μέτρηση. Με την υποστήριξη των σύγχρονων λογισμικών μέτρησης της τραχύτητας μπορεί το ελάττωμα να απαλειφθεί κατά την ανάλυση και να μην επηρεάσει την τελική αποτίμηση.

Επίσης, μία άλλη αιτία είναι η διάβρωση, χημική ή φυσική, που οφείλεται στο περιβάλλον π.χ. ταχεία οξείδωση της επιφάνειας αν η μέτρηση διεξαχθεί καθυστερημένα. Σε αυτή την περίπτωση μεταβάλλονται οι κορυφές των ανωμαλιών και επηρεάζονται κατά περίπτωση οι παράμετροι. Η έκταση της οξείδωσης εξαρτάται και από το υλικό π.χ. μεγάλη έκταση σε χάλυβα, σημειακή (spots) σε κράμα αλουμινίου.

Π.1.10. Ταλαντώσεις κατά την μέτρηση

Αν το τραχύμετρο, και αυτό είναι σύνηθες, λειτουργεί μέσα σε μηχανουργείο είναι δυνατόν οι μετρήσεις να επηρεάζονται από ταλαντώσεις. Συγκεκριμένα, ταλαντώσεις που προέρχονται από την λειτουργία παρακείμενων εργαλειομηχανών μεταδίδονται μέσω του δαπέδου και διεγείρουν τον στυλίσκο με αποτέλεσμα την παραποίηση του σήματος του περιγράφοντος την επιφάνεια και επακόλουθη μείωση της αξιοπιστίας και της επαναληψιμότητας της μέτρησης. Οι πηγές των ταλαντώσεων αναγνωρίζονται μάλλον εύκολα, εκτός αν είναι χρονικά απρόβλεπτες π.χ. διέλευση βαρέων οχημάτων από γειτονικό δρόμο και η λύση μπορεί να είναι η τοποθέτηση του τραχυμέτρου πάνω σε ένα βαρύ τραπέζι ή αν η ταλάντωση είναι εντονότερη, η έδραση με αντικραδασμικά πέλματα. Φυσικά, πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια δραστικής μείωσης των ταλαντώσεων σε ένα μηχανουργικό περιβάλλον διότι καταπονούνται και οι ίδιες οι εργαλειομηχανές με κίνδυνο εμφάνισης αστοχιών (πλαστικές παραμορφώσεις μερών, ρωγμές κ.ά.).

Π.1.11. Ασυμβατότητα λογισμικών μέτρησης

Η πληθώρα λογισμικών που διατίθεται για την μέτρηση των παραμέτρων από διάφορους οίκους κατασκευής τραχυμέτρων έχει καταστήσει την ανάλυση της τραχύτητας προσιτή σε βιομηχανικούς χρήστες και ερευνητές. Έχει δημιουργήσει όμως και προβλήματα, καθώς δεν είναι δυνατό για εμπορικούς λόγους να έχει κάποιος πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα αυτών των προγραμμάτων και να εξακριβώσει πώς υπολογίζεται η κάθε παράμετρος. Το αποτέλεσμα είναι προφανώς ασυμφωνία μεταξύ ομοειδών μετρήσεων που επηρεάζει περισσότερο τις απαιτήσεις ακρίβειας και επικοινωνίας ανάμεσα σε ομάδες που δραστηριοποιούνται σε αυτό το πεδίο. Καταβάλλεται προσπάθεια θέσπισης ενός κοινού format δεδομένων, το οποίο θα γίνει γενικά αποδεκτό.

Π.1.12. Νέες εξελίξεις στην οργανολογία

Τα τραχύμετρα τύπου στυλίσκου είναι καθιερωμένα στην βιομηχανική και εργαστηριακή πρακτική και κατά βάση παρέχουν δισδιάστατη απεικόνιση της επιφάνειας, η οποία είναι επαρκής για αρκετές κατεργασίες. Οι δυνατότητες των σύγχρονων τραχυμέτρων επιτρέπουν αξιόπιστο γεωμετρικό προσδιορισμό για την πλειονότητα των τεχνολογικών επιφανειών και το κόστος τους, όπως και του συνοδευόντος λογισμικού, είναι σαφώς προσιτό.

Στην πραγματικότητα η επιφανειακή τοπογραφία είναι τριών διαστάσεων και υπάρχουν περιπτώσεις όπου η εξέταση μιας τομής κάθετα προς τον προσανατολισμό του αποτυπώματος του εργαλείου δεν είναι ικανοποιητική. Επομένως, ένας τρισδιάστατος υψομετρικός χάρτης θα περιέγραφε καλύτερα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της επιφάνειας και θα προσέφερε νέες δυνατότητες.. Προς την κατεύθυνση αυτή υπάρχουν οπτικά τραχύμετρα που σαρώνουν την επιφάνεια και εξάγουν τρισδιάστατες τοπογραφικές παραστάσεις. Για την αποτίμηση της τραχύτητας ορίζονται νέες παράμετροι αντίστοιχες με του δισδιάστατου χαρακτηρισμού π.χ. S_a αντί R_a , αλλά και παράμετροι που δεν ορίζονται σε δύο διαστάσεις, όπως η Std που περιγράφει την κατευθυντικότητα του περιγράμματος.

Η αντιμετώπιση αυτή επιβάλλεται και από λειτουργικές απαιτήσεις και θα έδινε ώθηση σε νέα αντιμετώπιση φαινομένων όπως η λίπανση και η φθορά. Ο κύκλος των μετρήσεων διεξάγεται ταχύτερα συγκριτικά με τα μηχανικά όργανα, παρουσιάζουν πάντως και αυτά προβλήματα, όπως συχνά σφάλματα λόγω διάχυσης και συμβολής.

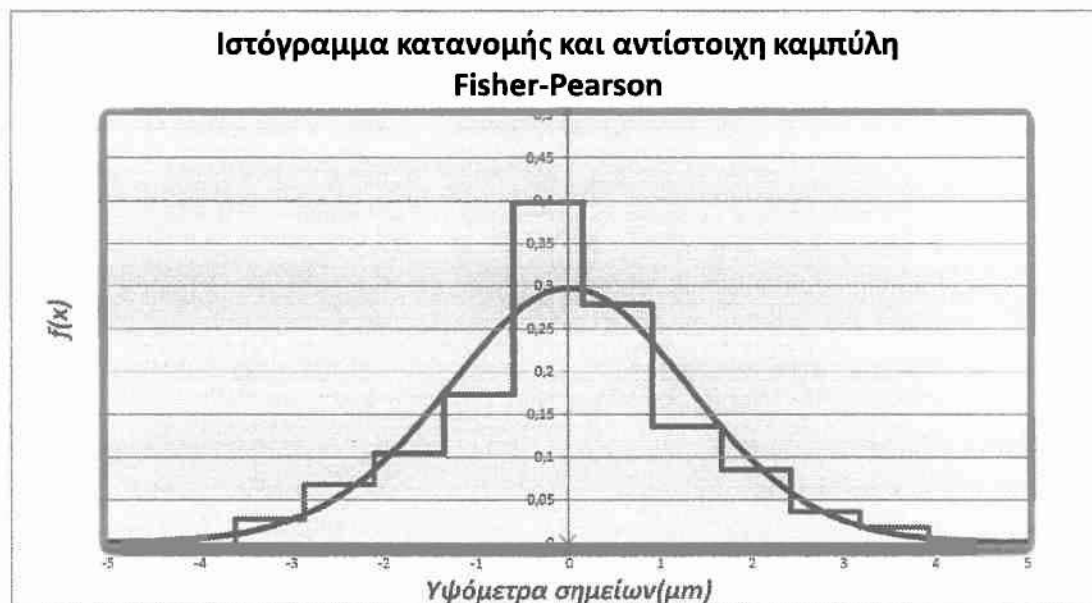
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Αποτελέσματα- Εκτενής παρουσίαση

Π.2.1.Πρότυπο Ι ($F(X) = ((2 * \text{RAND}() - 1) * \text{RAND}()) * 4$)



Σχήμα Π.2.1.1.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=5\mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.



Σχήμα Π.2.1.2.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=5\mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

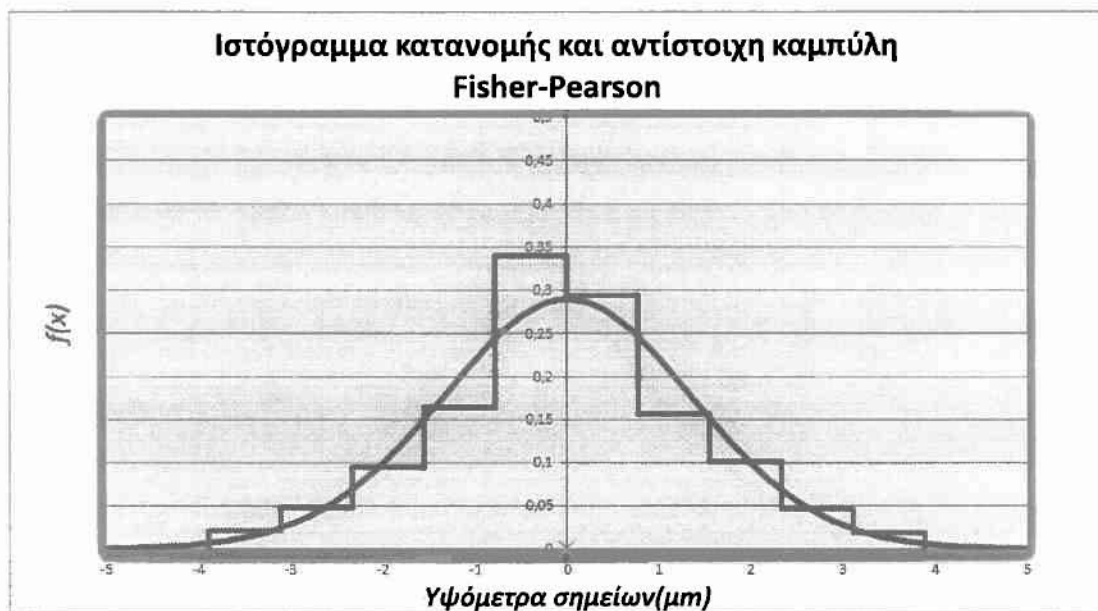
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.1.1. ΚΑΙ Π.2.1.2.:

Σχήμα Π.2.1.1.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατό).

Σχήμα Π.2.1.2.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.1.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=4 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.1.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=4\mu\text{m}$.

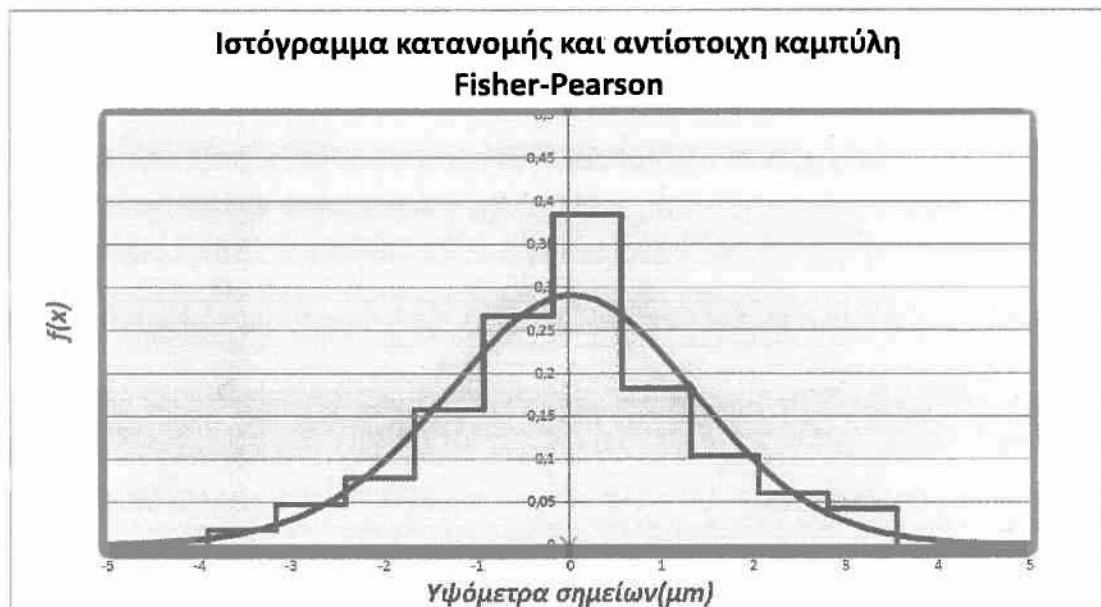
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.1.3. ΚΑΙ Π.2.1.4.:

Σχήμα Π.2.1.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.1.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.1.5.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=3,5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.1.6.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=3,5\mu\text{m}$.

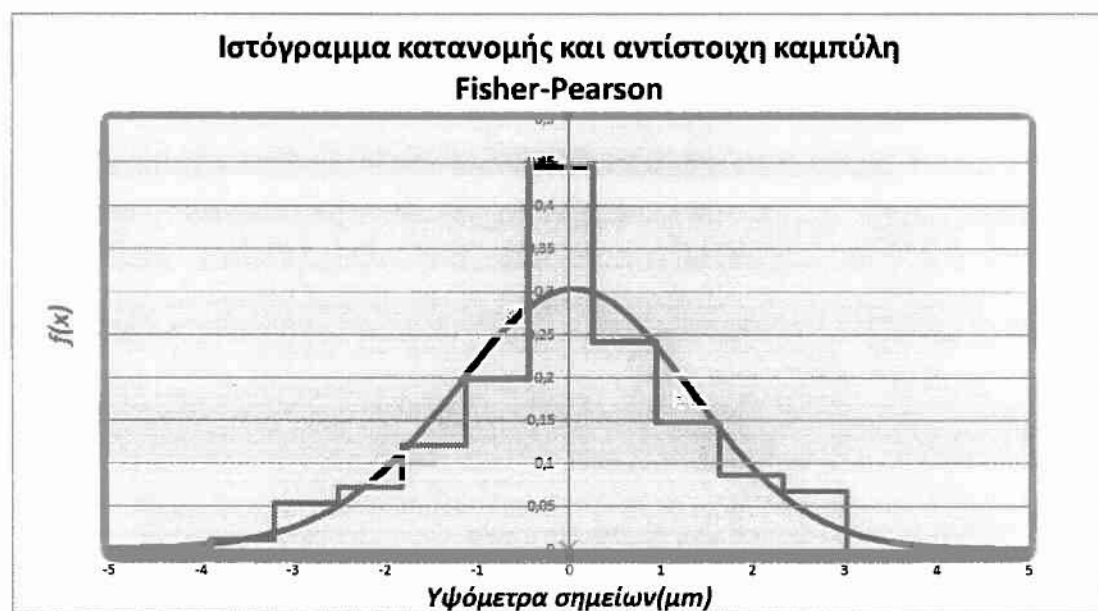
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.1.5. ΚΑΙ Π.2.1.6.:

Σχήμα Π.2.1.5.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.1.6.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.1.7.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=3 \mu\text{m}$.

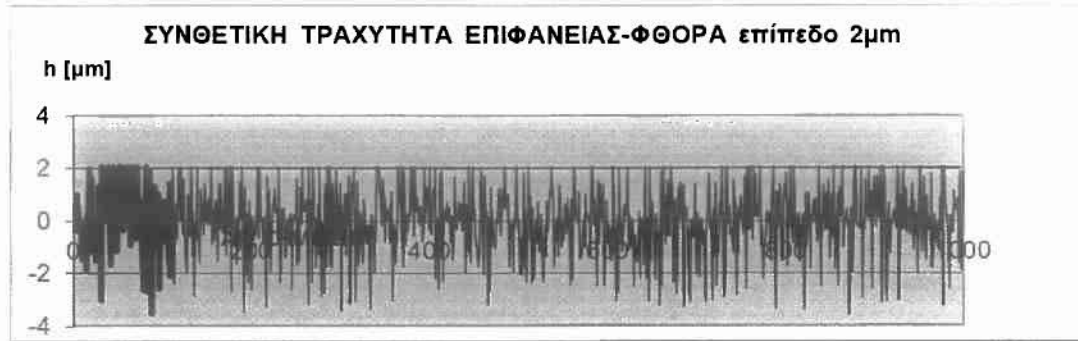


Σχήμα Π.2.1.8.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=3 \mu\text{m}$.

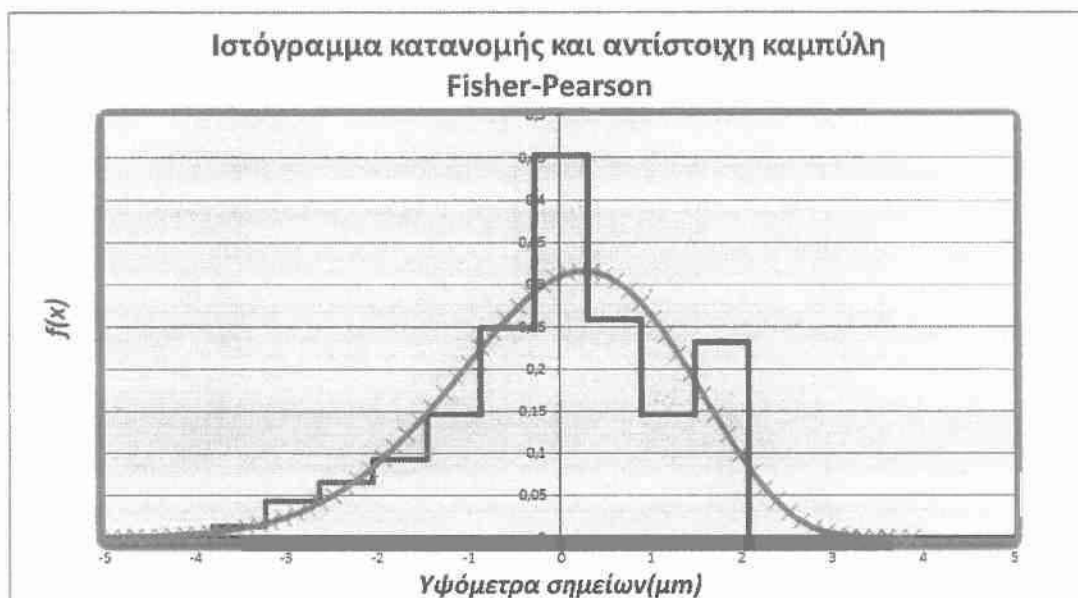
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.1.7. ΚΑΙ Π.2.1.8.:

Σχήμα Π.2.1.7.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.1.8.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.1.9.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2 \mu\text{m}$.

