

**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.**  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Τίτλος Πτυχιακής εργασίας

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ  
ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗ  
ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΩΝ  
ΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ(ΒΕΜ)**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

- ΚΟΛΛΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ - 42265
- ΚΟΥΤΑΛΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ - 42225
- ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ - 41821

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

- Δρ. -Μηχ. ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
- Μηχ. ΣΑΓΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Αθήνα 2016

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αριθμητικοί μέθοδοι βασίζονται για τους υπολογισμούς τους σε μαθηματικό μοντέλο. Στην παρούσα εργασία έγινε διερεύνηση της κατάλληλης διαδικασίας παραγωγής του BEM (μέθοδος συνοριακών στοιχείων) μαθηματικού μοντέλου, βασιζόμενοι στο αντίστοιχο CAD γεωμετρικό τυποποιημένων δοκών, μέσα σε ένα σύγχρονο σύστημα στερεού υβριδικού μοντελοποιητή. Το μαθηματικό μοντέλο στηρίζεται στους κόμβους που ορίζουν τα όρια της διατομής των υπό εξέταση δοκών (πλεγματοποίηση) τόσο ως προς το πλήθος αλλά και ως προς τη θέση. Τα αποτελέσματα της τάσης στρέψης ανά κόμβο, σε σύγκριση με αναλυτικές λύσεις ήταν ο οδηγός για την εύρεση της καταλληλότερης λύσης. Τα συνοριακά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι Lagrange πρώτου βαθμού.

### 1. Abstract

The numerical methods rely on the calculations of a mathematical model. The scope of the current project is to determine the appropriate production process for the BEM model (boundary element method), based on the respective CAD model of geometric standard beams within an up to date hybrid solid modeler system.

The mathematical model is based on nodes that determine the boundaries of the section on the examined beams (cross linking) respective to the volume and position. The results produced for the torsion stress per node, in comparison to analytical solution, was the guide for the ideal solution. The boundary elements used are first degree Lagrange.

**Περιεχόμενα**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	2
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	7
2.1 ΚΑΜΨΗ.....	7
2.2 ΣΤΡΕΨΗ.....	9
2.3 ΣΥΝΘΕΤΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ.....	12
2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (ΒΕΜ).....	13
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	14
3.1. ΤΡΟΠΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ .....	15
3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΑΣΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΕΜ.....	16
3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΥΡΕΣΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ (ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ - ΣΗΜΕΙΟ Ρ) .....	21
3.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΥΡΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ (ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ - ΣΗΜΕΙΟ Q).....	23
3.5 ΔΟΜΗ ΠΙΝΑΚΑ.....	25
4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ-ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ .....	28
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	30
5.1 ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΥΠΟΥ L.....	30
5.2 ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΥΠΟΥ ΙΡΕ .....	34
5.3 ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΥΠΟΥ ΥΡΕ.....	36
5.4 ΣΥΝΟΛΙΚΑ .....	39
6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.....	39
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	40
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	41

**Περιεχόμενα Εικόνων**

Εικόνα 1 .....	7
Εικόνα 2 .....	7
Εικόνα 3 .....	7
Εικόνα 4 .....	8
Εικόνα 5 .....	9
Εικόνα 6 .....	15
Εικόνα 7 .....	15
Εικόνα 8 .....	16
Εικόνα 9 .....	16
Εικόνα 10 .....	17
Εικόνα 11 .....	17
Εικόνα 12 .....	18
Εικόνα 13 .....	19
Εικόνα 14 .....	20
Εικόνα 15 .....	21
Εικόνα 16 .....	22
Εικόνα 17 .....	23
Εικόνα 18 .....	24
Εικόνα 19 .....	30
Εικόνα 20 .....	34
Εικόνα 21 .....	36

**Περιεχόμενα Πινάκων**

Πίνακας 1-Παράδειγμα Αποτελεσμάτων διατομής L 45x25x4 .....	26
Πίνακας 2- Αποτελέσματα σημείου P διατομής L .....	32
Πίνακας 3- Αποτελέσματα σημείου Q διατομής L.....	33
Πίνακας 4-Αποτελέσματα σημείου P διατομής IPE .....	35
Πίνακας 5- Αποτελέσματα σημείου Q διατομής IPE.....	36
Πίνακας 6- Αποτελέσματα σημείου P διατομής UPE.....	38
Πίνακας 7- Αποτελέσματα σημείου Q διατομής UPE .....	38
Πίνακας 8-Αποτελέσματα διατομής L 45x25x4 .....	41
Πίνακας 9-Αποτελέσματα διατομής L 50x30x5 .....	43
Πίνακας 10-Αποτελέσματα διατομής L 60x40x5 .....	45
Πίνακας 11-Αποτελέσματα διατομής L 90x65x8 .....	47
Πίνακας 12-Αποτελέσματα διατομής L 100x50x10 .....	49
Πίνακας 13-Αποτελέσματα διατομής L 125x75x6 .....	51
Πίνακας 14-Αποτελέσματα διατομής L 150x75x9 .....	53
Πίνακας 15-Αποτελέσματα διατομής L 150x90x10 .....	55
Πίνακας 16-Αποτελέσματα διατομής L 200x100x12 .....	57
Πίνακας 17-Αποτελέσματα διατομής IPE 80.....	59
Πίνακας 18-Αποτελέσματα διατομής IPE 100.....	61
Πίνακας 19-Αποτελέσματα διατομής IPE 120.....	63
Πίνακας 20-Αποτελέσματα διατομής IPE 140.....	65
Πίνακας 21-Αποτελέσματα διατομής IPE 160.....	67
Πίνακας 22-Αποτελέσματα διατομής IPE 180.....	69
Πίνακας 23-Αποτελέσματα διατομής IPE 220.....	71
Πίνακας 24-Αποτελέσματα διατομής IPE 270.....	73
Πίνακας 25-Αποτελέσματα διατομής IPE 300.....	75
Πίνακας 26-Αποτελέσματα διατομής UPE 80 .....	77
Πίνακας 27-Αποτελέσματα διατομής UPE 100 .....	79
Πίνακας 28-Αποτελέσματα διατομής UPE 120 .....	81
Πίνακας 29-Αποτελέσματα διατομής UPE 140 .....	83
Πίνακας 30-Αποτελέσματα διατομής UPE 160 .....	85
Πίνακας 31-Αποτελέσματα διατομής UPE 180 .....	87
Πίνακας 32-Αποτελέσματα διατομής UPE 200 .....	89
Πίνακας 33-Αποτελέσματα διατομής UPE 270 .....	91

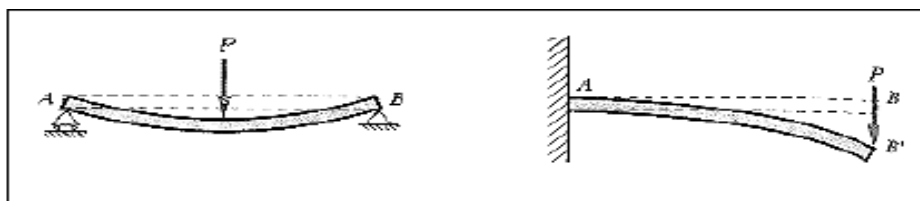
**Περιεχόμενα Γραφημάτων**

Γράφημα 1-Παράδειγμα L 45x25x4 .....	27
Γράφημα 2- L 45x25x4.....	42
Γράφημα 3- L 50x30x5.....	44
Γράφημα 4- L 60x40x5.....	46
Γράφημα 5- L 90x65x8.....	48
Γράφημα 6- L 100x50x10.....	50
Γράφημα 7- L 125x75x6.....	52
Γράφημα 8- L 150x75x9.....	54
Γράφημα 9- L 150x90x10.....	56
Γράφημα 10- L 200x100x12.....	58
Γράφημα 11- IPE 80.....	60
Γράφημα 12- IPE 100.....	62
Γράφημα 13- IPE 120.....	64
Γράφημα 14- IPE 140.....	66
Γράφημα 15- IPE 160.....	68
Γράφημα 16- IPE 180.....	70
Γράφημα 17- IPE 220.....	72
Γράφημα 18- IPE 270.....	74
Γράφημα 19- IPE 300.....	76
Γράφημα 20- UPE 80 .....	78
Γράφημα 21- UPE 100 .....	80
Γράφημα 22- UPE 120 .....	82
Γράφημα 23- UPE 140 .....	84
Γράφημα 24- UPE 160 .....	86
Γράφημα 25- UPE 180 .....	88
Γράφημα 26- UPE 200 .....	90
Γράφημα 27- UPE 270 .....	92

## 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 2.1 ΚΑΜΨΗ

Η κατάσταση στην οποία ένα σώμα (μια δοκός) υποβάλλεται σε εγκάρσια φόρτιση λέγεται κάμψη. Αν στο σώμα επιβληθεί ένα εγκάρσιο φορτίο τότε το σώμα θα παραμορφωθεί κατά την διεύθυνση του επιβαλλόμενου φορτίου και ο άξονας του θα καμφθεί όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



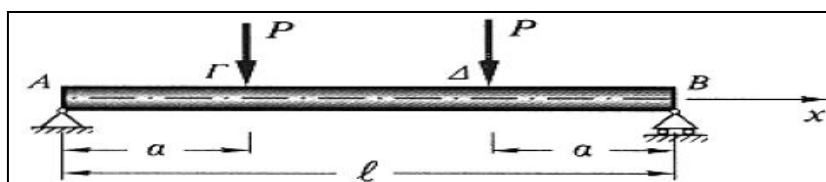
Εικόνα 1

Η κάμψη είναι ένα φαινόμενο που συναντάται σε πάρα πολλές τεχνικές κατά την πράξη όπως σε προβόλους, δοκούς κ.α. Κατά την καταπόνηση σε κάμψη αναπτύσσονται τάσεις όσο και προκαλούμενες παραμορφώσεις που ονομάζονται βέλη κάμψης.

Η καταπόνηση σε κάμψη διακρίνεται σε δυο κατηγορίες:

1. **Καθαρή κάμψη:** Στην καθαρή κάμψη στο σώμα εμφανίζεται μόνο καμπτική ροπή.

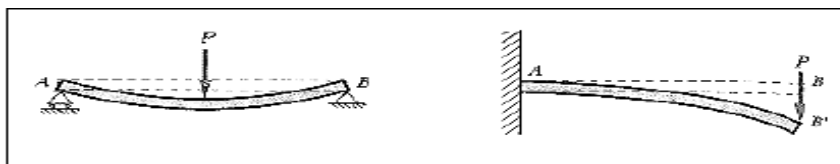
$$(N=Q=M_t=0, M_b \neq 0)$$



Εικόνα 2

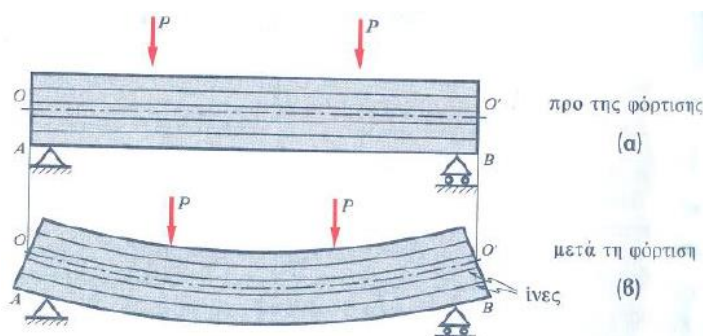
2. **Γενική κάμψη:** Κατά την οποία εκτός της καμπτικής ροπής εμφανίζεται και τέμνουσα δύναμη

$$(M_b, Q \neq 0)$$



Εικόνα 3

Για να κατανοηθεί το φαινόμενο της κάμψης γίνεται η παραδοχή ότι το σώμα (δοκός) αποτελείται από αλληλένδετες ίνες παράλληλες μεταξύ τους και διατεταγμένες οριζόντια όπως στην εικόνα.



Εικόνα 4

- Παρατηρείται ότι επιβραχύνονται οι άνω ίνες και επιμηκύνονται οι κάτω ίνες. Άρα οι ίνες του άνω άξονα βρίσκονται σε θλίψη ενώ του κάτω σε εφελκυσμό
- Κατά την μετάβαση από τις ίνες που βρίσκονται σε θλίψη σε αυτές που είναι στην κατάσταση του εφελκυσμού μεσολαβούν ίνες που δεν υφίστανται καμία μεταβολή του μήκους τους (ουδέτερος άξονας)
- Επειδή κάθε ίνα κινείται αναφορικά με τις γειτονικές της, αναπτύσσεται και διάτμηση.
- Η κάμψη είναι μία καταπόνηση, η οποία αναλύεται σε εφελκυσμό, θλίψη και διάτμηση

Η μελέτη της κάμψης σε θεωρητικό επίπεδο γίνεται κάτω από τις εξής **προϋποθέσεις και παραδοχές**:

1. Ο διαμήκης άξονας του σώματος (δοκού) είναι ευθύγραμμος
2. Οι γραμμικές διαστάσεις της διατομής είναι μικρές συγκρινόμενες με το μήκος της δοκού
3. Η διατομή της δοκού έχει έναν τουλάχιστον άξονα συμμετρίας που περιέχεται στο επίπεδο φόρτισης
4. Ισχύει η υπόθεση των Bernoulli-Navier σύμφωνα με την οποία:

**Κάθε διατομή επίπεδη και κάθετη στον άξονα της δοκού πριν την παραμόρφωση παραμένει επίπεδη και κάθετη και μετά από αυτήν.**

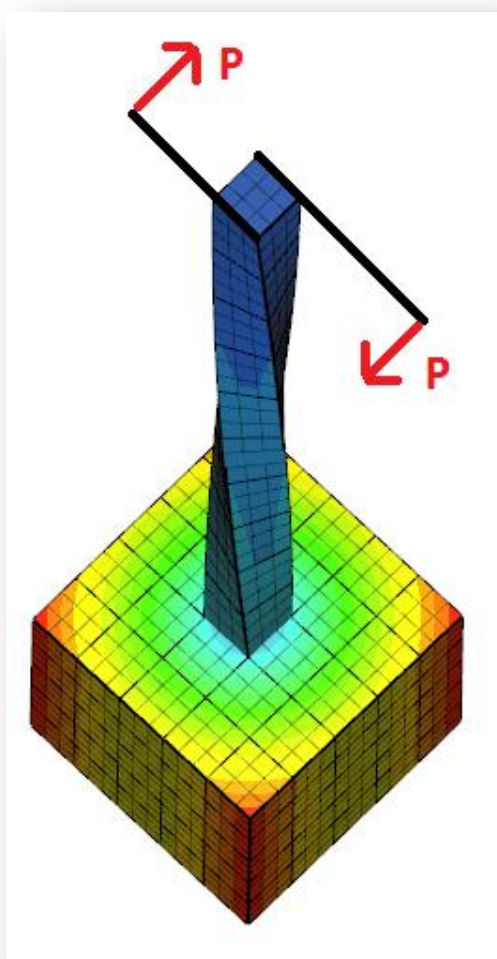
5. Ισχύει ο νόμος Hooke, δηλαδή οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι μικρότερες από το όριο αναλογίας του υλικού



6. Όλα τα φορτία ενεργούν κάθετα στον άξονα της δοκού και βρίσκονται μέσα στο επίπεδο φόρτισης, το οποίο ή περιέχει τον άξονα συμμετρίας της διατομής ή είναι κάθετο σε αυτόν
7. Η ροπή κάμψης θεωρείται θετική όταν τείνει να εφελκύσει την ίνα αναφοράς που λαμβάνει η κατώτερη διότι ανήκει στα θετικά του άξονα  $y$ .

## 2.2 ΣΤΡΕΨΗ

Η στρέψη αποτελεί ένα είδος απλής καταπόνησης όπως αυτά της κάμψης και του εφελκυσμού. Προκαλείται σε ένα σώμα όταν ασκούνται ζεύγη ίσων και αντίθετων δυνάμεων, κάθετα στο επίπεδο του άξονά του, που τείνουν να τον περιστρέψουν. Το ζεύγος των δυνάμεων προκαλεί σε κάθε διατομή της ράβδου μια ροπή, που ονομάζεται ροπή στρέψης. Αν τα ζεύγη είναι περισσότερα τότε η ροπή στρέψης ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ροπών που προκαλούν τα ζεύγη. Παραδείγματα καταπόνησης σε στρέψη, έχουμε σε άξονες (ατράκτους) μηχανών κοίλους ή μη, όπως επίσης και ολόκληρων κτιρίων σε περίπτωση οριζόντιων



Εικόνα 5

σεισμικών δυνάμεων. Πολλές φορές επίσης, συνυπάρχει με άλλες καταπονήσεις, όπως με κάμψη, εφελκυσμό. Η επίλυση του προβλήματος της στρέψης απασχολεί συχνά τους μηχανικούς οι οποίοι μέσα στο χρόνο προσπάθησαν να το αναλύσουν και να απλουστεύσουν.

- **O Coulomb** [1784] ασχολήθηκε με την απλούστερη περίπτωση ράβδου κοίλης κυκλικής διατομής και ήταν ο πρώτος που ανέπτυξε την θεωρία της στρέψης.
- **O Saint Venant** [1855], διατύπωσε το πρόβλημα της ομοιόμορφης στρέψης κάνοντας όλες τις κατάλληλες τροποποιήσεις που χρειαζόντουσαν στην θεωρία του Coulomb. Για τον λόγο αυτό η ομοιόμορφη στρέψη είναι γνωστή και ως στρέψη Saint Venant.
- **O Prandtl** [1903] βασιζόμενος στο ότι το πρόβλημα της μεμβράνης αλλά και της ομοιόμορφης στρέψης μπορούν να περιγραφούν από ανάλογα προβλήματα συνοριακών τιμών
- Η διατύπωση για το πρόβλημα της ανομοιόμορφης στρέψης οι πρώτοι που ασχολήθηκαν με αυτή ήταν ο **Wagner** [1929], ο **Kappus** [1937] και **Marguerre** [1940]

➤ Τα βασικότερα πράγματα που υπολογίζουμε στην στρέψη είναι:

- I. Οι τάσεις στρέψης
- II. Η γωνία στρέψης.

Για τον υπολογισμό αυτών των μεγεθών πρέπει να γνωρίζουμε:

1. Την ροπή
2. Το σημείο που εφαρμόζεται
3. Το μήκος του αντικειμένου
4. Το μέτρο της ελαστικότητας
5. Την σταθερά ροπή αδράνειας

➤ Τα κυριότερα μεγέθη που ασχολούμαστε κατά την στρέψη είναι:

1. **Η ροπή στρέψης**  $[T, (Nm)]$ . Ως ροπή στρέψης ορίζεται το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ροπών που ασκούνται στην δοκό
2. **Μέτρο διάτμησης**  $[G]: G = E/z(1+\mu)$ ,  $(kg/cm^2)$   
όπου  $[E]$  το μέτρο ελαστικότητας ή μέτρο Young
3. **Μέτρο ελαστικότητας ή μέτρο Young**  $[E]: E = \sigma/\epsilon$   $(kg/cm^2)$  όπου:  
 $\sigma \rightarrow$  ορθή τάση  $(kg/cm^2)$   
 $\epsilon \rightarrow$  ειδική παραμόρφωση

4. **Λόγος Poisson [ $\mu$ ]**:  $\mu = -(\varepsilon_g/\varepsilon)$  όπου  $\varepsilon_g = \Delta b(\text{mm})/b(\text{mm})$ ,  
 $\Delta b \rightarrow$  εγκάρσια παραμόρφωση

5. **Διατμητική τάση [ $\tau$ ]**:  $\tau = G \cdot \gamma$  [Pa] όπου  
 $G \rightarrow$  μέτρο ολίσθησης  
 $\gamma \rightarrow$  διατμητική παραμόρφωση

στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι ο συγκεκριμένος τύπος διαμορφώνεται ανάλογα με την διατομή με την οποία ασχολούμαστε. Έτσι για παράδειγμα στην κυκλική διατομή ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$\tau(\text{Pa}) = G \cdot r(\text{mm}) \cdot \theta(\text{rad}) \text{ όπου}$$

$\theta \rightarrow$  ο ρυθμός συστροφής

6. **ο ρυθμός συστροφής [ $\theta$ ]**:  $\theta = \Delta\phi/\Delta l$  (rad/mm)

#### ➤ Είδη στρέψης

- Άμεση στρέψη: η στρεπτική ροπή είναι απαραίτητη για την ικανοποίηση των συνθηκών ισορροπίας (στρέψη ισορροπίας).
- Έμμεση στρέψη: η στρεπτική ροπή οφείλεται αποκλειστικά στην παρεμπόδιση της στροφής που εισάγεται από παρακείμενα στοιχεία (στρέψη συμβιβαστού). Στη περίπτωση αυτή, οι στρεπτικές ροπές δεν είναι απαραίτητες για την ισορροπία και μπορούν να αγνοηθούν στους υπολογισμούς οριακών καταστάσεων αστοχίας.
- Ανομοιόμορφη Στρέψη με Επιρροή Δευτερογενών Στρεπτικών Παραμορφώσεων
- Στρέψη Saint Venant: η στρέψη εξασφαλίζεται με μια κλειστή ροή διατμητικών τάσεων εκ στρέψεως.
- Στρέψη με στρέβλωση: λόγω της παρεμπόδισης της διαμήκου παραμορφώσεως, ο φορέας ανθίσταται στις επιβαλλόμενες στρεπτικές ροπές με την ανάπτυξη ορθών και πρόσθετων διατμητικών τάσεων.

### 2.3 ΣΥΝΘΕΤΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ

Στις προηγούμενες παραγράφους εξετάζονται δυο είδη καταπονήσεων, στρέψη και κάμψη, με την προϋπόθεση ότι κάθε είδος ενεργεί κάθε με ξεχωριστά. Τις περισσότερες φορές όμως τα διάφορα είδη καταπονήσεων ενεργούν ταυτόχρονα σε ένα σώμα. Στην περίπτωση αυτή το σώμα δέχεται μια σύνθετη καταπόνηση. Οι τάσεις που προκαλούνται στην περίπτωση αυτή μπορεί να είναι ομοειδής (μόνο κάθετες ή μόνο διατμητικές) ή και όχι. Αν οι τάσεις είναι ομοειδής, τότε η συνισταμένη τάση προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα των επιμέρους τάσεων. Για παράδειγμα για τάση κάμψης  $\sigma_b$  και τάση θλίψης  $\sigma$  η συνισταμένη κάθετη τάση θα είναι :

$$\sigma_{\text{συν}} = \sigma_b + \sigma$$

Ωστόσο αν σε μία διατομή κάθετες και διατμητικές τάσεις εμφανιστούν συγχρόνως, όπως συμβαίνει σε σώματα (δοκούς) που καταπονούνται σε κάμψη και στρέψη, τότε λόγω των διαφορετικών διευθύνσεων των τάσεων δεν είναι δυνατή ούτε η αλγεβρική ούτε η γεωμετρική άθροιση για την εξαγωγή σωστών αποτελεσμάτων. Σε αυτή την περίπτωση υπολογίζεται μια ισοδύναμη τάση  $\sigma_v$ , η οποία σύμφωνα με το κριτήριο του μέγιστου έργου παραμόρφωσης είναι:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3(\alpha_o \cdot \tau_t)^2} \quad \text{σε N/mm}^2$$

$\sigma_b \rightarrow$  τάση κάμψης(N/mm)

$\tau_t \rightarrow$  τάση στρέψης(N/mm)

$\alpha_o \rightarrow$  λόγος καταπόνησης

## 2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (BEM)

Από τις αρχές του εικοστού αιώνα , επιστήμονες (κυρίως μαθηματικοί) , έθεσαν τα θεμέλια-αρχές αριθμητικών μεθόδων επίλυσης προβλημάτων. Παρ' όλα αυτά , λόγω της απουσίας των υπολογιστών, η διάδοση των μεθόδων αυτών, καθώς και η περαιτέρω ανάπτυξη τους παρέμεινε στάσιμη για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα. Με την πάροδο των χρόνων , παρατηρείται η εισαγωγή και η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών οι οποίοι άνοιξαν νέους ορίζοντες στις επιστήμες. Έτσι, δόθηκε η δυνατότητα για πρόοδο αυτών των αριθμητικών μεθόδων, δίνοντας έτσι και αυτές με τη σειρά τους λύση σε πολλά προβλήματα όπως αυτά της μηχανικής. Μία από αυτές τις μεθόδους , η οποία όμως δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη σε σχέση με άλλες όπως των πεπερασμένων στοιχείων (FEM) ,είναι αυτή των συνοριακών στοιχείων (Boundary Elements Method). Κύριο χαρακτηριστικό της, για δεδομένο μοντέλο, είναι το γεγονός ότι επιλύει το πρόβλημα **στα όρια** αυτού χωρίς να απαιτείται κάποια οριακή συνθήκη.

Στα περισσότερα προβλήματα μηχανικής, η χειρότερη δυνατή κατάσταση παραδείγματος χάρη η συγκέντρωση τάσεων, παρουσιάζεται συνήθως στα όρια των αντικειμένων-μοντέλων. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων δίνει έμφαση ,κατά την ανάλυσή της, στα όρια αυτά ώστε να προκύπτουν αποτελέσματα με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια. Παρ' όλα αυτά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εστιάσει και σε συγκεκριμένη περιοχή του εσωτερικού, αν και οι λύσεις σε αυτά τα σημεία είναι προαιρετικές για τη μέθοδο αυτή.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής είναι ότι επιλύει το κάθε πρόβλημα μειωμένο κατά μία διάσταση εξυπηρετώντας τους εξής σκοπούς. Πρώτον μειώνει τον αριθμό των εξισώσεων που πρέπει να επιλυθούν για να ολοκληρωθεί η λύση του προβλήματος δίνοντας έτσι αποτελέσματα γρηγορότερα, και δεύτερον μειώνει τα προβλήματα που αφορούν την πλεγματοποίηση. Παρ' όλα αυτά οι μαθηματικές εξισώσεις που χρησιμοποιεί είναι μεγαλύτερου βαθμού δυσκολίας.

### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί η μεθοδολογία, που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Αρχικά πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός των διατομών με την βοήθεια προγράμματος σχεδίασης μέσω Η/Υ, ενώ στην συνέχεια περιγράφεται με αναλυτικό τρόπο η διαδικασία υπολογισμού της μέγιστης τάσης στρέψης ( $Tt_{max}$ ), τόσο όταν η ροπή αδρανείας επιλέγεται αυτόματα από το πρόγραμμα ( $It_{auto}$ ), όσο και όταν ο χρήστης επεμβαίνει στον κώδικα του προγράμματος και επιλέγει την ροπή αδρανείας με βάση το είδος και τις διαστάσεις της διατομής ( $It_{manual}$ ), μέσω του προγράμματος ***Torsional constant calculation***.

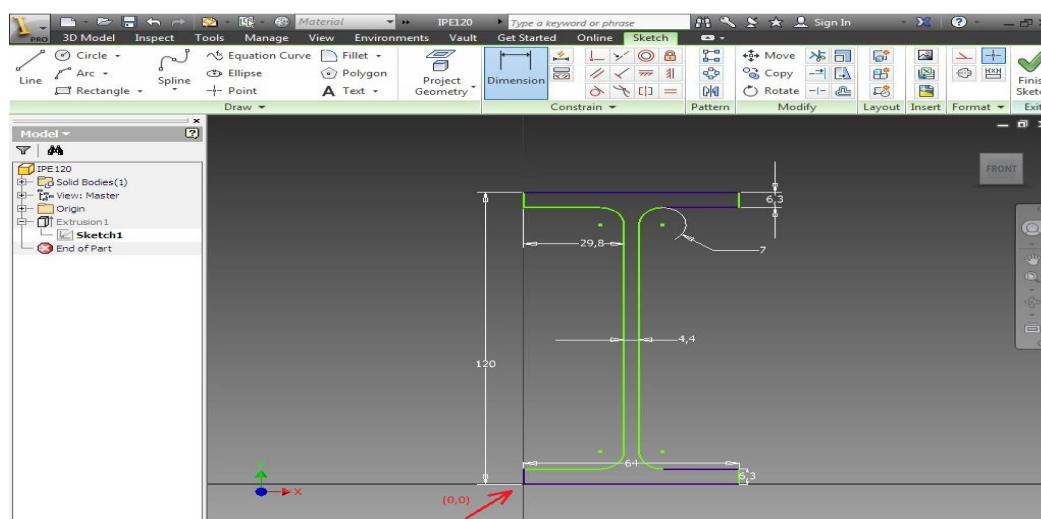
Εξηγείται η διαδικασία εύρεσης της μέγιστης τάσης στρέψης ( $Tt_{max}$ ), μέσω της οποίας βρέθηκε το ποσοστό πλεγματοποίησης, στο οποίο η μέγιστη τάση στρέψης, των  $It_{auto}$  και  $It_{manual}$  έχει την μικρότερη απόκλιση από την αναλυτική τάση στρέψης. Η αναλυτική τάση στρέψης θεωρήθηκε ως το μέτρο σύγκρισης για την εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Τέλος αναλύεται η διαδικασία εύρεσης τάσης στρέψης σε σημείο αναλυτικής λύσης για κάθε διάσταση και είδος διατομής. Στην διαδικασία αυτή μελετήθηκε η διαφοροποίηση της τάσης στρέψης για συγκεκριμένο σημείο της διατομής, για το ποσοστό πλεγματοποίησης που **επιλέχθηκε από την διαδικασία εύρεσης της μέγιστης τάσης στρέψης ( $Tt_{max}$ ) (ΚΕΦ3.3)** σε σύγκριση με την αναλυτική τάση στρέψης. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε **μόνο** για  $It_{auto}$ .

### 3.1. ΤΡΟΠΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

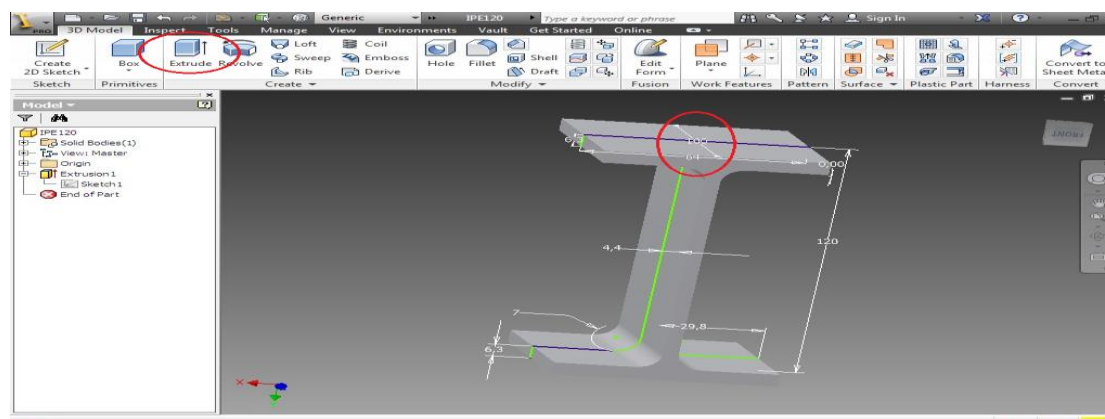
Το πρόγραμμα μοντελοποίησης μας έδωσε όλες τις δυνατότητες που ήταν αναγκαίες, ώστε να εκτελεστούν οι απαραίτητες εργασίες. Πρώτη από αυτές τις εργασίες ήταν η σχεδίαση των διατομών. Σχεδιάστηκαν τριών διαφορετικών τύπων διατομές, ΙΡΕ,Ι και ΥΡΕ. Κάθε τύπος διατομής είχε συνολικά εννέα διαφορετικές διαστάσεις.

Ξεκινώντας το πρόγραμμα αφού έγιναν οι ρυθμίσεις που ήταν απαραίτητες πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός των διατομών σε δυο διαστάσεις "2D", ως αρχή συντεταγμένων (0,0) επιλέχθηκε το σημείο τομής των αξόνων Χ'Χ και Υ'Υ.



