



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Υδατοκαλλιέργειες» -

«Παθολογικά Προβλήματα Εκτρεφόμενων Υδρόβιων Οργανισμών»

ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ ΜΕ ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ-ΑΛΙΕΙΑΣ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

“Δυνατότητες βελτιστοποίησης της διαχείρισης της παραγωγής και της διάθεσης των μυδιών των Ελληνικών μυδοκαλλιεργειών σε συνάρτηση με τις χρονικές περιόδους εμφάνισης τοξικών επεισοδίων από λιπόφιλες βιοτοξίνες”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ

Αριστείδης Βλάμης

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Ιωάννης Θεοδώρου

ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ 2010



**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE**

POSTGRADUATE STUDIES PROGRAM

“Aquaculture” – “Aquatic Animal Health”

***IN COLLABORATION WITH
THE DEPARTMENT OF AQUACULTURE & FISHERIES, TEI OF EPIRUS***

Thesis:

“Optimization possibilities with regard to production and distribution management of Greek cultured mussels, linked to time periods of occurrence of toxic episodes due to lipophilic toxins”

POSTGRADUATE STUDENT

Aristidis Vlamis

SUPERVISOR

John Theodorou

IGOUMENITSA 2010

Στην οικογένειά μου και στους αγαπημένους μου
φίλους που με στήριξαν και με ανέχτηκαν κατά την
εκπόνηση αυτής της μελέτης

© 2010 Αριστείδης Βλάμης, Παναγιώτα Κατίκου

Απαγορεύεται η εν όλω ή εν μέρει αναδημοσίευση στοιχείων που περιέχονται στην παρούσα μελέτη χωρίς αναφορά της πηγής (Ν. 2121/93 περί πνευματικής ιδιοκτησίας)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη προσεγγίζεται το θέμα της δυνατότητας ορθολογικής διαχείρισης και αποτελεσματικότερου προγραμματισμού της παραγωγής των μυδοκαλλιεργειών καθώς και της διάθεσης των μυδιών σε διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας λαμβάνοντας υπόψη τις χρονικές περιόδους απαγόρευσης της εξαλίευσης μυδιών λόγω της ισχύος υγειονομικών μέτρων σχετικών με τις λιπόφιλες (DSP) βιοτοξίνες στις περιοχές παραγωγής. Για το σκοπό αυτό, υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση τα δεδομένα του προγράμματος παρακολούθησης θαλασσιών βιοτοξινών του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων των ετών 2003-2008 και των ζωνών παραγωγής που εντοπίζονται στους κόλπους Σαρωνικό, Θερμαϊκό, Αμβρακικό, Μαλιακό και Καβάλας, τα οποία συμπεριλάμβαναν τις συγκεντρώσεις κυττάρων του τοξικού γένους *Dinophysis* spp. και την παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια, σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα κλιματολογικά δεδομένα (θερμοκρασία, ένταση και διεύθυνση ανέμου και βροχόπτωση) για κάθε περιοχή. Τα αποτελέσματα της μελέτης καταδεικνύουν τις επιδράσεις των επιμέρους κλιματολογικών παραμέτρων στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. και κατ' επέκταση στην εκδήλωση των DSP τοξικών επεισοδίων καθώς και τις, ιδιαίτερες κατά περιοχή, χρονικές περιόδους στις οποίες εντοπίζονται τα επεισόδια αυτά από τα υπάρχοντα ιστορικά στοιχεία. Με βάση τα τελευταία, προτείνονται για κάθε περιοχή οι ιδανικές χρονικές περίοδοι για τη διακίνηση και εμπορία των μυδιών με απώτερο σκοπό τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους των μυδοκαλλιεργειών.

ABSTRACT

In the present study, an approach with regard to rational management and effective scheduling of mussel culture production and marketing in different Greek areas, was attempted, taking into account the time periods of mussels' harvesting restrictions due to implementation of regulatory measures involving lipophilic (DSP) biotoxins in the production areas. For this purpose, data derived from the national monitoring program for marine biotoxins of the Ministry of Rural Development and Food for the years 2003-2008 and production areas of Saronikos, Thermaikos, Amvrakikos, Maliakos and Kavala Gulfs, which included cell concentrations of the toxic genus *Dinophysis* spp. and presence of DSP toxicity in mussels, in conjunction with the respective climatological data (temperature, wind intensity and direction and rainfall) for each area, were submitted to statistical analysis. Results indicate the influences of individual climatological parameters to growth of *Dinophysis* spp. and, consequently, to the occurrence of DSP toxic episodes, together with the, particular for each area, time periods in which these episodes emerge, as pointed out by the existing historical data. Based on the latter, the ideal time periods for mussel marketing are suggested for each production area, in the purpose of maximizing mussel culture profit.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω θερμά την Υπεύθυνη του Εθνικού Εργαστηρίου Αναφοράς Βιοτοξινών, Δρ. Παναγιώτα Κατίκου, για την αμέριστη υποστήριξη που επέδειξε κατά τη συγγραφή της διπλωματικής μου εργασίας και για την καθοριστική καθοδήγηση της σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της, βασιζόμενη στην πολύτιμη επιστημονική γνώση και εμπειρία της, καθώς και την Προϊσταμένη Διεύθυνσης του Ινστιτούτου Υγιεινής Τροφίμων Θεσσαλονίκης, κα. Αδαμαντία Παπαδοπούλου, για την παραχώρηση των εργαστηριακών δεδομένων, απαραίτητων για την πραγμάτωση της παρούσας μελέτης. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον καθηγητή εφαρμογών και εισηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Ιωάννη Θεοδώρου για την εποικοδομητική συνεργασία, τη βοήθεια και τη γενική επίβλεψη κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της. Οφείλω ακόμη να ευχαριστήσω τον καθηγητή Στατιστικής του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης κ. Δημήτριο Πετρίδη για τις συμβουλές και υποδείξεις του στη στατιστική ανάλυση των δεδομένων της έρευνας, και τη βιολόγο Δρ. Αικατερίνη Αλιγιζάκη για την εποικοδομητική της συμβολή σε θέματα φυσιολογίας και βιονομίας των τοξικών μικροφυκών.

Ευχαριστίες οφείλονται επίσης στη Γενική Διεύθυνση Κτηνιατρικής του ΥΠΑΑΤ για τη συναίνεση σχετικά με τη διενέργεια της παρούσας μελέτης και στις Διευθύνσεις Κτηνιατρικής των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων Θεσσαλονίκης, Πιερίας, Ημαθίας, Καβάλας, Φθιώτιδας, Δυτικής Αττικής (Αγροτικό Κτηνιατρείο Μεγάρων) και Πρεβέζης, για την παροχή των δεδομένων αφενός των αναλύσεων του θαλασσινού νερού για παρουσία τοξικού φυτοπλαγκτού και αφετέρου των συντεταγμένων των σημείων δειγματοληψίας. Εκφράζω τις ευχαριστίες μου επίσης στην Ε.Μ.Υ. για την παροχή των κλιματολογικών δεδομένων.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω θερμά τον φίλο και πρόην συνάδελφο μου κ. Δημήτριο Χατήρα για όλη τη συμπαράσταση του τόσο σε ότι αφορά στη μελέτη μου, όσο και γενικότερα κατά το χρονικό διάστημα της διαμονής μου στα Ιωάννινα.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου για τη συνεχή συμπαράσταση που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	σελ.	iv
ABSTRACT	»	v
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	»	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	»	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	»	xi

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.	1
2.	ΕΠΙΒΛΑΒΕΙΣ ΑΝΘΙΣΕΙΣ ΦΥΚΩΝ & ΔΙΑΡΡΟΪΚΕΣ ΤΟΞΙΝΕΣ	»	6
2.1.	Γενικά για το πλαγκτό και το φυτοπλαγκτό	»	6
2.2	Επιβλαβείς ανθίσεις φυκών	»	8
2.3	Οργανισμοί υπεύθυνοι για την παραγωγή των DSP τοξινών	»	10
2.3.1	<u>Ταξινόμηση και μορφολογία του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	12
2.3.2.	<u>Περιοδικότητα της παρουσίας του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	16
2.3.3	<u>Επίδραση κλιματολογικών παραμέτρων στην παρουσία και ανάπτυξη του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	21
2.3.3.1	<i>Επίδραση της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου</i>	»	21
2.3.3.2	<i>Επίδραση της θερμοκρασίας.</i>	»	23
2.3.3.3	<i>Επίδραση της βροχόπτωσης</i>	»	26
2.4	Διαρροϊκή τοξίνωση από οστρακοειδή (DSP)	»	26
2.5.	Μύδια	»	29
2.5.1	<u>Κατάταξη, ανατομία και βιολογία του μυδιού</u>	»	29
2.5.2.	<u>Μηχανισμοί αυτοκάθαρσης των μυδιών</u>	»	34
3.	ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΒΛΑΒΩΝ ΑΝΘΙΣΕΩΝ ΦΥΚΩΝ, ΣΧΕΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΪΚΩΝ ΒΙΟΤΟΞΙΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	»	36
4.	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	»	41

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	σελ.	44
5.1	Δεδομένα αφθονίας τοξικού ή/και δυνητικώς τοξικού φυτοπλαγκτού και δεδομένα DSP τοξικότητας στα μύδια	»	44
5.1.1	<u>Χρονική περίοδος της μελέτης και συχνότητα δειγματοληψιών</u>	»	44
5.1.2	<u>Ζώνες παραγωγής και σημεία δειγματοληψίας</u>	»	44

5.1.2.1	Σαρωνικός κόλπος	σελ.	45
5.1.2.2	Θερμαϊκός κόλπος	»	47
5.1.2.3	Κόλπος Καβάλας	»	51
5.1.2.4	Αμβρακικός κόλπος	»	53
5.1.2.5	Μαλιακός κόλπος	»	54
5.1.3	<u>Προέλευση των δεδομένων αφθονίας τοξικού ή/και δυνητικώς τοξικού φυτοπλαγκτού</u>	»	55
5.1.4	<u>Προέλευση των δεδομένων DSP τοξικότητας στα μύδια</u>	»	55
5.2	Κλιματολογικά δεδομένα	»	56
5.3	Διαγράμματα - Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων	»	58
5.3.1	<u>Κατηγοριοποίηση των δεδομένων</u>	»	58
5.3.2	<u>Διαγραμματική απεικόνιση</u>	»	61
5.3.3	<u>Στατιστική επεξεργασία</u>	»	61
6.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	»	63
6.1	Συνολική μελέτη των περιοχών της Ελληνικής επικράτειας	»	63
6.1.1	<u>Στοιχεία για την αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	63
6.1.2	<u>Χρονική κατανομή της αφθονίας των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	65
6.1.3	<u>Συγκριτικά στοιχεία για τις κλιματολογικές παραμέτρους κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης</u>	»	68
6.1.4	<u>Επίδραση των κλιματολογικών παραμέτρων στην αφθονία του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	71
6.1.5	<u>Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	74
6.1.6	<u>Παρουσία της DSP τοξικότητας στα μύδια</u>	»	79
6.1.7	<u>Συσχέτιση των παραμέτρων που επιδρούν στην εμφάνιση των τοξικών επεισοδίων</u>	»	83
6.2	Ιδιαίτερες παρατηρήσεις κατά περιοχή ή/και σημείο δειγματοληψίας	»	85
6.2.1	<u>Νομαρχία Δυτικής Αττικής</u>	»	85
6.2.1.1	<u>Αφθονία κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	85
6.2.1.2	<u>Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	86
6.2.1.3	<u>Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	86
6.2.1.4	<u>Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια</u>	»	92
6.2.1.5	<u>Χρονικές περίοδοι με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008</u>	»	93
6.2.2	<u>Νομαρχία Θεσσαλονίκης</u>	»	97
6.2.2.1	<u>Αφθονία κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i></u>	»	97

6.2.2.2	Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	σελ.	98
6.2.2.3	Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	101
6.2.2.4	Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια	»	115
6.2.2.5	Χρονικές περίοδοι με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008	»	117
<u>6.2.3</u>	<u>Νομαρχία Ημαθίας</u>	»	127
6.2.3.1	Αφθονία κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	127
6.2.3.2	Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	128
6.2.3.3	Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	131
6.2.3.4	Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια	»	135
6.2.3.5	Χρονικές περίοδοι με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008	»	135
<u>6.2.4</u>	<u>Νομαρχία Πιερίας</u>	»	141
6.2.4.1	Αφθονία κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	141
6.2.4.2	Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	141
6.2.4.3	Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	144
6.2.4.4	Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια	»	148
6.2.4.5	Χρονικές περίοδοι με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008	»	149
<u>6.2.5</u>	<u>Νομαρχία Καβάλας</u>	»	159
6.2.5.1	Αφθονία κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	159
6.2.5.2	Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	160
6.2.5.3	Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	162
6.2.5.4	Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια	»	165
6.2.5.5	Χρονικές περίοδοι με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008	»	166
<u>6.2.6</u>	<u>Νομαρχία Πρεβέζης</u>	»	172
6.2.6.1	Αφθονία κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	172
6.2.6.2	Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	172
6.2.6.3	Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	175
6.2.6.4	Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια	»	179
6.2.6.5	Χρονικές περίοδοι με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008	»	179
<u>6.2.7</u>	<u>Νομαρχία Φθιώτιδας</u>	»	185
6.2.7.1	Αφθονία κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	185

6.2.7.2	Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	σελ.	185
6.2.7.3	Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	186
6.2.7.4	Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια	»	193
6.2.7.5	Χρονικές περίοδοι με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008	»	193
7.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	»	199
7.1	Αφθονία κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	199
<u>7.1.1</u>	<u>Χωρική κατανομή</u>	»	199
<u>7.1.2</u>	<u>Χρονική κατανομή</u>	»	202
7.2	Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	204
<u>7.2.1</u>	<u>Θερμοκρασία</u>	»	204
<u>7.2.2</u>	<u>Ένταση και διεύθυνση του ανέμου</u>	»	205
<u>7.2.3</u>	<u>Βροχόπτωση</u>	»	207
7.3	Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους <i>Dinophysis</i>	»	208
7.4	Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια	»	208
7.5	Χρονικές περίοδοι με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008	»	211
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	»	215
8.1	Συμπεράσματα	»	215
<u>8.1.1</u>	<u>Χρονική και χωρική κατανομή του <i>Dinophysis</i> spp. και παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξή του</u>	»	215
<u>8.1.2</u>	<u>DSP τοξικότητα στα μύδια</u>	»	216
<u>8.1.3</u>	<u>Χρονική κατανομή των υγειονομικών μέτρων</u>	»	216
8.2	Προτάσεις	»	220
9.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	»	222
9.1	Ξενόγλωσση	»	222
9.2	Ελληνική	»	233

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ANOVA	:	Analysis of variance - Ανάλυση διακύμανσης
ASP	:	Amnesic Shellfish Poisoning - Αμνησιακή τοξίνωση από οστρακοειδή
AZA	:	Azaspiracids - Αζασπειροξέα
CFP	:	Ciguatera Fish Poisoning - Τοξίνωση σιγκουατέρα
DSP	:	Diarrhetic Shellfish Poisoning - Διαρροϊκή τοξίνωση από οστρακοειδή
DTX	:	Dinophysistoxin - Δινοφυσιστοξίνη
EFSA	:	European Food Safety Authority - Ευρωπαϊκή Αρχή Ασφάλειας των Τροφίμων
HAB	:	Harmful Algal Bloom - Επιβλαβής άνθηση φυκών
HP	:	Hepatopancreas - Ηπατοπάγκρεας
NSP	:	Neurotoxic Shellfish Poisoning - Νευροτοξική τοξίνωση από οστρακοειδή
OA	:	Okadaic acid - Οκαδαϊκό οξύ
PCA	:	Principal Component Analysis - Ανάλυση κυρίων συνιστωσών
PSP	:	Paralytic Shellfish Poisoning - Παραλυτική τοξίνωση από οστρακοειδή
PTX	:	Pectenotoxins - Πεκτενοτοξίνες
RASFF	:	Rapid Alert System for Food and Feed - Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για τα τρόφιμα και τις ζωοτροφές
SD	:	Standard deviation - Τυπική απόκλιση
YTX	:	Yessotoxin - Γεσσοτοξίνη
ΕΕ	:	Ευρωπαϊκή Ένωση - European Union
ΕΕΑΘΒ	:	Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς Θαλασσιών Βιοτοξινών - National Reference Laboratory on Marine Biotoxins
ΕΜΥ	:	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία - Hellenic National Meteorological Service
ΥΠΑΑΤ	:	Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων - Ministry of Rural Development and Food

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατανάλωση οστρακοειδών που συνδέεται με προβλήματα ανθρώπινης υγείας έχει καταγραφεί ήδη από τους μεσαιωνικούς χρόνους (Lees, 2000). Μία από τις πρώτες καταγεγραμμένες περιπτώσεις θανατηφόρου δηλητηρίασης ανθρώπων μετά από κατανάλωση οστρακοειδών μολυσμένων με βιοτοξίνες ήταν το 1793 όταν ο Captain George Vancouver και το πλήρωμά του έφτασαν στη British Columbia του Καναδά (η περιοχή είναι τώρα γνωστή ως Poison Cove) για χαρτογράφηση της περιοχής. Ορισμένα από τα μέλη του πληρώματος κατανάλωσαν μύδια από την περιοχή και δηλητηριάστηκαν. Οι περισσότεροι μετά την εκδήλωση των σχετικών συμπτωμάτων ανέρρωσαν, αλλά για έναν η δηλητηρίαση ήταν θανατηφόρα. Ο George Vancouver έμαθε αργότερα ότι για τις αυτόχθονες φυλές Ινδιάνων η κατανάλωση οστρακοειδών όταν τα θαλασσινά νερά φωσφορίζαν εξαιτίας των ανθίσεων των δινομαστιγωτών αποτελούσε «ταμπού» (Dale & Yentsch, 1978; Tibbetts, 1998). Οι αλκαλοειδείς τοξίνες που προκάλεσαν το θάνατο στην περίπτωση αυτή, οι οποίες ανήκαν στην κατηγορία των παραλυτικών τοξινών (PSP), είναι τόσο δραστικές ώστε μια ποσότητα ισομεγέθης με το κεφάλι μιας καρφίτσας (περίπου 500 μικρογραμμάρια), η οποία μπορεί με ευκολία να συσσωρευτεί σε μόνο μία μερίδα οστράκων των 100 γραμμαρίων, μπορεί να είναι θανατηφόρα για τον άνθρωπο (Hallegraeff, 2003).

Σε παγκόσμιο επίπεδο σήμερα καταγράφονται κάθε χρόνο περίπου 2000 περιπτώσεις τοξινώσεων από κατανάλωση ψαριών και οστρακοειδών (15% θνησιμότητα). Συνεπώς, εάν υπάρχει πλημμελής έλεγχος σε αυτόν τον τομέα, ο οικονομικός αντίκτυπος εξαιτίας του περιορισμού της κατανάλωσής των προϊόντων αυτών και της ελάττωσης των εξαγωγών τους μπορεί να μην είναι ευκαταφρόνητος. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον από την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα, δίνεται στις δηλητηριάσεις του ανθρώπου από κατανάλωση «μολυσμένων» οστρακοειδών, εξαιτίας της παρουσίας τοξινών από συγκεκριμένα είδη μικροφυκών, τα οποία αποτελούν το βασικό ενδιαίτημα των δίθυρων μαλακίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ενώ τα «μολυσμένα» οστρακοειδή δεν φαίνεται να εκδηλώνουν παθολογικά συμπτώματα, η κατανάλωσή τους από τον άνθρωπο δημιουργεί σοβαρά προβλήματα υγείας, ιδιαίτερα

σε ευπαθή άτομα, που σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει και στον θάνατο (UNESCO, 1995).

Η εμφάνιση των βιοτοξινών και η πιθανότητα εκδήλωσης τοξινώσεων είναι διεθνώς ένα φαινόμενο πολυδιάστατο, με σοβαρές επιπτώσεις τόσο στη δημόσια υγεία, όσο και στην οικονομία των οστρακοκαλλιεργητών. Μπορεί να εμφανιστεί απρόσμενα σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, ανεξάρτητα από την τοποθεσία και τις κλιματολογικές συνθήκες (Hallegraeff, 2003), εφόσον υφίσταται η αντίστοιχη επιβλαβής άνθιση φυκών (Harmful Algal Bloom, HAB). Στην Ελλάδα, σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Εργαστηρίου Αναφοράς Θαλασσιών Βιοτοξινών, η τρέχουσα κατάσταση δε διαφέρει από τα διεθνή δεδομένα (Katikou, 2005). Η κυριότερη αιτία που καθιστά τον έλεγχο των βιοτοξινών εξαιρετικής σημασίας είναι το γεγονός ότι οι θαλάσσιες βιοτοξίνες αποτελούν χημικές ενώσεις με ιδιαίτερη θερμοαντοχή και επομένως η θερμική επεξεργασία των διθύρων μαλακίων πριν την κατανάλωσή τους δεν δύναται να ελαττώσει την τοξικότητά τους.

Ανάλογα με τα συμπτώματα δηλητηρίασης, που σχετίζονται με τη δομή και τη δράση των βιοτοξινών, διακρίνονται πέντε τύποι συνδρόμων (UNESCO, 1995; Daranas et al., 2001):

- η διαρροϊκού τύπου δηλητηρίαση (Diarrhetic Shellfish Poisoning, DSP),
- η παραλυτικού τύπου δηλητηρίαση (Paralytic Shellfish Poisoning, PSP),
- η αμνησιακού τύπου δηλητηρίαση (Amnesic Shellfish Poisoning, ASP),
- η νευροτοξικού τύπου δηλητηρίαση (Neurotoxic Shellfish Poisoning, NSP) και
- η δηλητηρίαση τύπου Ciguatera (Ciguatera fish Poisoning, CFP).

Προς το παρόν η μόνη προσέγγιση για την απομάκρυνση των τοξινών από τα δίθυρα μαλάκια είναι η φυσική αποτοξίκωση, κατά την οποία τα δίθυρα μαλάκια παραμένουν στη θάλασσα για αρκετές εβδομάδες μετά την αποδρομή του τοξικού επεισοδίου (Gestal-Otero, 2000). Το πρόβλημα είναι ότι η διαδικασία της φυσικής αποτοξίκωσης είναι αργή και εξαρτάται από τη μεταβολική δραστηριότητα των μαλακίων, η οποία μπορεί να επηρεάζεται από ποικίλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως π.χ. η χαμηλή θερμοκρασία (Gonzalez et al., 2002). Στα πλαίσια αυτά, ο καλύτερος, και ίσως και ο μοναδικός προς το παρόν, διαθέσιμος τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος, είναι η λήψη προληπτικών μέτρων, τα οποία προϋποθέτουν τη

θέσπιση ενός συστήματος εντατικής παρακολούθησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος και των οστρακοειδών.