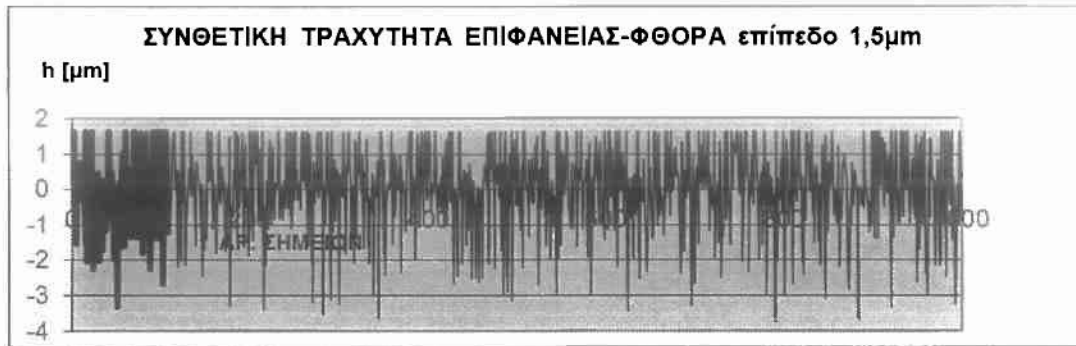


Σχήμα Π.2.1.10.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2 \mu\text{m}$.

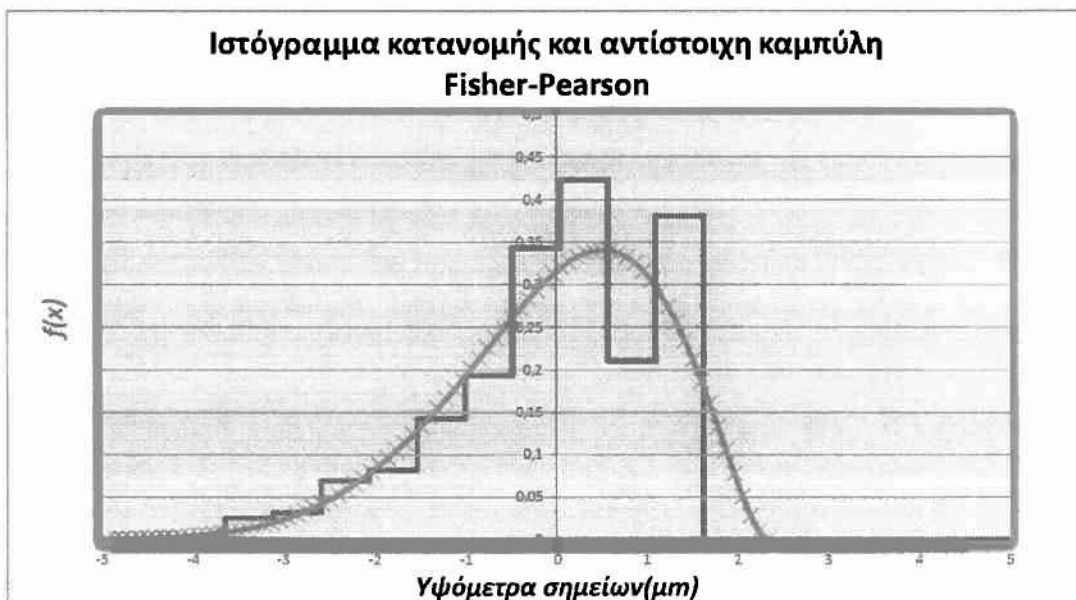
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.1.9. ΚΑΙ Π.2.1.10.:

Σχήμα Π.2.1.9.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.1.10.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.1.11.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1,5 \mu\text{m}$.

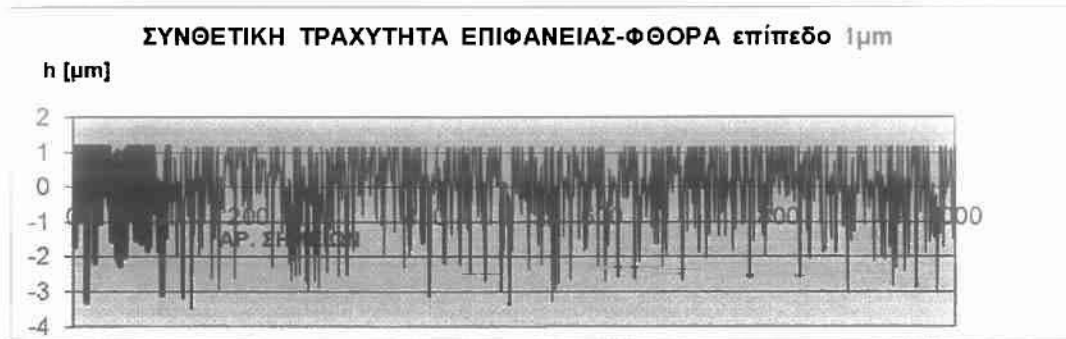


Σχήμα Π.2.1.12.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1,5 \mu\text{m}$.

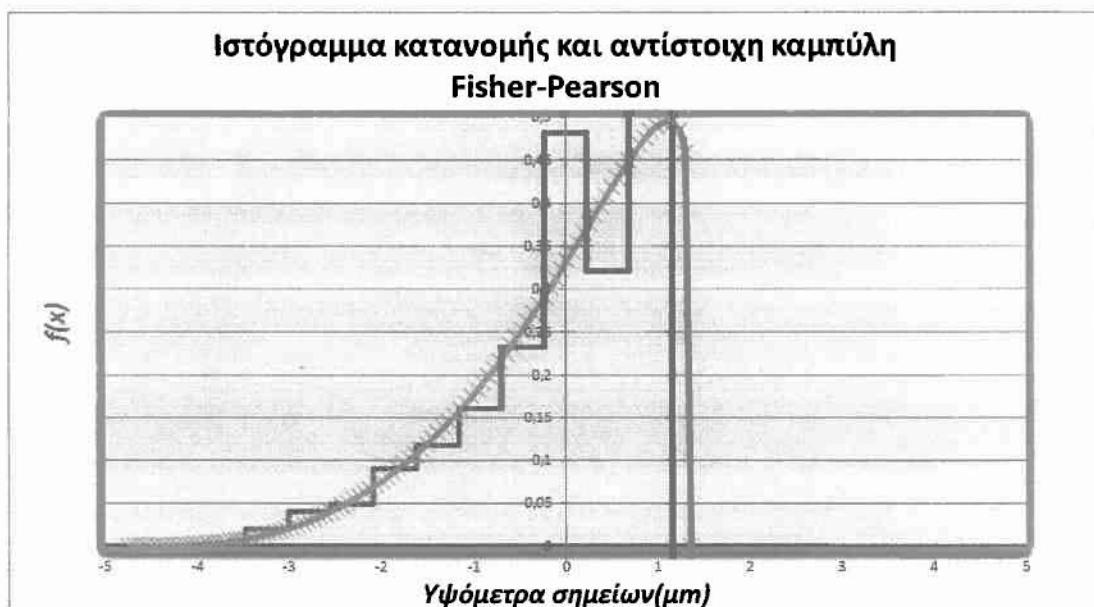
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.1.11. ΚΑΙ Π.2.1.12.:

Σχήμα Π.2.1.11.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.1.12.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.1.13.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.1.14.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.

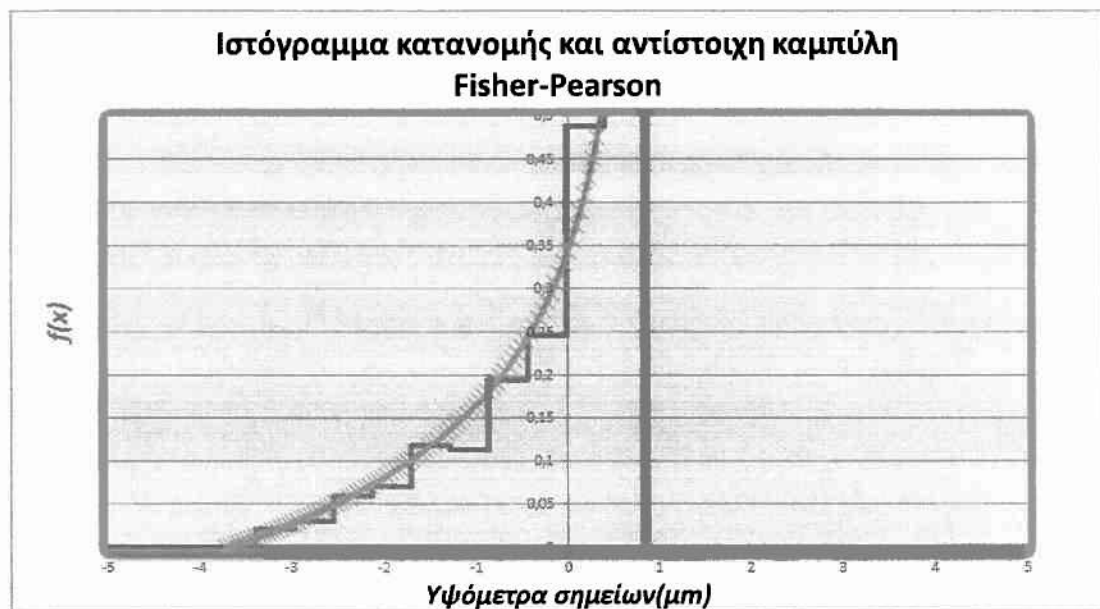
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.1.13. ΚΑΙ Π.2.1.14.:

Σχήμα Π.2.1.13.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.1.14.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα με έντονη ασυμμετρία.



Σχήμα Π.2.1.15.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0,5\mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.1.16.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0,5\mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.1.15. ΚΑΙ Π.2.1.16.:

Σχήμα Π.2.1.15.:

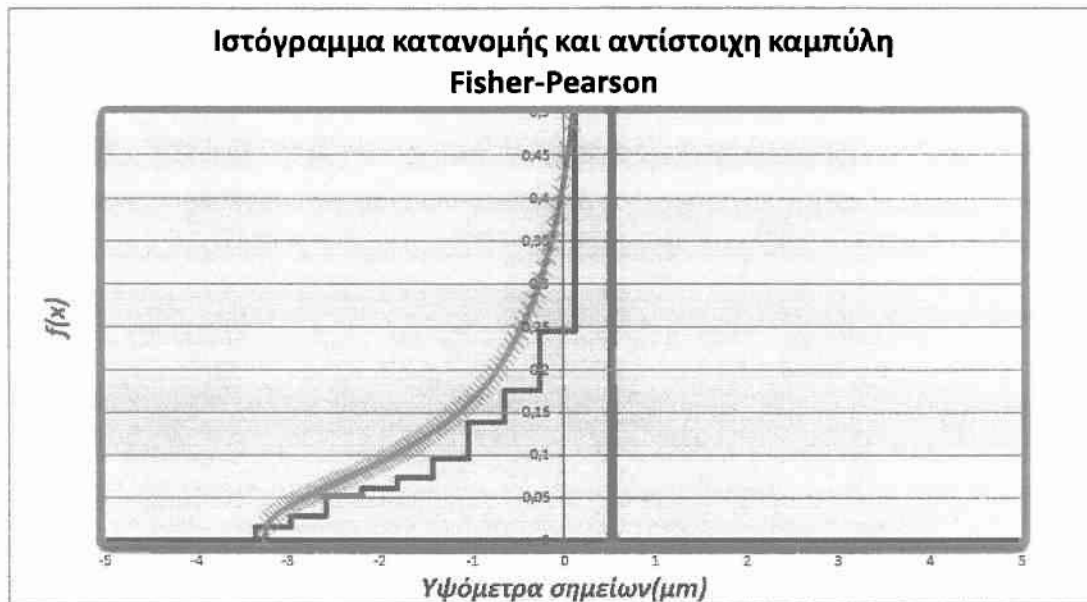
Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.1.16.:

Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << J >>.



Σχήμα Π.2.1.17.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.1.18.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 1) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.1.17. ΚΑΙ Π.2.1.18.:

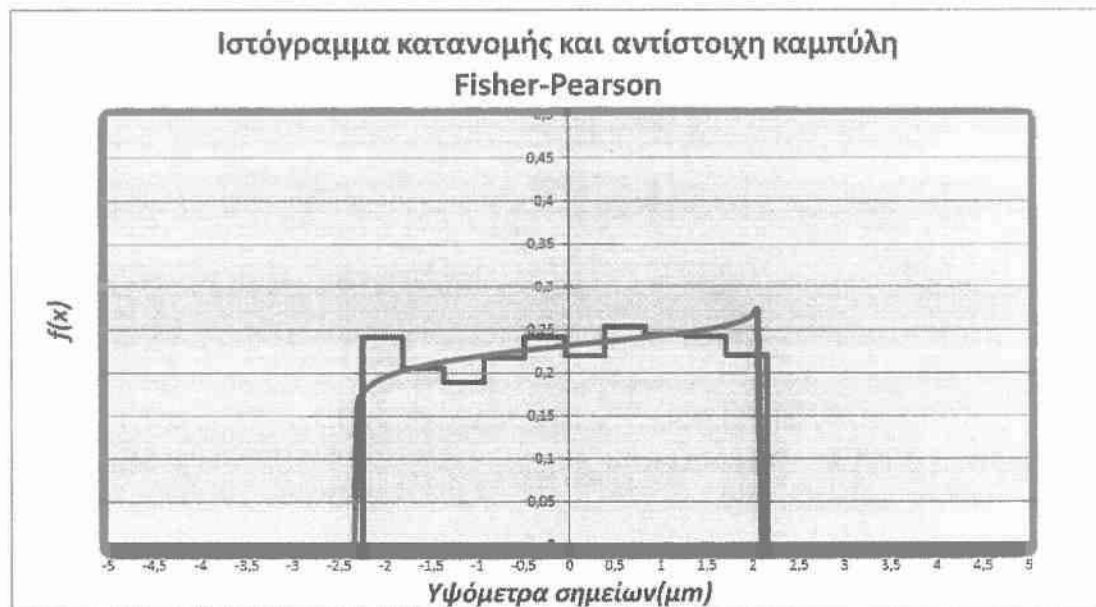
Σχήμα Π.2.1.17.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.1.18.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα με έντονη ασυμμετρία.

Π.2.2. Πρότυπο II ($F(x)=2,2*(2*\text{rand}()-1)$)



Σχήμα Π.2.2.1.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=3\mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.



Σχήμα Π.2.2.2.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=3\mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

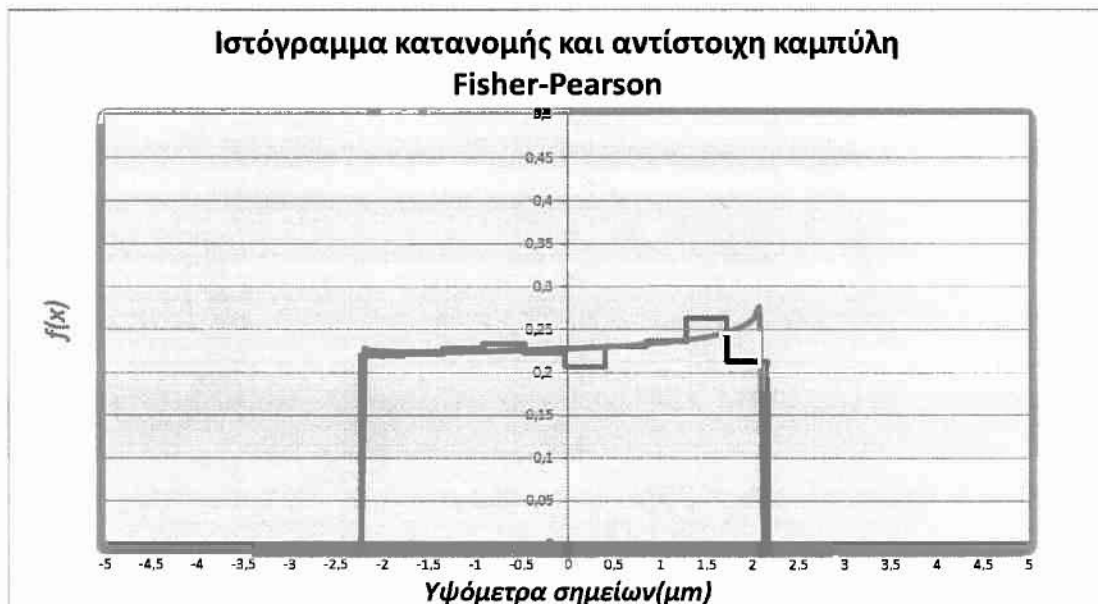
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.2.1. ΚΑΙ Π.2.2.2.:

Σχήμα Π.2.2.1.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.2.2.: Ιστόγραμμα και κατανομή ορθογωνικού τύπου.



Σχήμα Π.2.2.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2.5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.2.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2.5 \mu\text{m}$.