Εικόνα 6

Το επόμενο και τελευταίο βήμα πάνω στο σχεδιασμό των διατομών ήταν η μετάβαση του σχεδίου σε τρισδιάστατη μορφή. Παράμετροι όπως το πλάτος και η διεύθυνση μέσω της επιλογής "extrude" είναι τυχαία και ίδια για κάθε τύπο διατομής ξεχωριστά

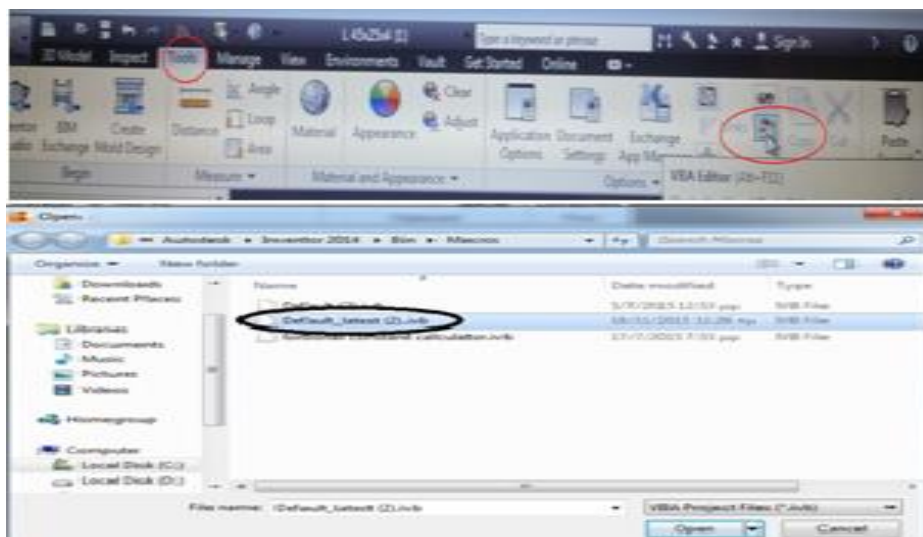


Εικόνα 7

### 3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΑΣΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΕΜ

Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού των διατομών επιλέχτηκε μια συγκεκριμένη διαδικασία, μέσα από τη οποία προήλθαν όλα τα αποτελέσματα και η οποία είναι η εξής:

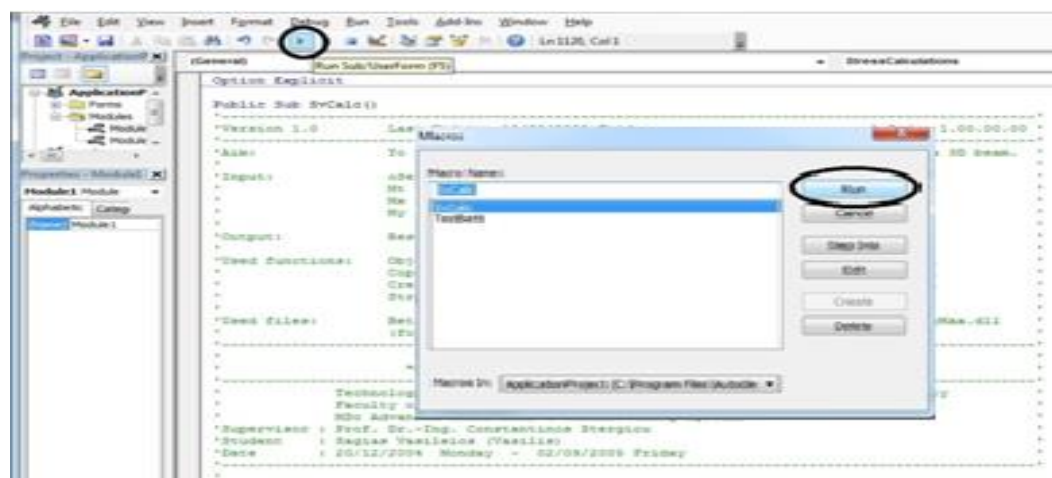
- Ορίζεται η επιθυμητή διατομή. Από την γραμμή εργαλείων που εμφανίζεται έγιναν η επιλογές **TOOLS** και στην συνέχεια **VBA EDITOR**



Εικόνα 8

- Επιλέγεται το αρχείο **default(2).ivd**
- Από την γραμμή εργασιών επιλέγεται το (εικονίδιο play), ενώ από το νέο παράθυρο που προκύπτει το **SvCalc** καθώς και **RUN** έτσι ώστε να ξεκινήσει να εκτελείτε το πρόγραμμα

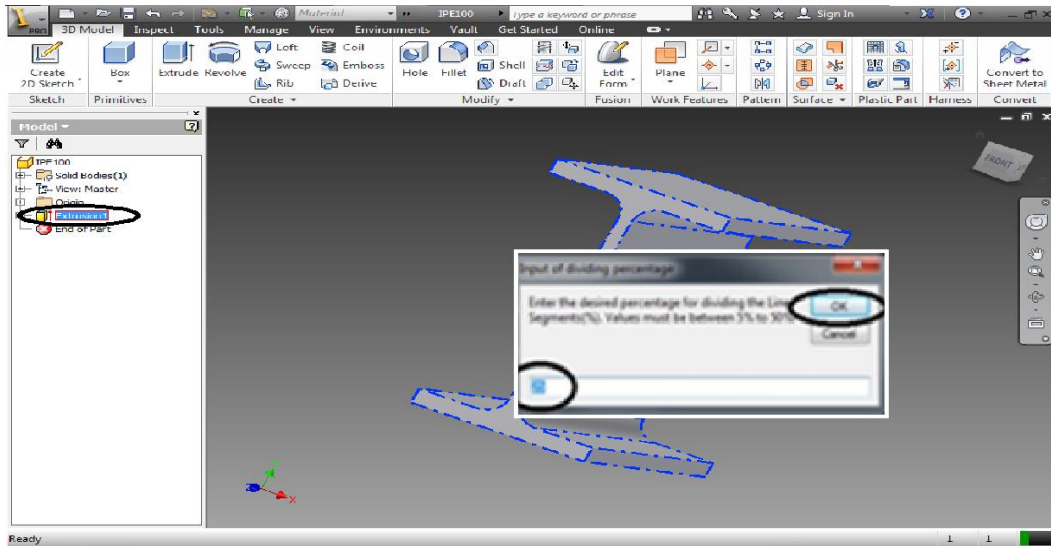
**Το extrusion πρέπει να έχει ήδη επιλεχθεί οπωσδήποτε αλλιώς δεν μπορεί να εκτελεστεί ο κώδικας.**



Εικόνα 9

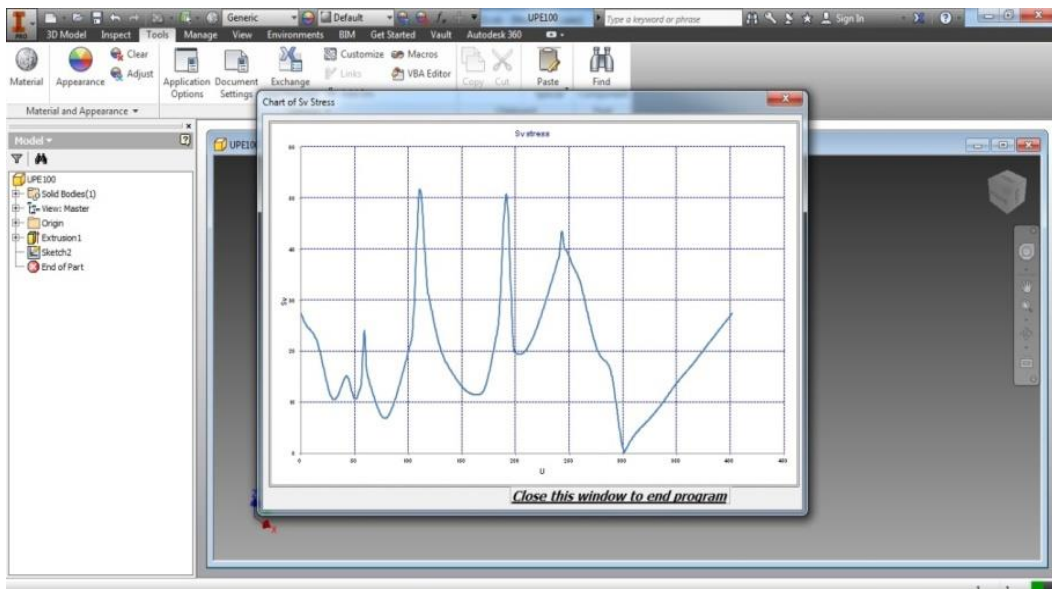


- Το επόμενο βήμα ήταν η εισαγωγή του επιθυμητού ποσοστού πλεγματοποίησης (από 5% έως και 50%). Οι τιμές για τα  $M_t$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  που εμφανίζονται επόμενα παράθρα είναι προκαθορισμένες και δεν μεταβάλλονται σε καμία διατομή.



Εικόνα 10

- Μετά το τρέξιμο του κώδικα παρουσιάζεται το διάγραμμα τάσεων ( $S_v$  stress)



Εικόνα 11

- Τέλος από το αποθηκευμένο αρχείο σε μορφή excel επιλέχθηκε η τιμή  $Tt \max$ .

Automated Numeric Procedure for the determination of the maximum Comparative Stress of cross sections of a 3D Beam

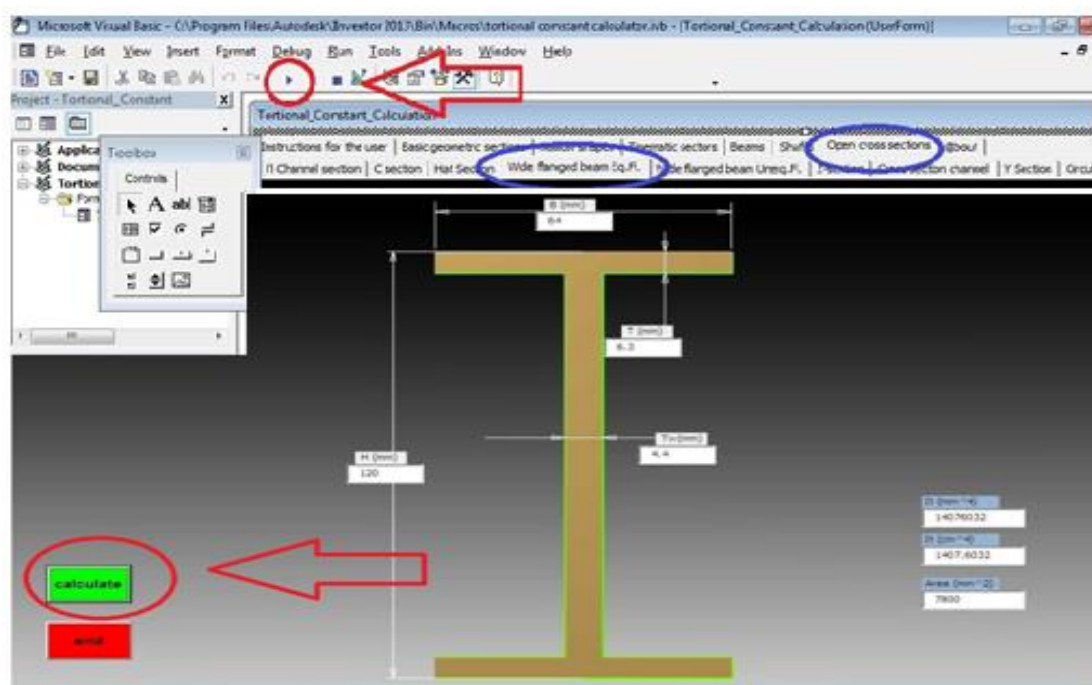
	U	Sv max	U	Tt max	U	Sb max		
Max	110,5546	51,83905	190,9579	30,34644	246,0342	39,92416		
S/N	276		476		613			
X	7,520469		7,427754		55			
Y	10,39102		89,56822		99,41954			
S/N	X	Y	U	Sv	U	Tt	U	Sb
1	0	0	0	27,50352	0	0	0	-27,5035
2	0,402017	0	0,402017	27,21803	0,402017	0,405681	0,402017	-27,209
3	0,804033	0	0,804033	26,95037	0,804033	0,803803	0,804033	-26,9144
4	1,20605	0	1,20605	26,7006	1,20605	1,194147	1,20605	-26,6198
5	1,608067	0	1,608067	26,46649	1,608067	1,576492	1,608067	-26,3253
6	2,010083	0	2,010083	26,24904	2,010083	1,950621	2,010083	-26,0307
7	2,4121	0	2,4121	26,04697	2,4121	2,316313	2,4121	-25,7361
8	2,814117	0	2,814117	25,8595	2,814117	2,673349	2,814117	-25,4416
9	3,216134	0	3,216134	25,6858	3,216134	3,021509	3,216134	-25,147
10	3,61815	0	3,61815	25,52497	3,61815	3,360574	3,61815	-24,8524

Εικόνα 12

Πρέπει να αναφερθεί ότι μέχρι το παρόν σημείο δεν έγινε καμία παρέμβαση στον κώδικα του προγράμματος και συγκεκριμένα στη σταθερά ροπής αδράνειας ( $I_t$ ).

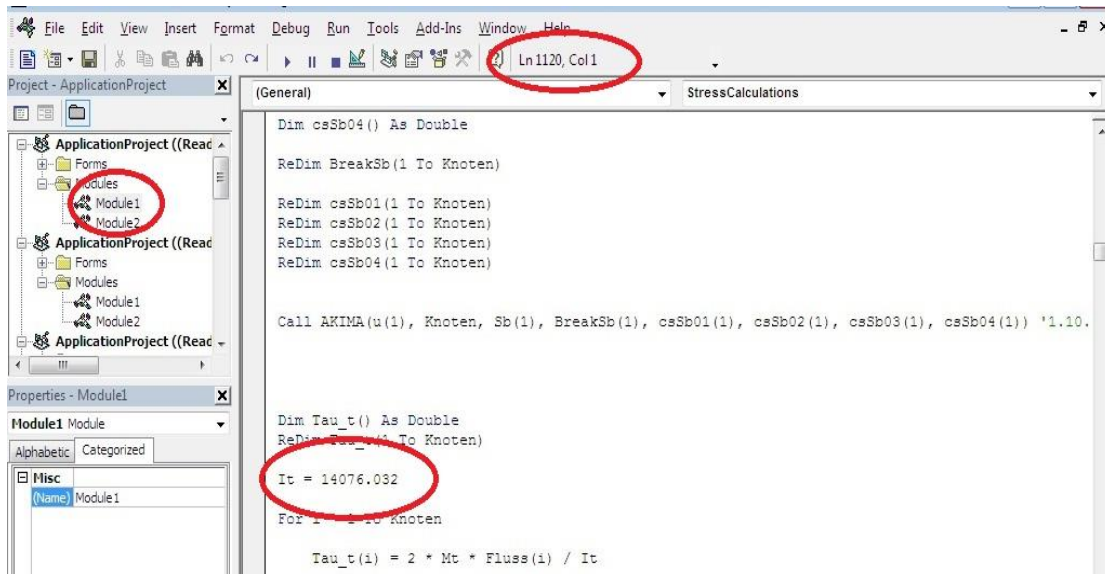
Για να ελεγχτεί αν τα αποτελέσματά θα επηρεαστούν και πόσο με την αλλαγή της τιμής της ροπής αδράνειας, έγινε επανάληψη της διαδικασίας με τη μόνη διαφορά ότι τώρα τη τιμή του  $I_t$  ορίζεται από τον χρήστη, για κάθε διατομή. Η νέα τιμή της ροπής αδράνειας προκύπτει από το πρόγραμμα **Torsional constant calculation** που το οποίο υπολογίζει την τιμή βάση των διαστάσεων των εκάστοτε διατομών.

Έγινε έναρξη του προγράμματος με τον ίδιο τρόπο που περιγράφεται παραπάνω. Από τις καρτέλες, επιλέχθηκε η επιθυμητή κατηγορία, ενώ από την γραμμή εργασιών το εικονίδιο "play" ώστε να ξεκινήσει το πρόγραμμα. Τέλος, έγινε εισαγωγή των διαστάσεων και επιλέχτηκε το κουμπί **calculate** (πράσινο κουμπί) για τον υπολογισμό των τιμών.



Εικόνα 13

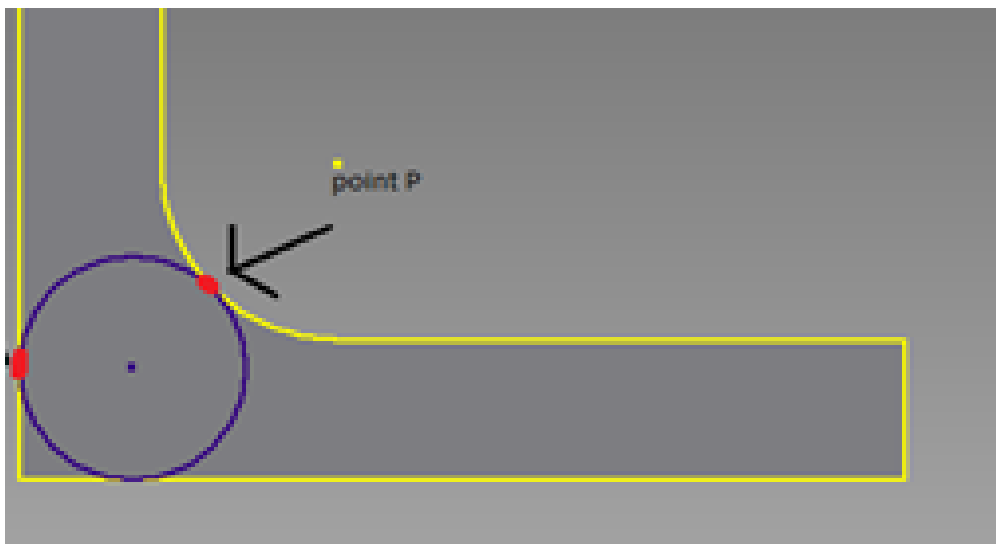
Αφού έγινε υπολογισμός των ροπών αδρανείας για τις εκάστοτε διατομές, εισήχθησαν στο πρόγραμμα ως δεδομένο στοιχείο. Πιο αναλυτικά, στον κώδικα, επιλέχθηκε το module 1, στη γραμμή 1120 και στήλη 1 ορίστηκε η τιμή του It ξεχωριστά για κάθε διατομή όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 14

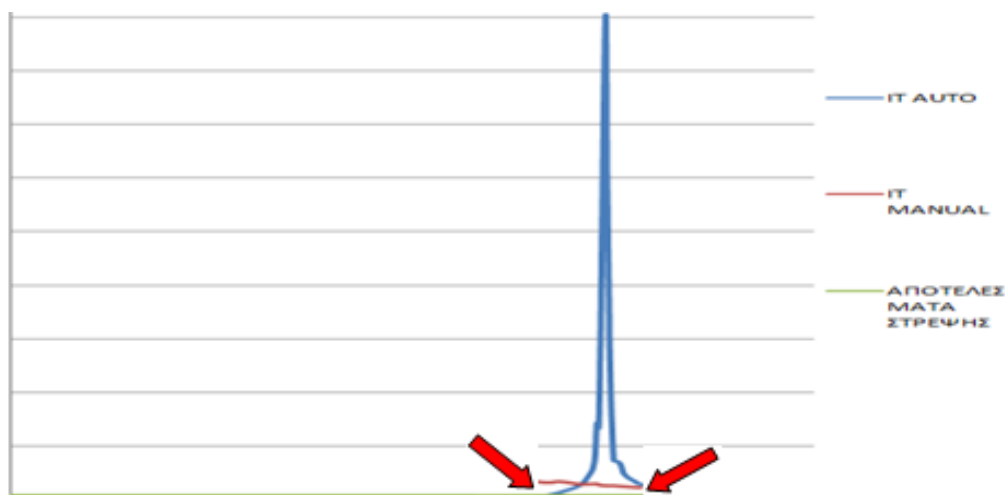
### 3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΥΡΕΣΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ (ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ - ΣΗΜΕΙΟ P)

Με το πέρας της συγκέντρωσης αποτελεσμάτων που προήρθαν από την διαδικασία που περιγράφεται πιο πάνω, σχεδιάστηκαν γραφικές παραστάσεις ώστε να ελεγχτεί η συμπεριφορά τους όταν δεν γίνεται καμία παρέμβαση στον κώδικα του προγράμματος (σταθερό It) και πως όταν η τιμή της ροπής αδράνειας καθορίζεται μέσω του **Tortional constant calculation**. Για να έχει όμως νόημα η μελέτη των τιμών και των γραφικών παραστάσεων επιλέχτηκαν έως "αναλυτικές" ορισμένες τιμές ώστε να γίνει σύγκριση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις διαδικασίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αυτές οι τιμές είναι διαφορετικές για κάθε τύπο διατομής και κάθε διάσταση.



Εικόνα 15

Σκοπός που πραγματοποιήθηκε η διαδικασία εύρεσης του σημείου μέγιστης τάσης στρέψης ( $Tt_{max}$ ) είναι να παρατηρηθεί η διαφορά μεταξύ της τάσης στρέψης που προκύπτει από την διαδικασία που αναφέρεται στην προηγούμενη ενότητα και της αναλυτικής τιμής  $Tt_{max}$ , καθώς και σε ποιο ποσοστό πλεγματοποίησης η διαφοροποίηση αυτή είναι μικρότερη. Πρέπει να αναφερθεί ότι το σημείο εφαρμογής της συγκεκριμένης (αναλυτικής) μέγιστης τάσης στρέψης καθώς και η τιμή της θεωρείται ως δεδομένη για κάθε διάσταση και τύπο διατομής και προκύπτει από τον πίνακα (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ).



Εικόνα 16

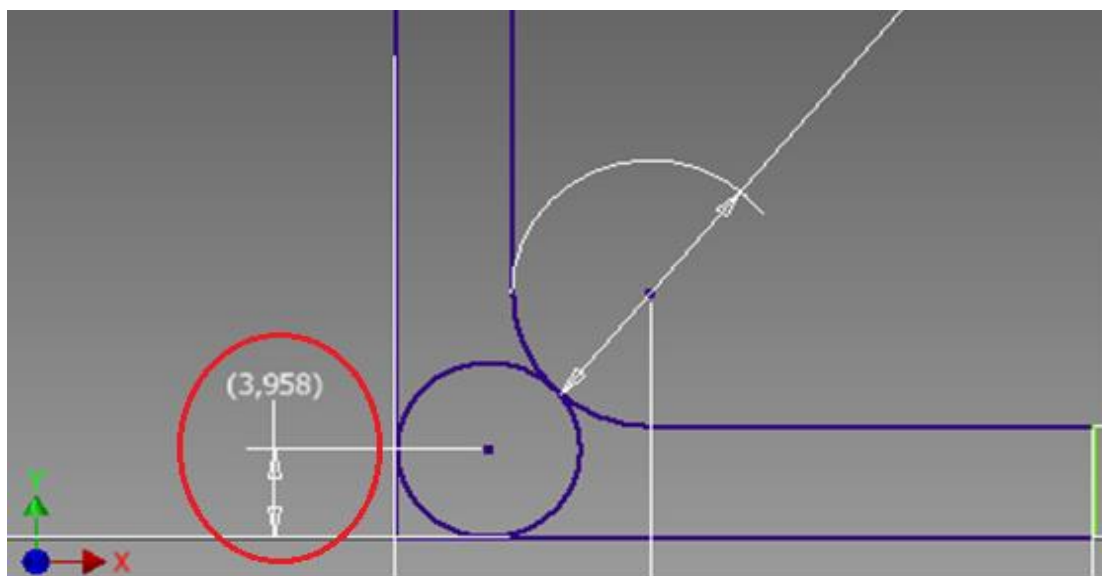
Στο σημείο που οι δυο γραφικές παραστάσεις  $I_{t_{auto}}$  (το  $I_t$  ορίζεται από το πρόγραμμα) και  $I_{t_{manual}}$  (το  $I_t$  ορίζεται από τον χρήστη) πλησιάζουν την ευθεία που δημιουργείται από τις αναλυτικές (δεδομένες) τιμές και αφού βρεθούν τα σημεία με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια πάνω στη γραφική παράσταση, από τους πίνακες με τα δεδομένα επιλέγεται το αντίστοιχο ποσοστό πλεγματοποίησης και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στη ενότητα **“3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ”**. Μετά από δοκιμές με ποσοστά πλεγματοποίησης κοντά σε αυτό που επιλέχθηκε από τους πίνακες δεδομένων, επιλέχθηκε το ποσοστό στο οποίο η μέγιστη τάση στρέψης είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην τιμή της μέγιστης τάσης στρέψης που δίνεται από τον πίνακα ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ για το σημείο ‘Ρ’

### 3.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΥΡΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ (ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ - ΣΗΜΕΙΟ Q)

Η εύρεση της μέγιστης τάσης στρέψης για συγκεκριμένο σημείο και η σύγκριση της με την τάση που δίνεται από τον πίνακα ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ συνδέεται άμεσα με την διαδικασία που περιγράφεται στην προηγούμενη ενότητα. Πρέπει να αναφερθεί ότι η εύρεση μέγιστης τάσης στέψης σε σημείο με αναλυτική λύση έγινε μόνο για την περίπτωση όπου δεν υπήρξε καμία παρέμβαση στο κώδικα του προγράμματος. <<IT AUTO>>

Σκοπός που πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη διαδικασία είναι για να εξεταστεί η διαφορά που έχει η τάση στρέψης ( $Tt$ ) για το ποσοστό πλεγματοποίησης που επιλέχθηκε από την προηγούμενη διαδικασία και της τάσης στρέψης που προκύπτει από τον πίνακα (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ) για σημείο με συγκεκριμένες συντεταγμένες "σημείο Q"

Για να βρεθεί το σημείο Q, στο αρχικό σχέδιο της διατομής σχεδιάστηκε ένας κύκλος ώστε να εφάπτεται στις 3 πλευρές. Το σημείο Q είναι το κυκλωμένο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα σημείο, σταθερό για κάθε είδος διατομής.



Εικόνα 17



Βρίσκοντας τις συντεταγμένες του “σημείου Q” για την κάθε διάσταση σε κάθε διατομή επιλέχθηκε η αντίστοιχη τάση στρέψης και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την διαδικασία που περιγράφεται στην ενότητα 2.3 και έγινε σύγκριση με το **Ττ αναλυτικό** από τον πίνακα (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
16	Y				90,33912			90,33912			100			
17														
18	S/N	X	Y		U	Sv		U	Tt		U	Sb		
19	1	0	0		0	27,50352		0	0		0	-27,5035		
20	2	0,402017	0		0,402017	28,28432		0,402017	4,46002		0,402017	-27,209		
21	3	0,804033	0		0,804033	30,90124		0,804033	8,765508		0,804033	-26,9144		
22	4	1,20605	0		1,20605	34,6409		1,20605	12,79813		1,20605	-26,6198		
23	5	1,608067	0		1,608067	38,77882		1,608067	16,43956		1,608067	-26,3253		
24	6	2,010083	0		2,010083	42,74017		2,010083	19,57145		2,010083	-26,0307		
25	7	2,4121	0		2,4121	46,09044		2,4121	22,07548		2,4121	-25,7361		
26	8	2,814117	0		2,814117	48,49074		2,814117	23,8333		2,814117	-25,4416		
27	9	3,216134	0		3,216134	49,66473		3,216134	24,72659		3,216134	-25,147		
28	10	3,61815	0		3,61815	49,57562		3,61815	24,76623		3,61815	-24,8524		
29	11	4,020167	0		4,020167	49,19451		4,020167	24,61037		4,020167	-24,5579		
30	12	4,422184	0		4,422184	48,71298		4,422184	24,38747		4,422184	-24,2633		
31	13	4,8242	0		4,8242	48,16358		4,8242	24,11936		4,8242	-23,9687		
32	14	5,226217	0		5,226217	47,57902		5,226217	23,82783		5,226217	-23,6742		
33	15	5,628234	0		5,628234	46,99205		5,628234	23,5347		5,628234	-23,3796		

Εικόνα 18

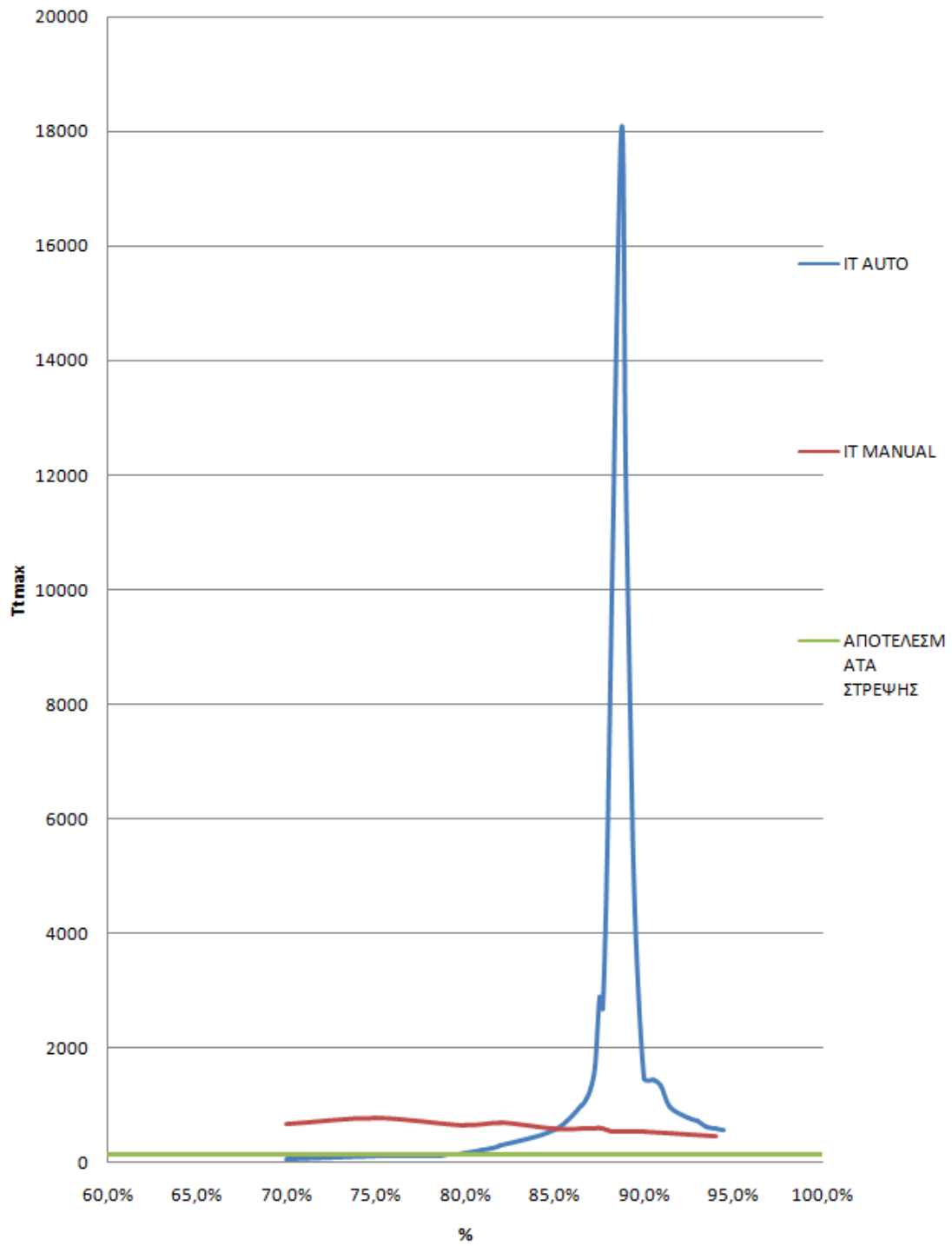


### 3.5 ΔΟΜΗ ΠΙΝΑΚΑ

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 1-Αποτελέσματα διατομής L 45x25x4) αποτελεί ένα δείγμα των υπολοίπων που ακολουθούν. Σε κάθε πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το πειραματικό μέρος της εργασίας. Κάθε πίνακας αποτελείται αρχικά από την ονομασία της διατομής και διαχωρίζεται στις δύο επιλογές που είχε ο χρήστης για τη ροπή στρέψης ( $I_{t_{auto}}$ ,  $I_{t_{manual}}$ ). Οι στήλες περιέχουν πληροφορίες σχετικά με το ποσοστό πλεγματοποίησης που χρησιμοποιήθηκε, η τιμή μέγιστης τάσης στρέψης καθώς και οι συντεταγμένες (x,y) του σημείου που εμφανίζεται για κάθε ποσοστό. Κάθε πίνακας, επίσης, περιέχει τα αποτελέσματα από τις διαδικασίες εύρεσης μέγιστης τάσης στρέψης και τάσης στρέψης σε σημείο αναλυτικής λύσης, όπως και τις αναλυτικές τιμές για κάθε διάσταση-διατομή (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ). Μετά από κάθε πίνακα ακολουθεί η γραφική παράσταση (εικόνα 20) τις εκάστοτε διάστασης. Οι άξονες απεικονίζουν το ποσοστό πλεγματοποίησης (άξονας x) και την τιμή μέγιστης τάσης στρέψης (άξονας y). Αναφέρεται, ότι όλοι οι πίνακες έχουν την ίδια δομή.

45x25x4										
IT AUTO					IT MANUAL					
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	
5,50%	5,114	6,311	564,964	94,50%	6%	5,325	5,801	462,888	94,00%	
6%	5,325	5,801	585,683	94,00%	10%	5,378	5,674	535,127	90,00%	
6,50%	5,891	5,288	628,458	93,50%	10,50%	5,378	5,674	533,146	89,50%	
7,00%	5,167	6,183	714,675	93,00%	10,75%	5,430	5,547	533,497	89,25%	
7,50%	5,509	5,446	775,992	92,50%	11%	5,509	5,446	535,087	89,00%	
8,50%	5,272	5,929	966,854	91,50%	11,25%	5,764	5,340	542,958	88,75%	
9,00%	5,378	5,674	1325,814	91,00%	11,50%	5,637	5,393	540,281	88,50%	
9,50%	5,219	6,056	1443,743	90,50%	11,75%	5,325	5,801	547,635	88,25%	
10%	5,378	5,674	1469,621	90,00%	12%	5,167	6,183	561,681	88,00%	
10,50%	5,378	5,674	4375,519	89,50%	12,25%	5,061	6,438	578,013	87,75%	
10,75%	5,430	5,547	7898,061	89,25%	12,50%	5,430	5,547	603,345	87,50%	
11%	5,509	5,446	12169,238	89,00%	12,75%	5,430	5,547	599,978	87,25%	
11,25%	5,764	5,340	17950,762	88,75%	13,00%	5,430	5,547	596,931	87,00%	
12%	5,167	6,183	5456,683	88,00%	13,25%	5,509	5,446	594,296	86,75%	
12,25%	5,061	6,438	2687,645	87,75%	13,50%	5,509	5,446	592,468	86,50%	
12,50%	5,430	5,547	2887,039	87,50%	15%	5,509	5,446	590,079	85,00%	
12,75%	5,430	5,547	1690,106	87,25%	18%	5,509	5,446	687,305	82,00%	
13,00%	5,430	5,547	1281,731	87,00%	20%	5,764	5,340	646,818	80,00%	
13,25%	5,509	5,446	1092,710	86,75%	25%	5,509	5,446	786,024	75,00%	
13,50%	5,509	5,446	990,283	86,50%	30%	5,509	5,446	671,369	70,00%	
15%	5,509	5,446	551,900	85,00%	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ					
18%	5,509	5,446	285,202	82,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )				
18,50%	5,509	5,446	255,823	81,50%	0%	150,535				
19,00%	5,637	5,393	225,402	81,00%	100%	150,535				
19,50%	5,637	5,393	195,588	80,50%						
20%	5,764	5,340	169,416	80,00%						
20,50%	5,637	5,393	147,905	79,50%						
21,00%	5,509	5,446	132,438	79,00%						
21,50%	5,509	5,446	122,105	78,50%						
25%	5,509	5,446	98,760	75,00%						
30%	5,509	5,446	54,733	70,00%						
ΣΗΜΕΙΟ "P"					ΣΗΜΕΙΟ "P"					
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος	
20,43%	150,5379	150,534697	0,0021%	79,57%	5,01%	459,009	150,5347	67,20%	94,99%	
ΣΗΜΕΙΟ "Q"					ΣΗΜΕΙΟ "Q"					
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %						
0	3,169	3,594	135,581	97,35%						

Πίνακας 1-Παράδειγμα Αποτελεσμάτων διατομής L 45x25x4



Γράφημα 1-Παράδειγμα L 45x25x4

#### 4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ-ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής, δημιουργήθηκαν διάφορες δυσκολίες οι οποίες έπρεπε να ξεπεραστούν για την πρόοδο της εργασίας.

