



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μοντέλα πρόβλεψης ύψους παραγωγής και κόστους σε μονάδα κον-
σερβοποίησης σαρδελών**

Νίτσας Δημήτριος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018

**Μοντέλα πρόβλεψης ύψους παραγωγής και κόστους σε μονάδα κον-
σερβοποίησης σαρδελών**

Νίτσας Δημήτριος

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης (ΑΤΕΙ),
Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη ΤΘ 141

Υποβολή Πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Εισηγητής: Κουλούρης Αλέξανδρος

Εξεταστική επιτροπή: Ραφαηλίδης Στυλιανός

Πετρίδης Δημήτριος

Περίληψη

Ο προγραμματισμός παραγωγής αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της λειτουργίας μιας βιομηχανίας, διότι διανέμει τους απαιτούμενους πόρους (πρώτες ύλες, μηχανήματα, έμψυχο δυναμικό) με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται το κέρδος αλλά και να διασφαλίζεται ότι οι διεργασίες λειτουργούν αποδοτικά και αποτελεσματικά, προς παραγωγή προϊόντων σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις των πελατών.

Όσον αφορά τη βιομηχανία αλιευμάτων και συγκεκριμένα την κονσερβοποίηση αυτών, διάφοροι είναι οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τις αποφάσεις σχετικά με τον προγραμματισμό της παραγωγής μιας τέτοιας μονάδας. Οι αποφάσεις λαμβάνονται με γνώμονα τη ζήτηση σε τελικά προϊόντα, αλλά και τη διαθεσιμότητα σε πρώτες ύλες. Η εποχικότητα των πρώτων υλών, αναφορικά με την ποσότητα αλλά και την ποιότητά τους, δημιουργεί αυξανόμενη πολυπλοκότητα στη λήψη αποφάσεων.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, δημιουργήθηκε ένα μοντέλο ποσοτικής πρόβλεψης παραγωγής κονσερβοποιημένων σαρδελών σε μεταλλικούς περιέκτες. Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη την ποιότητα του ψαριού (κατεψυγμένο, νωπό), τα ανατομικά χαρακτηριστικά των αλιευμάτων (μέγεθος ψαριού), τη φύρα % του λαμβανόμενου φορτίου που έγινε χρήση και τον απαιτούμενο αριθμό εργατοωρών για τη διεξαγωγή της παραγωγής.

Με δεδομένα από τις προβλεπόμενες παραγωγές κυτίων και με χρήση κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων, υπολογίστηκαν οι βέλτιστοι συνδυασμοί των παραπάνω παραγόντων έτσι ώστε η παραγωγή των προβλεπόμενων κυτίων να διεξάγεται με το μεγαλύτερο δυνατό ακαθάριστο κέρδος.

Abstract

Production planning is an essential part of operations management in an industry, because it allocates resources (raw materials, machinery, workforce) in the best possible way in order to maximize profit but also ensure that all processes are efficient and effective towards making products that comply to specifications and customers demands.

As far as the fish processing industry is concerned and specifically the fish canning branch, there are several factors that affect decision making. Decisions are driven by market demands and raw material availability. Seasonality of raw materials (both with respect to their quantity as well as quality) increases the complexity of the decision making process.

In this study, a predictive model of production throughput was developed for a sardine canning process line. The model takes into account the fish size, the percentage of waste in the batch, the quality and state (raw, frozen) of the fish and the availability of the workforce to carry out production.

Using data for the expected level of can production and with the use of appropriate mathematical models, the optimal combinations of values of the above factors can be calculated so that the gross profit can be maximized.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	i
Abstract	ii
Εισαγωγή.....	7
1. Προγραμματισμός παραγωγής.....	7
1.1 Βιομηχανία τροφίμων	7
1.1.1 Ειδικά χαρακτηριστικά	7
1.2 Εφαρμογές προγραμματισμού παραγωγής.....	9
2. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση	Error! Bookmark not defined.
2.1 Προοδευτική ένταξη μεταβλητών (Forward selection).....	11
2.2 Επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού προσαρμογής (Best set of regressions)	11
3. Γραμμικός Προγραμματισμός	12
4. Σκοπός της Εργασίας	14
5. Συνοπτική περιγραφή διαδικασίας.....	15
5.1 Παραλαβή.....	15
5.2 Απεντέρωση – Αποκεφαλισμός	16
5.3 Μηχανήματα χρήσης και παράγοντες	17
5.4 Στάδιο ψησίματος	19
5.5 Κλείσιμο κουτιών	19
5.6 Διάγραμμα ροής.....	20
6. Ανάλυση ποσοτήτων.....	21
6.1 Εξισωτική απώλεια	22
6.1.1 Ακραίες τιμές απώλειας	22
6.1.2 Απώλεια / Περίοδος αλίευσης	24
6.1.3 Απώλεια / Κατάσταση ψαριού.....	25
6.1.4 Απώλεια - Μέγεθος ψαριού	26
6.2 Ποσοτικά δεδομένα παραγωγής	28
6.2.1 Υπολογισμός αριθμού παραγόμενων κυτιών.....	28
6.2.2. Υπολογισμός αριθμού κυτιών με μοντέλο παλινδρόμησης.....	28
6.2.2.1 Συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών παλινδρόμησης.....	29
6.2.2.2 Προοδευτική ένταξη μεταβλητών στο μοντέλο.....	30
6.2.2.3 Επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού προσαρμογής.....	32

6.2.2.4 Επιλογή εξίσωσης παλινδρόμησης	33
6.3 Αγορά Αλιευμάτων	36
6.3.1 Αγορά αλιευμάτων-μέγεθος ψαριού	37
6.3.2 Αγορά αλιευμάτων - φύρα	39
6.3.3 Αγορά αλιευμάτων - περίοδος αλίευσης.....	40
6.4 Οικονομική Βελτιστοποίηση	41
6.4.1 Βελτιστοποίηση του Κέρδους.....	42
7. Συμπεράσματα	48
8. Βιβλιογραφία	49
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	51

Λίστα Γραφημάτων

Γράφημα 1 Boxplot εξισωτικής απώλειας.....	23
Γράφημα 2 Boxplot εξισωτικής απώλειας (χωρίς ακραίες τιμές)	23
Γράφημα 3 Γράφημα εξισωτικής απώλειας-Περίοδος αλίευσης.....	24
Γράφημα 4 Εξισωτική απώλεια-Κατάσταση ψαριού	25
Γράφημα 5 Γράφημα εξισωτικής απώλειας - Μέγεθος Ψαριού	26
Γράφημα 6 Γράφημα εξισωτικής απώλειας /Περίοδο αλίευσης & Κατάσταση ψαριού	27
Γράφημα 7 Επίδραση των κυρίων μεταβλητών.....	33
Γράφημα 8 Περίγραμμα ισοϋψών μοντέλου παλινδρόμησης	34
Γράφημα 9 Διάγραμμα επιφάνειας απόκρισης	35
Γράφημα 10 Μέγιστος αριθμός κουτιών	35
Γράφημα 11 Ελάχιστος αριθμός κυτιών	36
Γράφημα 12 Τιμή αγοράς-Μέγεθος ψαριού	37
Γράφημα 13 Τιμή αγοράς-Μέγεθος ψαριού/Περίοδο αλίευσης.....	38
Γράφημα 14 Τιμή αγοράς-Φύρα.....	39
Γράφημα 15 Τιμή αγοράς-Περίοδος αλίευσης	40
Γράφημα 16 Καμπύλη κέρδους ως συνάρτηση του μεγέθους του ψαριού και της φύρας.....	43
Γράφημα 17 Καμπύλη απαιτούμενου αριθμού εργατοωρών ως συνάρτηση του μεγέθους του ψαριού και της φύρας	44

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1 Μέσες τιμές εξισωτικής απώλειας σε σχέση με το μέγεθος και την περίοδο αλίευσης.....	27
Πίνακας 2 Συσχέτιση μεταβλητών παλινδρόμησης.....	30
Πίνακας 3 Προοδευτική ένταξη μεταβλητών	31
Πίνακας 4 Προοδευτική ένταξη τιμών στο μοντέλο παλινδρόμησης, ανάλυση σημαντικότητας μοντέλου	31
Πίνακας 5 Επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού προσαρμογής.....	32
Πίνακας 6 Βέλτιστες τιμές κέρδους, μεγέθους ψαριού, φύρας και αριθμού εργατοωρών	45

Εισαγωγή

1. Προγραμματισμός παραγωγής

Προγραμματισμός γενικά ορίζεται ως η κατανομή πόρων σε σχέση με τον χρόνο για την εκτέλεση ενός συνόλου διεργασιών (Slack, Chambers, & Johnson, 2004). Ο χρονικός προγραμματισμός της παραγωγής έχει μελετηθεί ευρέως με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλος αριθμός μεθόδων, μαθηματικών και εμπειρικών προσεγγίσεων στη βιβλιογραφία. Ωστόσο η διείσδυση αυτών των μεθόδων σε πραγματικές εφαρμογές φαίνεται να είναι σχετικά μικρή (Akkerman & van Donk, 2009).

1.1 Βιομηχανία τροφίμων

Η βιομηχανία τροφίμων μπορεί να οριστεί ως κομμάτι της ευρύτερης βιομηχανίας των διεργασιών που ορίζεται ως «εταιρίες που προσθέτουν αξία σε προϊόντα μέσω διεργασιών όπως ανάμιξη, διαχωρισμό, μορφοποίηση ή χημικών αντιδράσεων» (Cox & Blackstone, 2002). Στη βιομηχανία τροφίμων αυτές οι διεργασίες εκτελούνται σε πρώτες ύλες που προέρχονται από τον αγροτικό και κτηνοτροφικό τομέα με τελικό σκοπό την δημιουργία τροφίμων. Η επεξεργασία των πρώτων υλών μπορεί να γίνεται είτε με συνεχόμενη ροή είτε ανά παρτίδες. Γενικότερα η διαδικασία παραγωγής μπορεί να χωριστεί σε δύο φάσεις: στην επεξεργασία των πρώτων υλών για την δημιουργία ημιέτοιμου προϊόντος και στην συσκευασία του ημιέτοιμου για το τελικό προϊόν.

1.1.1 Ειδικά χαρακτηριστικά

Η βιομηχανία τροφίμων εμπεριέχει ειδικά χαρακτηριστικά που οδηγούν σε εξειδικευμένα και πολύπλοκα προβλήματα προγραμματισμού όπου δεν αρκεί η εφαρμογή αλγορίθμων και η ανάλυση πληροφοριών (Akkerman & van Donk, 2009). Η πολυπλοκότητα οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι ο προγραμματισμός είναι συχνά ένα μη δομημένο θέμα όπου τα βασικά προβλήματα σχετίζονται γύρω από οργανωτικές αρμοδιότητες και τη ροή πληροφοριών ενώ επιπρόσθετα, αφορά ένα πολυσύνθετο περιβάλλον που το επηρεάζουν πολλοί παράμετροι όπως οι διαφοροποιήσεις σε συνταγές και οι σταδιακές αλλαγές κατά την παραγωγική διαδικασία (Akkerman & van Donk, 2009).

Περαιτέρω η συγχώνευση πολλών μικρομεσαίων επιχειρήσεων δημιούργησε πολυεθνικές εταιρείες, οι οποίες πουλούν μεγάλο μέρος των προϊόντων, υπό την δική τους ετικέτα, θέτοντας έτσι οικονομική πίεση στους παραγωγούς σχετικά με την τιμή

πώλησης. Οι οικονομίες κλίμακας συνεχίζουν επομένως να αποτελούν σημαντικό παράγοντα, σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, όπου οι χαμηλότερες τιμές συνεχίζουν να είναι το ζητούμενο. Επιπροσθέτως η ανάπτυξη των ειδικευόμενων καταστημάτων τροφίμων, τα οποία διαθέτουν προϊόντα ειδικών προδιαγραφών, θέτει επιπλέον πίεση στη παραγωγική μονάδα για σύνδεση με την εφοδιαστική αλυσίδα, υπό όρους καινοτομίας και περιβαλλοντικής συνείδησης. Οι απαιτήσεις επομένως της αγοράς, επιβάλλουν στον παραγωγό την ανάγκη για πρώτες ύλες οι οποίες είναι εύκολο να επεξεργαστούν, να είναι σε επάρκεια και σύμφωνα με τις απαιτήσεις των πελατών (Arason, et al., 2010). Σε πολλές των περιπτώσεων η προμήθεια των πρώτων υλών είναι περιορισμένη, όπως για παράδειγμα στη βιομηχανία αλιευμάτων όπου η αλιεία γίνεται σύμφωνα με νομοθετικές διατάξεις που αφορούν στην περίοδο και στον τόπο αλίευσης. Ο προγραμματισμός της παραγωγής επομένως σε μια τέτοια βιομηχανία εξαρτάται από την σταθερή προμήθεια των αλιευμάτων (Hasan & Raffensperger, 2006). Αυτές οι αλλαγές δείχνουν από μόνες τους ότι απαιτείται νέος τρόπος εργασίας με έμφαση στον προγραμματισμό (Jakerman, 1994) ώστε να υπάρξει γρήγορη και αποτελεσματική ανταπόκριση της παραγωγικής διαδικασίας στις επιτάσεις της αγοράς (Akkerman & van Donk, 2009).

Σε καθημερινή βάση, η ενασχόληση με τον χρονικό προγραμματισμό παραγωγής απαιτεί χειρισμό καταστάσεων που συνεχόμενα αλλάζουν και ο οποίος να μπορεί να ανταποκρίνεται σε βραχυπρόθεσμες μεταβολές ως προς:

- Τις παραγγελίες
- Τη διαθεσιμότητα εξοπλισμού
- Τις πρώτες ύλες και παραδόσεις
- Τα κόστη επεξεργασίας και τις αποδόσεις.

Κατά την δημιουργία ενός προγράμματος παραγωγής, όσοι σχετίζονται με αυτόν θα πρέπει να ισορροπήσουν την μέγιστη απόδοση των πρώτων υλών με το ελάχιστο κόστος, διαμέσου της βέλτιστης διαχείρισης των πόρων. Ως πόροι νοούνται ο μηχανολογικός εξοπλισμός, το εργατικό δυναμικό και οι ύλες (Jakerman, 1994).

1.2 Εφαρμογές προγραμματισμού παραγωγής

Κατά τον προγραμματισμό της παραγωγής, η ενδεδειγμένη γνώση των υλών που θα χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή και των ιδιοτήτων τους είναι ζωτικής σημασίας. Έτσι στη βιομηχανία αλιευμάτων, η ηλικία αυτών, το πεδίο αλίευσης αλλά και ο χρόνος αλίευσης επηρεάζουν σημαντικά τον προγραμματισμό με την έννοια ότι η ποιότητα των αλιευμάτων από τη στιγμή της αλίευσης αρχίζει και υποβαθμίζεται. Περαιτέρω η διαχείριση και τοποθέτηση του προσωπικού σε θέσεις εργασίας αποτελεί μια καθημερινή σημαντική απόφαση. Πλεονάζον προσωπικό θα δημιουργήσει απόθεμα στην παραγωγή, μειωμένο προσωπικό θα προκαλέσει δυσλειτουργία. (Arason, et al., 2010).

Διάφορα μοντέλα γραμμικού προγραμματισμού έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς για την διαχείριση της παραγωγής σε μονάδες επεξεργασίας αλιευμάτων. Οι Mikalsen & Vassdal (1981) ανέπτυξαν ένα γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού, το οποίο σκοπό είχε να εξομαλύνει τις εποχικές διακυμάνσεις στην προμήθεια των αλιευμάτων. Ο Jensson (1988) ανέπτυξε ένα μοντέλο ώστε να μεγιστοποιήσει το κέρδος σε βάθος πέντε ημερών. Το μοντέλο καθόριζε τα προϊόντα που θα παράγονταν και την τοποθέτηση του προσωπικού. Η τυχειότητα της πρώτης ύλης, η δεδομένη δυναμικότητα των μονάδων παραγωγής, η διακύμανση των τιμών καθώς και η ταχύτητα αλλοίωσης και υποβάθμισης της ποιότητας της πρώτης ύλης μετατρέπουν τον ημερήσιο προγραμματισμό σε ένα πρόβλημα οικονομικής διαχείρισης (Jensson, 1988). Σε μια πιο αναλυτική εργασία των Hasan & Raffensperger αναπτύχθηκε ένα μαθηματικό μοντέλο, το οποίο λαμβάνει υπόψη το πρόγραμμα των αλιευτικών, την επεξεργασία και το εργατικό δυναμικό των αλιευτικών. Από την επίλυση του μοντέλου προκύπτει το πότε και που ένα αλιευτικό θα αλιεύσει, ποια θα είναι η ποσότητα των αλιευμάτων που θα πρέπει να εξαχθεί, τι τελικό προϊόν πρέπει να παραχθεί και πόσες εργατοώρες θα απαιτηθούν (Hasan & Raffensperger, 2006).

Στη βιομηχανία επεξεργασίας των αλιευμάτων, ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η ευπάθεια του προϊόντος. Έτσι η φύση του προϊόντος, δημιουργεί σημαντικούς περιορισμούς κατά τον προγραμματισμό παραγωγής. Τέτοιος σημαντικός περιορισμός είναι η μικρή διάρκεια ζωής του προϊόντος, μέχρι την αλλοίωσή του. Λαμβάνοντας έτσι υπόψη, το απόθεμα της πρώτης ύλης, το διαθέσιμο εργατικό δυναμικό, τη ζήτηση και το υπόλοιπο του χρόνου ζωής, οι Sitorus & Mawengkang εξήγαγαν ένα μοντέλο, όπου η παραγωγή προγραμματίζεται για ευπαθή προϊόντα με περιορισμένο χρόνο ζωής (Sitorus & Mawengkang, 2014).

2. Στατιστικές Μέθοδοι

Η μοντελοποίηση, η οποία ως μέθοδος αναφέρθηκε παραπάνω, αποσκοπεί στην παραγωγή εξισώσεων οι οποίες συσχετίζουν τις μεταβλητές του προβλήματος βάσει φυσικών, οικονομικών ή άλλων νόμων. Εναλλακτικά, στατιστικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία εμπειρικών συσχετίσεων εφόσον ένας ικανός αριθμός δεδομένων είναι διαθέσιμος. Με την χρήση στατιστικών μεθόδων είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η αξιοπιστία των δεδομένων, να εντοπιστούν εξαρτήσεις μεταξύ των μεταβλητών και να παραχθούν εξισώσεις που συνδέουν τις μεταβλητές.

2.1 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Η παλινδρόμηση εκφράζει την εξάρτηση της μεταβλητής Y από την ανεξάρτητη X με μορφή ευθείας γραμμής με τη χρήση της μαθηματικής εξίσωσης, $Y = a + bX$. Η σχέση αυτή μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι ουσιαστικά εξάρτηση της πρώτης από τη δεύτερη, δηλαδή το μέγεθος της μεταβολής της πρώτης προσδιορίζεται ως το αποτέλεσμα της δράσης της δεύτερης, χωρίς να ισχύει το αντίθετο. Η πρώτη μεταβλητή καλείται εξαρτημένη (dependent) ή μεταβλητή απόκρισης (response) ή προβλέψιμη (predicted) και συμβολίζεται με Y και η δεύτερη καλείται ανεξάρτητη (independent) ή προβλεπτική (predictive) ή επεξηγηματική (explanatory) και συμβολίζεται με X . Η μεταβλητή X εκλαμβάνεται ως ανεξάρτητη, καθόσον ελέγχεται με μετρήσεις που διεξάγει ο ερευνητής, το αποτέλεσμα των οποίων αναμένεται να διαπιστωθεί επί της μεταβλητής Y της οποίας οι τιμές εξαρτώνται άμεσα από τις τιμές της X . Τέτοια εξαρτημένη σχέση καλείται παλινδρόμηση και πιο συγκεκριμένα απλή παλινδρόμηση, όταν εμπλέκονται δύο μόνο μεταβλητές.