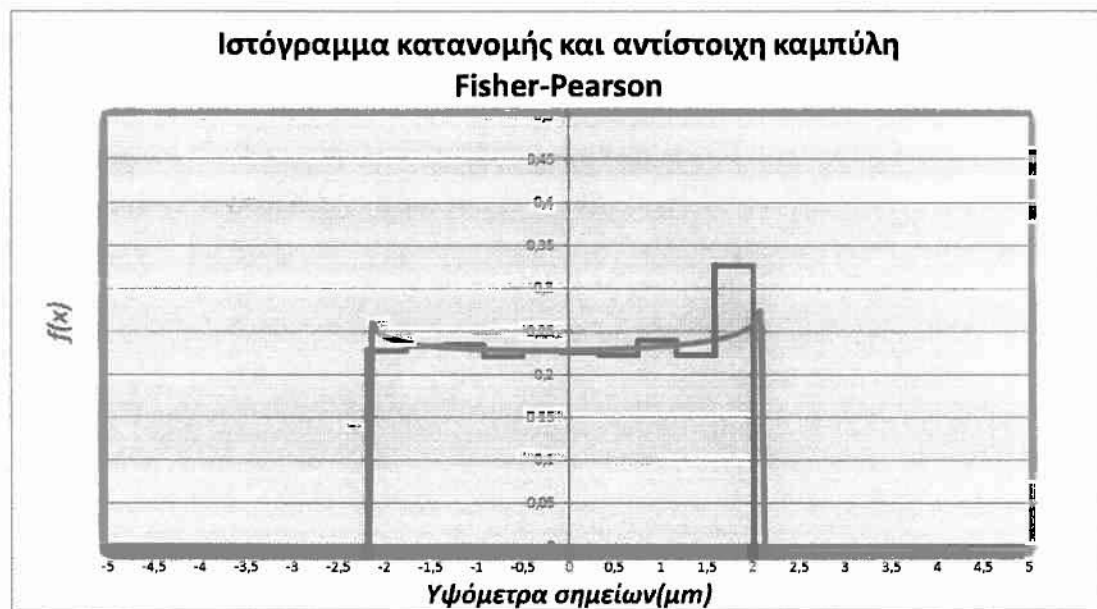
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.2.3. ΚΑΙ Π.2.2.4.:

Σχήμα Π.2.2.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.2.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή ορθογωνικού τύπου.



Σχήμα Π.2.2.5.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=2$ μm.



Σχήμα Π.2.2.6.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2$ μm.

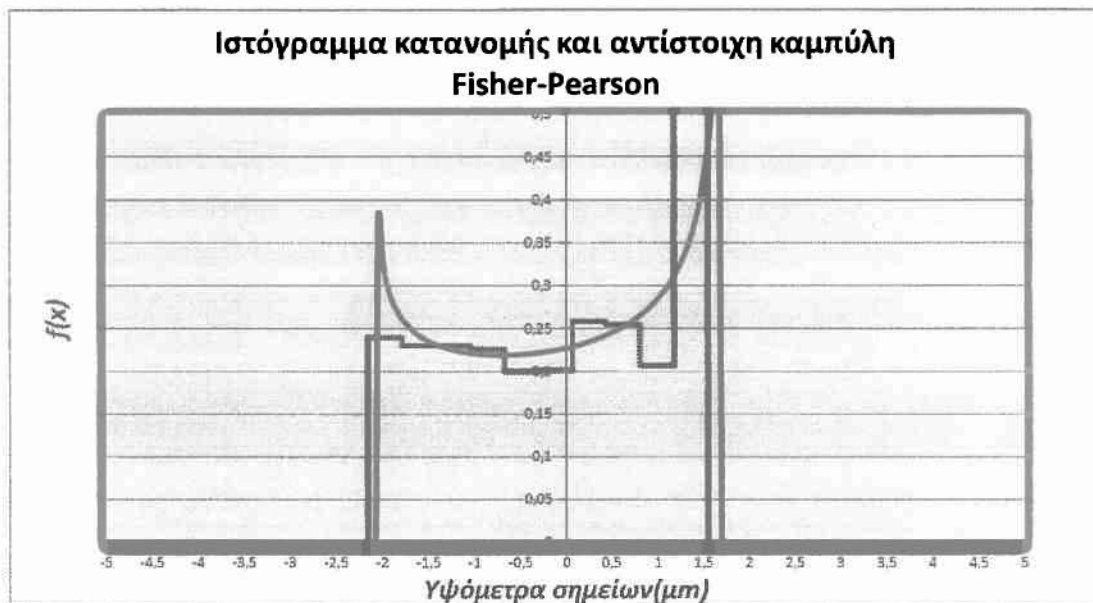
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.2.5. ΚΑΙ Π.2.2.6.:

Σχήμα Π.2.2.5.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.2.6.: Ιστόγραμμα και κατανομή ορθογωνικού τύπου.



Σχήμα Π.2.2.7.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1.5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.2.8.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1.5 \mu\text{m}$.

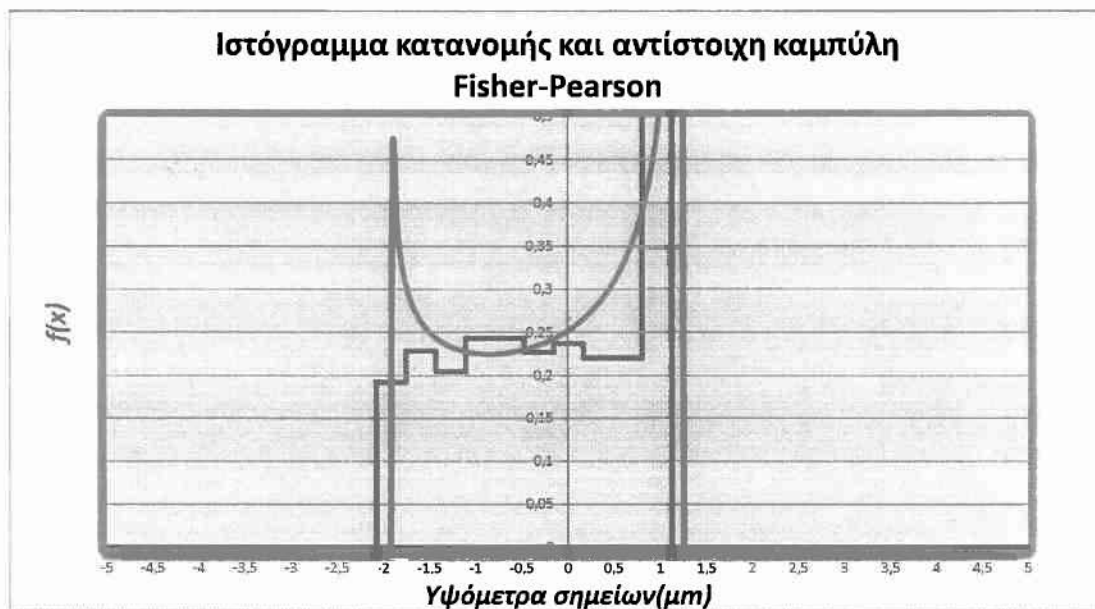
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.2.7. ΚΑΙ Π.2.2.8.:

Σχήμα Π.2.2.7.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.2.8.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << U >>.



Σχήμα Π.2.2.9.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.

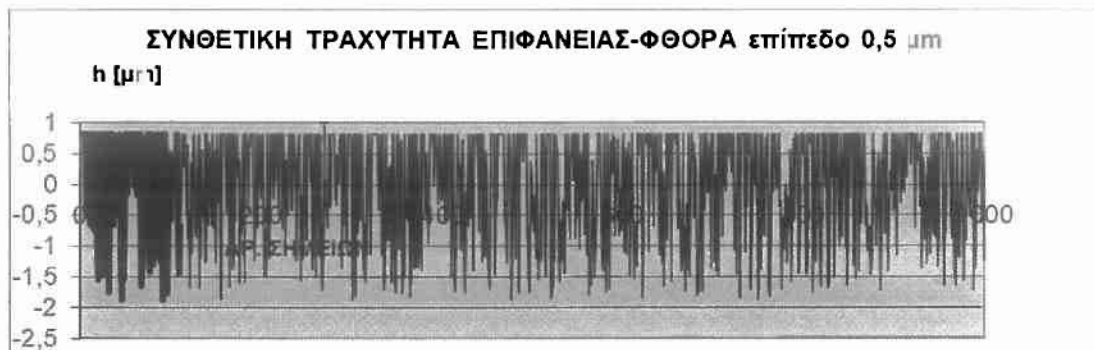


Σχήμα Π.2.2.10.: Ιστογράμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.

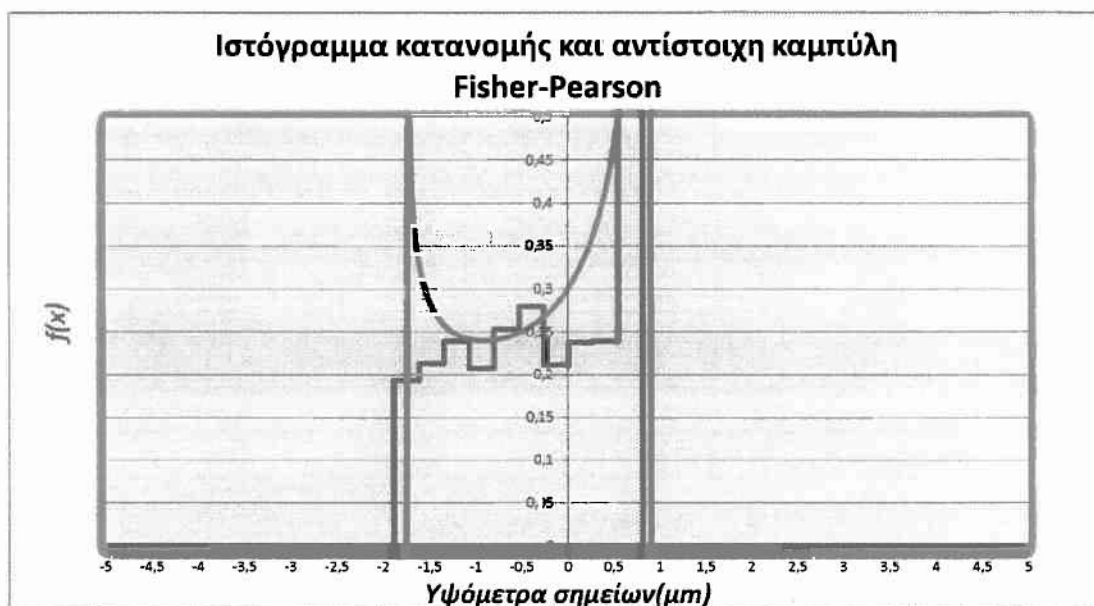
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.2.9. ΚΑΙ Π.2.2.10.:

Σχήμα Π.2.2.9.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.2.10.: Ιστογράμμα και κατανομή τύπου << U >>.



Σχήμα Π.2.2.11.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0.5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.2.12.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0,5 \mu\text{m}$.

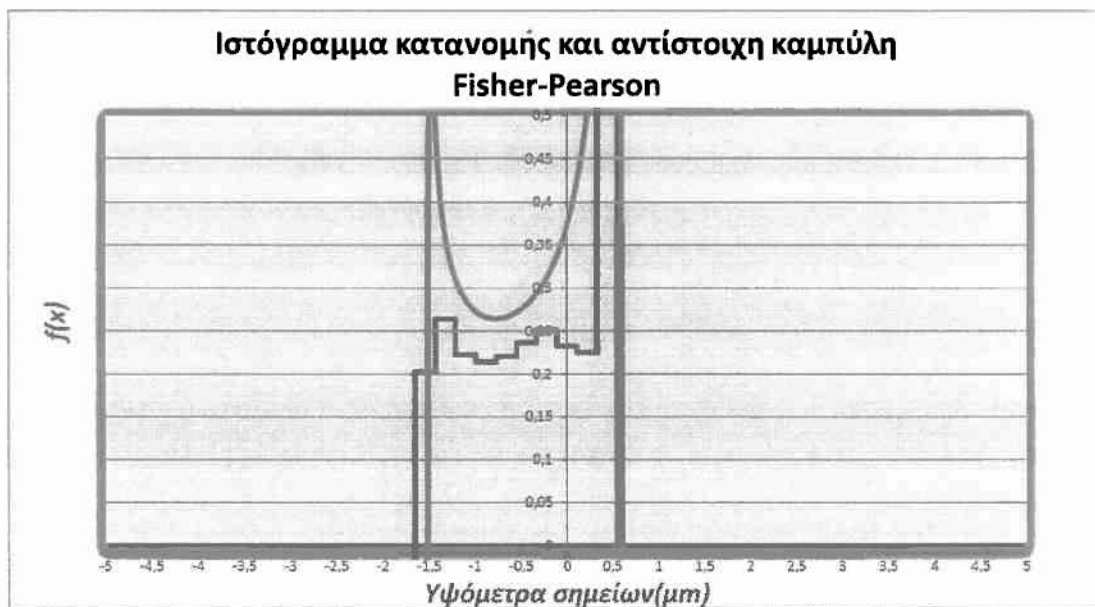
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.2.11. ΚΑΙ Π.2.2.12.:

Σχήμα Π.2.2.11.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.2.12.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << U >>.



Σχήμα Π.2.2.13.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

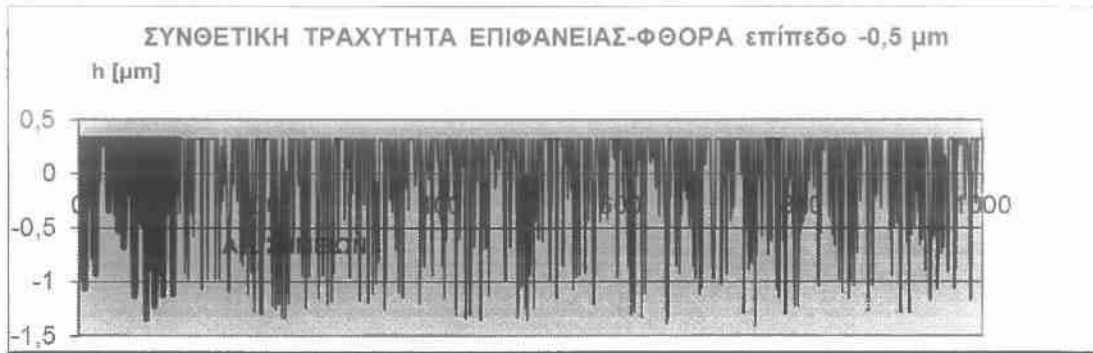


Σχήμα Π.2.2.14.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

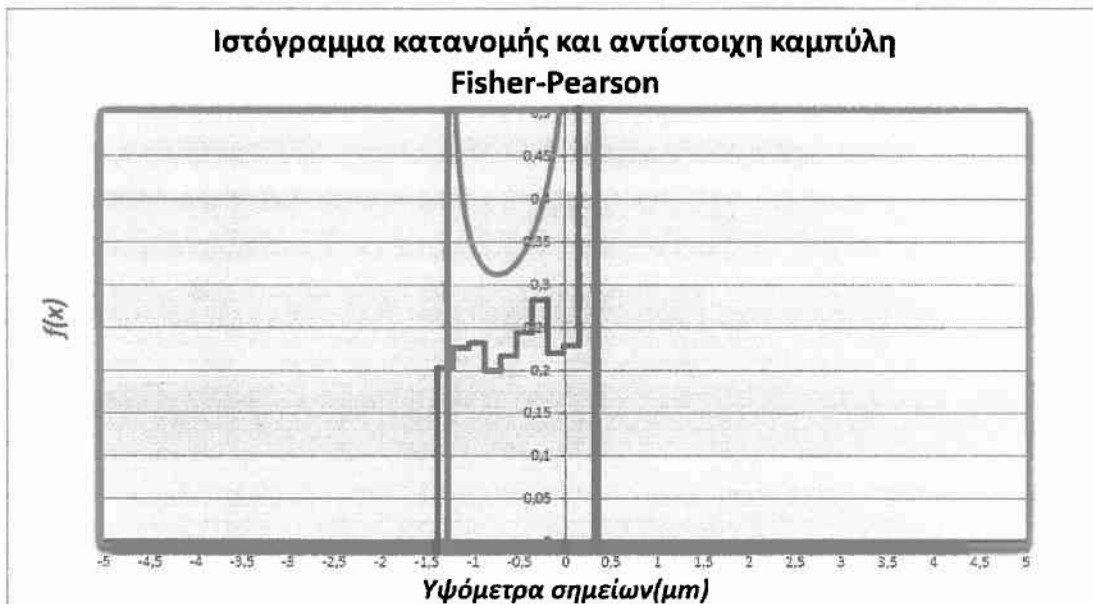
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.2.13. ΚΑΙ Π.2.2.14.:

Σχήμα Π.2.2.13.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.2.14.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << U >>.



Σχήμα Π.2.2.15.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-0.5\mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.2.16.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=-0,5\mu\text{m}$.

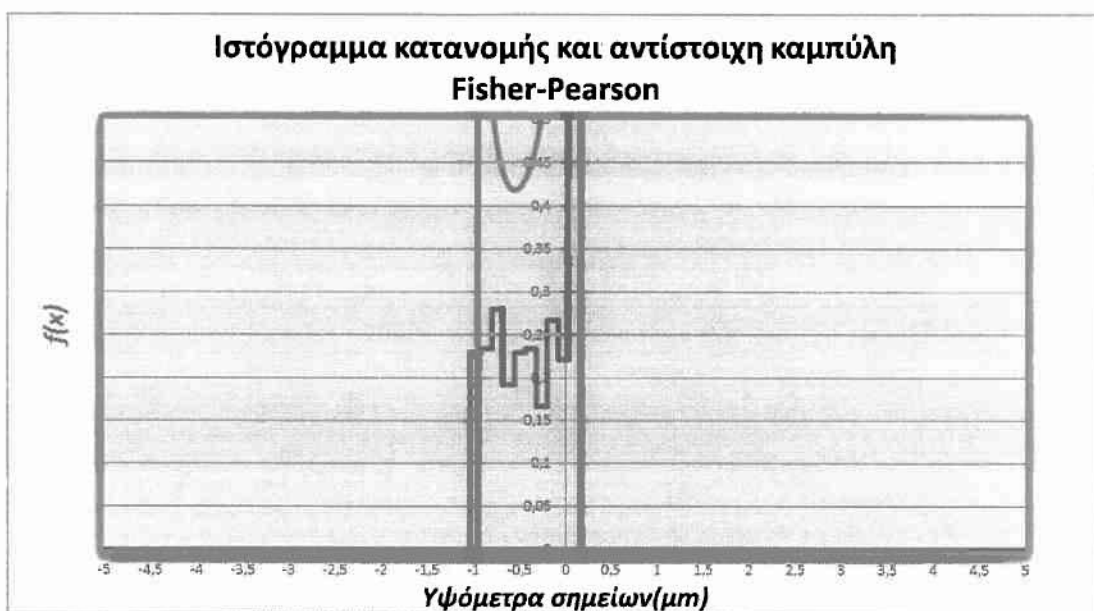
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.2.15. ΚΑΙ Π.2.2.16.:

Σχήμα Π.2.2.15.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.2.16.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << U >>.