Ξεκινώντας, για την εγκατάσταση και λειτουργία του προγράμματος απαραίτητη προϋπόθεση ήταν οι υπολογιστές να έχουν το λειτουργικό των Windows 7 (32bit). Αυτό συνέβη, επειδή χρησιμοποιήθηκαν κάποια αρχεία DLL(Dynamic-link library που σημαίνει βιβλιοθήκη δυναμικής σύνδεσης) τα οποία απαιτούσαν τη χρήση του συγκεκριμένου λειτουργικού. Τα αρχεία αυτά αντιγράφηκαν μέσα σε συγκεκριμένο φάκελο και στη συνέχεια δηλώθηκαν μέσα στο σύστημα των υπολογιστών. Επομένως χρειάστηκε ένα πρόγραμμα για τη δημιουργία εικονικού περιβάλλοντος στο οποίο χρησιμοποιήθηκε το επιθυμητό λογισμικό. Βέβαια, αυτή η ενέργεια δεν ήταν αποτελεσματική (το λογισμικό των Windows 8 όπως αποδείχτηκε δημιουργούσε το πρόβλημα) έτσι έγινε format και εγκατάσταση του λογισμικού(Windows 7(32bit)) .

Στη συνέχεια, στη χρήση του εικονικού περιβάλλοντος υπήρχαν τρία ζητήματα. Πρώτα από όλα, δεν ήταν δυνατή η ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο (χρήση wifi) και απαιτούσε ενσύρματη σύνδεση (σύνδεση του υπολογιστή με το router με τη χρήση καλωδίου ethernet). Δεύτερον, δε μπορούσε να διαβάσει καμία εξωτερική συσκευή με αποτέλεσμα η μεταφορά των αρχείων να γίνεται αποκλειστικά μέσω διαδίκτυο. Τρίτον, η ανάλυση στο εικονικό περιβάλλον ήταν πολύ μικρή επομένως για την οποιαδήποτε ενέργεια ήταν υποχρεωτική η χρήση του scroll down/up.

Με το πέρας των δυσκολιών που αναφέρθηκαν, προβλήματα συναντήθηκαν στο κομμάτι της λειτουργίας του προγράμματος. Το πρώτο, αφορούσε το εύρος της πλεγματοποίησης, το οποίο κυμαινόταν υποχρεωτικά (δεν μπορούσε να αντιμετωπισθεί) από 5% και άνω. Το δεύτερο, αφορούσε κάποια error(λάθη) σε κάποια ποσοστά πλεγματοποίησης ,παρόλο που αυτά ήταν μέσα στο εύρος που αναφέρθηκε προηγουμένως, κάτι που έκανε το πρόγραμμα να κολλήσει και να το οδηγήσει σε αναγκαστικό τερματισμό. Έτσι αυτές οι τιμές πλεγματοποίησης αντικαταστάθηκαν με άλλες γειτονικές (πολύ κοντινές σε αυτές τιμές).

Επιπλέον για το εκτέλεση του κώδικα, έπρεπε σε κάθε τρέξιμο του προγράμματος να γίνει η επιλογή του extrusion. Αυτό αποδείχθηκε παράγοντας δαπάνης αρκετού χρόνου λόγω των τόσο πολλών δοκιμών που έγιναν. Τέλος, για την καταχώρηση δεκαδικού αριθμού ο μόνος τρόπος ήταν η χρήση του κόμματος ( , ) μεταξύ των ψηφίων, αφού η τελεία δεν αναγνωριζόταν.

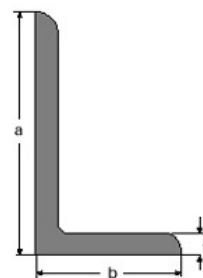
## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με το πέρας της πειραματικού μέρους, για τις διάφορες διαστάσεις των διατομών καθώς και της συγκέντρωσης όλων των αποτελεσμάτων, προκύπτει η εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν όλη την διαδικασία που αναφέρεται στα προηγούμενα κεφάλαια.

Τα συμπεράσματα που συγκεντρώθηκαν προέκυψαν από στοιχεία που εξήχθησαν μέσα από την επεξεργασία δεδομένων, τόσο κατά την διαδικασία αυτόματης επιλογής ροπής αδράνειας ( $I_t$ ) από το πρόγραμμα ( $I_{t_{auto}}$ ), όσο και κατά την οποία ο χρήστης επεμβαίνει στον κώδικα και επιλέγει την ροπή αδράνειας ( $I_t$ ) μέσω του προγράμματος **Torsional constant calculation**, ( $I_{t_{manual}}$ ).

### 5.1 ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΥΠΟΥ L

Μελετώντας αρχικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την διαδικασία μη αυτόματης επιλογής ροπής αδράνειας ( $I_{t_{manual}}$ ), παρατηρείται μια σταθερή απόκλιση της γραφικής παράστασης της από αυτή που



Εικόνα 19

ορίζουν οι αναλυτικές τιμές. Για κάθε διάσταση, μέσα στο εύρος των ποσοστών πλεγματοποίησης που έγιναν οι δοκιμές, φαίνεται ότι οι τιμές μεταξύ τους παρουσιάζουν και αυτές μια σχετικά ομαλή συμπεριφορά, γεγονός που επιβεβαιώνεται στο ότι η γραφική παράσταση δεν έχει μεγάλες εξάρσεις ή βυθίσεις. Μελετώντας τις τιμές της μέγιστης τάσης στρέψης ( $T_{t_{max}}$ ) διακρίνεται ότι για μικρά ποσοστά πλεγματοποίησης (6%-10%) τα αποτελέσματα είναι πιο κοντά στις αναλυτικές τιμές μέγιστης τάσης στρέψης από αυτές σε μεγαλύτερα ποσοστά πλεγματοποίησης (25%-30%) ,το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και από την συμπεριφορά που έχει η γραφική παράσταση σε κάθε διάσταση, όπου η απόσταση της από την γραφική παράσταση που ορίζει η αναλυτική τιμή είναι μεγαλύτερη στην αρχή του διαγράμματος (μεγάλα ποσοστά πλεγματοποίησης) και μικρότερη προς το τέλος (για μικρά ποσοστά πλεγματοποίησης) . Μπορεί επίσης να διεξαχθεί το συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη μέθοδος δεν παρέχει σωστά αποτελέσματα για την διαδικασία εύρεσης σημείου μέγιστης τάσης στρέψης ( $T_{t_{max}}$ ) καθώς όλες οι τιμές έχουν πολύ μεγάλη απόκλιση (52%-67,3%) από τις δεδομένες (αναλυτικές).

Αναλύοντας τα στοιχεία που προκύπτουν από την διαδικασία κατά την οποία ο χρήστης δεν επεμβαίνει καθόλου στον κώδικα του προγράμματος, όταν δηλαδή η επιλογή της ροπής αδράνειας για κάθε διάσταση γίνεται αυτόματα από το πρόγραμμα ( $I_{t_{auto}}$ ), τα συμπεράσματα είναι διαφορετικά σε αρκετά σημεία. Δεν παρατηρείται καμία ομαλή συμπεριφορά των γραφικών παραστάσεων στις περισσότερες διαστάσεις. Συγκεκριμένα υπάρχουν περιοχές ποσοστών πλεγματοποίησης στις οποίες οι τιμές μέγιστης τάσης στρέψης παρουσιάζουν μεγάλη διαφοροποίηση από την "αναλυτική" για κάθε διάσταση. Το φαινόμενο αυτό επιβεβαιώνεται και από την συμπεριφορά της γραφικής παράστασης όπου στα σημεία αυτά απομακρύνονται παρά πολύ από την γραφική παράσταση τις δεδομένης τιμής. Ωστόσο δεν μπορεί να οριστεί ένα εύρος ποσοστών πλεγματοποίησης όπως στην ανάλυση της προηγούμενης διαδικασίας, που να ομαδοποιούν αυτές τις απομακρύνσεις καθώς τα ποσοστά είναι διαφορετικά για κάθε διάσταση. Δεν συμβαίνει το ίδιο για το εύρος των ποσοστών πλεγματοποίησης κατά το οποίο οι τιμές ( $T_{t_{max}}$ ) είναι σχετικά κοντά στην δεδομένη τιμή, εκεί δηλαδή όπου η γραφική παράσταση τείνει να πλησιάζει την γραφική παράσταση της αναλυτικής τιμής. Το εύρος του ποσοστού πλεγματοποίησης όπου οι τιμές  $T_{max}$  είναι πλησιέστερα στην αναλυτική τιμή για τις περισσότερες από τις διαστάσεις τύπου "L" που αναφέρονται στην παρούσα εργασία είναι μεταξύ του 22% και του 30%. Η συγκεκριμένη μέθοδος σε αντίθεση με την προηγούμενη έκτος ορισμένων περιπτώσεων (διατομές 100X50X10 και 150X90X10), εξάγει αποτελέσματα σωστά για την εύρεση του σημείου εφαρμογής της μέγιστης τάσης στρέψης ( $T_{t_{max}}$ ). Αυτό συμπεραίνεται από το γεγονός ότι για στο εύρος που αναφέρεται παραπάνω (22%-30%) οι διαφοροποιήσεις από την δεδομένη τιμή  $T_{t_{max}}$  για το συγκριμένο δεδομένο σημείο είναι από 0,002%-2,127%. Το ακριβώς αντίθετο συμπέρασμα προκύπτει για την εύρεση μέγιστης τάσης στρέψης ( $T_{t_{max}}$ ) σε σημείο αναλυτικής λύσης όπου και εκεί η διαφοροποίηση από τις δεδομένες τιμές είναι πάρα πού μεγάλη με τα ποσοστά απόκλισης να είναι μεταξύ 89,80%-97,83%.

<b>IT AUTO</b>				
			<b>ΣΗΜΕΙΟ Ρ</b>	
<b>ΔΙΑΤΟΜΗ</b>	<b>Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ</b>	<b>Ttmax</b>	<b>ΔΙΑΦΟΡΑ %</b>
45x25x4	150,535	20,430%	150,538	0,002%
50x30x5	100,837	25,000%	100,212	0,620%
60X40X5	87,568	20,430%	150,538	0,002%
90X65X8	21,266	30,940%	21,259	0,035%
100X50X10	14,704	5,010%	33,156	55,652%
125X75X6	26,907	22,650%	26,801	0,392%
150X75X9	15,302	28,590%	14,977	2,127%
150x90x10	9,672	30,000%	14,089	31,346%
200X100X12	6,759	28,810%	6,703	0,832%
<b>IT MANUAL</b>				
			<b>ΣΗΜΕΙΟ Ρ</b>	
<b>ΔΙΑΤΟΜΗ</b>	<b>Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ</b>	<b>Ttmax</b>	<b>ΔΙΑΦΟΡΑ %</b>
45x25x4	150,535	5,010%	459,009	67,204%
50x30x5	100,837	6,000%	258,879	61,048%
60X40X5	87,568	10,750%	207,883	57,880%
90X65X8	21,266	5,000%	50,568	57,946%
100X50X10	14,704	5,010%	34,875	57,839%
125X75X6	26,907	5,000%	66,636	59,621%
150X75X9	15,302	10,000%	34,198	55,254%
150x90x10	9,672	8,000%	21,260	54,503%
200X100X12	6,759	10,000%	15,093	55,218%

Πίνακας 2- Αποτελέσματα σημείου Ρ διατομής L

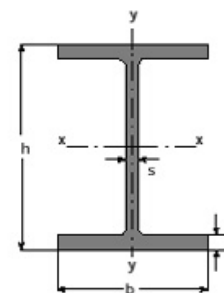


ΔΙΑΤΟΜΗ	Χ	Υ	ΣΗΜΕΙΟ Q		ΔΙΑΦΟΡΑ %
			Tt	Tt ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	
45x25x4	0	3,169	3,594	135,581	97,349%
50x30x5	0	3,933	1,977	91,223	97,833%
60X40X5	0	3,169	3,594	135,581	97,349%
90X65X8	0	6,417	1,536	19,276	92,031%
100X50X10	0	7,509	6,359	13,163	51,690%
125X75X6	0	5,533	4,992	24,791	79,862%
150X75X9	0	5,394	1,143	11,316	89,903%
150x90x10	0	8,072	2,016	8,746	76,950%
200X100X12	0	7,195	0,477	4,672	89,796%

Πίνακας 3- Αποτελέσματα σημείου Q διατομής L

## 5.2 ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΥΠΟΥ ΙΡΕ

Στη μέθοδο  $I_{t_{\text{manual}}}$  οι τιμές της ροπής αδράνειας για την εκάστοτε διατομή ήταν δεδομένες καθώς ο χρήστης ήταν αυτός που τις όριζε. Αφού πραγματοποιήθηκαν όλες οι δοκιμές, δηλαδή όλα τα ποσοστά πλεγματοποίησης για όλα τα μεγέθη της διατομής ΙΡΕ, και σχεδιάστηκαν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές της μέγιστης τάσης στρέψης ( $T_{t_{\text{max}}}$ ) παρουσιάζουν μια, σχεδόν, σταθερή απόκλιση από τις "αναλυτικές" τιμές τάσης στρέψης. Αυτό φαίνεται, από το γεγονός ότι η γραφική παράσταση που προέκυψε, μοιάζει με ευθεία που χάνει για λίγο την παραλληλότητά της από αυτή των "αναλυτικές" τιμών. Παρατηρείται, επίσης, ότι μεγαλύτερη απόκλιση των τιμών μέγιστης τάσης στρέψης υπάρχει σε ποσοστό πλεγματοποίησης 30% για τις μικρές διαστάσεις ενώ για τις μεγαλύτερες σε ποσοστό 6%. Για την μικρότερη απόκλιση δεν μπορεί να σχολιασθεί κάτι καθώς οι τιμές των ποσοστών πλεγματοποίησης κυμαίνονται από το 7,7% ως το 25%. Η μέθοδος αυτή δεν είναι αποτελεσματική καθώς τα αποτελέσματα της παρουσιάζουν μια απόκλιση της τάξεως του 55%.



Εικόνα 20

Η μέθοδος  $I_{t_{\text{auto}}}$  αυτή εν αντιθέσει με την προηγούμενη δεν είχε καμία παρέμβαση του χρήστη στο πρόγραμμα. Σε αυτήν την περίπτωση τις τιμές της ροπής αδράνειας τις όριζε το πρόγραμμα αυτόματα. Αυτή τη φορά οι γραφικές παραστάσεις είχαν αποκλίσεις στις τιμές μέγιστης τάσης στρέψης ( $T_{t_{\text{max}}}$ ) επομένως υπήρχαν εξάρσεις και βυθίσεις. Η μεγαλύτερη εξάρση για κάθε διατομή παρουσιάζεται σε ποσοστό πλεγματοποίησης μεταξύ 7% και 13,5%. Η γενική εικόνα των γραφικών παραστάσεων αυτής της μεθόδου είναι μια καμπύλη που στα μεγάλα ποσοστά ξεκινάει κοντά στην ευθεία των "αναλυτικές" τιμών και όσο τα ποσοστά αυτά μικραίνουν τόσο η καμπύλη απομακρύνεται από την ευθεία. Στα ποσοστά που προαναφέρθηκαν επισημαίνεται η μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ της ευθείας και της καμπύλης. Στη συνέχεια ελαττώνεται η απόστασή τους και καταλήγει μάλιστα σε μερικές περιπτώσεις να βρίσκονται αρκετά κοντά. Η μέθοδος αυτή είναι καλύτερη καθώς μπορεί να παρατηρηθεί ποιο ποσοστό πλεγματοποίησης δίνει την πλησιέστερη τιμή μέγιστης τάσης στρέψης σε σχέση με τις "αναλυτικές". Αυτό το ποσοστό κυμαίνεται μεταξύ 11,03% και 20,48%.

<b>IT AUTO</b>				
			<b>ΣΗΜΕΙΟ Ρ</b>	
<b>ΔΙΑΤΟΜΗ</b>	<b>Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ</b>	<b>Ttmax</b>	<b>ΔΙΑΦΟΡΑ %</b>
80,000	71,243	11,030	71,291	0,068
100,000	47,852	14,250	47,687	0,345
120,000	35,447	11,740	35,456	0,028
140,000	26,915	16,360	26,889	0,097
160,000	20,313	15,390	20,375	0,302
180,000	16,212	13,810	16,204	0,050
220,000	10,190	20,480	10,167	0,227
270,000	6,663	18,460	6,660	0,045
300,000	5,481	12,620	5,484	0,056
<b>IT MANUAL</b>				
			<b>ΣΗΜΕΙΟ Ρ</b>	
<b>ΔΙΑΤΟΜΗ</b>	<b>Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ</b>	<b>Ttmax</b>	<b>ΔΙΑΦΟΡΑ %</b>
80,000	170,616	7,250	71,291	58,215
100,000	116,040	25,000	47,687	58,904
120,000	79,740	25,000	35,456	55,535
140,000	60,321	12,500	26,889	55,424
160,000	53,000	10,000	20,375	61,557
180,000	36,671	10,000	16,204	55,814
220,000	22,094	25,000	10,167	53,983
270,000	14,959	25,000	6,660	55,480
300,000	12,444	25,000	5,484	55,928

Πίνακας 4-Αποτελέσματα σημείου Ρ διατομής ΙΡΕ

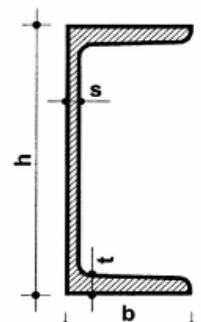
ΔΙΑΤΟΜΗ	X	Y	ΣΗΜΕΙΟ Q		ΔΙΑΦΟΡΑ %
			Tt	Tt ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	
80,000	22,914	0,000	21,242	59,159	64,092
100,000	27,535	0,000	17,421	40,585	57,076
120,000	32,268	0,000	13,466	29,910	54,980
140,000	36,301	0,000	9,182	22,487	59,167
160,000	41,034	0,000	7,121	17,349	58,955
180,000	45,318	0,000	5,660	13,703	58,695
220,000	55,024	0,000	4,205	8,721	51,784
270,000	67,579	0,000	2,837	5,766	50,804
300,000	75,322	0,000	2,310	4,728	51,132

Πίνακας 5- Αποτελέσματα σημείου Q διατομής ΙΡΕ

### 5.3 ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΥΠΟΥ ΥΡΕ

Ύστερα από το κομμάτι των διαδικασιών και τη λήψη των μετρήσεων ,σειρά έχει το στάδιο των παρατηρήσεων και του σχολιασμού των αποτελεσμάτων.

Μελετώντας λοιπόν τις μετρήσεις όπου ο συντελεστής ροπής αδρανείας ( $I_t$ ) καταχωρούνταν από το χρήστη, παρατηρείται πως οι τιμές των τάσεων στρέψης ( $T_t$ ) ακολουθούν μία σχετικά σταθερή απόκλιση από την ιδανική τιμή που είχε δοθεί. Το γεγονός αυτό μπορεί να επιβεβαιωθεί και από τις γραφικές παραστάσεις οι οποίες ακολουθούσαν ομαλή πορεία σε σχέση με τις γραφικές όπου ο συντελεστής ροπής αδρανείας ( $I_t$ ) προϋπήρχε καταχωρημένος από το πρόγραμμα. Η μεγαλύτερη και πιο απομακρυσμένη τιμή εμφανιζότανε κατά κύριο λόγο στο ποσοστό πλεγματοποίησης 25%. Η μόνη διατομή της οποίας η μέγιστη και πιο απομακρυσμένη τιμή βρέθηκε σε διαφορετικό ποσοστό πλεγματοποίησης αφορά τη ΥΡΕ 200 με ποσοστό 30%. Αντίθετα, όσο αναφορά τα ποσοστά πλεγματοποίησης των κοντινότερων τιμών τάσης στρέψης ( $T_t$ ) στις ιδανικές τιμές ( $T_t$ ) ,δεν μπορούμε να τα ομαδοποιήσουμε, αφού κυμαίνονται από 6%-11,5%. Επιπλέον, σημειώνεται ως συμπέρασμα ότι η μέθοδος για τη συγκεκριμένη διατομή (ΥΡΕ) φαίνεται να μην είναι τελείως αναξιόπιστη και αναποτελεσματική, καθώς τα ποσοστά απόκλισης των τιμών  $T_t$  με την ιδανική τιμή κυμαίνονται από 0,46%-10,92%. Σημειώνεται ότι μόνο τρεις από τις οχτώ διατομές ΥΡΕ ξεπέρασαν το ποσοστό απόκλισης 7% (έως 10,927%), ενώ οι υπόλοιπες πέντε δεν ξεπέρασαν το 4%



Εικόνα 21

Με τον ίδιο τρόπο, μελετήθηκαν και τα δεδομένα που εξήχθησαν, όταν ο συντελεστής ροπής αδράνειας ( $I_t$ ) ήταν σταθερός και καθοριζόταν από το πρόγραμμα. Τα αποτελέσματά, σε αντίθεση με αυτά όπου ο συντελεστής  $I_t$  καταχωρούνταν από το χρήστη, φαίνεται να μην ακολουθούν ομαλή συμπεριφορά γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και από τα διαγράμματα όπου ένα κομμάτι των γραφικών παραστάσεων απομακρύνεται υπερβολικά από τις ιδανικές τιμές (φαινόμενο εξάρσεων). Η μέγιστη τιμή τάσης στρέψης, που στην ουσία είναι και η πιο απομακρυσμένη, βρέθηκε σε διαφορετικό ποσοστό πλεγματοποίησης για κάθε διατομή. Μόνη εξαίρεση παρουσιάζουν οι διατομές UPE 200 και UPE 270 των οποίων το ποσοστό πλεγματοποίησης μέγιστης τιμής βρέθηκε στο 9,99%, γεγονός που μπορεί να χαρακτηριστεί τυχαίο.

Έτσι δεν μπορούν να ομαδοποιηθούν τα αποτελέσματά αφού το εύρος πλεγματοποίησης των μέγιστων τιμών κυμαίνεται από 8,5% έως και 16,75%. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και για τα ποσοστά πλεγματοποίησης των τιμών τάσης στρέψης κοντά στις αναλυτικές τιμές, κυμαινόμενο από 6,7% έως 16,5% με αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνει ομαδοποίηση αυτών.

Παρ' όλα αυτά, η επί της εκατό διαφορά των κοντινών τιμών τάσης στρέψης ( $T_t$ ) με αυτές των ιδανικών αποτελεσμάτων δεν φαίνεται μεγάλη, καθώς τέσσερις από αυτές δεν ξεπερνούν τη διαφορά του 1%, ενώ οι υπόλοιπες τέσσερις βρίσκονται σε ένα εύρος τιμών από 2% έως 8,15%. Αντίθετα, σε σημείο αναλυτικής λύσης, προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματα των τιμών  $T_t$  που εξήχθησαν δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστα καθώς η διαφοροποίηση από τις ιδανικές τιμές βρίσκεται μέσα σε ένα εύρος τιμών από 35,47% έως και 51,18%.

IT AUTO				
			ΣΗΜΕΙΟ Ρ	
ΔΙΑΤΟΜΗ	Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣ ΗΣ	Ttmax	ΔΙΑΦΟΡΑ %
80,000	67,717	11,120	73,721	8,144
100,000	55,255	6,700	54,879	0,681
120,000	40,782	10,010	41,739	2,294
140,000	32,548	7,750	32,422	0,388
160,000	27,426	15,500	25,748	6,118
180,000	19,453	0,165	20,650	5,797
200,000	16,872	15,000	17,019	0,862
270,000	8,919	13,000	8,987	0,755
IT MANUAL				
			ΣΗΜΕΙΟ Ρ	
ΔΙΑΤΟΜΗ	Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑΤΟΠΟΙ ΗΣΗΣ	Ttmax	ΔΙΑΦΟΡΑ %
80,000	74,550	9,000	73,721	1,113
100,000	56,561	8,500	54,879	2,974
120,000	41,932	10,500	41,739	0,460
140,000	33,554	8,500	32,422	3,373
160,000	27,900	11,500	25,748	7,716
180,000	21,425	10,010	20,650	3,615
200,000	18,607	6,000	17,019	8,536
270,000	10,089	11,500	8,987	10,927

Πίνακας 6- Αποτελέσματα σημείου Ρ διατομής UPE

ΣΗΜΕΙΟ Q					
ΔΙΑΤΟΜΗ	X	Y	Tt	Tt ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	ΔΙΑΦΟΡΑ %
80,000	5,144	0,000	31,943	65,433	51,183%
100,000	5,226	0,000	23,828	48,403	50,772%
120,000	5,970	0,000	21,039	37,097	43,286%
140,000	6,231	0,000	14,538	28,645	49,247%
160,000	6,361	0,000	12,719	22,630	43,796%
180,000	7,022	0,000	11,642	18,042	35,475%
200,000	6,965	0,000	8,899	14,897	40,265%
270,000	8,918	0,000	4,655	9,877	52,871%

Πίνακας 7- Αποτελέσματα σημείου Q διατομής UPE

## 5.4 ΣΥΝΟΛΙΚΑ

Σύμφωνα με τα παραπάνω , προκύπτει το συμπέρασμα ότι στη διαδικασία εύρεσης μέγιστης τάσης στρέψης ( $T_{max}$ ), κατά την οποία, η ροπή στρέψης( $It$ ) υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα( $It_{auto}$ ) για κάθε διατομή, τα αποτελέσματα 'πλησιάζουν' κατά πολύ τις αναλυτικές τιμές. Συγκεκριμένα, και στα τρία είδη διατομών, για όλα τα ποσοστά πλεγματοποίησης που επιλέχθηκαν, η διαφορά των τιμών μέγιστης τάσης στρέψης σε σχέση με τις αναλυτικές δεν ξεπερνάει το 8%(εξαιρούνται οι διατομές τύπου L 100x50x10 και 150x90x10).

Όταν ο χρήστης ορίζει μέσω του προγράμματος **Torsional constant calculation** την ροπή αδράνειας ( $It_{manual}$ ). Τα αποτελέσματα που προκύπτουν σε αυτή τη μέθοδο δεν είναι κοινά . Για τις διατομές IPE και L η απόκλιση από τις αναλυτικές τιμές κυμαίνεται σε ποσοστά 53% με 67%.Για τη διατομή τύπου UPE η απόκλιση των τιμών δεν ξεπερνάει το 10%.

Σε όλα τα είδη διατομών και για κάθε ποσοστό πλεγματοποίησης η διαφορά ανάμεσα στις αναλυτικές τιμές τάσης στρέψης και σε αυτές που προέκυψαν από την πειραματική διαδικασία βρίσκονται μεταξύ 35% και 97%,

## 6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- Επανάληψη διαδικασίας με χρήση εξίσωσης Lagrange μεγαλύτερου βαθμού
- Επανάληψη διαδικασίας με χρήση διαφορετικού τύπου διατομών
- Χρήση περισσότερων ποσοστών πλεγματοποίησης
- Αποφυγή εκτέλεσης μελλοντικής εργασίας με ίδια DLL(Dynamic-link library) σε λογισμικό των Windows 8.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

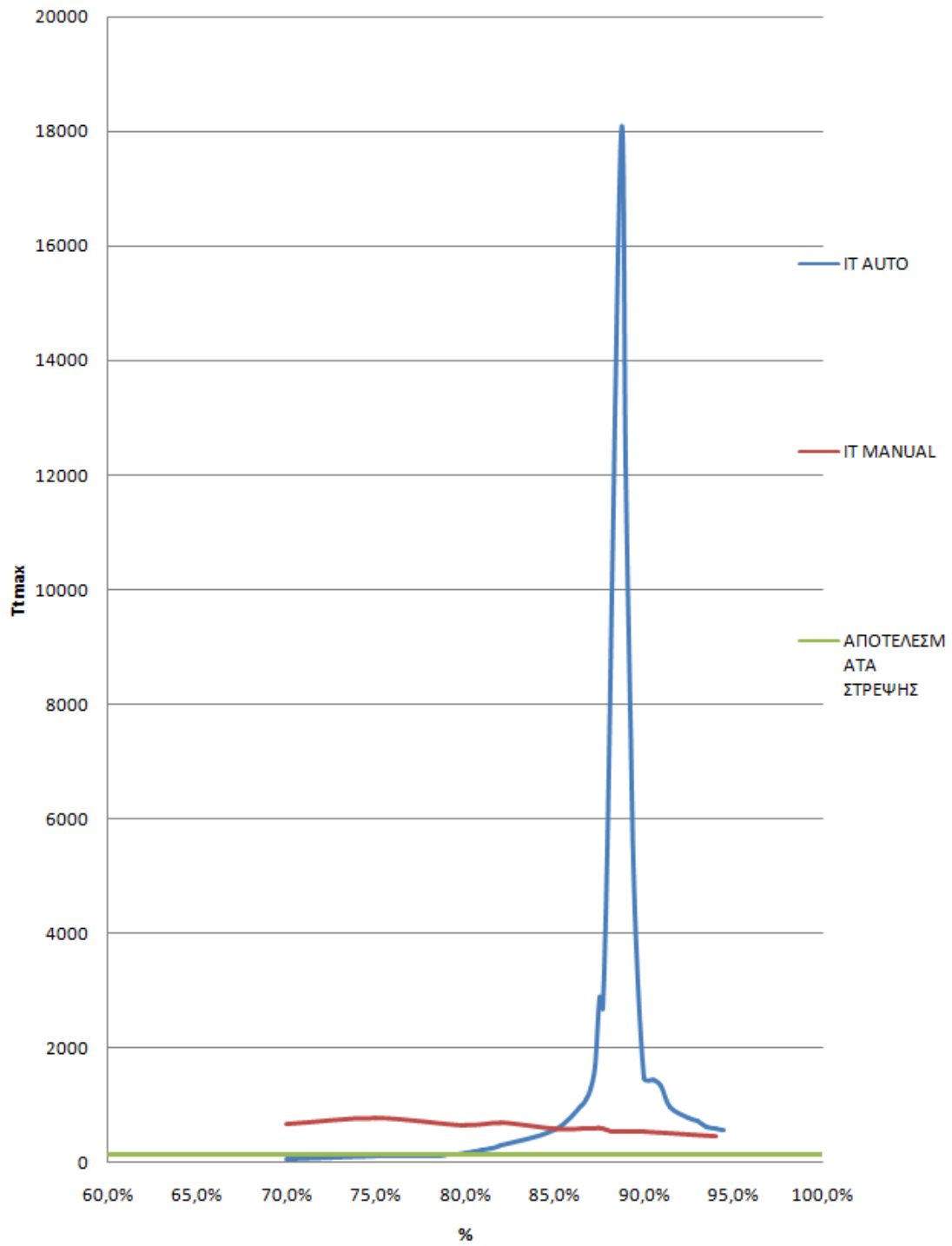
1. *Ιωάννης Κ. Στεργίου, Κωνσταντίνος Ι. Στεργίου Στοιχεία Μηχανών 1*, Σύγχρονη Εκδοτική ΕΠΕ Αθήνα 2003
2. *Δρ. Π. Α. Βουθούνης Τεχνική Μηχανική Αντοχή Των Υλικών*, Έκδοση Ζ
3. *Warren C. Young, Richard G. Budynas Roark's Formulas for Stress and Strain* Έκδοση 7
4. *Prof. Dr. rer. nat. Heinz Antes A Short Course on Boundary Element Methods* Institute fur Angewandte Mechanik, November 30, 2010
5. *D.A.S. Curran, B.A. Lewis A boundary element method for the solution of the transient diffusion equation in two dimensions* Department of Mathematics and Computer Studies, Sunderland Polytechnic, Sunderland SR1 3SD, UK, Available online 9 June 2004



## 8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

45x25x4										
	IT AUTO						IT MANUAL			
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	
5,50%	5,114	6,311	564,964	94,50%	6%	5,325	5,801	462,888	94,00%	
6%	5,325	5,801	585,683	94,00%	10%	5,378	5,674	535,127	90,00%	
6,50%	5,891	5,288	628,458	93,50%	10,50%	5,378	5,674	533,146	89,50%	
7,00%	5,167	6,183	714,675	93,00%	10,75%	5,430	5,547	533,497	89,25%	
7,50%	5,509	5,446	775,992	92,50%	11%	5,509	5,446	535,087	89,00%	
8,50%	5,272	5,929	966,854	91,50%	11,25%	5,764	5,340	542,958	88,75%	
9,00%	5,378	5,674	1325,814	91,00%	11,50%	5,637	5,393	540,281	88,50%	
9,50%	5,219	6,056	1443,743	90,50%	11,75%	5,325	5,801	547,635	88,25%	
10%	5,378	5,674	1469,621	90,00%	12%	5,167	6,183	561,681	88,00%	
10,50%	5,378	5,674	4375,519	89,50%	12,25%	5,061	6,438	578,013	87,75%	
10,75%	5,430	5,547	7898,061	89,25%	12,50%	5,430	5,547	603,345	87,50%	
11%	5,509	5,446	12169,238	89,00%	12,75%	5,430	5,547	599,978	87,25%	
11,25%	5,764	5,340	17950,762	88,75%	13,00%	5,430	5,547	596,931	87,00%	
12%	5,167	6,183	5456,683	88,00%	13,25%	5,509	5,446	594,296	86,75%	
12,25%	5,061	6,438	2687,645	87,75%	13,50%	5,509	5,446	592,468	86,50%	
12,50%	5,430	5,547	2887,039	87,50%	15%	5,509	5,446	590,079	85,00%	
12,75%	5,430	5,547	1690,106	87,25%	18%	5,509	5,446	687,305	82,00%	
13,00%	5,430	5,547	1281,731	87,00%	20%	5,764	5,340	646,818	80,00%	
13,25%	5,509	5,446	1092,710	86,75%	25%	5,509	5,446	786,024	75,00%	
13,50%	5,509	5,446	990,283	86,50%	30%	5,509	5,446	671,369	70,00%	
15%	5,509	5,446	551,900	85,00%	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>					
18%	5,509	5,446	285,202	82,00%	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>	<b>Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>				
18,50%	5,509	5,446	255,823	81,50%	0%	150,535				
19,00%	5,637	5,393	225,402	81,00%	100%	150,535				
19,50%	5,637	5,393	195,588	80,50%						
20%	5,764	5,340	169,416	80,00%						
20,50%	5,637	5,393	147,905	79,50%						
21,00%	5,509	5,446	132,438	79,00%						
21,50%	5,509	5,446	122,105	78,50%						
25%	5,509	5,446	98,760	75,00%						
30%	5,509	5,446	54,733	70,00%						
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος	
20,43%	150,5379	150,534697	0,0021%	79,57%	5,01%	459,009	150,5347	67,20%	94,99%	
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>										
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %						
0	3,169	3,594	135,581	97,35%						