Η συμμετοχή περισσότερων των δύο μεταβλητών σε μία ανάλυση παλινδρόμησης ονομάζεται πολλαπλή παλινδρόμηση (Multiple Regression Analysis- MRA).

Αναφορικά με το θεσμό της απλής γραμμικής παλινδρόμησης για ένα πληθυσμό με ένα ζεύγος μεταβλητών X - Y , θα ισχύει η σχέση, $\hat{Y} = a + bX$. Όταν η εξαρτημένη μεταβλητή Y θεωρούμε ότι είναι γραμμικά εξαρτημένη, επιπλέον, και από μία δεύτερη μεταβλητή (X_2) ή και από μία τρίτη (X_3) ή τελικά από ένα σύνολο m μεταβλητών X , η παραπάνω σχέση διαμορφώνεται σε $\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_m X_m$. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την άριστη επιλογή του μοντέλου της πολλαπλής παλινδρόμησης παρουσιάζονται στη συνέχεια (Petridis, 2012)

2.2 Προοδευτική ένταξη μεταβλητών (Forward selection)

Με τη μέθοδο αυτή επιλέγεται πρώτα μια ανεξάρτητη μεταβλητή και ακολούθως εισάγονται στην εξίσωση νέες μεταβλητές, μία κάθε φορά, μέχρις ότου η παραπέρα ένταξη αυτών να μην αυξάνει σημαντικά το συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού R^2 . Δύο κριτήρια χρησιμοποιούνται στη μέθοδο αυτή :

- a) Ο υπολογισμός του R^2 για κάθε ένταξη νέας μεταβλητής
- b) Ο υπολογισμός του κριτηρίου F , το οποίο εξετάζει τη σημαντικότητα της αύξησης του R^2 σε κάθε εισαγωγή μεταβλητής. Η τιμή F συγκρίνεται με την οριακή F και αν είναι μεγαλύτερη ή ίση της οριακής , τότε ο εισαγόμενος όρος στην εξίσωση θεωρείται στατιστικά σημαντικός.

2.3 Επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού προσαρμογής (Best set of regressions)

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την ανάλυση της πολλαπλής παλινδρόμησης με την συμμετοχή αρχικά όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών, ακολούθως με τη συμμετοχή $m-1$ μεταβλητών, στη συνέχεια με τη συμμετοχή $m-2$ κοκ. μέχρι το τέλος αυτής της διαδικασίας η οποία θα καταλήγει σε m απλές παλινδρομήσεις. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην επιλογή εκείνου του συνδυασμού μεταβλητών που θα πληροί όσο το δυνατόν επαρκέστερα τρία βασικά κριτήρια:

- a. Η τιμή του συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού R^2 . Όσο αυξάνει η τιμή του συντελεστή τόσο καλύτερη προσαρμογή δίνει στην εξίσωση. Γενικά μια αύξηση τουλάχιστον κατά 5% θεωρείται ικανοποιητική για να κρατηθεί η νέα μεταβλητή στην εξίσωση και να υποστεί περαιτέρω ελέγχους μέχρι την τελική ένταξή της.
- b. Το μέσο σφάλμα των υπολειμμάτων EMS ή απλούστερα s^2 . Συνήθως χρησιμοποιείται η τετραγωνική ρίζα του μέσου σφάλματος $s = \sqrt{EMS}$.
- c. Το στατιστικό κριτήριο C_p . Το κριτήριο αξιολογείται θετικά όταν η τιμή του είναι γενικά μικρή και παρουσιάζει στατιστικά σημαντική βαρύτητα δηλ. $C_p \leq p$.

Η επιλογή των όρων για την ακριβέστερη περιγραφή της εξίσωσης πολλαπλής παλινδρόμησης θεωρείται άριστη , όταν συνδυάζονται από κοινού , πολύ χαμηλές τιμές των C_p , s και πολύ υψηλές τιμές του R^2 (Petridis, 2012)

3. Γραμμικός Προγραμματισμός

Ο γραμμικός προγραμματισμός (linear programming) αποτελεί το δημοφιλέστερο μοντέλο στο χώρο της επιχειρησιακής έρευνας αλλά και της διοικητικής επιστήμης γενικότερα. Η μεγάλη επιτυχία που είχαν εφαρμογές του σε προβλήματα λήψης αποφάσεων των ιδιωτικών και δημόσιων επιχειρήσεων και οργανισμών αποδίδεται στα επιτεύγματα της έρευνας μαθηματικών και οικονομολόγων σε θεωρητικό επίπεδο και στην επαναστατική ανέλιξη της πληροφορικής επιστήμης και τεχνολογίας. Ο γραμμικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται από τους επιχειρησιακούς ερευνητές ή τους αναλυτές προβλημάτων απόφασης για την επίλυση προβλημάτων κατανομής περιορισμένων πόρων ή μέσω σε εναλλακτικές και ανταγωνιστικές μεταξύ τους δραστηριότητες κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Πρόκειται για το γνωστό πρόβλημα κατανομής των πόρων (resource allocation problem). Τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού ασχολούνται με καταστάσεις όπου ένας αριθμός πόρων, (όπως άνθρωποι, υλικά, μηχανές και ακίνητα) οι οποίοι είναι διαθέσιμοι πρέπει να συνδυαστούν για να παραχθούν ένα ή περισσότερα προϊόντα. Στην διαδικασία παραγωγής οι πόροι αυτοί υπόκεινται σε περιορισμούς όπως η συνολική διαθέσιμη ποσότητά τους, ο αριθμός και η ποσότητα των προϊόντων που παράγονται, ο αριθμός και ποσότητα κάθε πρώτης ύλης που διατίθεται κλπ. Σκοπός του γραμμικού προγραμματισμού είναι από όλες τις δυνατές κατανομές των πόρων να υπολογιστεί εκείνη ή εκείνες οι οποίες μεγιστοποιούν ή ελαχιστοποιούν μια αριθμητική ποσότητα όπως το κέρδος ή το κόστος (math.ntua.gr, 2018)

Τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού (LP) ορίζονται ως τα προβλήματα μεγιστοποίησης ή ελαχιστοποίησης μίας γραμμικής συνάρτησης, η οποία υπόκειται σε γραμμικούς περιορισμούς. Σε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού δεδομένων n μεταβλητών και m γραμμικών εξισώσεων ή ανισοτήτων, ζητούνται οι μη αρνητικές τιμές αυτών των μεταβλητών οι οποίες ικανοποιούν αυτές τις εξισώσεις και ανισώσεις και βελτιστοποιούν ή ελαχιστοποιούν κάποια γραμμική συνάρτηση αυτών των μεταβλητών. Δηλαδή ζητείται η μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση μιας γραμμικής συνάρτησης:

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (3.1)$$

Με την προϋπόθεση να ικανοποιούνται οι γραμμικοί περιορισμοί:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \beta_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.2)$$

και

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

Συνεπώς το γενικό πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού έχει τη μορφή

$$z = \{max, min\} (c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n)$$

Αυτή είναι η τυποποιημένη μορφή του γενικού προβλήματος του γραμμικού προγραμματισμού. Κάθε πρόβλημα του οποίου το μαθηματικό μοντέλο ταιριάζει με το παραπάνω μοντέλο είναι ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού.

Ορισμοί:

- Η συνάρτηση που θέλουμε να μεγιστοποιηθεί ονομάζεται αντικειμενική συνάρτηση (objective function).
- Οι περιοριστικές σχέσεις (3.2) και (3.3) ονομάζονται περιορισμοί (constraints). Οι πρώτοι m περιορισμοί ονομάζονται λειτουργικοί περιορισμοί (functional constraints) και οι $x_j \geq 0$ περιορισμοί μη αρνητικότητας (non-negativity constraints).
- Οι μεταβλητές x_j ονομάζονται σχεδιαστικές μεταβλητές (decision variables), όπως είδαμε και πιο πάνω, ενώ οι σταθερές a_{ij} , β_i , και c_j είναι οι παράμετροι (parameters) του μοντέλου.

Το παραπάνω μαθηματικό μοντέλο δεν είναι αναγνωρίσιμο σε όλα τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού. Όλα τα προβλήματα όμως μπορούν ισοδύναμα να γραφούν με τέτοιο τρόπο ώστε να προσαρμόζονται στο παραπάνω μοντέλο. Αυτό σημαίνει ότι κάθε πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού μπορεί να διατυπωθεί με την τυποποιημένη μορφή (<http://myria.math.aegean.gr>, 2018)

4. Σκοπός της Εργασίας

Στην εργασία αυτή διερευνάται η δυνατότητα βέλτιστου προγραμματισμού μιας παραγωγής κονσερβοποιημένων σαρδελών. Εξετάζεται ο συνδυασμός των παραγόντων που επηρεάζουν μια τέτοια παραγωγική μονάδα, με τελικό σκοπό τη μεγιστοποίηση του κέρδους.

Σκοπός είναι αρχικά η αναγνώριση και μελέτη των παραγόντων που μπορεί να επηρεάζουν την παραγωγική δυναμικότητα μιας τέτοιας μονάδας και η εξαγωγή κατάλληλων μαθηματικών σχέσεων με την βοήθεια καταγεγραμμένων δεδομένων παραγωγής. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να είναι ενδογενείς, όπως το διαθέσιμο προσωπικό αλλά και εξωγενείς όπως η φύση των αλιευμάτων.

Περαιτέρω, και με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης παραγόντων, γίνεται προσπάθεια να μελετηθεί η βελτιστοποίηση του κέρδους της ημερήσιας παραγωγής.

Με τον τρόπο αυτό απαντώνται σημαντικά ερωτήματα για μια τέτοιου είδους παραγωγική διαδικασία, η οποία είναι μερικώς αυτοματοποιημένη και συγχρόνως άρρηκτα συνδεδεμένη με εξωγενείς παράγοντες οι οποίοι δεν είναι απόλυτα ελεγχόμενοι. Πιο συγκεκριμένα, τα ερωτήματα που η ανάλυση καλείται να απαντήσει είναι πόσες είναι οι απαιτούμενες εργατοώρες για τη παραγωγή συγκεκριμένου αριθμού κυτίων και ποιο το καταλληλότερο αλίευμα σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του (μέγεθος ψαριού, φύρα κλπ.) ώστε να βελτιστοποιείται το οικονομικό αποτέλεσμα της παραγωγής.

5. Συνοπτική περιγραφή διαδικασίας

Η διεργασία παραγωγής κονσερβών σαρδέλας περιγράφεται παρακάτω. Νομοθετικά το περιεχόμενο ενός κυτίου σε σαρδέλα δεν πρέπει να υστερεί των 70γρ. Συνεπώς ο παραγωγός θα πρέπει να έχει υπολογίσει εξαρχής την ποσότητα ψαριού που απαιτείται ανά κυτίο ώστε να εκπληρωθούν οι αγορανομικές απαιτήσεις. Ταυτόχρονα η διεργασία δεν θα πρέπει να είναι κοστοβόρα. Επομένως ο προγραμματισμός της παραγωγής, η χρήση των πρώτων υλών (αλιεύματα) και η διαδικασία παραγωγής θα πρέπει να πληρούν κατά τον βέλτιστο τρόπο τις παραπάνω προϋποθέσεις.

Ακολουθεί, ανά στάδιο παραγωγής, η περιγραφή της διαδικασίας, η περιγραφή του μηχανολογικού εξοπλισμού και η καταγραφή των παραμέτρων που επηρεάζουν παραγωγικά και αποδοτικά την εν λόγω διαδικασία.

5.1 Παραλαβή

Οι σαρδέλες μεταφέρονται από την ιχθυόσκαλα σε φελιζόλ βάρους 7,5 με 8,0 κιλά περίπου. Κατά την άφιξη στην εγκατάσταση, γίνεται ο πρώτος έλεγχος ποιότητας και ποσότητας των αλιευμάτων.

Σε αυτό το στάδιο μετρώνται:

1. Το μέγεθος του ψαριού εκφρασμένο σε ψάρια ανά κιλό, π.χ. 64 ψάρια/κιλό.
2. Η φύρα εκφρασμένη επί τοις εκατό. Ως φύρα ορίζεται το σύνολο των ξένων ψαριών π.χ. γαύρος, σαφρίδια, σκουμπριά που ενδεχομένως έχουν αλιευθεί μαζί με τις σαρδέλες.
3. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψαριού
 - a. Οργανοληπτικά
 - b. Θερμοκρασία παραλαβής του ψαριού
 - c. Δειγματοληψία για έλεγχο ισταμίνης και ολικού πτητικού αζώτου.

Με το πέρας των μετρήσεων και εφόσον όλες οι παράμετροι ικανοποιούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές, τότε γίνεται παραλαβή των αλιευμάτων και άμεση χρήση τους στην παραγωγή ή κατάψυξη για μελλοντική επεξεργασία.

Τα αλιεύματα εισέρχονται στο στάδιο προετοιμασίας προς κονσερβοποίηση. Έτσι ακολουθούν την παρακάτω διαδικασία.

Γίνεται είσοδος αυτών σε την αλμυριστική μηχανή η οποία είναι γεμάτη με αλατόνερο περίπου 17- 20 °Be. Διατηρούνται για χρονικό διάστημα από 30 έως 50 λεπτά ανάλογα με το μέγεθος του ψαριού έτσι ώστε να αποκτήσουν τα απαραίτητα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, αλλά και να γίνει μερική απομάκρυνση της υγρασίας από τη σάρκα του ψαριού. Με την απομάκρυνση της υγρασίας, βελτιώνεται στο επόμενο στάδιο η κοπή του ψαριού, η απεντέρωση και ο αποκεφαλισμός.

5.2 Απεντέρωση – Αποκεφαλισμός

Η διαδικασία αυτή γίνεται παράλληλα σε 2 μηχανήματα. Το 1^ο μηχανήμα (FlashPack) αποτελείται από θήκες στις οποίες τοποθετούνται τα ψάρια τα οποία έχουν αλμυριστεί. Σε κάθε θήκη αντιστοιχεί και ένας εργαζόμενος. Επομένως κάθε θήκη συμπληρώνεται από τον κάθε εργαζόμενο με 1 (ένα) ψάρι. Καθώς γίνεται τοποθέτηση του αλιεύματος, η θήκη μετακινείται μπροστά από κάθε εργαζόμενο με συγκεκριμένη ταχύτητα, μέχρι το πέρας της γραμμής όπου με μηχανικό τρόπο κόβεται το κεφάλι του ψαριού και με πνευματικό σύστημα απομακρύνονται τα εντόσθια. Τα ψάρια απεντερωμένα και αποκεφαλισμένα πλέον τοποθετούνται μηχανικά στα κυτία αλουμινίου.

Η ίδια διαδικασία απεντέρωσης, αποκεφαλισμού και εγκυτίωσης γίνεται και με ένα 2^ο μηχανήμα (Robot) το οποίο λειτουργεί με χρήση ρομποτικής. Τα ψάρια τροφοδοτούνται στην είσοδο του μηχανήματος, όπου ένα σύστημα δόνησης δημιουργεί απόσταση μεταξύ τους. Στη συνέχεια μεταφέρονται σε μία κινούμενη ταινία, η οποία εισέρχεται στο χώρο όπου συνεχόμενα μια κάμερα φωτογραφίζει τα αλιεύματα που εισήλθαν ένα προς ένα. Για κάθε αλίευμα, μετρώνται η γεωμετρία του (μήκος, πλάτος, απόσταση ουράς κεφαλής) και υπολογίζεται ποιο αλίευμα ταιριάζει σε κάθε κουτί ώστε να δημιουργηθούν κυτία με συγκεκριμένο βάρος. Κατά την επιλογή του αλιεύματος, δίνεται εντολή σε έναν από τους 7 (επτά) βραχίονες να επιλέξουν ένα ψάρι, το οποίο συγκρατούν πνευματικά. Καθώς ο βραχίονας κινείται προς τοποθέτηση στο κυτίο είναι εξοπλισμένος με μαχαίρια και μικρή αντλία αναρρόφησης, με τα οποία κόβει το κεφάλι και απομακρύνει τα εντόσθια του ψαριού.

Τα κυτία πληρωμένα πλέον με απεντερωμένα και αποκεφαλισμένα ψάρια, οδηγούνται με μεταφορικές ταινίες προς το στάδιο του ψησίματος. Η έψηση γίνεται με ατμό στους 70-97 °C, ανάλογα με το μέγεθος του ψαριού. Κατά το στάδιο αυτό χάνεται το 20-23 % περίπου του βάρους του κυτίου. Η απώλεια οφείλεται σε απομάκρυνση οπού (υγρασία, λίπος, πρωτεΐνες).

Τα ψάρια εφόσον έχουν ψηθεί και είναι αποδεκτά οργανοληπτικά, προωθούνται στο στάδιο κλεισίματος του κυτίου. Εκεί ένα ειδικό μηχάνημα τοποθετεί το καπάκι της κονσέρβας στο ανοιχτό κουτί. Η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στη δημιουργία της διπλής ραφής, όπου οι προεξοχές του κουτιού κλείνουν με τα άγκιστρα του καπακιού. Ο μηχανισμός αποτελείται από τα ράουλα της 1^{ης} φάσης και τα ράουλα της 2^{ης} φάσης. Αυτά της 1^{ης} φάσης έχουν ως σκοπό να δημιουργήσουν τα άγκιστρα του κουτιού και καπακιού με τέτοιο τρόπο, ώστε αυτά να δημιουργήσουν τη ραφή, ενώ αυτά της 2^{ης} φάσης έχουν ως σκοπό να πιάσουν τη ραφή και τα μέταλλα μεταξύ τους, έτσι ώστε να αποκλειστεί η διόδος του αέρα και να εξασφαλιστεί η στεγανότητα του κυτίου. Με αυτό τον τρόπο αποκλείεται έτσι η είσοδος αέρα και η αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον, κατάσταση η οποία σε συνδυασμό με την θερμική επεξεργασία, καθιστούν το προϊόν εμπορικά αποστειρωμένο μεγάλης διάρκειας ζωής.

5.3 Μηχανήματα χρήσης και παράγοντες

Η παραπάνω διαδικασία όπως περιγράφηκε λαμβάνει χώρα σε συγκεκριμένο χρόνο και με αλληλεπιδράσεις των ταχυτήτων των μηχανών μεταξύ τους, έτσι ώστε τελικά σε δεδομένο χρόνο να επιτευχθεί ο απαιτούμενος αριθμός κυτίων παραγωγής που θα φέρει συγκεκριμένα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

1. ο αριθμός των κυτίων που απαιτείται να παραχθεί, ώστε να καλυφθούν οι εκάστοτε παραγγελίες ή να δημιουργηθεί το επιθυμητό απόθεμα.
2. Ο αριθμός των κυτίων που απαιτείται ώστε ημερησίως το λειτουργικό βιομηχανικό κόστος να κατανέμεται επαρκώς.
3. Το κάθε κυτίο να πληροί τις αγορανομικές διατάξεις βαρών
4. Η ποιότητα του κάθε κυτίου να μην υποβαθμιστεί εξαιτίας καθυστερήσεων και λαθών κατά την παραγωγή.

Κατά την απεντέρωση – αποκεφαλισμό των σαρδελών το μηχάνημα που πραγματοποιεί τη διαδικασία επηρεάζεται όσον αφορά στην ταχύτητά του από τους εξής παράγοντες:

1. Μέγεθος του ψαριού.
 - a. FlashPack - Όσο πιο μεγάλο είναι το μέγεθος του ψαριού, τόσο λιγότερα ψάρια απαιτείται να τοποθετηθούν από το προσωπικό στις θήκες

ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό τελικό βάρος. Συνεπώς η κάθε θήκη πληρώνεται πιο γρήγορα, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στη μηχανή να δουλεύει σε μεγαλύτερη ταχύτητα. Επίσης με την αύξηση του μεγέθους, μειώνεται ο αριθμός του προσωπικού που απαιτείται για τη δημιουργία των κουτιών, διότι εάν υποθεθεί ότι κάθε άτομο τοποθετεί 1 (ένα) ψάρι τότε λιγότερα άτομα επιτυγχάνουν τη δημιουργία του κουτιού.