Σχήμα Π.2.2.17.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w = -1 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.2.18.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 2) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w = -1 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.2.17. ΚΑΙ Π.2.2.18.:

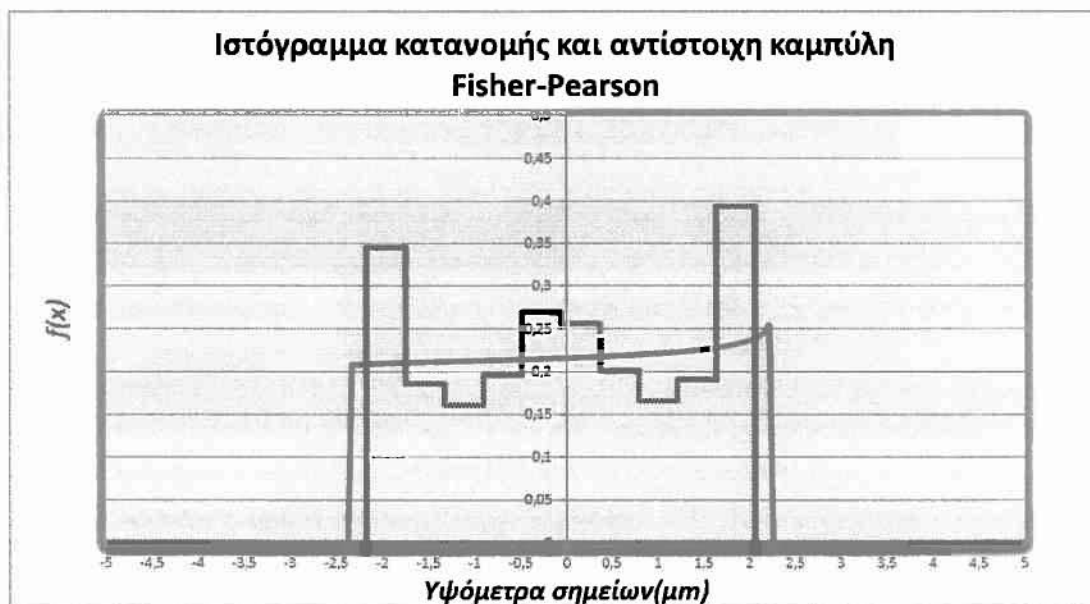
Σχήμα Π.2.2.17.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.2.18.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου $\ll U \gg$.

Π.2.3. Πρότυπο III ($F(x) = \text{SIN}(((2 * \text{RAND}() - 1) * \text{RAND}()) * 4) * 1,27 / 0,6$)



Σχήμα Π.2.3.1.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=2.5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.



Σχήμα Π.2.3.2.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2,5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

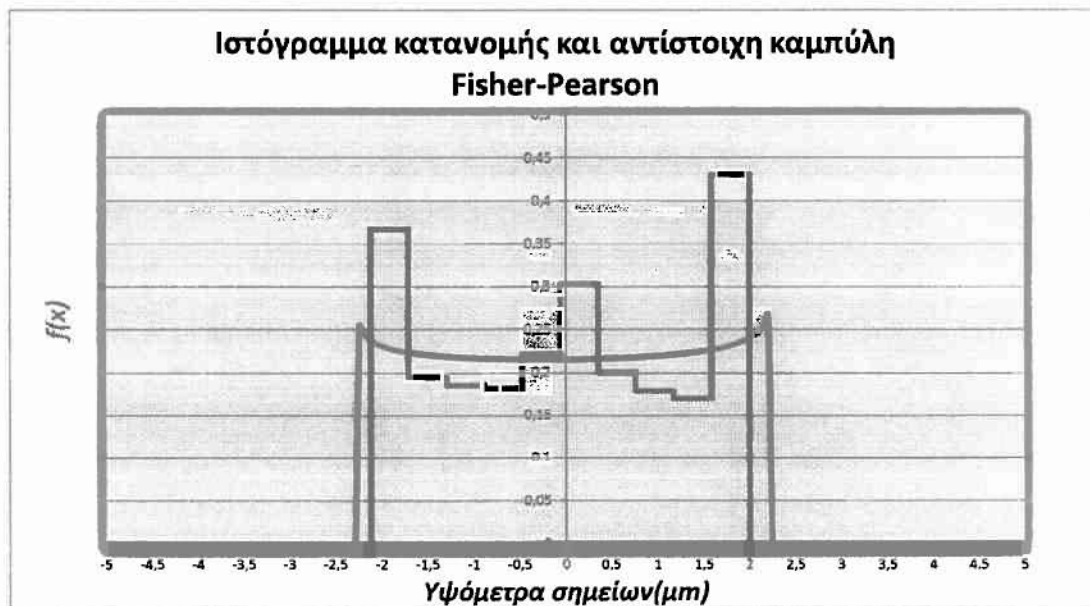
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.3.1. ΚΑΙ Π.2.3.2.:

Σχήμα Π.2.3.1.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.3.2.: Ιστόγραμμα και κατανομή ορθογωνικού τύπου.



Σχήμα Π.2.3.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=2 \mu\text{m}$.

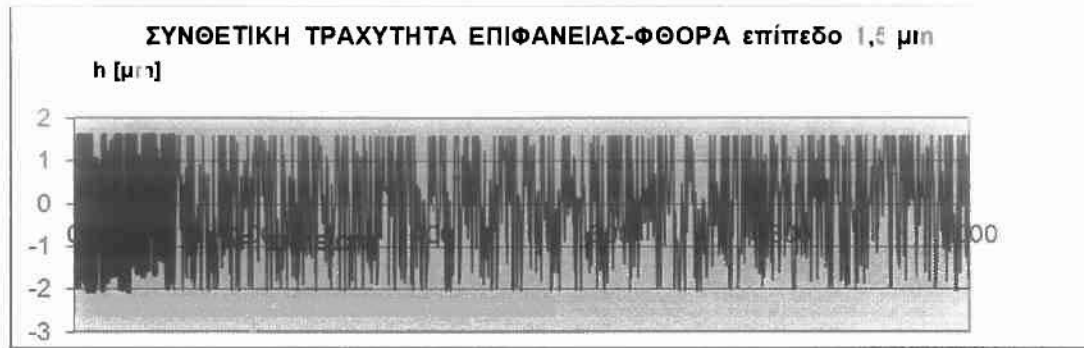


Σχήμα Π.2.3.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2 \mu\text{m}$.

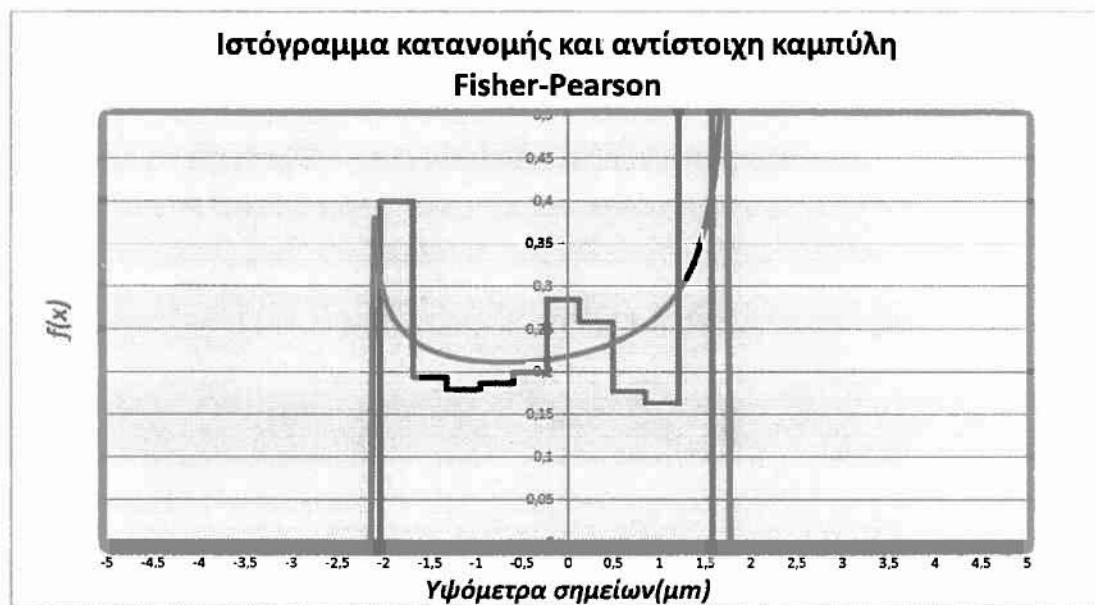
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.3.3. ΚΑΙ Π.2.3.4.:

Σχήμα Π.2.3.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, ($\kappa < 0$), μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.3.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή ορθογωνικού τύπου (μεταβατική κατάσταση).



Σχήμα Π.2.3.5.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1.5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.3.6.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1,5 \mu\text{m}$.

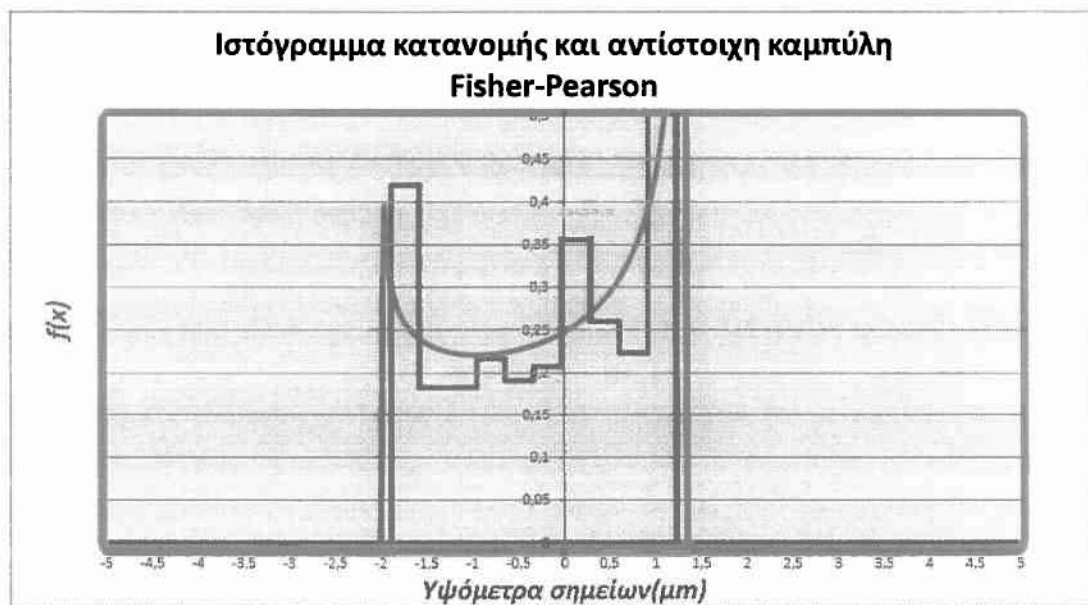
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.3.5. ΚΑΙ Π.2.3.6.:

Σχήμα Π.2.3.5.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.3.6.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου $\ll U \gg$.



Σχήμα Π.2.3.7.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.

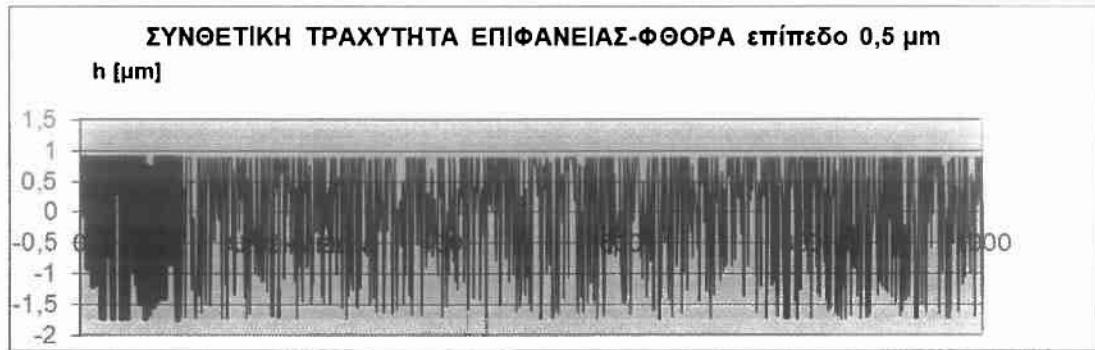


Σχήμα Π.2.3.8.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.

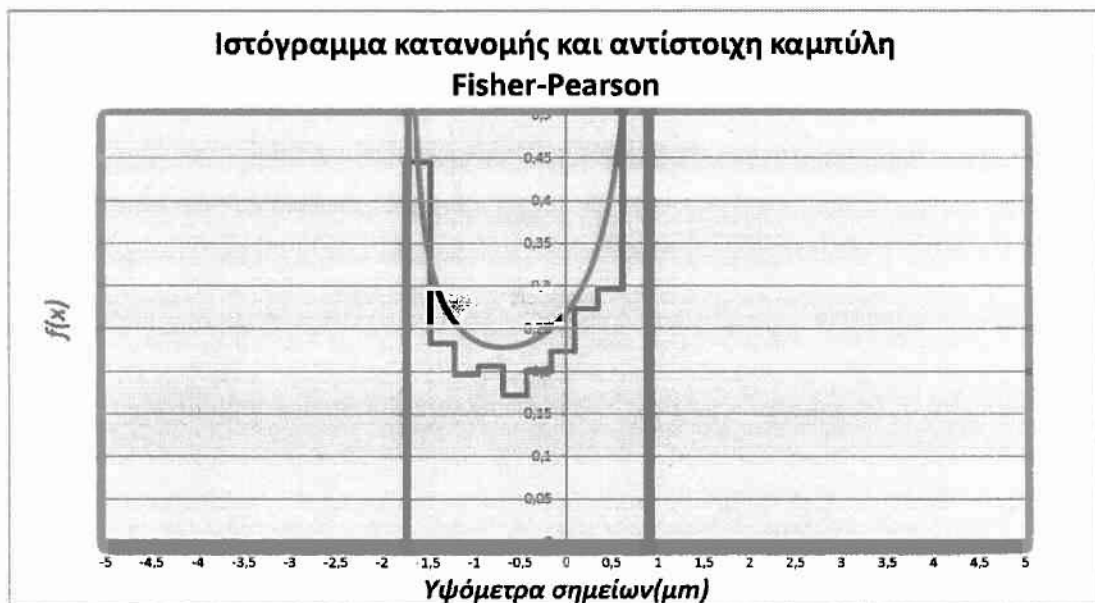
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.3.7. ΚΑΙ Π.2.3.8.:

Σχήμα Π.2.3.7.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ-μεταβατική φάση).

Σχήμα Π.2.3.8.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << U >>.



Σχήμα Π.2.3.9.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0.5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.3.10.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0,5 \mu\text{m}$.

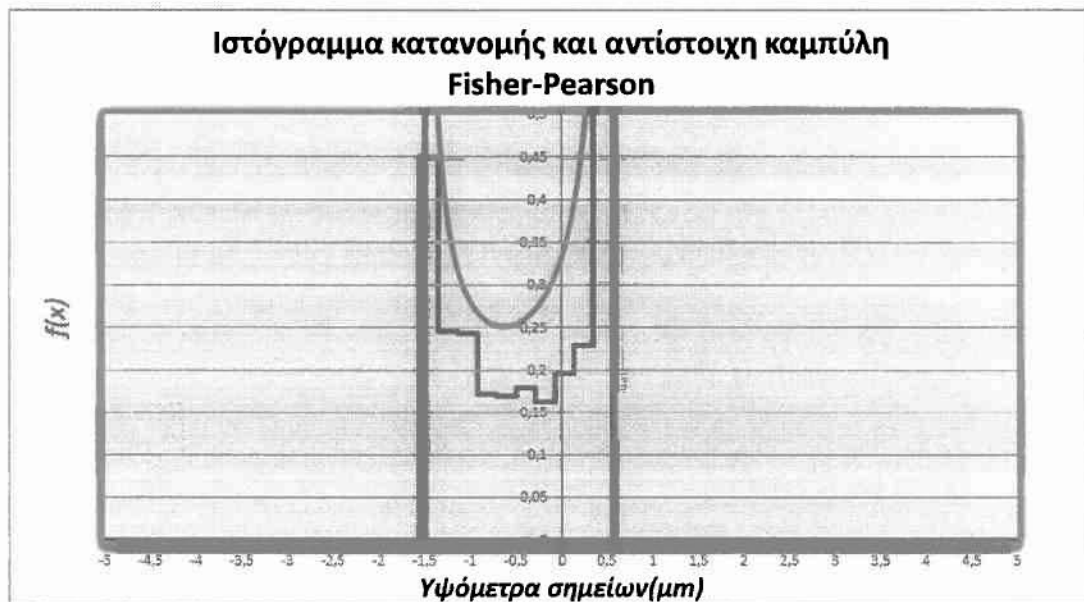
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.3.9. ΚΑΙ Π.2.3.10.:

Σχήμα Π.2.3.9.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων, εμφάνιση οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.3.10.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << U >>.