Πίνακας 8-Αποτελέσματα διατομής L 45x25x4



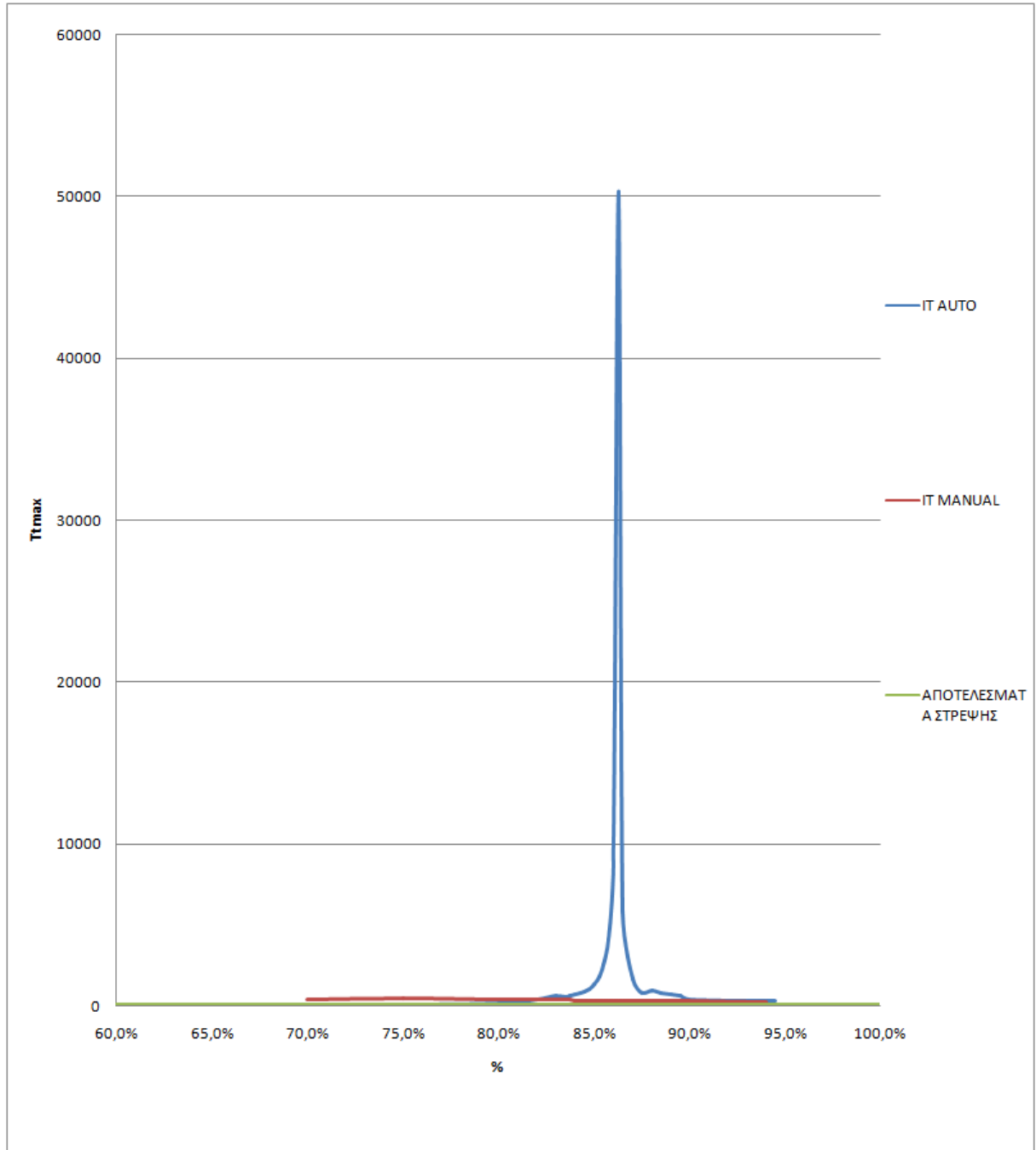
Γράφημα 2- L 45x25x4

ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ

2016

<b>50x30x5</b>									
<b>IT AUTO</b>					<b>IT MANUAL</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
5,50%	6,359	7,718	287,553	94,50%	6%	6,540	7,282	258,879	94,00%
6%	6,540	7,282	290,888	94,00%	10%	6,660	6,992	290,705	90,00%
6,50%	7,395	6,493	303,732	93,50%	12%	6,419	7,573	305,278	88,00%
7%	6,359	7,718	331,369	93,00%	13,50%	6,814	6,734	321,578	86,50%
7,50%	7,105	6,614	338,716	92,50%	13,75%	6,814	6,734	321,237	86,25%
10%	6,660	6,992	426,371	90,00%	14%	6,959	6,674	321,316	86,00%
10,50%	6,660	6,992	591,526	89,50%	14,25%	6,959	6,674	322,370	85,75%
11%	6,814	6,734	730,617	89,00%	14,50%	7,105	6,614	325,011	85,50%
11,50%	6,814	6,734	798,090	88,50%	14,75%	7,105	6,614	324,609	85,25%
12%	6,419	7,573	923,773	88,00%	15%	6,814	6,734	322,844	85,00%
12,50%	6,721	6,846	793,906	87,50%	15,25%	6,660	6,992	324,360	84,75%
13%	6,721	6,846	1663,504	87,00%	15,50%	6,540	7,282	328,947	84,50%
13,50%	6,814	6,734	5866,813	86,50%	15,75%	6,419	7,573	335,251	84,25%
13,75%	6,814	6,734	50316,724	86,25%	16,00%	6,359	7,718	342,997	84,00%
14%	6,959	6,674	8909,052	86,00%	16,25%	6,239	8,009	352,250	83,75%
14,25%	6,959	6,674	4084,087	85,75%	16,50%	6,179	8,155	362,333	83,50%
14,50%	7,105	6,614	2560,135	85,50%	18%	6,814	6,734	379,121	82,00%
14,75%	7,105	6,614	1781,103	85,25%	20%	7,105	6,614	361,454	80,00%
15%	6,814	6,734	1322,802	85,00%	25%	6,814	6,734	449,509	75,00%
15,25%	6,660	6,992	1049,012	84,75%	30%	6,814	6,734	393,920	70,00%
15,50%	6,540	7,282	880,831	84,50%	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>				
15,75%	6,419	7,573	772,798	84,25%	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>		<b>Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>		
16,00%	6,359	7,718	696,096	84,00%	0%		150,535		
16,25%	6,239	8,009	621,726	83,75%	100%		150,535		
16,50%	6,179	8,155	520,341	83,50%					
17%	6,814	6,734	643,267	83,00%					
18%	6,814	6,734	386,175	82,00%					
20%	7,105	6,614	183,475	80,00%					
25%	6,814	6,734	100,212	75,00%					
28,50%	6,814	6,734	65,112	71,50%					
29%	6,814	6,734	60,135	71,00%					
29,50%	6,814	6,734	55,492	70,50%					
30%	6,814	6,734	51,237	70,00%					
30,50%	6,814	6,734	47,386	69,50%					
31,00%	6,814	6,734	43,927	69,00%					
31,50%	6,959	6,674	40,841	68,50%					
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
25%	100,212	100,8373	0,620%	75,00%	6%	258,87861	100,83728	61,048%	94,00%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>				
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) <b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %					
0	3,958	1,977078	91,2233974	97,83%					

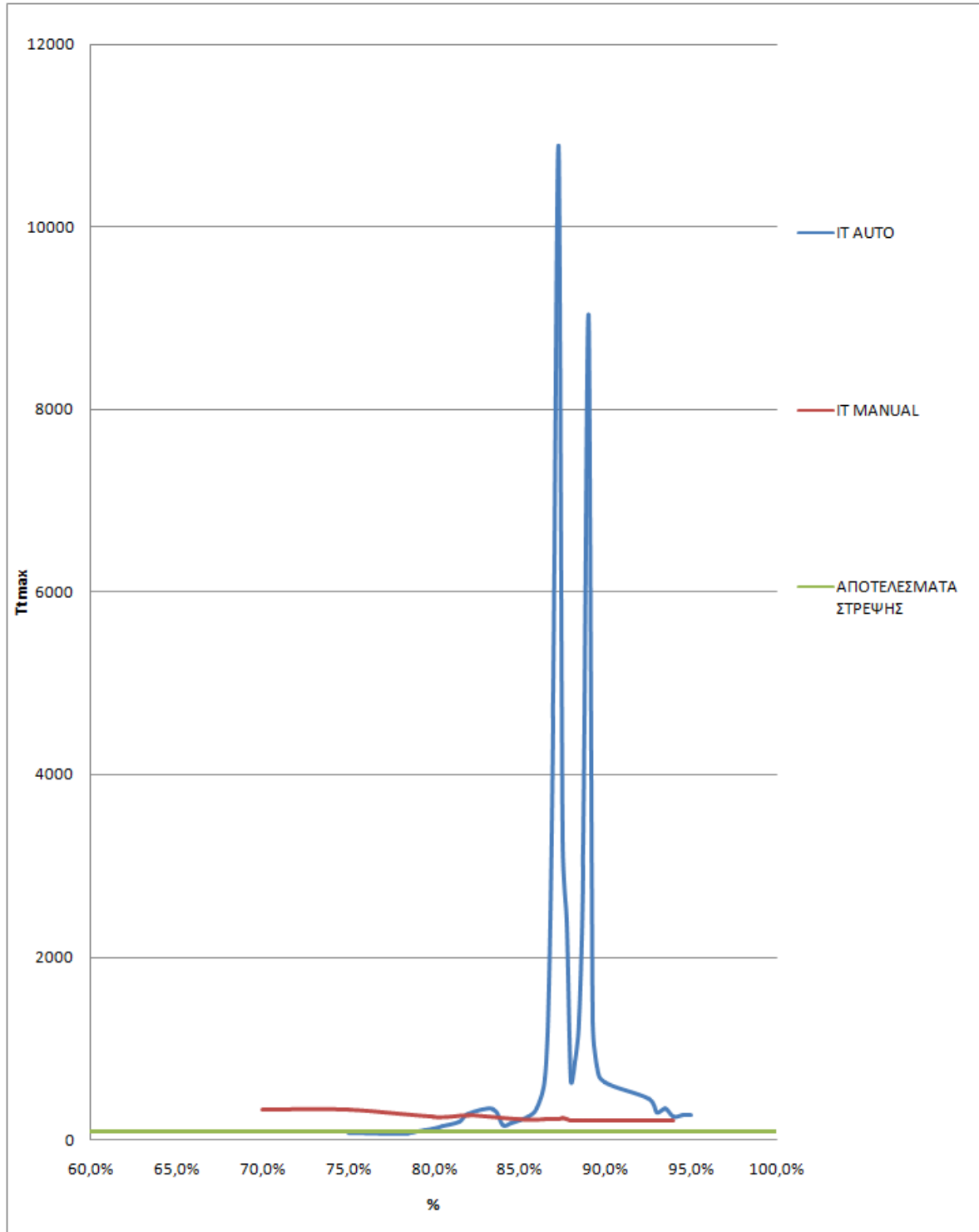
Πίνακας 9-Αποτελέσματα διατομής L 50x30x5



Γράφημα 3- L 50x30x5

60X40X5									
	IT AUTO				IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
5,01%	6,789003	6,744252	208,546	94,99%	6%	6,468	7,455	208,820	94,00%
5,50%	6,317	7,820	265,752	94,50%	10%	6,695	6,908	212,150	90,00%
6%	6,468	7,455	270,028	94,00%	10,50%	6,695	6,908	208,418	89,50%
6,50%	6,544	7,273	257,697	93,50%	10,75%	6,789	6,744	207,883	89,25%
7,00%	6,393	7,638	342,090	93,00%	11%	6,789	6,744	208,306	89,00%
7,50%	6,695	6,908	297,280	92,50%	11,25%	6,971	6,669	209,663	88,75%
10%	6,695	6,908	451,951	90,00%	11,50%	7,154	6,593	213,102	88,50%
10,50%	6,695	6,908	622,187	89,50%	11,75%	6,971	6,669	213,767	88,25%
10,75%	6,789	6,744	809,129	89,25%	12%	6,619	7,090	215,298	88,00%
11%	6,789	6,744	1288,678	89,00%	12,25%	6,393	7,638	221,665	87,75%
11,25%	6,971	6,669	9033,673	88,75%	12,50%	6,695	6,908	231,982	87,50%
11,50%	7,154	6,593	3001,134	88,50%	12,75%	6,695	6,908	228,970	87,25%
11,75%	6,971	6,669	1300,811	88,25%	13,00%	6,695	6,908	226,161	87,00%
12%	6,619	7,090	847,517	88,00%	13,25%	6,789	6,744	223,715	86,75%
12,25%	6,393	7,638	644,205	87,75%	13,50%	6,789	6,744	221,689	86,50%
12,50%	6,695	6,908	2392,016	87,50%	15%	6,971	6,669	221,601	85,00%
12,75%	6,695	6,908	3266,351	87,25%	18%	6,789	6,744	271,212	82,00%
13,00%	6,695	6,908	10889,845	87,00%	20%	6,789	6,744	255,230	80,00%
13,25%	6,789	6,744	4626,918	86,75%	25%	6,789	6,744	333,865	75,00%
13,50%	6,789	6,744	1693,449	86,50%	30%	6,789	6,744	334,457	70,00%
14,00%	6,789	6,744	679,436	86,00%	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>				
14,50%	6,789	6,744	349,843	85,50%	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>	<b>Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>			
15%	6,971	6,669	260,635	85,00%	0%	87,568			
15,50%	7,154	6,593	211,802	84,50%	100%	87,568			
16,00%	6,695	6,908	178,178	84,00%					
16,50%	6,393	7,638	160,811	83,50%					
18%	6,789	6,744	332,262	82,00%					
18,50%	6,789	6,744	283,537	81,50%					
19,50%	6,789	6,744	196,040	80,50%					
20%	6,789	6,744	143,963	80,00%					
20,50%	6,789	6,744	124,105	79,50%					
21%	6,971	6,669	107,003	79,00%					
21,50%	6,971	6,669	92,874	78,50%					
25%	6,789	6,744	68,398	75,00%					
30%	6,789	6,744	73,351	70,00%					
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
20,43%	150,5379	150,534697	0,0021%	79,57%	5,01%	459,0094	150,5347	67,20%	94,99%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %					
0	3,958	5,811774	79,1986212	92,66%					

Πίνακας 10-Αποτελέσματα διατομής L 60x40x5



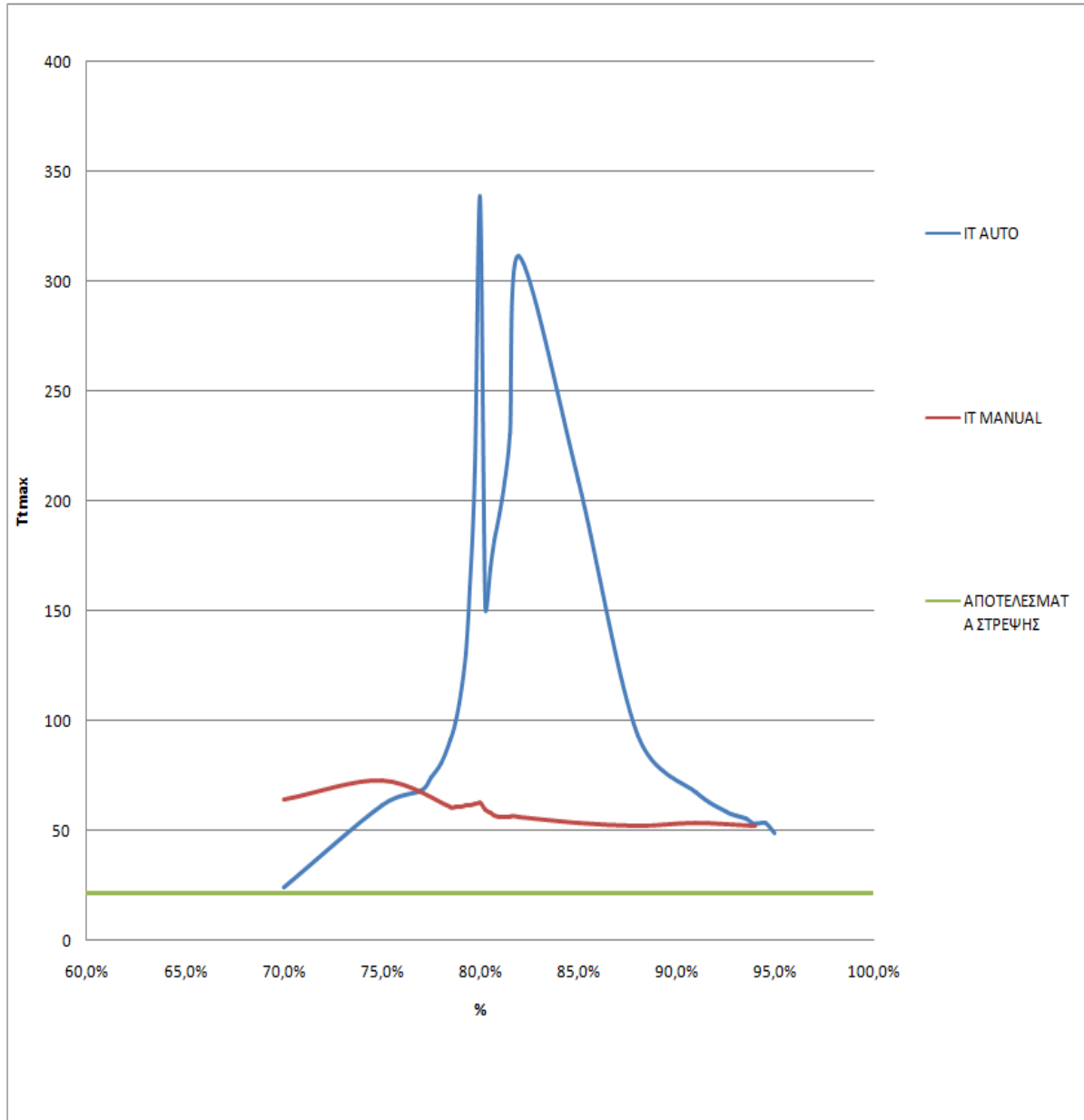
Γράφημα 4- L 60x40x5

ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ

2016

90X65X8									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
5,0%	1065,961%	1157,913%	4886,623%	95,0%	5%	50,5685	21,2661	0,5795	95,00%
5,5%	1019,180%	1270,853%	5307,148%	94,5%	6%	10,4257	12,1438	51,8646	94,00%
6,0%	1042,570%	1214,383%	5270,598%	94,0%	9%	10,1918	12,7085	53,2365	91,00%
6,5%	1030,875%	1242,618%	5515,924%	93,5%	12%	10,5427	11,8615	51,9600	88,00%
7,0%	1030,875%	1242,618%	5686,447%	93,0%	15%	11,4081	10,7304	53,5767	85,00%
7,5%	1030,875%	1242,618%	5849,685%	92,5%	18%	11,4081	10,7304	56,1412	82,00%
9,0%	1019,180%	1270,853%	6707,151%	91,0%	18,50%	11,4081	10,7304	56,2137	81,50%
12,0%	1054,266%	1186,148%	9341,390%	88,0%	18,75%	11,1258	10,8474	55,8843	81,25%
15,0%	1140,813%	1073,044%	20900,256%	85,0%	19%	10,7766	11,2968	56,0155	81,00%
18,0%	1140,813%	1073,044%	31141,260%	82,0%	19,25%	10,5427	11,8615	56,8148	80,75%
18,5%	1140,813%	1073,044%	22968,095%	81,5%	19,50%	10,3088	12,4262	58,0291	80,50%
18,8%	1112,578%	1084,739%	20853,058%	81,3%	19,75%	10,1918	12,7085	59,5221	80,25%
19,0%	1077,656%	1129,678%	19375,670%	81,0%	20%	11,1258	10,8474	62,5230	80,00%
19,3%	1054,266%	1186,148%	18219,909%	80,8%	20,25%	11,1258	10,8474	62,0552	79,75%
19,5%	1030,875%	1242,618%	16942,219%	80,5%	20,50%	11,1258	10,8474	61,6218	79,50%
19,8%	1019,180%	1270,853%	15173,718%	80,3%	20,75%	11,1258	10,8474	61,2297	79,25%
20,0%	1112,578%	1084,739%	33775,069%	80,0%	21,00%	11,1258	10,8474	60,8856	79,00%
20,3%	1112,578%	1084,739%	21518,824%	79,8%	21,25%	11,1258	10,8474	60,5952	78,75%
20,5%	1112,578%	1084,739%	16057,239%	79,5%	21,50%	11,1258	10,8474	60,3638	78,50%
20,8%	1112,578%	1084,739%	13045,076%	79,3%	25%	11,1258	10,8474	72,5514	75,00%
21,0%	1112,578%	1084,739%	11187,949%	79,0%	30%	11,1258	10,8474	64,0848	70,00%
21,3%	1112,578%	1084,739%	9961,325%	78,8%	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>				
21,5%	1112,578%	1084,739%	9110,017%	78,5%	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>	<b>Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>			
22,0%	1140,813%	1073,044%	8038,690%	78,0%	0%	21,266			
22,5%	1140,813%	1073,044%	7390,609%	77,5%	100%	21,266			
23,0%	1140,813%	1073,044%	6768,569%	77,0%					
25,0%	1112,578%	1084,739%	6117,311%	75,0%					
30,0%	1112,578%	1084,739%	2367,103%	70,0%					
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <i>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</i>	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <i>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</i>	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
30,94%	21,259	21,266	0,035%	69,06%	5%	50,568	21,266	57,946%	95,00%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) <i>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</i>	Διαφορά %					
0	6,417	1,535994	19,27563477	92,03%					

Πίνακας 11-Αποτελέσματα διατομής L 90x65x8



Γράφημα 5- L 90x65x8

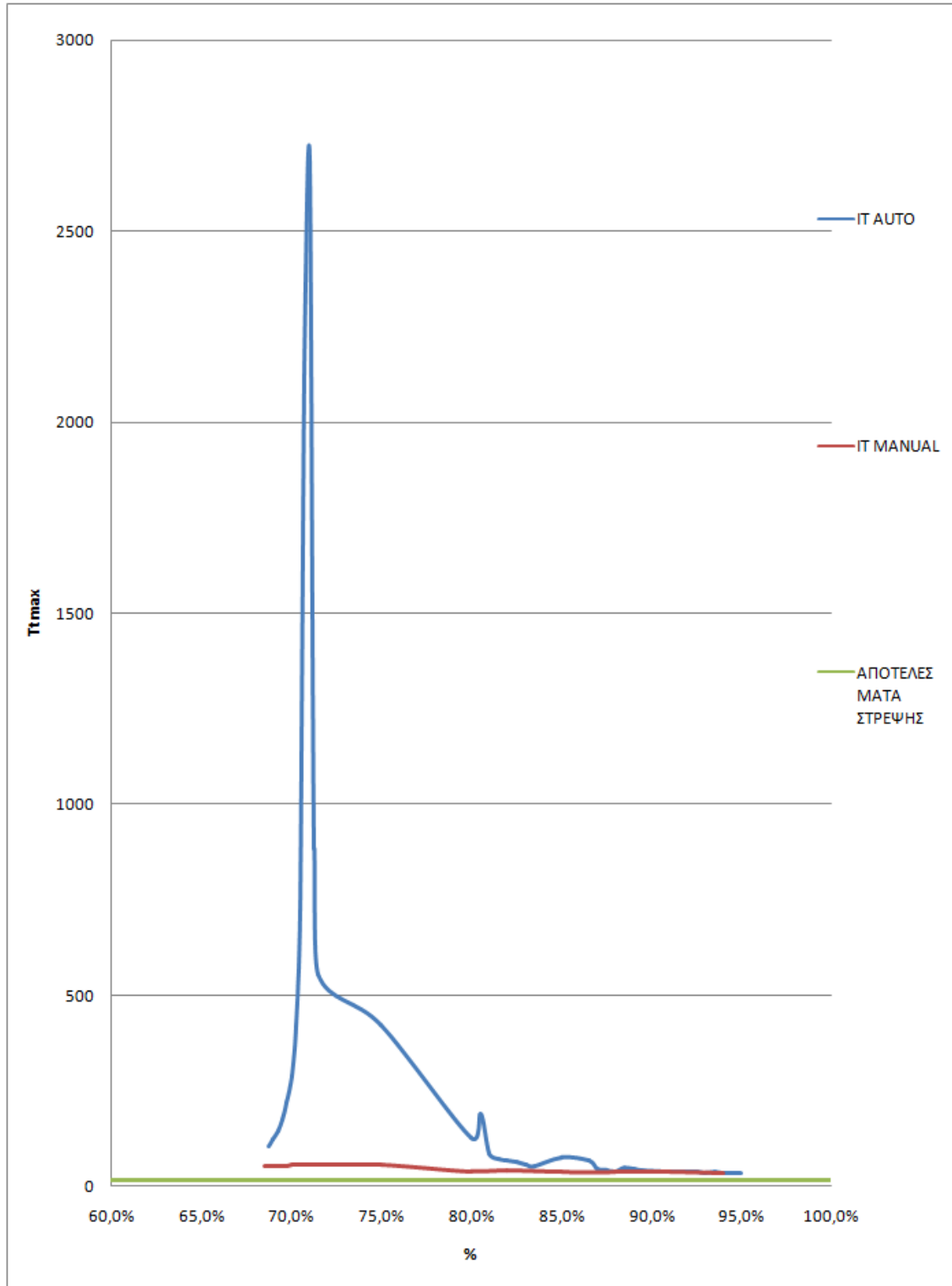


ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ

2016

100X50X10									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
5,01%	13,57186	12,66262	33,15573	94,99%	6%	12,856	13,105	34,893	94,00%
5,50%	12,290	14,471	35,635	94,50%	9%	12,177	14,744	37,015	91,00%
6%	12,856	13,105	34,972	94,00%	12%	12,517	13,925	36,916	88,00%
6,50%	12,517	13,925	35,162	93,50%	15%	13,026	12,889	37,039	85,00%
7,00%	12,403	14,198	37,165	93,00%	18%	13,299	12,776	41,541	82,00%
7,50%	12,403	14,198	36,450	92,50%	20%	12,856	13,105	39,822	80,00%
9%	12,177	14,744	39,776	91,00%	25%	13,026	12,889	55,443	75,00%
10,50%	12,517	13,925	40,347	89,50%	28,50%	13,299	12,776	55,627	71,50%
11,00%	12,177	14,744	43,877	89,00%	28,75%	13,299	12,776	55,575	71,25%
11,50%	13,572	12,663	46,635	88,50%	29%	13,299	12,776	55,522	71,00%
12%	12,517	13,925	48,927	88,00%	29,25%	13,299	12,776	55,475	70,75%
12,50%	12,743	13,378	40,238	87,50%	29,50%	13,299	12,776	55,439	70,50%
13,00%	13,299	12,776	43,427	87,00%	29,75%	13,572	12,663	55,512	70,25%
13,50%	12,743	13,378	46,336	86,50%	30%	13,572	12,663	55,220	70,00%
15%	13,026	12,889	67,144	85,00%	30,25%	13,299	12,776	54,784	69,75%
16,50%	12,177	14,744	77,208	83,50%	30,50%	13,299	12,776	54,400	69,50%
17,00%	12,856	13,105	52,207	83,00%	30,75%	13,026	12,889	54,098	69,25%
17,50%	13,026	12,889	57,709	82,50%	31,00%	13,026	12,889	53,871	69,00%
18%	13,299	12,776	62,756	82,00%	31,25%	12,743	13,378	53,797	68,75%
18,50%	13,572	12,663	67,971	81,50%	31,50%	12,630	13,652	53,907	68,50%
19,00%	12,856	13,105	72,345	81,00%	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ				
19,50%	12,403	14,198	86,299	80,50%	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )			
20%	12,856	13,105	190,954	80,00%	0%	14,704			
25%	13,026	12,889	125,948	75,00%	100%	14,704			
28,50%	13,299	12,776	422,064	71,50%					
28,75%	13,299	12,776	556,695	71,25%					
29%	13,299	12,776	884,866	71,00%					
29,25%	13,299	12,776	2685,039	70,75%					
29,50%	13,299	12,776	2123,829	70,50%					
29,75%	13,572	12,663	720,566	70,25%					
30%	13,572	12,663	419,932	70,00%					
30,25%	13,299	12,776	290,150	69,75%					
30,50%	13,299	12,776	219,030	69,50%					
30,75%	13,026	12,889	174,689	69,25%					
31,00%	13,026	12,889	144,581	69,00%					
31,25%	12,743	13,378	123,016	68,75%					
31,50%	12,630	13,652	106,824	68,50%					
ΣΗΜΕΙΟ "P"					ΣΗΜΕΙΟ "P"				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
		ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ					ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ		
5,01%	33,155734	14,703884	55,652%	94,99%	5,01%	34,8752939	14,70388428	57,839%	94,99%
ΣΗΜΕΙΟ "Q"					ΣΗΜΕΙΟ "Q"				
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %					
			ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ						
0	6,417	1,535994	19,2756348	92,03%					

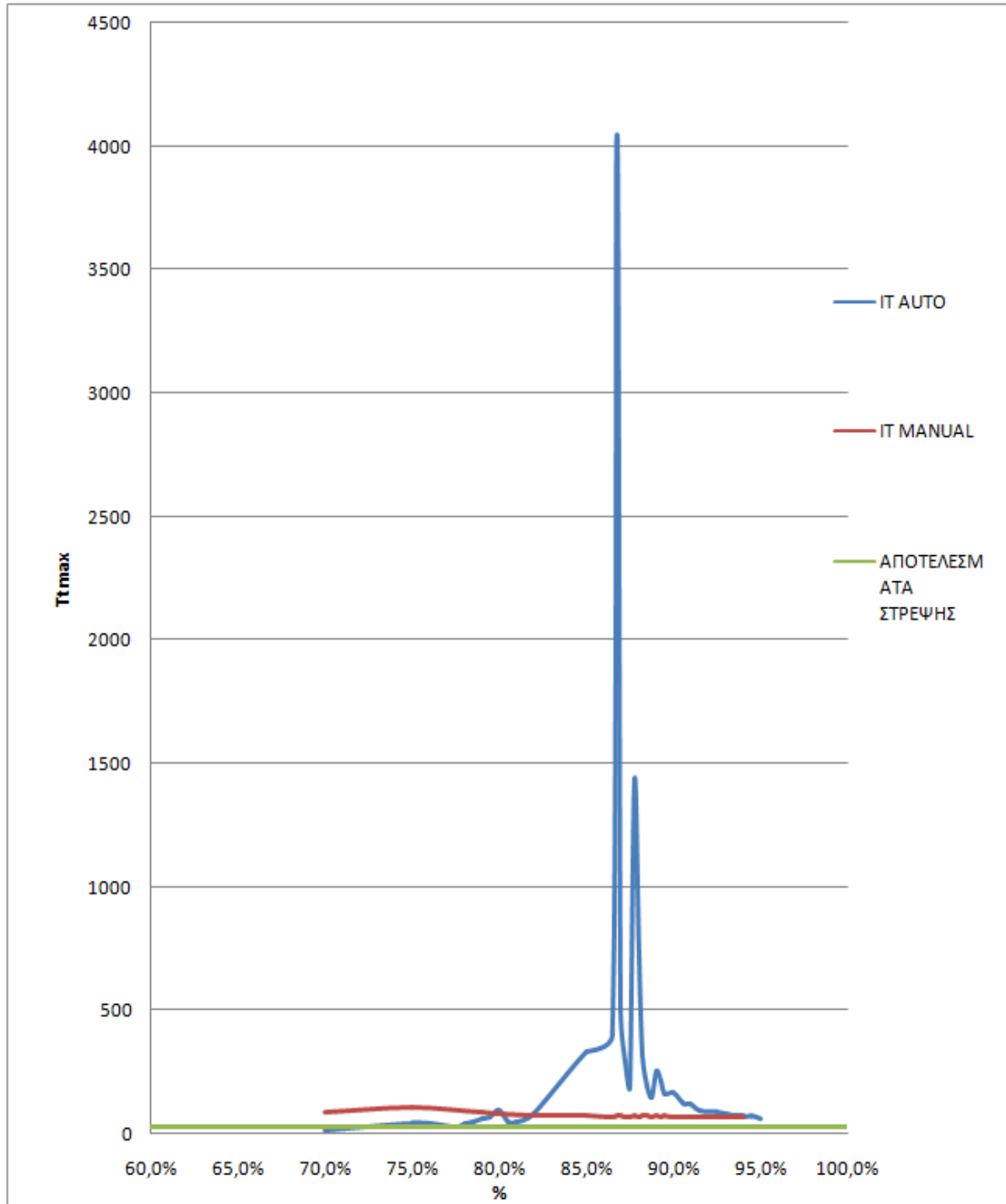
Πίνακας 12-Αποτελέσματα διατομής L 100x50x10