Σ' αυτά τα πλαίσια, σε συνδυασμό και με την εφαρμογή των εκάστοτε ισχυουσών Ευρωπαϊκών κανονιστικών διατάξεων (αρχικά Οδηγία 91/492/ΕΚ και σήμερα Κανονισμός 853/2004), το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ) έχει καταρτίσει και διενεργεί ήδη από το 1999 το «Εθνικό Πρόγραμμα Επιτήρησης Ζωνών ή Περιοχών Παραγωγής Διθύρων Μαλακίων για παρουσία θαλασσίων βιοτοξινών». Το συγκεκριμένο πρόγραμμα όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα (Απόφαση ΥΠΑΑΤ αρ. πρωτ. 313153/20-12-2002) επιβάλλει την παρακολούθηση σε εβδομαδιαία βάση της παρουσίας τριών ομάδων θαλασσίων βιοτοξινών (DSP, PSP, και ASP) σε όλες τις περιοχές του Ελλαδικού χώρου στις οποίες υφίσταται νόμιμη παραγωγή (υδατοκαλλιέργεια ή ελεύθερη αλιεία) διθύρων μαλακίων. Σε συμμόρφωση με το πρόγραμμα παρακολούθησης, και σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εξετάσεων που διενεργούνται στα πλαίσια του εν λόγω προγράμματος, οι αρμόδιες νομαρχιακές Διευθύνσεις Κτηνιατρικής προβαίνουν στη λήψη υγειονομικών μέτρων με την απαγόρευση αλίευσης και διακίνησης των οστρακοειδών στις αντίστοιχες περιοχές δειγματοληψίας στις περιπτώσεις αφενός θετικών αποτελεσμάτων για την παρουσία βιοτοξινών στα οστρακοειδή και αφετέρου, σε προληπτικό επίπεδο, υπέρβασης των εθνικών κανονιστικών ορίων που αφορούν στην παρουσία ειδών τοξικού ή δυνητικώς τοξικού φυτοπλαγκτού στο θαλασσινό νερό.

Σύμφωνα με τα έως τώρα διαθέσιμα δεδομένα του Εθνικού Εργαστηρίου Αναφοράς Θαλάσσιων Βιοτοξινών του ΥΠΑΑΤ, τα τοξικά επεισόδια από θαλάσσιες βιοτοξίνες στον Ελλαδικό χώρο στο χρονικό διάστημα 2000-2008 οφείλονται σχεδόν αποκλειστικά σε βιοτοξίνες της ομάδας των διαρροϊκών (Diarrhetic Shellfish Poisoning, DSP) τοξινών (λιπόφιλες τοξίνες), και συγκεκριμένα σε τοξίνες της ομάδας του OA, η παρουσία των οποίων συνδέεται κυρίως με την άνθιση του τοξικού γένους δινομαστιγωτών *Dinophysis* spp. (Mouratidou et al., 2004; Prassopoulou et al., 2009; Louppis et al., 2010) και σε μικρότερο βαθμό αυτών του γένους *Prorocentrum* spp. Η διαρροϊκή δηλητηρίαση από οστρακοειδή (DSP), αποτελεί μία από τις κυριότερες τοξινώσεις που έχουν ως αιτιολογικό παράγοντα τις θαλάσσιες βιοτοξίνες, και είναι μία γαστρεντερική ασθένεια που προκαλείται από την κατανάλωση οστρακοειδών, τα οποία

έχουν μολυνθεί με οκαδαϊκό οξύ (Okadaic acid, OA) ή/και δινοφυσιστοξίνες (Dinophysistoxins, DTXs). Όταν η κατανάλωση οστρακοειδών μολυσμένων με DSP τοξίνες υπερβαίνει τα 160 μg OA eq/Kg σάρκας οστρακοειδών (Κανονισμός 853/2004), μπορεί να έχει ως συνέπεια την εκδήλωση διάρροιας, ναυτίας, έμετου και κοιλιακού πόνου, σε διάστημα από μισή έως μερικές ώρες μετά την κατανάλωση. Πλήρης ανάρρωση παρατηρείται εντός τριών ημερών (Yasumoto et al., 1978). Η ελάχιστη δόση OA και δινοφυσιστοξίνης-1 (DTX-1) που μπορεί να προκαλέσει διάρροια σε ενηλίκους έχει υπολογιστεί στα 40 και 36 mg (εφάπαξ δόση), αντίστοιχα (Hamano et al., 1986). Η DSP έχει αναγνωριστεί ως παγκόσμιο πρόβλημα δημόσιας υγείας, το οποίο αφορά άμεσα και σε μεγάλο βαθμό τη βιομηχανία οστρακοειδών (Yasumoto & Murata, 1993; Quilliam & Wright, 1995).

Σε ότι αφορά στον Ελλαδικό χώρο, οι τοξίνες αυτές εμφανίζονται σχεδόν σταθερά σε ετήσια βάση στις διάφορες περιοχές δειγματοληψίας, χωρίς ωστόσο οι περίοδοι διάρκειας της τοξικότητας να συμπίπτουν πάντοτε χρονικά, ορισμένες φορές ακόμα και σε γειτονικές μεταξύ τους περιοχές. Στα πλαίσια αυτά, η διερεύνηση και αποσαφήνιση της χώρο-χρονικής κατανομής της παρουσίας των λιπόφιλων τοξινών στο σύνολο του Ελλαδικού χώρου, η οποία αποτελεί και το σκοπό της παρούσας μελέτης, θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την πλέον αποδοτική χρονική διαχείριση της κατά τόπους παραγωγής των οστρακοειδών, ώστε να αποφεύγεται όσο το δυνατόν η χρονική σύμπτωση των περιόδων κανονιστικής απαγόρευσης εξαιτίας τοξικών επεισοδίων από λιπόφιλες βιοτοξίνες με τις περιόδους στις οποίες τα οστρακοειδή βρίσκονται σε εμπορεύσιμο μέγεθος.

Στην παρούσα μελέτη, αξιοποιήθηκαν και υποβλήθηκαν σε στατιστική επεξεργασία τα δεδομένα του κανονιστικού ελέγχου από την εφαρμογή του «Εθνικού Προγράμματος Επιτήρησης Ζωνών ή Περιοχών Παραγωγής Διθύρων Μαλακίων για παρουσία θαλασσιών βιοτοξινών» του ΥΠΑΑΤ. Τα δεδομένα αυτά αφορούν στη χρονική περίοδο των ετών 2003-2008, και η ανάλυσή τους διενεργήθηκε σε συνδυασμό με κλιματολογικά δεδομένα του ίδιου χρονικού διαστήματος, προερχόμενα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.). Όλα τα σχετικά δεδομένα του προγράμματος επιτήρησης των βιοτοξινών βρίσκονται στην κατοχή του Εθνικού Εργαστηρίου Αναφοράς Θαλασσιών Βιοτοξινών, του Ινστιτούτου Υγιεινής Τροφίμων

του Κέντρου Κτηνιατρικών Ιδρυμάτων Θεσσαλονίκης, του ΥΠΑΑΤ και η χρήση τους στη μελέτη κατέστη δυνατή κατόπιν σχετικής ενημέρωσης και συναίνεσης από τη Γενική Διεύθυνση Κτηνιατρικής του ΥΠΑΑΤ.

2. ΕΠΙΒΛΑΒΕΙΣ ΑΝΘΙΣΕΙΣ ΦΥΚΩΝ & ΔΙΑΡΡΟΪΚΕΣ ΤΟΞΙΝΕΣ

2.1. Γενικά για το πλαγκτό και το φυτοπλαγκτό

Ο όρος «πλαγκτό» αναφέρεται σε οργανισμούς που έχουν περιορισμένη δυνατότητα μετακίνησης και υπόκεινται σε παθητική μετακίνηση με τα ρεύματα του νερού. Η πρώτη αναφορά του όρου έγινε κατά το τέλος τους 19^{ου} αιώνα, από το Γερμανό βιολόγο Victor Hensen, στην προσπάθεια του να περιγράψει τους μικροσκοπικούς οργανισμούς των ωκεανών, ενώ η πρώτη παρατήρηση σε μικροσκόπιο των οργανισμών αυτών έγινε το 1676, από τον Anton Van Leewenhoek (Μουστάκα-Γούννη, 1997).

Υπάρχουν έξι κατηγορίες πλαγκτικών οργανισμών (Πίνακας 2.1), οι οποίες χωρίζονται σε επτά διαφορετικές κλάσεις μεγέθους, με ελάχιστο μέγεθος τα 0,02 μm (Φεμπτοπλαγκτό) και μέγιστο τα 200 cm (Μεγαπλαγκτό) (Sieburth, 1979). Σύμφωνα με τον Nybakken (2001), το πλαγκτό διακρίνεται, ανάλογα με το είδος των οργανισμών, σε δύο κατηγορίες: το ζωοπλαγκτόν και το φυτοπλαγκτό, το οποίο συχνά αναφέρεται και ταυτίζεται με τον όρο «μικροφύκη». Οι οργανισμοί που ανήκουν στο ζωοπλαγκτό χωρίζονται περαιτέρω σε ολοπλαγκτό και μεροπλαγκτό, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κύκλου ζωής τους. Στο ολοπλαγκτό ανήκουν οι οργανισμοί που περνούν όλη τη ζωή τους ως μέρος του πλαγκτού, ενώ οι μεροπλαγκτικοί οργανισμοί χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι αποτελούν μέρος του πλαγκτού μόνο κατά την προνυμφική τους φάση, ενώ στην ενήλικη αλλάζουν ενδιαίτημα και αποτελούν είτε μέρος του πυθμένα, είτε του νηκτού (οργανισμοί με ικανότητα κολύμβησης) (Nybakken, 2001).

Το πλαγκτό αποτελεί ένα πολύ αξιόπιστο δείκτη κλιματικών αλλαγών του θαλάσσιου περιβάλλοντος (Hays et al., 2005) για τους εξής λόγους:

- Σε αντίθεση με άλλους θαλάσσιους οργανισμούς, πολύ λίγα είδη πλαγκτού είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμα και αυτό μπορεί να υποστηρίξει την άποψη ότι μακροχρόνιες αλλαγές του πλαγκτού μπορούν να αποδοθούν σε κλιματικές αλλαγές.
- Τα περισσότερα είδη έχουν μικρό χρόνο ζωής, με συνέπεια άτομα προηγούμενων ετών να μην επιβαρύνουν το πληθυσμιακό μέγεθος, συνδέοντας έτσι στενά τις περιβαλλοντικές αλλαγές με τη δυναμική του πλαγκτού.

- Το πλαγκτό μπορεί να εμφανίσει δραματικές αλλαγές στην κατανομή του καθώς αποτελείται από ελεύθερους επιπλέοντες οργανισμούς, οι οποίοι μπορούν να αποκρίνονται άμεσα σε αλλαγές της θερμοκρασίας και των ωκεάνιων ρευμάτων.

Πίνακας 2.1. Διαχωρισμός του πλαγκτού με βάση το μέγεθος (Sieburth, 1979).

Κατηγορίες	Κλάσεις μεγέθους							
	Φεμτοπλαγκτό (0,02 - 0,2 μm)	Πικοπλαγκτό (0,2 - 2 μm)	Νανοπλαγκτό (2 - 20 μm)	Μικροπλαγκτό (20 - 200 μm)	Μεσοπλαγκτό (0,2 - 20 mm)	Μακροπλαγκτό (2 - 20 cm)	Μεγαπλαγκτό (20 - 200 cm)	
Ιοπλαγκτό	—————							
Βακτηριοπλαγκτό		—————						
Μυκοπλαγκτό			—————					
Φυτοπλαγκτό			—————	—————				
Πρωτοζωοπλαγκτό			—————	—————				
Μεταζωοπλαγκτό			—————	—————				
Μέγεθος (m)	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0

Στα θαλάσσια ύδατα απαντώνται περίπου 5.000 είδη φυτοπλαγκτού τα οποία είναι σχεδόν αποκλειστικά φωτοαυτότροφοι οργανισμοί, δηλαδή η αύξησή τους εξαρτάται άμεσα από την ηλιακή ενέργεια και από τα θρεπτικά συστατικά που είναι διαλυμένα και διαθέσιμα στο νερό. Η χημική σύσταση των φυτοπλαγκτικών οργανισμών είναι κυρίως νερό, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λιπίδια (με φθίνουσα σειρά συγκέντρωσης) και εξαρτάται άμεσα από τις μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών (Reynolds, 2001). Τα είδη του φυτοπλαγκτού ποικίλουν σημαντικά όσον αφορά στο μέγεθος, στη μορφή και στο σχήμα σώματος δημιουργώντας ξεχωριστές ταξινομικές ομάδες. Από τις πιο σημαντικές και με τους περισσότερους εκπροσώπους ομάδες του φυτοπλαγκτού είναι τα διάτομα (Bacillariophyceae), τα δινοφύκη (Dinophyceae), τα πρυμνεσιοφύκη (Prymnesiophyceae) και τα κρυπτοφύκη (Cryptophyceae) (Nybakken, 2001).

Η πιο σημαντική ομάδα του φυτοπλαγκτού, τα δινοφύκη, τα οποία και ενδιαφέρουν άμεσα την παρούσα μελέτη, έχουν δύο μαστίγια χάρη στα οποία μπορούν και μετακινούνται στο νερό. Τα περισσότερα έχουν κυτταρικό τοίχωμα που αποτελείται από πλάκες κυτταρίνης, οι οποίες φέρουν πόρους, αγκάθια ή άλλες κατασκευές. Είναι μονοκύτταροι οργανισμοί που σπάνια σχηματίζουν αποικίες. Σε αντίθεση με τα

αποκλειστικά φωτοαυτότροφα διάτομα, κάποια είδη δινοφυκών είναι ετερότροφα (Nybakken, 2001).

Όταν οι συνθήκες το ευνοήσουν, ορισμένα είδη μικροφυκών είναι δυνατό να πολλαπλασιαστούν ραγδαία (έως εκατομμύρια κύτταρα ανά λίτρο). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται άνθιση και τις περισσότερες φορές είναι ευεργετικό για τις υδατοκαλλιέργειες. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις μπορεί να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις, με προεκτάσεις στη δημόσια υγεία, το περιβάλλον και τα οικονομικά των αλιέων. Η κατάσταση αυτή είναι γνωστή ως «επιβλαβής άνθιση φυκών» (Harmful Algal Bloom, HAB) και περιγράφεται αναλυτικότερα στη συνέχεια.

2.2 Επιβλαβείς ανθίσεις φυκών

Οι ανθίσεις φυκών (algal blooms) είναι φαινόμενα που δημιουργούνται σε παράκτια νερά και λίμνες εξαιτίας της μαζικής ανάπτυξης συγκεκριμένων μονοκύτταρων, κυρίως, φωτοσυνθετικών οργανισμών (φυτοπλαγκτό). Αν και το φυτοπλαγκτό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην τροφική αλυσίδα των υδάτινων οικοσυστημάτων, καθώς αποτελεί τροφή για πληθώρα οργανισμών η μαζική αύξησή του μπορεί να αποβεί επιβλαβής για το υδάτινο φυσικό περιβάλλον και τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα συγκεκριμένα φαινόμενα χαρακτηρίζονται διεθνώς ως Harmful Algal Blooms (HAB's), αποδίδονται στα Ελληνικά με τον όρο «επιβλαβείς ανθίσεις φυκών» και οι συνέπειες τους συνίστανται (UNESCO, 1995; Zingone & Enevoldsen, 2000):

1. στο δυσχρωματισμό των νερών, λόγω της μεγάλης αφθονίας τους και των χρωστικών ουσιών που διαθέτουν για αυτό και τα συγκεκριμένα φαινόμενα χαρακτηρίζονται ως «ερυθρές παλίρροιες»,

2. στη δημιουργία ανοξικών συνθηκών στα κατώτερα στρώματα της στήλης του νερού, εξαιτίας της έντονης μικροβιακής δραστηριότητας που παρατηρείται στη διαδικασία αποικοδόμησης της απονεκρωμένης φυτοπλαγκτικής βιομάζας.

3. Στις επιπτώσεις στους θαλάσσιους ζωικούς οργανισμούς, που συνήθως συνοδεύονται από μαζικούς θανάτους, μέσω της τροφικής αλυσίδας, που μπορεί να οφείλονται είτε σε μηχανικές βλάβες (αλλοίωση βραγχίων) λόγω της εξωτερικής τους

μορφολογίας (παρουσία ακίδων, π.χ. είδη του γένους *Chaetoceros*) είτε στην ύπαρξη τοξικών ουσιών (π.χ. ιχθυοτοξινών).

4. Στις τροφικές δηλητηριάσεις του ανθρώπου μετά από κατανάλωση αλιευμάτων που περιέχουν φυκοτοξίνες.

Η πρώτη γραπτή αναφορά επιβλαβούς άνθισης θεωρείται ότι εμφανίζεται στη Βίβλο, γύρω στα 1.000 π.Χ.: «...μετέβαλε παν το ύδωρ το εν τω ποταμώ εις αίμα, και οι ιχθύες οι εν τω ποταμώ ετελεύτησαν, και επώζεσεν ο ποταμός και ουκ ηδύνατο οι Αιγύπτιοι πιείν ύδωρ εκ του ποταμού...» (Εξοδος, 7:20-21). Στην περίπτωση αυτή βέβαια, επρόκειτο για την πληθυσμιακή έξαρση ενός μη τοξικού είδους, το οποίο λόγω της υπερβολικής συγκέντρωσής του δημιούργησε συνθήκες ανοξίας με αποτέλεσμα το θάνατο των ιχθύων. Η κατανάλωση του οξυγόνου αυτή μπορεί να οφείλεται είτε στην αυξημένη αναπνοή των ίδιων των μικροφυκών (κατά τη διάρκεια της νύχτας ή όταν υπάρχει χαμηλή ένταση του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας) είτε συνηθέστερα στην αναπνοή των βακτηρίων που ευθύνονται για την αποσύνθεση των νεκρών κυττάρων του φυτοπλαγκτού η οποία έπεται της άνθησής τους.

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, τα συγκεκριμένα φαινόμενα των HABs παρουσιάζουν ραγδαία αύξηση, τόσο ως προς την ένταση όσο και ως προς τη συχνότητα εμφάνισής τους. Σύμφωνα με τους Anderson (1989), Smayda (1990) και Hallegraeff (1993), τέσσερις είναι οι πιθανότερες αιτίες αυτής της εξάπλωσης:

- η αύξηση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων σε παράκτιες περιοχές, (π.χ. εντατικοποίηση των υδατοκαλλιεργειών).
- ο ευτροφισμός ή/και οι ασυνήθεις κλιματολογικές συνθήκες
- το αυξανόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας πάνω στα τοξικά φύκη, που επιδίδεται στην καταγραφή και μελέτη αυτών των φαινομένων.
- η μεταφορά τοξικών ειδών φυτοπλαγκτού υπό μορφή κυστών (resting cysts) από περιοχή σε περιοχή, μέσω του έρματος των πλοίων (ballast waters) ή της μεταφοράς υδρόβιων οργανισμών (κυρίως δίθυρων μαλακίων) για καλλιέργεια.

Σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση των HABs παίζει επίσης το γεγονός ότι τα περισσότερα τοξικά μικροφύκη (κυρίως δινομαστιγωτά) έχουν τη δυνατότητα να σχηματίζουν κύστες και να παραμένουν στη μορφή αυτή στον πυθμένα των θαλασσών. Όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας, φωτισμού, θρεπτικών συστατικών και αλατότητας

γίνονται κατάλληλες, τότε οι κύστεις βλασταίνουν και παράγουν κύτταρα ικανά να κινηθούν, τα οποία αναπαράγονται με απλή διαίρεση μέσα σε λίγες ημέρες. Εάν οι κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες πάψουν να επικρατούν, τότε ο ρυθμός ανάπτυξης των κυττάρων βαθμιαία μειώνεται και παράγονται νέες κύστεις. Αυτές πέφτουν στον πυθμένα των θαλασσών έτοιμες να βλαστήσουν ξανά, όταν οι συνθήκες το επιτρέψουν (Anderson et al., 1995).

Μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί περίπου 300 είδη μονοκύτταρων φωτοσυνθετικών φυκών που συμβάλλουν στη δημιουργία επιβλαβών ανθίσεων. Από τα παραπάνω, περίπου 70 είδη μικροφυκών, μπορούν και παράγουν βιοενεργές ενώσεις, τις θαλάσσιες βιοτοξίνες, ικανές να προκαλέσουν στον άνθρωπο οξεία δηλητηρίαση όταν βιοσυγκεντρώνονται από συγκεκριμένα ζωικά είδη. Στις εύκρατες περιοχές του πλανήτη, τα οστρακοειδή και ιδιαίτερα τα δίθυρα μαλάκια είναι οι πιο συνήθεις φορείς των τοξινών αυτών οι οποίες ευθύνονται για σποραδικά κρούσματα δηλητηρίασης (UNESCO, 1995; Smayda, 1997), με συμπτωματολογία που διαφέρει ανάλογα με την εμπλεκόμενη ομάδα τοξινών, όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Ειδικότερα, στην κατηγορία των διαρροϊκών τοξινών, που αποτελεί και το αντικείμενο της παρούσας μελέτης, συμπεριλαμβάνονται λιπόφιλες κυρίως ουσίες που παράγονται από είδη των γενών *Dinophysis*, *Prorocentrum*, *Protoceratium*, *Gonyaulax* και *Protoperdium* (Daranas et al., 2001). Σήμερα εκδηλώνεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη μελέτη της βιολογίας των ειδών του γένους *Dinophysis* εξαιτίας του γεγονότος ότι καταγράφεται ραγδαία αύξηση της παρουσίας τους σε πολλές παράκτιες περιοχές της υφελίου, που στην πλειονότητά τους συνοδεύονται από τοξικά επεισόδια (Hallegraeff, 1993; Zingone & Enevoldsen, 2000).

2.3 Οργανισμοί υπεύθυνοι για την παραγωγή των DSP τοξινών

Οι DSP τοξίνες που απαντώνται στα οστρακοειδή παράγονται από δινομαστιγωτά των γενών *Dinophysis spp.* και *Prorocentrum spp.* Η τοξικότητα των κυττάρων αυτών ποικίλλει ανάλογα με το εμπλεκόμενο είδος, την τοποθεσία και την εποχή εμφάνισης, π.χ. στα φιορδ της Σουηδίας παρατηρήθηκε μεγαλύτερη τοξικότητα κατά το χρονικό διάστημα Νοεμβρίου-Μαρτίου σε αντίθεση με τα τέλη του καλοκαιριού (Svensson, 2003). Οι απόψεις δίστανται για το βαθμό συσχέτισης μεταξύ αφθονίας τοξικών

κυττάρων και παραγωγής DSP τοξινών. Σε μελέτη σχετική με τα *Dinophysis* στην Πορτογαλία, που διεξήχθη από τους Aune & Yndestad (1993), παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος που απαιτείται για να καταστούν τα όστρακα τοξικά δεν εξαρτάται μόνο από την παρουσία τοξικών ειδών μικροφυκών, αλλά και από τη σχετική αφθονία μη-τοξικών ειδών που συνυπάρχουν. Οι περιοχές με τις περισσότερες βιβλιογραφικές αναφορές DSP τοξικών επεισοδίων είναι η Ευρώπη και η Ιαπωνία, ενώ συνεχώς δημοσιεύονται σχετικά δεδομένα και από νέες περιοχές. Στη Νότια Ευρώπη, το είδος *Dinophysis cf. acuminata* θεωρείται η κύρια πηγή DSP τοξινών. Τα είδη που κυρίως απαντώνται σε διάφορες χώρες φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Κυριότερα είδη φυκών που ταυτοποιήθηκαν ως παραγωγοί ΟΑ.