Σχήμα Π.2.3.11.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.3.12.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 3) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.3.11. ΚΑΙ Π.2.3.12.:

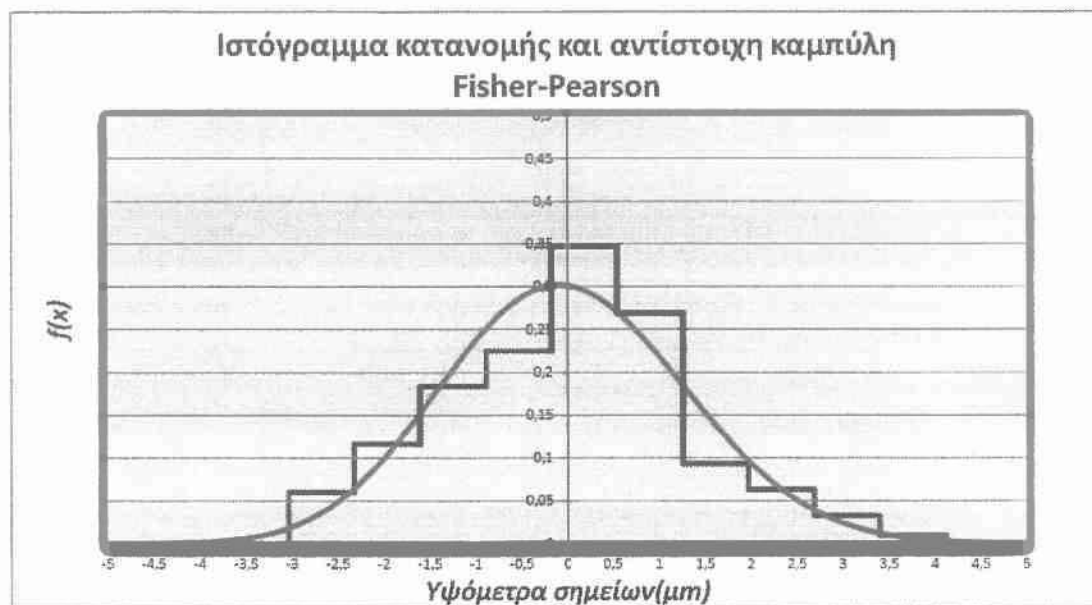
Σχήμα Π.2.3.11.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.3.12.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << U >>.

Π.2.4. Πρότυπο IV ($F(x) = ((2 * \text{RAND}()^2 - 1) * \text{RAND}()) * 4 * 1,27 / 1,39$)



Σχήμα Π.2.4.1.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=3,5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.



Σχήμα Π.2.4.2.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=3,5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

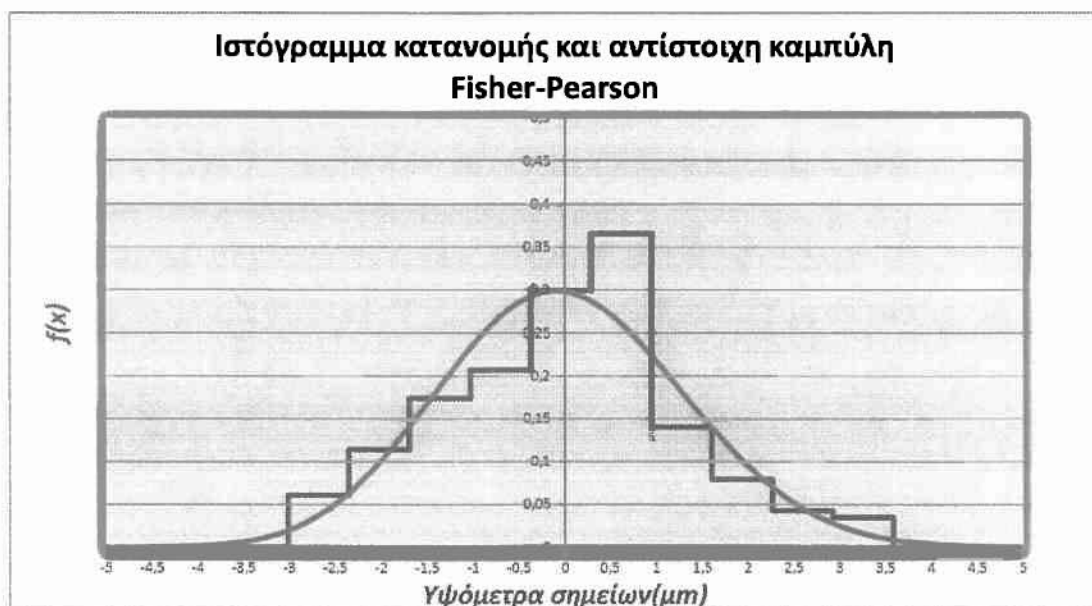
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.1. ΚΑΙ Π.2.4.2.:

Σχήμα Π.2.4.1.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.2.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.4.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=3 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.4.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=3 \mu\text{m}$.

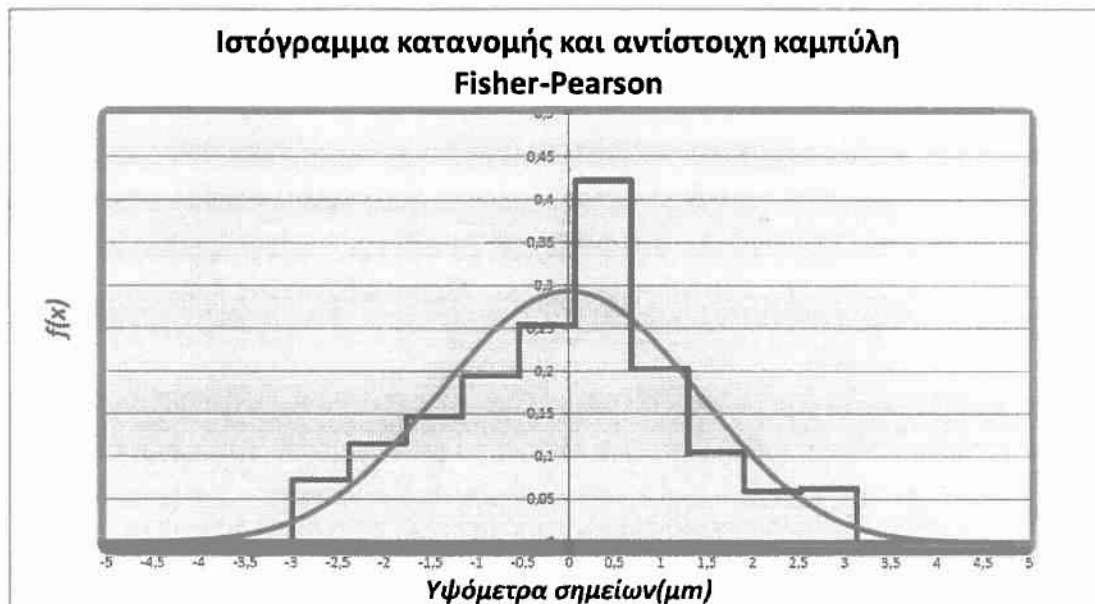
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.3. ΚΑΙ Π.2.4.4.:

Σχήμα Π.2.4.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπέδων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.4.5.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=2,5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.4.6.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=2,5\mu\text{m}$.

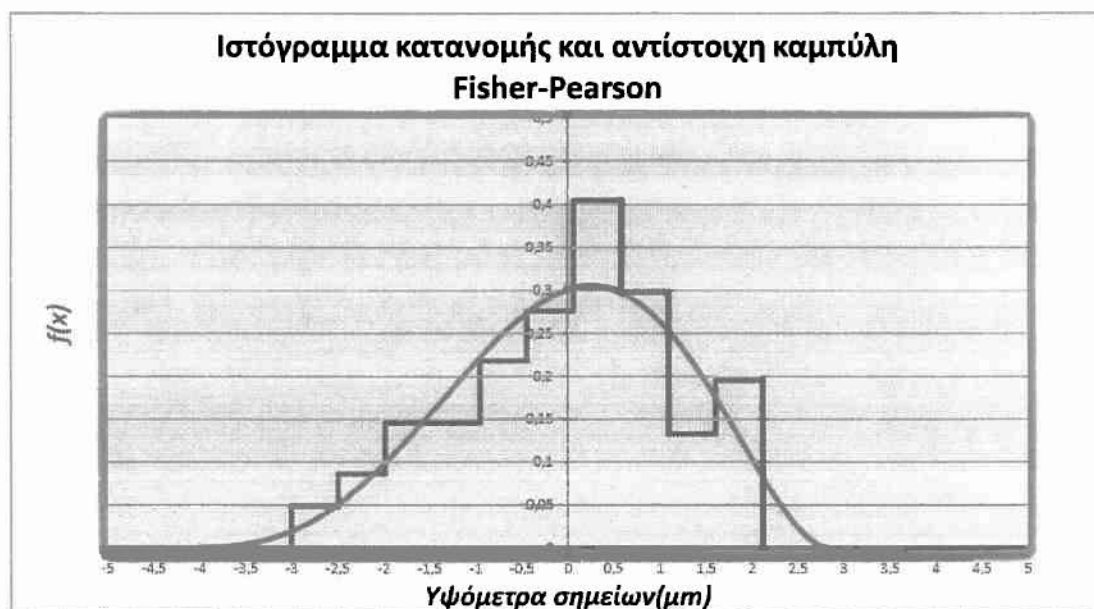
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.5. ΚΑΙ Π.2.4.6.:

Σχήμα Π.2.4.5.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.6.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.4.7.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1,5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.4.8.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1,5\mu\text{m}$.

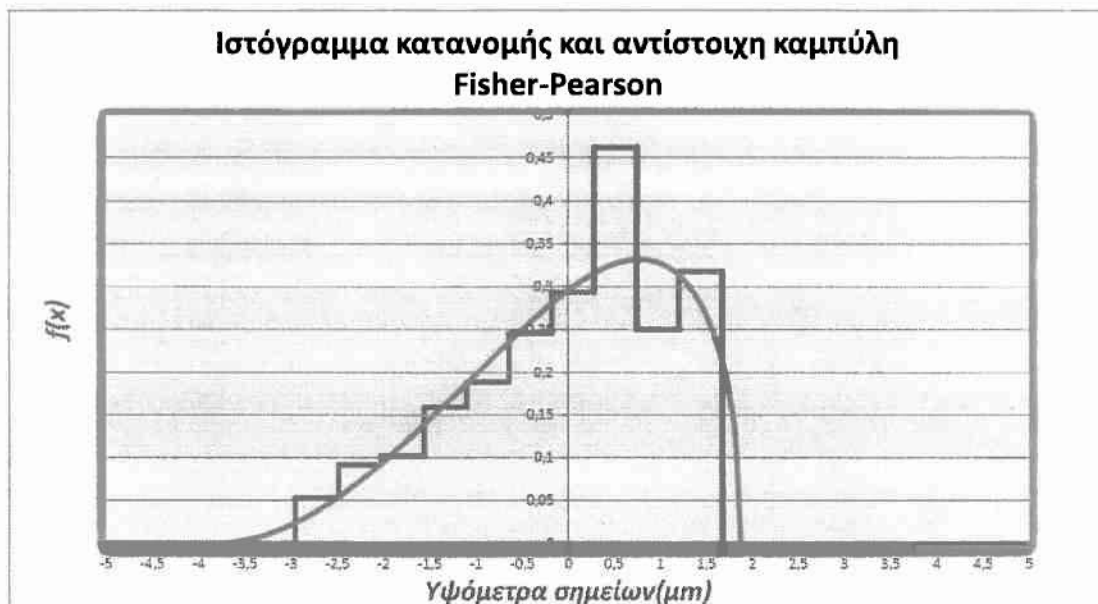
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.7. ΚΑΙ Π.2.4.8.:

Σχήμα Π.2.4.7.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.8.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.4.9.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.4.10.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1\mu\text{m}$.

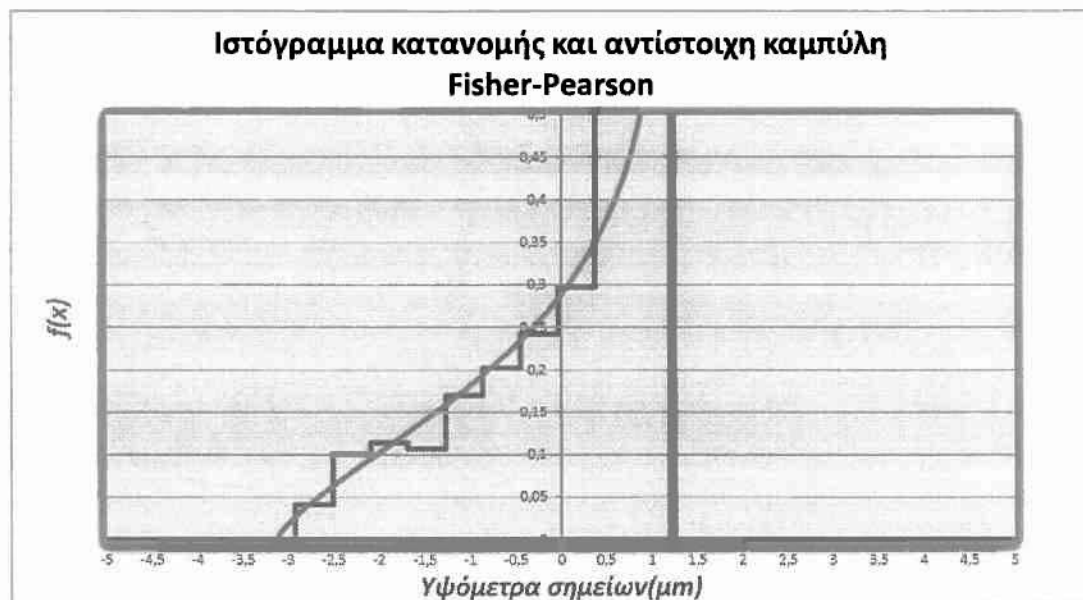
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.9. ΚΑΙ Π.2.4.10.:

Σχήμα Π.2.4.9.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.10.: Ιστόγραμμα και κατανομή με μορφή τύπου ασύμμετρου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.4.11.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0,5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.4.12.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0,5\mu\text{m}$.

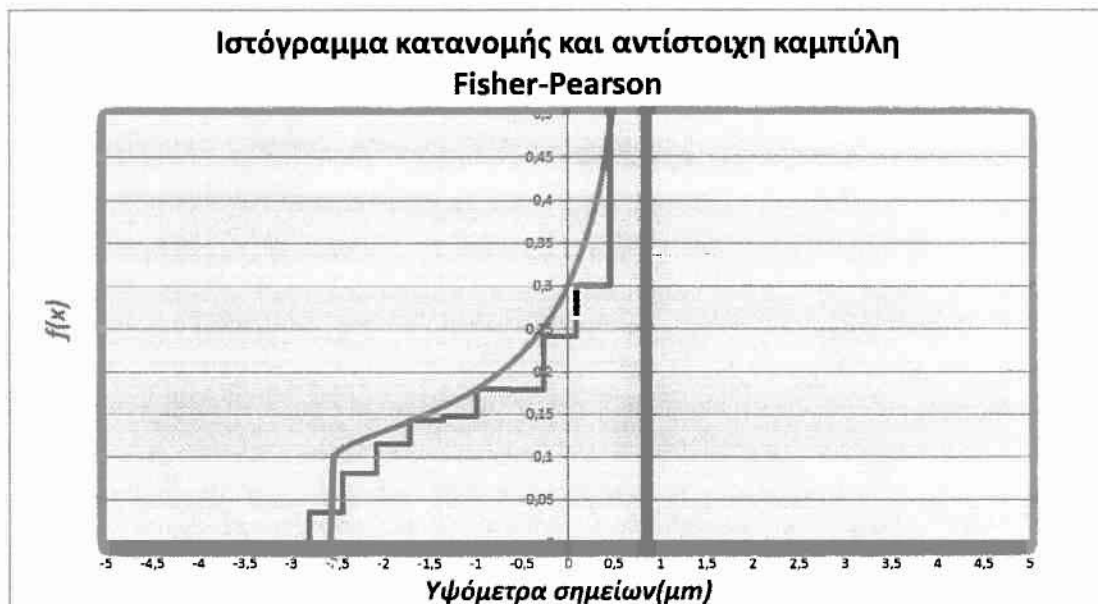
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.11. ΚΑΙ Π.2.4.12.:

Σχήμα Π.2.4.11.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.12.: Ιστόγραμμα και κατανομή με μορφή τύπου ασύμμετρου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.4.13.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

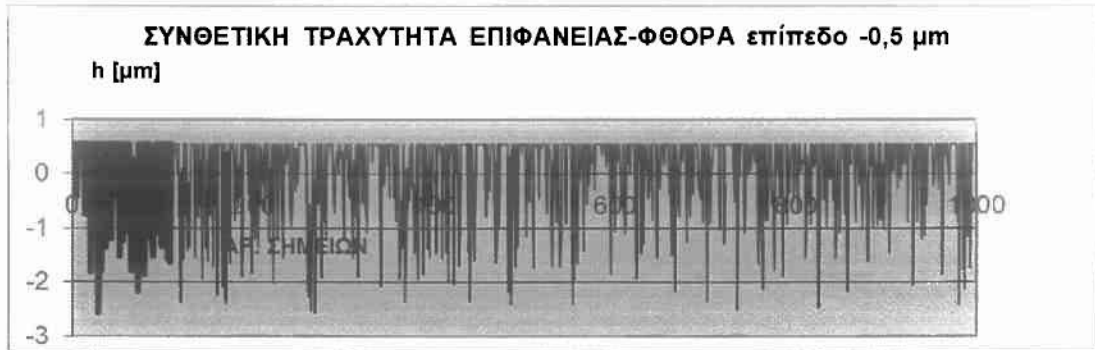


Σχήμα Π.2.4.14.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0\mu\text{m}$.

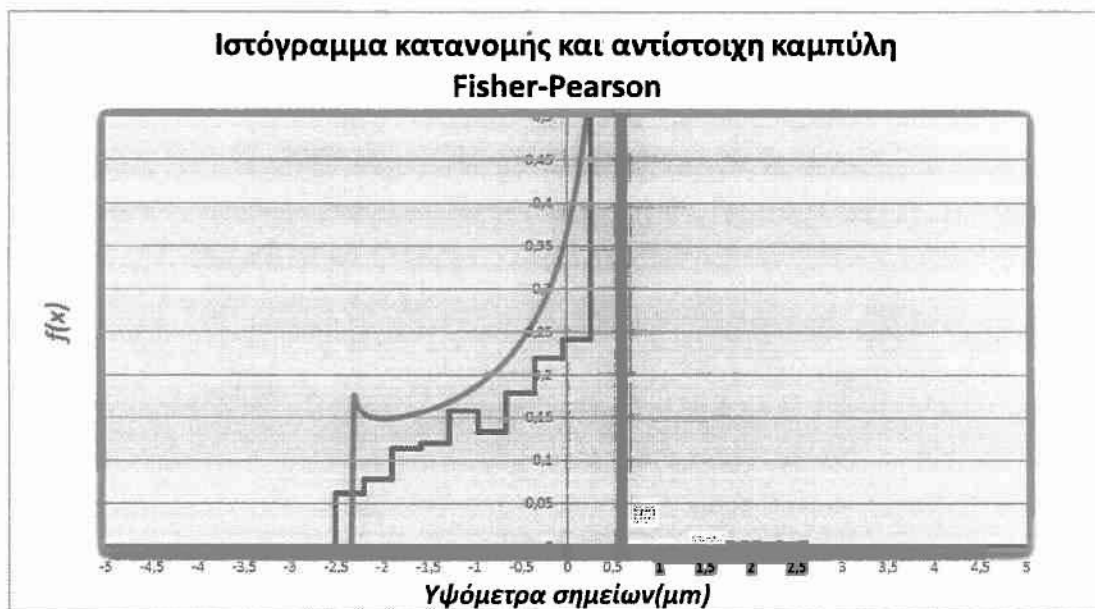
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.13. ΚΑΙ Π.2.4.14.:

Σχήμα Π.2.4.13.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.14.: Ιστόγραμμα και κατανομή με μορφή τύπου << J >>.