Γράφημα 6- L 100x50x10

<b>125X75X6</b>									
<b>IT AUTO</b>					<b>IT MANUAL</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
5,00%	9,2206823	9,224585037	61,9610717	95,00%	6%	8,616	10,685	68,790	94,00%
5,50%	8,616	10,685	71,353	94,50%	10%	8,767	10,320	69,123	90,00%
6%	8,616	10,685	70,815	94,00%	11%	8,313	11,415	72,042	89,50%
6,50%	8,918	9,955	76,016	93,50%	11%	8,767	10,320	69,994	89,25%
7,00%	8,767	10,320	82,741	93,00%	11%	8,464	11,050	71,767	89,00%
7,50%	8,767	10,320	87,524	92,50%	11%	9,069	9,590	69,227	88,75%
9%	8,767	10,320	90,548	91,50%	12%	8,616	10,685	70,918	88,50%
9,00%	8,464	11,050	121,395	91,00%	11,75%	8,313	11,415	72,648	88,25%
9,50%	8,313	11,415	124,244	90,50%	12,00%	8,918	9,955	69,119	88,00%
10,00%	8,767	10,320	166,979	90,00%	12%	8,616	10,685	71,236	87,75%
11%	8,313	11,415	163,583	89,50%	12,50%	9,584	9,072	70,636	87,50%
10,75%	8,767	10,320	214,921	89,25%	12,75%	9,221	9,225	70,116	87,25%
11,00%	8,464	11,050	252,110	89,00%	13,00%	8,767	10,320	71,361	87,00%
11,25%	9,069	9,590	145,978	88,75%	13%	8,464	11,050	73,252	86,75%
12%	8,616	10,685	194,089	88,50%	13,50%	9,949	8,920	70,558	86,50%
11,75%	8,313	11,415	320,661	88,25%	15,00%	8,767	10,320	72,598	85,00%
12,00%	8,918	9,955	714,613	88,00%	18,00%	8,464	11,050	76,883	82,00%
12,25%	8,616	10,685	1434,323	87,75%	21,00%	9,949	8,920	84,822	79,00%
13%	9,584	9,072	190,793	87,50%	25,00%	9,221	9,225	107,308	75,00%
12,75%	9,221	9,225	289,596	87,25%	30,00%	9,584	9,072	87,389	70,00%
13,00%	8,767	10,320	500,752	87,00%	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>				
13,25%	8,464	11,050	4046,376	86,75%	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>	<b>Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>			
14%	9,949	8,920	405,172	86,50%	0%	26,907			
15%	8,767	10,320	332,282	85,00%	100%	26,907			
18,00%	8,464	11,050	79,215	82,00%					
19,00%	9,949	8,920	47,535	81,00%					
20%	8,918	9,955	46,235	80,50%					
20,01%	9,221	9,225	94,496	79,99%					
20,50%	9,584	9,072	68,951	79,50%					
21,00%	9,949	8,920	57,536	79,00%					
22%	9,221	9,225	48,728	78,50%					
22,00%	8,464	11,050	40,528	78,00%					
22,50%	9,221	9,225	27,888	77,50%					
25,00%	9,221	9,225	43,082	75,00%					
30,00%	9,584	9,072	14,379	70,00%					
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
		<b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>					<b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>		
22,65%	26,801465	26,90691096	0,392%	77,35%	5%	66,63563	26,906911	59,621%	95,00%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %					
0	5,533	4,992364	24,7906716	79,86%					

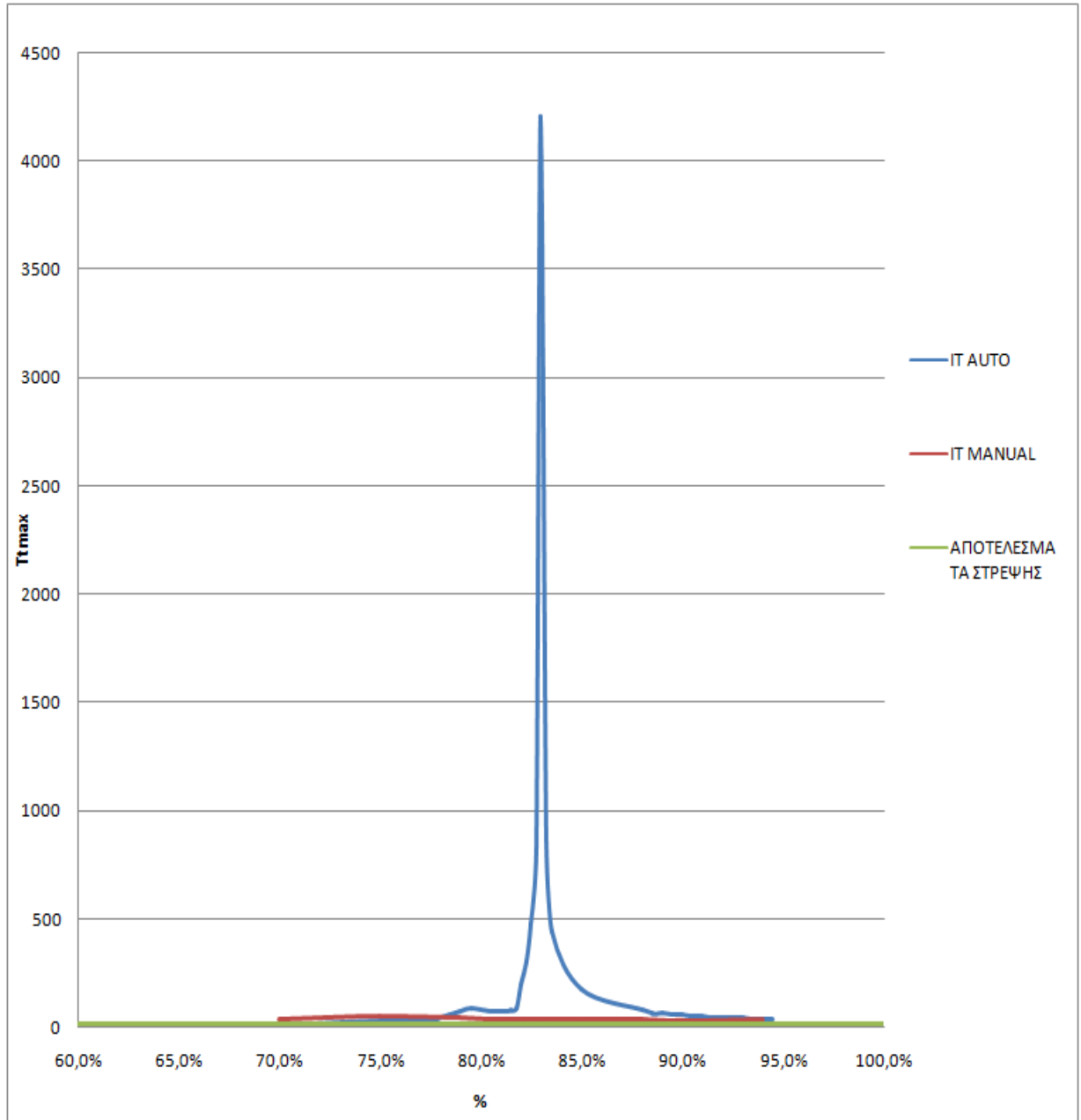
Πίνακας 13-Αποτελέσματα διατομής L 125x75x6



Γράφημα 7- L 125x75x6

150X75X9									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
5,01%	9,526	9,730	37,811	94,99%	6%	9,857	9,474	36,799	94,00%
6%	9,857	9,474	41,493	94,50%	10%	9,526	9,730	34,198	90,00%
6,00%	9,857	9,474	41,441	94,00%	12,00%	9,526	9,730	34,863	88,00%
6,50%	9,526	9,730	41,533	93,50%	15,00%	9,526	9,730	37,119	85,00%
7,00%	9,526	9,730	43,331	93,00%	17%	9,857	9,474	38,795	83,50%
7,50%	9,526	9,730	44,480	92,50%	16,75%	9,526	9,730	39,055	83,25%
8,50%	9,526	9,730	45,991	91,50%	17,00%	9,526	9,730	38,815	83,00%
9,00%	9,857	9,474	53,040	91,00%	17,25%	9,526	9,730	38,685	82,75%
10%	9,526	9,730	55,532	90,50%	18%	9,526	9,730	38,717	82,50%
10,00%	9,526	9,730	57,553	90,00%	17,75%	9,526	9,730	38,939	82,25%
10,50%	9,526	9,730	62,600	89,50%	18,00%	9,857	9,474	39,733	82,00%
11%	9,857	9,474	68,989	89,00%	18,25%	9,526	9,730	36,185	81,75%
11,50%	9,526	9,730	65,348	88,50%	18,50%	9,526	9,730	36,410	81,50%
12%	9,526	9,730	83,498	88,00%	18,75%	9,526	9,730	36,773	81,25%
15,00%	9,526	9,730	176,260	85,00%	19,00%	9,526	9,730	37,296	81,00%
16,50%	9,857	9,474	443,382	83,50%	19%	9,526	9,730	38,008	80,75%
16,75%	9,526	9,730	862,892	83,25%	20%	9,526	9,730	38,928	80,50%
17,00%	9,526	9,730	4207,337	83,00%	21%	9,526	9,730	42,257	79,00%
17,25%	9,526	9,730	828,828	82,75%	25%	9,526	9,730	49,715	75,00%
17,50%	9,526	9,730	475,413	82,50%	30%	9,526	9,730	41,899	70,00%
18%	9,526	9,730	304,696	82,25%	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>				
18%	9,857	9,474	194,881	82,00%	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>	<b>Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>			
18,25%	9,526	9,730	89,293	81,75%	0%	15,30228			
18,50%	9,526	9,730	79,319	81,50%	100%	15,30228			
18,75%	9,526	9,730	75,989	81,25%					
19%	9,526	9,730	75,586	81,00%					
19,25%	9,526	9,730	75,751	80,75%					
19,50%	9,526	9,730	75,149	80,50%					
20,01%	9,526	9,730	113,304	79,99%					
21%	9,526	9,730	88,174	79,50%					
21%	9,526	9,730	76,875	79,00%					
21,50%	9,526	9,730	63,435	78,50%					
22,00%	9,857	9,474	49,067	78,00%					
22,50%	9,526	9,730	31,106	77,50%					
25,00%	9,526	9,730	32,648	75,00%					
28,50%	9,354	10,146	20,104	71,50%					
29,00%	9,526	9,730	14,544	71,00%					
29,50%	9,526	9,730	14,384	70,50%					
30,00%	9,526	9,730	14,294	70,00%					
30,50%	9,526	9,730	14,033	69,50%					
31,00%	9,526	9,730	13,618	69,00%					
31,50%	9,526	9,730	13,247	68,50%					
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <i>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</i>	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <i>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</i>	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
28,59%	14,976728	15,3022794	2,13%	71,41%	10%	34,1982143	15,3022794	55,254%	90,00%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) <i>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</i>	Διαφορά %					
0	5,394	1,142627	11,31618733	89,90%					

Πίνακας 14-Αποτελέσματα διατομής L 150x75x9



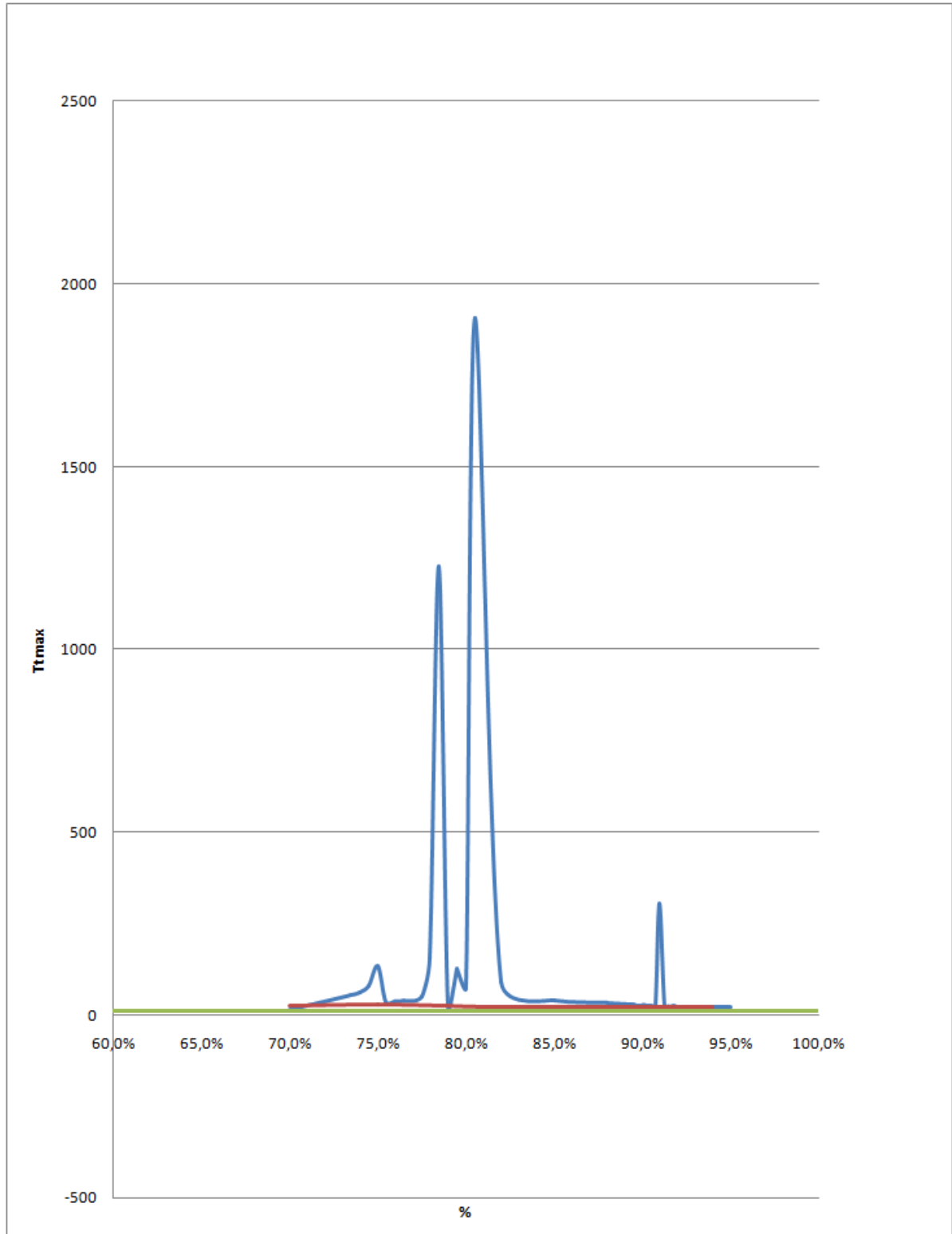
Γράφημα 8- L 150x75x9

ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ

2016

150x90x10									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax	ποσοστό διαγράμματος
5,00%	13,359	13,891	20,256	95,00%	6,00%	12,814	15,207	21,846	94,00%
5,50%	12,814	15,207	21,689	94,50%	7,50%	12,995	14,768	21,545	92,50%
6,00%	12,814	15,207	21,674	94,00%	7,75%	13,177	14,330	21,433	92,25%
6,50%	13,177	14,330	21,944	93,50%	8,00%	13,359	13,891	21,260	92,00%
7,00%	12,995	14,768	22,736	93,00%	8,25%	12,814	15,207	22,182	91,75%
7,25%	12,995	14,768	22,169	92,75%	8,50%	12,995	14,768	21,832	91,50%
7,50%	12,995	14,768	23,107	92,50%	8,75%	13,177	14,330	21,451	91,25%
7,75%	13,177	14,330	22,150	92,25%	9,00%	12,632	15,646	22,297	91,00%
8,00%	13,359	13,891	23,198	92,00%	9,25%	12,995	14,768	21,846	90,75%
8,25%	12,814	15,207	24,868	91,75%	9,50%	12,632	15,646	22,561	90,50%
8,50%	12,995	14,768	23,574	91,50%	9,75%	12,995	14,768	22,039	90,25%
8,75%	13,177	14,330	24,472	91,25%	9,99%	12,632	15,646	22,598	90,01%
9,00%	14,455	13,125	305,809	91,00%	10,25%	12,814	15,207	22,160	89,75%
9,25%	12,995	14,768	24,271	90,75%	10,50%	12,632	15,646	22,658	89,50%
9,50%	12,632	15,646	26,378	90,50%	12,00%	13,177	14,330	21,786	88,00%
9,75%	12,995	14,768	27,106	90,25%	15,00%	12,995	14,768	22,434	85,00%
9,99%	12,632	15,646	27,314	90,01%	18,00%	12,632	15,646	23,388	82,00%
10,25%	12,814	15,207	26,210	89,75%	21,00%	14,455	13,125	24,345	79,00%
10,50%	12,632	15,646	28,269	89,50%	25,00%	13,577	13,489	28,434	75,00%
12,00%	13,177	14,330	32,635	88,00%	30,00%	13,577	13,489	25,068	70,00%
15,00%	12,995	14,768	41,122	85,00%	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ				
18,00%	12,632	15,646	92,170	82,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )			
19,50%	12,995	14,768	1905,599	80,50%	0%	9,672			
20,01%	13,577	13,489	76,084	79,99%	100%	9,672			
20,50%	14,016	13,307	126,749	79,50%					
21,00%	12,632	15,646	25,996	79,00%					
21,50%	13,359	13,891	1227,425	78,50%					
22,00%	12,632	15,646	157,647	78,00%					
22,50%	13,577	13,489	52,552	77,50%					
23,50%	14,455	13,125	39,141	76,50%					
24,00%	13,577	13,489	38,015	76,00%					
24,50%	12,995	14,768	37,980	75,50%					
25,00%	13,577	13,489	134,800	75,00%					
25,50%	13,577	13,489	81,560	74,50%					
26,00%	13,577	13,489	62,149	74,00%					
26,50%	14,016	13,307	53,017	73,50%					
30,00%	13,577	13,489	14,089	70,00%					
ΣΗΜΕΙΟ "P"					ΣΗΜΕΙΟ "P"				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
30,00%	14,08873167	9,672484403	31,346%	70,00%	8,00%	21,2595788	9,6724844	54,503%	92,00%
ΣΗΜΕΙΟ "Q"									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %					
0	8,072	2,016038	8,746332205	76,95%					

Πίνακας 15-Αποτελέσματα διατομής L 150x90x10



Γράφημα 9- L 150x90x10

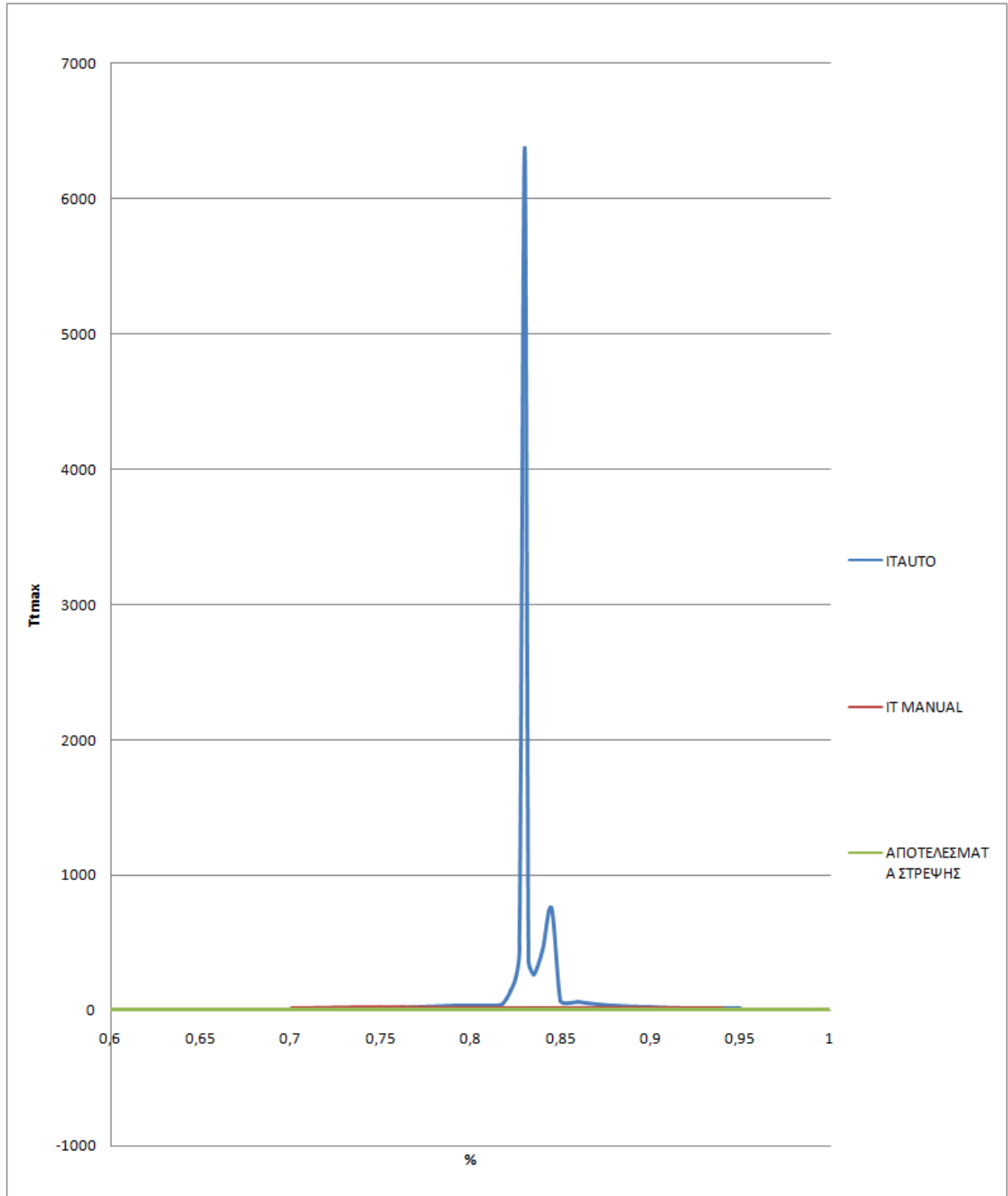


ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ

2016

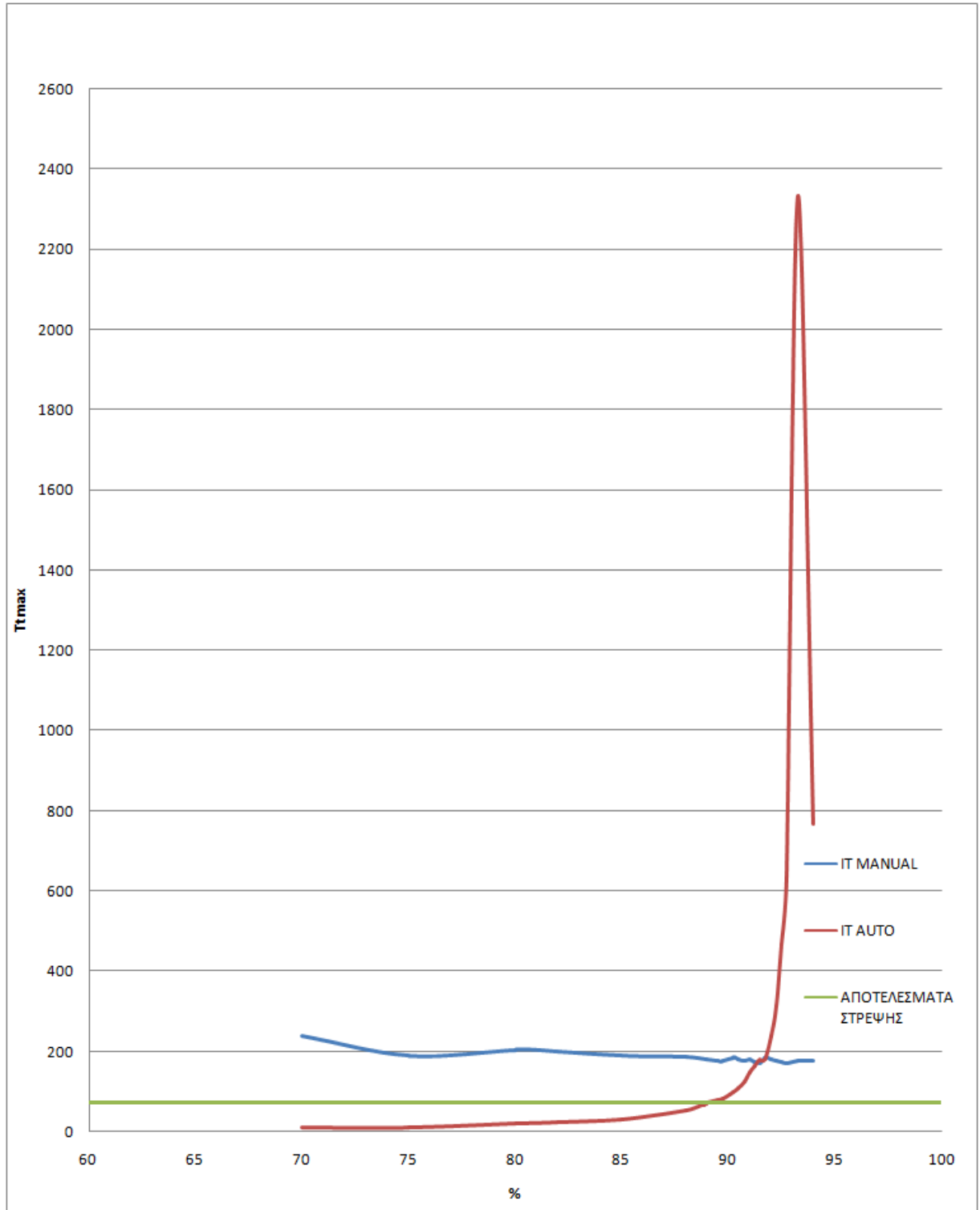
200X100X12									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
5,00%	12,526	12,730	16,78265083	95,00%	6,00%	12,526	12,730	15,903	94,00%
5,50%	12,526	12,730	17,87636895	94,50%	10,00%	12,526	12,730	15,093	90,00%
6,00%	12,526	12,730	17,92684702	94,00%	12,00%	12,526	12,730	15,416	88,00%
6,50%	12,526	12,730	18,35122823	93,50%	15,00%	12,526	12,730	16,540	85,00%
7,00%	12,526	12,730	19,16321576	93,00%	16,50%	12,526	12,730	17,009	83,50%
7,50%	12,526	12,730	19,61341244	92,50%	16,75%	12,526	12,730	17,382	83,25%
10,00%	12,526	12,730	24,96127561	90,00%	17,00%	12,526	12,730	17,267	83,00%
12,00%	12,526	12,730	36,06391687	88,00%	17,25%	12,526	12,730	17,208	82,75%
13,50%	12,526	12,730	56,51132133	86,50%	17,50%	12,526	12,730	17,239	82,50%
14,00%	12,526	12,730	65,63585324	86,00%	17,75%	12,526	12,730	17,403	82,25%
14,50%	12,526	12,730	54,0148174	85,50%	18,00%	12,526	12,730	17,562	82,00%
15,00%	12,526	12,730	75,39196654	85,00%	18,25%	12,526	12,730	16,064	81,75%
15,50%	12,526	12,730	756,3752903	84,50%	18,50%	12,526	12,730	16,150	81,50%
16,00%	12,526	12,730	449,0554038	84,00%	18,75%	12,526	12,730	16,302	81,25%
16,50%	12,526	12,730	263,0274265	83,50%	19,00%	12,526	12,730	16,536	81,00%
16,75%	12,526	12,730	363,050444	83,25%	19,25%	12,526	12,730	16,874	80,75%
17,00%	12,526	12,730	6372,85874	83,00%	19,50%	12,526	12,730	17,350	80,50%
17,25%	12,526	12,730	467,8711477	82,75%	21,00%	12,526	12,730	18,823	79,00%
17,50%	12,526	12,730	248,4260235	82,50%	25,00%	12,526	12,730	22,169	75,00%
17,75%	12,526	12,730	152,6959834	82,25%	30,00%	12,526	12,730	18,681	70,00%
18,00%	12,526	12,730	93,70141386	82,00%	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ				
18,25%	12,526	12,730	41,68853087	81,75%	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )			
18,50%	12,526	12,730	37,0933126	81,50%	0%	6,759			
18,75%	12,526	12,730	35,65230693	81,25%	100%	6,759			
19,00%	12,526	12,730	35,54495813	81,00%					
19,25%	12,526	12,730	35,6679173	80,75%					
19,50%	12,526	12,730	35,49577125	80,50%					
21,00%	12,526	12,730	35,18333511	79,00%					
25,00%	12,526	12,730	14,66445594	75,00%					
28,50%	12,526	12,730	9,221995279	71,50%					
29,00%	12,526	12,730	6,636721244	71,00%					
29,50%	12,5259263	12,73030161	6,565449349	70,50%					
30,00%	12,5259263	12,73030161	6,512815336	70,00%					
30,50%	12,5259263	12,73030161	6,377934949	69,50%					
31,00%	12,5259263	12,73030161	6,18282389	69,00%					
31,50%	12,5259263	12,73030161	6,025093906	68,50%					
ΣΗΜΕΙΟ "P"					ΣΗΜΕΙΟ "P"				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
28,81%	6,702579592	6,7588	0,832%	71,19%	10%	15,09274	6,7588	55,218%	90,00%
ΣΗΜΕΙΟ "Q"									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %					
0	7,195	0,476707	4,671664643	89,80%					