Είδος Φύκου	Κράτος	Βιβλιογραφική αναφορά
<i>Dinophysis acuminata</i>	Ιαπωνία	Lee et al., 1989
	Καναδάς	Cembella, 1989
	Ισπανία	Blanco et al., 1995
	Δανία	Andersen et al., 1996
	Σουηδία	Johansson et al., 1996
	Γαλλία	Marcaillou et al., 2001
	Ελλάδα	Reizopoulou et al., 2008
<i>Dinophysis acuta</i>	Ισπανία	Lee et al., 1989
	Νορβηγία	Dahl et al., 1996
	Νέα Ζηλανδία	McKenzie et al., 1998
<i>Dinophysis fortii</i>	Ιαπωνία	Lee et al., 1989
	Ιταλία	Sidari et al., 1998
<i>Dinophysis rotundata</i>	Γαλλία	Masselin et al., 1992
<i>Dinophysis norwegica</i>	Νορβηγία, Σουηδία	Lee et al., 1989
<i>Dinophysis sacculus</i>	Γαλλία	Masselin et al., 1992
<i>Dinophysis caudata</i>	Γαλλία	Masselin et al., 1992
	Σιγκαπούρη	Holmes et al., 1999
	Φιλιππίνες	Marasigan et al., 2001
<i>Prorocentrum lima</i>	Καναδάς	Bauder et al., 2001
	Ελλάδα	Aligizaki et al., 2009
<i>Prorocentrum reticulatum</i>	Νέα Ζηλανδία	McKenzie et al., 1998

Σε ότι αφορά στον Ελλαδικό χώρο, φαινόμενα άνθισης του φυτοπλαγκτού που σχετίζεται με την παραγωγή των DSP τοξινών έχουν αναφερθεί αρχικά και στη μεγαλύτερη πλειονότητά τους στο Θερμαϊκό Κόλπο (Koukaras & Nikolaidis, 2004), αλλά σταδιακά καταγράφονται και σε άλλες παράκτιες περιοχές της Ελλάδας (Nikolaidis et al., 2005; Spatharis et al., 2009). Τα τελευταία χρόνια το φαινόμενο της περιοδικής αύξησης των δινομαστιγωτών του γένους *Dinophysis* είναι αρκετά συχνό. Συγκεκριμένα καταγράφηκαν 9 διαφορετικές ταξινομικές μονάδες του ανωτέρω γένους, δύο από τις οποίες παραμένουν αδιευκρίνιστες σε επίπεδο είδους (Κουκάρας, 2004):

- *Dinophysis cf. acuminata*
- *Dinophysis sacculus*
- *Dinophysis rotundata*
- *Dinophysis rudgei*
- *Dinophysis fortii*
- *Dinophysis odiosa*
- *Dinophysis caudata*
- *Dinophysis tripos*
- *Dinophysis cf. micropterygia*

2.3.1 Ταξινόμηση και μορφολογία του γένους *Dinophysis*

Το γένος *Dinophysis* περιγράφηκε πρώτη φορά από τον Ehrenberg το 1839. Είναι από τα μεγαλύτερα, σε αριθμό ειδών, γένη των δινοφυκών, καθώς έχουν περιγραφεί πάνω από 200 είδη (Sournia, 1986) και περιλαμβάνει είδη που παλιότερα κατατάσσονταν και στο γένος *Phalacroma*. Ωστόσο, οι Hallegraeff & Lucas (1988) εξακολουθούν να υποστηρίζουν το διαχωρισμό των συγκεκριμένων γενών, στηρίζοντας τη θέση τους στον ετερότροφο τρόπο θρέψης των ειδών του γένους *Phalacroma*.

Η ταξινομική θέση του γένους *Dinophysis*, σύμφωνα με τον Thomas (1996), έχει ως εξής:

Άθροισμα :	Dinophyta
Κλάση :	Dinophyceae
Τάξη :	Dinophysiales
Οικογένεια :	Dinophysiaceae
Γένος :	<i>Dinophysis</i>

Η τάξη Dinophysiales Lindemann 1928 περιλαμβάνει δύο οικογένειες (Thomas, 1996):

I. Amphisoleniaceae Lindemann 1928, με τα γένη: *Amphisolenia* Lindemann 1928 (<50 είδη) και *Triposolenia* Kofoed 1906 (<10 είδη) και

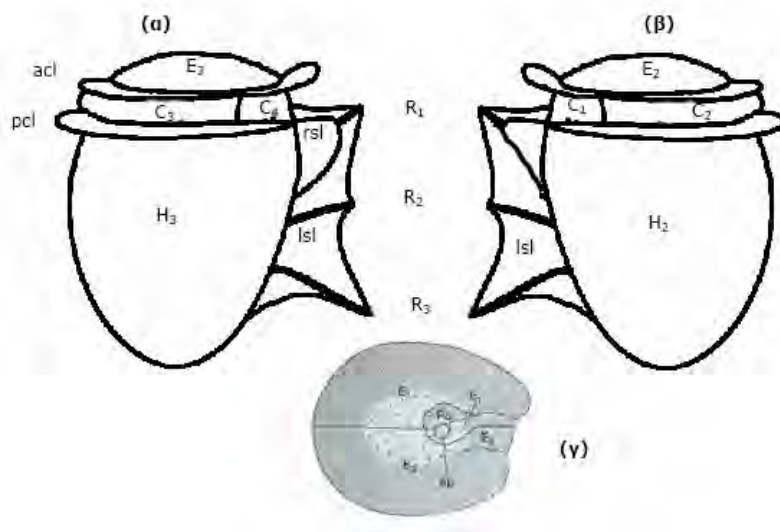
II. Dinophysiaceae Stein 1883, με τα γένη: *Citharistes* Stein 1883 (<5 είδη), *Histioneis* Schiller 1933 (<100 είδη), *Ornithocercus* Stein 1883 (<25 είδη), *Sinophysis* Nei-Wang 1944 (<5 είδη) και *Dinophysis* (<200 είδη).

Ένα τυπικό κύτταρο του γένους *Dinophysis* διακρίνεται από:

1. την επιθήκη, η οποία εντοπίζεται στο πάνω τμήμα του κυττάρου,
2. την εγκάρσια αύλακα, η οποία είναι στενή και οριοθετείται από την κάτω και άνω μεμβρανώδη στεφάνη της επιθήκης,
3. την επιμήκη αύλακα, που καταλαμβάνει ένα σημαντικό μέρος της κοιλιακής πλευράς του κυττάρου και είναι δύσκολα ορατή από την πλευρική πλευρά. Περιβάλλεται από το δεξιό (μικρό και δυσδιάκριτο) και το αριστερό [μεγάλο που φέρει τρεις (R1-R3) νευρώσεις (ribs)] πτερύγιο, και
4. την υποθήκη, η οποία καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του κυττάρου και η επιφάνειά της διακοσμείται από κοιλότητες (areolae), που συνήθως διαθέτουν πόρους.

Τα κύτταρα του γένους διαθέτουν 18 πλάκες κυτταρίνης (Εικ. 2.1), εκτός από το είδος *D. acuta* που έχει 17 (Larsen & Moestrup, 1992). Αυτές είναι:

- ❖ 4 πλάκες στην επιθήκη (E1–E4),
- ❖ 4 πλάκες στην εγκάρσια αύλακα (C1–C4),
- ❖ 4 πλάκες στην επιμήκη αύλακα (S.d., S.a., S.p., S.s.),
- ❖ 4 πλάκες στην υποθήκη (H1–H4) και
- ❖ 2 πλακίδια γύρω από τον άνω πολικό πόρο (apical pore).



Εικόνα 2.1. Σχεδιάγραμμα κυττάρου του γένους *Dinophysis*, α: δεξιά πλευρά, β: αριστερή πλευρά, γ: πλάκες επιθήκης. H3–H2: πλάκες H3 και H2 της υποθήκης, E1–E4: πλάκες της επιθήκης, C1–C4: πλάκες εγκάρσιας αύλακας, R1–R3: νευρώσεις αριστερού πτερυγίου επιμήκους αύλακας, acl: άνω μεμβρανώδης στεφάνη επιθήκης, pcl: κάτω μεμβρανώδης στεφάνη επιθήκης, rsl: δεξιό πτερύγιο επιμήκους αύλακας, lsl: αριστερό πτερύγιο επιμήκους αύλακας, Po: πλακίδιο Po, ap: άνω πολικός πόρος.

Η μορφολογία και η διάταξη των πλακών της θήκης έχει μελετηθεί σε μικρό αριθμό ειδών, γεγονός που οφείλεται αφενός στο ότι τα περισσότερα είδη του γένους είναι πλευρικά και είναι δύσκολο να παρατηρηθούν οι πλάκες της επιμήκους αύλακας (Reguera et al., 2000) και αφετέρου στο γεγονός ότι μέχρι πολύ πρόσφατα δεν είχε καταστεί δυνατή η καλλιέργεια των *Dinophysis* spp. σε εργαστηριακές συνθήκες. Το εγχείρημα αυτό επιτεύχθηκε για πρώτη φορά για το είδος *D. acuminata* από τους Park et al. (2006), από τους Nishitani et al. (2006) για το *D. caudata* και από τους Nagai et al. (2008) για το *D. fortii*. Η εργαστηριακή καλλιέργεια των κυττάρων του γένους *Dinophysis* ακολούθησε την αποσαφήνιση του μηχανισμού τροφοληψίας του, αφού διαπιστώθηκε ότι ήταν απαραίτητη η χρήση του βλεφαριδωτού *Myrionecta rubra*, γνωστού και ως *Mesodinium rubrum*, ως «λείας» του *Dinophysis* για τη διατήρηση της καλλιέργειας.

Οι σημαντικότεροι διαγνωστικοί χαρακτήρες στη συστηματική του γένους *Dinophysis*, που προέκυψαν από μελέτες σε κύτταρα προερχόμενα από φυσικούς πληθυσμούς που συλλέχθηκαν από το περιβάλλον (Reguera et al., 2000) είναι:

1. το μέγεθος, το σχήμα και η αναλογία της περιμέτρου,
2. η διάταξη των κοιλοτήτων στις δύο μεγάλες πλάκες της υποθήκης,
3. η μορφολογία του δεξιού πτερυγίου της επιμήκους αύλακας και
4. η παρουσία ή η απουσία χλωροπλαστών.

Προβλήματα στην ταξινόμηση των ειδών που ανήκουν στο γένος *Dinophysis* αποτελούν η μεγάλη μορφολογική ποικιλομορφία που παρουσιάζουν κύτταρα του ίδιου είδους, καθώς και η παρουσία διαφορετικών κυττάρων (κύτταρα διαφορετικού μεγέθους) σ' ένα πληθυσμό.

Οι σημαντικότερες μελέτες που αφορούν στη συστηματική του γένους *Dinophysis* έγιναν από τους:

- 1) Jörgensen (1923). Περιγράφονται 19 είδη του γένους *Dinophysis*, καταγράφεται η χωρική και η χρονική τους κατανομή και αναφέρεται, για πρώτη φορά, η παρουσία διμορφικών κυττάρων.
- 2) Schiller (1933). Περιγράφονται 51 είδη του γένους *Dinophysis*, τα οποία κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τη μορφολογία τους:
 - i. A) τύπος *Acuta* (30 είδη),
 - ii. B) τύπος *Hastata* (15 είδη)
 - iii. Γ) τύπος *Caudata* (6 είδη).

Γίνεται μια πλήρης περιγραφή του κάθε είδους, με βάση τη βιονομία και τα μορφομετρικά του χαρακτηριστικά.

- 3) Paulsen (1949). Περιγράφονται είδη του γένους *Dinophysis* από τις βόρειες περιοχές της Ευρώπης και γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης των ειδών που παρουσιάζουν κοινά μορφολογικά χαρακτηριστικά.
- 4) Solum (1962). Παρουσιάζονται είδη του γένους *Dinophysis* από τη Νορβηγία και γίνεται μια συστηματική περιγραφή της βιομετρίας τους. Εστιάζεται κυρίως στα είδη *D. acuminata* και *D. norvegica* και εξετάζονται κοινά μορφολογικά χαρακτηριστικά με άλλα παρόμοια είδη. Αναφέρεται, για πρώτη φορά, η επίδραση της θερμοκρασίας και της αλατότητας στο σχήμα και στο μέγεθος των κυττάρων.

Στον ελλαδικό χώρο αλλά και στην ανατολική Μεσόγειο γενικότερα, τα είδη του γένους *Dinophysis* έχουν μελετηθεί ελάχιστα, παρόλο που οι πρώτες αναφορές χρονολογούνται ήδη από τις αρχές του περασμένου αιώνα (Jørgensen, 1923; Athanassopoulos, 1931). Έκτοτε, και μέχρι τη δεκαετία του '70 (Οικονόμου-Αμίλλη, 1982) δεν υπάρχουν νεότερες πληροφορίες για την παρουσία και την κατανομή τους, ενώ η παρουσία ειδών του γένους *Dinophysis* στον Θερμαϊκό κόλπο σε χαμηλές αφθονίες καταγράφεται από τα τέλη της δεκαετίας του '80 (Nikolaides & Moustaka-Gouni, 1990; Νικολαΐδης και συν., 1995; Nikolaidis et al., 1997; Nikolaidis & Evagelopoulou, 1998), ενώ διεξοδικότερες μελέτες για την παρουσία του γένους *Dinophysis* στον Θερμαϊκό κόλπο και γενικότερα στον Ελλαδικό χώρο διεξήχθησαν μετά το έτος 2000 (Koukaras & Nikolaidis, 2004; Nikolaidis et al., 2005; Spatharis et al., 2009).

2.3.2. Περιοδικότητα της παρουσίας του γένους *Dinophysis*

Η πρώτη καταγεγραμμένη μελέτη για την περιοδικότητα της παρουσίας του γένους *Dinophysis* στα παράλια ύδατα του Ελλαδικού χώρου αφορούσε στην περίοδο Ιανουαρίου 2000 – Ιουνίου 2002 και διενεργήθηκε στα πλαίσια του τοπικού προγράμματος παρακολούθησης επιβλαβών ανθίσεων μικροφυκών στο Θερμαϊκό κόλπο (Koukaras & Nikolaidis, 2004). Στη μελέτη ταυτοποιήθηκαν συνολικά έξι είδη του γένους *Dinophysis* και συγκεκριμένα τα *D. cf. acuminata*, *D. sacculus*, *D. rotundata*, *D. fortii*, *D. odiosa* και *D. caudata*. Το είδος που αναφέρεται ως *D. cf. acuminata* εκπροσωπούσε περισσότερο από το 97% του συνολικού πληθυσμού του *Dinophysis* spp. κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της άνθισης.

Κατά την περίοδο της μελέτης, καταγράφηκαν τρεις ανθίσεις του *D. cf. acuminata* στο Θερμαϊκό κόλπο, οι οποίες εντοπίζονται χρονικά στο πρώτο εξάμηνο και των τριών ετών. Κατά την περίοδο της μέγιστης πληθυσμιακής του έξαρσης, η οποία εντοπίζεται κυρίως στους μήνες Ιανουάριο-Μάρτιο για τα έτη 2000 και 2002 και Μάρτιο-Μάιο για το έτος 2001, σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα επίπεδα αφθονίας στους σταθμούς δειγματοληψίας του κόλπου της Θεσσαλονίκης (εσωτερικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου) συγκριτικά με τα σημεία δειγματοληψίας του εξωτερικού Θερμαϊκού κόλπου. Οι μέγιστες αφθονίες του γένους *Dinophysis* που καταγράφηκαν στα

έτη που αφορούσε η μελέτη ήταν 85.400 κυτ./l, 5.000 κυτ./l και 37.000 κυτ./l για τα έτη 2000, 2001 και 2002, αντίστοιχα.

Στην περίοδο που αφορούσε η μελέτη, η διάρκεια των ανθίσεων του *Dinophysis* στο Θερμαϊκό κόλπο τυπικά διαρκούσε 3-4 μήνες. Παρ' όλα αυτά, είναι αξιοσημείωτο ότι αφθονίες κυττάρων *Dinophysis* της τάξης των 40-120 κυτ./l καταγράφονταν σποραδικά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επίσης, είναι χαρακτηριστικό να αναφερθεί ότι η ανάπτυξη της άνθισης πάντοτε εκκινούσε από το εσωτερικό τμήμα του κόλπου, όπου σημειωνόταν και η υψηλότερη αφθονία του πληθυσμού του *Dinophysis*, ενώ η εμφάνιση των κυττάρων του σε πληθυσμούς υψηλότερους των 200 κυτ./l στο εξωτερικό τμήμα του κόλπου ανιχνευόταν με χρονική υστέρηση 3-4 εβδομάδων μετά την εκκίνηση της άνθισης στο εσωτερικό του τμήμα.

Οι Nikolaidis et al. (2005) μελέτησαν για το χρονικό διάστημα 2000-2004 την παρουσία των τοξικών και επιβλαβών μικροφυκών στα παράλια ύδατα του Ελλαδικού χώρου. Πιο συγκεκριμένα, στο Θερμαϊκό Κόλπο στον οποίο σημειώθηκαν DSP τοξικά επεισόδια, με καταγεγραμμένα κρούσματα διαρροϊκής τοξίνωσης σε ανθρώπους που κατανάλωσαν οστρακοειδή στα έτη 2000 και 2001 (Economou et al. 2007), στις ίδιες περιόδους καταγράφηκαν κατ' επανάληψη υψηλές αφθονίες κυττάρων *Dinophysis* μεταξύ Φεβρουαρίου και Απριλίου κάθε έτους, οι οποίες ανήλθαν έως και 85.4×10^3 κυτ./l το Φεβρουάριο του 2000. Ποσοστό 98% του πληθυσμού των *Dinophysis* που καταγράφηκαν ανήκαν στο είδος *Dinophysis* cf. *acuminata*. Κύτταρα του συγκεκριμένου είδους αλλά σε μικρότερες αφθονίες παρατηρήθηκαν και στο Μαλιακό και στον Αμβρακικό κόλπο. Στις περιοχές αυτές τα κυρίαρχα είδη του γένους *Dinophysis* αποτελούσαν τα *D. sacculus* και *D. caudata*, οι αφθονίες των οποίων ανέρχονταν στα 3×10^3 κυτ./l. Τέλος, είδη του γένους *Dinophysis* σε μικρότερες αφθονίες κυττάρων (<200 κυτ./l) παρατηρήθηκαν στη Λέσβο και στη Λήμνο χωρίς την παρουσία τοξικών επεισοδίων. Τέλος, τα παράλια ύδατα της Θράκης, της Καβάλας, του Ευβοϊκού κόλπου και του κόλπου της Ελευσίνας καταγράφηκαν είδη του γένους *Dinophysis* σποραδικά σε χαμηλές αφθονίες (<80 κυτ./l; Nikolaidis et al., 2005).

Σε ότι αφορά τις εκτός Ελλαδικού χώρου μελέτες, την εποχιακή δυναμική του γένους *Dinophysis* διερεύνησαν και οι Bernardi Aubry et al., (2000) στις βόρειες ακτές της Αδριατικής. Οι αφθονίες του οργανισμού που καταγράφηκαν κυμαίνονταν από μη

ανιχνεύσιμα έως και τα 4160 κυτ./dm³. Σε γενικές γραμμές τα *Dinophysis* spp. Ανευρίσκονταν την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, ενώ ήταν μη ανιχνεύσιμα το χειμώνα, με όριο ανίχνευσης της μελέτης τα 40 κυτ./dm³. Τα είδη που παρατηρήθηκαν ήταν τα *D. sacculus*, *D. caudata*, *D. fortii*, *D. rotundata*, και ευκαιριακά τα *D. tripos* και *D. hastata*, με τα δύο πρώτα να είναι τα πιο συχνά. Οι αφθονίες των κυττάρων παρουσίαζαν διαφοροποίηση μεταξύ των στρωμάτων της επιφάνειας και του βάθους. Στα επιφανειακά δείγματα σημειώθηκαν υψηλότερες αφθονίες για τα είδη *D. sacculus* και *D. caudata*, ενώ το *D. fortii* ήταν συχνότερο στα δείγματα που προέρχονταν από το βάθος. Το κάθε είδος παρουσίαζε επίσης διαφορετική εποχική δυναμική. Το *D. sacculus* βρισκόταν σε μεγαλύτερη αφθονία την περίοδο άνοιξη-καλοκαίρι, στην επιφάνεια και σε ύδατα με χαμηλή αλατότητα, ενώ το *D. rotundata* έδειξε μεγαλύτερες αφθονίες στις αρχές του και σε ρηγά νερά. Το *D. caudata* αναπτυσσόταν κατά προτίμηση στην περίοδο μεταξύ καλοκαιριού-φθινοπώρου ενώ το *D. fortii* επίσης έδειξε υψηλότερες αφθονίες στην περίοδο καλοκαίρι-φθινόπωρο, κυρίως σε ύδατα με υψηλή αλατότητα και προς το βάθος (Bernardi Aubry et al., 2000).