- b. Robot – όσο αυξάνεται το μέγεθος του ψαριού, τόσο μειώνεται ο αριθμός των κινήσεων που απαιτείται από τους μηχανικούς βραχίονες για να επεξεργαστούν τα ψάρια και να δημιουργήσουν ένα κουτί. Συνεπώς περισσότερα κουτιά δημιουργούνται στη μονάδα του χρόνου.

2. Φύρα- Ξένα Ψάρια

- a. FlashPack – αυξανόμενης της φύρας, μειώνεται ο διαθέσιμος αριθμός τεμαχίων ψαριών ανά μονάδα βάρους καθώς επίσης και αυξάνεται ο χρόνος τοποθέτησης του ψαριού στη θήκη ανά άτομο. Αυτό συμβαίνει διότι χάνεται χρόνος για την απομάκρυνση του ξένου ψαριού και τη διαλογή του επιθυμητού αποτελέσματος η λειτουργία να πραγματοποιείται με χαμηλότερες ταχύτητες.
- b. Robot – αυξανόμενης της φύρας μεγαλώνει ο χρόνος δράσης του βραχίονα, διαλογής ψαριού, διότι μεσολαβεί μεγαλύτερος χρόνος αναμονής, ώστε να επιλεγεί το απαραίτητο τεμάχιο ψαριού.

3. Ικανότητα εργατικού δυναμικού – ο μέσος όρος τοποθέτησης ψαριού στις θήκες μετρημένος σε δευτερόλεπτα είναι 1,2 sec/ψάρι. Η σωστή διαχείριση του δυναμικού αλλά και η ικανότητά του, επηρεάζουν αυτό το χρόνο. Εξωγενείς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία του χώρου, η ποιότητα του ψαριού κατά τη διαλογή, ο αριθμός των ατόμων ανά γραμμή, μπορεί να αυξήσουν αυτόν το χρόνο ή αντίστροφα να τον βελτιώσουν.

4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά – τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψαριού επηρεάζουν σημαντικά την ταχύτητα παραγωγής κουτιών της μηχανής. Εάν το ψάρι είναι πολύ φρέσκο και βρίσκεται στο στάδιο της νεκρικής ακαμψίας τότε η κάμπυλη που δημιουργεί το σώμα του, καθιστά πιο δύσκολη την κοπή του και την απεντέρωσή του. Μειώνεται έτσι η ταχύτητα παραγωγής, ώστε να υπάρχει ικανός χρόνος προσαρμογής του ψαριού στις θήκες ώστε να κοπεί ικανοποιητικά και να απεντερωθεί σωστά. Μη σωστή απεντέρωση και αποκεφαλισμός

σημαίνει ότι τα κουτιά που παρήχθησαν θα επανελεγχθούν και θα παρασκευαστούν και πάλι.

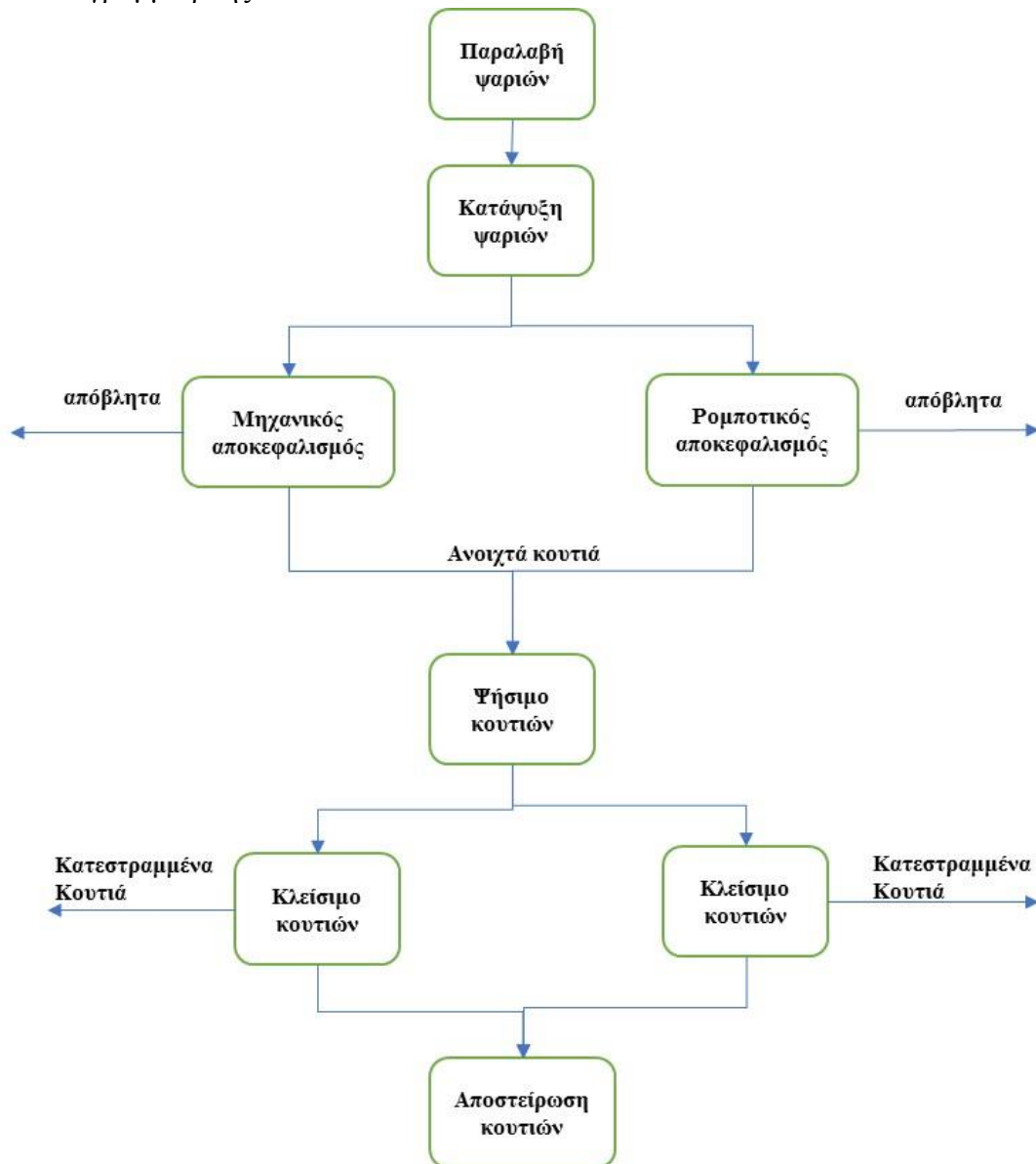
5.4 Στάδιο ψησίματος

Το ψήσιμο των ψαριών πραγματοποιείται ενώ το ψάρι είναι μέσα στο κουτί και χωρίς ο περιέκτης να έχει κλειστεί ερμητικά. Κατά το πρώτο στάδιο γίνεται έψηση με ατμό, ενώ κατά το τελευταίο στάδιο και πριν την έξοδο , γίνεται στέγνωμα με θερμό αέρα. Κατά το στάδιο αυτό απομακρύνεται υγρασία από τα αλιεύματα, η οποία δεν είναι επιθυμητή στο τελικό προϊόν. Η θερμοκρασία ψησίματος και στεγνώματος διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος του ψαριού γραμμικά. Έτσι πραγματοποιείται ένα προκαταρτικό στάδιο θερμικής επεξεργασίας. Η δυναμικότητα του φούρνου είναι περί τα 10000 κουτιά/ώρα. Ο χρόνος ψησίματος είναι σταθερός.

5.5 Κλείσιμο κουτιών

Το τελικό στάδιο δημιουργίας της κονσέρβας πριν την αποστείρωση , είναι να τοποθετηθεί το καπάκι και να κλειστεί ερμητικά, σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω. Οι ταχύτητες των κλειστικών μηχανών είναι μεταβαλλόμενες και προσαρμόζονται ανάλογα με την τροφοδοσία κουτιών από τα προηγούμενα στάδια. Ο μόνος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα κλεισίματος των κουτιών , ανεξάρτητα από την τροφοδοσία, είναι η κατάσταση του προϊόντος μέσα στον περιέκτη. Το μεγάλο μέγεθος ψαριού δυσχεραίνει τη διαδικασία κλεισίματος , εξαιτίας προσκόλλησης κομματιού αλιεύματος στη διπλή ραφή, με αποτέλεσμα να μην διασφαλίζεται η ερμητικότητα του οπότε η ταχύτητα της μηχανής μειώνεται προς αποφυγή τέτοιων φαινομένων.

5.6 Διάγραμμα ροής



Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής κονσερβοποίησης σαρδέλας

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η διεργασία κονσερβοποίησης της σαρδέλας.

6. Ανάλυση ποσοτήτων

Από την παραπάνω περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας γίνεται φανερό ότι ο παραγόμενος ανά ημέρα αριθμός κυτίων σαρδέλας εξαρτάται από τα ποσοτικά (μέγεθος, φύρα) και ποιοτικά χαρακτηριστικά των ψαριών και τον αριθμό των εργατών που απασχολούνται. Η ανάλυση που ακολουθεί επιδιώκει την ποσοτικοποίηση (με στατιστικό τρόπο) της επίδρασης των παραπάνω παραγόντων στην παραγωγικότητα της μονάδας. Η ανάλυση επικεντρώνεται στην γραμμή FlashPack η οποία, σε αντίθεση με την ρομποτική, παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις στην απόδοσή της. Για την ανάλυση θα χρησιμοποιηθούν τα ακόλουθα δεδομένα που καταγράφηκαν στην μονάδα για το έτος 2016 (Παράρτημα Ι):

1. Αριθμός παραχθέντων κυτίων
2. Μέγεθος ψαριού (εκφρασμένο σε ψάρια/κιλό)
3. Φύρα (εκφρασμένη σε κατά βάρος ποσοστό επί του συνόλου των ψαριών)
4. Τα κιλά ψαριών που χρησιμοποιήθηκαν ανά ημέρα
5. Οι απαιτούμενες εργατοώρες για την παραγωγή των κυτίων
6. Η κατάσταση του ψαριού (κατεψυγμένο ή νωπό)
7. Η περίοδος παραλαβής
8. Η τιμή αγοράς

Ο αριθμός των παραχθέντων κουτιών είναι δυνατόν να υπολογιστεί από τα κιλά ψαριών που χρησιμοποιήθηκαν μετά την αφαίρεση της φύρας και την απώλεια κατά την επεξεργασία (η ακριβής σχέση δίνεται από την εξίσωση (2.1) στην επόμενη ενότητα). Η απώλεια σχετίζεται με τις διεργασίες κοπής από τις μηχανές και ψησίματος και εξαρτάται από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψαριού. Η απώλεια ως το κλάσμα βάρους του ψαριού που χάνεται είναι δύσκολο να προβλεφθεί, μπορεί όμως να υπολογιστεί με βάση τα δεδομένα του βάρους των ψαριών, της φύρας και του τελικού αριθμού παραχθέντων κυτίων. Αυτή η μεταβλητή ονομάστηκε "εξισωτική απώλεια" εφόσον η τιμή της υπολογίζεται ώστε να εξισωθεί ο πραγματικός προς τον θεωρητικά υπολογισμένο αριθμό παραχθέντων κυτίων. Οι υπολογισμένες με βάση τα δεδομένα του 2016 τιμές της εξισωτικής απώλειας κυμαίνονται περίπου στο εύρος 0,4-0,5. Η εξισωτική απώλεια ενσωματώνει ουσιαστικά τις αβεβαιότητες που υπάρχουν στις διεργασίες κοπής και ψησίματος και εξηγεί τις αποκλίσεις μεταξύ του αριθμού των πραγματικών

κουτιών που παράχθησαν και των κουτιών που υπολογίζονται βάσει προδιαγραφών, γι' αυτό χρήζει περαιτέρω ανάλυσης .

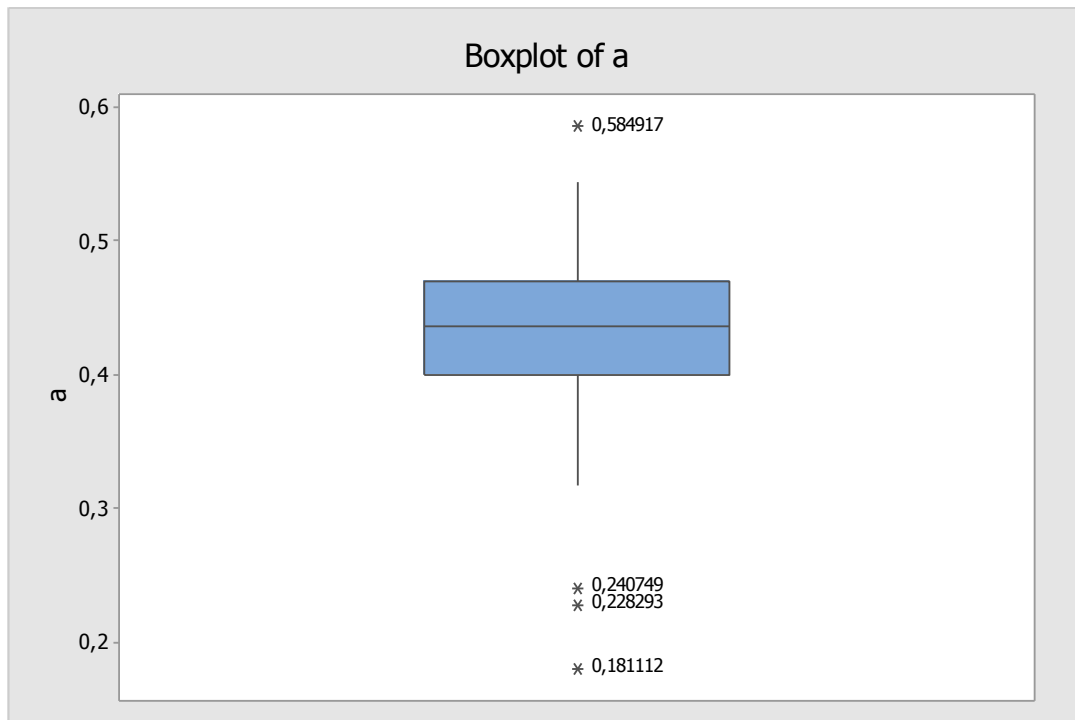
6.1 Εξισωτική απώλεια

Για τον παράγοντα της απώλειας έγινε μια περαιτέρω μελέτη έτσι ώστε να διαπιστωθούν, οι παράγοντες που μπορεί να μεταβάλλουν την τιμή του. Έτσι μελετήθηκε η διακύμανση των τιμών της απώλειας βάρους κατά την παραγωγή σε σχέση με την περίοδο της αλίευσης και με την κατάσταση του ψαριού κατά τη χρήση του. Ο όρος κατάσταση του ψαριού κατά τη χρήση του αφορά το εάν το ψάρι χρησιμοποιήθηκε νωπό αμέσως κατά την παραλαβή ή δέχτηκε αρχικά κατάψυξη και η χρήση του έγινε ετεροχρονισμένα της παραλαβής του.

Η περίοδος αλίευσης επηρεάζει την συνολική απώλεια κατά την επεξεργασία, διότι μεταβάλλεται η αναλογία υγρασίας-λίπους στη μάζα του ψαριού μέσα στο έτος. Έτσι κατά την έναρξη της αλιευτικής περιόδου , το ποσοστό υγρασίας είναι υψηλό και το ποσοστό λίπους στα χαμηλότερα επίπεδα οπότε η απώλεια υγρασίας είναι στα μέγιστα επίπεδα.

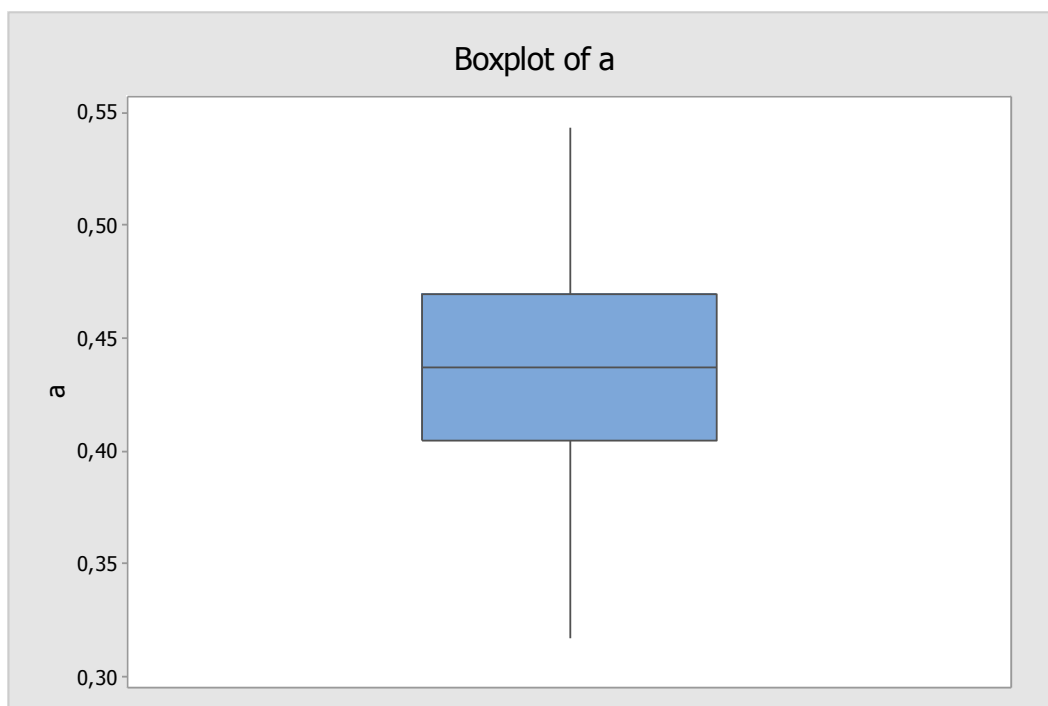
6.1.1 Ακραίες τιμές απώλειας

Όπως προαναφέρθηκε, με βάση τα δεδομένα παραγωγής του 2016 (Παράρτημα Ι) υπολογίστηκαν οι τιμές της εξισωτικής απώλειας οι οποίες "δικαιολογούν" τον αριθμό κυτιών που παράχθηκαν σε σχέση με το συνολικό βάρος ψαριών που καταναλώθηκαν. Οι τιμές αυτές παρατίθενται με μορφή Boxplot στο Γράφημα Ι. Παρατηρείται ότι υπάρχουν κάποιες ακραίες τιμές οι οποίες δεν μπορούν να δικαιολογηθούν με βάση τα δεδομένα παραγωγής.