Πίνακας 16-Αποτελέσματα διατομής L 200x100x12



Γράφημα 10- L 200x100x12

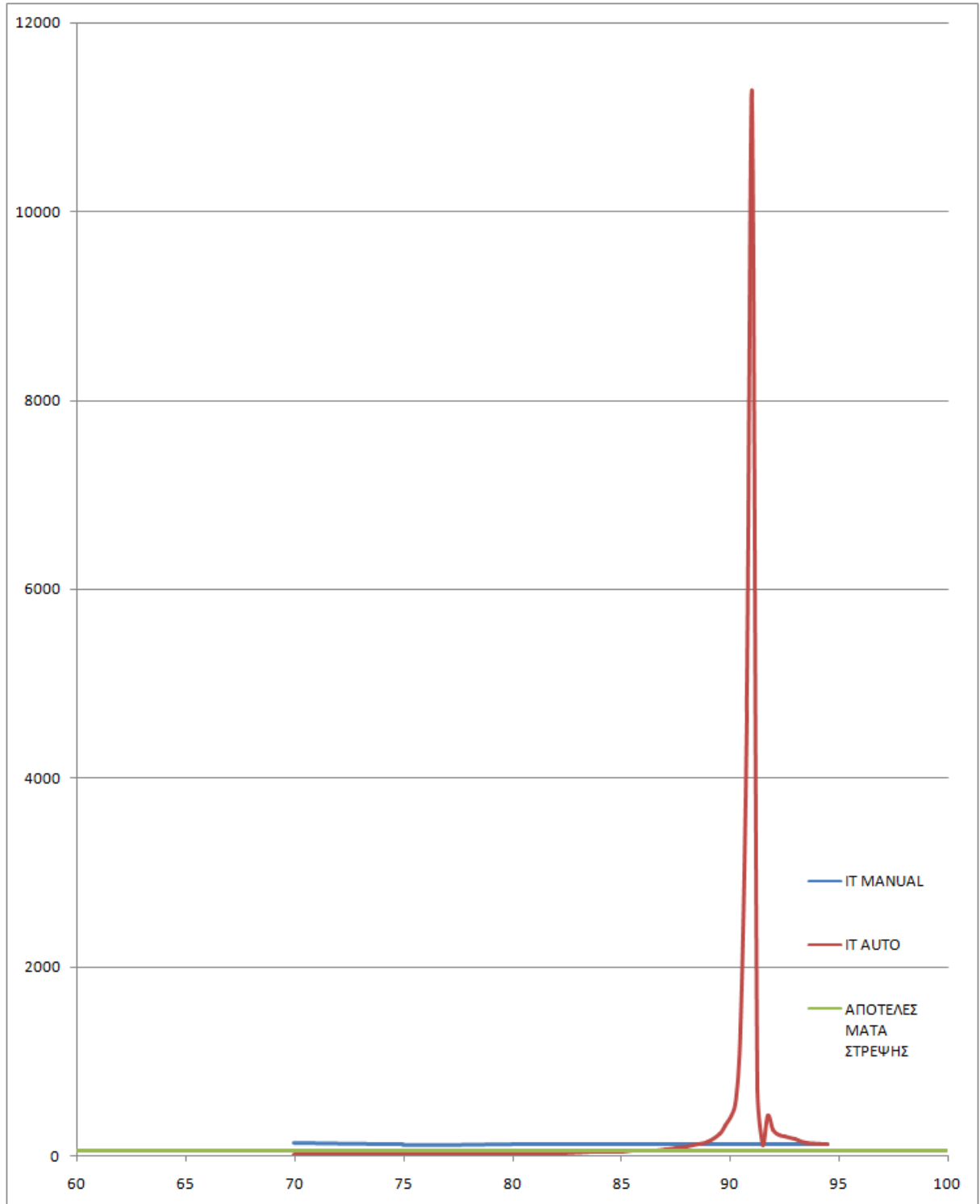




Γράφημα 11- IPE 80

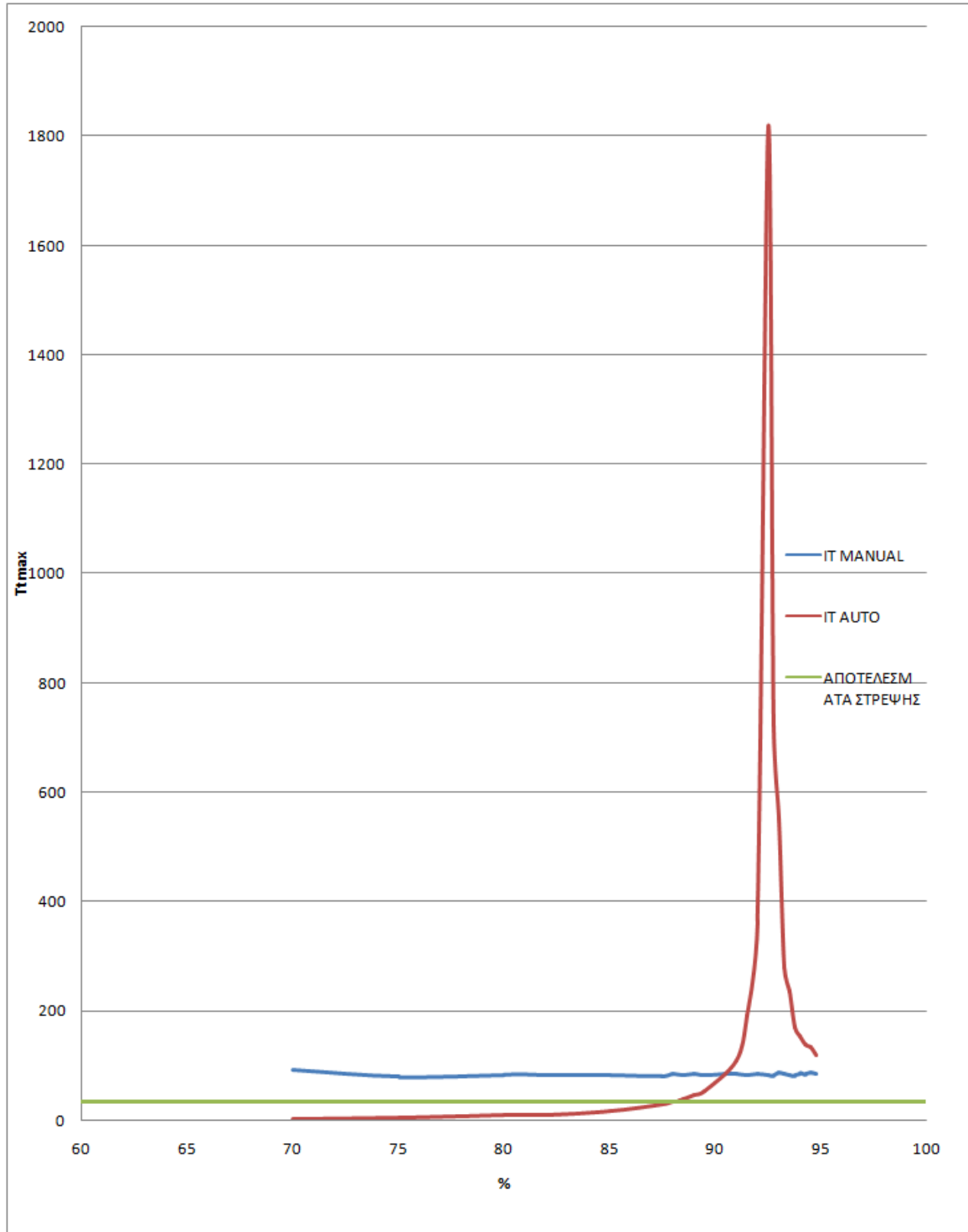
IPE100					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	Ttmax(n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %	ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	Ttmax(n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %
5,500	21,946	7,148	116,302	94,500	5,500	21,946	7,148	126,500	94,500
6,500	32,501	92,623	139,568	93,500	6,000	32,870	92,776	124,743	94,000
7,000	32,870	92,776	174,877	93,000	6,500	32,501	92,623	121,420	93,500
7,500	32,501	92,623	209,075	92,500	7,000	32,870	92,776	125,879	93,000
7,750	32,501	92,623	223,476	92,250	7,500	32,501	92,623	120,042	92,500
8,000	32,870	92,776	277,951	92,000	7,750	32,501	92,623	121,826	92,250
8,250	21,946	7,148	430,404	91,750	8,000	32,870	92,776	124,059	92,000
8,500	21,946	7,148	116,302	91,500	8,250	21,946	7,148	126,227	91,750
8,750	23,301	92,290	701,611	91,250	8,500	23,301	92,290	118,028	91,500
9,000	23,817	91,242	11232,343	91,000	8,750	23,301	92,290	118,687	91,250
9,250	32,501	92,623	4707,059	90,750	9,000	23,817	91,242	122,972	91,000
9,500	32,870	92,776	1341,143	90,500	9,250	32,501	92,623	120,941	90,750
9,750	32,870	92,776	549,406	90,250	9,500	32,870	92,776	122,819	90,500
10,250	23,512	91,979	316,908	89,750	9,750	32,870	92,776	125,173	90,250
10,500	23,664	91,611	229,598	89,500	10,250	23,512	91,979	119,274	89,750
11,000	23,817	91,242	149,331	89,000	10,500	23,664	91,611	119,941	89,500
11,500	32,501	92,623	127,157	88,500	11,000	23,817	91,242	123,682	89,000
12,000	32,870	92,776	100,810	88,000	11,500	32,870	92,776	125,879	88,500
12,500	23,512	91,979	79,299	87,500	12,000	32,870	92,776	123,667	88,000
13,000	23,512	91,979	69,127	87,000	12,500	23,512	91,979	117,739	87,500
13,500	23,301	92,290	57,371	86,500	13,000	23,512	91,979	118,845	87,000
14,000	23,664	91,611	52,296	86,000	13,500	23,301	92,290	119,049	86,500
14,250	23,817	91,242	47,852	85,750	14,000	23,664	91,611	121,888	86,000
14,260	23,817	91,242	47,434	85,740	14,500	23,512	91,979	117,642	85,500
14,270	23,512	91,979	46,607	85,730	15,000	23,512	91,979	118,603	85,000
14,350	23,512	91,979	46,607	85,650	15,500	32,501	92,623	120,902	84,500
14,500	23,512	91,979	46,202	85,500	16,000	32,870	92,776	124,235	84,000
15,000	23,512	91,979	40,849	85,000	16,500	21,946	7,148	126,955	83,500
15,500	32,501	92,623	36,792	84,500	18,000	23,512	91,979	119,724	82,000
16,000	32,870	92,776	35,582	84,000	20,000	23,561	8,140	118,996	80,000
16,500	21,946	7,148	33,465	83,500	25,000	23,301	92,290	116,040	75,000
18,000	23,512	91,979	23,198	82,000	30,000	23,301	92,290	130,903	70,000
20,000	23,561	8,140	18,277	80,000					
25,000	23,301	92,290	10,896	75,000					
30,000	23,301	92,290	7,532	70,000					
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>				
Ποσοστό πλεγματοποίησης %	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %	ΠΟΣΟΣΤΟ %	tmax (n/mm <sup>2</sup> )			
14,250	47,852	47,687	0,345	85,750	0,000	47,687			
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>					100,000	47,687			
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
27,535	0,000	17,421	40,585	0,571	Ποσοστό πλεγματοποίησης %	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %
					0,250	116,040	47,687	0,589	0,750

Πίνακας 18-Αποτελέσματα διατομής IPE 100



Γράφημα 12- ΙΡΕ 100



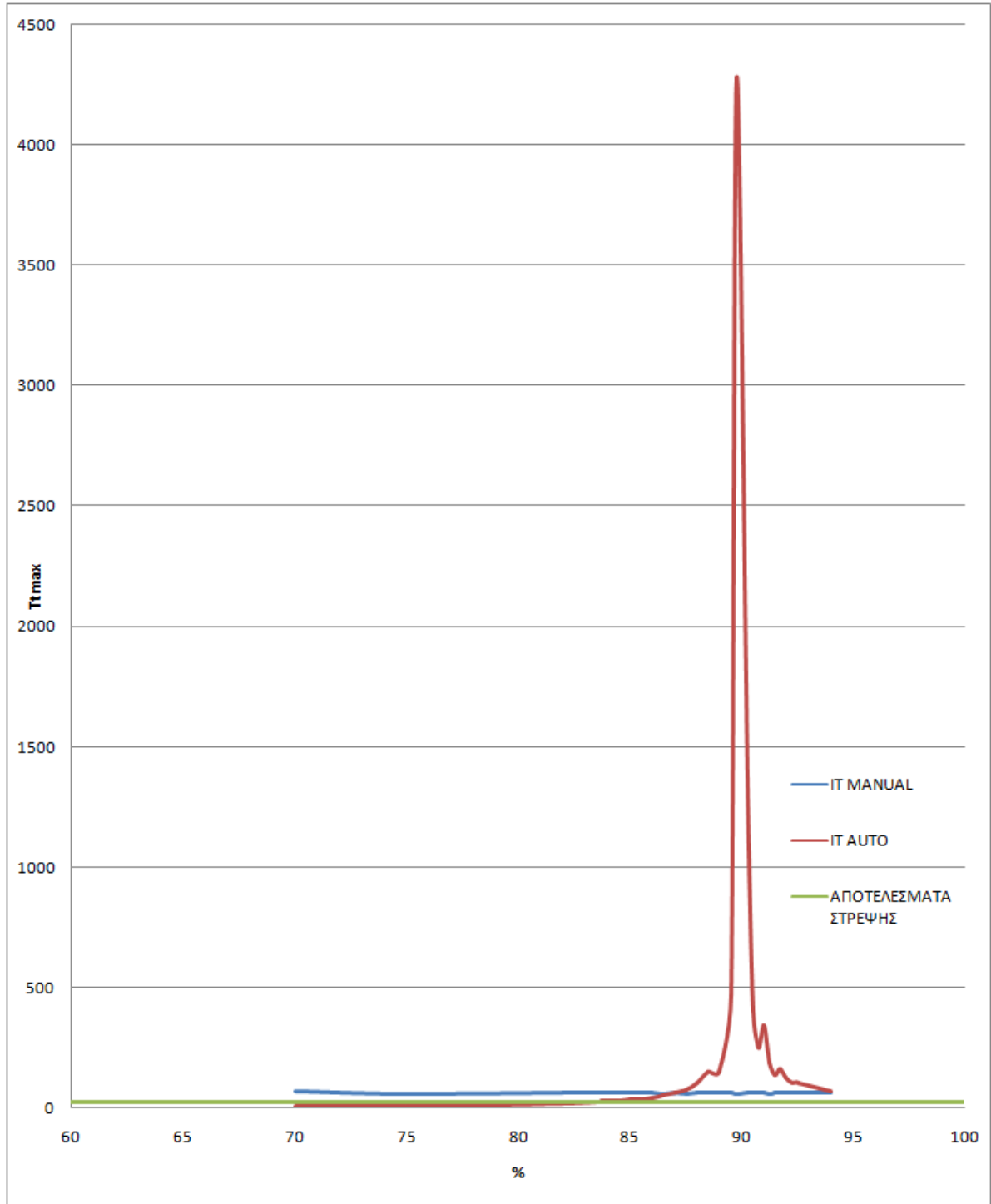


Γράφημα 13- ΙΡΕ 120



<b>ΙΡΕ140</b>					<b>IT AUTO</b>					<b>IT MANUAL</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	T <sub>max</sub> (n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %	ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	T <sub>max</sub> (n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %					
6,000	41,992	131,502	69,223	94,000	6,000	41,992	131,502	64,062	94,000					
7,500	41,484	131,292	104,253	92,500	7,500	41,992	131,502	62,608	92,500					
7,750	41,992	131,502	103,315	92,250	7,750	41,992	131,502	62,608	92,250					
8,000	41,992	131,502	125,061	92,000	8,000	41,992	131,502	63,809	92,000					
8,250	42,500	131,712	163,208	91,750	8,250	42,500	131,712	65,076	91,750					
8,500	32,337	130,477	138,732	91,500	8,500	32,337	130,477	61,665	91,500					
8,750	32,126	130,985	191,306	91,250	8,750	32,126	130,985	60,515	91,250					
9,000	32,547	129,969	341,212	91,000	9,000	32,547	129,969	62,582	91,000					
9,250	41,484	131,292	250,548	90,750	9,250	41,484	131,292	62,032	90,750					
9,500	32,547	129,969	403,383	90,500	9,500	32,547	129,969	63,499	90,500					
9,750	42,500	131,712	1371,875	90,250	9,750	42,500	131,712	64,438	90,250					
10,250	40,721	130,617	4277,387	89,750	10,250	40,721	130,617	60,897	89,750					
10,500	32,547	129,969	464,185	89,500	10,500	32,547	129,969	63,515	89,500					
11,000	32,337	130,477	146,652	89,000	11,000	32,337	130,477	62,439	89,000					
11,500	41,484	131,292	149,926	88,500	11,500	41,484	131,292	61,859	88,500					
12,000	41,992	131,502	102,167	88,000	12,000	41,992	131,502	63,900	88,000					
12,500	32,126	130,985	76,633	87,500	12,500	32,126	130,985	60,321	87,500					
13,000	31,656	131,234	66,374	87,000	13,000	31,656	131,234	61,316	87,000					
13,500	40,721	130,617	50,963	86,500	13,500	40,721	130,617	61,116	86,500					
14,000	40,721	130,617	40,523	86,000	14,000	40,721	130,617	61,827	86,000					
14,500	32,174	9,129	37,808	85,500	14,500	32,174	9,129	61,316	85,500					
15,000	31,656	131,234	35,585	85,000	15,000	31,656	131,234	61,729	85,000					
15,500	41,484	131,292	32,244	84,500	15,500	41,484	131,292	62,905	84,500					
16,000	41,992	131,502	28,840	84,000	16,000	41,992	131,502	64,784	84,000					
16,250	42,500	131,712	27,496	83,750	16,500	42,500	131,712	66,623	83,500					
16,300	42,500	131,712	27,247	83,700	18,000	32,337	130,477	63,772	82,000					
16,360	42,500	131,712	26,915	83,640	25,000	32,126	130,985	60,745	75,000					
16,370	42,500	131,712	26,856	83,630	30,000	32,126	130,985	69,280	70,000					
16,380	42,500	131,712	26,799	83,620										
16,400	42,500	131,712	26,672	83,600	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>									
16,500	42,500	131,712	25,897	83,500	ΠΟΣΟΣΤΟ %	t <sub>max</sub> (n/mm <sup>2</sup> )								
18,000	32,337	130,477	20,561	82,000	0,000	26,889								
25,000	32,126	130,985	7,926	75,000	100,000	26,889								
30,000	32,126	130,985	5,772	70,000										
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>									
Ποσοστό πλεγματοποίησης %	T <sub>max</sub> (n/mm <sup>2</sup> )	T <sub>max</sub> ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %	Ποσοστό πλεγματοποίησης %	T <sub>max</sub> (n/mm <sup>2</sup> )	T <sub>max</sub> ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %					
16,360	26,915	26,889	0,097	83,640										
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>					12,500	60,321	26,889	55,424	87,500					
X	Y	T <sub>t</sub> (n/mm <sup>2</sup> )	T <sub>t</sub> ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %										
36,301	0,000	9,182	22,487	59,167										

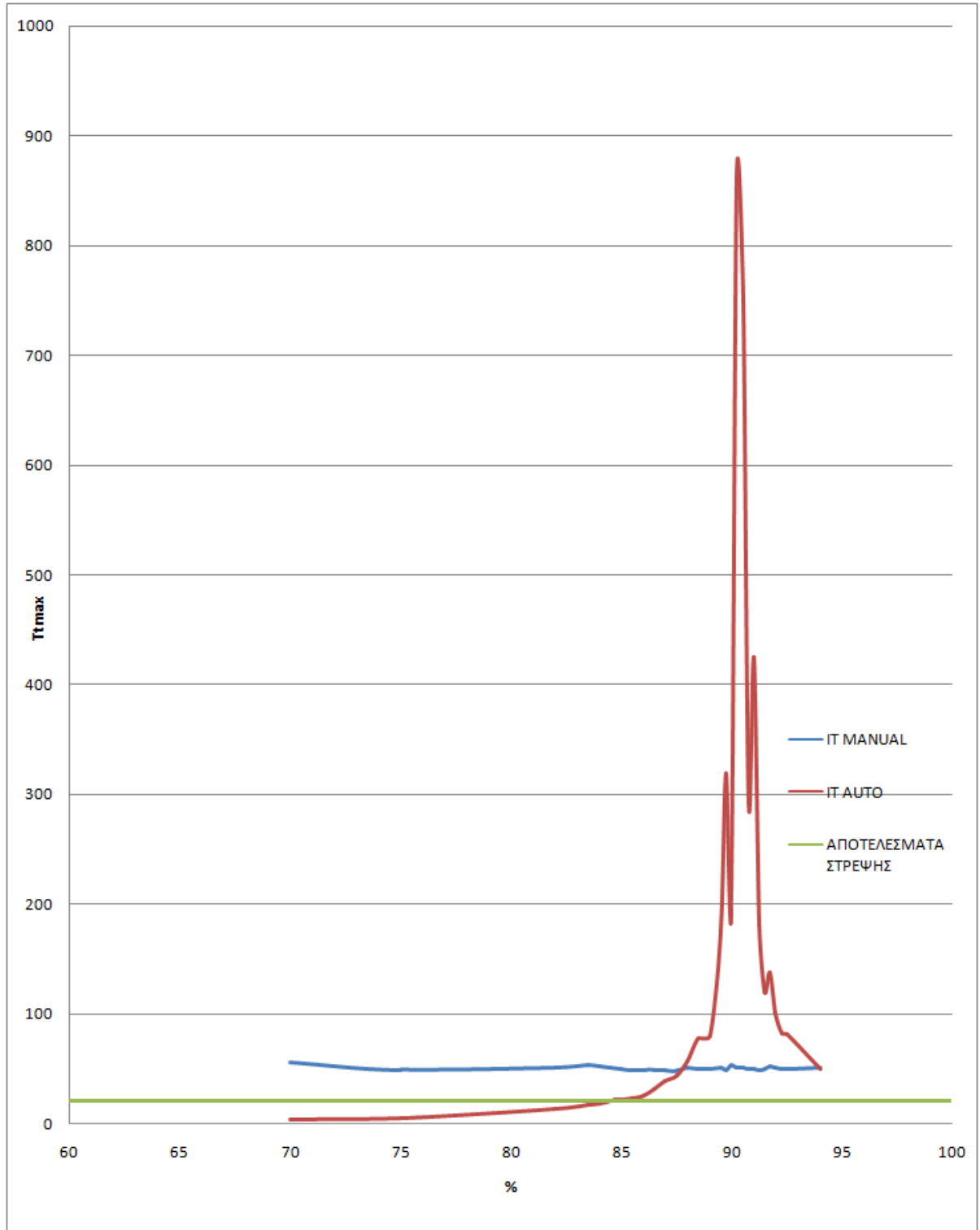
Πίνακας 20-Αποτελέσματα διατομής ΙΡΕ 140



Γράφημα 14- ΙΡΕ 140

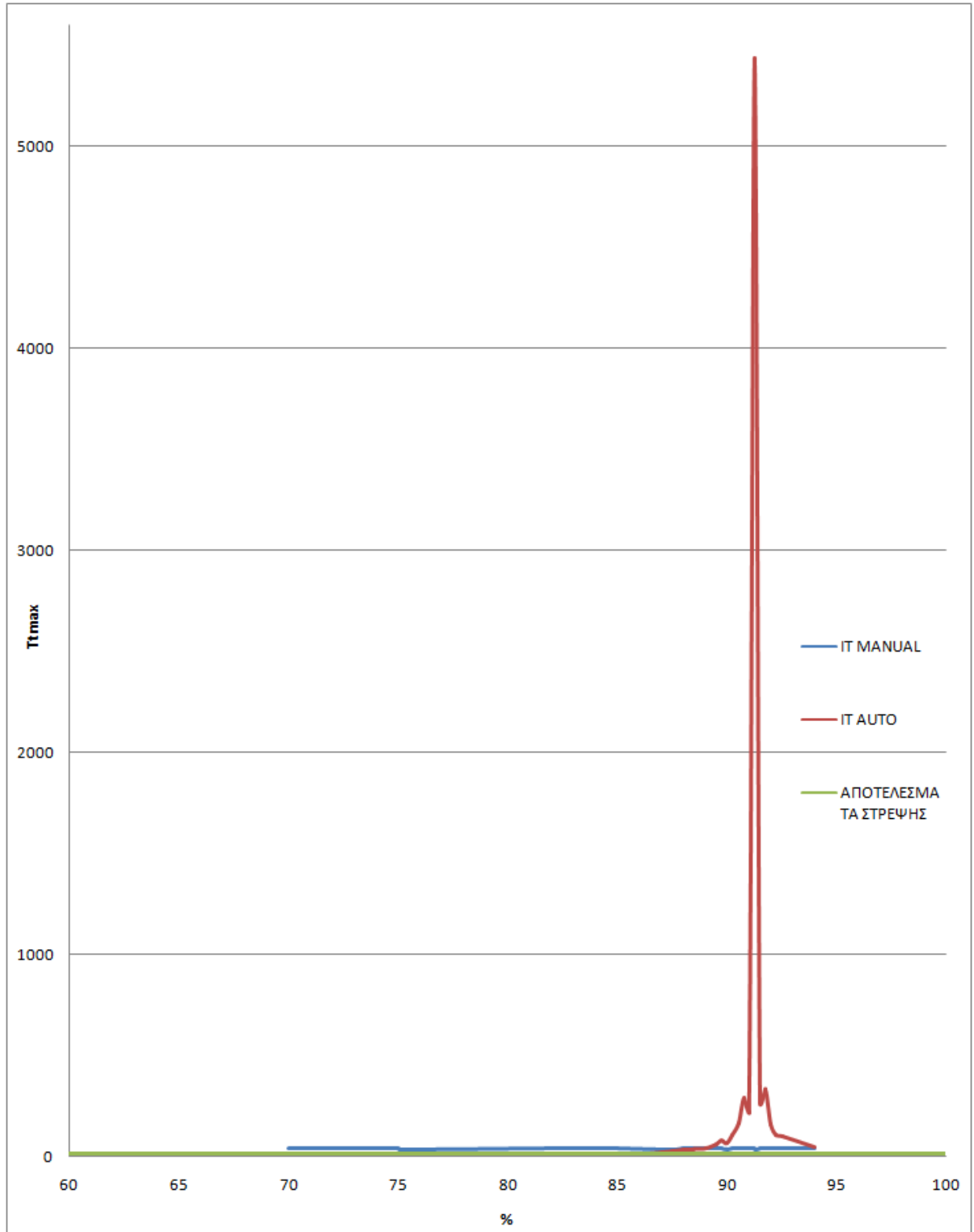
IPE160					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	Ttmax(n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %	ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	Ttmax(n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %
6,000	47,819	150,661	50,147	94,000	6,000	47,819	150,661	50,463	94,000
7,500	47,245	150,423	81,193	92,500	7,500	47,245	150,423	49,460	92,500
7,750	47,245	150,423	82,247	92,250	7,750	47,245	150,423	49,978	92,250
8,000	47,819	150,661	101,037	92,000	8,000	47,819	150,661	50,700	92,000
8,250	47,819	150,661	137,259	91,750	8,250	47,819	150,661	51,455	91,750
8,500	36,145	149,286	119,593	91,500	8,500	36,145	149,286	49,192	91,500
8,750	36,145	149,286	180,497	91,250	8,750	36,145	149,286	48,741	91,250
9,000	36,383	148,712	424,138	91,000	9,000	36,383	148,712	49,963	91,000
9,250	47,245	150,423	292,801	90,750	9,250	47,245	150,423	49,569	90,750
9,500	36,383	148,712	748,190	90,500	9,500	36,383	148,712	50,380	90,500
9,750	47,819	150,661	864,084	90,250	9,750	47,819	150,661	51,214	90,250
10,000	45,881	149,349	194,281	90,000	10,000	45,881	149,349	53,000	90,000
10,250	45,881	149,349	318,923	89,750	10,250	45,881	149,349	48,744	89,750
10,500	36,383	148,712	174,008	89,500	10,500	36,383	148,712	50,412	89,500
11,000	36,383	148,712	80,142	89,000	11,000	36,383	148,712	49,802	89,000
11,500	47,245	150,423	77,430	88,500	11,500	47,245	150,423	49,350	88,500
12,000	47,819	150,661	57,447	88,000	12,000	47,819	150,661	50,810	88,000
12,500	35,907	149,861	43,386	87,500	12,500	35,907	149,861	48,013	87,500
13,000	35,907	149,861	38,423	87,000	13,000	35,907	149,861	48,601	87,000
13,500	45,881	149,349	31,076	86,500	13,500	45,881	149,349	48,989	86,500
14,000	36,145	149,286	24,975	86,000	14,000	36,145	149,286	48,947	86,000
14,500	46,119	149,924	23,042	85,500	14,500	46,119	149,924	48,605	85,500
15,000	46,670	150,185	21,847	85,000	15,000	46,670	150,185	49,220	85,000
15,300	36,383	148,712	21,381	84,700	15,300	36,383	148,712	50,246	84,700
15,360	36,383	148,712	21,071	84,640	16,000	150,661	47,819	51,610	84,000
15,380	45,499	11,575	21,012	84,620	16,500	33,894	9,220	52,822	83,500
15,390	47,245	150,423	20,313	84,610	18,000	36,145	149,286	50,865	82,000
15,400	47,245	150,423	20,302	84,600	25,000	35,907	149,861	48,767	75,000
15,430	47,245	150,423	20,258	84,570	30,000	35,907	149,861	55,814	70,000
15,450	47,245	150,423	20,215	84,550					
15,500	47,245	150,423	20,083	84,500					
16,000	47,819	150,661	17,953	84,000					
16,500	33,894	9,220	16,259	83,500					
18,000	36,145	149,286	13,056	82,000					
25,000	35,907	149,861	5,141	75,000					
30,000	35,907	149,861	3,815	70,000					
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>									
Ποσοστό πλεγματοποίησης %	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %	<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
15,390	20,313	20,375	0,302	84,610	Ποσοστό πλεγματοποίησης %	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>					10,000	53,000	20,375	61,557	90,000
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %					
41,034	0,000	7,121	17,349	58,955					

Πίνακας 21-Αποτελέσματα διατομής IPE 160



Γράφημα 15- ΙΡΕ 160

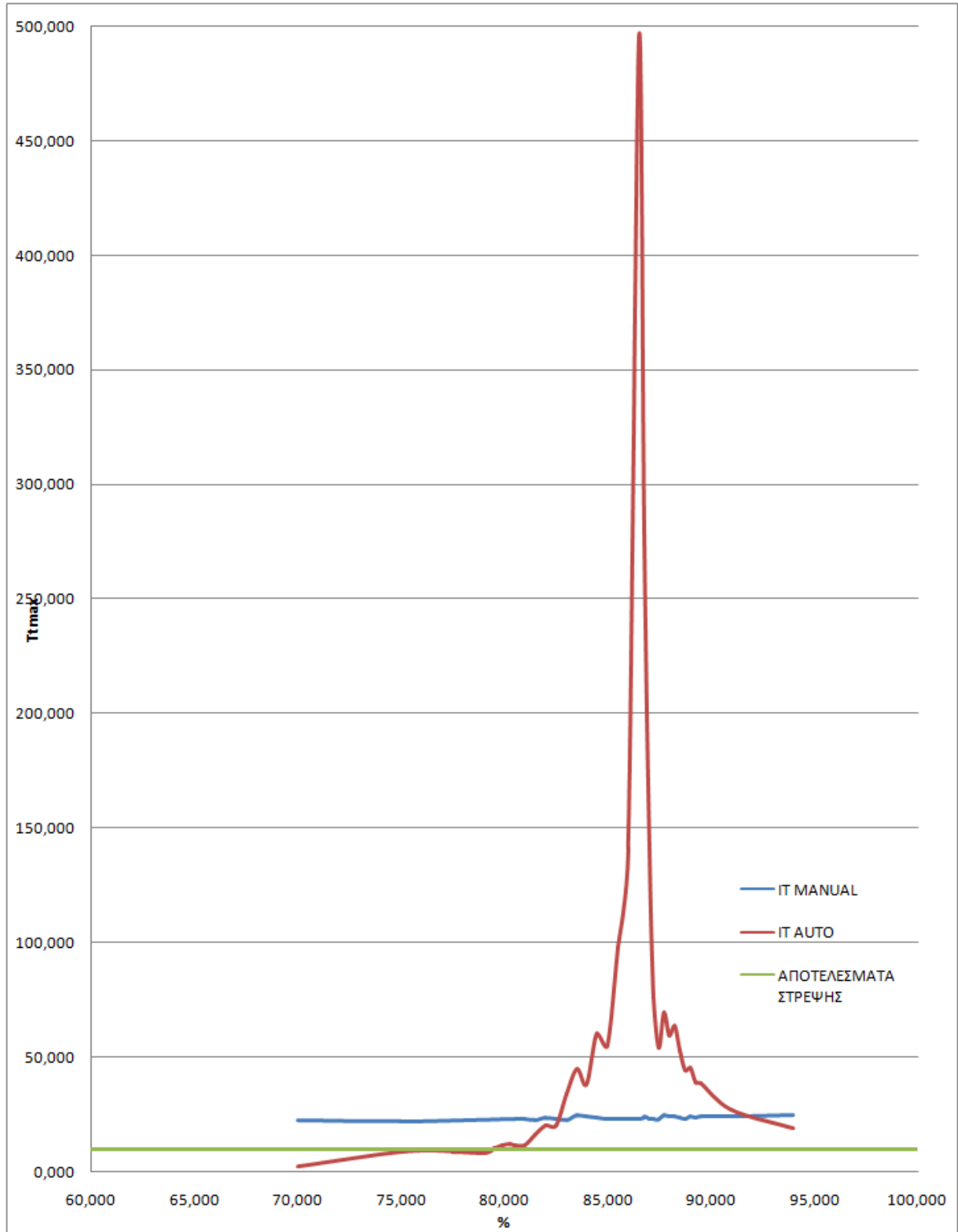




Γράφημα 16- IPE 180

<b>IPE220</b>					<b>IPE220</b>				
<b>IT AUTO</b>					<b>IT MANUAL</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	T <sub>max</sub> (n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %	ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	T <sub>max</sub> (n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %
6,000	63,442	208,104	19,332	94,000	6,000	63,442	208,104	24,980	94,000
9,000	49,030	206,091	27,262	91,000	9,000	49,030	206,091	24,301	91,000
10,500	49,354	205,308	38,847	89,500	10,500	49,354	205,308	24,471	89,500
10,750	47,384	207,762	39,024	89,250	10,750	47,384	207,762	23,814	89,250
11,000	49,030	206,091	45,345	89,000	11,000	49,030	206,091	24,076	89,000
11,250	61,878	207,457	44,521	88,750	11,250	61,878	207,457	23,411	88,750
11,500	62,660	207,781	52,918	88,500	11,500	62,660	207,781	23,715	88,500
11,750	49,354	205,308	63,744	88,250	11,750	49,354	205,308	24,386	88,250
12,000	63,442	208,104	59,674	88,000	12,000	63,442	208,104	24,406	88,000
12,250	63,442	208,104	69,575	87,750	12,250	63,442	208,104	24,798	87,750
12,500	48,706	206,873	54,499	87,500	12,500	48,706	206,873	23,064	87,500
12,750	48,166	207,438	76,302	87,250	12,750	48,166	207,438	23,195	87,250
13,000	48,166	207,438	141,376	87,000	13,000	48,166	207,438	23,346	87,000
13,250	49,030	206,091	278,328	86,750	13,250	49,030	206,091	24,043	86,750
13,500	61,312	206,917	495,294	86,500	13,500	61,312	206,917	23,292	86,500
14,000	48,850	13,474	140,820	86,000	14,000	48,850	13,474	23,435	86,000
14,500	61,312	206,917	97,816	85,500	14,500	61,312	206,917	23,129	85,500
15,000	48,166	207,438	55,171	85,000	15,000	48,166	207,438	23,325	85,000
15,500	62,660	207,781	60,407	84,500	15,500	62,660	207,781	23,590	84,500
16,000	63,442	208,104	38,226	84,000	16,000	63,442	208,104	24,166	84,000
16,500	64,225	208,428	45,062	83,500	16,500	64,225	208,428	24,742	83,500
17,000	48,706	206,873	33,879	83,000	17,000	48,706	206,873	22,847	83,000
17,500	48,166	207,438	20,450	82,500	17,500	48,166	207,438	23,255	82,500
18,000	49,030	206,091	20,560	82,000	18,000	49,030	206,091	23,554	82,000
18,500	61,312	206,917	16,236	81,500	18,500	61,312	206,917	22,835	81,500
19,000	48,166	207,438	11,744	81,000	19,000	48,166	207,438	23,001	81,000
19,500	48,166	207,438	11,863	80,500	19,500	48,166	207,438	23,252	80,500
19,700	48,706	206,873	12,338	80,300	25,000	48,706	206,873	22,094	75,000
20,100	61,312	206,917	11,915	79,900	30,000	48,166	207,438	22,334	70,000
20,400	48,850	13,474	10,659	79,600					
20,450	48,850	13,474	10,367	79,550					
20,470	48,850	13,474	10,250	79,530					
20,480	48,850	13,474	10,190	79,520					
20,490	48,850	13,474	10,131	79,510					
20,550	48,850	13,474	9,794	79,450					
20,600	48,850	13,474	9,530	79,400					
21,000	48,850	13,474	8,085	79,000					
22,500	61,878	207,457	8,960	77,500					
25,000	48,706	206,873	8,654	75,000					
30,000	48,166	207,438	2,754	70,000					
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P" AUTO</b>				
X	Y	T <sub>t</sub> (n/mm <sup>2</sup> )	T <sub>t</sub> ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό πλεγματοποίησης %	T <sub>max</sub> (n/mm <sup>2</sup> )	T <sub>max</sub> ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %
55,024	0,000	4,205	8,721	51,784	25,000	22,094	10,167	53,983	75,000
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P" MANUAL</b>				
X	Y	T <sub>t</sub> (n/mm <sup>2</sup> )	T <sub>t</sub> ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό πλεγματοποίησης %	T <sub>max</sub> (n/mm <sup>2</sup> )	T <sub>max</sub> ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %
55,024	0,000	4,205	8,721	51,784	25,000	22,094	10,167	53,983	75,000