Οι Vale & Samprayo (2003a) στην Πορτογαλία, διαπίστωσαν ότι από το 1994 και έπειτα, η μόλυνση των οστρακοειδών με τοξίνες του συμπλέγματος DSP και συγκεκριμένα με οκαδαϊκό οξύ (OA), είναι ένα ετήσια επαναλαμβανόμενο φαινόμενο που συσχετίζεται κυρίως με την παρουσία του μικροφύκου *Dinophysis* cf. *acuminata*. Από την άλλη μεριά, η μόλυνση των οστρακοειδών με την ισομερή δινοφυσιστοξίνη-2 (DTX-2) συνδέεται με την παρουσία του είδους *D. acuta*. Πιο συγκεκριμένα, στη Βορειοανατολική πλευρά της λιμνοθάλασσας Aveiro στην οποία αφορούσε η μελέτη, οι μέγιστες συγκεντρώσεις των DSP τοξινών παρουσίαζαν διακύμανση μεταξύ των ετών, με τη μέγιστη τοξικότητα να εμφανίζεται στα έτη 1994, 1995 και 2001. Τα DSP τοξικά επεισόδια παρουσίαζαν ιδιαίτερα μακρά διάρκεια σε σύγκριση με τοξικά επεισόδια οφειλόμενα σε διαφορετικές τοξίνες (π.χ. ASP). Είναι χαρακτηριστικό να αναφερθεί ότι το 2001 στα μύδια της περιοχής μελέτης οι συγκεντρώσεις των DSP τοξινών ήταν υψηλότερες από 2 µg/g ηπατοπαγκρέατος σε χρονικό διάστημα 22 εβδομάδων από τις 42 εβδομάδες που λήφθηκαν δείγματα, ενώ στην περίπτωση των ASP τοξινών οι συγκεντρώσεις υπερέβαιναν το κανονιστικό όριο μόνο για 2 από τις 42 εβδομάδες της μελέτης. Η γραφική απεικόνιση των διαθέσιμων δεδομένων των ετών 1994-2001

κατέδειξε ότι συγκεντρώσεις DSP τοξινών υψηλότερες από 2 µg/g ηπατοπαγκρέατος ανιχνεύτηκαν με μεγαλύτερη συχνότητα μεταξύ των μηνών Ιουνίου και Σεπτεμβρίου, με μικρότερη συχνότητα τους παρακείμενους μήνες, Μάιο και Οκτώβριο, ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποτέ μεταξύ των μηνών Δεκεμβρίου και Απριλίου. Σε ότι αφορά τα τοξικά είδη *D. acuminata* και *D. acuta*, τα δεδομένα που αναλύθηκαν αφορούσαν στη χρονική περίοδο μεταξύ 1987-2001. Κατά τη διάρκεια των 15 αυτών ετών, το *D. acuminata* εμφάνισε αφθονίες κατ' ελάχιστον 500 κυτ./l σε κάθε έτος και συνήθως ανερχόταν έως και 2000 κυτ./l, εκτός των ετών 1993, 1997 και 1998. Στο σύνολο των ετών της μελέτης, οι μήνες στους οποίους εμφανίζονταν αφθονίες που υπερέβαιναν τα 500 κυτ./l κατανέμονταν μεταξύ Απριλίου και Σεπτεμβρίου, με συχνότητα μεγαλύτερη του 40% στους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο. Σε ότι αφορά το είδος *D. acuta*, κατά το χρονικό διάστημα 1987-2001, στο 60% των περιόδων μεταξύ Ιουλίου και Οκτωβρίου οι αφθονίες του έφταναν στα 500 κυτ./l, πολύ σπάνια ανιχνευόταν σε οποιοδήποτε άλλο μήνα, ενώ στα έτη 1990, 1992 και 1995 οι αφθονίες του ανήλθαν έως και 3.000 κυτ./l (Vale & Sampayo, 2003a).

Σε μελέτη των France & Mozetič (2006), η οποία έλαβε χώρα στα παράλια ύδατα της Σλοβενίας (κόλπος Τεργέστης, βόρεια Αδριατική) στη χρονική περίοδο μεταξύ 1995-2003, παρατηρήθηκαν δύο ετήσια μέγιστα στην αφθονία κυττάρων *Dinophysis* στα επιφανειακά στρώματα του νερού, με το πρώτο να είναι τον Ιούνιο και το δεύτερο το Σεπτέμβριο. Στην περίπτωση των δειγμάτων που λήφθηκαν σε βάθος 6m, ήταν εμφανής μια σταδιακή αύξηση της αφθονίας των κυττάρων από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβριο. Κατά τους χειμερινούς μήνες και μέχρι το Μάιο, ο αριθμός των κυττάρων *Dinophysis* στη στήλη του νερού ήταν χαμηλός ή και μη ανιχνεύσιμος. Οι περιοδικές υψηλές αφθονίες του γένους *Dinophysis* ήταν πιο έντονες στο επιφανειακό στρώμα του νερού ενώ οι μέγιστες αφθονίες κυττάρων καταγράφηκαν τον Ιούνιο, με τιμές 3.000 και 1.500 κυτ./l τον Ιούνιο του 1996 και 1997, αντίστοιχα.

Οι Ninčević-Gladan et al. (2008) μελέτησαν την εποχική διακύμανση της παρουσίας του γένους *Dinophysis* στις ανατολικές ακτές της Αδριατικής από το 2001 μέχρι 2005 με σκοπό την ταυτοποίηση των ειδών του που εμφανίζονται στην Κροατία και τον προσδιορισμό της εποχικής και χωρικής τους κατανομής. Συνολικά ταυτοποιήθηκαν 13 διαφορετικά είδη του γένους *Dinophysis* από τα οποία το συχνότερα

εμφανιζόμενο ήταν το *D. caudata*. Το *D. acuminata* εμφανιζόταν την Άνοιξη ακολουθούμενο από το *D. sacculus* προς το τέλος της Άνοιξης και το καλοκαίρι. Το *D. caudata* παρουσιαζόταν το καλοκαίρι και ακολουθούσαν τα *D. fortii* και *D. rotundata* στο τέλος του καλοκαιριού και αρχές του φθινοπώρου. Από όλα τα είδη της μελέτης, το *D. acuta* ήταν αυτό που εμφανιζόταν στις χαμηλότερες αφθονίες. Το είδος αυτό ήταν παρόν σε χαμηλή αφθονία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ υψηλότερες αφθονίες του σημειώθηκαν την περίοδο της άνοιξης και του φθινοπώρου. Το *D. tripos* ήταν επίσης παρόν σε χαμηλή αφθονία σε όλες τις εποχές του έτους, αλλά παρουσίαζε υψηλότερες αφθονίες κατά τις ψυχρότερες περιόδους του έτους. Οι περίοδοι DSP τοξικότητας στις διάφορες περιοχές της μελέτης αντιστοιχούσαν με τις περιόδους μέγιστης αφθονίας του είδους του *Dinophysis* που ευθυνόταν κάθε φορά για το τοξικό επεισόδιο, και εμφανίζονταν σταθερά μεταξύ των μηνών Απριλίου και Νοεμβρίου, με τη μεγαλύτερη συχνότητα να εντοπίζεται μεταξύ Ιουνίου και Οκτωβρίου.

Εκτός του ευρωπαϊκού χώρου, οι Koike et al. (2000) διαπίστωσαν κατά τη διάρκεια των ετών 1995, 1996, 1998 και 1999 στα παράλια της Νότιας Ιαπωνίας ότι σε όλα τα έτη η παρουσία του *D. fortii* ήταν εντονότερη από τα τέλη Μάιου – αρχές Ιουνίου συνεχιζόμενη έως τα τέλη Ιουνίου – αρχές Ιουλίου. Αντίθετα, τους μήνες από Οκτώβριο έως και Μάρτιο οι αφθονίες του *D. fortii* ήταν σε μη ανιχνεύσιμα επίπεδα, ενώ σποραδική και με χαμηλές αφθονίες παρουσία του καταγράφηκε στους λοιπούς μήνες του έτους.

Τέλος, οι Swanson et al. (2010) διερεύνησαν την κατανομή και την τοξικότητα του είδους *D. ovum* κατά τη διάρκεια της άνθισης του για το έτος 2008 στις ακτές του Τέξας των Η.Π.Α. Οι υψηλότερες αφθονίες του *D. ovum* (10.960 και 26.040 κυτ./l) σημειώθηκαν από τα μέσα έως τα τέλη Φεβρουαρίου με σταδιακή κάθοδο κατά το διάστημα που μεσολαβούσε έως τον Απρίλιο, στον οποίο μήνα η συγκέντρωση των κυττάρων είχε ήδη μειωθεί σημαντικά. Το Μάιο που ακολουθούσε, η παρουσία του *D. ovum* δεν ήταν πλέον ανιχνεύσιμη. Είναι επίσης ενδιαφέρον ότι το εμπλεκόμενο είδος αρχικά ταυτοποιήθηκε ως *D. acuminata*, ενώ η περαιτέρω διερεύνηση με μοριακές τεχνικές κατέδειξε ότι το κυρίαρχο είδος ήταν το *D. ovum*. Η λανθασμένη αυτή ταυτοποίηση οφείλεται στο γεγονός ότι το *D. ovum* ανήκει στα είδη που απαρτίζουν το «σύμπλεγμα *D. acuminata*». Ο όρος «σύμπλεγμα *D. acuminata*» επινοήθηκε για να

περιγράψει μια ομάδα συν-εμφανιζόμενων ειδών, η διάκριση μεταξύ των οποίων είναι δύσκολη με συμβατικές τεχνικές οπτικής μικροσκοπίας (Raho et al., 2008). Στα πλαίσια αυτά, είναι ιδιαίτερα πιθανό οι καταγεγραμμένες ανθίσεις του είδους *D. cf. acuminata* του Ελλαδικού χώρου να αφορούν τελικά σε ανθίσεις του *D. ovum* (Κ. Αλιγιζάκη, προσωπική επικοινωνία).

Ο χρονικός χαρακτήρας της περιοδικότητας της εμφάνισης του γένους *Dinophysis* υποδεικνύει ότι κατά πάσα πιθανότητα η ανάπτυξή του εν λόγω γένους σχετίζεται με τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον και προφανώς τις κλιματολογικές. Για το λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητη η ανασκόπηση και η μελέτη των σχετικών βιβλιογραφικά διαθέσιμων δεδομένων, σε ελληνικό ή διεθνές επίπεδο, αναφορικά με τις κλιματολογικές συνθήκες που επηρεάζουν την περιοδικότητα εμφάνισης της αφθονίας κυττάρων *Dinophysis* spp. και, κατ' επέκταση, της παρουσίας των DSP τοξινών στα οστρακοειδή.

2.3.3 Επίδραση κλιματολογικών παραμέτρων στην παρουσία και ανάπτυξη του γένους *Dinophysis*

Τα είδη του γένους *Dinophysis* spp. παρουσιάζουν ευρεία εξάπλωση και απαντώνται σε τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες θάλασσες (Hallegraeff & Lucas, 1988; van den Hoek et al., 1995). Παρ' όλα αυτά, οι μεταβολές των κλιματολογικών παραμέτρων όπως της έντασης και διεύθυνσης του ανέμου, της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, οι οποίες διαταράσσουν τις συνθήκες που επικρατούν στη στήλη του νερού, επηρεάζουν κατ' επέκταση, είτε άμεσα είτε έμμεσα, και τη δομή της κοινωνίας του πλαγκτού, καθώς εξ' ορισμού το πλαγκτό αποτελείται από οργανισμούς που αιωρούνται στη στήλη του νερού (Estrada & Berdalet, 1997).

2.3.3.1 Επίδραση της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου

Οι άνεμοι αποτελούν μια από τις σημαντικότερες αιτίες κυκλοφορίας των νερών. Ωστόσο, επειδή έχουν μεταβλητή διεύθυνση και ένταση σε μικρή χρονική κλίμακα, οι οργανωμένες κυκλοφορίες των υδάτινων μαζών έχουν μόνο στατιστική σημασία σε κλίμακες μακρών χρονικών περιόδων, όπως κατά τη θερινή και χειμερινή περίοδο. Επίσης, τα επιφανειακά ρεύματα συσχετίζονται ως προς τη κατεύθυνσή τους με τους

ανέμους, ενώ τα βαθύτερα έχουν συνήθως αντίθετη κατεύθυνση με τα επιφανειακά (Γκανούλης και συν., 1991).

Φυσικές διεργασίες, όπως η μετακίνηση των υδάτινων μαζών λόγω των ανέμων ή των πυκνομετρικών διαφορών, φαίνεται να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία και την κατανομή των ανθίσεων ειδών του γένους *Dinophysis* (Lindahl & Andersson, 1996; Moita & da Silva, 2001). Οι διεργασίες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη διαταραχή της ήδη υπάρχουσας στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης. Γενικά, η δύναμη των διατμητικών τάσεων του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας δεν επιφέρει μόνο την οριζόντια κίνηση του νερού, αλλά προκαλεί επίσης και κατακόρυφες κινήσεις. Όταν η ένταση του ανέμου προκαλεί απόκλιση των επιφανειακών νερών, νερό από βαθύτερα στρώματα, το οποίο έχει μεγαλύτερη πυκνότητα και είναι πιο πλούσιο σε θρεπτικές ουσίες, αναδύεται και τα αντικαθιστά (ανάδυση - upwelling). Αντιστρόφως όταν υπάρχει σύγκλιση επιφανειακών νερών λαμβάνει χώρα βύθισή τους (κατάδυση - downwelling). Οι διευθύνσεις του ανέμου συνδέονται με το φαινόμενο της ανάδυσης και κατάδυσης των υδάτων και με μεταβολές στην κυκλοφορία του νερού (Escalera et al. 2010). Οι απόψεις σχετικά με την επίδραση των βορείων ανέμων και της γενικότερα της ανάδυσης των υδάτων στις αφθονίες του *Dinophysis*, όπως και άλλων δινομαστιγωτών, δίστανται. Ορισμένοι ερευνητές (Blanco et al. 1998; Tilstone et al. 2000) υποστηρίζουν ότι τα έντονα φαινόμενα ανάδυσης στις ακτές της Γαλικίας της Ισπανίας προκαλούν τη διασπορά των πληθυσμών των δινομαστιγωτών και την απομάκρυνσή τους από τις ακτές. Αντίθετα, άλλοι ερευνητές (Velo-Suárez et al., 2008) στην ίδια ευρύτερη περιοχή κατέγραψαν αξιοσημείωτες αφθονίες ($>10^3$ κυτ./l) του *D. acuminata* οι οποίες παρέμεναν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια των κύκλων ανάδυσης - κατάδυσης. Οι Reguera et al. (1995) αποδίδουν το γεγονός αυτό στην αύξηση της αφθονίας των *Dinophysis* spp. λόγω ανάπτυξής τους που ευνοείται από τη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών που συνοδεύει τα φαινόμενα ανάδυσης (Reguera et al. 1995). Η αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου από βόρειους σε νότιους, οι οποίοι προάγουν το φαινόμενο της κατάδυσης των υδάτων, συνοδεύεται επίσης από αυξημένες αφθονίες του *Dinophysis* spp., οι οποίες όμως αποδίδονται στη μηχανική συσσώρευση των κυττάρων και όχι στην ενεργητική τους βλάστηση και ανάπτυξη (Reguera, 2003).

Σ' αυτά τα πλαίσια, οι Bernardi Aubry et al. (2000), συγκρίνοντας τα δεδομένα της αφθονίας του *Dinophysis* με αυτά της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι περίοδοι νηνεμίας ή με ασθενείς, νοτιο-ανατολικούς κυρίως, ανέμους (π.χ. Σιρόκος) προάγουν τη μηχανική συσσώρευση των κυττάρων του γένους *Dinophysis*. Η παρατήρησή τους αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι ο νοτιο-ανατολικός άνεμος Σιρόκος κυριαρχεί κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, κατά την οποία σημειώθηκαν στη μελέτη τους οι μέγιστες αφθονίες κυττάρων του γένους *Dinophysis*. Αντίθετα, ισχυροί βορειο-ανατολικοί άνεμοι, οι οποίοι εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα το χειμώνα, διασκορπίζουν ή και παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των πληθυσμών του *Dinophysis*, εξαιτίας υδροδυναμικής καταπόνησης και ανατάραξης της στήλης του νερού (Delmas et al. 1992), που μπορούν να προκαλέσουν φυσική βλάβη στα κύτταρα (EUROHAB, 1998). Σε ότι αφορά στη διεύθυνση του ανέμου, αντίστοιχες ήταν και οι παρατηρήσεις των Soudant et al. (1997) στα παράλια της Νορμανδίας στη Γαλλία, οι οποίοι αναφέρουν ότι οι νοτιο-δυτικοί άνεμοι επέφεραν επισώρευση των κυττάρων του *Dinophysis* ενώ αντίθετα οι βορειο-ανατολικοί άνεμοι προκαλούσαν τη διασπορά των κυττάρων και κατά συνέπεια την αραιώση του πληθυσμού τους. Οι Reguera et al. (2005), τέλος, αναφέρουν ότι υψηλές αφθονίες του είδους *D. acuta* (έως και $1,8 \times 10^4$ κυτ./l) εμφανίστηκαν στα παράλια της βορειοδυτικής Ισπανίας το 1989 συγχρόνως με επίμονους νότιους ανέμους κατά τα τέλη Οκτωβρίου.

2.3.3.2 Επίδραση της θερμοκρασίας.

Σύμφωνα με τους περισσότερους ερευνητές που έχουν ασχοληθεί με την επίδραση των κλιματολογικών παραμέτρων στην ανάπτυξη του γένους *Dinophysis*, η θερμοκρασία θεωρείται ο πλέον καθοριστικός παράγοντας. Οι Reguera et al. (1995) σε μελέτη τους στα παράλια της βορειοδυτικής Ισπανίας το 1989, διαπίστωσαν ότι οι μέγιστες αφθονίες του *D. acuta* (έως και $2,3 \times 10^4$ κυτ./l), καθώς και το μέγιστο ποσοστό των παρατηρούμενων υπό διαίρεση κυττάρων (έως και 31%), παρατηρήθηκαν τον Αύγουστο. Υψηλές αφθονίες του *D. acuta* (έως και $1,8 \times 10^4$ κυτ./l) επανεμφανίστηκαν και στα τέλη Οκτωβρίου. Το κοινό στοιχείο μεταξύ των δύο μεγίστων της αφθονίας ήταν η θερμοκρασία του νερού, η οποία και στις δύο περιπτώσεις κυμαινόταν μεταξύ 15,5-17°C.

Οι Bernardi Aubry et al. (2000), σε έρευνά τους που εντοπιζόταν στα παράλια της βόρειας Αδριατικής, επισημαίνουν ότι η θερμοκρασία φαίνεται να είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την κατανομή της αφθονίας των κυττάρων του γένους *Dinophysis*. γεγονός που επιβεβαιώνεται από τη στατιστική σημαντικότητα όλων των συσχετισμών μεταξύ θερμοκρασίας και αφθονίας των ειδών. Την ίδια άποψη εξέφρασαν και οι Cabrini et al. (1995) σε αντίστοιχη μελέτη τους στον κόλπο της Τεργέστης. Ο ρόλος της θερμοκρασίας φαίνεται να σχετίζεται πιο στενά με την αυξημένη θερμική στρωμάτωση στη στήλη του νερού παρά σε άμεσες επιδράσεις στη συμπεριφορά του *Dinophysis* spp. (Maestrini, 1998).

Οι Ngyuen et al. (2006) σε έρευνά τους στις βόρειες ακτές του Βιετνάμ μεταξύ Μαΐου 2002 και Δεκεμβρίου 2003 αναφέρουν ότι το είδος *D. caudata*, το οποίο ήταν και το συχνότερα απαντώμενο μεταξύ των ειδών που ταυτοποίησαν, παρουσίαζε ιδιαίτερα έντονη εποχική διακύμανση με εύρος αφθονίας μεταξύ 0-3.000 κυτ./l, και με τις υψηλότερες αφθονίες να παρατηρούνται κατά τη θερμή περίοδο του έτους, δηλ. από τα τέλη Φεβρουαρίου έως τα τέλη Νοεμβρίου. Η παρουσία των κυττάρων του καταγράφηκε σε ένα αρκετά μεγάλο εύρος θερμοκρασιών που κυμαινόταν από 15 έως 34,3° C, αλλά οι υψηλότερες πυκνότητές τους, και συγκεκριμένα μεγαλύτερες από 100 κυτ./l, παρατηρούνταν μόνο όταν η θερμοκρασία του νερού υπερέβαινε τους 20°C. Η υψηλότερη καταγεγραμμένη αφθονία ήταν τα 3.128 κυτ./l στους 22°C ενώ η ιδανική θερμοκρασία για την εμφάνισή του *D. caudata* ήταν αυτή των 20°C. Είναι λοιπόν εύλογο το συμπέρασμα ότι χαμηλότερες θερμοκρασίες δεν ενδείκνυνται για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου είδους, σε αντίθετα με άλλα είδη του γένους *Dinophysis* (π.χ. *D. acuminata*, *D. fortii*), στα οποία η μέγιστη ανάπτυξή τους συμπίπτει με πολύ χαμηλότερα θερμοκρασιακά εύρη.

Οι Koike et al. (2001) κατέγραψαν τη συχνότητα παρουσίας του *D. fortii* στον κόλπο Okkirai, στην περιοχή Sanriku της Νότιας Ιαπωνίας κατά τα έτη 1995, 1996, 1998 και 1999. Στα έτη της μελέτης, η εμφάνιση πληθυσμών του εν λόγω οργανισμού σε αφθονίες ανώτερες των 20 κυτ./l παρατηρούνταν σε εύρος θερμοκρασίας νερού που κυμαινόταν από 10,1-15,3°C, ενώ σε θερμοκρασίες που υπερέβαιναν τους 15°C παρατηρούνταν ελάττωση των πληθυσμών του. Τα μέγιστα της αφθονίας αντιστοιχούσαν με το πολύ πιο περιορισμένο θερμοκρασιακό εύρος των 11,0-11,7°C. Παρόμοια ήταν και

τα αποτελέσματα των Hoshiai et al. (1996) στον κόλπο Kesenuma της ακτής Sanriku της Ιαπωνίας. Η γενική εκτίμησή τους ήταν ότι σε ό,τι αφορά το *D. fortii*, η θερμοκρασία νερού των 10°C σηματοδοτεί την έναρξη της παρουσίας αφθονιών ανώτερων των 20 κυτ./l, οι οποίες φτάνουν σε ένα μέγιστο σε θερμοκρασίες νερού περίπου 11–12°C.

Οι Dahl & Johannessen (2001) σε μελέτη τους που περιελάμβανε το χρονικό διάστημα 1994-1999 στον κόλπο Flodevigen των νοτίων ακτών της Νορβηγίας στην οποία επιχειρήθηκε η συσχέτιση της παρουσίας των ειδών του γένους *Dinophysis* με την τοξικότητα των οστρακοειδών, διαπίστωσαν ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις τοξινών και κατ' επέκταση της αφθονίας των εμπλεκόμενων ειδών *Dinophysis* παρατηρούνταν σταθερά στη χειμερινή περίοδο. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την πιθανή επίδραση του παράγοντα της θερμοκρασίας στην εμφάνιση των DSP τοξικών επεισοδίων.