Σχήμα Π.2.4.15.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-0,5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.4.16.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-0.5 \mu\text{m}$.

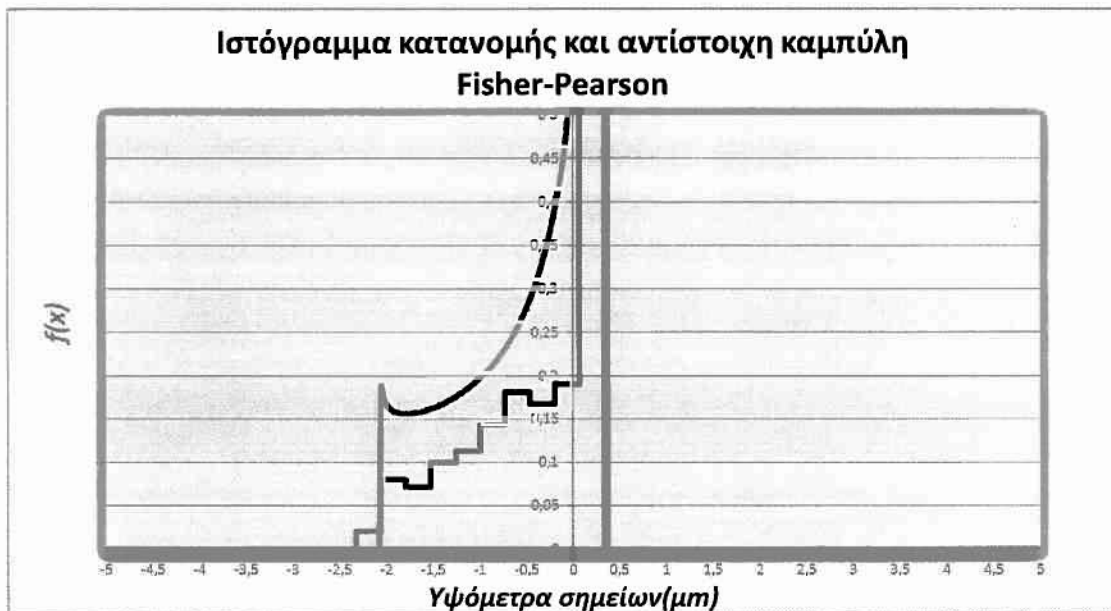
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.15. ΚΑΙ Π.2.4.16.:

Σχήμα Π.2.4.15.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.16.: Ιστόγραμμα και κατανομή με μορφή τύπου << J >>.



Σχήμα Π.2.4.17.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.4.18.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.

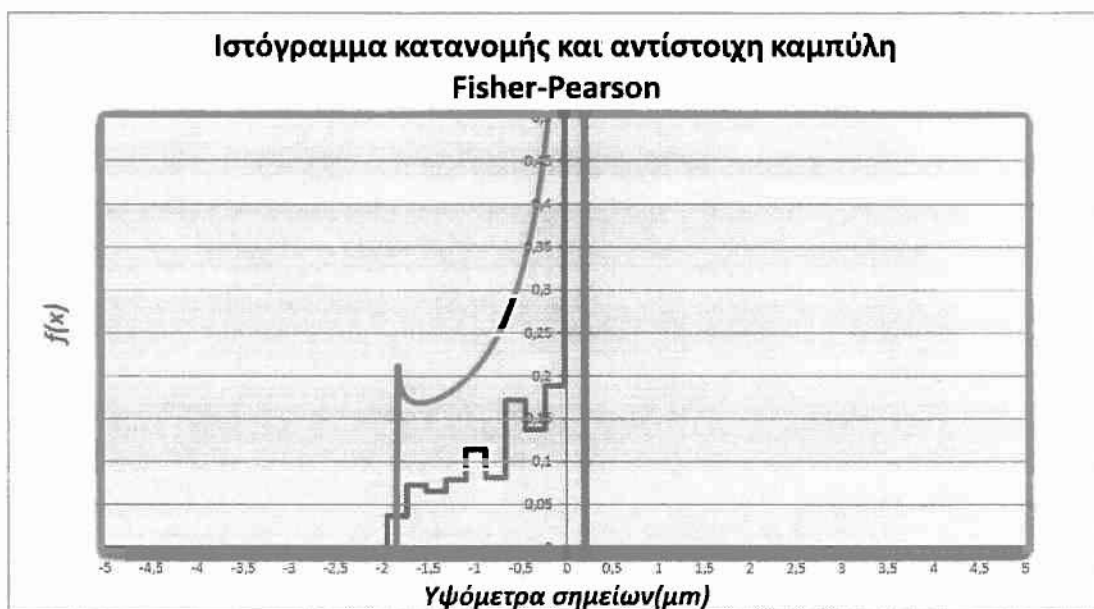
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.17. ΚΑΙ Π.2.4.18.:

Σχήμα Π.2.4.17.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.18.: Ιστόγραμμα και κατανομή με μορφή τύπου << J >>.



Σχήμα Π.2.4.19.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-1,5 \mu\text{m}$.



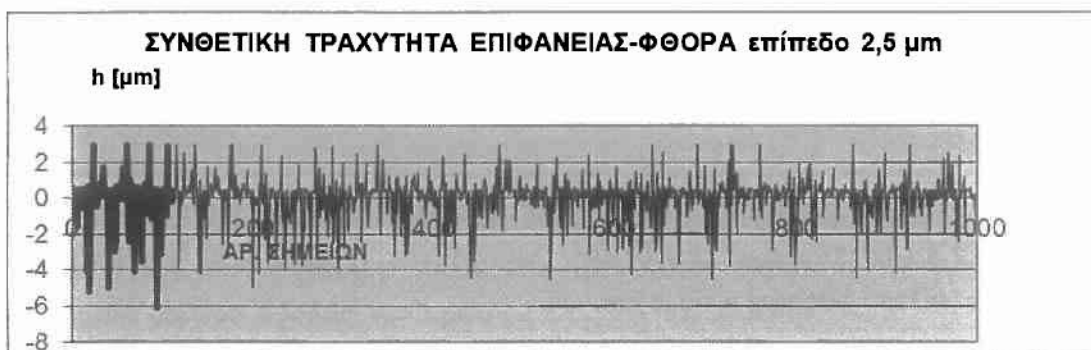
Σχήμα Π.2.4.20.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 4) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-1.5 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.4.19. ΚΑΙ Π.2.4.20.:

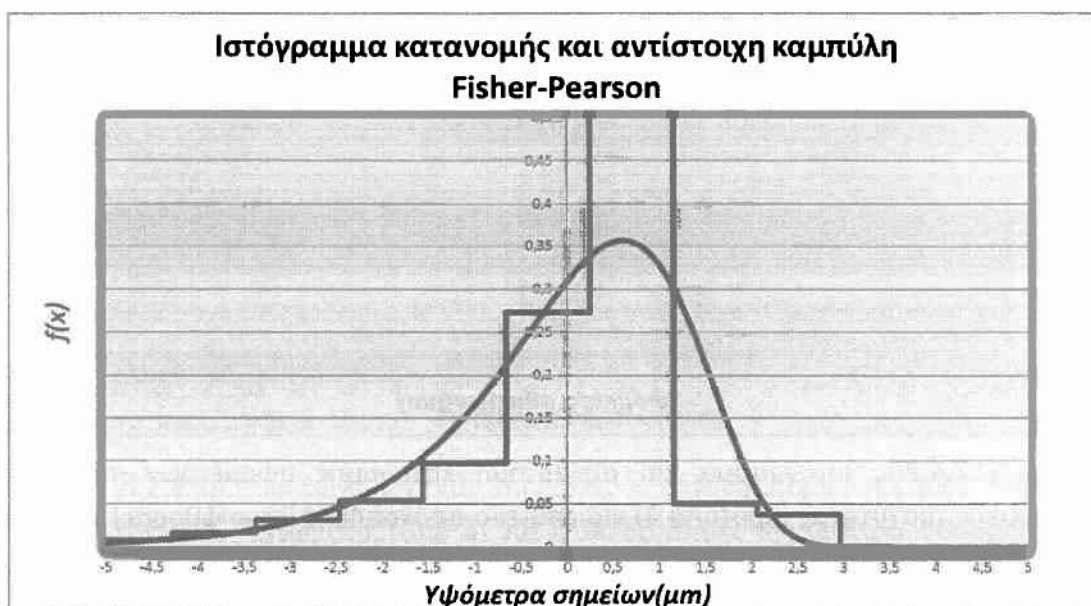
Σχήμα Π.2.4.19.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.4.20.: Ιστόγραμμα και κατανομή με μορφή τύπου << J >>.

Π.2.5. Πρότυπο V ($F(x) = ((2 * \text{RAND}()^2 - 1) * \text{RAND}()^2) * 4 * \text{SIN}(\text{RAND}()) * 1,27 / 0,6$)



Σχήμα Π.2.5.1.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=2.5 \mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.



Σχήμα Π.2.5.2.: Ιστογράμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2.5\mu\text{m}$, στην συγκεκριμένη περίπτωση αρχική κατάσταση χωρίς φθορά.

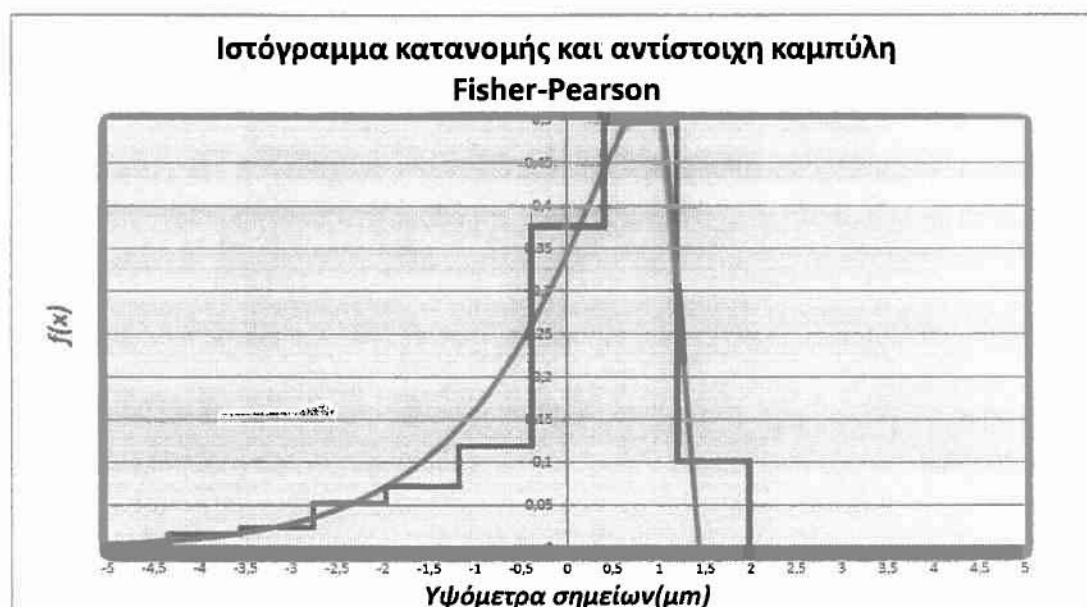
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.5.1. ΚΑΙ Π.2.5.2.:

Σχήμα Π.2.5.1.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας χωρίς φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων-απουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.5.2.: Ιστογράμμα και κατανομή τύπου κώδωνα.



Σχήμα Π.2.5.3.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1.5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.5.4.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1.5 \mu\text{m}$.

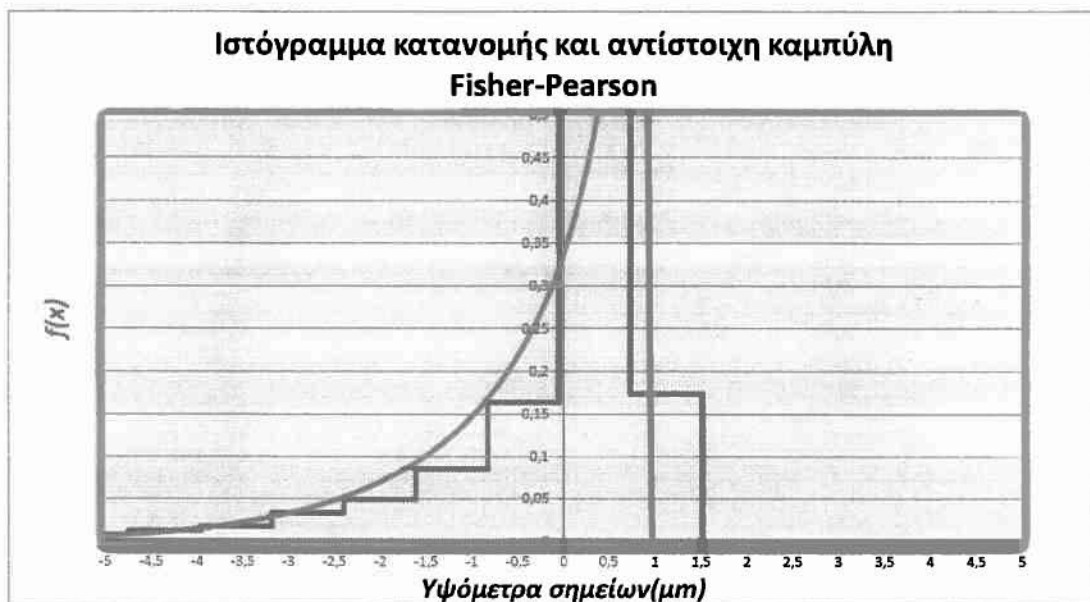
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.5.3. ΚΑΙ Π.2.5.4.:

Σχήμα Π.2.5.3.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.5.4.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου κώδωνα με έντονη ασυμμετρία.



Σχήμα Π.2.5.5.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.

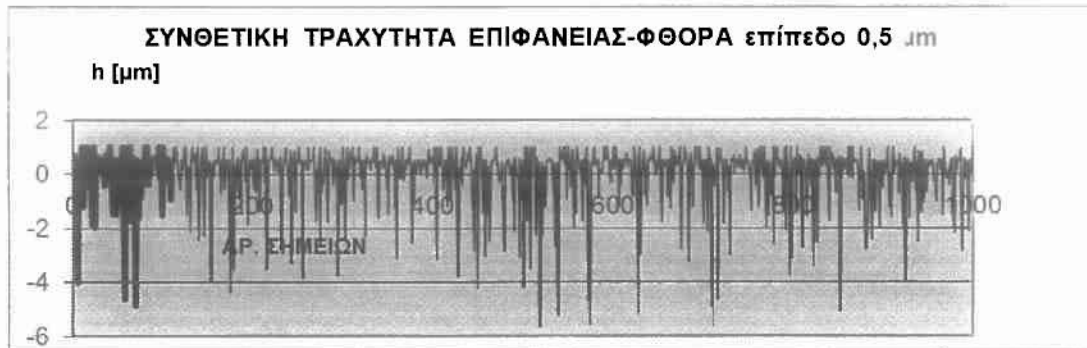


Σχήμα Π.2.5.6.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=1 \mu\text{m}$.

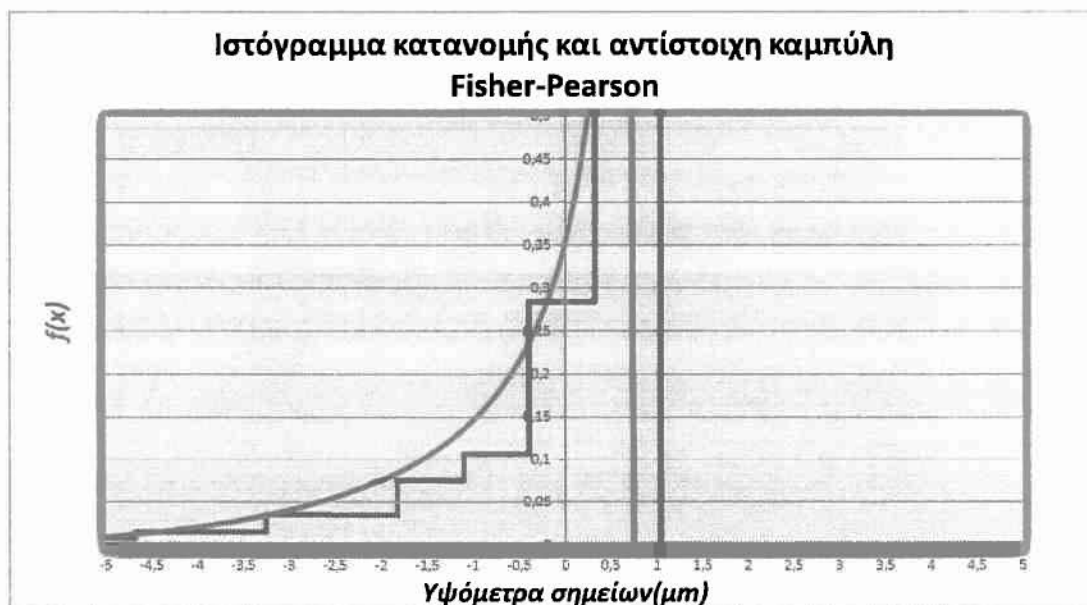
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.5.5. ΚΑΙ Π.2.5.6.:

Σχήμα Π.2.5.5.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.5.6.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << J >>.