Πίνακας 23-Αποτελέσματα διατομής IPE 220

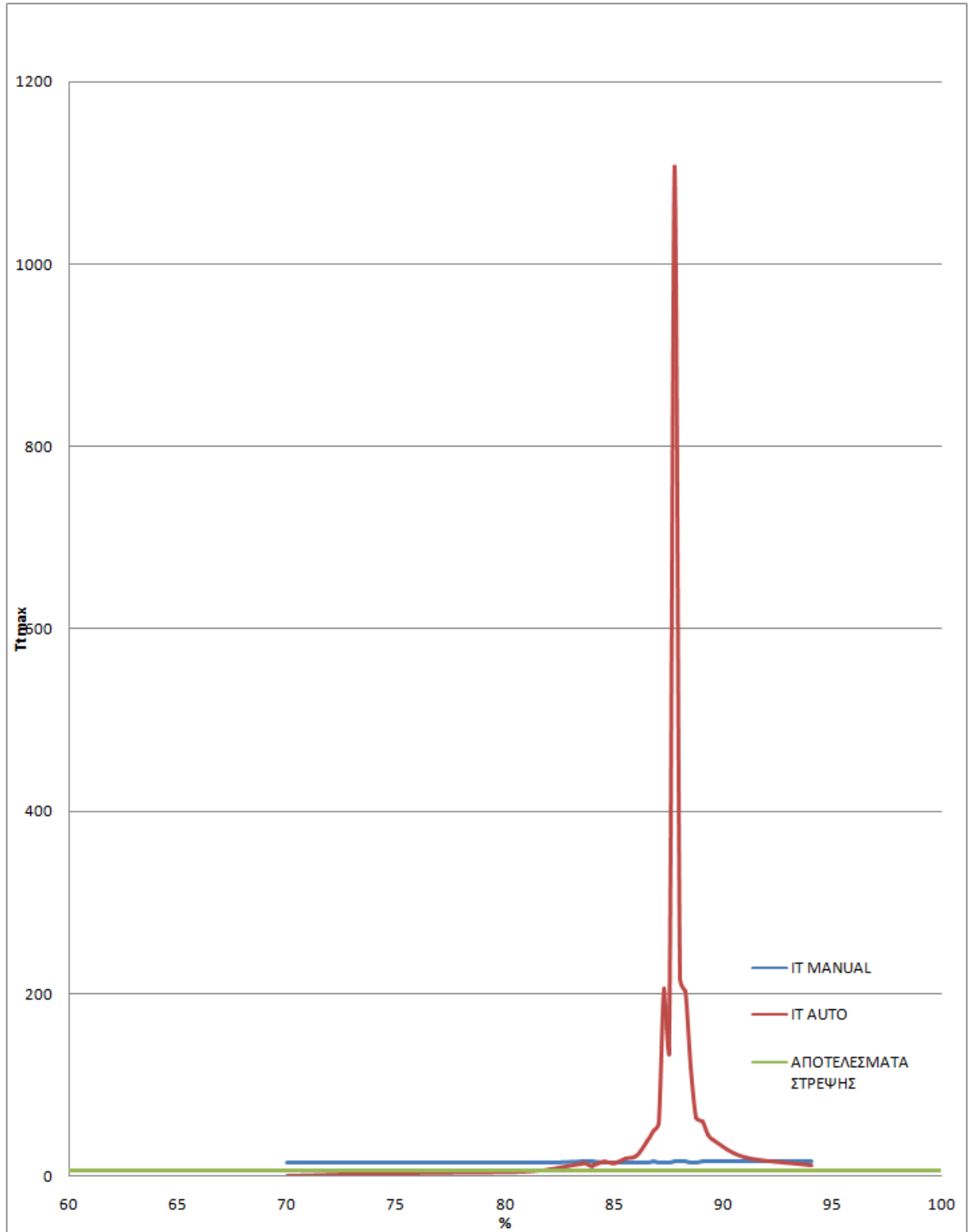


Γράφημα 17- ΙΡΕ 220



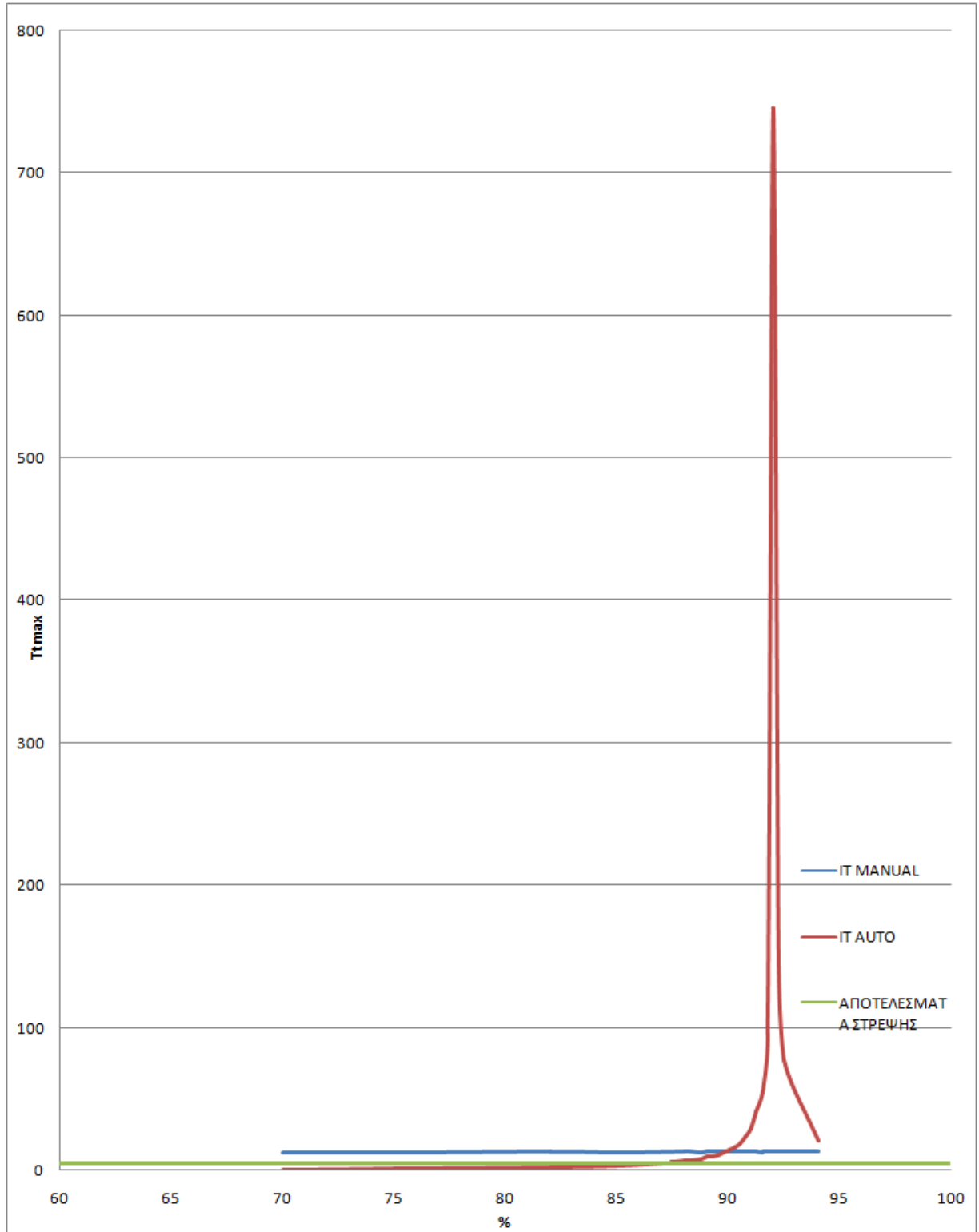
<b>IPE270</b>					<b>IT AUTO</b>					<b>IT MANUAL</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	Ttmax(n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %	ποσοστό πλεγματοποίησης %	X	Y	Ttmax(n/m m <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος %					
6,000	77,763	256,471	12,963	94,000	6,000	77,763	256,471	16,829	94,000					
9,000	60,395	253,987	21,751	91,000	9,000	60,395	253,987	16,385	91,000					
10,500	60,792	253,027	40,530	89,500	10,500	60,792	253,027	16,538	89,500					
10,750	58,344	256,012	45,896	89,250	10,750	58,344	256,012	16,072	89,250					
11,000	60,395	253,987	60,931	89,000	11,000	60,395	253,987	16,241	89,000					
11,250	75,842	255,675	65,273	88,750	11,250	75,842	255,675	15,773	88,750					
11,500	76,802	256,073	120,241	88,500	11,500	76,802	256,073	15,945	88,500					
11,750	60,792	253,027	202,923	88,250	11,750	60,792	253,027	16,480	88,250					
12,000	77,763	256,471	216,095	88,000	12,000	77,763	256,471	16,414	88,000					
12,250	77,763	256,471	1106,139	87,750	12,250	77,763	256,471	16,707	87,750					
12,500	59,997	254,948	139,808	87,500	12,500	59,997	254,948	15,562	87,500					
12,750	59,305	255,614	205,322	87,250	12,750	59,305	255,614	15,661	87,250					
13,000	59,305	255,614	59,215	87,000	13,000	59,305	255,614	15,769	87,000					
13,250	60,792	253,027	50,550	86,750	13,250	60,792	253,027	16,247	86,750					
13,500	74,666	254,134	38,403	86,500	13,500	74,666	254,134	15,675	86,500					
14,000	60,135	15,386	22,589	86,000	14,000	60,135	15,386	15,876	86,000					
14,500	75,064	255,094	19,681	85,500	14,500	75,064	255,094	15,627	85,500					
15,000	59,305	255,614	14,780	85,000	15,000	59,305	255,614	15,762	85,000					
15,500	76,802	256,073	16,343	84,500	15,500	76,802	256,073	15,877	84,500					
16,000	77,763	256,471	11,722	84,000	16,000	77,763	256,471	16,253	84,000					
16,500	56,757	13,330	14,483	83,500	16,500	56,757	13,330	16,663	83,500					
18,000	60,395	253,987	8,071	82,000	18,000	60,395	253,987	15,902	82,000					
18,400	75,064	255,094	6,947	81,600	25,000	59,997	254,948	14,959	75,000					
18,420	75,064	255,094	6,856	81,580	30,000	59,305	255,614	15,102	70,000					
18,450	75,064	255,094	6,712	81,550	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>									
18,460	75,064	255,094	6,663	81,540	ΠΟΣΟΣΤΟ %	tmax (n/mm <sup>2</sup> )								
18,470	75,064	255,094	6,614	81,530	0,000	6,660								
18,500	75,064	255,094	6,463	81,500	100,000	6,660								
19,500	59,305	255,614	4,979	80,500										
25,000	59,997	254,948	3,936	75,000										
30,000	59,305	255,614	1,277	70,000										
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>									
Ποσοστό πλεγματοποίησης %	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %	Ποσοστό πλεγματοποίησης %	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος %					
18,460	6,663	6,660	0,045	81,540	25,000	14,959	6,660	55,480	75,000					
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %										
67,579	0,000	2,837	5,766	50,804										

Πίνακας 24-Αποτελέσματα διατομής IPE 270



Γράφημα 18- ΙΡΕ 270

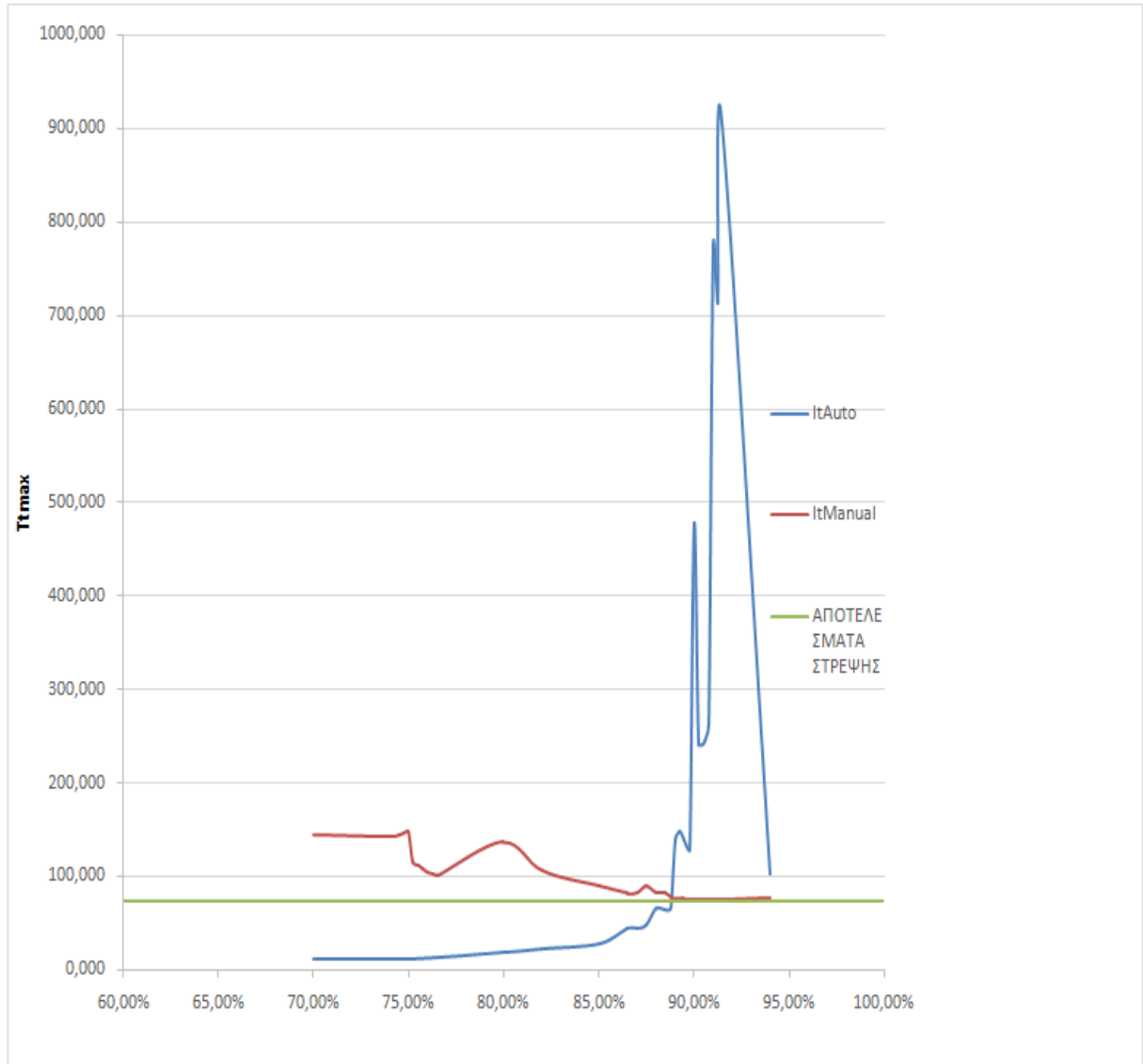




Γράφημα 19- ΙΡΕ 300

UPE80									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοπ οισης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγραμμα τος	ποσοστό πλεγματοπ οισης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγραμμα τος
6%	9,068	70,957	102,474	94,00%	6%	9,068	70,957	76,509	94,00%
8,50%	7,167	70,170	905,342	91,50%	9%	8,118	70,564	74,550	91,00%
8,75%	7,801	70,432	713,551	91,25%	10,50%	6,730	10,408	75,970	89,50%
9%	8,118	70,564	774,390	91,00%	11%	7,801	70,432	76,027	89,00%
9,25%	8,752	70,826	262,575	90,75%	11,50%	8,435	70,695	81,556	88,50%
9,50%	9,385	71,088	241,304	90,50%	12%	9,068	70,957	82,816	88,00%
9,75%	9,385	71,088	241,304	90,25%	12,50%	6,765	69,676	89,087	87,50%
10%	6,730	10,408	477,631	90,00%	13%	6,730	10,408	83,007	87,00%
10,25%	6,730	10,408	129,015	89,75%	13,50%	6,862	10,091	81,733	86,50%
10,50%	6,730	10,408	139,754	89,50%	15%	8,435	70,695	90,207	85,00%
10,75%	6,730	10,408	147,174	89,25%	18%	6,862	10,091	105,335	82,00%
11%	7,801	70,432	138,859	89,00%	20%	6,765	69,676	137,123	80,00%
11,25%	8,118	70,564	65,656	88,75%	23,50%	10,019	71,351	101,469	76,50%
11,50%	8,435	70,695	63,934	88,50%	23,75%	10,019	71,351	102,971	76,25%
12%	9,068	70,957	65,451	88,00%	24,00%	10,019	71,351	105,176	76,00%
13%	6,765	69,676	47,534	87,50%	24,25%	10,019	71,351	108,103	75,75%
13%	6,730	10,408	44,307	87,00%	24,50%	10,019	71,351	111,753	75,50%
14%	6,862	10,091	44,047	86,50%	25%	10,019	71,351	115,926	75,25%
15%	8,435	70,695	28,040	85,00%	25,00%	6,896	69,993	147,797	75,00%
18%	6,862	10,091	22,431	82,00%	25,25%	6,896	69,993	145,913	74,75%
20%	6,765	69,676	18,751	80,00%	25,50%	6,896	69,993	143,821	74,50%
25%	6,896	69,993	12,235	75,00%	25,75%	7,083	9,865	141,894	74,25%
30%	7,083	9,865	10,596	70,00%	26%	7,083	9,865	142,362	74,00%
					26,25%	7,083	9,865	142,783	73,75%
					27%	7,083	9,865	143,155	73,50%
					30%	7,083	9,865	143,839	70,00%
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>									
					ΠΟΣΟΣΤΟ πλεγματοπ οισης (tmax (n/mm <sup>2</sup> ) at point P) %	tmax (n/mm <sup>2</sup> ) at point P			
					0%	73,72068			
					100%	73,72068			
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοπ οισης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚ Q</u>	Διαφορα %	Ποσοστό Διαγράμα τος	ποσοστό πλεγματοπ οισης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚ Q</u>	Διαφορα %	ποσοστό διαγραμμα τος
11,12	67,717	73,721	8,144	88,88%	9	74,550	73,721	1,125	91,00%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚ Q</u>	Διαφορα %					
4,98	0	31,943	65,433	51,183					

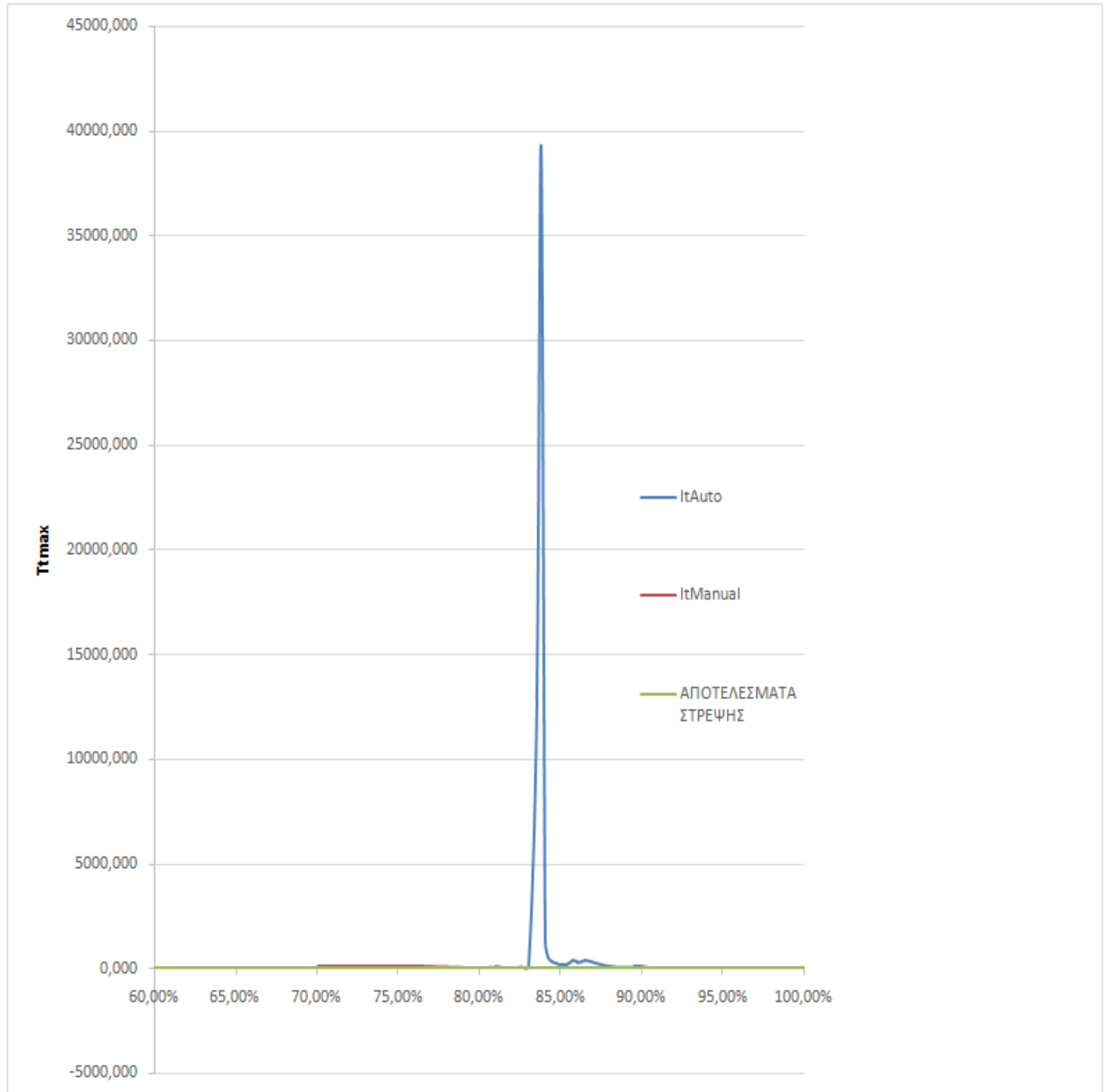
Πίνακας 26-Αποτελέσματα διατομής UPE 80



Γράφημα 20- UPE 80

UPE100										
IT AUTO					IT MANUAL					
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	
6%	9,655	90,493	52,867	94,00%	6%	9,655	90,493	59,632	94,00%	
7,50%	8,540	90,031	56,784	92,50%	7,50%	8,540	90,031	57,444	92,50%	
8%	7,520	10,391	62,967	92,00%	8%	9,655	90,493	59,877	92,00%	
8,50%	9,655	90,493	62,386	91,50%	8,50%	7,520	10,391	56,561	91,50%	
9%	6,851	11,823	65,678	91,00%	9%	6,851	11,823	58,398	91,00%	
9,50%	9,283	90,339	75,438	90,50%	9,50%	9,283	90,339	59,980	90,50%	
10,10%	7,120	88,825	83,863	89,90%	10,10%	7,120	88,825	58,718	89,90%	
10,50%	7,520	10,391	89,362	89,50%	10,50%	7,520	10,391	58,279	89,50%	
12%	9,283	90,339	124,247	88,00%	12%	9,283	90,339	62,002	88,00%	
13,50%	8,263	10,083	379,546	86,50%	15%	7,520	10,391	67,547	85,00%	
13,75%	7,313	10,709	317,622	86,25%	16,50%	6,851	11,823	71,109	83,50%	
14%	7,005	11,452	297,430	86,00%	17%	7,520	10,391	75,779	83,00%	
14,25%	6,851	11,823	374,115	85,75%	17,50%	7,520	10,391	75,421	82,50%	
14,50%	7,274	89,197	241,141	85,50%	18%	7,520	10,391	75,278	82,00%	
14,75%	7,520	10,391	211,940	85,25%	18,50%	7,892	10,237	76,116	81,50%	
15%	7,520	10,391	212,334	85,00%	19%	7,520	10,391	75,097	81,00%	
15,25%	7,892	10,237	240,886	84,75%	19,50%	6,851	11,823	77,258	80,50%	
15,50%	7,892	10,237	317,796	84,50%	20%	7,520	10,391	75,097	80,00%	
15,75%	8,263	10,083	524,747	84,25%	23,50%	7,005	11,452	82,829	76,50%	
16%	7,520	10,391	1232,787	84,00%	23,75%	7,005	11,452	83,701	76,25%	
16,25%	7,159	11,080	39202,640	83,75%	24,00%	6,851	11,823	84,941	76,00%	
16,50%	6,851	11,823	12885,023	83,50%	24,25%	6,698	12,194	86,515	75,75%	
17%	7,520	10,391	96,936	83,00%	24,50%	6,544	12,566	88,464	75,50%	
17,50%	7,520	10,391	79,661	82,50%	25%	6,544	12,566	90,863	75,25%	
18%	7,520	10,391	75,406	82,00%	25,00%	7,428	89,568	106,992	75,00%	
18,50%	7,892	10,237	77,994	81,50%	25,25%	7,428	89,568	106,546	74,75%	
19%	7,520	10,391	80,391	81,00%	25,50%	7,428	89,568	105,834	74,50%	
19,50%	6,851	11,823	79,860	80,50%	25,75%	7,428	89,568	104,858	74,25%	
20%	7,274	89,197	44,723	80,00%	26%	7,428	89,568	103,627	74,00%	
25%	7,428	89,568	29,346	75,00%	26,25%	7,428	89,568	102,162	73,75%	
30%	7,005	11,452	11,331	70,00%	27%	7,428	89,568	100,483	73,50%	
					30%	7,005	11,452	87,506	70,00%	
					<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>					
					ΠΟΣΟΣΤΟ πλεγματοποίησης (tmax (n/mm <sup>2</sup> ) at point P) %	tmax (n/mm <sup>2</sup> ) at point P				
					0%	54,879				
					100%	54,879				
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος	
6,7	55,255	54,879	0,681	93,30%	8,5	56,561	54,879	3,065	91,50%	
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>										
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ	Διαφορά %						
5,27	0	23,828	48,403	50,772						

Πίνακας 27-Αποτελέσματα διατομής UPE 100

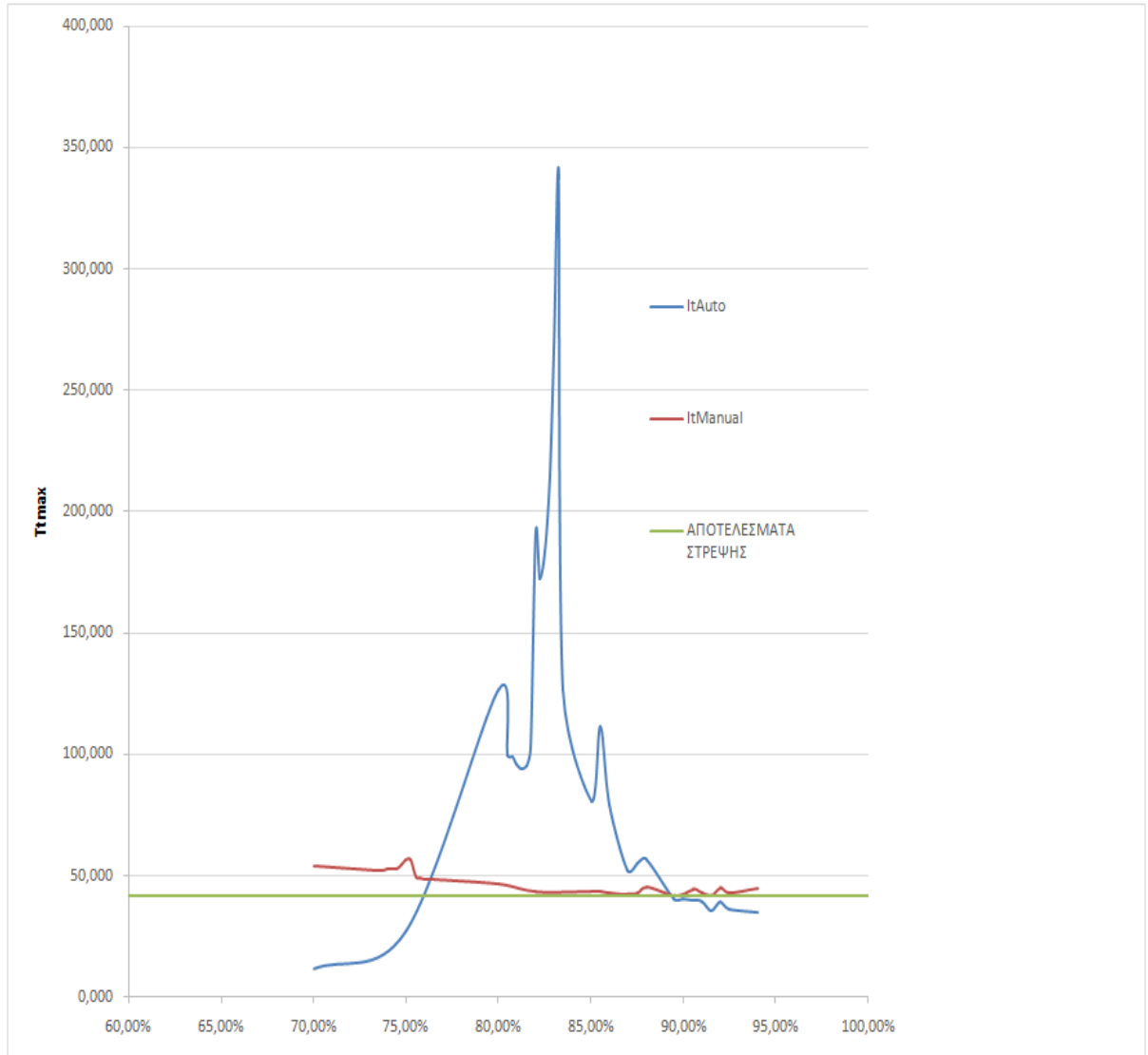


Γράφημα 21- UPE 100



UPE120									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
6%	11,083	109,549	34,780	94,00%	6%	11,083	109,549	45,084	94,00%
7,50%	10,234	109,198	36,447	92,50%	7,50%	10,234	109,198	43,163	92,50%
8%	11,083	109,549	39,227	92,00%	8%	11,083	109,549	45,060	92,00%
8,50%	9,248	11,211	35,746	91,50%	8,50%	9,248	11,211	41,945	91,50%
9%	9,810	109,022	39,588	91,00%	9%	9,810	109,022	42,959	91,00%
9,50%	10,659	109,373	40,015	90,50%	9,50%	10,659	109,373	44,547	90,50%
10%	8,173	107,659	40,782	89,99%	10,01%	8,173	107,659	42,431	89,99%
10,50%	8,173	107,659	40,617	89,50%	10,50%	8,537	108,495	41,932	89,50%
12%	11,083	109,549	56,735	88,00%	12%	11,083	109,549	45,383	88,00%
12,50%	8,348	108,084	55,183	87,50%	12,50%	8,348	108,084	42,840	87,50%
13%	8,173	107,659	52,389	87,00%	13%	8,173	107,659	42,577	87,00%
14%	8,115	12,479	79,605	86,00%	14%	8,115	12,479	43,090	86,00%
14,50%	8,962	108,670	111,620	85,50%	14,50%	8,962	108,670	43,420	85,50%
15%	9,810	109,022	80,966	85,00%	15%	9,810	109,022	43,575	85,00%
16,50%	11,507	109,725	127,022	83,50%	18%	8,823	11,387	43,411	82,00%
16,75%	8,348	108,084	337,233	83,25%	20%	8,467	11,630	46,488	80,00%
17%	8,467	11,630	267,011	83,00%	23,50%	10,659	109,373	48,291	76,50%
17,25%	8,467	11,630	214,801	82,75%	23,75%	10,659	109,373	48,349	76,25%
17,50%	8,467	11,630	183,556	82,50%	24,00%	11,083	109,549	48,635	76,00%
17,75%	8,467	11,630	172,489	82,25%	24,25%	11,083	109,549	49,101	75,75%
18%	8,823	11,387	191,797	82,00%	24,50%	11,083	109,549	49,648	75,50%
18,25%	8,348	108,084	103,000	81,75%	25%	8,537	108,495	56,696	75,25%
18,50%	8,348	108,084	95,630	81,50%	25,00%	8,537	108,495	56,696	75,00%
18,75%	8,348	108,084	93,973	81,25%	25,25%	8,537	108,495	54,515	74,75%
19%	8,348	108,084	95,998	81,00%	25,50%	8,467	11,630	53,008	74,50%
19,25%	8,348	108,084	99,204	80,75%	25,75%	8,467	11,630	52,813	74,25%
19,50%	8,173	107,659	99,682	80,50%	26%	8,467	11,630	52,619	74,00%
20%	8,467	11,630	126,660	80,00%	26,25%	8,467	11,630	52,430	73,75%
25%	8,537	108,495	26,863	75,00%	27%	8,467	11,630	52,250	73,50%
30%	8,537	108,495	11,590	70,00%	30%	8,537	108,495	54,096	70,00%
					<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>				
					<b>ΠΟΣΟΣΤΟ Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>				
					0%	41,739			
					100%	41,739			
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
10,01	40,782	41,739	2,294	89,99%	10,5	41,932	41,739	0,462	89,50%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	Διαφορά %					
5,9	0	21,039	37,097	43,286					

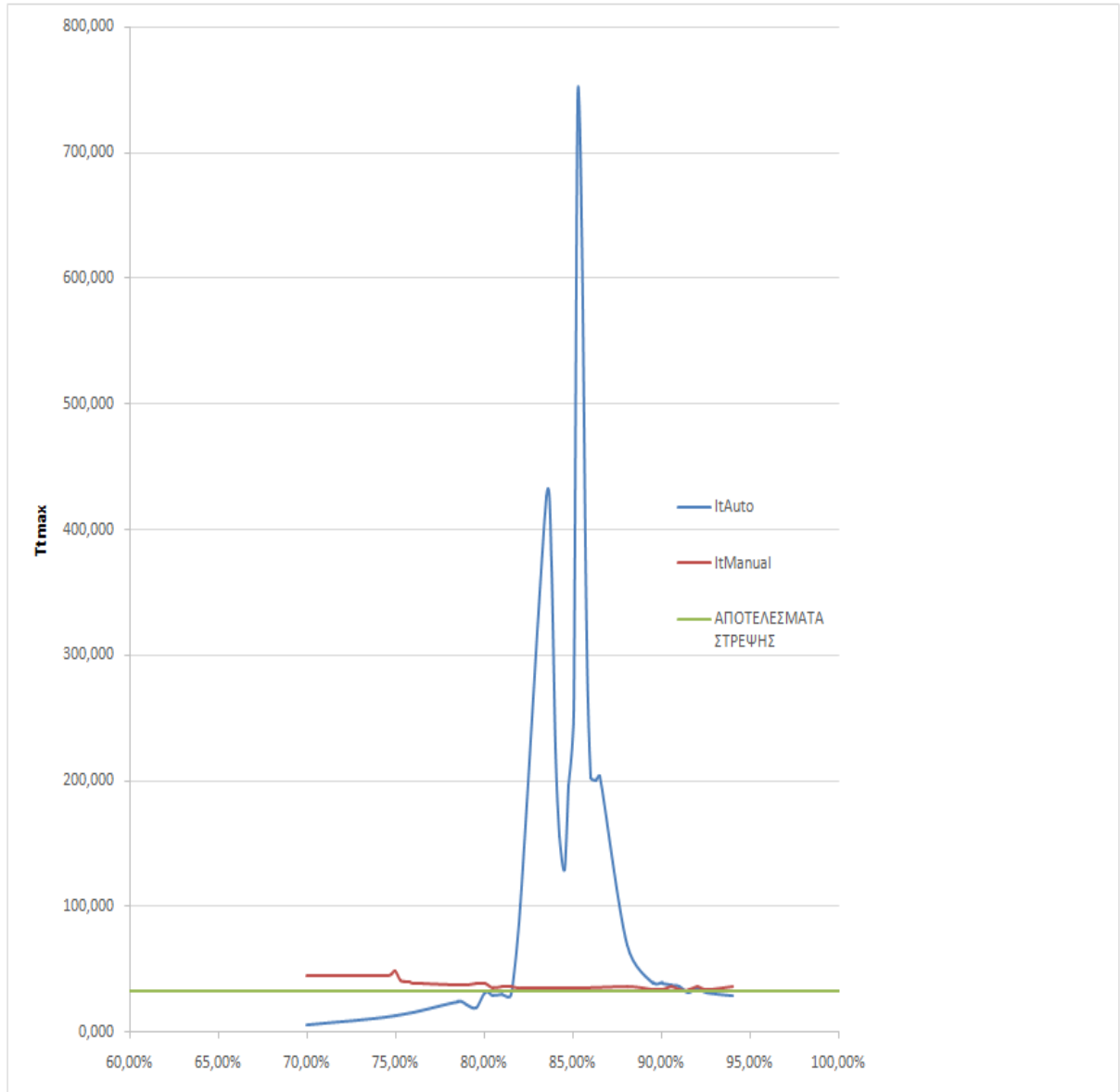
Πίνακας 28-Αποτελέσματα διατομής UPE 120