Οι Koukaras & Nikolaidis (2004) διερεύνησαν κατά τα έτη 2000-2002 τη σχέση της αφθονίας του *Dinophysis* cf. *acuminata* και των αβιοτικών παραμέτρων στο Θερμαϊκό κόλπο. Από τα αποτελέσματα του ελέγχου του Spearman (Spearman Rank Order Correlation) προέκυπτε στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μόνο με τις μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού, η οποία αφορούσε κυρίως στους σταθμούς του κόλπου της Θεσσαλονίκης (εσωτερικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου). Η θερμοκρασία ήταν η παράμετρος που ερμήνευε τις διακυμάνσεις της αφθονίας του πληθυσμού του *Dinophysis* σε ποσοστό που κυμαινόταν από 27 έως 59%, ανάλογα με το σταθμό δειγματοληψίας. Ιδιαίτερης σημασίας είναι το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της παρουσίας της μέγιστης αφθονίας του *Dinophysis*, το εύρος των θερμοκρασιών νερού που καταγράφηκαν ήταν ιδιαίτερα περιορισμένο, και συγκεκριμένα 11-16°C για το έτος 2000, 13-16°C για το έτος 2001 και 12-13°C για το έτος 2002. Αντίστοιχες ήταν οι διαπιστώσεις των Godhe et al. (2002) σε μελέτη τους που αφορούσε στην εποχική διακύμανση των πληθυσμών του *Dinophysis* spp. σε σχέση με τις ωκεανογραφικές συνθήκες στις δυτικές ακτές της Σουηδίας. Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* συνέπιπταν με εύρος θερμοκρασίας νερού που κυμαινόταν από 12-13°C, ενώ σημαντικό είναι ότι παρόμοια συμπεριφορά ως προς τη θερμοκρασία επέδειξαν 3 διαφορετικά είδη του γένους *Dinophysis* και συγκεκριμένα τα *D. acuta*, *D. acuminata* και *D. norvegica*.

2.3.3.3 Επίδραση της βροχόπτωσης

Οι Vale & Sampayo (2003b) σε έρευνά τους στην περιοχή Castelo Burgaes στις εκβολές του ποταμού Vouga στην Πορτογαλία, σχολίασαν το γεγονός ότι τα έτη 1994 και 1995, στα οποία παρατηρήθηκε εξαιρετικά έντονη DSP τοξικότητα, συνέπεσαν με μακρόχρονες περιόδους ιδιαίτερα χαμηλής βροχόπτωσης. Στα ακόλουθα έτη, παρόμοιες περίοδοι με χαμηλή βροχόπτωση είχαν βραχύτερη διάρκεια και συνοδεύονταν από χαμηλότερες συγκεντρώσεις DSP τοξινών.

Οι Vale & Sampayo (2003a) μελετώντας την παρουσία του *Dinophysis* στη λιμνοθάλασσα Aveiro της Πορτογαλίας διαπίστωσαν ότι η βροχόπτωση αποτελούσε έναν ιδιαίτερα καθοριστικό παράγοντα για τον έλεγχο της άνθισης, σε τοπικό επίπεδο, των τοξικών *Dinophysis* spp. και κατ' επέκταση στις τοξικές επιδράσεις τους στα οστρακοειδή. Χαμηλότερο ύψος βροχόπτωσης έχει ως συνέπεια μειωμένη εκροή των νερών των ποταμών, που μεταφράζεται ως αυξημένη αλατότητα και αυξημένη σταθερότητα στη στήλη του νερού. Είναι γνωστό ότι η ανάπτυξη των ειδών τόσο του γένους *Dinophysis*, όσο και γενικότερα των δινομαστιγωτών, είναι συνυφασμένη με τη σταθερότητα της στήλης του νερού και επομένως παράγοντες που συντελούν στη μείωση των αναταράξεών της, όπως π.χ. η μειωμένη βροχόπτωση, ευνοούν την ανάπτυξή τους (Estrada & Berdalet, 1997). Η άποψη αυτή επιβεβαιώνεται εμμέσως και από την ισχυρή και στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση ($r=-0.905$) που διαπιστώθηκε μεταξύ των επιπέδων συγκεντρώσεων των DSP τοξινών στα οστρακοειδή της λιμνοθάλασσας Aveiro και των αντίστοιχων δεδομένων του ύψους βροχόπτωσης της ίδιας περιοχής (Vale & Sampayo, 2003a).

2.4 Διαρροϊκή τοξίνωση από οστρακοειδή (DSP)

Οι τοξίνες διαρροϊκής δηλητηρίασης οστρακοειδών (Diarrhetic Shellfish Poisoning, DSP), ανήκουν στην ομάδα των λιπόφιλων τοξινών και είναι σχετικά μη πολικές ενώσεις με μοριακά βάρη μεγαλύτερα από 500, οι οποίες συσσωρεύονται στους λιπώδεις ιστούς των οστρακοειδών (π.χ. ηπατοπάγκρεας). Οι περισσότερες είναι πολυαιθερικές ενώσεις με ποικίλες λειτουργικές ομάδες, οι οποίες εμφανίζουν διαφορετικά τοξικολογικά και χημικά χαρακτηριστικά.

Οι λιπόφιλες τοξίνες κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με τη δομή του σκελετού του μορίου τους και τη χωροθέτηση των ατόμων άνθρακα:

- Το οκαδαϊκό οξύ (Okadaic acid, OA) και τα παράγωγά του, τις δινοφυσιστοξίνες -1, -2, -3 (DinophysisToXins, DTX-1, DTX-2, DTX-3), που είναι θερμοάντοχες πολυαιθερικές ενώσεις (Yasumoto & Murata, 1990; FAO, 2004).
- Τις πηκτινοτοξίνες 1 έως 10 (Pectenotoxins, PTXs), που είναι ουδέτερες πολυαιθερικές λακτόνες (Yasumoto et al., 1984; Sasaki et al., 1997 & 1998).
- Τη γεσσοτοξίνη και τα παράγωγά της (Yessotoxins, YTXs), που είναι θειικοί εστέρες πολυαιθερικών αλκοολών (Murata et al., 1987; Satake et al., 1997).
- Τα αζασπειροξέα (azaspiracids, AZA), πολυαιθερικές τοξίνες που περιέχουν άζωτο αποτελούμενες από ένα μοναδικό σπειροειδή δακτύλιο που περιέχει μια ετεροκυκλική αμίνη (πιπεριδίνη) και ένα αλειφατικό μόριο καρβοξυλικού οξέος (FAO, 2004), με κυριότερους εκπροσώπους τα AZA-1, AZA-2 και AZA-3.

Οι DSP τοξίνες πήραν κατά παράδοση το όνομά τους από τα διαρροϊκά συμπτώματα που προκαλούν στον άνθρωπο. Ωστόσο, από τις προαναφερθείσες κατηγορίες τοξινών, για διαρροϊκά συμπτώματα ενοχοποιείται κυρίως η ομάδα του OA (van Egmond et al., 1993; Hu et al., 1992; Yasumoto et al., 1985; Murata et al., 1982) και σε μικρότερο βαθμό αυτή των AZA. Για το λόγο αυτό η έννοια των DSP τοξινών συνήθως ταυτίζεται με το OA και τα παράγωγά του. Οι υπόλοιπες ομάδες συνυπάρχουν στο λιπόφιλο εκχύλισμα που λαμβάνεται προς έγχυση στις βιοδοκιμές, προκαλώντας αλλοιώσεις του ήπατος (PTXs) και του μυοκαρδίου (YTXs) στα ποντίκια. Με τη συνεχή όμως ανακάλυψη μιας σειράς νέων λιπόφιλων τοξινών, όπως οι γυμνοδιμίμες, τα σπιρολίδια, η παλυτοξίνη κλπ., η προσέγγιση της κατηγοριοποίησης των τοξινών έχει μεταβληθεί και πλέον γίνεται βάσει της χημικής ομάδας και όχι βάσει των τοξικών συμπτωμάτων. Για το λόγο αυτό, η Ευρωπαϊκή νομοθεσία (Κανονισμός 853/2004) αναφέρεται πλέον σε «λιπόφιλες βιοτοξίνες», καθορίζοντας τις συγκεκριμένες ομάδες και όχι σε DSP τοξίνες, όπως παλαιότερα (Οδηγία 91/492).

Το οκαδαϊκό οξύ και τα 3 δινοφυσιστοξικά παράγωγα του, είναι λιποδιαλυτές ουσίες που περιέχουν ετεροσυνδεδεμένους ή σπειροειδώς ενωμένους κυκλικούς πολυαιθερικούς δακτυλίους. Διαλύονται σε ακετόνη, χλωροφόρμιο, μεθανόλη και διμεθυλοσουλφοξείδιο (Quilliam, 2003). Οι παραπάνω ουσίες δρουν ως ισχυροί

αναστολείς των φωσφατασών, καθώς και της σερίνης και της θρεονίνης (EFSA, 2008), κάτι που συνδέεται άμεσα με τον ερεθισμό του γαστρεντερικού συστήματος και τη διάρροια. Το οκαδαϊκό οξύ απομονώθηκε για πρώτη φορά από τον σπόγγο *Halichondria okadaï*, απ' όπου πήρε και τ' όνομά του, και κατόπιν εντοπίστηκε στα δινομαστιγωτά *Dinophysis* spp. (*D. acuminata*, *D. acuta*, *D. fortii*, *D. norvegica*) και στα βενθικά *Prorocentrum* spp. (Baden et al., 1995).

Η γνώση της κινητικής των DSP τοξινών είναι σημαντική αφού δίνει τη δυνατότητα πρόβλεψης της χρονικής εξέλιξης ενός τοξικού επεισοδίου και ελαχιστοποίησης των συνεπειών του. Έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα κινητικής των DSP τοξινών, τα οποία προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό την πραγματική κατάσταση (Silvert et al., 1998; Morōno et al., 1998) και μια πιθανή πορεία είναι η εξής:

- Είσοδος τοξικών κυττάρων στη σάρκα του οστράκου.
- Αφομοίωση και/ή απ' ευθείας απομάκρυνση των τοξικών κυττάρων.
- Παραγωγή DSP τοξινών (ελεύθερες και συζευγμένες μορφές) και ελευθέρωσή τους στη σάρκα.
- Συσσώρευση των τοξινών στους διαφόρους ιστούς του ζώου, κυρίως στο ηπατοπάγκρεας (Murata et al., 1982).
- Μετασηματισμός των DSP τοξινών κατά την παραμονή τους στους ιστούς, που συνίσταται σε ακυλίωση των ελεύθερων μορφών (Suzuki et al., 1999) και υδρόλυση (Fernández et al., 1998) ή οξειδωση (Windust et al., 1997) των συζευγμένων μορφών.
- Απομάκρυνση των τοξινών (ελεύθερων ή μεταβολιτών) από το όστρακο προς το περιβάλλον. Οι DSP τοξίνες, ως λιπόφιλες ενώσεις, εμφανίζουν μεγάλη συγγένεια με τα λιπαρά συστατικά των ιστών, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται κυρίως στο ηπατοπάγκρεας των οστρακόδερμων, αφού το όργανο αυτό αποτελεί τη μεγαλύτερη αποθήκη λιπιδίων.

Η συσώρευση των βιοτοξινών (ή φυκοτοξινών) στα μύδια τελικά εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες. Ο πρώτος αφορά στη φυσιολογική κατάσταση του μυδιού που σχετίζεται με το ρυθμό τροφοληψίας και αφομοίωσης της τροφής. Ο δεύτερος σχετίζεται με την παρουσία τοξικών ειδών φυτοπλαγκτού (επιβλαβής άνθιση) και συγκεκριμένα με τη διάρκεια και την ένταση της άνθισης, το βαθμό τοξικότητας των κυττάρων (ικανότητα παραγωγής OA) και το ποσοστό συμμετοχής των τοξικών ειδών

στο σύνολο της διαθέσιμης τροφής (παρουσία μη-τοξικών ειδών). Με βάση τα ανωτέρω, θεωρείται σκόπιμο να παρατεθούν ορισμένες βασικές πληροφορίες σχετικά με την κατάταξη, την ανατομία και τη βιολογία των μυδιών ώστε να καταστεί πιο ευνόητη η αιτιολογία της συσσώρευσης των βιοτοξινών σε αυτά.

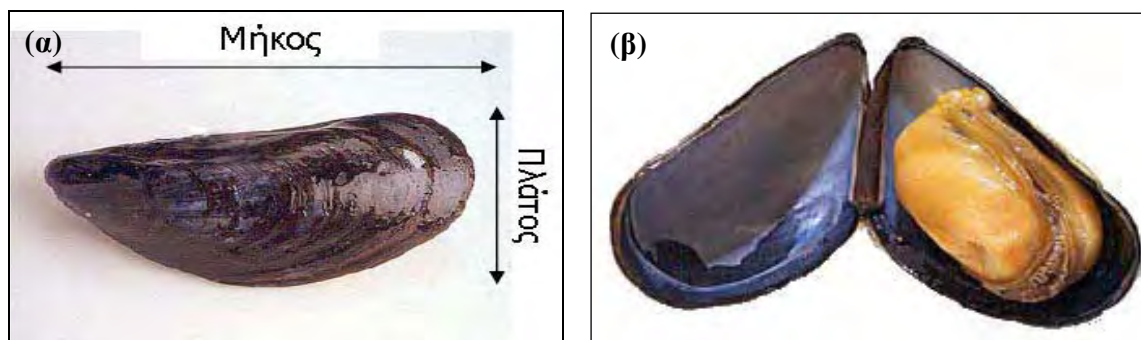
2.5. Μύδια

2.5.1 Κατάταξη, ανατομία και βιολογία του μυδιού

Τα μύδια είναι αποκλειστικά θαλάσσια μαλάκια που ζουν προσκολλημένα στα βράχια, σε πολύ μικρό βάθος και πάντα κατά μήκος των ακτών. Είναι η κοινή ονομασία των δίθυρων μαλακίων, που ανήκουν στην οικογένεια των Μυτιλιδών και στην τάξη των Νηματοβραγχίων. Με τη σειρά της η οικογένεια αυτή ανήκει στα Δίθυρα ελασματοβράγχια ή πελεκύποδα μαλάκια. Το χαρακτηριστικότερο είδος ονομάζεται *Mytilus edulis* και διακρίνονται πολλές ποικιλίες ανάλογα με το σχήμα, το μέγεθος και τον τόπο προέλευσης. Το μύδι απαντάται σε όλες τις ελληνικές θάλασσες, θεωρείται εύγευστη τροφή και πολύ θρεπτική και για το λόγο αυτό εκτρέφεται σε μυδοκαλλιέργειες.

Στην Ευρώπη, διακρίνονται τρία είδη μυδιών τα *Mytilus edulis*, *M. galloprovincialis* και *M. trossulus*. Ωστόσο, ορισμένοι πιστεύουν ότι το *M. galloprovincialis* αποτελεί υποείδος του *M. edulis* (McDonald et al., 1990). Το *M. galloprovincialis* απαντάται κυρίως στις ακτές της Μεσογείου, της Δ. Ευρώπης και των Η.Π.Α., καθώς και στην Κίνα, την Ιαπωνία, την Ν. Αφρική και τη Ν. Αυστραλία (Gosling, 1992).

Εξωτερικά το *M. edulis* είναι μαύρο ή σκούρο μπλε και εσωτερικά μαύρο γυαλιστερό με ζωηρές μπλε ανταύγειες. Το ζώο μέσα στο όστρακο έχει χρώμα κίτρινο. Χαρακτηρίζεται από το δίθυρο όστρακο, το οποίο αποτελείται από δυο κόγχες συμμετρικές και ίσιες (Εικ. 2.2). Αυτές ενώνονται μεταξύ τους με έναν ελαστικό σύνδεσμο που ελέγχει το άνοιγμα του κελύφους, ενώ το κλείσιμο ελέγχεται από δυο προσαγωγούς μυς. Η ταξινομική θέση του μυδιού παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.3 (Vaught, 1989).



Εικόνα 2.2. (α) Μορφομετρικά χαρακτηριστικά του κελύφους του μυδιού, (β) Απεικόνιση του εσωτερικού μέρους του δίθυρου οστράκου του μυδιού.

Πίνακας 2.3: Ταξινομική θέση βιολογικού υλικού.

Φύλο:	Mollusca
Κλάση:	Bivalvia
Τάξη:	Mytiloidea
Υπόταξη:	Mytilacea
Οικογένεια:	Mytilidae
Γένος:	Mytilus
Είδος:	Mytilus edulis Mytilus galloprovincialis

Το μήκος του κελύφους ποικίλλει αναλόγως με τη γενετική σύσταση του οστράκου και άλλους παράγοντες που καθορίζουν το ρυθμό αύξησης του ζώου. Σύμφωνα με μια μελέτη του ρυθμού αύξησης μυδιών της περιοχής Χαλάστρας (Θερμαϊκός Κόλπος), το μέσο μήκος κελύφους κυμαίνεται από 22-72 mm, χωρίς να διαπιστώνεται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ οστράκων καλλιεργούμενων σε βάθη από 1 έως 3 m (Κράββα, 2000). Στην ίδια μελέτη, βρέθηκε ότι το υγρό βάρος του όστρακου κυμαίνεται μεταξύ 0,38 και 13,27 g.

Το σώμα του μυδιού αποτελείται από το σπλαχνικό σάκο, ο οποίος περικλείει τα περισσότερα όργανα (πεπτικό σωλήνα, καρδιά, ηπατοπάγκρεας, γεννητικούς αδένες), και το πόδι, το οποίο χρησιμεύει για τη μετακίνηση του ζώου, καθώς και για την έκκριση του βύσσου (λεπτά ανθεκτικά νημάτια) με τον οποίο το ζώο προσκολλάται σε διάφορα αντικείμενα. Το σώμα του μυδιού στερείται κεφαλιού. Στον πεπτικό σωλήνα βρίσκεται το στόμα, ο φάρυγγας και ο οισοφάγος του ζώου. Το στόμα δεν έχει όργανα μάσησης αλλά περιβάλλεται από 4 χειλικές προσακτρίδες, που πάλλονται διευκολύνοντας έτσι την

είσοδο του νερού. Ο σπλαχνικός σάκος σκεπάζεται από μια πτυχή δέρματος, τον μανδύα, στον οποίο εκβάλλουν πολυάριθμοι αδένες. Μεταξύ μανδύα και σπλαχνικού σάκου υπάρχει η μανδουακή κοιλότητα, που περιλαμβάνει το αναπνευστικό σύστημα του ζώου. Αυτό αποτελείται από 4 βράγχια σε σχήμα ημισελήνου, που καλύπτουν τα $\frac{3}{4}$ του μήκους του σώματος. Με το ελαφρύ άνοιγμα των θυρίδων, το νερό περνά στα βράγχια μέσω σχισμών του μανδύα, με αποτέλεσμα την ταυτόχρονη διατροφή και αναπνοή του ζώου. Χάρη στα συνεχή χτυπήματα των μικροσκοπικών βλεφαρίδων των βραγχίων, που δρουν ως φίλτρο κατακρατείται η τροφή.

Η χημική σύσταση της σάρκας του μυδιού δε διαφέρει σημαντικά από εκείνη των άλλων θαλασσινών. Περιέχει πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας, στις οποίες απαντώνται όλα τα αμινοξέα. Η περιεκτικότητα σε λίπη και υδατάνθρακες είναι μικρή, ενώ μεγάλη είναι η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα. Τα μύδια είναι ιδιαίτερα πλούσια σε σίδηρο, όπως και όλα τα μαλάκια. Αποτελούν σημαντική πηγή βιταμινών, ιδιαίτερες C, A, D, B1 και B2.

Η ποσότητα του νερού που κυκλοφορεί μέσα από τα βράγχια του μυδιού επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τόσο την ανάπτυξη του όσο και τη συσσώρευση στη σάρκα διαφόρων ουσιών, όπως π.χ. οι φυκοτοξίνες. Ο ρυθμός διήθησης επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες (Walne, 1979):

- Αφθονία τροφής, η οποία έχει θετική επίδραση στο ρυθμό διήθησης έως ότου φθάσει στα επίπεδα παραγωγής ψευδοπεριτωμάτων (Navarro et al., 1991).
- Θερμοκρασία του νερού, η οποία έχει θετική επίδραση. Έχει βρεθεί ότι ο ρυθμός διήθησης γίνεται μέγιστος στους 20°C, ενώ στους 15°C μειώνεται κατά 20-25%.
- Μέγεθος των οστράκων, το οποίο έχει επίσης θετική επίδραση.
- Ταχύτητα κυκλοφορίας του νερού. Υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ ταχύτητας κυκλοφορίας νερού και ρυθμού διήθησης. Χάρη στην κίνηση του νερού το μύδι εξασφαλίζει αφενός το απαραίτητο οξυγόνο και αφετέρου τις απαραίτητες τροφές, αφού λόγω προσκόλλησής του δεν μπορεί αλλιώς να τραφεί.
- Συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων.

Η διατροφή του μυδιού συνίσταται από μονοκύτταρους φυτικούς οργανισμούς (φυτοπλαγκτό), και ζωικούς οργανισμούς.

Η δομή των βραγχιακών νηματίων των μυδιών είναι τέτοια ώστε να κατακρατά εκλεκτικά τα πλαγκτονικά κύτταρα. Τα πολύ μικρά κύτταρα διαφεύγουν, ενώ τα πολύ μεγάλα αδυνατούν να διέλθουν των βραγχιών. Πιθανολογείται ότι το καταλληλότερο μέγεθος μικροφυκών που μπορεί να κατακρατηθεί πλήρως από το *M. edulis* είναι περίπου 6 μm. Μελέτη της τροφοληπτικής δραστηριότητας, που έγινε στο *M. galloprovincialis* στην Ελλάδα, έδειξε ότι τα νεαρότερα άτομα (1-3 cm) καταναλώνουν βιομάζα μεγάλου σε διαστάσεις είδους φυτοπλαγκτού (π.χ. *Tetraselmis suecica*) σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι τα μεγαλύτερα άτομα (4-6 cm), ενώ τα δεύτερα προσλαμβάνουν κατά κύριο λόγο βιομάζα ενδιάμεσου σε κυτταρικό όγκο είδους (π.χ. *Isochrysis galbana*) (Κουκάρας, 1999).

Το μύδι αναπαράγεται με αυγά (5-10 εκατομμύρια/έτος), τα οποία γονιμοποιούνται από το σπέρμα του αρσενικού που ελευθερώνεται στο νερό. Η αναπαραγωγή επιτυγχάνεται μεταξύ 10 και 20°C. Μετά την εκκόλαση ο γόνος προσκολλάται σε διάφορα αντικείμενα του βυθού όπου και αναπτύσσεται. Ωριμάζει γεννητικά σε ηλικία έξι μηνών και το μεν αρσενικό χαρακτηρίζεται από υπόλευκους αδένες, το δε θηλυκό από πορτοκαλόχρωμους. Στη φυσική τους κατάσταση τα μύδια χρειάζονται τρία περίπου χρόνια για να αποκτήσουν εμπορικό μέγεθος (>5cm). Σε καλλιέργεια όμως ο χρόνος αυτός περιορίζεται σε 15 έως 18 μήνες. Ο ρυθμός ανάπτυξης των μυδιών ορίζεται ως η επί τοις εκατό αύξηση του μεγέθους στη μονάδα του χρόνου και εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

(α) Γενετική σύσταση. Έχει βρεθεί θετική συσχέτιση μεταξύ ετεροζυγωτίας και βιοσημότητας μυδιών και άλλων δίθυρων μαλακίων (Koehn & Gaffney, 1984). Γενικά, τα μύδια των ελληνικών ακτών έχουν υψηλό ρυθμό αύξησης, ιδιαίτερα αυτά που προέρχονται από την περιοχή της Χαλάστρας (Κράββα, 2000).