Γράφημα 1 Boxplot εξισωτικής απώλειας

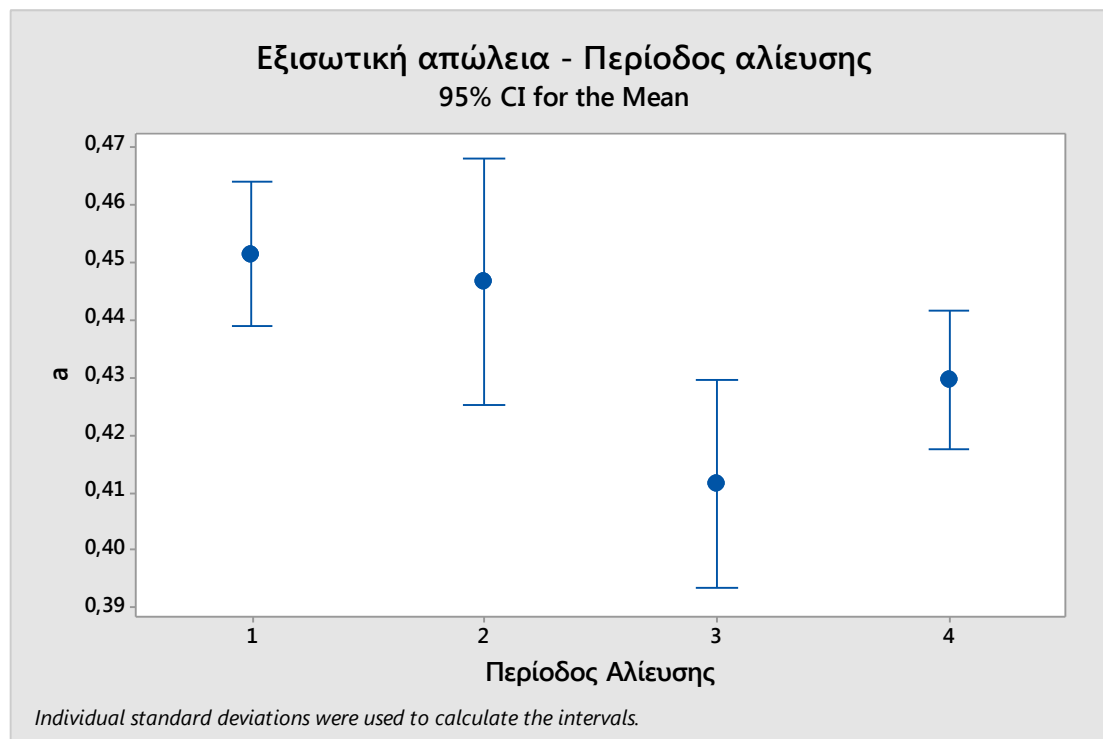
Οι ακραίες τιμές αυτές οφείλονται σε λανθασμένα δεδομένα καταγραφής παραγωγής, οπότε και απομακρύνθηκαν από την περαιτέρω ανάλυση. Με τα νέα δεδομένα το νέο γράφημα (Γράφημα 2) που προκύπτει δεν εμφανίζει ακραίες τιμές.



Γράφημα 2 Boxplot εξισωτικής απώλειας (χωρίς ακραίες τιμές)

6.1.2 Απώλεια / Περίοδος αλίευσης

Στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 3) φαίνεται πώς επηρεάζει η περίοδος αλίευσης την απώλεια.



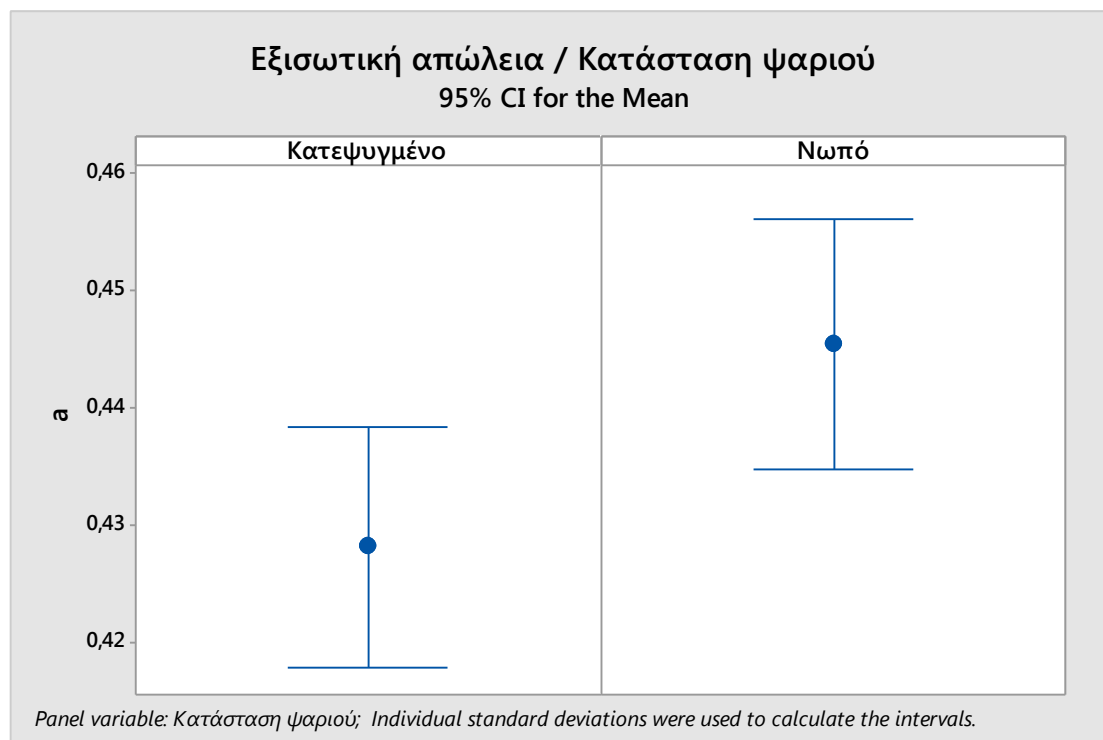
Γράφημα 3 Γράφημα εξισωτικής απώλειας-Περίοδος αλίευσης

Η περίοδος αλίευσης διαχωρίστηκε σε 4 χρονικά διαστήματα:

1. Φεβρουάριος - Απρίλιος
2. Μάιος - Ιούλιος
3. Αύγουστος - Οκτώβριος
4. Νοέμβριος - Ιανουάριος

Φαίνεται ότι την 3η περίοδο κατά την οποία οι σαρδέλες έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό λίπους και το μικρότερο ποσοστό υγρασίας οι απώλειες είναι αναμενόμενα οι χαμηλότερες. . Ενώ τις περιόδους 1 και 2 όπου η αναλογία υγρασίας - λίπους είναι υπέρ της υγρασίας, τότε εμφανίζονται οι μεγαλύτερες τιμές απωλειών.

6.1.3 Απόλεια / Κατάσταση ψαριού



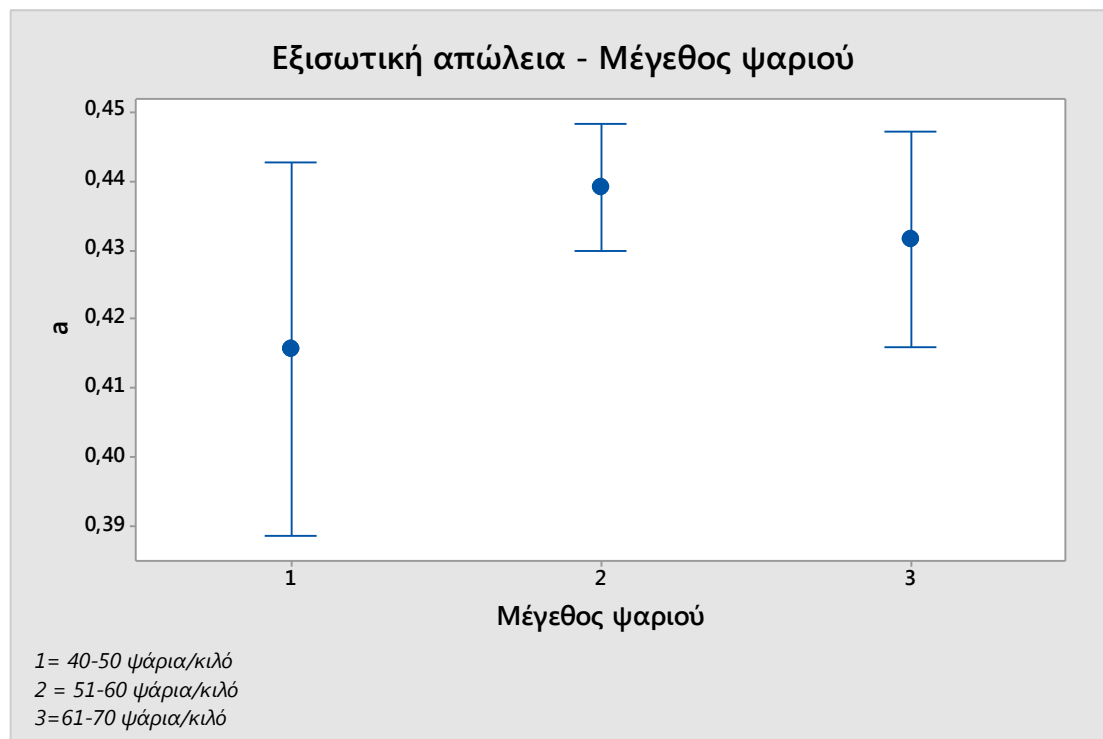
Γράφημα 4 Εξισωτική απώλεια-Κατάσταση ψαριού

Όπως φαίνεται από το Γράφημα 4, τα κατεψυγμένα ψάρια εμφανίζουν μικρότερους συντελεστές απώλειας από τα νωπά. Αυτό είναι αναμενόμενο και οφείλεται στους παρακάτω λόγους.

- τα νωπά ψάρια δεν έχουν περάσει ακόμη το στάδιο της νεκρικής ακαμψίας, οπότε το σχήμα τους δεν είναι σε ευθεία διάταξη. Δυσκολεύεται έτσι η μηχανική απεντέρωση και ο αποκεφαλισμός με αποτέλεσμα μεγαλύτερο μέρος του ψαριού από το απαιτούμενο να κόβεται και να εμφανίζεται ως απώλεια.
- Η σάρκα των κατεψυγμένων αλιευμάτων είναι πιο σφιχτή διότι η μέθοδος κατάψυξης τους είναι αυτή της εμβάπτισης σε κορεσμένη άλμη στους -20°C . Εξαιτίας οσμωτικών φαινομένων η είσοδος του άλατος στη σάρκα προκαλεί σύσφιξη της σάρκας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κοπή και η απεντέρωση να γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια και πιο εύκολα, μειώνοντας έτσι τις απώλειες.

6.1.4 Απώλεια - Μέγεθος ψαριού

Επίσης μελετήθηκε αν το μέγεθος του ψαριού επηρεάζει τις τιμές της απώλειας κατά την επεξεργασία. Σχετίζοντας γραφικά τις 2 μεταβλητές προκύπτει το Γράφημα 5.



Γράφημα 5 Γράφημα εξισωτικής απώλειας - Μέγεθος Ψαριού

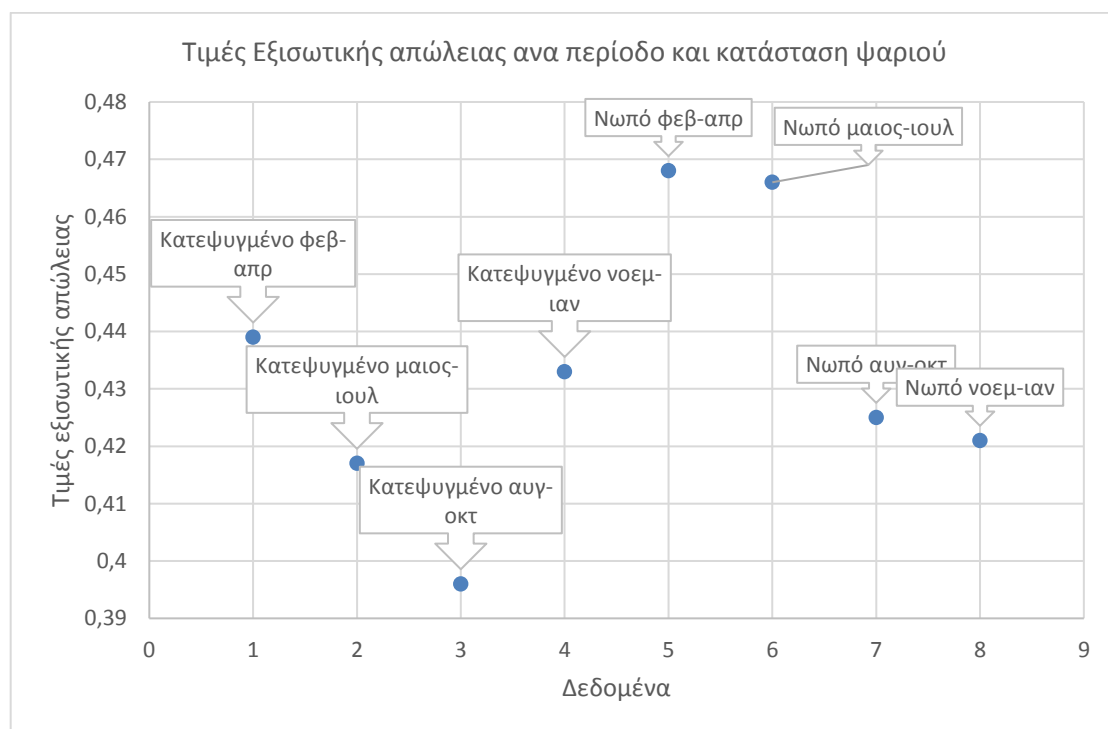
Από το Γράφημα 5 δεν φαίνεται καθαρά το μέγεθος του ψαριού να επηρεάζει την απώλεια κατά την επεξεργασία. Παρατηρώντας και την επικάλυψη των διακυμάνσεων των μέσων όρων, επαληθεύεται η απουσία συσχέτισης του μεγέθους των ψαριών με την εξισωτική απώλεια.

Συνοψίζοντας την παραπάνω ανάλυση στον πίνακα 1, αναφέρονται οι μέσες τιμές της απώλειας σε σχέση με την κατάσταση του ψαριού (νωπό-κατεψυγμένο) και την περίοδο αλίευσης.

Πίνακας 1 Μέσες τιμές εξισωτικής απώλειας σε σχέση με το μέγεθος και την περίοδο αλίευσης

κατάσταση ψαριού	Περίοδος αλίευσης	avg a
Κατεψυγμένο	Φεβρουάριος-Απρίλιος	0,439 ±0,040
Κατεψυγμένο	Μάιος-Ιούλιος	0,417 ±0,038
Κατεψυγμένο	Αύγουστος-Οκτώβριος	0,396 ±0,048
Κατεψυγμένο	Νοέμβριος-Ιανουάριος	0,433 ±0,045
Νωπό	Φεβρουάριος-Απρίλιος	0,468 ±0,04
Νωπό	Μάιος-Ιούλιος	0,466 ±0,038
Νωπό	Αύγουστος-Οκτώβριος	0,425 ±0,043
Νωπό	Νοέμβριος-Ιανουάριος	0,421 ±0,044

Το Γράφημα 6 συνοψίζει την εξάρτηση της εξισωτικής απώλειας από την περίοδο αλίευσης και την κατάσταση του ψαριού με βάση τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 1.



Γράφημα 6 Γράφημα εξισωτικής απώλειας /Περίοδο αλίευσης & Κατάσταση ψαριού

6.2 Ποσοτικά δεδομένα παραγωγής

6.2.1 Υπολογισμός αριθμού παραγόμενων κυτίων

Έχοντας ως δεδομένα τα χαρακτηριστικά των ψαριών που χρησιμοποιήθηκαν, τις αρχικές ποσότητες και τις αποδόσεις/απώλειες της διεργασίας, υπολογίστηκαν θεωρητικά τα παραγόμενα κουτιά. Ως δεδομένο χρησιμοποιήθηκε το γεγονός ότι σε κάθε κυτίο τοποθετούνται 90 γρ. νωπού ψαριού, ώστε το τελικό προϊόν να ανταποκρίνεται στις αγορανομικές απαιτήσεις βάρους. Ο αριθμός των παραγόμενων κυτίων μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$N = \frac{1000}{90} (1 - \varphi)(1 - \alpha)X \Rightarrow X = \frac{90}{1000 (1-\varphi)(1-\alpha)} N \quad (6.1)$$

όπου:

N : ο αριθμός των παραγόμενων κυτίων

X : τα κιλά των ψαριών που χρησιμοποιήθηκαν

φ : η φύρα

α : ο συντελεστής απώλειας

Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει ο αριθμός των παραγόμενων κυτίων, με δεδομένα τα αρχικά κιλά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Ως ποιοτικά χαρακτηριστικά αναφέρονται η φύρα και ο συντελεστής απώλειας. Ο συντελεστής απώλειας εξαρτάται από τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν. Θα πρέπει να τονιστεί ότι, για δεδομένο βάρος ψαριών, ο αριθμός των παραγόμενων κυτίων είναι ανεξάρτητος από το μέγεθος του ψαριού καθώς η απαίτηση βάρους ανά κυτίο μπορεί να ικανοποιηθεί είτε με μικρού είτε με μεγάλου μεγέθους ψάρια με κατάλληλη διαφοροποίηση στον αριθμό των ψαριών ανά κυτίο.

6.2.2. Υπολογισμός αριθμού κυτίων με μοντέλο παλινδρόμησης

Όπως προαναφέρθηκε, στόχος της ανάλυσης είναι η εξαγωγή μίας σχέσης που να προβλέπει τον αριθμό των παραγόμενων κυτίων βάσει των χαρακτηριστικών του ψαριού και των παραγωγικών δεδομένων. Ο υπολογισμός θα γίνει στην βάση 6ωρης λειτουργίας της γραμμής FlashPack σε συμφωνία με τα δεδομένα του 2016 που

χρησιμοποιήθηκαν. Η αναγωγή της δωρης παραγωγής σε ωριαία βάση αντιστοιχεί στην τρέχουσα δυναμικότητα της γραμμής.

Πιο συγκεκριμένα, οι ακόλουθες μεταβλητές κρίθηκε ότι επηρεάζουν την δυναμικότητα της γραμμής και χρησιμοποιήθηκαν ως μεταβλητές εισόδου:

s: μέγεθος ψαριού (τεμάχια/κιλό)

φ: φύρα (%)

A/Ω: ανθρωπόωρες που χρειάστηκαν για την παραγωγή των κουτιών

α: συντελεστής απώλειας για την εκάστοτε παραγωγή.

Το μέγεθος του ψαριού επηρεάζει την δυναμικότητα καθώς, όπως αναφέρθηκε στην περιγραφή της διεργασίας, ο αριθμός των ψαριών που πρέπει να τοποθετηθούν ανά κυτίο (κι επομένως και ο αριθμός των τοποθετήσεων ψαριών από τους εργάτες) αλλάζει με το μέγεθος του ψαριού.

Οι παραπάνω μεταβλητές θα μελετηθούν, ως προς την επίπτωσή τους στον παραγόμενο αριθμό κυτιών. Θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της πολλαπλής παλινδρόμησης.

Οι δύο μέθοδοι που εφαρμόστηκαν, για την άριστη επιλογή των μεταβλητών είναι αυτή της προοδευτικής ένταξης των μεταβλητών (forward selection) και αυτή της επιλογής του καταλληλότερου συνδυασμού προσαρμογής (best set of subsets).

6.2.2.1 Συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών παλινδρόμησης

Αρχικά μελετάται εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών εισόδου. Τα αποτελέσματα της μελέτης συσχέτισης Pearson φαίνονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2 Συσχέτιση μεταβλητών παλινδρόμησης

Correlation: μέγεθος (ψ/κιλό); φύρα%; A/Ω; a

	μέγεθος (ψ/κιλό)	φύρα%	A/Ω
φύρα%	0,360 0,000		
A/Ω	-0,167 0,046	0,034 0,682	
a	-0,039 0,646	0,090 0,281	0,039 0,643

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Δεν παρατηρείται να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών (Pearson correlation < 0,99) , οπότε οι μεταβλητές είναι μεταξύ τους ανεξάρτητες και θα χρησιμοποιηθούν όλες στην ανάλυση παλινδρόμησης.

6.2.2.2 Προοδευτική ένταξη μεταβλητών στο μοντέλο

Με τη μέθοδο αυτή σταδιακά εισάγονται στο μοντέλο οι μεταβλητές εισόδου μία προς μία και κάθε φορά μελετάται η σημαντικότητά τους. Η εισαγωγή αυτών λαμβάνει χώρα μέχρις ότου η παραπέρα ένταξη αυτών να μην αυξάνει σημαντικά το συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού R^2 .