Γράφημα 22- UPE 120

UPE140									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
6%	11,036	128,529	29,169	94,00%	6%	11,036	128,529	36,320	94,00%
7,50%	10,076	128,132	31,635	92,50%	7,50%	10,076	128,132	34,498	92,50%
8%	11,036	128,529	35,093	92,00%	8%	11,036	128,529	36,403	92,00%
8,50%	8,637	127,536	31,785	91,50%	8,50%	8,637	127,536	33,554	91,50%
9%	10,076	128,132	36,334	91,00%	9%	10,076	128,132	34,433	91,00%
9,50%	11,036	128,529	37,120	90,50%	9,50%	11,036	128,529	35,956	90,50%
10,01%	8,367	127,128	39,525	89,99%	10,01%	8,367	127,128	34,014	89,99%
10,50%	8,244	13,168	39,493	89,50%	10,50%	8,244	13,168	34,052	89,50%
12%	11,036	128,529	69,237	88,00%	12%	11,036	128,529	36,638	88,00%
13,50%	8,367	127,128	203,818	86,50%	15%	10,076	128,132	34,951	85,00%
13,75%	8,367	127,128	200,594	86,25%	18%	8,443	12,688	35,458	82,00%
14%	8,244	13,168	202,198	86,00%	18,50%	8,367	127,128	36,902	81,50%
14,25%	7,847	14,127	312,914	85,75%	19%	9,781	11,990	36,391	81,00%
14,50%	8,637	127,536	647,575	85,50%	19,50%	8,244	13,168	35,660	80,50%
14,75%	9,596	127,933	741,034	85,25%	20%	8,443	12,688	38,741	80,00%
15%	10,076	128,132	255,329	85,00%	20,50%	8,443	12,688	38,463	79,50%
15,25%	10,076	128,132	196,354	84,75%	21,00%	8,443	12,688	38,227	79,00%
15,50%	10,556	128,331	129,751	84,50%	21,50%	8,443	12,688	38,066	78,50%
15,75%	11,036	128,529	156,839	84,25%	23,50%	11,036	128,529	38,985	76,50%
16%	11,036	128,529	225,390	84,00%	23,75%	9,301	12,189	39,334	76,25%
16,25%	11,515	128,728	371,076	83,75%	24%	11,036	128,529	39,364	76,00%
16,50%	11,515	128,728	426,141	83,50%	24,25%	11,515	128,728	39,964	75,75%
18%	8,443	12,688	100,917	82,00%	24,50%	11,515	128,728	40,712	75,50%
18,50%	8,367	127,128	29,976	81,50%	24,75%	11,515	128,728	41,388	75,25%
19%	9,781	11,990	29,811	81,00%	25%	8,637	127,536	48,635	75,00%
19,50%	8,244	13,168	29,273	80,50%	25,25%	8,637	127,536	46,355	74,75%
20%	8,443	12,688	31,929	80,00%	26%	8,443	12,688	45,610	74,50%
20,50%	8,443	12,688	19,456	79,50%	25,75%	8,443	12,688	45,503	74,25%
21%	8,443	12,688	21,788	79,00%	26%	8,443	12,688	45,393	74,00%
21,50%	8,443	12,688	24,884	78,50%	26,25%	8,443	12,688	45,283	73,75%
25%	8,637	127,536	13,574	75,00%	26,50%	8,443	12,688	45,177	73,50%
30%	8,367	127,128	6,373	70,00%	30%	8,367	127,128	44,853	70,00%
					<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>				
					<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>	<b>Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>			
					0%	32,422			
					100%	32,422			
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
7,75	32,548	32,422	0,388	92,25%	8,5	33,554	32,422	3,491	91,50%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>				
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) <b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</b>	Διαφορά %					
6,2	0	14,538	28,645	49,247					

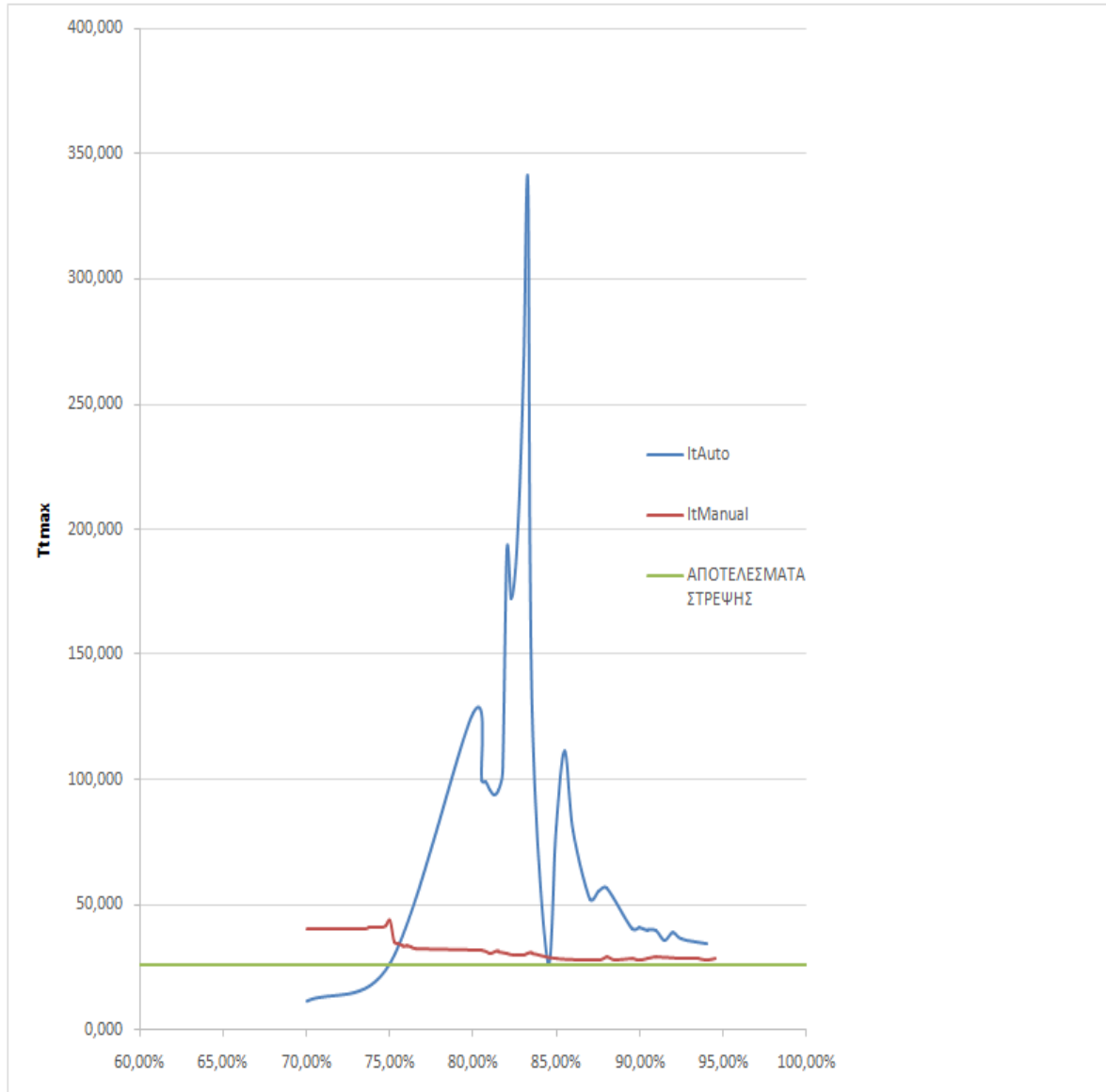
Πίνακας 29-Αποτελέσματα διατομής UPE 140



Γράφημα 23- UPE 140

UPE160									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
6%	11,083	109,549	34,780	94,00%	5,50%	12,111	148,268	28,887	94,50%
7,50%	10,234	109,198	36,447	92,50%	6%	11,577	148,047	28,208	94,00%
8%	11,083	109,549	39,227	92,00%	6,50%	12,111	148,268	28,711	93,50%
8,50%	9,248	11,211	35,746	91,50%	7%	12,111	148,268	28,935	93,00%
9%	9,810	109,022	39,588	91,00%	7,50%	12,111	148,268	28,868	92,50%
9,50%	10,659	109,373	40,015	90,50%	9%	12,111	148,268	29,320	91,00%
10%	8,173	107,659	40,782	89,99%	9,50%	11,577	148,047	28,378	90,50%
10,50%	8,173	107,659	40,617	89,50%	10,10%	10,687	12,322	28,060	89,90%
12%	11,083	109,549	56,735	88,00%	10,50%	11,043	147,825	28,327	89,50%
12,50%	8,348	108,084	55,183	87,50%	12%	11,043	147,825	27,900	88,50%
13%	8,173	107,659	52,389	87,00%	12%	11,577	148,047	29,064	88,00%
14%	8,115	12,479	79,605	86,00%	12,50%	9,440	147,161	27,987	87,50%
14,50%	8,962	108,670	111,620	85,50%	15%	8,822	13,479	28,372	85,00%
15%	9,810	109,022	80,966	85,00%	16,50%	12,111	148,268	30,904	83,50%
15,50%	10,508	147,604	27,426	84,50%	17%	8,601	14,014	30,206	83,00%
16,50%	11,507	109,725	127,022	83,50%	17,50%	9,084	12,986	29,691	82,50%
16,75%	8,348	108,084	337,233	83,25%	18%	8,380	14,548	30,324	82,00%
17%	8,467	11,630	267,011	83,00%	18,50%	10,508	147,604	31,535	81,50%
17,25%	8,467	11,630	214,801	82,75%	19%	11,043	147,825	30,821	81,00%
17,50%	8,467	11,630	183,556	82,50%	19,50%	11,577	148,047	31,644	80,50%
17,75%	8,467	11,630	172,489	82,25%	23,50%	9,084	12,986	32,815	76,50%
18%	8,823	11,387	191,797	82,00%	23,75%	9,619	12,765	33,026	76,25%
18,25%	8,348	108,084	103,000	81,75%	24%	9,619	12,765	33,657	76,00%
18,50%	8,348	108,084	95,630	81,50%	24,25%	9,619	12,765	33,635	75,75%
18,75%	8,348	108,084	93,973	81,25%	24,50%	11,577	148,047	34,381	75,50%
19%	8,348	108,084	95,998	81,00%	24,75%	12,111	148,268	35,360	75,25%
19,25%	8,348	108,084	99,204	80,75%	25%	8,969	146,876	43,791	75,00%
19,50%	8,173	107,659	99,682	80,50%	25,25%	8,969	146,876	41,771	74,75%
20%	8,467	11,630	126,660	80,00%	26%	9,084	12,986	41,035	74,50%
25%	8,537	108,495	26,863	75,00%	25,75%	9,084	12,986	40,947	74,25%
30%	8,537	108,495	11,590	70,00%	26%	9,084	12,986	40,849	74,00%
					26,25%	9,084	12,986	40,741	73,75%
					26,50%	9,084	12,986	40,620	73,50%
					30%	9,974	147,383	40,585	70,00%
					<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>				
					<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>	<b>Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>			
					0%	25,748			
					100%	25,748			
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
		<u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>					<u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>		
15,5	27,426	25,748	6,118	84,50%	11,5	27,900	25,748	8,361	88,50%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %					
		<u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	<u>Q</u>						
6,5	0	12,719	22,630	43,796					

Πίνακας 30-Αποτελέσματα διατομής UPE 160



Γράφημα 24- UPE 160

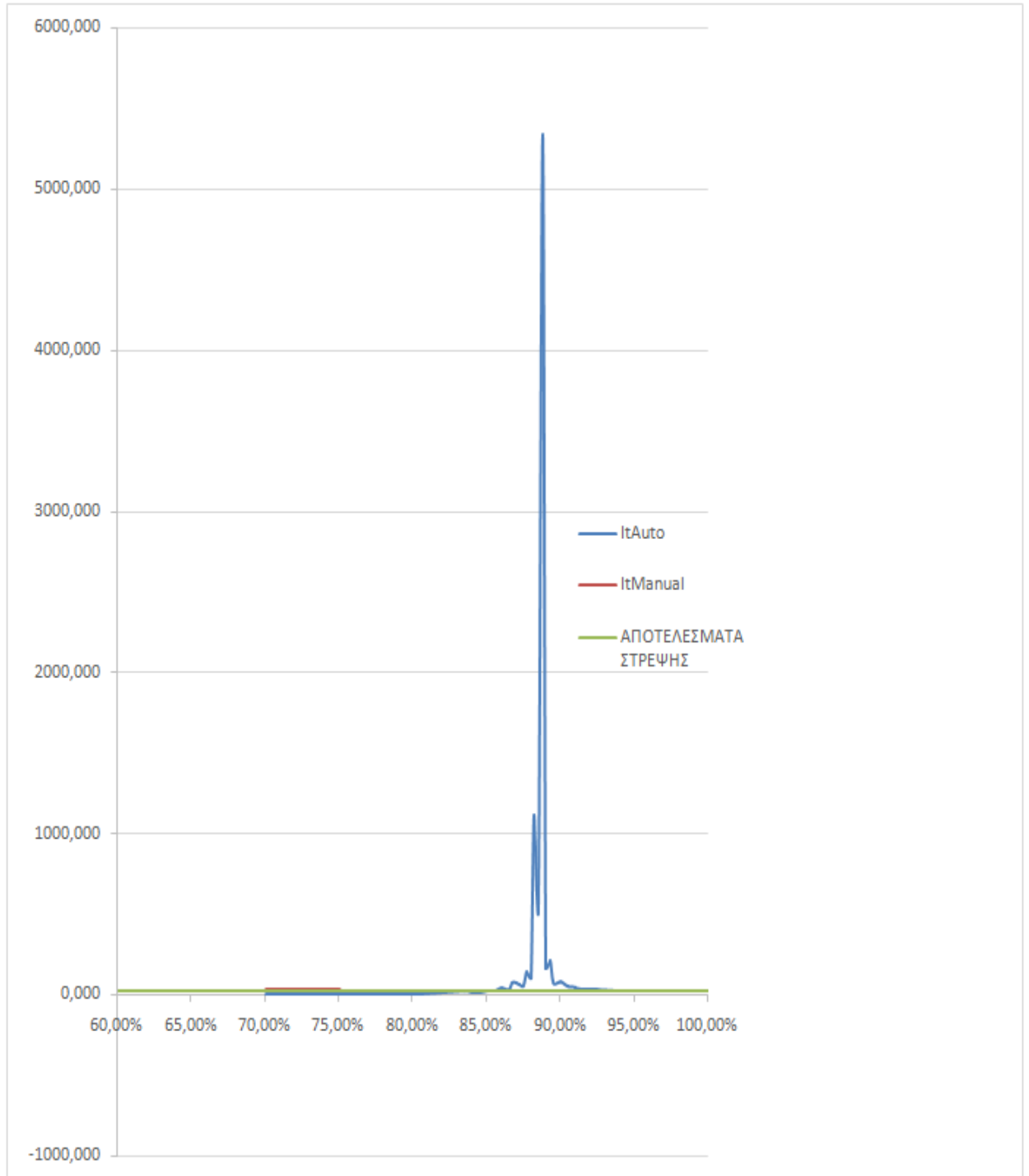
ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ

2016

UPE180									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
6%	11,585	167,050	24,150	94,00%	6%	11,585	167,050	22,162	94,00%
7,50%	12,175	167,294	32,459	92,50%	7,50%	12,175	167,294	22,510	92,50%
8%	11,585	167,050	37,626	92,00%	8%	11,585	167,050	22,312	92,00%
8,50%	10,996	166,806	36,923	91,50%	8,50%	10,996	166,806	21,693	91,50%
9%	12,175	167,294	46,063	91,00%	9%	12,175	167,294	22,951	91,00%
9,50%	11,585	167,050	49,243	90,50%	9,50%	11,585	167,050	22,048	90,50%
10%	10,406	166,561	83,466	89,99%	10%	10,406	166,561	21,425	89,99%
10,50%	11,585	167,050	78,860	89,50%	10,50%	11,585	167,050	22,033	89,50%
10,75%	12,175	167,294	213,898	89,25%	13,50%	11,585	167,050	22,963	86,50%
11%	12,175	167,294	167,647	89,00%	14%	12,175	167,294	23,495	86,00%
11,25%	10,426	13,430	5334,997	88,75%	14,50%	8,866	14,373	22,339	85,50%
11,50%	10,996	166,806	555,375	88,50%	15%	8,866	14,373	22,287	85,00%
11,75%	10,996	166,806	1112,446	88,25%	15,50%	10,996	166,806	23,867	84,50%
12%	11,585	167,050	107,400	88,00%	16%	11,585	167,050	23,539	84,00%
12,25%	12,175	167,294	139,244	87,75%	16,50%	12,175	167,294	24,416	83,50%
12,50%	9,226	166,073	59,646	87,50%	18%	8,622	14,962	24,125	82,00%
12,75%	9,836	13,674	65,324	87,25%	20%	8,858	165,607	28,801	79,99%
13%	9,836	13,674	76,513	87,00%	23,50%	9,247	13,919	26,773	76,50%
13,25%	10,996	166,806	77,289	86,75%	23,75%	9,247	13,919	26,966	76,25%
13,50%	11,585	167,050	34,223	86,50%	24,00%	9,247	13,919	27,219	76,00%
14%	12,175	167,294	41,303	86,00%	24,25%	9,836	13,674	28,068	75,75%
14,50%	8,866	14,373	24,531	85,50%	24,50%	8,866	14,373	27,527	75,50%
15%	8,866	14,373	27,577	85,00%	24,75%	12,175	167,294	28,286	75,25%
15,50%	10,996	166,806	16,753	84,50%	25%	8,858	165,607	36,179	75,00%
16%	11,585	167,050	17,862	84,00%	25,25%	8,858	165,607	34,425	74,75%
16,50%	12,175	167,294	19,453	83,50%	25,50%	8,866	14,373	34,073	74,50%
18%	8,622	14,962	15,175	82,00%	25,75%	8,866	14,373	34,026	74,25%
20%	8,858	165,607	8,631	79,99%	26%	9,247	13,919	33,959	74,00%
25%	8,858	165,607	5,878	75,00%	26,25%	9,247	13,919	33,907	73,75%
30%	9,816	166,317	3,679	70,00%	26,50%	9,247	13,919	33,833	73,50%
					30%	9,816	166,317	32,866	70,00%
					ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ				
					ΠΟΣΟΣΤΟ		Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )		
					0%	20,650			
					100%	20,650			
ΣΗΜΕΙΟ "P"					ΣΗΜΕΙΟ "P"				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
		ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ					ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ		
16,50%	19,453	20,650	5,797	83,50%	10,01	21,425	20,650	3,615	89,99%
ΣΗΜΕΙΟ "Q"									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Διαφορά %					
		ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ							
6,8	0	11,642	18,042	35,475					

Πίνακας 31-Αποτελέσματα διατομής UPE 180



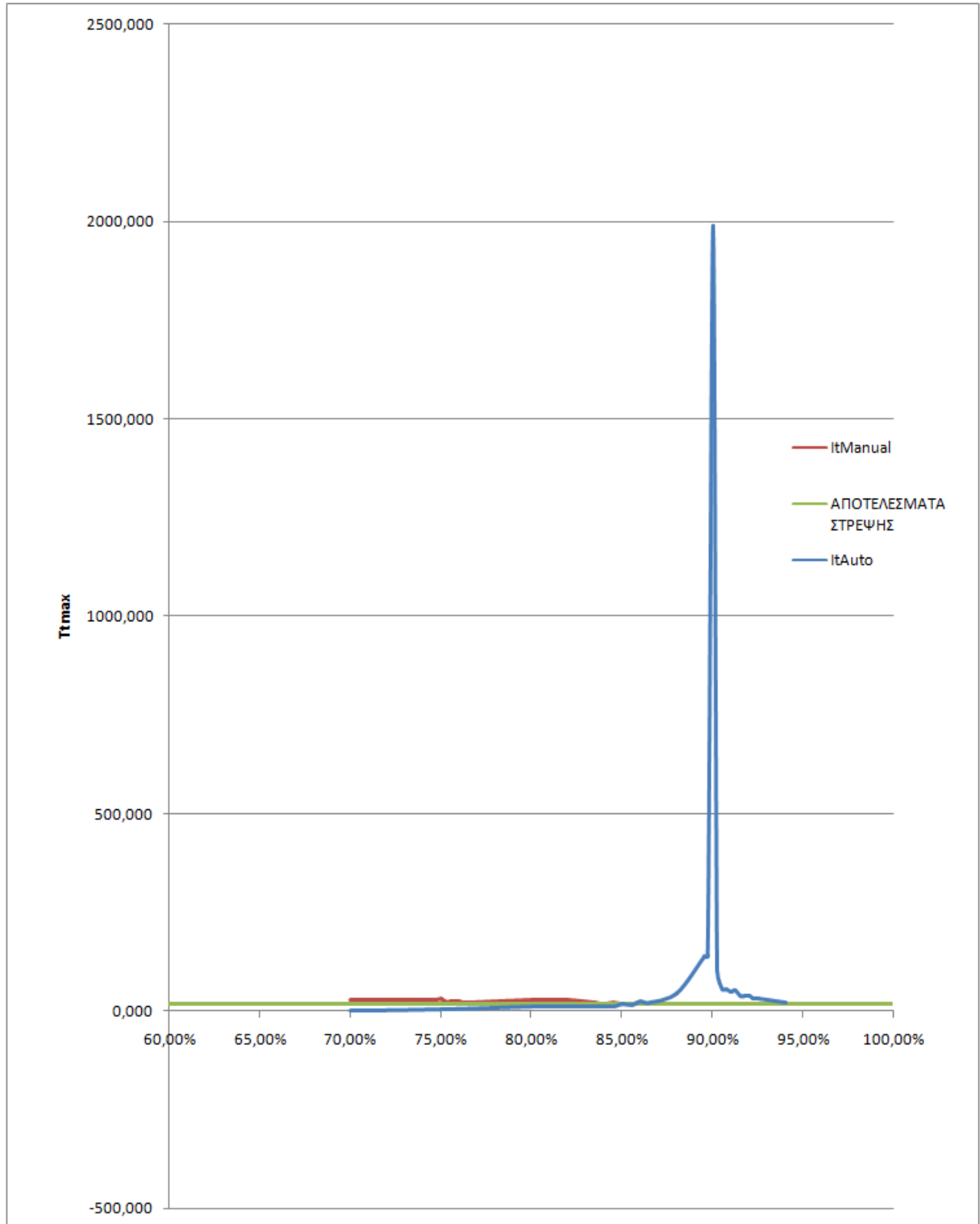


Γράφημα 25- UPE 180



UPE200									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
6%	12,814	186,438	21,324	94,00%	6%	12,814	186,438	18,607	94,00%
7,50%	12,814	186,438	30,643	92,50%	9%	13,458	186,704	19,283	91,00%
7,75%	12,073	13,869	30,734	92,25%	12%	12,814	186,438	19,093	88,00%
8%	12,814	186,438	37,459	92,00%	13,50%	12,171	186,171	19,376	86,50%
8,25%	13,458	186,704	36,892	91,75%	14%	12,814	186,438	19,753	86,00%
8,50%	12,171	186,171	37,307	91,50%	14,50%	9,680	15,116	19,019	85,50%
8,75%	12,814	186,438	51,759	91,25%	15%	9,680	15,116	18,972	85,00%
9%	13,458	186,704	49,244	91,00%	15,50%	11,527	185,905	20,235	84,50%
9,25%	12,073	13,869	55,903	90,75%	16%	12,814	186,438	19,802	84,00%
9,50%	12,171	186,171	56,256	90,50%	16,50%	13,458	186,704	20,586	83,50%
9,75%	12,814	186,438	101,543	90,25%	18%	7,814	19,620	26,631	82,00%
10%	19,270	189,000	1988,428	90,01%	20%	7,814	19,620	26,631	80,00%
10,25%	11,527	185,905	138,921	89,75%	23,50%	9,680	15,116	22,977	76,50%
10,50%	12,171	186,171	138,208	89,50%	23,75%	10,143	14,669	23,134	76,25%
12%	12,814	186,438	45,381	88,00%	24%	10,143	14,669	23,377	76,00%
13,50%	12,171	186,171	20,323	86,50%	24,25%	10,786	14,402	23,846	75,75%
14%	12,814	186,438	23,560	86,00%	24,50%	9,680	15,116	23,596	75,50%
14,50%	9,680	15,116	15,407	85,50%	24,75%	9,147	16,403	24,242	75,25%
15%	9,680	15,116	16,872	85,00%	25%	9,720	184,982	31,056	75,00%
15,50%	11,527	185,905	11,172	84,50%	25,25%	9,720	184,982	29,618	74,75%
16%	12,814	186,438	11,620	84,00%	26%	9,680	15,116	29,225	74,50%
16,50%	13,458	186,704	12,740	83,50%	25,75%	9,680	15,116	29,181	74,25%
18%	9,147	16,403	10,229	82,00%	26%	9,680	15,116	29,116	74,00%
20%	7,814	19,620	10,160	80,00%	26,25%	10,143	14,669	29,028	73,75%
25%	9,720	184,982	4,320	75,00%	26,50%	10,143	14,669	28,953	73,50%
30%	10,241	185,372	2,705	70,00%	30%	10,241	185,372	28,239	70,00%
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>									
					ΠΟΣΟΣΤΟ		Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )		
					0%		17,019		
					100%		17,019		
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>					<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>				
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
15	16,872	17,019	0,862	85,00%	6	18,607	17,019	9,333	94,00%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	Διαφορά %					
7,3	0	8,899	14,897	40,265					

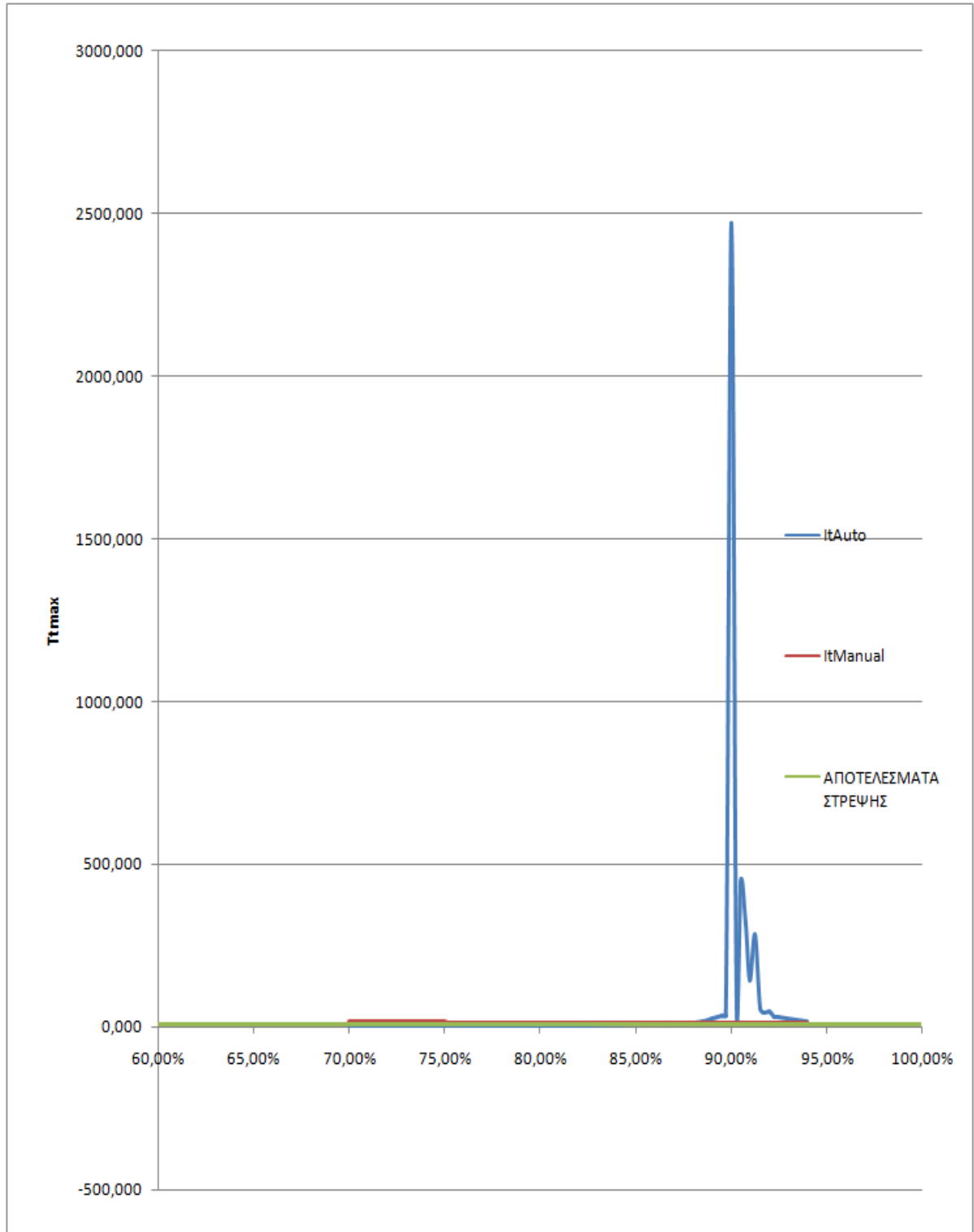
Πίνακας 32-Αποτελέσματα διατομής UPE 200



Γράφημα 26- UPE 200

UPE270									
IT AUTO					IT MANUAL				
ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	X	Y	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	ποσοστό διαγράμματος
6%	14,846	253,330	14,478	94,00%	6%	14,846	253,330	10,134	94,00%
7,50%	15,670	253,671	27,967	92,50%	9%	15,670	253,671	10,579	91,00%
7,75%	14,225	16,927	30,213	92,25%	10,50%	14,846	253,330	10,152	89,50%
8%	14,846	253,330	47,012	92,00%	11%	15,670	253,671	10,720	89,00%
8,25%	15,670	253,671	42,873	91,75%	11,50%	13,401	17,269	10,089	88,50%
8,50%	14,846	253,330	55,015	91,50%	12%	14,846	253,330	10,491	88,00%
8,75%	14,846	253,330	283,684	91,25%	12,50%	11,751	251,764	10,379	87,50%
9%	15,670	253,671	143,970	91,00%	13%	13,401	17,269	10,340	87,00%
9,25%	14,225	16,927	314,904	90,75%	13,50%	14,846	253,330	10,679	86,50%
9,50%	14,846	253,330	445,721	90,50%	15%	11,494	18,857	10,770	85,00%
9,75%	15,670	253,671	54,755	90,25%	18%	11,153	19,681	11,911	82,00%
10%	23,134	256,500	2470,772	90,01%	19%	11,836	18,033	11,734	81,00%
10,25%	14,225	16,927	35,984	89,75%	23,50%	11,836	18,033	13,366	76,50%
10,50%	14,846	253,330	35,480	89,50%	23,75%	12,578	17,610	13,424	76,25%
11%	15,670	253,671	23,046	89,00%	24%	12,578	17,610	13,607	76,00%
11,50%	13,401	17,269	15,742	88,50%	24,25%	12,578	17,610	13,575	75,75%
12%	14,846	253,330	10,631	88,00%	24,50%	11,494	18,857	13,622	75,50%
12,50%	11,751	251,764	8,332	87,50%	24,75%	11,153	19,681	13,981	75,25%
13%	13,401	17,269	8,919	87,00%	25%	11,751	251,764	17,706	75,00%
13,50%	14,846	253,330	6,319	86,50%	25,25%	11,751	251,764	17,038	74,75%
15%	11,494	18,857	5,473	85,00%	26%	11,836	18,033	16,761	74,50%
18%	11,153	19,681	3,814	82,00%	25,75%	11,836	18,033	16,749	74,25%
19%	11,836	18,033	2,702	81,00%	26%	11,836	18,033	16,712	74,00%
25%	11,751	251,764	1,825	75,00%	26,25%	11,836	18,033	16,643	73,75%
30%	11,751	251,764	1,149	70,00%	26,50%	11,836	18,033	16,533	73,50%
					30%	11,751	251,764	16,226	70,00%
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΡΕΨΗΣ</b>									
						<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>	<b>Ttmax (n/mm<sup>2</sup>)</b>		
						0%	8,987		
						100%	8,987		
<b>ΣΗΜΕΙΟ "P"</b>									
ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	Διαφορά %	Ποσοστό Διαγράμματος	ποσοστό πλεγματοποίησης	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> )	Ttmax (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	Διαφορά %	ποσοστό διαγράμματος
13	8,919	8,987	0,755	87,00%	11,5	10,089	8,987	12,268	88,50%
<b>ΣΗΜΕΙΟ "Q"</b>									
X	Y	Tt (n/mm <sup>2</sup> )	Tt (n/mm <sup>2</sup> ) <u>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ</u>	Διαφορά %					
8,8	0	4,655	7,821	40,484					

Πίνακας 33-Αποτελέσματα διατομής UPE 270



Γράφημα 27- UPE 270