(β) Στάδιο ανάπτυξης του ζώου (μέγεθος, ηλικία). Ο ρυθμός ανάπτυξης είναι αντιστρόφως ανάλογος της ηλικίας και του μεγέθους, λόγω μείωσης των βιολογικών δραστηριοτήτων (μεταβολισμού) σε άτομα μεγάλης ηλικίας.

(γ) Ποιότητα και διαθεσιμότητα τροφής.

(δ) Ρυθμός διήθησης.

(ε) Αβιοτικοί παράγοντες (Gosling 1992; Dolmer, 1998) όπως: Φωτισμός, Θερμοκρασία, Αλατότητα, Οξυγόνο, pH, Θρεπτικά συστατικά, Τοπογραφία βυθού.

Η απεκκριτική δραστηριότητα των μυδιών σχετίζεται με το μέγεθος, την αναπαραγωγική ικανότητα και με εξωτερικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η διαθεσιμότητα τροφής (Smaal & Zurburg, 1997). Η απεκκριτική διαδικασία των μυδιών συνίσταται στην αποβολή διαφόρων αδιάλυτων και διαλυτών περιττωμάτων. Οι στερεές μορφές περιττωμάτων διακρίνονται στα ψευδοπεριττώματα και στα κανονικά περιττώματα. Τα ψευδοπεριττώματα περιβάλλονται από βλέννα και συνίστανται από οργανισμούς ή τμήματα αυτών που δεν έχουν υποστεί πέψη. Αποτελούν δε καλό υπόστρωμα για την ανάπτυξη βακτηρίων, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει ανοξικές συνθήκες, κυρίως σε περιοχές εντατικής καλλιέργειας (Smaal & Prins, 1993). Οι διαλυτές μορφές περιττωμάτων αποτελούνται από διάφορες ενώσεις αζώτου (κυρίως αμμωνιακά άλατα) και φωσφόρου (κυρίως ορθοφωσφορικά άλατα). Στις περιοχές συστηματικής καλλιέργειας τα επίπεδα των ανόργανων θρεπτικών είναι πολύ υψηλά, προάγοντας ακόμα περισσότερο την παραγωγή φυτικής βιομάζας (Prins et al., 1994 & 1995).

Οι υδρόβιοι οργανισμοί χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις ως βιοδείκτες, λόγω συσσώρευσης διαφόρων δυνητικώς επικινδύνων χημικών ρύπων και εξαιτίας των τοξικών επιπτώσεων που αυτές προκαλούν στα ανώτερα θηλαστικά και στον άνθρωπο. Αρκετοί οργανισμοί μπορεί να συσσωρεύσουν τοξίνες στη σάρκα τους, μεταξύ των οποίων δίθυρα μαλάκια, καρκινοειδή (καβούρια, αστακοί), ιχθύες (σιγκουατέρα, μπαρακούντα) και ζωοπλαγκτονικά είδη.

Επιπλέον τα δίθυρα μαλάκια και ιδιαίτερα τα μύδια είναι οργανισμοί που επιδέχονται τη βιοσυσσώρευση των τοξινών, λόγω της ακινησίας και του μηχανισμού τροφοληψίας τους (διήθηση του νερού). Συγκριτική ανάλυση των DSP τοξινών σε διάφορα είδη οστρακοειδών από την ίδια περιοχή έδειξε ότι το μύδι (*M. edulis*) είναι το πιο τοξικό, ακολουθούμενο από το χτένι, ενώ πολύ μικρή τοξικότητα βρέθηκε στο στρείδι (Yasumoto et al., 1978; Berthomé & Beline, 1988). Στον Πίνακα 2.4 δίνεται η σχετική τοξικότητα του κάθε είδους εκφρασμένη ως προς την τοξικότητα του μυδιού.

Πίνακας 2.4: Κατανομή των DSP τοξινών σε διάφορα οστρακοειδή (Yasumoto et al., 1978).

Οστρακοειδές	% Σχετική Τοξικότητα*
Μύδι (<i>Mytilus edulis</i>)	100
Χτένι (<i>Pathinopecten yessoensis</i>)	83-86
Χτένι (<i>Chlamys nipponensis akazara</i>)	60
Στρέϊδι (<i>Crassostrea gigas</i>)	14
Ασκίδιο (<i>Halocynthia roretzi</i>)	<2
* Η εκτίμηση της τοξικότητας έγινε με βιοδοκιμή μυών.	

2.5.2. Μηχανισμοί αυτοκάθαρσης των μυδιών

Η είσοδος των τοξικών κυττάρων στον οργανισμό των μυδιών ενεργοποιεί διάφορους προστατευτικούς μηχανισμούς, όπως π.χ. κλείσιμο των θυρών. Τα δίθυρα μαλάκια διαθέτουν μηχανισμούς αντίληψης του είδους του φυτοπλαγκτού που καταναλώνουν, ακόμα και της τοξικότητας κάποιων μικροφυκών, και μπορούν να μειώνουν ανάλογα τη διηθητική τους ικανότητα αλλά και να αντιλαμβάνονται ενώσεις σε διαλυμένη μορφή, μέσω κάποιων ειδικών χημειο-υποδοχέων. Η πιθανότερη θέση των υποδοχέων αυτών φαίνεται να είναι οι χηλικές προσακτρίδες (Scholten & Smaal, 1998).

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την αποτοξίνωση των μυδιών είναι η ποιότητα και ποσότητα της διαθέσιμης τροφής. Ορισμένοι ερευνητές (Bauder et al., 1996; Blanco et al., 1999) θεωρούν ότι η κύρια οδός απομάκρυνσης των DSP τοξινών είναι η απόθεση μεταβολικών περιττωμάτων, η οποία αυξάνεται παρουσία μη τοξικής τροφής, ως αποτέλεσμα της αύξησης του ρυθμού πρόσληψης τροφής και της πεπτικής δραστηριότητας. Σύμφωνα με μία άλλη προσέγγιση, όταν υπάρχει άφθονη μη τοξική τροφή (π.χ. διάτομα), τα δίθυρα χρειάζεται να διηθήσουν μικρότερο όγκο νερού, οπότε συσσωρεύουν λιγότερη ποσότητα τοξινών (Samprayo et al., 1990). Από την άλλη πλευρά βέβαια, απουσία τροφής (κατάσταση νηστείας) έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη χρήση των αποθηκών λίπους, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο ρυθμός κάθαρσης (Svensson, 2003). Οι τοξίνες που αποθηκεύονται στο γαστρεντερικό σωλήνα των μυδιών απομακρύνονται πιο γρήγορα από εκείνες που συσσωρεύονται στους ιστούς.

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την αποτοξίνωση των οστρακοειδών, με σκοπό να μειωθεί ο χρόνος αποκλεισμού τους από την αγορά. Η ανάπτυξη μεθόδων κάθαρσης σε φυσικά ελεγχόμενα συστήματα προϋποθέτει ταυτοποίηση των περιβαλλοντικών

συνθηκών που επηρεάζουν την κάθαρση, κατανόηση των φυσιολογικών μηχανισμών κάθαρσης και χαμηλό κόστος εφαρμογής. Η πιο φυσική μέθοδος κάθαρσης είναι η μεταφορά των οστράκων σε νερά ελεύθερα τοξικών οργανισμών, όπου αφήνονται να αυτοκαθαριστούν. Η μέθοδος αυτή είναι ικανοποιητική για πολλά είδη οστράκων, όμως ο ρυθμός κάθαρσης εξαρτάται από το κάθε είδος και ορισμένα είδη παραμένουν τοξικά για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων οστράκων είναι επίπονη και δαπανηρή. Εμβάπτιση μυδιών φυσικώς επιβαρημένων με OA (4,25 μg/g HP) σε νερά ελεύθερα τοξικών κυττάρων έδειξε ότι το περιεχόμενο OA μειώνεται κατά 83% εντός μίας εβδομάδας και καθίστανται κατάλληλα προς κατανάλωση, ενώ σε 21 ημέρες εξαφανίζεται πλήρως (Poletti et al., 1996). Ωστόσο, σε εργαστηριακά πειράματα, όπου μύδια επιβαρημένα με OA εμβάπτιστηκαν σε δεξαμενές με νερά ελεύθερα τοξικών κυττάρων, αρχικά παρατηρήθηκε αύξηση του OA (Haamer et al., 1990; Marcaillou-Le Baut et al., 1993). Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται είτε σε αυξημένο ρυθμό μεταβολισμού λόγω του στρες κατά τη μεταφορά, είτε σε υδρόλυση των εστεροποιημένων ενώσεων του OA (π.χ. DTX-4) κατά την κατεργασία των δειγμάτων.

Κατά διαστήματα έχουν μελετηθεί διάφορες τεχνητές μέθοδοι απομάκρυνσης των DSP τοξινών από τους ιστούς των οστρακοειδών. Σύμφωνα με τους ερευνητές Edebo et al. (1988) και Scoging (1991) ο βρασμός των μυδιών που είχαν επιμολυνθεί με OA οδήγησε σε αργή διάσπαση της τοξίνης. Οι Croci et al. (1994), σε πειράματα που έκαναν σε τεχνητό θαλασσινό νερό χωρίς προσθήκη τροφής, έδειξαν ότι ο ρυθμός κάθαρσης αυξάνεται με οξονισμό. Άλλες μέθοδοι που έχουν δοκιμαστεί είναι η κάθετη κατανομή των μυδιών στη στήλη του νερού, θερμικό και ηλεκτρικό σοκ, μείωση του pH και χλωρίωση. Καμία όμως από τις μεθόδους αυτές δεν είναι προς το παρόν εφικτή και αποδοτική σε ευρεία κλίμακα (Hallegraeff et al., 1995).

3. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΒΛΑΒΩΝ ΑΝΘΙΣΣΕΩΝ ΦΥΚΩΝ, ΣΧΕΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΪΚΩΝ ΒΙΟΤΟΞΙΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια, ποικίλα είδη τοξικού φυτοπλαγκτού παράγουν βιοτοξίνες που συσσωρεύονται στα οστρακοειδή, προκαλώντας τόσο προβλήματα υγείας στους καταναλωτές όπως και οικονομικές απώλειες στους φορείς που εμπλέκονται στην παραγωγή και εμπορία των οστρακοειδών. Από τη στιγμή που τα οστρακοειδή θα μολυνθούν από τις τοξίνες οι στρατηγικές για τον περιορισμό των προβλημάτων που δημιουργούνται είναι πολύ περιορισμένες. Για το λόγο αυτό τα περισσότερα κράτη έχουν θεσπίσει προγράμματα παρακολούθησης με σκοπό αφενός την προστασία της δημόσιας υγείας και αφετέρου τη μείωση των οικονομικών επιπτώσεων του φαινομένου. Η οργάνωση των προγραμμάτων αυτών εξαρτάται από το ίδιο το κράτος, αλλά συνήθως περιλαμβάνουν την περιοδική παρακολούθηση των ωκεανογραφικών και περιβαλλοντικών συνθηκών, του τοξικού φυτοπλαγκτού και της παρουσίας τοξινών στα οστρακοειδή. Σ' αυτά τα πλαίσια, έχουν επίσης θεσπιστεί κανονιστικά όρια για τις διαφορετικές ομάδες βιοτοξινών ώστε να προλαμβάνεται η διάθεση στο εμπόριο μη ασφαλών προϊόντων (Rodriguez-Velasco, 2008).

Σε ότι αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση, η επί του παρόντος ισχύουσα νομοθετική προσέγγιση του κανονιστικού ελέγχου για τις θαλάσσιες βιοτοξίνες απαρτίζεται από τις εξής διατάξεις:

- Κανονισμός (ΕΚ) 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης, ο οποίος καθορίζει στο Παράρτημα ΙΙΙ, τμήμα VII, κεφάλαιο V τις απαιτούμενες προδιαγραφές υγιεινής για τα δίθυρα μαλάκια, συμπεριλαμβανομένων των μέγιστων συγκεντρώσεων για τις διάφορες θαλάσσιες βιοτοξίνες (τοξίνες PSP, τοξίνες ASP, και ομάδες λιπόφιλων τοξινών: OA, DTXs, PTXs, YTXs, και AZAs). Ο εν λόγω Κανονισμός αντικαθιστά την προηγούμενη Οδηγία 91/492/ΕΟΚ του Συμβουλίου και τις μεταγενέστερες διευκρινιστικές διατάξεις: Οδηγία 97/61/ΕΚ, Απόφαση 2002/225/ΕΚ και Απόφαση 2002/226/ΕΚ της Επιτροπής, που θεσπίστηκαν για την εφαρμογή της.

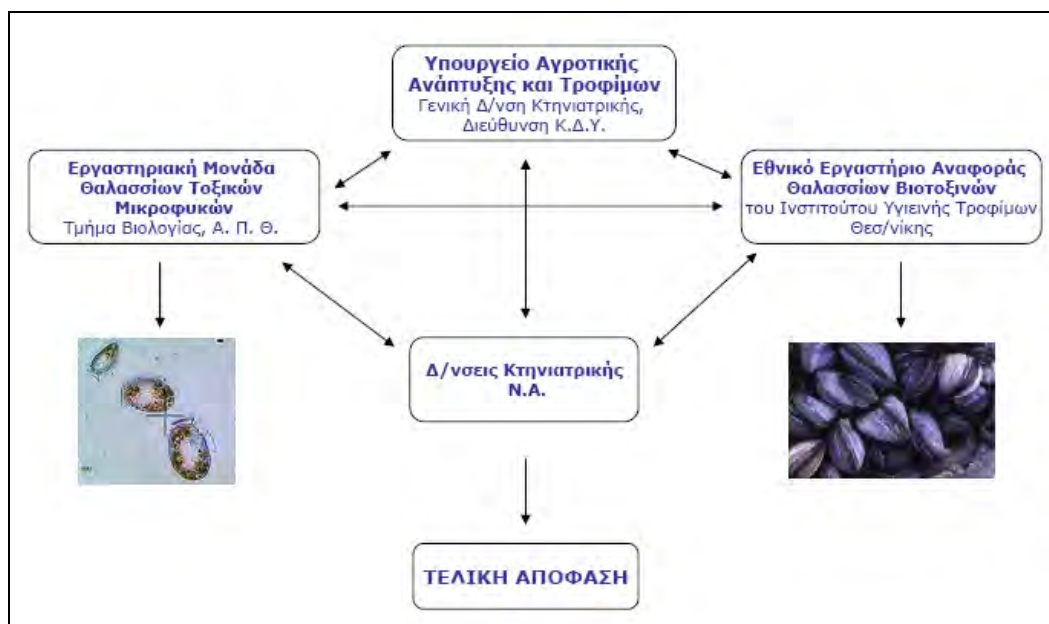
- Κανονισμός (ΕΚ) 2074/2005 της Επιτροπής, που καθορίζει στο Παράρτημα ΙΙΙ τις αναγνωρισμένες μεθόδους ανάλυσης για την ανίχνευση των θαλασσίων βιοτοξινών για τον έλεγχο της συμμόρφωσης με τα όρια του Κανονισμού 853/2004. Στον Κανονισμό αυτό αναγνωρίζονται οι βιοδοκιμές ως μέθοδοι αναφοράς για την ανίχνευση ορισμένων βιοτοξινών, μεταξύ των οποίων και οι λιπόφιλες, και επισημαίνεται ότι οι μέθοδοι αυτές πρέπει να αντικατασταθούν το συντομότερο δυνατόν από εναλλακτικές μεθόδους ανίχνευσης όπως χημικές μεθόδους και δοκιμές *in vitro*, εφόσον καταδειχτεί ότι παρέχουν ισοδύναμο επίπεδο προστασίας της δημόσιας υγείας με αυτό των βιοδοκιμών και ότι τα χαρακτηριστικά επίδοσής τους έχουν καθοριστεί αφού προηγηθεί επικύρωση σύμφωνα με διεθνώς συμφωνημένο πρωτόκολλο.

Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι ζώντα και επεξεργασμένα δίθυρα μαλάκια μπορούν να εισαχθούν στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης μόνο εφόσον προέρχονται από «εγκεκριμένες» χώρες, των οποίων οι νομοθετικές απαιτήσεις, η δικαιοδοσία των αρμόδιων αρχών και οι υπηρεσίες ελέγχου είναι τουλάχιστον ισοδύναμες με αυτές που ισχύουν για τα προϊόντα που παράγονται στην Ε.Ε. (Απόφαση 97/20/ΕΚ).

Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ) της Ελλάδας, στα πλαίσια της εφαρμογής των εκάστοτε ισχυουσών Ευρωπαϊκών κανονιστικών διατάξεων, έχει καταρτίσει και διενεργεί ήδη από το 1999 το «Εθνικό Πρόγραμμα Επιτήρησης Ζωνών ή Περιοχών Παραγωγής Δίθυρων Μαλακίων για Παρουσία Θαλασσίων Βιοτοξινών». Το συγκεκριμένο πρόγραμμα, όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα (Απόφαση ΥΠΑΑΤ, Αρ. Πρωτ. 313153/20-12-2002), επιβάλλει την παρακολούθηση, σε εβδομαδιαία βάση, της παρουσίας των τριών ομάδων θαλασσίων βιοτοξινών που περιλαμβάνονται στην Ευρωπαϊκή νομοθεσία, (DSP – Diarrhetic Shellfish Poisoning ή πλέον ονομαζόμενη ομάδα λιπόφιλων τοξινών, PSP – Paralytic Shellfish Poisoning και ASP – Amnesic Shellfish Poisoning) σε όλες τις περιοχές του Ελλαδικού χώρου, στις οποίες υφίσταται νόμιμη παραγωγή (υδατοκαλλιέργεια ή ελεύθερη αλιεία) δίθυρων μαλακίων.

Το Εθνικό Πρόγραμμα Επιτήρησης συνίσταται: (α) στην εξέταση του θαλασσινού νερού για την πιθανή παρουσία τοξικού φυτοπλαγκτού και (β) στην εξέταση των

οστρακοειδών για πιθανή παρουσία βιοτοξινών. Συντονιστής του προγράμματος είναι η Γενική Διεύθυνση Κτηνιατρικής του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και συγκεκριμένα η Διεύθυνση Κτηνιατρικής Δημόσιας Υγείας (Δ/ση Κ.Δ.Υ.), ενώ οι δειγματοληψίες εκτελούνται από τις Διευθύνσεις Κτηνιατρικής των κατά τόπους Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων. Η εκτέλεση των προαναφερθεισών εξετάσεων γίνεται αντίστοιχα: (α) από την Εργαστηριακή Μονάδα Θαλασσίων Τοξικών Μικροφυκών του Εργαστηρίου Βοτανικής του Τμήματος Βιολογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και (β) από το Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς Θαλασσίων Βιοτοξινών (ΕΕΑΘΒ) του Ινστιτούτου Υγιεινής Τροφίμων Θεσσαλονίκης του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Οι εμπλεκόμενοι στη διεξαγωγή του Προγράμματος φορείς παρουσιάζονται συνοπτικά στην Εικ. 3.1.



Εικόνα 3.1. Φορείς εμπλεκόμενοι στο πρόγραμμα παρακολούθησης θαλασσίων βιοτοξινών του ΥΠΑΑΤ.

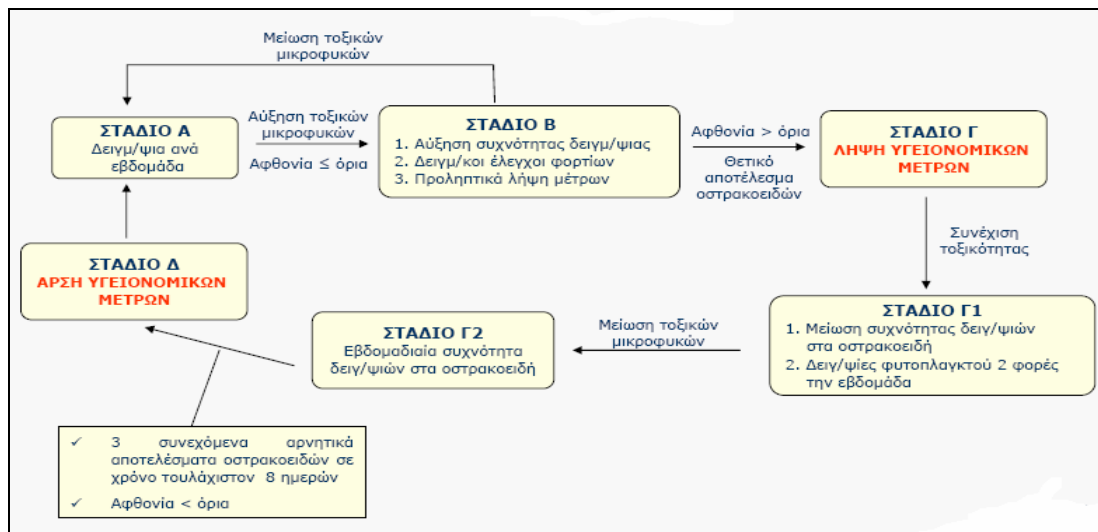
Σε ότι αφορά τις DSP τοξίνες που αποτελούν το αντικείμενο της παρούσας μελέτης, ο περιοδικός έλεγχος για την πιθανή παρουσία τοξικού πλαγκτού στο θαλασσίνο νερό των ζωνών παραγωγής και μετεγκατάστασης των οστρακοειδών αφορά στην αναγνώριση και καταμέτρηση κυττάρων των γενών και ειδών τοξικών μικροφυκών που δυνητικά

ενοχοποιούνται για την παραγωγή των τοξινών αυτών, όπως έχουν καταγραφεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Η συχνότητα δειγματοληψιών για την παρακολούθηση του φαινομένου υπό ομαλές συνθήκες είναι τουλάχιστον εβδομαδιαία, ενώ διπλασιάζεται όταν κατά την «περίοδο επαγρύπνησης», όταν δηλαδή ο αριθμός των κυττάρων των ειδών που ενοχοποιούνται για την παραγωγή των τοξινών αυτών κυμαίνεται μεταξύ 200-1000 κυτ./l που αποτελούν τα όρια επαγρύπνησης. Σε περίπτωση που ο αριθμός κυττάρων των ειδών που ενοχοποιούνται για παραγωγή διαρροϊκής τοξίνης (DSP) υπερβαίνει τα 1000 κυτ./l ακολουθεί λήψη υγειονομικών μέτρων, δηλαδή προληπτική αναστολή της συλλογής και διακίνησης των οστρακοειδών από την περιοχή δειγματοληψίας στην οποία αφορά η υπέρβαση του ορίου αυτού.