Σχήμα Π.2.5.7.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0.5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.5.8.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0.5 \mu\text{m}$.

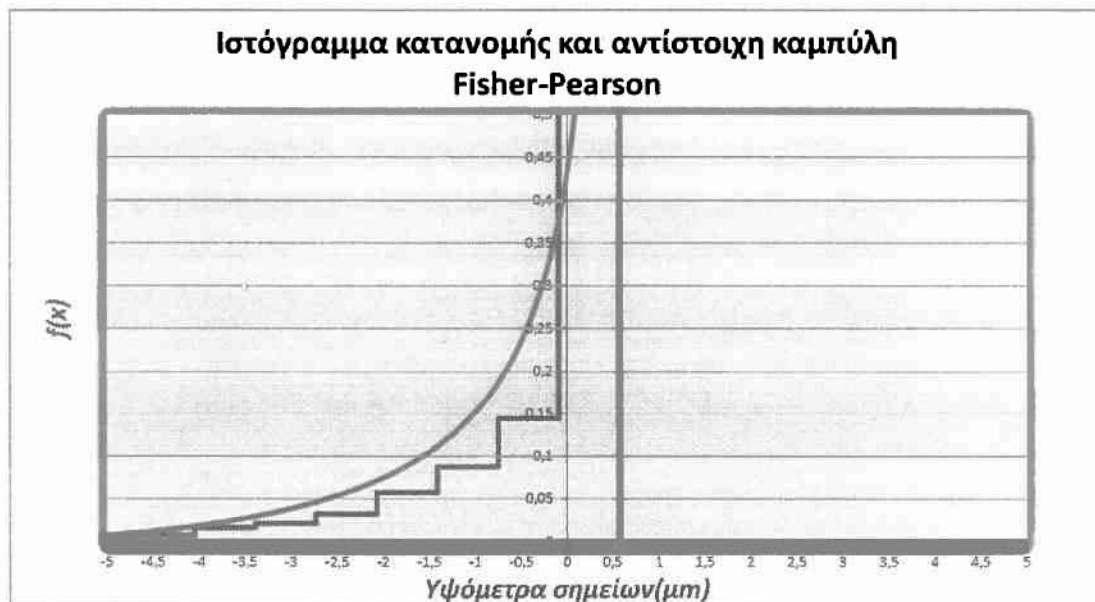
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.5.7. ΚΑΙ Π.2.5.8.:

Σχήμα Π.2.5.7.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, μη εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.5.8.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << J >>.



Σχήμα Π.2.5.9.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.5.10.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=0 \mu\text{m}$.

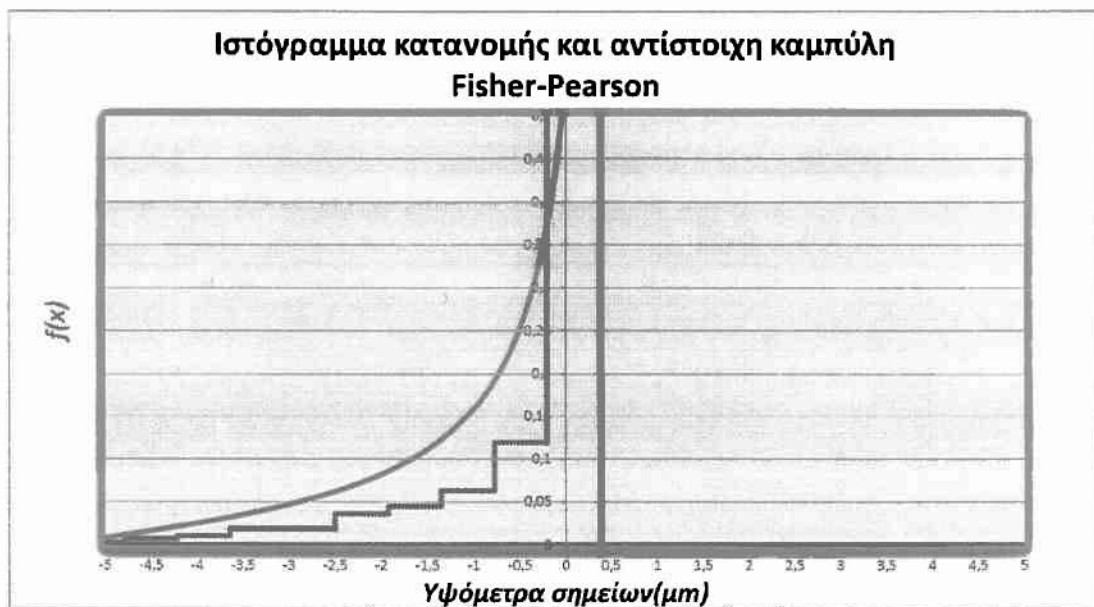
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.5.9. ΚΑΙ Π.2.5.10.:

Σχήμα Π.2.5.7.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων, εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.5.8.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου $\ll J \gg$.



Σχήμα Π.2.5.11.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-0.5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.5.12.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=-0.5 \mu\text{m}$.

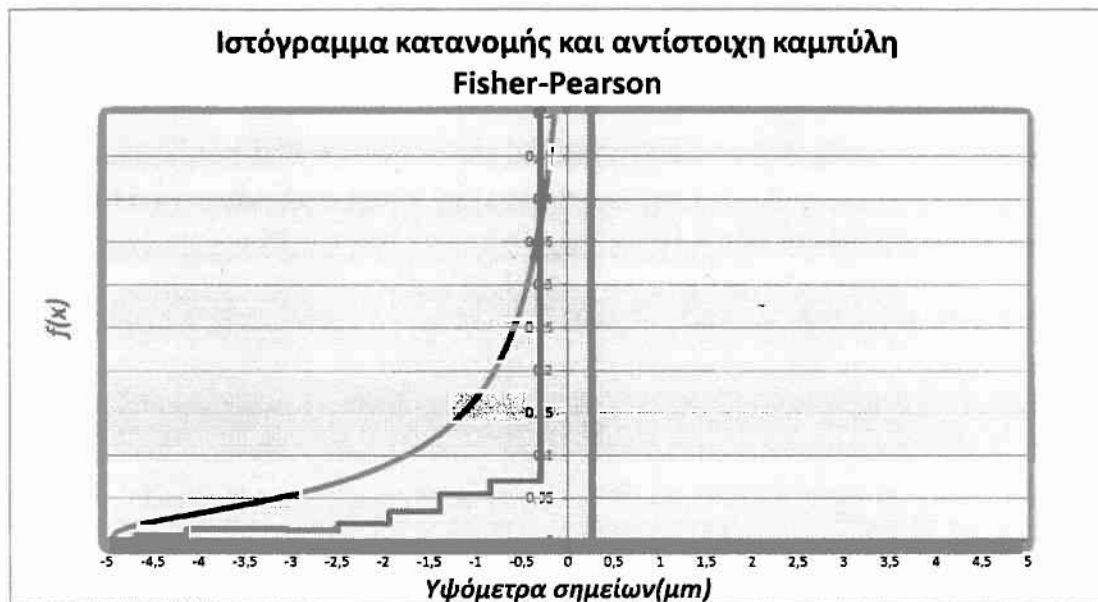
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.5.11. ΚΑΙ Π.2.5.12.:

Σχήμα Π.2.5.11.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.5.12.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << J >>.



Σχήμα Π.2.5.13.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-1 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.5.14.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=-1 \mu\text{m}$.

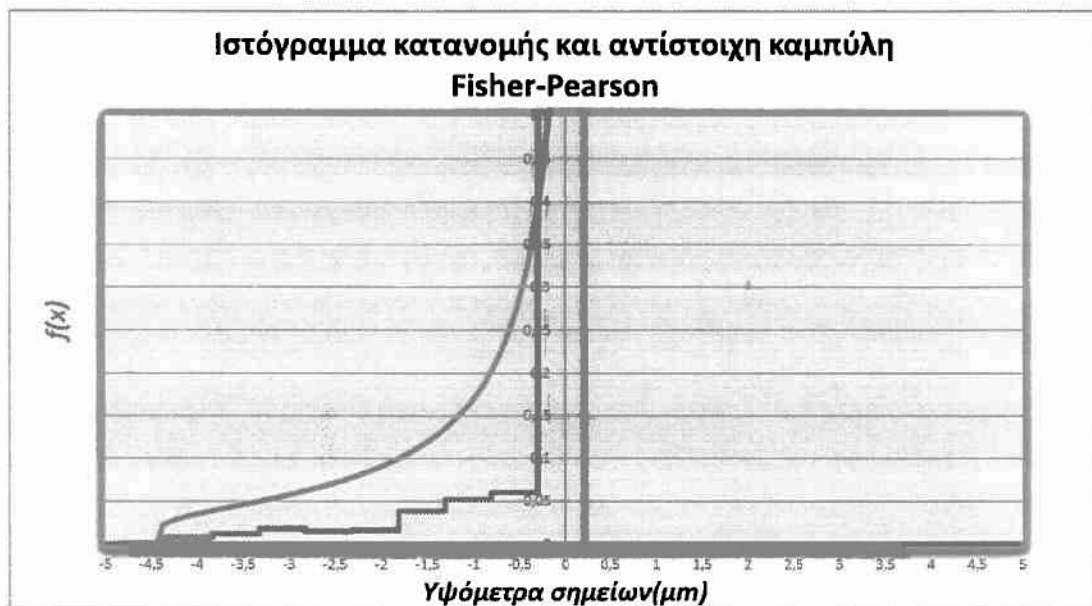
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.5.13. ΚΑΙ Π.2.5.14.:

Σχήμα Π.2.5.13.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων, εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.5.14.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << J >>.



Σχήμα Π.2.5.15.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=-1.5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.5.16.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψομέτρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=-1.5 \mu\text{m}$.

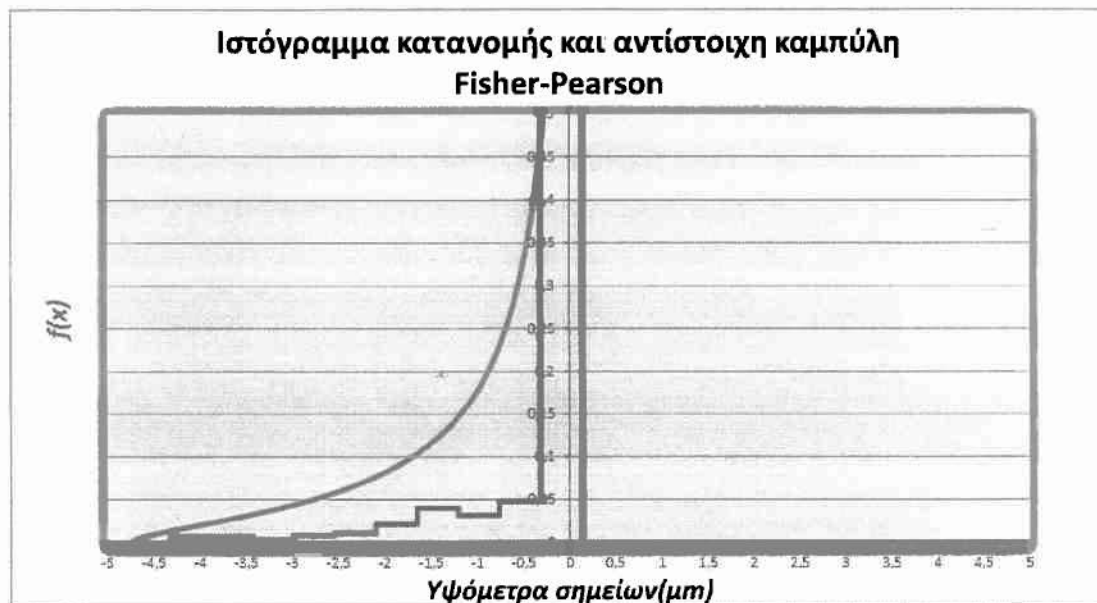
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.5.15. ΚΑΙ Π.2.5.16.:

Σχήμα Π.2.5.15.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψομέτρων των σημείων, εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.5.16.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου $\ll J \gg$.



Σχήμα Π.2.5.17.: Κατατομή συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής (φίλτρο φθοράς) $w=2 \mu\text{m}$.



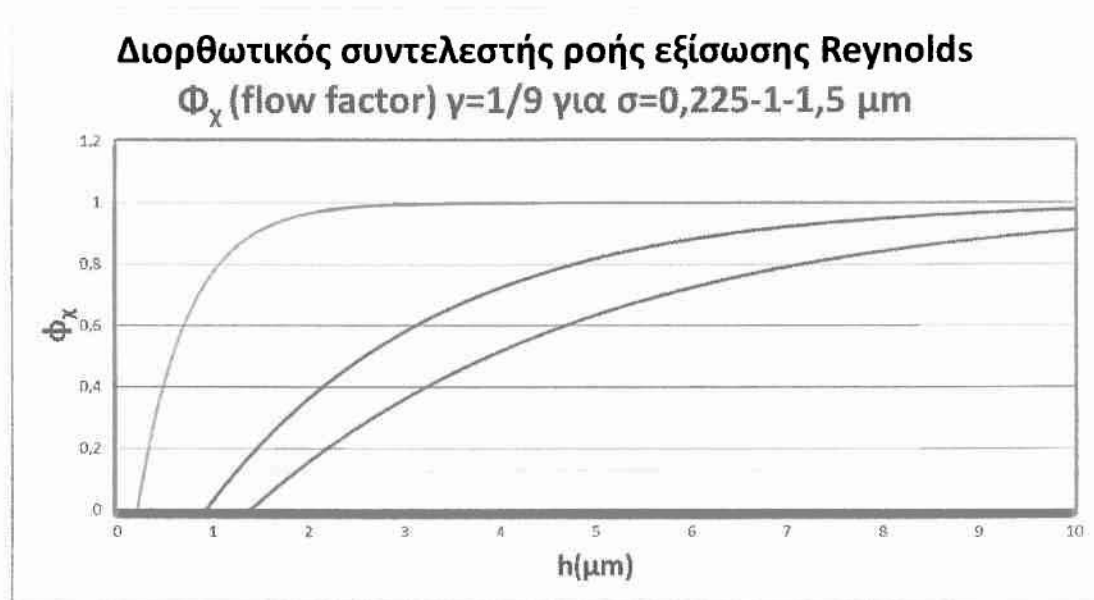
Σχήμα Π.2.5.18.: Ιστόγραμμα και συνάρτηση κατανομής υψόμετρων σημείων συνθετικής τραχύτητας (πρότυπο 5) για επίπεδο αποκοπής(φίλτρο φθοράς) $w=2 \mu\text{m}$.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Π.2.5.17. ΚΑΙ Π.2.5.18.:

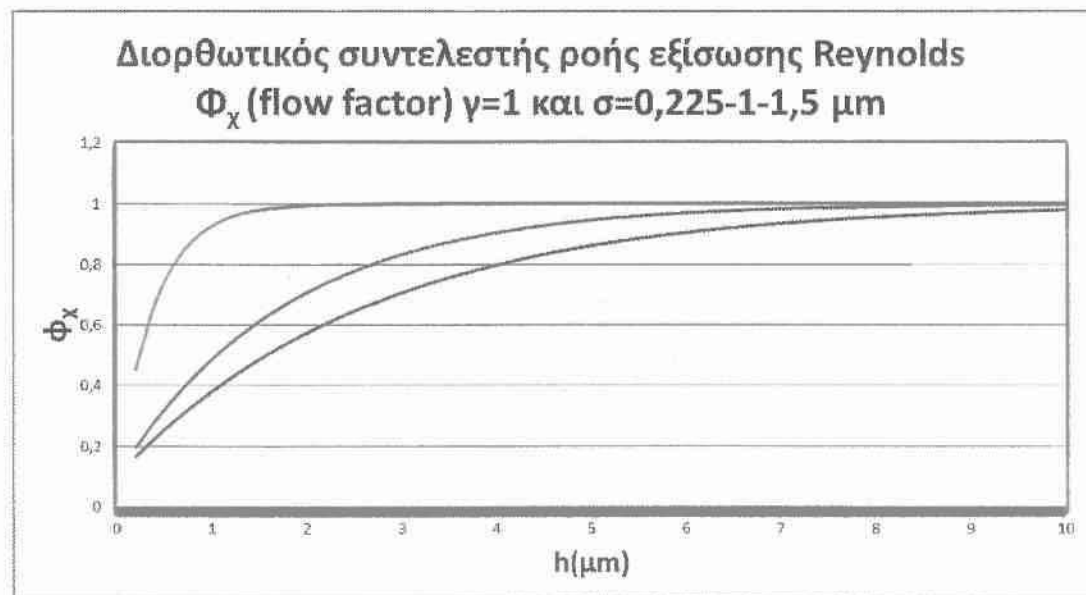
Σχήμα Π.2.5.17.: Κατατομή με χαρακτηριστικά επιφάνειας με φθορά με εμφανή τα άνω και κάτω όρια του πληθυσμού των υψόμετρων των σημείων, εμφανής παρουσία οροπεδίων (πλατώ).

Σχήμα Π.2.5.18.: Ιστόγραμμα και κατανομή τύπου << J >>.