Πίνακας 3 Προοδευτική ένταξη μεταβλητών

Forward Selection of Terms

Candidate terms: μέγεθος; A/Ω; φύρα%; a

	----Step 1----		-----Step 2-----		-----Step 3-----		-----Step 4-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	839		49153		69432		64957	
A/Ω	259,4	0,000	246,81	0,000	248,18	0,000	250,20	0,000
μέγεθος			-802,5	0,000	-816,9	0,000	-730,5	0,000
a					-45195	0,000	-42796	0,000
φύρα%							-538	0,013
S	6422,97		5225,14		4812,39		4722,79	
R-sq	80,55%		87,22%		89,23%		89,70%	
R-sq(adj)	80,41%		87,04%		89,00%		89,41%	
R-sq(pred)	80,02%		86,63%		88,52%		88,89%	
Mallows' Cp	122,64		34,59		9,36		5,00	

α to enter = 0,05

Ο πίνακας 3 παρουσιάζει αναλυτικά την ανάλυση της σημαντικότητας των μεταβλητών για την είσοδό τους στο μοντέλο της παλινδρόμησης. Με τον υπολογισμό του κριτηρίου F και αντίστοιχα της σημαντικότητας αυτού στατιστικά (p -value), ελέγχεται η σημαντικότητα της ένταξης των μεταβλητών. Υπολογίζοντας τις τιμές p-value , μπορεί να διαπιστωθεί αν κάποια μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική για το μοντέλο που προκύπτει ,μόνο και εφόσον $p < 0,05$.

Πίνακας 4 Προοδευτική ένταξη τιμών στο μοντέλο παλινδρόμησης, ανάλυση σημαντικότητας μοντέλου

Forward Selection of Terms

α to enter = 0,05

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	27013609876	6753402469	302,78	0,000
μέγεθος (s)	1	1428348599	1428348599	64,04	0,000
φύρα(φ)	1	141911501	141911501	6,36	0,013
A/Ω	1	21691701956	21691701956	972,51	0,000
a	1	538067738	538067738	24,12	0,000
Error	139	3100365268	22304786		
Total	143	30113975144			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
4722,79	89,70%	89,41%	88,89%

Όπως φαίνεται όλοι οι παράγοντες είναι στατιστικά σημαντικοί , διότι $p < 0,05$. Επίσης η αξιοπιστία του μοντέλου φτάνει το 89,7% και η διαφορά με το προβλεπόμενο R είναι $< 20\%$. Η εξίσωση παλινδρόμησης που προκύπτει είναι η εξής:

$$N = 64957 - (730,5 * s) - (538 * \varphi) + (250,2 * A\Omega) - (42796\alpha) \quad (6.2)$$

6.2.2.3 Επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού προσαρμογής

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την ανάλυση της πολλαπλής παλινδρόμησης με τη συμμετοχή μιας μεταβλητής και στη συνέχεια με την προσθήκη των υπολοίπων. Η μέθοδος στηρίζεται στο κριτήριο ότι η κάθε προσθήκη μεταβλητής θα αυξάνει το R^2 τουλάχιστον κατά 5%, έτσι ώστε να θεωρηθεί ικανοποιητική η συμμετοχή της μεταβλητής.

Περαιτέρω ανάλυση των παραγόντων με τη μέθοδο του καταλληλότερου συνδυασμού προσαρμογής των ανεξάρτητων μεταβλητών (best set of regressions) δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 5 Επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού προσαρμογής

Response is Κουτιά

Vars	R-Sq	R-Sq (adj)	R-Sq (pred)	Mallows Cp	S	μ έ Υ φ ε υ θ ρ Α ο α / ς % Ω a
1	80,5	80,4	80,0	122,6	6423,0	X
1	16,3	15,8	14,1	989,4	13319	X
2	87,2	87,0	86,6	34,6	5225,1	X X
2	83,6	83,3	82,8	84,0	5926,1	X X
3	89,2	89,0	88,5	9,4	4812,4	X X X
3	87,9	87,7	87,2	27,1	5097,9	X X X
4	89,7	89,4	88,9	5,0	4722,8	X X X X

Με τη μέθοδο της άριστης επιλογής των μεταβλητών φαίνεται ότι οι κύριες μεταβλητές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο είναι το μέγεθος του ψαριού και οι ανθρωπόμορφες διότι το R-sq με τη χρήση μόνο αυτών των δύο μεταβλητών φτάνει το 87,2. Η συνεισφορά των μεταβλητών φύρα και απώλεια αυξάνει το R-sq στο 89,7. Η μεταβολή είναι πολύ μικρή για να ληφθεί υπόψη.

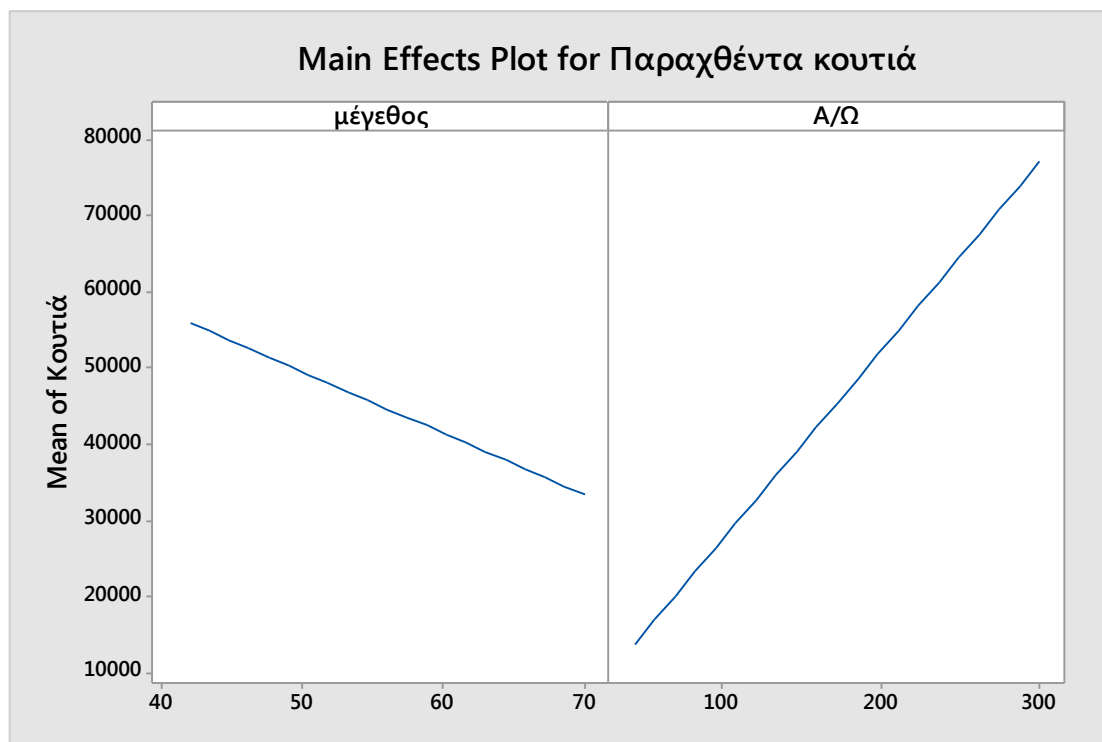
6.2.2.4 Επιλογή εξίσωσης παλινδρόμησης

Όπως φάνηκε παραπάνω η επίδραση των μεταβλητών φύρας και απώλειας 'α', έχουν μικρή επίδραση στο μοντέλο. Για αυτό το λόγο στα γραφήματα που ακολουθούν θα μελετηθούν περισσότερο οι δύο παράγοντες με την μεγαλύτερη επίδραση.

Επαναλαμβάνοντας την διαδικασία με μόνες μεταβλητές το μέγεθος του ψαριού και την χρήση των εργατοωρών προκύπτει το παρακάτω μοντέλο παλινδρόμησης

$$N = 49153 - 802,5 * \text{μέγεθος} + 246,81 * \text{εργατοώρες} \quad (6.3)$$

Από την εξίσωση προκύπτει η επίδραση του κάθε παράγοντα στον παραγόμενο αριθμό κουτιών. Το Γράφημα 7 απεικονίζει αυτή τη σχέση.

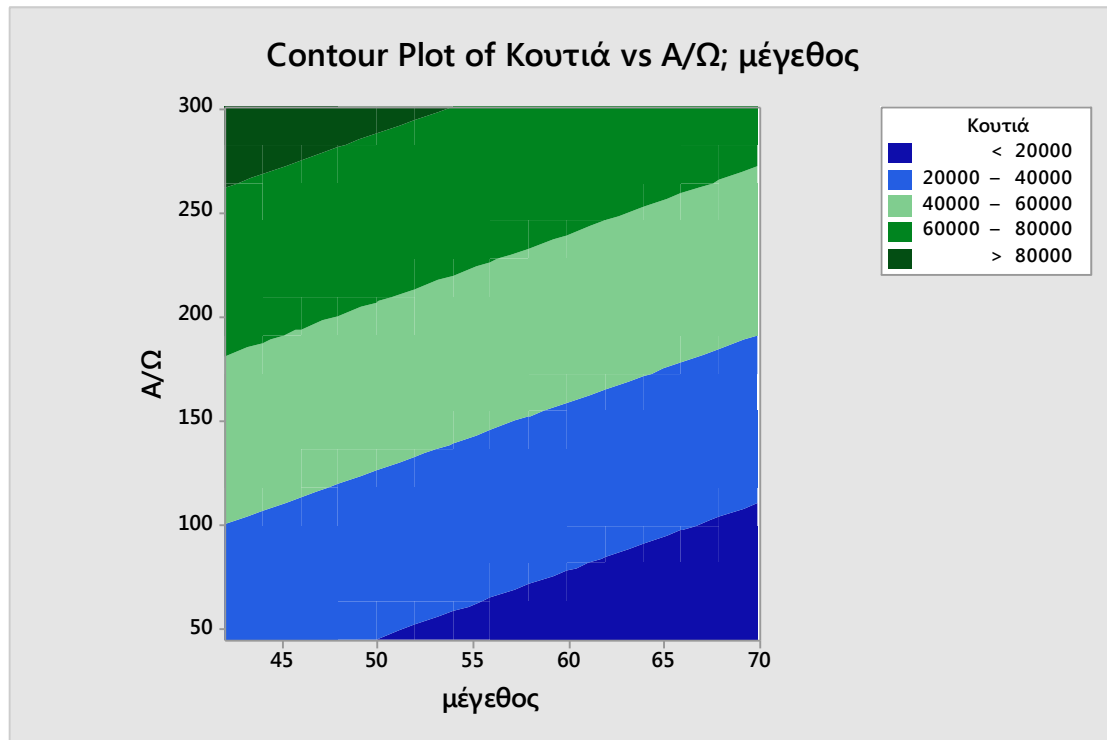


Γράφημα 7 Επίδραση των κυρίων μεταβλητών

Φαίνεται ότι όσο αυξάνεται η τιμή s (μέγεθος) δηλαδή στην πράξη μικραίνει το μέγεθος του ψαριού, τόσο μειώνεται ο αριθμός των παραγόμενων κυτιών.

Θετική επίδραση φαίνεται να έχει ο παράγοντας "ανθρωποώρες". Όπως αναμενόταν, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των διαθέσιμων ανθρωποωρών, τόσο αυξάνεται ο αριθμός των παραγόμενων κουτιών.

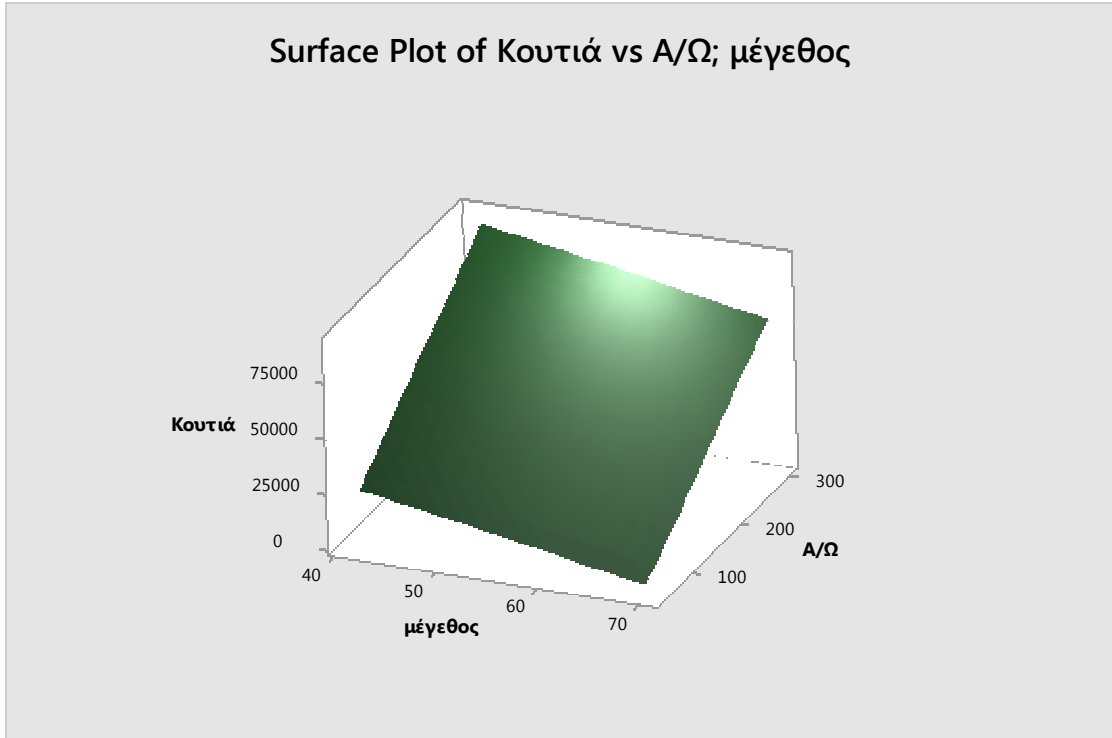
Η ένταση της επίδρασης φαίνεται από την κλίση των ευθειών.



Γράφημα 8 Περίγραμμα ισοϋψών μοντέλου παλινδρόμησης

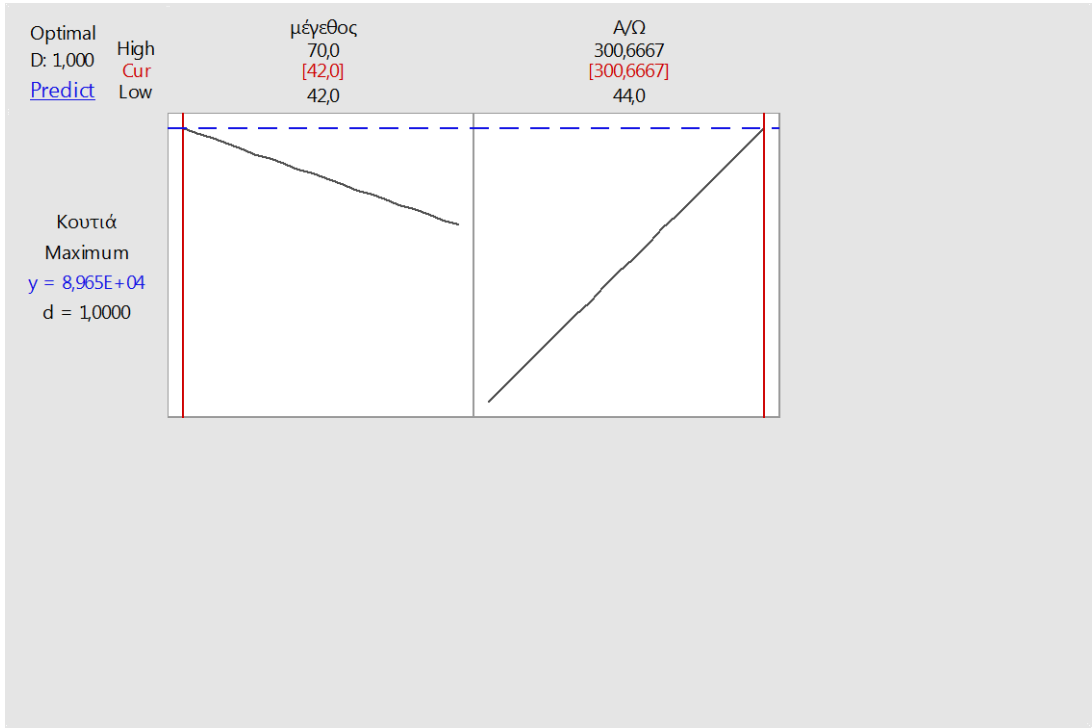
Συνδυάζοντας τις μεταβλητές του μεγέθους και εργατοωρών , από το Γράφημα 8 φαίνεται ότι αυξανόμενης της τιμής των εργατοωρών και μείωσης της τιμής έκφρασης μεγέθους (δηλ. αύξησης του μεγέθους του ψαριού), ο αριθμός των παραγόμενων κουτιών αυξάνεται.

Διαφορετική έκφραση των αποτελεσμάτων του μοντέλου παρατίθεται στο Γράφημα 9.



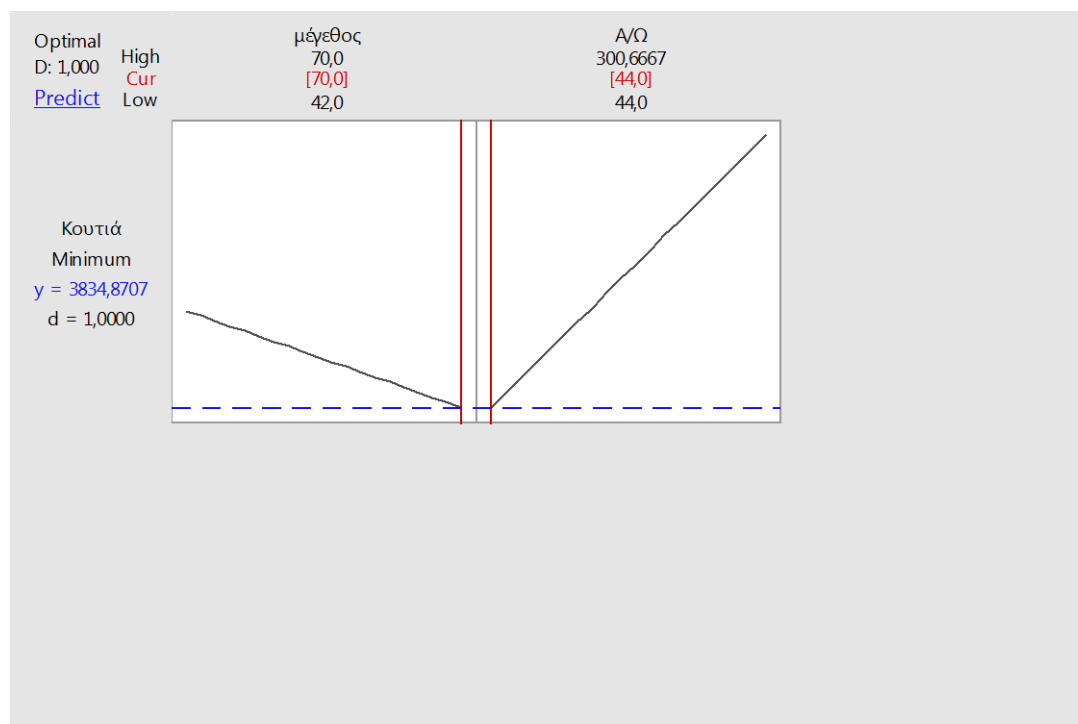
Γράφημα 9 Διάγραμμα επιφάνειας απόκρισης

Φαίνεται έτσι από το Γράφημα 9 η σχέση της εξαρτημένης μεταβλητής των κουτιών με τις ανεξάρτητες μεταβλητές του μεγέθους του ψαριού και εργατοωρών.



Γράφημα 10 Μέγιστος αριθμός κουτιών

Από το Γράφημα 10 φαίνεται ότι ο μέγιστος αριθμός κυτίων επιτυγχάνεται όταν το μέγεθος του ψαριού είναι μεγάλο και είναι διαθέσιμος ο μέγιστος αριθμός εργατοωρών.



Γράφημα 11 Ελάχιστος αριθμός κυτίων

Αντίστροφα από το Γράφημα 11 φαίνεται , ότι ο ελάχιστος αριθμός κυτίων παράγεται όταν το μέγεθος του ψαριού είναι πολύ μικρό και δεν διατίθενται αρκετές εργατοώρες στην παραγωγή.