Σε ότι αφορά τις δειγματοληψίες οστρακοειδών για τον προσδιορισμό των DSP τοξινών, αυτές γίνονται αυστηρά από σταθερά σημεία δειγματοληψίας, τα οποία συμπίπτουν με τα σημεία ορισμού συσσώρευσης του τοξικού φυτοπλαγκτού. Η συχνότητα δειγματοληψιών υπό ομαλές συνθήκες είναι επίσης εβδομαδιαία για κάθε ορισμένο σημείο δειγματοληψίας, ενώ μπορεί να αυξάνεται, όπου αυτό επιβάλλεται, με βάση τα ευρήματα των εξετάσεων των τοξινών στη σάρκα των οστράκων. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται από το ΕΕΑΘΒ για την ανίχνευση των DSP τοξινών στις αναλύσεις ρουτίνας είναι η βιοδοκιμή σε μυς (Mouse BioAssay, MBA), των Yasumoto et al. (1978). Σύμφωνα με τα κριτήρια του Κανονισμού 2074/2005, ένα δείγμα οστρακοειδών θεωρείται θετικό στις λιπόφιλες τοξίνες και σε επίπεδα ανώτερα από αυτά που καθορίζονται στον Κανονισμό 853/2004, όταν σημειωθεί θάνατος σε τουλάχιστον δύο από τα τρία ποντίκια εντός 24 ωρών μετά την έγχυση εκχυλίσματος ίσου με 5g ηπατοπαγκρέατος. Σε περίπτωση θετικού αποτελέσματος για την παρουσία βιοτοξινών στα οστρακοειδή, οι αρμόδιες Νομαρχιακές Διευθύνσεις Κτηνιατρικής προβαίνουν και πάλι στη λήψη υγειονομικών μέτρων με την απαγόρευση αλίευσης και διακίνησης των οστρακοειδών στις αντίστοιχες περιοχές δειγματοληψίας.

Η άρση υγειονομικών μέτρων σε ζώνες ή περιοχές, που έδωσαν θετικά δείγματα για βιοτοξίνες στη σάρκα οστρακοειδών, γίνεται μετά από τρεις (3) συνεχόμενες δειγματοληψίες σε διάστημα τουλάχιστον οκτώ (8) ημερών με αρνητικό αποτέλεσμα για την παρουσία των τοξινών αυτών και ταυτόχρονα φθίνουσα πορεία της αφθονίας των υπεύθυνων τοξικών μικροφυκών. Τέλος άρση υγειονομικών μέτρων σε ζώνες ή περιοχές,

όπου αυτά έχουν ληφθεί μόνο λόγω υπέρβασης των ορίων τοξικών ειδών μικροφυκών, γίνεται ύστερα από αρνητικά αποτελέσματα φυσικοχημικών ή/και ανοσοβιολογικών αναλύσεων για βιοτοξίνες, τα οποία συνδυάζονται με τα αποτελέσματα της βιολογικής μεθόδου (βιοδοκιμής). Τα στάδια διεξαγωγής του προγράμματος παρακολούθησης θαλασσίων βιοτοξινών του ΥΠΑΑΤ παρουσιάζονται διαγραμματικά στην Εικ. 3.2.



Εικόνα 3.2. Στάδια διεξαγωγής του προγράμματος παρακολούθησης θαλασσίων βιοτοξινών του ΥΠΑΑΤ.

4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η απρόσκοπτη εφαρμογή του «Εθνικού Προγράμματος Επιτήρησης Ζωνών ή Περιοχών Παραγωγής Δίθυρων Μαλακίων για Παρουσία Θαλασσίων Βιοτοξινών», κατά το χρονικό διάστημα από το έτος 2000 έως και σήμερα έχει οδηγήσει στη συσσώρευση στους εμπλεκόμενους φορείς πολυάριθμων δεδομένων σχετικά με τα τοξικά επεισόδια που εμφανίζονται στον Ελλαδικό χώρο. Τα δεδομένα αυτά είναι πλέον ικανά σε αριθμό ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα που μπορούν να αποβούν ιδιαίτερα χρήσιμα τόσο σε ότι αφορά στην κανονιστική διαχείριση των τοξικών αυτών επεισοδίων από τις αρμόδιες αρχές όσο και στην εκμετάλλευση αυτής της γνώσης προς οικονομικό όφελος των φορέων που εμπλέκονται στη βιομηχανία των οστρακοειδών (π.χ. μυδοκαλλιεργητές, οστρακαλιείς, έμποροι). Μια τέτοια προσέγγιση είναι ίσως άλλωστε και αυτή που επιβάλλεται να ακολουθείται στα πλαίσια της αποδοτικότητας της Δημόσιας Διοίκησης, δεδομένου του γεγονότος ότι έχει ως σκοπό να εξυπηρετεί τον πολίτη, ο οποίος είναι και ο άμεσος χρηματοδότης της.

Η έως σήμερα αξιοποίηση των δεδομένων αυτών από πλευράς του Εθνικού Εργαστηρίου Αναφοράς Θαλάσσιων Βιοτοξινών του ΥΠΑΑΤ, και οι περαιτέρω έρευνες που έχουν διεξαχθεί, καταδεικνύουν ότι για τα τοξικά επεισόδια από θαλάσσιες βιοτοξίνες στα οστρακοειδή του Ελλαδικού χώρου κατά το διάστημα 2000-2008 ενοχοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά βιοτοξίνες της ομάδας των DSP τοξινών, και ιδιαίτερα το οκαδαϊκό οξύ (Mouratidou et al. 2004; Prassopoulou et al., 2009; Louppis et al., 2010). Οι τοξίνες αυτές φαίνεται ότι εμφανίζονται σταθερά σε ετήσια βάση στις διάφορες περιοχές δειγματοληψίας, χωρίς ωστόσο οι περίοδοι της τοξικότητας να συμπίπτουν πάντοτε χρονικά, ορισμένες φορές ακόμα και σε γειτονικές μεταξύ τους περιοχές. Σε γενικές γραμμές όμως μπορεί να λεχθεί ότι η πιο συνήθης χρονική περίοδος κατά την οποία παρατηρούνται τα DSP τοξικά επεισόδια είναι μεταξύ Δεκεμβρίου και Ιουνίου.

Λόγω των οικονομικών επιπτώσεων που προκαλούν τα τοξικά αυτά επεισόδια στις μυδοκαλλιέργειες, θα ήταν ιδιαίτερα επιθυμητό να προγραμματίζεται σε κάθε περιοχή η παραγωγή των μυδιών κατά τρόπο ώστε η χρονική περίοδος κατά την οποία βρίσκονται στην υψηλότερη ποιότητα και στο μέγιστο εμπορεύσιμο μέγεθός τους να μη

συμπίπτει στο σύνολό της με τις περιόδους των τοξικών επεισοδίων, γεγονός το οποίο έχει ως επακόλουθο την αδυναμία συλλογής και διακίνησής τους.

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας έχει ως σκοπό τη βαθύτερη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την εμφάνιση και παρουσία των DSP τοξινών, η οποία από το έτος 2000 και έπειτα καταγράφεται κατ' εξακολούθηση στα μύδια των ελληνικών ακτών. Στα πλαίσια αυτά θεωρείται επιβεβλημένη η διερεύνηση της δυναμικής της ανάπτυξης του τοξικού φυτοπλαγκτού και συγκεκριμένα του γένους *Dinophysis*, το οποίο αποτελεί τον αιτιολογικό παράγοντα των DSP τοξικών επεισοδίων, σε σχέση με τις μεταβολές των κλιματολογικών παραμέτρων (διεύθυνση και ένταση ανέμων, βροχόπτωση και θερμοκρασία) του Ελλαδικού χώρου. Η επιλογή των παραμέτρων αυτών δεν έχει ως σκοπό να υποβαθμίσει τη σημασία άλλων αβιοτικών παραγόντων, όπως π.χ. της διαθεσιμότητας θρεπτικών ουσιών, ή περιβαλλοντικών παραμέτρων όπως π.χ. της αλατότητας του νερού, οι οποίες έχουν βιβλιογραφικά τεκμηριωμένη επίδραση στην ανάπτυξη του γένους *Dinophysis*. Αντίθετα, επιλέχθηκαν παράμετροι, τα δεδομένα των οποίων, λόγω της φύσης αλλά και της προέλευσής τους, είναι διαθέσιμα χωρίς ιδιαίτερη προσπάθεια στο ευρύ κοινό και κατά συνέπεια στις ενδιαφερόμενες ομάδες (π.χ. μυδοκαλλιεργητές, αλιευτικές οργανώσεις κ.λ.π.) και με σκοπό ώστε τα αποτελέσματα της έρευνας να μπορούν να είναι τελικά εκμεταλλεύσιμα από τους πραγματικά επηρεαζόμενους από το φαινόμενο.

Στο βαθμό που μπορούμε να γνωρίζουμε, παρόμοιας έκτασης μελέτες δεν έχουν διεξαχθεί ποτέ στην Ελλάδα, αφενός λόγω της μέχρι τώρα έλλειψης πειραματικών δεδομένων ικανών σε αριθμό για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και αφετέρου λόγω του γεγονότος ότι το Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς Θαλασσιών Βιοτοξινών είναι το μοναδικό εργαστήριο στην Ελλάδα που δύναται να διενεργήσει τις συγκεκριμένες τοξικολογικές αναλύσεις και επομένως το μόνο που μπορεί να διαθέτει τα σχετικά δεδομένα για την παρουσία της DSP τοξικότητας.

Τα στοιχεία αφορούν σε περιοχές, οι οποίες στο σύνολό τους συγκεντρώνουν περισσότερο από 95% της ελληνικής παραγωγής μυδιών, και στις οποίες συγκαταλέγονται ο Θερμαϊκός κόλπος, ο Μαλιακός κόλπος, ο Σαρωνικός κόλπος, ο κόλπος της Καβάλας και ο Αμβρακικός κόλπος. Στα πλαίσια αυτά επιχειρείται η σύγκριση της χρονικής περιόδου εμφάνισης και της διάρκειας των τοξικών επεισοδίων

σε συνάρτηση με την παρουσία/ αφθονία του γένους *Dinophysis* και τις αντίστοιχες κλιματολογικές παραμέτρους για τις περιοχές παραγωγής των ανωτέρω 5 κόλπων του Ελλαδικού χώρου. Επισημαίνεται ότι πλήρη στοιχεία κανονιστικού ελέγχου (εβδομαδιαία δειγματοληψία καθ' όλο το έτος) είναι διαθέσιμα για τα έτη 2003-2008 για τις 4 πρώτες περιοχές, ενώ στην περίπτωση των περιοχών του Αμβρακικού κόλπου τα διαθέσιμα δεδομένα είναι περισσότερο σποραδικά καθώς το πρόγραμμα δειγματοληψιών στα έτη της μελέτης δεν τηρήθηκε με επαρκή συνέπεια. Παρ' όλα αυτά θεωρείται επιθυμητή η συμπερίληψή τους λόγω του ότι ο Αμβρακικός κόλπος αποτελεί τη μοναδική περιοχή παραγωγής μυδιών της Δυτικής Ελλάδας από την οποία υπάρχουν κάποια, έστω και περιορισμένα, δεδομένα, ώστε τελικά να αποκομιστεί μια όσο το δυνατόν πιο πλήρης εικόνα της παρουσίας των τοξικών επεισοδίων στις ελληνικές μυδοκαλλιέργειες.

Η στατιστική ανάλυση για τα ανωτέρω δεδομένα συμπεριλαμβάνει τις μεθόδους της ανάλυσης διακύμανσης και της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών αλλά και την ταυτόχρονη γραφική απεικόνιση των επιλεγμένων παραμέτρων τόσο συνολικά σε επίπεδο Ελληνικής επικράτειας και στο συνολικό χρόνο της μελέτης, όσο και για κάθε έτος και κάθε διαφορετική περιοχή.

Η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας έχει ως τελικό σκοπό την ορθολογικότερη δυνατή διαχείριση και το βέλτιστο και αποτελεσματικό προγραμματισμό, αφενός της ίδιας της παραγωγής των μυδοκαλλιεργειών, αλλά και της εμπορικής διάθεσης των μυδιών στις διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας. Έτσι, η πρόθεση είναι να προταθούν οι ιδανικές περίοδοι διάθεσης των μυδιών, με σκοπό τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους των μυδοκαλλιεργειών, λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη και τον βιολογικό κύκλο των εκτρεφόμενων οργανισμών.

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Δεδομένα αφθονίας τοξικού ή/και δυνητικώς τοξικού φυτοπλαγκτού και δεδομένα DSP τοξικότητας στα μύδια

5.1.1 Χρονική περίοδος της μελέτης και συχνότητα δειγματοληψιών

Τα δεδομένα της αφθονίας του τοξικού ή/και δυνητικώς τοξικού φυτοπλαγκτού καθώς και τα δεδομένα της DSP τοξικότητας στα μύδια που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη αφορούν στη χρονική περίοδο των ετών 2003-2008. Σύμφωνα με τα οριζόμενα στο «Εθνικό Πρόγραμμα Επιτήρησης Ζωνών ή Περιοχών Παραγωγής Διθύρων Μαλακίων για παρουσία θαλασσίων βιοτοξινών», όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα (Απόφαση ΥΠΑΑΤ αρ. πρωτ. 313153/20-12-2002), η προβλεπόμενη συχνότητα των δειγματοληψιών για τη διενέργεια των κανονιστικών ελέγχων είναι κατ' ελάχιστον εβδομαδιαία καθ' όλη την διάρκεια του έτους, ή και συχνότερη εφόσον οι αφθονίες του τοξικού ή/και δυνητικώς τοξικού φυτοπλαγκτού έχουν υπερβεί τα καθορισμένα όρια επαγρύπνησης. Ελλείψεις δεδομένων σε εβδομαδιαία βάση παρατηρούνται σε κάποιες ιδιαίζουσες περιπτώσεις, όπως π.χ. αδυναμίας δειγματοληψίας λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών ή σε περιόδους που δεν υφίσταται παραγωγή μυδιών ή αυτά δεν βρίσκονται ακόμα σε εμπορεύσιμο μέγεθος.

5.1.2 Ζώνες παραγωγής και σημεία δειγματοληψίας

Τα δεδομένα που αναλύθηκαν στην παρούσα μελέτη και αφορούν τόσο στην αφθονία κυττάρων του γένους *Dinophysis* στο θαλασσινό νερό όσο και στη DSP τοξικότητα των μυδιών, προέρχονται από την εφαρμογή του ανωτέρω προγράμματος επιτήρησης στους πέντε σημαντικότερους κόλπους της Ελληνικής επικράτειας, στους οποίους υφίστανται δραστηριότητες μυδοκαλλιέργειας, και συγκεκριμένα στους: Σαρωνικό κόλπο, Θερμαϊκό κόλπο, κόλπο Καβάλας, Αμβρακικό κόλπο και Μαλιακό κόλπο (Εικ. 5.1). Η αρμοδιότητα του κανονιστικού ελέγχου για τους ανωτέρω κόλπους κατανέμεται συνολικά σε επτά νομαρχίες και πιο συγκεκριμένα στις Διευθύνσεις Κτηνιατρικής και Αλιείας που υπάγονται σε κάθε νομαρχιακή αυτοδιοίκηση. Τα επιμέρους σημεία δειγματοληψίας για κάθε ενεργή περιοχή μυδοκαλλιέργειας έχουν καθοριστεί από τις προαναφερθείσες υπηρεσίες της τοπικής Νομαρχίας, με βάση τα οριζόμενα αρχικά στην Εθνική Νομοθεσία (Π.Δ. 412/94, σε

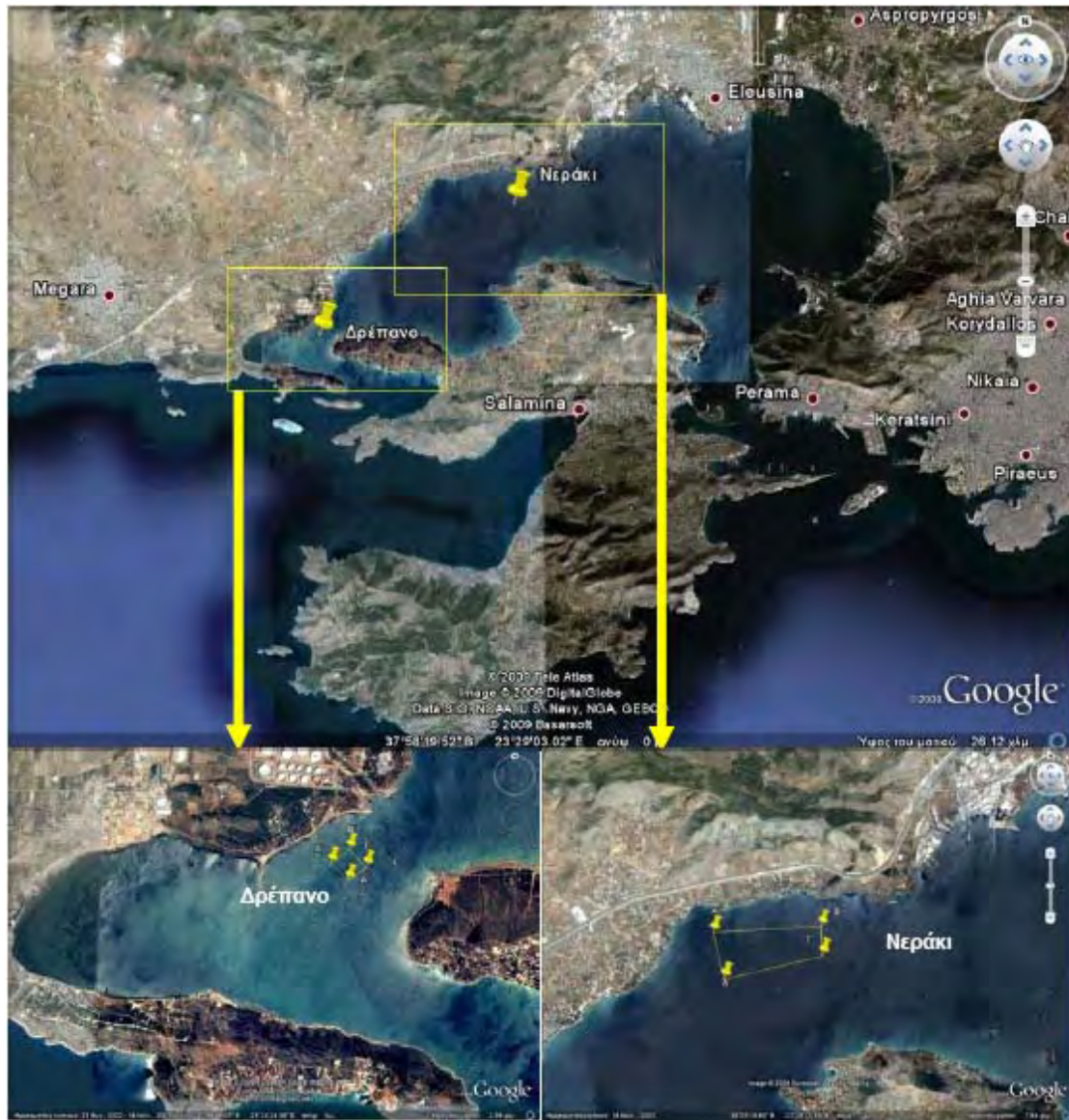
συμμόρφωση με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/492/ΕΟΚ) και στη συνέχεια σύμφωνα με τον Κανονισμό 853/2004. Τα σημεία δειγματοληψίας (ζώνες παραγωγής) που αφορούν στην παρούσα έρευνα αναλύονται κατωτέρω, ταξινομημένα κατά κόλπο παραγωγής και κατά νομαρχία στην οποία υπάγονται διοικητικά.



Εικόνα 5.1. Δορυφορική απεικόνιση της Ελλάδας στην οποία επισημαίνονται οι κόλποι στους οποίους εντοπίζεται η παραγωγή μυδιών και τα σημεία δειγματοληψίας που αφορούν στην παρούσα έρευνα. 1: Σαρωνικός κόλπος, 2: Θερμαϊκός κόλπος, 3: Κόλπος Καβάλας, 4: Αμβρακικός κόλπος, 5: Μαλιακός κόλπος.

5.1.2.1 Σαρωνικός κόλπος

Οι ζώνες παραγωγής που εντοπίζονται στο Σαρωνικό κόλπο υπάγονται διοικητικά στη Νομαρχία Δυτικής Αττικής και ελέγχονται από το Αγροτικό Κτηνιατρείο Μεγάρων. Τα καθορισμένα σημεία δειγματοληψίας είναι δύο, η Ζώνη Α – περιοχή Νεράκι και η Ζώνη Β – περιοχή Δρέπανο. Οι συντεταγμένες των σημείων αυτών αναφέρονται στον Πίνακα 5.1 ενώ η ακριβής θέση τους απεικονίζεται στην Εικ. 5.2.



Εικόνα 5.2. Δορυφορική απεικόνιση των σημείων δειγματοληψίας της Νομαρχίας Δυτικής Αττικής/ Αγροτικό Κτηνιατρείο Μεγάρων στις περιοχές που υφίσταται μυδοκαλλιέργεια.

Πίνακας 5.1. Γεωγραφικές συντεταγμένες σταθμών δειγματοληψίας που υπάγονται στη Νομαρχία Δυτικής Αττικής/ Αγροτικό Κτηνιατρείο Μεγάρων.

Ζώνη παραγωγής/ Σημείο δειγματοληψίας		Συντεταγμένες	
		Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
Νεράκι	Α'	N 38° 1' 10, 44''	E 23° 27' 16, 50''
	Β'	N 38° 1' 14, 64''	E 23° 28' 32, 04''
	Γ'	N 38° 0' 58, 92''	E 23° 28' 33, 18''
	Δ'	N 38° 0' 45, 18''	E 23° 27' 24, 60''
Δρέπανο	Α'	N 37° 59' 4, 20''	E 23° 24' 39, 90''
	Β'	N 37° 59' 7, 38''	E 23° 24' 44, 94''
	Γ'	N 37° 59' 3, 60''	E 23° 24' 49, 62''
	Δ'	N 37° 59' 0, 48''	E 23° 24' 44, 64''

5.1.2.2 Θερμαϊκός κόλπος

Ο Θερμαϊκός κόλπος βρίσκεται στο βορειοδυτικό Αιγαίο, περιορίζεται προς τα ανατολικά από τη χερσόνησο της Κασσάνδρας, προς τα δυτικά από τα παράλια του νομού Πιερίας και προς τα βόρεια από την ακτογραμμή της πόλης της Θεσσαλονίκης. Προς τα νότια υπάρχει η μοναδική επικοινωνία του κόλπου με το Αιγαίο, που οριοθετείται από την ιδεατή ευθεία των Ακρωτηρίων Πλαταμώνα (δυτική ακτή) και Ποσειδί (ανατολική ακτή). Βορείως αυτής της ευθείας διακρίνονται από βορρά προς νότο (Εικ. 5.3):

α) ο όρμος της Θεσσαλονίκης, γύρω από τον οποίο έχει χτιστεί η πόλη της Θεσσαλονίκης και εκτείνεται μέχρι την νοητή γραμμή που ενώνει το ακρωτήριο Μικρό Έμβολο με την Παλιομάνα.