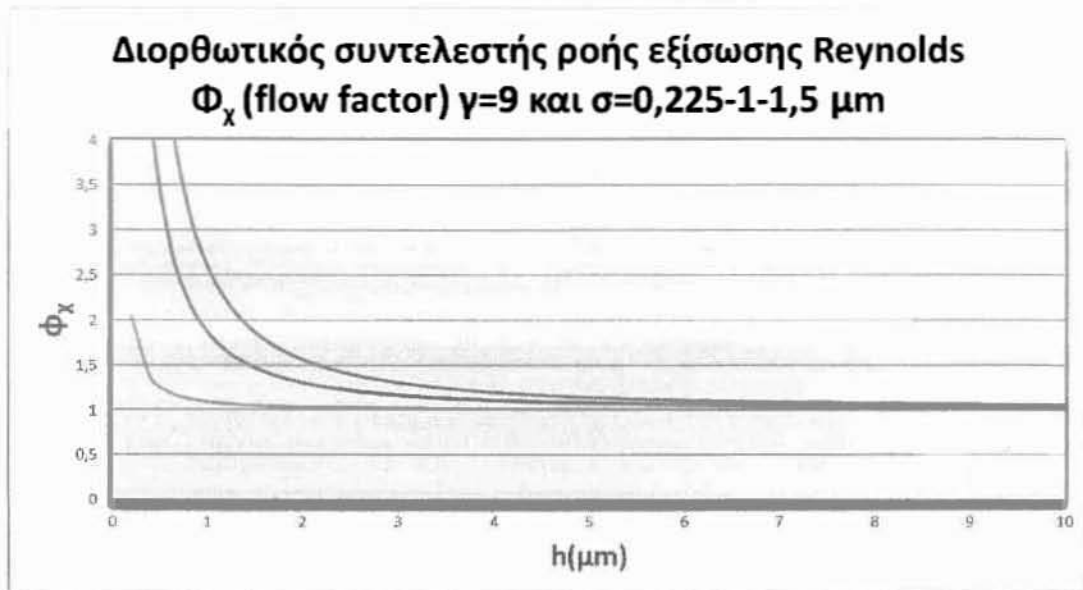
Π.2.6. Συντελεστές ροής



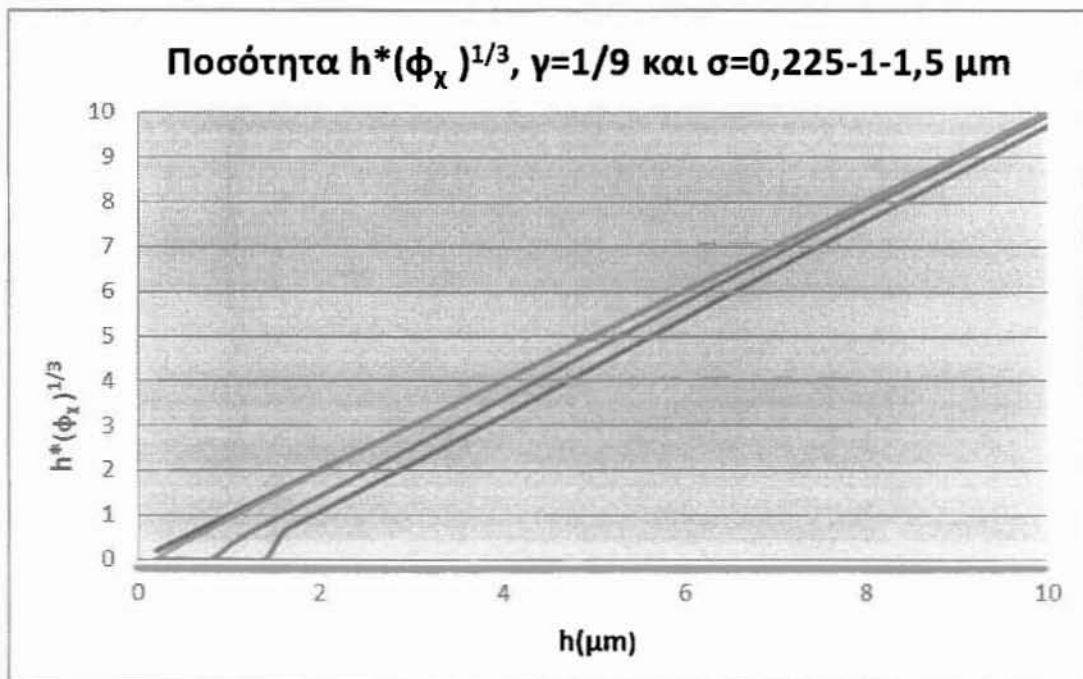
Σχήμα Π.2.6.1.: Διορθωτικός συντελεστής ροής Φ_x (flow factor) εξίσωσης Reynolds για τραχείες επιφάνειες για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=1/9$ (εγκάρσια ανισοτροπία) για τις ενδεικτικές τιμές της τυπικής απόκλισης του επιπέδου φθοράς της επιφάνειας, $\sigma=0,225, 1,$ και $1,5 \mu\text{m}$.



Σχήμα Π.2.6.2.: Διορθωτικός συντελεστής ροής Φ_x (flow factor) εξίσωσης Reynolds για τραχείες επιφάνειες για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=1$ (ισότροπη συμπεριφορά) για τις ενδεικτικές τιμές της τυπικής απόκλισης του επιπέδου φθοράς της επιφάνειας, $\sigma=0,225, 1,$ και $1,5 \mu\text{m}$.

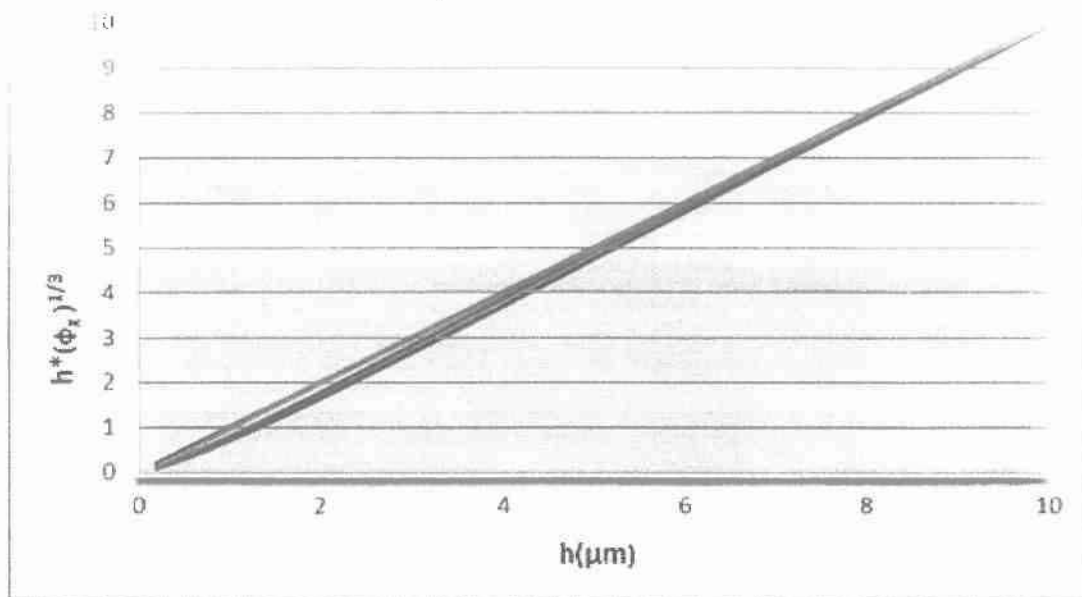


Σχήμα Π.2.6.3.: Διορθωτικός συντελεστής ροής Φ_x (flow factor) εξίσωσης Reynolds για τραχείες επιφάνειες για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=9$ (κατά μήκος ανισοτροπία επιφάνειας) για τις ενδεικτικές τιμές της τυπικής απόκλισης του επιπέδου φθοράς της επιφάνειας, $\sigma=0,225, 1,$ και $1,5 \mu\text{m}$.



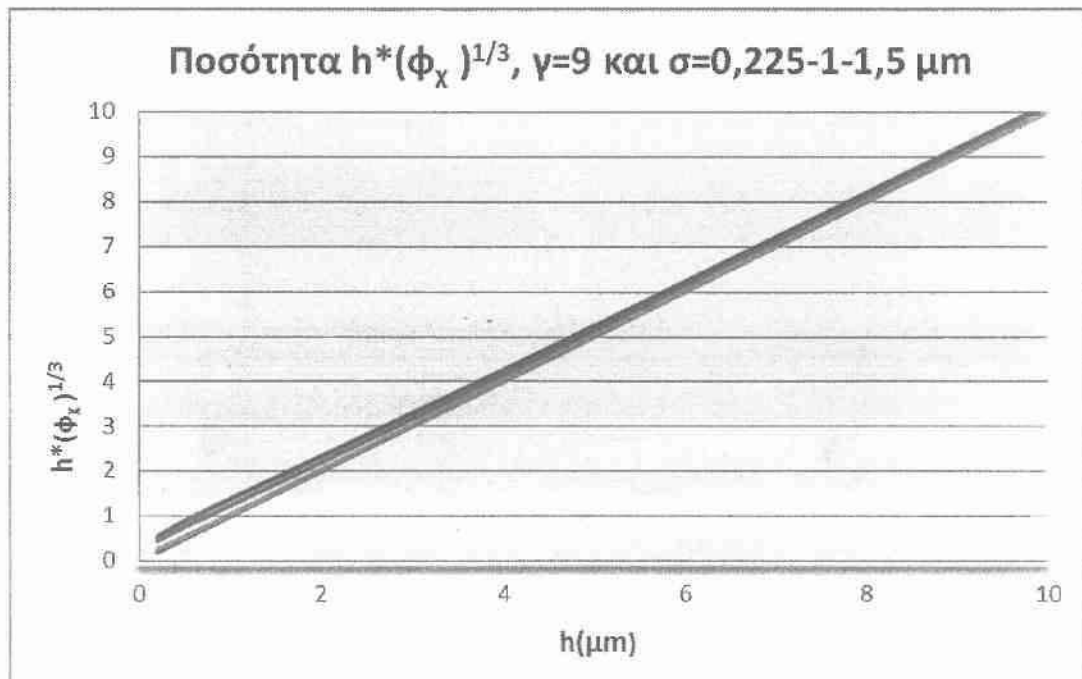
Σχήμα Π.2.6.4.: Διορθωμένη τιμή του πάχους λιπαντικής μεμβράνης με την κυβική ρίζα του διορθωτικού συντελεστή ροής συναρτήσει του ονομαστικού πάχους, για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=1/9$.

Ποσότητα $h^*(\phi_x)^{1/3}$, $\gamma=1$ και $\sigma=0,225-1-1,5 \mu\text{m}$



Σχήμα Π.2.6.5.: Διορθωμένη τιμή του πάχους λιπαντικής μεμβράνης με την κυβική ρίζα του διορθωτικού συντελεστή ροής συναρτήσει του ονομαστικού πάχους, για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=1$.

Ποσότητα $h^*(\phi_x)^{1/3}$, $\gamma=9$ και $\sigma=0,225-1-1,5 \mu\text{m}$



Σχήμα Π.2.6.6.: Διορθωμένη τιμή του πάχους λιπαντικής μεμβράνης με την κυβική ρίζα του διορθωτικού συντελεστή ροής συναρτήσει του ονομαστικού πάχους, για δείκτη ανισοτροπίας $\gamma=9$.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Πίνακες

filter	a1	a2	q1	q2	k	s	l	la
2,5	-14,5245	8,467428	47,96787	27,96418	-0,07458	1,264364	5997,143	2,5
2	-8,71056	4,006918	14,78543	6,801401	-0,15847	1,243084	5972,954	42,5
1,5	-6,57871	2,299988	7,439678	2,600993	-0,30248	1,170672	5884,998	87,5
1	-4,72379	1,428939	3,719962	1,125283	-0,40207	1,07461	5776,987	212,5
0,5	-3,80492	0,871212	2,33787	0,535303	-0,64909	0,925127	5593,237	442,5
0	-3,16916	0,54563	1,476083	0,254135	-0,99511	0,795834	5427,514	1230
-0,5	-2,72467	0,346858	1,076688	0,137065	-1,49565	0,653384	5304,661	2390
-1	-2,45937	0,206097	1,018641	0,085363	-2,50422	0,490823	5175,905	3165
-1,5	-2,18621	0,097298	1,276374	0,056805	-5,12845	0,301942	5065,919	3830
-2	-1,55792	0,057571	0,807951	0,029857	-6,27447	0,220914	5037,998	4167,5
-2,5	-1,72667	0,021386	1,786115	0,022122	-19,6878	0,114671	5010,108	4582,5
-3	-0,83457	0,007391	0,808497	0,00716	-27,7317	0,058286	5002,711	4822,5
-3,5	-0,35461	0,000708	0,601673	0,001201	-124,78	0,012512	5000,125	4967,5
-4							0	5000
								5000

Πίνακας Π.3.1.: Μεταβολή παραμέτρων Fisher-Pearson του προτύπου I συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

filter	a1	a2	q1	q2	k	s	l	la
3,5	-2,23768	2,211417	1,098861	1,085963	-3,5E-05	1,246499	6008,55	0
3	-2,23813	2,21215	1,047131	1,034976	-3,4E-05	1,267436	6006,593	0
2	-2,17869	2,158277	0,942596	0,933763	-2,2E-05	1,278586	6063,087	15
1,5	-2,0735	1,723375	0,777752	0,646423	-0,00858	1,214117	5986,25	135
1	-1,9159	1,323096	0,711862	0,491604	-0,03466	1,072577	5787,363	382,5
0	-1,51303	0,608835	0,548549	0,220733	-0,22188	0,721564	5374,434	1320
-0,5	-1,28468	0,359274	0,531376	0,148605	-0,46386	0,524153	5202,03	1872,5
-1	-0,94264	0,174358	0,473793	0,087636	-0,89783	0,324439	5077,475	2712,5
-1,5	-0,60041	0,058851	0,440871	0,043214	-2,07503	0,154302	5018,966	3542,5
-2	-0,176	0,00446	0,455474	0,011542	-9,37198	0,023131	5000,429	4555

Πίνακας Π.3.2.: Μεταβολή παραμέτρων Fisher-Pearson του προτύπου II συναρτήσει του επιπέδου φθοράς..

filter	a1	a2	q1	q2	k	s	l	la
2,5	-2,32591	2,378433	1,046722	1,07036	-0,00012	1,332195	6172,844	0
2	-2,41806	2,17751	1,061896	0,95626	-0,00275	1,320816	6149,578	22,5
1,5	-2,22543	1,712007	0,867402	0,667287	-0,0173	1,226019	5976,6	207,5
1	-2,02904	1,248813	0,693133	0,426603	-0,06006	1,093335	5826,461	382,5
0,5	-1,74607	0,915669	0,532928	0,279477	-0,10782	0,939231	5618,592	627,5
0	-1,51499	0,599778	0,411791	0,163026	-0,23045	0,759601	5420,772	1212,5
-0,5	-1,2037	0,377958	0,330284	0,103708	-0,37469	0,563258	5242,633	1920
-1	-0,87588	0,205168	0,303483	0,071089	-0,62583	0,36157	5100,99	2585
-1,5	-0,51139	0,082444	0,269922	0,043516	-1,09102	0,179163	5025,534	3195
-2	-0,10855	0,006591	0,224461	0,013629	-3,63239	0,024039	5000,471	4225

Πίνακας Π.3.3.: Μεταβολή παραμέτρων Fisher-Pearson του προτύπου III συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

filter	a1	a2	q1	q2	k	s	l	la
3.5	-9.61744	15.51774	31.93741	51.53097	-0.05832	1.32922	6082.559	0
3	-8.90786	15.10932	28.31722	48.03109	-0.07143	1.319118	6090.182	0
2.5	-7.0173	7.154054	14.80387	15.09237	-9.3E-05	1.274701	6041.879	0
2	-5.1404	4.513642	7.049056	6.189582	-0.00423	1.27652	6029.335	5
1.5	-4.17735	2.787048	4.002108	2.670128	-0.04151	1.231861	5973.749	17.5
1	-3.5145	2.032061	2.901837	1.677822	-0.07693	1.131349	5838.722	82.5
0.5	-2.8302	1.360143	1.544574	0.742294	-0.14035	1.082205	5795.498	162.5
0	-2.50938	0.949948	1.052986	0.398617	-0.25504	0.986071	5660.508	417.5
-0.5	-2.30463	0.629666	0.904672	0.247173	-0.48332	0.821202	5489.51	1210
-1	-2.13325	0.368478	0.856376	0.147923	-0.99052	0.626247	5283.663	2085
-1.5	-1.87836	0.193755	0.894121	0.09223	-1.94941	0.428044	5137.249	2962.5
-2	-1.36579	0.115584	0.71107	0.060176	-2.47527	0.298538	5067.475	3560
-2.5	-0.99713	0.048981	0.837009	0.041115	-4.60167	0.161261	5019.479	4040

Πίνακας Π.3.4.: Μεταβολή παραμέτρων Fisher-Pearson του προτύπου IV συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

filter	a1	a2	q1	q2	k	s	l	la
2,5	-5,22433	-3,63958	-41,0558	28,60191	1,03302	1,288439	5970,675	0
2	-23,3021	-1,90023	-34,945	2,849687	3,586076	1,193311	5882,966	5
1,5	-57,3904	1,282288	52,90553	1,182082	-10,6946	1,155807	5774,842	2,5
1	-16,9335	1,038873	11,98703	0,735404	-3,59032	1,132243	5761,024	15
0,5	-7,80838	0,737071	3,418692	0,322707	-2,17205	1,101747	5756,305	40
0	-6,57992	0,650351	2,386092	0,235838	-2,05408	1,086961	5699,708	407,5
-0,5	-6,12219	0,435437	2,4353	0,173209	-3,03275	0,859513	5460,412	2335
-1	-5,57781	0,296975	1,88966	0,10061	-4,20883	0,744281	5349,687	3070
-1,5	-4,82548	0,184792	1,551693	0,059422	-6,03782	0,584386	5220,144	3657,5
-2	-4,75016	0,160417	1,65893	0,056023	-6,91127	0,529783	5184,136	3902,5
-2,5	-3,5683	0,09072	1,218823	0,030987	-9,33961	0,379323	5100,093	4312,5
-3	-3,73122	0,064029	1,207389	0,020719	-14,0727	0,327451	5073,108	4465
-3,5	-2,85788	0,033478	1,116951	0,013084	-20,8443	0,211939	5031,746	4637,5
-4	-2,57552	0,023004	1,030241	0,009202	-27,4918	0,170443	5021,231	4747,5
-4,5	-1,735	0,012906	0,603705	0,004491	-33,1104	0,117998	5010,411	4860

Πίνακας Π.3.5.: Μεταβολή παραμέτρων Fisher-Pearson του προτύπου V συναρτήσει του επιπέδου φθοράς.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
Τηλ.: 24210 06300-01



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000108281