6.3 Αγορά Αλιευμάτων

Περαιτέρω μελετήθηκαν τα στοιχεία αγοράς των αλιευμάτων και η επίδραση διαφόρων μεταβλητών σε αυτά. Οι μεταβλητές, οι οποίες επηρεάζουν την τιμή αγοράς των αλιευμάτων είναι το μέγεθος του ψαριού, η φύρα και η περίοδος αγοράς.

Οι τρεις (3) αυτές μεταβλητές κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής.

Ως προς το μέγεθος του ψαριού:

1: 40-50 ψάρια/κιλό , 2: 51-60 ψάρια/κιλό, 3: 61-70 ψάρια/κιλό

Ως προς τη φύρα:

1: 0-3% , 2: 3,1-6%, 3: 6,1-9%, 4: 9,1-12%

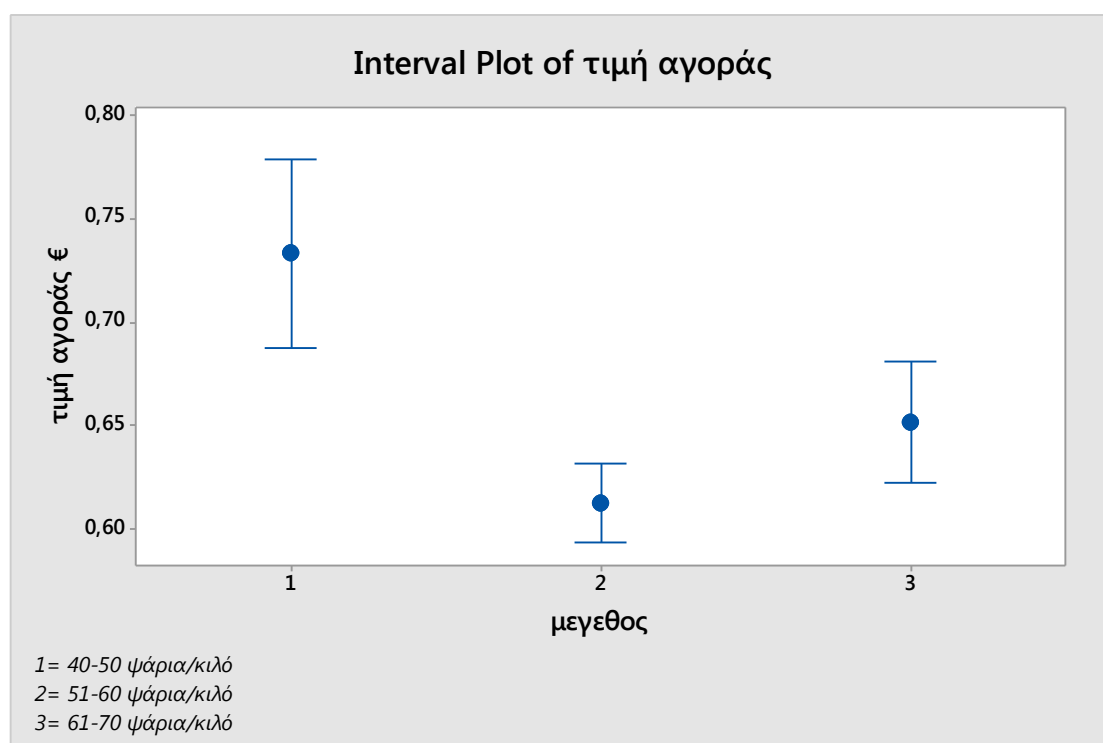
Ως προς την περίοδο αλίευσης:

1: Φεβρουάριος-Απρίλιος, 2: Μάιος-Ιούλιος, 3: Αύγουστος Οκτώβριος,

4: Νοέμβριος-Ιανουάριος

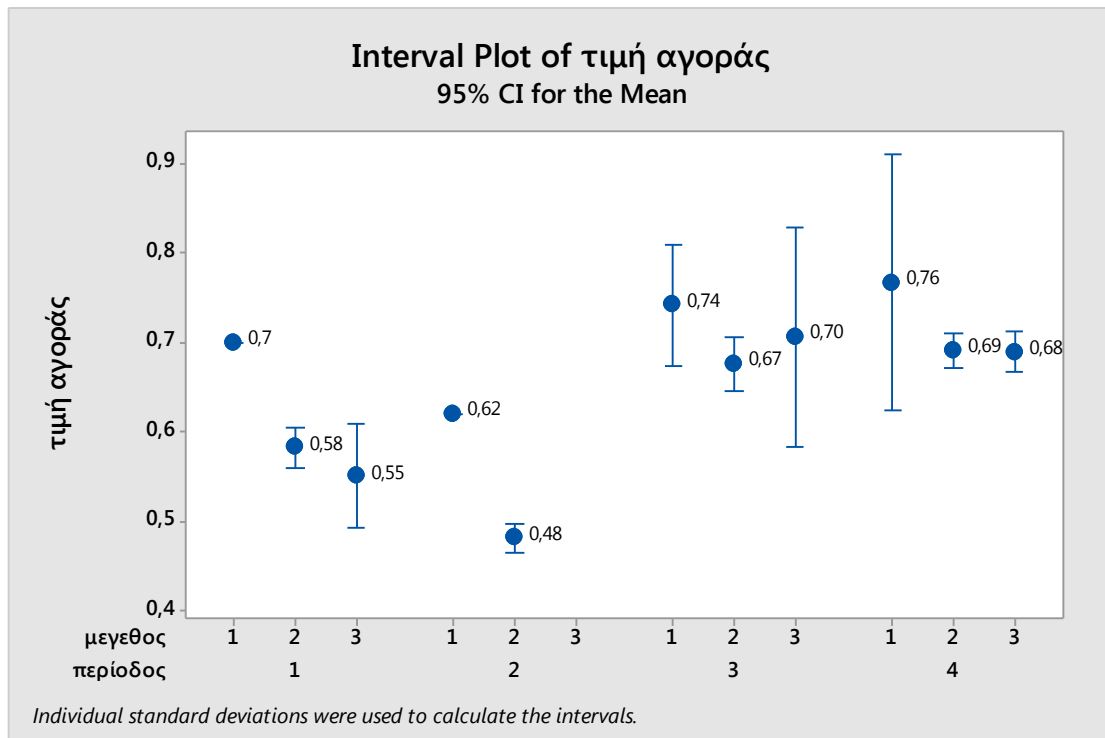
6.3.1 Αγορά αλιευμάτων-μέγεθος ψαριού

Το μέγεθος των αλιευμάτων αναμένεται να έχει μια γραμμική σχέση με την τιμή αγοράς αυτού. Δηλαδή, όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος τόσο η τιμή αγοράς θα είναι μικρότερη. Πολλές φορές όμως, εξαιτίας παραγόντων όπως, η διάθεση και η προσφορά, δεν ακολουθείται το προβλεπόμενο μοτίβο. Το Γράφημα 12 παρουσιάζει την μεταβολή της τιμής αγοράς των αλιευμάτων σε σχέση με το μέγεθος του ψαριού.



Γράφημα 12 Τιμή αγοράς-Μέγεθος ψαριού

Γίνεται αντιληπτό ότι τα μεγαλύτερα ψάρια (40-50) παρουσιάζουν μεγαλύτερη τιμή αγοράς. Οι άλλες δυο (2) κατηγορίες παρουσιάζουν μικρότερη τιμή. Παρατηρείται όμως ότι πολύ μικρά ψάρια της κατηγορίας 3 να έχουν μεγαλύτερη τιμή αγοράς σε σχέση με την κατηγορία 2. Σημαντικό ρόλο στην αγορά των αλιευμάτων παίζει η διαθεσιμότητα αυτών σύμφωνα με την εποχή. Γι' αυτό και μικρότερα ψάρια φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη τιμή αγοράς.

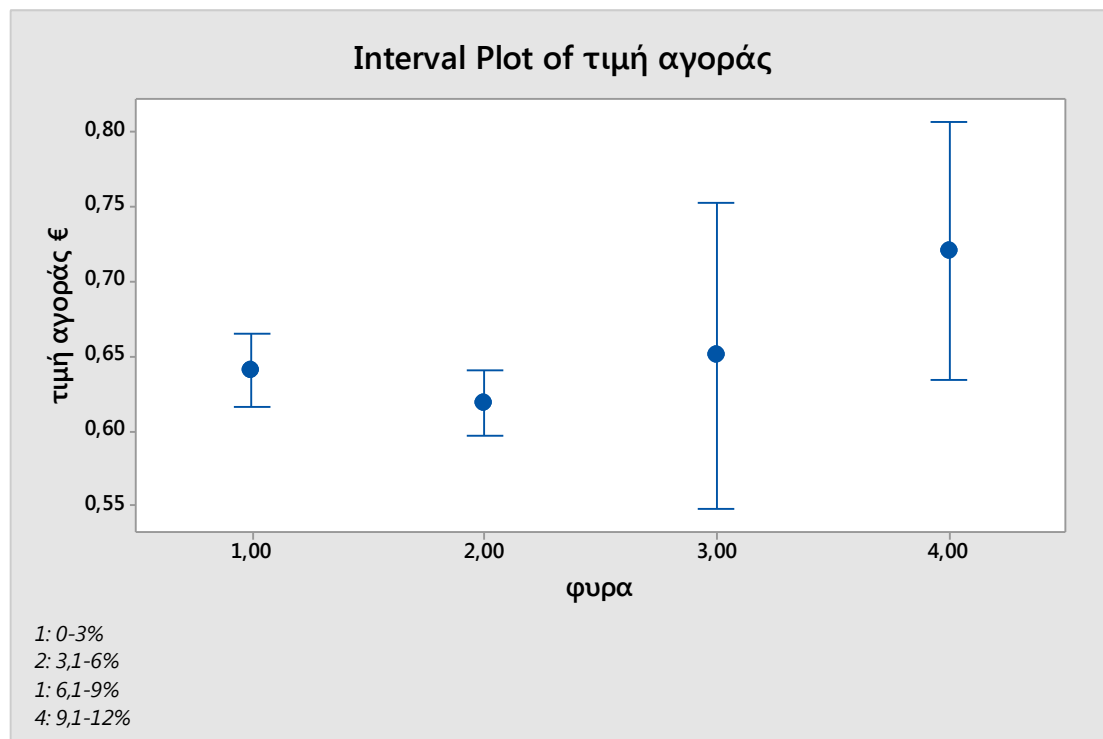


Γράφημα 13 Τιμή αγοράς-Μέγεθος ψαριού/Περίοδο αλίευσης

Από το Γράφημα 13 γίνεται αντιληπτό ότι κατά την πρώτη περίοδο αλίευσης, όπου η ζήτηση δεν είναι μεγάλη, οι τιμές αγοράς να παρουσιάζουν μια καθοδική πορεία όσο το μέγεθος του ψαριού μειώνεται. Κατά τη δεύτερη περίοδο πάρα πολύ μικρά σε μέγεθος αλιεύματα δεν είναι διαθέσιμα. Επίσης σε αυτή τη περίοδο εμφανίζεται το μοτίβο της ανάλογης μείωσης των τιμών με τη μείωση του μεγέθους. Κατά την 3^η περίοδο αλίευσης, όμως παρά τη διάθεση μικρού μεγέθους ψαριών, οι τιμές είναι υψηλές. Η κατάσταση αυτή είναι συνέπεια της μεγάλης ζήτησης για αλιεύματα. Την 4^η περίοδο η ζήτηση μειώνεται, αλλά εξαιτίας του κλεισίματος της αλιευτικής περιόδου και της μικρής προσφοράς, οι τιμές παραμένουν υψηλές.

6.3.2 Αγορά αλιευμάτων - φύρα

Στο γράφημα 14 παρουσιάζεται η σχέση της τιμής αγοράς με τη φύρα δηλαδή με το ποσοστό παρουσίας ξένου ψαριού στο φορτίο, όπως αυτό μετράται κατά την αγορά.



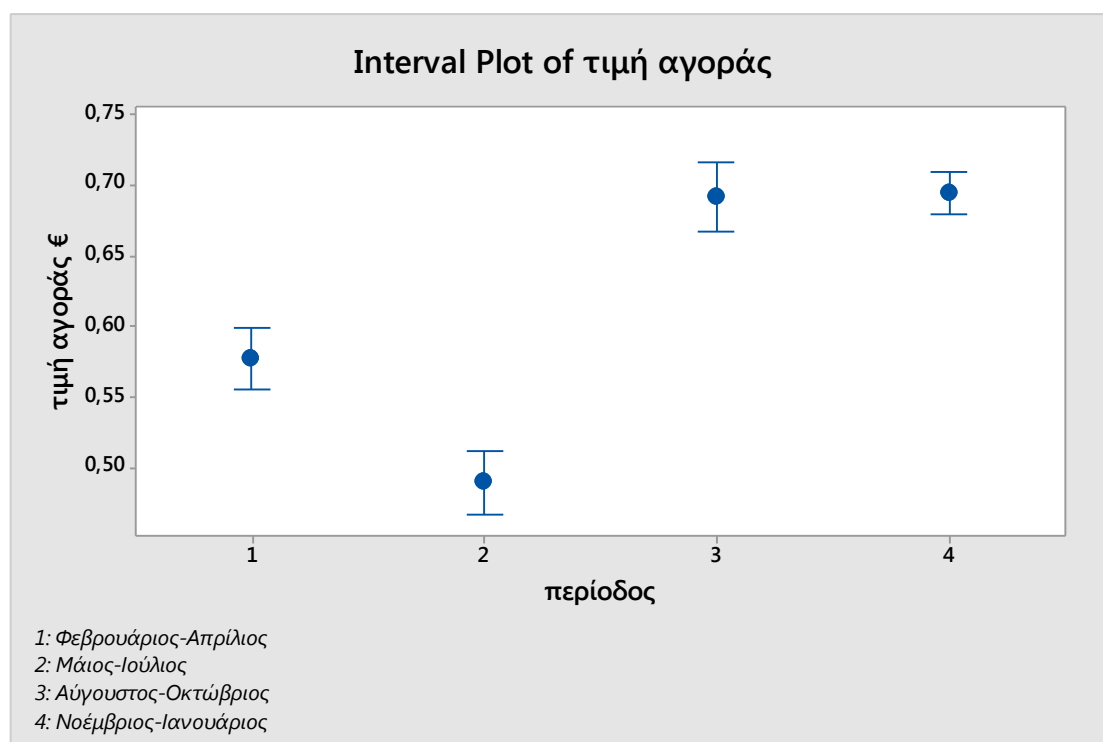
Γράφημα 14 Τιμή αγοράς-Φύρα

Θεωρητικά θα ήταν αναμενόμενο τα μικρότερα ποσοστά φύρας να εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές αγοράς, κάτι το οποίο δεν ισχύει για τα παρόντα δεδομένα. Πάλι η σχέση προσφοράς και ζήτησης καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την τιμή αγοράς. Έτσι φορτία με μεγαλύτερο ποσοστό φύρας που έχουν αγοραστεί σε περίοδο χαμηλής διαθεσιμότητας προσφέρονται σε μεγαλύτερες τιμές. Επίσης παρατηρείται μεγάλη διακύμανση των τιμών στα φορτία των κατηγοριών 3 και 4. Αυτό οφείλεται στη διαθεσιμότητα αφενός αλλά και στην ανάγκη της παραγωγής, οπότε πραγματοποιήθηκαν αγορές με μεγάλη φύρα παρά το αυξημένο κόστος.

6.3.3 Αγορά αλιευμάτων - περίοδος αλίευσης

Η αλιεία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παρουσιάζει τα εξής στοιχεία τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη.

1. Την περίοδο 15 Δεκεμβρίου με 15 Μαρτίου απαγορεύεται η αλιεία στα εθνικά ύδατα. Η αλιεία επιτρέπεται μόνο στα διεθνή ύδατα, δηλαδή σε μια συγκεκριμένη απόσταση από τα παράλια. Έτσι ο αριθμός των διαθέσιμων αλιευμάτων είναι ο ελάχιστος.
2. Την περίοδο έναρξης αλιείας περί το τέλος Φεβρουαρίου , όπου τα ψάρια έχουν το μικρότερο μέγεθος , μέχρι και την έναρξη της τουριστικής περιόδου, τα ψάρια προσφέρονται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους για βιομηχανική χρήση.
3. Την περίοδο του καλοκαιριού, οι τουριστικές επιχειρήσεις προσφέρουν καλύτερη τιμή αγοράς σε σχέση με τη βιομηχανία.



Γράφημα 15 Τιμή αγοράς-Περίοδος αλίευσης

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω από το διάγραμμα φαίνονται τα εξής. Την 1η περίοδο, τα αλιεύματα προσφέρονται για βιομηχανική χρήση αλλά εξαιτίας της έναρξης της αλιείας, η προσφορά είναι μικρή. Κατά τη 2η περίοδο , η προσφορά έχει φτάσει στο ανώτερό της οπότε επιτυγχάνονται αγορές με το χαμηλότερο κόστος. Κατά την 3η και 4η περίοδο οι τιμές αγοράς είναι υψηλότερες διότι στην 3η περίοδο υπάρχει μεγάλη

ζήτηση και από τις τουριστικές επιχειρήσεις, αλλά και τα μεγέθη των ψαριών είναι τα μεγαλύτερα.

Παρουσιάζοντας με μαθηματική εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης τα προαναφερθέντα, προκύπτουν από τα δεδομένα οι παρακάτω εξισώσεις οι οποίες εκφράζουν την τιμή αγοράς συναρτήσει του μεγέθους ανά περίοδο αλιείας.

περίοδος

$$1 \quad \text{τιμή αγοράς} = 0,6426 - 0,02944 \text{ μέγεθος} \quad (6.4)$$

$$2 \quad \text{τιμή αγοράς} = 0,5466 - 0,02944 \text{ μέγεθος} \quad (6.5)$$

$$3 \quad \text{τιμή αγοράς} = 0,7486 - 0,02944 \text{ μέγεθος} \quad (6.6)$$

$$4 \quad \text{τιμή αγοράς} = 0,7658 - 0,02944 \text{ μέγεθος} \quad (6.7)$$

6.4 Οικονομική Βελτιστοποίηση

Με βάση τα δεδομένα παραγωγής και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας που παρατέθηκαν παραπάνω, διατυπώνεται και επιλύεται στην παρούσα ενότητα το ερώτημα της βέλτιστης οικονομικά ημερήσιας (6ωρης) λειτουργίας της γραμμής. Πιο συγκεκριμένα, το ερώτημα που θα απαντηθεί είναι το εξής: δεδομένης της ποσότητας των κυτιών που αποφασίζεται να παραχθούν ανά ημέρα, ποια επιλογή ψαριού (μέγεθος, κατάσταση, περίοδος αλιείας) και ποιος αριθμός εργατοωρών μεγιστοποιεί το ακαθάριστο κέρδος της μονάδας; Το ακαθάριστο κέρδος P μπορεί να εκφραστεί ως η διαφορά ανάμεσα στα έσοδα από την πώληση των κυτιών και τα λειτουργικά έξοδα που επηρεάζονται από την επιλογή του ψαριού, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$P = pN - c(s)X - eA/\Omega \quad (6.8)$$

όπου:

p : τιμή πώλησης του κάθε παραγόμενου κυτίου (ίση με 0,69€)

N : ο επιθυμητός αριθμός των προς παραγωγή κυτιών την ημέρα

$c(s)$: το κόστος ανά κιλό των ψαριών ως συνάρτηση του μεγέθους τους, s

X : τα απαιτούμενα κιλά ψαριών για την παραγωγή των N κυτιών

e : το κόστος την εργατοώρας (κοστολογημένη στην μονάδα στα 12,42€)

A/Ω : ο αριθμός των εργατοωρών που διατίθενται για την ημερήσια παραγωγή.

Υπενθυμίζεται ότι εξαιτίας του τρόπου λειτουργίας της FlashPack, δεδομένο ύψος παραγωγής μπορεί να επιτευχθεί με διαφορετική ανάθεση εργατοωρών ανάλογα με το μέγεθος και την κατάσταση (νωπό/κατεψυγμένο) του ψαριού που θα χρησιμοποιηθεί.

Ως περιορισμοί ανάμεσα στις παραπάνω μεταβλητές, ισχύουν οι εξισώσεις που εξήχθησαν παραπάνω και συγκεκριμένα, η σχέση που, με βάση τα δεδομένα παραγωγής, προβλέπει τον αριθμό των κυτιών που παράγονται σαν συνάρτηση των χαρακτηριστικών του ψαριού (μέγεθος, s , φύρα, φ , και απώλεια κατά την επεξεργασία, α) και του αριθμού των εργατοωρών:

$$N = 64957 - (730,5 * s) - (538 * \varphi) + (250,2 * A/\Omega) - (42796\alpha) \quad (6.9)$$

και η σχέση που συνδέει τον αριθμό των κυτιών που παράγονται με τα κιλά των ψαριών που αναλώνονται:

$$N = \frac{1000}{90} (1 - \varphi)(1 - \alpha)X \quad (6.10)$$

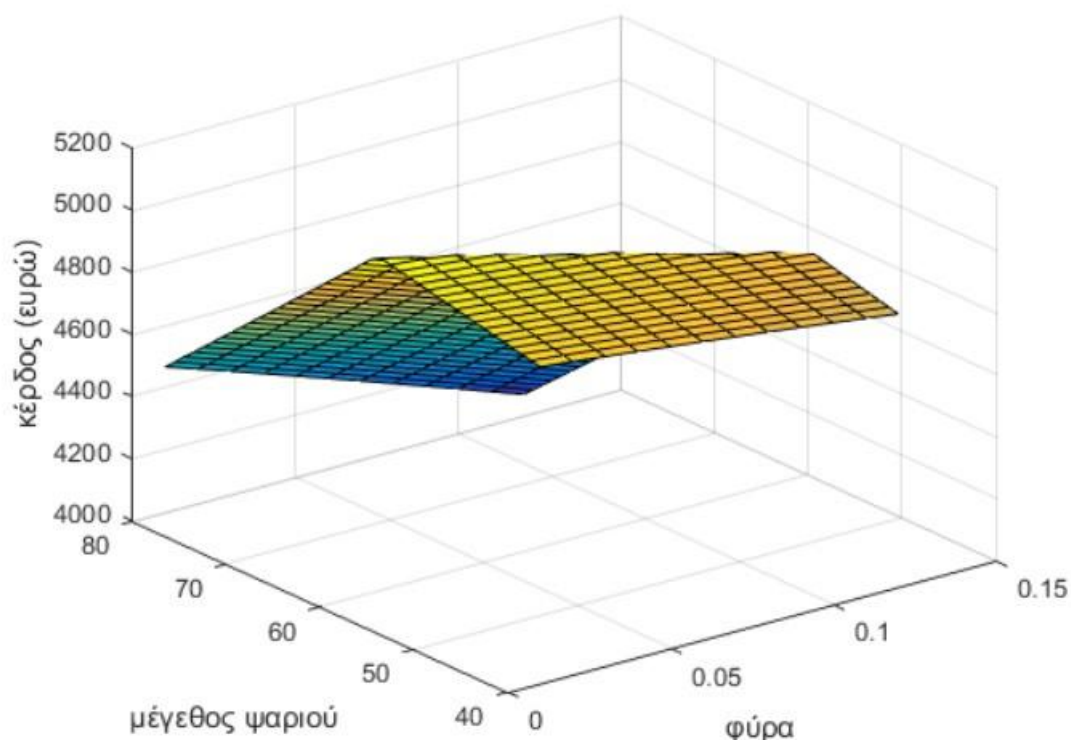
Είναι προφανές ότι, λόγω των παραπάνω περιορισμών, το οικονομικό κέρδος της μονάδας σε ημερήσια βάση εξαρτάται όχι μόνο από τις μεταβλητές που φαίνονται στην Εξ. 6.8 αλλά και από την φύρα και την απώλεια που υπεισέρχονται στην ανάλυση μέσω των Εξ. 6.9 και 6.10.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η εξίσωση του κέρδους (6.8) δεν είναι πλήρης καθώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες κόστους (ενέργεια, β' ύλες κλπ.) που δεν έχουν συμπεριληφθεί. Οι παράγοντες όμως αυτοί έχουν σταθερή συνεισφορά στο κόστος η οποία εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των παραγόμενων κυτιών N . Η μεγιστοποίηση του κέρδους που επιχειρείται εδώ αφορά μόνο παράγοντες που σχετίζονται με αποφάσεις για το είδος του ψαριού που θα χρησιμοποιηθεί και τον αριθμό των εργατοωρών που θα αναλωθούν.

6.4.1 Βελτιστοποίηση του Κέρδους

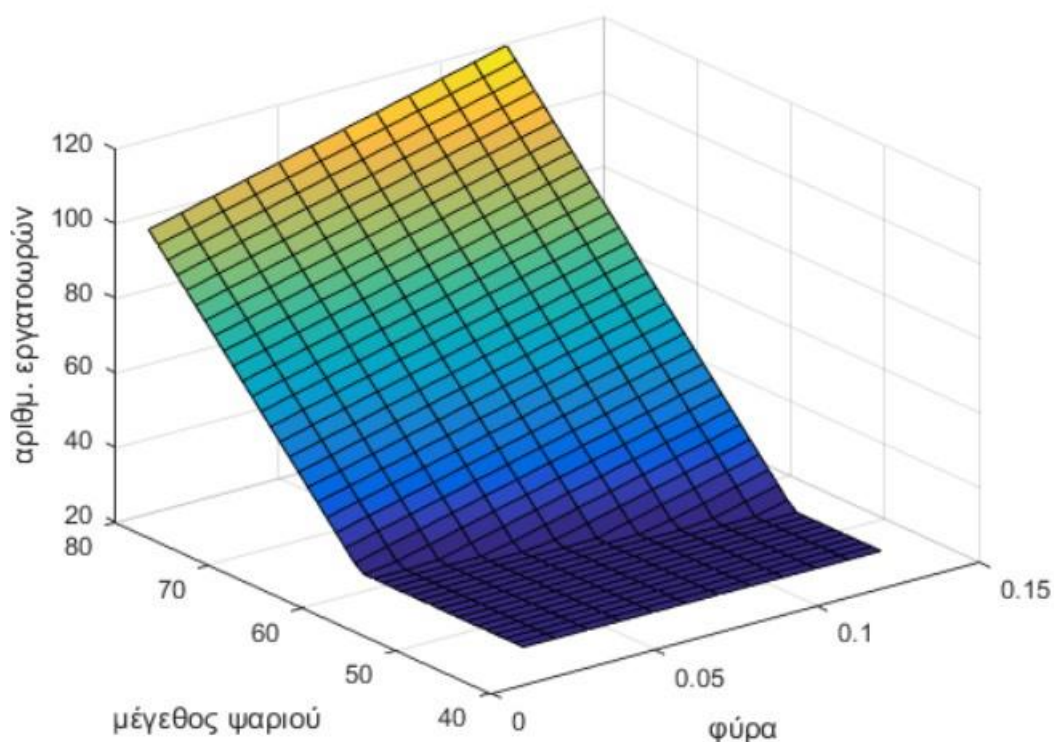
Δεδομένου ότι τόσο οι εξισώσεις κόστους όσο και οι τιμές της εξισωτικής απώλειας έχουν διακριτές εκφράσεις και τιμές για τις 4 διαφορετικές περιόδους αλίευσης και τις 2 καταστάσεις του ψαριού (νωπό ή κατεψυγμένο), η ανάλυση κόστους θα πρέπει να γίνει ξεχωριστά για τους 8 διαφορετικούς συνδυασμούς των παραγόντων αυτών.

Για δεδομένη περίοδο αλίευσης και κατάσταση του ψαριού η εξισωτική απώλεια μπορεί να θεωρηθεί σταθερή και ίση με τις τιμές που αναφέρθηκαν στην Ενότητα 6.1. Για δεδομένο, επιπλέον, N (ο επιθυμητός αριθμός παραγόμενων κυτίων), το κέρδος P μετά την ενσωμάτωση των εξισώσεων 6.8 και 6.9 στην 6.10, μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση του μεγέθους του ψαριού και της φύρας. Γραφικά μπορεί επομένως να αποτυπωθεί ως τρισδιάστατη επιφάνεια όπως φαίνεται στο Γράφημα 16 που αντιστοιχεί σε $N=10000$.



Γράφημα 16 Καμπύλη κέρδους ως συνάρτηση του μεγέθους του ψαριού και της φύρας

Ο αριθμός των εργατοωρών που αντιστοιχεί στις παραπάνω τιμές φαίνεται ως τρισδιάστατη καμπύλη στο Γράφημα 17. Για την παραγωγή των καμπυλών αυτών έχει υποτεθεί ότι ο ελάχιστος αριθμός εργατοωρών για την παραγωγή είναι 30. Για δεδομένο μέγεθος ψαριού, το κέρδος (όπως είναι αναμενόμενο) μειώνεται με αύξηση της φύρας. Για δεδομένη φύρα, η καμπύλη του κέρδους εμφανίζει ένα μέγιστο ως προς το μέγεθος του ψαριού που βελτιστοποιεί το κέρδος.



Γράφημα 17 Καμπύλη απαιτούμενου αριθμού εργατωρών ως συνάρτηση του μεγέθους του ψαριού και της φύρας

Όπως αναμενόταν, όσο μεγαλύτερη η φύρα ή μικρότερο το μέγεθος του ψαριού (μεγαλύτερος αριθμός ψαριών στο κιλό) τόσο ο απαιτούμενος αριθμός εργατωρών αυξάνεται για να επιτευχθεί ένας συγκεκριμένος αριθμός κυτίων.

Η παραπάνω ανάλυση μπορεί να επαναληφθεί για διαφορετικές τιμές του N και για τους 8 διαφορετικούς συνδυασμούς περιόδου αλίευσης και κατάστασης του ψαριού. Σε κάθε περίπτωση, το μέγιστο κέρδος και η βέλτιστη πολιτική επιλογής ψαριού και αριθμού εργατωρών μπορούν να υπολογιστούν. Τα βέλτιστα αποτελέσματα για όλες τις περιπτώσεις φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6 Βέλτιστες τιμές κέρδους, μεγέθους ψαριού, φύρας και αριθμού εργατοωρών

N=5000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	2432.18	2532.6	2396.47	2341.31	2404.50	2490.80	2365.92	2353.78
Μέγεθος Ψ.	65	67	68	66	64	64	66	67
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
A/Ω	30	30	30	30	30	30	30	30.14

N=10000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	5198.25	5394.36	5123.61	5010.55	5133.99	5306.77	5062.06	5039.95
Μέγεθος Ψ.	59	60	61	59	57	57	60	60
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
A/Ω	30	30	30	30	30	30	30.37	30

N=15000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	7915.95	8212.67	7808.81	7635.12	7815.89	8075.31	7720.26	7680.60
Μέγεθος Ψ.	52	53	54	52	50	50	53	53
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
A/Ω	30	30	30	30	30	30	30	30

N=20000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	10588.5	10987.5	10459.7	10217.4	10451.5	10802.0	10329.8	10277.5
Μέγεθος Ψ.	45	46	48	46	44	44	46	46
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
A/Ω	30	30	30.35	30.83	30.98	30.64	30	30

N=25000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	13194.4	13727.5	13068.4	12741.2	12989.5	13426.7	12887.0	12830.8
Μέγεθος Ψ.	40	40	41	40	40	40	40	40
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
A/Ω	34.33	30.56	30	33.30	39.28	38.94	31.93	31.25

N=30000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	15670.4	16300.7	15528.0	15123.9	15436.8	15960.6	15295.5	15226.4
Μέγεθος Ψ.	40	40	40	40	40	40	40	40
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Α/Ω	54.31	50.55	46.96	53.28	59.27	58.93	51.92	51.23

N=35000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	18146.3	18873.9	17965.1	17506.7	17884.1	18494.5	17704.1	17622
Μέγεθος Ψ.	40	40	40	40	40	40	40	40
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Α/Ω	74.29	70.53	66.94	73.27	79.25	78.91	71.90	71.21

N=40000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	20622.3	21447.1	20402.1	19889.4	20331.4	21028.4	20112.6	20017.6
Μέγεθος Ψ.	40	40	40	40	40	40	40	40
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Α/Ω	94.28	90.52	86.92	93.25	99.24	98.90	91.88	91.20

N=45000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	23098.2	24020.4	22839.0	22272.2	22778.6	23562.3	22521.1	22413.1
Μέγεθος Ψ.	40	40	40	40	40	40	40	40
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Α/Ω	114.27	110.50	106.90	113.24	119.22	118.88	111.87	111.18

N=50000	Κατεψυγμένο				Φρέσκο			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Περίοδος								
Κέρδος (€)	25574.2	26593.6	25276.1	24654.9	25225.9	26096.2	24929.6	24808.7
Μέγεθος Ψ.	40	40	40	40	40	40	40	40
Φύρα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Α/Ω	134.25	130.48	126.89	133.22	139.21	138.86	131.85	131.17

Από τα αποτελέσματα στον Πίνακα 6 μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα. Όπως αναμενόταν, η ελάχιστη τιμή της φύρας (1%) αποτελεί σε όλες τις περιπτώσεις συνιστώσα της βέλτιστης λύσης. Το μέγιστο κέρδος για όλες τις τιμές του N αντιστοιχεί σε κατεψυγμένο ψάρι που έχει αλιευθεί κατά την 2^η περίοδο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το κόστος αγοράς του νωπού ψαριού είναι ελάχιστο κατά την περίοδο αυτή και του γεγονότος ότι ως κατεψυγμένο έχει χαμηλή απώλεια κατά την επεξεργασία. Το βέλτιστο μέγεθος ψαριού και ο απαιτούμενος αριθμός εργατοωρών εμφανίζουν ενδιαφέρουσες διακυμάνσεις με τις τιμές του N . Για μικρές ποσότητες, βέλτιστα κέρδη επιτυγχάνονται με σχετικά μεσαίου μεγέθους ψάρια (περίπου 60 κομμάτια στο κιλό). Όσο το N μεγαλώνει, η βέλτιστη πολιτική μετατοπίζεται προς τα μεγαλύτερου μεγέθους ψάρια. Για $N \geq 25000$, το βέλτιστο κέρδος ανεξάρτητα περιόδου αλίευσης και κατάστασης ψαριού αντιστοιχεί σε $s=40$, το μεγαλύτερο μέγεθος ψαριού. Σε όλες τις περιπτώσεις, ο αριθμός των απαιτούμενων εργατοωρών αυξάνεται με αύξηση του N , όπως αναμενόταν.

Στην παραπάνω ανάλυση δεν έχει συνυπολογιστεί το γεγονός ότι κάθε μέρα παραγωγής δεν είναι διαθέσιμα ως αποθέματα όλα τα μεγέθη ψαριών και ούτε απαραίτητα σε νωπή και σε κατεψυγμένη κατάσταση. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν για να αναγνωριστούν οι τάσεις που βελτιστοποιούν το κέρδος κι, επομένως, με βάση τα διαθέσιμα αποθέματα να γίνει και η βέλτιστη επιλογή.

7. Συμπεράσματα.

Στη μελέτη περίπτωσης που εξετάστηκε διατυπώθηκαν ερωτήματα σχετικά με τον προγραμματισμό παραγωγής. Η μελέτη περίπτωσης συγκρινόμενη με άλλες περιπτώσεις που αφορούν τη βιομηχανία αλιευμάτων, είχε την ιδιαιτερότητα της διερεύνησης του προγραμματισμού της μεταποίησης, και όχι του πρωτογενή τομέα (αλίευσης) στον οποίο αναφέρονται οι περισσότερες δημοσιευμένες εργασίες που παρουσιάστηκαν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση.

Τα στατιστικά μοντέλα, παρουσιάζουν αξιόπιστα αποτελέσματα για την διερεύνηση της παραγωγής και θέτουν ορισμένα όρια για τον προγραμματισμό αυτής. Έτσι από την στατιστική εξέταση των δεδομένων ενός έτους, προέκυψε μια σχέση η οποία είναι ικανή να προβλέψει τον παραγόμενο αριθμό κυτίων με γνώμονα χαρακτηριστικά όπως το μέγεθος αλιευμάτων, η εποχικότητα, η κατάσταση ψαριού (νωπό, κατεψυγμένο), η φύρα και οι διαθέσιμες εργατοώρες.

Εκτός του ερωτήματος της πρόβλεψης της παραγωγής, άλλο ιδιαίτερης σημασίας ερώτημα είναι υπό ποιες συνθήκες μεγιστοποιείται το κέρδος. Έχοντας ως δεδομένα τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν, η συνάρτηση που προέκυψε, με τους περιορισμούς που τέθηκαν, εμφανίζει βέλτιστες λύσεις για κάθε συνδυασμό παραγόντων. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι η βέλτιστη οικονομικά πολιτική ως προς το μέγεθος των ψαριών εξαρτάται από τον επιθυμητό αριθμό των προς παραγωγή κυτίων. Για δεδομένο μέγεθος ψαριών, το κέρδος μεγιστοποιείται αν χρησιμοποιηθούν κατεψυγμένα ψάρια αλιευμένα κατά την δεύτερη περίοδο αλιείας. Η χρήση των αυτών των αποτελεσμάτων, αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο κατά τον βέλτιστο προγραμματισμό της ημερήσιας παραγωγής ανάλογα με τον αναμενόμενο φόρτο.

Μειονέκτημα του μοντέλου αποτελεί το γεγονός ότι κατά τη μελέτη διατυπώθηκε η υπόθεση, ότι όλοι οι πόροι ήταν διαθέσιμοι για τη συγκεκριμένη γραμμή παραγωγής, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η ανάγκη της μονάδας για παραγωγή άλλων προϊόντων.

Επομένως, περαιτέρω έρευνα απαιτείται για την μελέτη των παραγόντων και διαμόρφωση των μεταξύ τους συναρτήσεων, όταν οι πόροι δεν είναι εξ'ολοκλήρου διαθέσιμοι για τη συγκεκριμένη γραμμή αλλά πρέπει να διανεμηθούν σε όλο το φάσμα της παραγωγής των προϊόντων.

8. Βιβλιογραφία

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

- (2018, February 17). Retrieved February 17, 2018, from math.ntua.gr:
<http://www.math.ntua.gr/~coletsos/Documents/paradeigmata.pdf>
- (2018, February 17). Retrieved from <http://myria.math.aegean.gr>:
<http://myria.math.aegean.gr/epeaek/pdfs/linear-programming.pdf>

Έντυπη Βιβλιογραφία

- Akkerman, R., & van Donk, D. (2009). Analyzing scheduling in the food-processing industry: structure and tasks. *Cognition Technology and Work*, 215-226.
- Arason, S., Asgeirsson, E. I., Margeirsson, B., Margeirsson, S., Olsen, P., & Stefansson, H. (2010). Decision Support Systems for the Food Industry. In *Handbook on Decision Making* (pp. 295-315). Berlin: Springer-Verlag.
- Cox, J., & Blackstone, J. (2002). *APICS Dictionary 10th Edn APICS – The Association for Operations Management*.
- Hasan, M., & Raffensperger, J. (2006). A mixed integer linear program for an integrated fishery. *Orion*, 22(1), 19-34.
- Jakerman, C. (1994). Scheduling needs of the food processing industry. *Food Research International*, 27, 117-120.
- Jensson, P. (1988). Daily production planning in fish processing firms. *European Journal of Operational Research*, 36, 410-415.
- Mikalsen, B., & Vassdal, T. (1981). *A short term production planning model in fish processing*. (H. KB, Ed.) New York: Plenum Press.
- Petridis, D. (2012). *Εφαρμοσμένη Στατιστική με έμφαση στην επιστήμη τροφίμων* (3 ed.). Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Διβατον.
- Sitorus, S., & Mawengkang, H. (2014). Seafood Production Planning Considering Prishable Inventory. *International journal of Computer Trends and Technologies*, 14(2), 86-91.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnson, R. (2004). Planning and Control. In *Operations Management* (pp. 320-357). Edinburgh, England: Pearson Education Limited.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι (Ποσοτικά Δεδομένα Ημερήσιων Παραγωγών 2016)

ημ/νια	Παραγόμενα Κουτιά	μέγεθος (ψ/κιλό)	κατηγορία μεγέθους	φυρά%	κιλά	Εργατώρες	είδος ψαριού	παραλαβή	Περίοδος παραλαβής	κουτιά (θεωρητικά βάσει κιλών)	εξισωτική απώλεια	διαφορά	απόκλιση %
08/01/2016	40.208	60	4	9,48	6756,67	153	κατ	Νοε-15	4	38058	0,4083651	2.150	5,65
11/01/2016	27998	64	5	3,80	4737,02	116	κατ	Νοε-15	4	28355	0,4470458	-357	-1,26
12/01/2016	28835	62	5	4,20	4768,27	109	κατ	Νοε-15	4	28423	0,4318851	412	1,45
18/01/2016	32196	62	5	3,83	5468,11	148	κατ	Νοε-15	4	32720	0,4489602	-524	-1,60
19/01/2016	32019	63	5	5,05	5272,05	159	κατ	Νοε-15	4	31147	0,4243268	872	2,80
21/01/2016	29890	59	4	2,60	5478,64	138	κατ	Νοε-15	4	33203	0,4958769	-3.313	-9,98
22/01/2016	28833	57	4	2,37	4716,13	111	κατ	Νοε-15	4	28650	0,4364294	183	0,64
25/01/2016	28048	58	4	3,35	4406,24	123	κατ	Νοε-15	4	26498	0,4072462	1.550	5,85
26/01/2016	28241	62	5	4,35	4687,31	107	κατ	Νοε-15	4	27897	0,4330900	344	1,23
27/01/2016	39269	50	2	4,43	6660,52	143	κατ	Νοε-15	4	39606	0,4447634	-337	-0,85
28/01/2016	42955	55	3	3,70	7526,40	146	κατ	Νοε-15	4	45098	0,4666127	-2.143	-4,75
29/01/2016	33625	55	3	8,95	6198,35	136	κατ	Νοε-15	4	35116	0,4637725	-1.491	-4,25
01/02/2016	56356	48	2	0,00	8040,00	138	κατ	Νοε-15	4	50027	0,3691492	6.329	12,65
02/02/2016	30549	57	4	3,80	5427,90	135	νωπ	Φεβ-16	1	32490	0,4734585	-1.941	-5,97
03/02/2016	51986	50	2	0,00	7972,10	140	κατ	Φεβ-16	1	49604	0,4131107	2.382	4,80
04/02/2016	30193	59	4	2,80	4907,20	120	νωπ	Φεβ-16	1	29679	0,4302966	514	1,73
05/02/2016	40495	53	3	1,00	6493,36	129	κατ	Φεβ-16	1	39999	0,4330572	496	1,24
08/02/2016	33729	53	3	3,43	6248,30	128	κατ	Νοε-15	4	37543	0,4968970	-3.814	-10,16
09/02/2016	38967	56	4	3,23	7160,75	134	κατ	Νοε-15	4	43115	0,4938777	-4.148	-9,62
10/02/2016	51449	60	4	4,28	8268,30	186	κατ	Νοε-15	4	49248	0,4149704	2.201	4,47
11/02/2016	35578	56	4	4,62	6278,64	138	κατ	Νοε-15	4	37263	0,4653298	-1.685	-4,52
15/02/2016	40608	63	5	7,20	6914,28	144	κατ	Νοε-15	4	39925	0,4304138	683	1,71
16/02/2016	33013	63	5	9,65	5910,73	149	κατ	Νοε-15	4	33229	0,4436366	-216	-0,65
17/02/2016	29817	62	5	6,30	5561,92	132	κατ	Νοε-15	4	32427	0,4850775	-2.610	-8,05
18/02/2016	47835	53	3	0,83	7519,72	155	κατ	Νοε-15	4	46399	0,4226742	1.436	3,09
19/02/2016	48686	47	2	0,00	7707,00	161	κατ	Νοε-15	4	47955	0,4314597	731	1,53
22/02/2016	42448	55	3	0,00	6819,60	126	κατ	Νοε-15	4	42433	0,4398029	15	0,04
23/02/2016	35951	52	3	0,00	5569,40	118	κατ	Φεβ-16	1	34654	0,4190415	1.297	3,74
24/02/2016	43111	56	4	0,00	6735,00	136	κατ	Φεβ-16	1	41907	0,4239064	1.204	2,87
25/02/2016	37851	56	4	0,00	6243,50	123	κατ	Φεβ-16	1	38848	0,4543781	-997	-2,57
26/02/2016	35521	56	4	0,00	5700,00	115	κατ	Φεβ-16	1	35467	0,4391421	54	0,15
29/02/2016	47134	60	4	0,93	7785,98	151	νωπ	Φεβ-16	1	47994	0,4500338	-860	-1,79
01/03/2016	49754	57	4	0,00	8719,52	161	κατ	Φεβ-16	1	54255	0,4864556	-4.501	-8,30

02/03/2016	39490	62	5	1,40	6567,00	163	vwn	Map-16	1	40289	0,4511095	-799	-1,98
03/03/2016	27331	64	5	2,80	4848,00	142	vwn	Map-16	1	29321	0,4780016	-1.990	-6,79
04/03/2016	30819	59	4	3,83	5353,00	151	vwn	Map-16	1	32031	0,4611855	-1.212	-3,78
07/03/2016	34334	63	5	4,10	6138,50	159	vwn	Map-16	1	36629	0,4750885	-2.295	-6,27
08/03/2016	38641	58	4	2,86	6701,50	147	vwn	Map-16	1	40506	0,4657792	-1.865	-4,60
09/03/2016	37888	65	5	3,88	7085,60	182	kat	Map-16	1	42380	0,4993534	-4.492	-10,60
11/03/2016	36132	63	5	8,42	7174,00	160	vwn	Map-16	1	40881	0,5050552	-4.749	-11,62
15/03/2016	44066	65	5	2,97	6731,76	176	vwn	Map-16	1	40644	0,3928492	3.422	8,42
17/03/2016	44281	55	3	2,60	8051,00	197	vwn	Map-16	1	48793	0,4917807	-4.512	-9,25
21/03/2016	50313	60	4	2,60	8372,76	209	kat	Map-16	1	50743	0,4447416	-430	-0,85
22/03/2016	45052	58	4	2,90	7706,36	188	vwn	Map-16	1	46560	0,4581387	-1.508	-3,24
23/03/2016	41915	65	5	3,10	7583,51	200	vwn	Map-16	1	45724	0,4866448	-3.809	-8,33
28/03/2016	44053	64	5	5,65	6781,00	181	vwn	Map-16	1	39809	0,3802987	4.244	10,66
05/04/2016	33714	64	5	3,33	6132,00	146	vwn	Anp-16	1	36886	0,4881573	-3.172	-8,60
06/04/2016	39624	51	3	3,86	7567,00	152	vwn	Anp-16	1	45266	0,5098003	-5.642	-12,46
07/04/2016	40094	61	5	5,01	7012,85	182	kat	Map-16	1	41448	0,4582872	-1.354	-3,27
13/04/2016	34654	67	6	5,92	4863,39	143	kat	Map-16	1	28470	0,3183530	6.184	21,72
15/04/2016	33099	56	4	1,38	6281,20	144	vwn	Anp-16	1	38542	0,5190892	-5.443	-14,12
18/04/2016	49929	57	4	2,78	9002,32	198	vwn	Anp-16	1	54455	0,4865475	-4.526	-8,31
19/04/2016	54030	54	3	3,21	9925,44	190	vwn	Anp-16	1	59773	0,4938066	-5.743	-9,61
20/04/2016	61469	55	3	4,38	12666,48	213	kat	Map-16	1	75364	0,5432484	-13.895	-18,44
21/04/2016	59962	56	4	4,50	10244,20	209	kat	Map-16	1	60873	0,4483835	-911	-1,50
22/04/2016	57101	56	4	4,13	9606,32	202	kat	Map-16	1	57302	0,4419648	-201	-0,35
25/04/2016	60208	56	4	3,23	10122,88	221	kat	Map-16	1	60955	0,4468671	-747	-1,23
26/04/2016	48713	58	4	3,53	7934,88	203	kat	Map-16	1	47628	0,4272438	1.085	2,28
27/04/2016	61174	59	4	3,79	9088,84	223	kat	Map-16	1	54412	0,3704048	6.762	12,43
28/04/2016	59830	60	4	2,84	10442,00	253	vwn	Anp-16	1	63129	0,4692632	-3.299	-5,23
05/05/2016	43204	54	3	3,35	7548,00	171	vwn	Mai-16	2	45392	0,4669932	-2.188	-4,82
06/05/2016	44501	53	3	3,78	8473,00	177	vwn	Mai-16	2	50731	0,5087674	-6.230	-12,28
09/05/2016	34463	59	4	7,41	5975,80	129	kat	Anp-16	1	34426	0,4393968	37	0,11
10/05/2016	42631	57	4	3,90	7926,00	185	vwn	Mai-16	2	47394	0,4962784	-4.763	-10,05

13/05/2016	41659	51	3	3,43	7393,00	181	vwπ	Mai-16	2	44425	0,4748710	-2.766	-6,23
16/05/2016	51378	60	4	5,53	9354,20	203	vwπ	Mai-16	2	54983	0,4767196	-3.605	-6,56
17/05/2016	55971	56	4	6,62	9650,92	199	vwπ	Mai-16	2	56075	0,4410370	-104	-0,19
18/05/2016	50098	59	4	4,24	9655,16	182	κατ	Απρ-16	1	57527	0,5123149	-7.429	-12,91
19/05/2016	39380	57	4	3,54	6036,12	167	κατ	Μαρ-16	1	36229	0,3912862	3.151	8,70
20/05/2016	36653	55	3	3,26	6525,92	149	vwπ	Mai-16	2	39282	0,4774784	-2.629	-6,69
15/06/2016	52213	57	4	3,31	8299,44	172	κατ	Μαρ-16	1	49929	0,4143878	2.284	4,57
24/06/2016	41018	56	4	4,10	7103,00	146	κατ	Μαρ-16	1	42384	0,4580533	-1.366	-3,22
28/06/2016	62457	57	4	2,57	9492,08	228	vwπ	Ιουν-16	2	57546	0,3922084	4.911	8,53
29/06/2016	61725	59	4	2,98	10292,28	213	κατ	Μαρ-16	1	62130	0,4436531	-405	-0,65
30/06/2016	57866	55	3	3,40	9516,36	223	κατ	Μαρ-16	1	57200	0,4334764	666	1,16
04/07/2016	66039	54	3	2,83	9909,76	214	κατ	Μαρ-16	1	59917	0,3827864	6.122	10,22
05/07/2016	63410	54	3	4,01	10456,48	226	κατ	Απρ-16	1	62451	0,4313983	959	1,54
06/07/2016	61071	53	3	3,59	10917,32	233	κατ	Ιουν-16	2	65490	0,4777879	-4.419	-6,75
07/07/2016	62663	54	3	5,47	11491,60	201	κατ	Απρ-16	1	67594	0,4808555	-4.931	-7,30
08/07/2016	58301	57	4	4,00	10855,00	275	vwπ	Ιουλ-16	2	64841	0,4964791	-6.540	-10,09
13/07/2016	69483	57	4	3,32	10698,32	216	κατ	Ιουν-16	2	64360	0,3954198	5.123	7,96
19/07/2016	57691	60	4	1,60	9378,00	211	vwπ	Ιουλ-16	2	57418	0,4373410	273	0,47
22/07/2016	66353	53	3	4,15	11233,68	217	κατ	Mai-16	2	66998	0,4453884	-645	-0,96
25/07/2016	66291	58	4	1,70	9821,00	205	κατ	Ιουλ-16	2	60070	0,3820008	6.221	10,36
26/07/2016	47659	55	3	2,82	7583,52	150	κατ	Ιουλ-16	2	45857	0,4179975	1.802	3,93
27/07/2016	28213	54	3	4,63	4376,72	88	κατ	Mai-16	2	25973	0,3917131	2.240	8,62
29/07/2016	19016	49	2	2,23	2986,00	60	κατ	Ιουλ-16	2	18165	0,4137524	851	4,69
01/08/2016	35131	54	3	1,25	5704,00	130	vwπ	Αυγ-16	3	35048	0,4386723	83	0,24
02/08/2016	55251	42	1	1,04	8883,04	171	vwπ	Αυγ-16	3	54697	0,4343323	554	1,01
03/08/2016	61126	44	1	2,93	10033,00	213	vwπ	Αυγ-16	3	60602	0,4351537	524	0,87
04/08/2016	58615	50	2	1,56	9010,96	167	vwπ	Αυγ-16	3	55194	0,4052954	3.421	6,20
29/08/2016	58239	56	4	2,60	9238,00	211	vwπ	Αυγ-16	3	55986	0,4174683	2.253	4,02
30/08/2016	58206	52	3	5,43	9636,00	211	vwπ	Αυγ-16	3	56700	0,4251223	1.506	2,66
31/08/2016	62272	53	3	4,90	9714,88	211	vwπ	Αυγ-16	3	57486	0,3933791	4.786	8,33
07/09/2016	56369	55	3	3,90	8481,28	186	κατ	Αυγ-16	3	50714	0,3775592	5.655	11,15
08/09/2016	58968	59	4	3,42	8671,00	193	κατ	Αυγ-16	3	52109	0,3662944	6.859	13,16
09/09/2016	56141	50	2	4,28	9953,40	160	κατ	Αυγ-16	3	59283	0,4696794	-3.142	-5,30
21/09/2016	57552	58	4	3,75	8451,32	194	κατ	Σεπ-16	3	50614	0,3632372	6.938	13,71

27/09/2016	53976	53	3	2,93	9910,80	182	κατ	Σεπ-16	3	59858	0,4950313	-5.882	-9,83
07/10/2016	56657	58	4	2,10	10448,76	237	κατ	Οκτ-16	3	63649	0,5015189	-6.992	-10,99
13/10/2016	15695	52	3	6,81	2972,20	63	vwπ	Οκτ-16	3	17233	0,4899926	-1.538	-8,93
20/10/2016	58312	58	4	3,96	8399,16	247	κατ	Οκτ-16	3	50193	0,3494217	8.119	16,17
21/10/2016	60713	59	4	2,87	9475,80	261	vwπ	Οκτ-16	3	57268	0,4063165	3.445	6,01
24/10/2016	69926	56	4	4,78	12479,00	301	vwπ	Οκτ-16	3	73939	0,4703970	-4.013	-5,43
25/10/2016	76316	55	3	3,14	11633,00	284	vwπ	Οκτ-16	3	70107	0,3904043	6.209	8,86
26/10/2016	71727	53	3	3,11	11959,00	262	vwπ	Οκτ-16	3	72097	0,4428766	-370	-0,51
27/10/2016	56871	61	5	2,05	8853,44	241	vwπ	Οκτ-16	3	53959	0,4097759	2.912	5,40
31/10/2016	57616	58	4	5,07	8967,00	225	vwπ	Οκτ-16	3	52968	0,3908563	4.648	8,78
01/11/2016	57860	55	3	2,76	8607,20	219	vwπ	Νοε-16	4	52078	0,3778227	5.782	11,10
02/11/2016	52355	55	3	1,70	7484,00	179	vwπ	Νοε-16	4	45775	0,3595084	6.580	14,37
03/11/2016	66758	61	5	2,52	10347,66	228	vwπ	Νοε-16	4	62761	0,4043405	3.997	6,37
04/11/2016	60292	61	5	2,78	9866,14	250	vwπ	Νοε-16	4	59686	0,4343119	606	1,02
07/11/2016	58575	56	4	3,56	9758,00	231	vwπ	Νοε-16	4	58555	0,4398081	20	0,03
09/11/2016	53989	58	4	3,28	8308,96	196	κατ	Οκτ-16	3	50003	0,3953559	3.986	7,97
11/11/2016	35192	59	4	2,40	5118,06	123	κατ	Οκτ-16	3	31081	0,3659386	4.111	13,23
14/11/2016	44271	58	4	3,00	6016,00	155	κατ	Νοε-16	4	36310	0,3172176	7.961	21,93
15/11/2016	43361	57	4	3,33	6735,00	134	κατ	Νοε-16	4	40510	0,4005852	2.851	7,04
16/11/2016	45723	62	5	2,17	6988,60	158	κατ	Νοε-16	4	42542	0,3981334	3.181	7,48
17/11/2016	42569	62	5	1,94	6490,28	142	κατ	Οκτ-16	3	39601	0,3980219	2.968	7,50
18/11/2016	36745	63	5	4,13	5660,58	127	κατ	Οκτ-16	3	33769	0,3906392	2.976	8,81
21/11/2016	51520	55	3	1,55	7202,00	170	κατ	Οκτ-16	3	44118	0,3460424	7.402	16,78
22/11/2016	46303	58	4	3,47	7133,00	179	vwπ	Νοε-16	4	42844	0,3947955	3.459	8,07
23/11/2016	24686	60	4	4,77	3839,00	91	κατ	Νοε-16	4	22748	0,3923043	1.938	8,52
24/11/2016	27106	60	4	2,70	4970,00	112	vwπ	Νοε-16	4	30089	0,4955260	-2.983	-9,92
25/11/2016	27426	53	3	1,80	4417,00	120	vwπ	Νοε-16	4	26989	0,4309294	437	1,62
28/11/2016	43082	61	5	8,50	7870,00	229	vwπ	Νοε-16	4	44807	0,4615535	-1.725	-3,85
29/11/2016	28525	64	5	5,88	4540,00	127	vwπ	Νοε-16	4	26588	0,3991993	1.937	7,29
30/11/2016	25602	61	5	3,77	4576,72	102	κατ	Νοε-16	4	27404	0,4768236	-1.802	-6,58
01/12/2016	20535	50	2	0,00	2800,00	56	κατ	Σεπ-16	3	17422	0,3399464	3.113	17,87
02/12/2016	23960	57	4	5,75	4057,60	101	κατ	Νοε-16	4	23796	0,4361303	164	0,69

05/12/2016	31012	67	6	2,77	4936,24	143	νωπ	ΔΕΚ-16	4	29865	0,4184851	1.147	3,84
06/12/2016	19355	63	5	2,00	3184,32	87	νωπ	ΔΕΚ-16	4	19417	0,4417960	-62	-0,32
07/12/2016	18864	62	5	3,50	2642,00	100	νωπ	ΔΕΚ-16	4	15864	0,3340890	3.000	18,91
08/12/2016	16142	65	5	3,75	2740,64	80	νωπ	ΔΕΚ-16	4	16413	0,4492593	-271	-1,65
09/12/2016	17674	60	4	2,43	3104,76	72	κατ	ΝοΕ-16	4	18850	0,4749377	-1.176	-6,24
10/12/2016	19551	70	6	11,90	3578,00	142	νωπ	ΔΕΚ-16	4	19614	0,4417930	-63	-0,32
12/12/2016	22227	60	4	1,75	3760,00	110	νωπ	ΔΕΚ-16	4	22986	0,4584943	-759	-3,30
13/12/2016	21655	69	6	4,58	4432,72	105	κατ	ΔΕΚ-16	4	26320	0,5392469	-4.665	-17,72
14/12/2016	23984	65	5	7,20	3442,92	87	κατ	ΔΕΚ-16	4	19880	0,3244006	4.104	20,64
15/12/2016	23850	65	5	3,50	3740,36	98	κατ	ΔΕΚ-16	4	22459	0,4053106	1.391	6,19
16/12/2016	19564	59	4	1,94	3187,00	80	κατ	ΔΕΚ-16	4	19446	0,4365878	118	0,61
19/12/2016	23919	66	6	1,90	3570,24	118	κατ	ΔΕΚ-16	4	21793	0,3853624	2.126	9,76
20/12/2016	22953	63	5	2,56	3735,96	113	κατ	ΝοΕ-16	4	22651	0,4325305	302	1,33
23/12/2016	11214	61	5	5,00	1789,00	44	κατ	ΝοΕ-16	4	10575	0,4061604	639	6,04