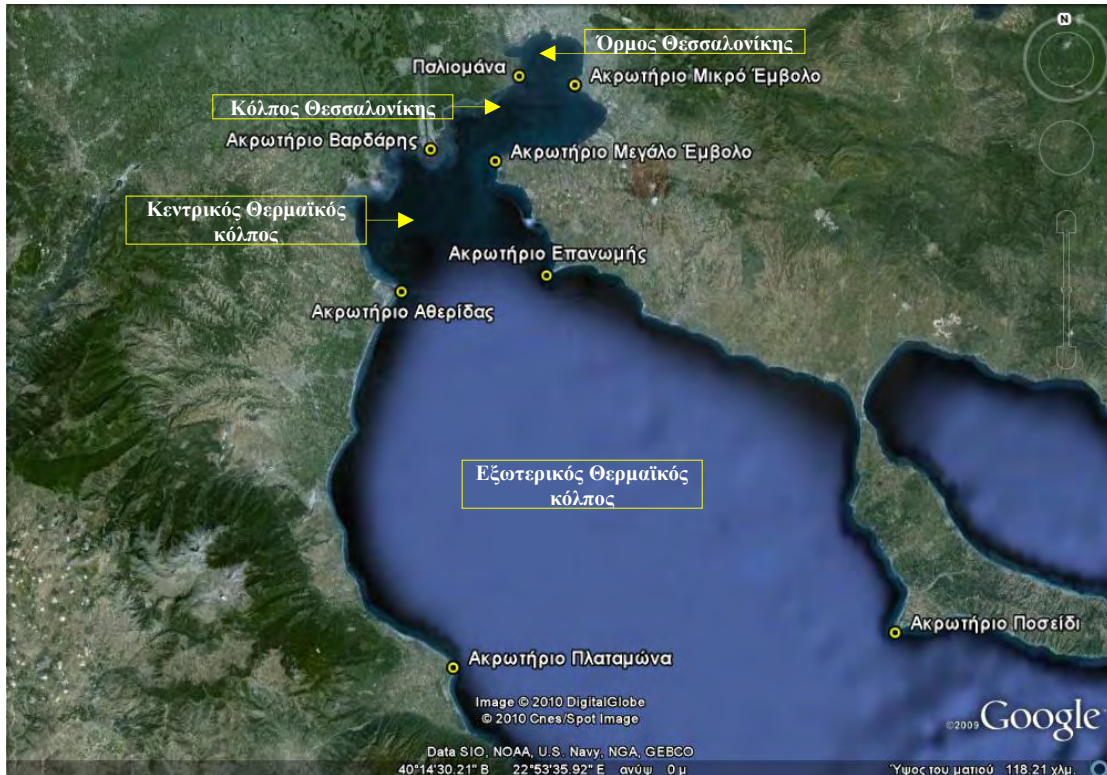
β) ο κόλπος της Θεσσαλονίκης, ο οποίος συνορεύει με τον όρμο και εκτείνεται μέχρι την νοητή γραμμή που συνδέει τα ακρωτήρια Μεγάλο Έμβολο και Βαρδάρη, στις εκβολές Αξιού.

γ) ο κεντρικός Θερμαϊκός κόλπος, ο οποίος εκτείνεται μέχρι την νοητή γραμμή των ακρωτηρίων Επανωμής – Αθερίδας, και

δ) ο νότιος ή εξωτερικός Θερμαϊκός κόλπος που εκτείνεται μέχρι την ευθεία των ακρωτηρίων Ποσειδί (Κασσάνδρα) - Πλαταμώνα.

Οι ζώνες παραγωγής του Θερμαϊκού κόλπου στις οποίες υφίστανται δραστηριότητες μυδοκαλλιέργειας κατανέμονται γεωγραφικά και διοικητικά σε τρεις Νομαρχίες, τη νομαρχία Θεσσαλονίκης, τη νομαρχία Ημαθίας και τη νομαρχία Πιερίας.

Σε ότι αφορά τη νομαρχία Θεσσαλονίκης, οι ζώνες παραγωγής στις οποίες υπάρχουν μυδοκαλλιέργειες είναι συνολικά τέσσερις και εντοπίζονται κατά σειρά από δυτικά προς τα ανατολικά στις περιοχές Κύμινων, Χαλάστρας, Αγγελοχωρίου και Επανωμής. Στις περιοχές αυτές έχουν οριστεί συνολικά έξι σημεία δειγματοληψίας από τα οποία τα τρία βρίσκονται στην περιοχή της Χαλάστρας ενώ τα υπόλοιπα αντιστοιχούν από ένα σε κάθε περιοχή. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων αυτών, μαζί με τις αντίστοιχες των λοιπών σημείων δειγματοληψίας στα οποία υφίστανται μόνο φυσικά αποθέματα οστρακοειδών (κυρίως κυδώνια), είναι καταγεγραμμένες στον Πίνακα 5.2, και απεικονίζονται στο χάρτη της Εικόνας 5.4.



Εικόνα 5.3. Δορυφορική απεικόνιση του Θερμαϊκού κόλπου και των τμημάτων του.



Εικόνα 5.4. Δορυφορική απεικόνιση του συνόλου των σημείων δειγματοληψίας της Νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 5.2. Γεωγραφικές συντεταγμένες σταθμών δειγματοληψίας του Θερμαϊκού κόλπου που ανήκουν στο νομό Θεσσαλονίκης.

Σταθμοί δειγματοληψίας			Συντεταγμένες		Περιοχή	Οστρακοειδή
Κωδικός σταθμού δειγμ/ψίας φυτοπλαγκτού	Κωδικός σταθμού δειγμ/ψίας οστρακοειδών	Όνομασία	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος		
HA (Θ7/H10)	M:7	Κύμινια	N 40° 30' 22	E 22° 41' 06	Δ Θερμαϊκός Κόλπος	Μυδοκαλλιέργειες
Θ6 (ΘΓ)	M:6	Καβούρα	N 40° 32' 35	E 22° 46' 02	ΒΔ κόλπος Θεσσαλονίκης (Χαλάστρα)	Μυδοκαλλιέργειες
Θ5 (Θπασ)	M:5	Λευκούδι	N 40° 33' 00	E 22° 46' 24	ΒΔ κόλπος Θεσσαλονίκης (Χαλάστρα)	Μυδοκαλλιέργειες
Θ4-5 (ΘΔ)	M:4-5	Ναζίκι	N 40° 32' 00	E 22° 47' 48	ΒΔ κόλπος Θεσσαλονίκης (Χαλάστρα)	Μυδοκαλλιέργειες
Θ14 (ΘΒ)	M:14	Αγγελολόφρι	N 40° 28' 59	E 22° 48' 20	ΒΑ Θερμαϊκός Κόλπος	Μυδοκαλλιέργειες & Φυσικά αποθέματα οστρακοειδών
Θ15	M:15	Επανομή	N 40° 26' 15	E 22° 51' 33	Α Θερμαϊκός Κόλπος	Μυδοκαλλιέργειες & Φυσικά αποθέματα οστρακοειδών
Θ3 (ΘΕ)	K:3B	Φανός Παλιομάνας	N 40° 35' 01	E 22° 53' 25	ΒΔ κόλπος Θεσσαλονίκης	Φυσικά αποθέματα οστρακοειδών
Θ3-4 (ΘΖ)	K:3-4	Παλιομάνια	N 40° 33' 59	E 22° 51' 06	ΒΔ κόλπος Θεσσαλονίκης	Φυσικά αποθέματα οστρακοειδών
Θ11 (ΘΑ)	K:11	Περαία	N 40° 31' 40	E 22° 56' 33	ΝΑ κόλπος Θεσσαλονίκης	Φυσικά αποθέματα οστρακοειδών
Θ3Α (ΚΑΡ)	K:3Α	Καραμπουρνάκι	N 40° 34' 51	E 22° 56' 06	ΒΑ κόλπος Θεσσαλονίκης	Φυσικά αποθέματα οστρακοειδών

Ένα τμήμα της ζώνης παραγωγής των Κυμίνων που αναφέρθηκε ανωτέρω στα σημεία δειγματοληψίας του νομού Θεσσαλονίκης, ανήκει επίσης διοικητικά στη νομαρχία Ημαθίας, καθ' όσον βρίσκεται ακριβώς στα σύνορα των δύο νομών. Στην περιοχή αυτή του Θερμαϊκού κόλπου αντιστοιχούν τρία σημεία δειγματοληψίας, η γεωγραφική θέση των οποίων φαίνεται στον Πίνακα 5.3 και στην Εικόνα 5.5.

Πίνακας 5.3. Γεωγραφικές συντεταγμένες σταθμών δειγματοληψίας του Θερμαϊκού κόλπου που ανήκουν στο νομό Ημαθίας.

Σταθμοί δειγματοληψίας			Συντεταγμένες		Περιοχή
Κωδικός σταθμού δειγματοληψίας φυτοπλαγκτού	Κωδικός σταθμού δειγματοληψίας οστρακοειδών	Όνομασία	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος	
HA (H10)	H10	---	N 40° 30' 22	E 22° 41' 06	Δ. Θερμαϊκός Κόλπος (Κόλπος Κυμίνων)
HB (H40)	H40	---	N 40° 29' 15	E 22° 41' 27	Δ. Θερμαϊκός Κόλπος (Κόλπος Κυμίνων)
Ηπασ (Π48)	Π48	---	N 40° 30' 30	E 22° 40' 40	Δ. Θερμαϊκός Κόλπος (Κόλπος Κυμίνων)



Εικόνα 5.5. Δορυφορική απεικόνιση των σημείων δειγματοληψίας της Νομαρχίας Ημαθίας στις περιοχές που υφίσταται μυδοκαλλιέργεια.

Στο νοτιοδυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου, τέλος, βρίσκονται οι τέσσερις ζώνες παραγωγής του νομού Πιερίας (Εικ. 5.6) Στις ζώνες αυτές έχουν καθοριστεί συνολικά έξι σημεία δειγματοληψίας: δύο (Α και Β) για καθεμιά από τις περιοχές Μακρυγιάλου και Μεθώνης και από ένα για τις περιοχές της Αθερίδας Αλυκών Κίτρους και του Βαρικού Λιτοχώρου (Πιν. 5.4).

Πίνακας 5.4. Γεωγραφικές συντεταγμένες σταθμών δειγματοληψίας του Θερμαϊκού κόλπου που ανήκουν στο νομό Πιερίας.

Σταθμοί δειγματοληψίας			Συντεταγμένες		Περιοχή
Κωδικός σταθμού δειγματοληψίας φυτοπλαγκτού	Κωδικός σταθμού δειγματοληψίας οστρακοειδών	Όνομασία	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος	
III	I	Αθερίδα Αλυκών Κίτρους	N 40° 22' 30	E 22° 38' 50	Δ. Θερμαϊκός Κόλπος (ακτές Πιερίας)
III (A & B)	IIA & IIB	Μακρόγιαλος	N 40° 25' 30	E 22° 37' 30	Δ. Θερμαϊκός Κόλπος (ακτές Πιερίας)
III (A & B)	IIIA & IIIB	Μεθώνη	N 40° 27' 37	E 22° 36' 48	Δ. Θερμαϊκός Κόλπος (ακτές Πιερίας)
IIIV	IV	Βαρικό Λιτοχώρου	N 40° 09' 31	E 22° 33' 54	Δ. Θερμαϊκός Κόλπος (ακτές Πιερίας)



Εικόνα 5.6. Δορυφορική απεικόνιση των σημείων δειγματοληψίας της Νομαρχίας Πιερίας στις περιοχές που υφίσταται μυδοκαλλιέργεια.

5.1.2.3 Κόλπος Καβάλας

Στον κόλπο Καβάλας και στην ευρύτερη περιοχή του όπου βρίσκεται ο κόλπος της Κεραμωτής, οι υπηρεσίες της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης της Καβάλας έχουν ορίσει τέσσερις ζώνες παραγωγής με αντίστοιχα σημεία δειγματοληψίας: Κεραμωτή, Βάσοβα, Αγίασμα και Νέα Ηρακλείτσα (Εικ. 5.7).

Πίνακας 5.5. Γεωγραφικές συντεταγμένες σταθμών δειγματοληψίας που υπάγονται στο νομό Καβάλας.

Ζώνη παραγωγής/ Σημείο δειγματοληψίας		Συντεταγμένες	
		Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
Κεραμωτή	Α'	N 40° 51' 50	E 24° 39' 30
	Β'	N 40° 51' 54	E 24° 40' 40
	Γ'	N 40° 51' 24	E 24° 39' 00
Νέα Ηρακλείτσα	Α'	N 40° 51' 47	E 24° 19' 53
	Β'	N 40° 51' 45	E 24° 19' 58
	Γ'	N 40° 51' 42	E 24° 20' 04
	Δ'	N 40° 51' 41	E 24° 20' 03
Βάσοβα		N 40° 52' 01, 15''	E 24° 36' 39, 85''
Αγίασμα		N 40° 55' 30, 14''	E 24° 33' 23, 38''

Ειδικά στις περιπτώσεις των ζωνών παραγωγής της Κεραμωτής και της Νέας Ηρακλείτσας, οι περιοχές στις οποίες διενεργούνται οι δειγματοληψίες ορίζονται ως

αυτές που περικλείονται από τρία (Α, Β, Γ) και τέσσερα (Α, Β, Γ, Δ) σημεία, αντίστοιχα, οι γεωγραφικές συντεταγμένες των οποίων αναφέρονται στον Πίνακα 5.5, μαζί με τις συντεταγμένες των υπολοίπων δύο σημείων.



Εικόνα 5.7. Δορυφορική απεικόνιση των σημείων δειγματοληψίας της Νομαρχίας Καβάλας στις περιοχές που υφίσταται μυδοκαλλιέργεια.

5.1.2.4 Αμβρακικός κόλπος

Οι ζώνες παραγωγής μυδιών του Αμβρακικού κόλπου που συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα έρευνα ανήκουν στη δικαιοδοσία της νομαρχίας Πρεβέζης και είναι τρεις: Κορωνησία, Μάζωμα και Σόγωνο (Εικ. 5.7). Οι περιοχές στις οποίες διενεργούνται οι δειγματοληψίες ορίζονται ως αυτές που περικλείονται από τα σημεία Α, Β και Γ για τη ζώνη Μάζωμα, Α, Β, Γ, και Δ για τη ζώνη Κορωνησία και Β, Γ, Δ και Ε για τη ζώνη Σόγωνο. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες των επιμέρους σημείων αναφέρονται στον Πίνακα 5.6.



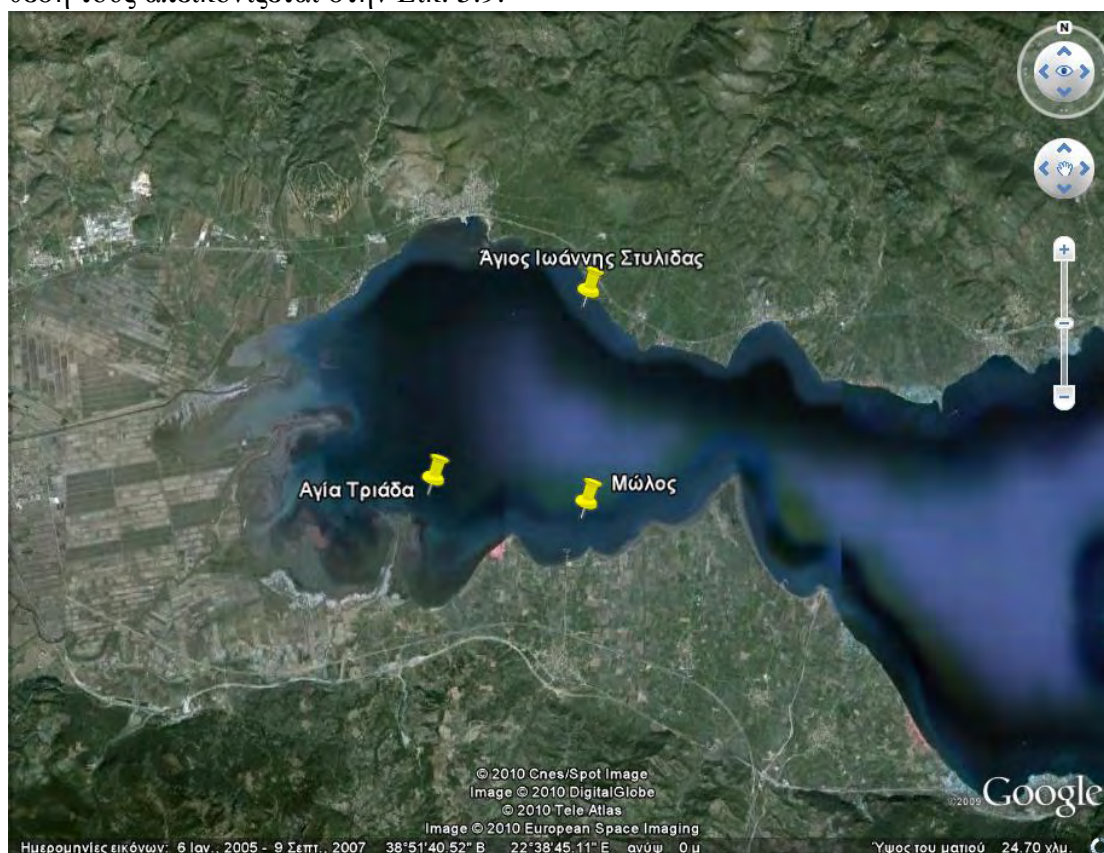
Εικόνα 5.8. Δορυφορική απεικόνιση των σημείων δειγματοληψίας της Νομαρχίας Πρεβέζης στις περιοχές που υφίσταται μυδοκαλλιέργεια.

Πίνακας 5.6. Γεωγραφικές συντεταγμένες σταθμών δειγματοληψίας που υπάρχουν στο νομό Πρεβέζης.

Ζώνη παραγωγής/ Σημείο δειγματοληψίας		Συντεταγμένες	
		Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
Κορονησία	Α΄	38° 59' 55''	20° 56' 30''
	Β΄	38° 59' 50,8''	20° 56' 30''
	Γ΄	38° 59' 50,8''	20° 56' 36,1''
	Δ΄	38° 59' 55''	20° 56' 36,1''
Μάζωμα	Α΄	39° 02' 18,96''	20° 45' 55,80''
	Β΄	38° 59' 07,36''	20° 46' 33,10''
	Γ΄	39° 01' 28,28''	20° 49' 08,28''
Σόγωνο	Β΄	38° 59' 07,36''	20° 46' 33,10''
	Γ΄	39° 01' 28,28''	20° 49' 08,28''
	Δ΄	38° 58' 45,61''	20° 50' 48,62''
	Ε΄	38° 57' 38,58''	20° 49' 51,72''

5.1.2.5 Μαλιακός κόλπος

Οι ζώνες παραγωγής μυδιών του Μαλιακού κόλπου που αφορούν στην παρούσα μελέτη εντοπίζονται στο νομό Φθιώτιδας και είναι τρεις: Άγιος Ιωάννης Στυλίδας, Αγία Τριάδα και Μώλος με αντίστοιχα σημεία δειγματοληψίας. Οι συντεταγμένες των σημείων αυτών αναφέρονται στον Πίνακα 5.7 ενώ η ακριβής θέση τους απεικονίζεται στην Εικ. 5.9.



Εικόνα 5.9. Δορυφορική απεικόνιση των σημείων δειγματοληψίας της Νομαρχίας Φθιώτιδας στις περιοχές που υφίσταται μυδοκαλλιέργεια.

Πίνακας 5.7. Γεωγραφικές συντεταγμένες σταθμών δειγματοληψίας που υπάρχουν στο νομό Φθιώτιδας.

Ζώνη παραγωγής/ Σημείο δειγματοληψίας	Συντεταγμένες	
	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
Άγιος Ιωάννης Στυλίδας	N 38° 53' 26''	E 22° 39' 06''
Αγία Τριάδα	N 38° 50' 49''	E 22° 36' 21''
Μώλος	N 38° 50' 30''	E 22° 39' 05''

5.1.3 Προέλευση των δεδομένων αφθονίας τοξικού ή/και δυνητικώς τοξικού φυτοπλαγκτού

Τα δεδομένα που αφορούν στις αφθονίες του τοξικού ή/και δυνητικώς τοξικού φυτοπλαγκτού και συγκεκριμένα του γένους *Dinophysis* τα οποία είναι και αυτά που ενδιαφέρουν την παρούσα μελέτη, προέρχονται από τις αναλύσεις που διενεργούνται στο θαλασσινό νερό, με σκοπό τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό της αφθονίας του δυνητικώς τοξικού φυτοπλαγκτού, από την Εργαστηριακή Μονάδα Θαλασσιών Τοξικών Μικροφυκών του Εργαστηρίου Βοτανικής του Τμήματος Βιολογίας του Α.Π.Θ., με επιστημονικά υπεύθυνο τον Αναπληρωτή Καθηγητή Γ. Νικολαΐδη. Τα δεδομένα για τα έτη της μελέτης έχουν παραχωρηθεί στο Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς Θαλασσιών Βιοτοξινών από τις ίδιες τις αρμόδιες υπηρεσίες των αντίστοιχων Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων, των οποίων αποτελούν ιδιοκτησία, σύμφωνα με τις συναφθείσες μεταξύ τους συμβάσεις, στα πλαίσια της διενέργειας του προγράμματος Επιτήρησης Ζωνών.

5.1.4 Προέλευση των δεδομένων DSP τοξικότητας στα μύδια

Τα δεδομένα που αφορούν στα τοξικά επεισόδια και ειδικότερα στην παρουσία ή απουσία DSP τοξικότητας στα μύδια προέρχονται από το Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς Θαλασσιών Βιοτοξινών (ΕΕΑΘΒ) του Ινστιτούτου Υγιεινής Τροφίμων Θεσσαλονίκης, του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ) και αφορούν σε αποτελέσματα που λήφθηκαν με τη μέθοδο της βιοδοκιμής σε ποντίκια, η οποία αποτελεί τη μέθοδο αναφοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το ΕΕΑΘΒ είναι υπεύθυνο για τις αναλύσεις των βιοτοξινών στη σάρκα των οστρακοειδών σε όλη την ελληνική επικράτεια, σε συνεργασία με τις αρμόδιες υπηρεσίες των κατά τόπους Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων (Διευθύνσεις Κτηνιατρικής), οι οποίες είναι επιφορτισμένες με το έργο της δειγματοληψίας στις περιοχές της δικαιοδοσίας τους. Η παραχώρηση των δεδομένων για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης κατέστη δυνατή μετά από έγγραφη ενημέρωση του ΥΠΑΑΤ και

εκχώρηση της σχετικής άδειας από τη Διεύθυνση Κτηνιατρικής Δημόσιας Υγείας (Κ.Δ.Υ.).

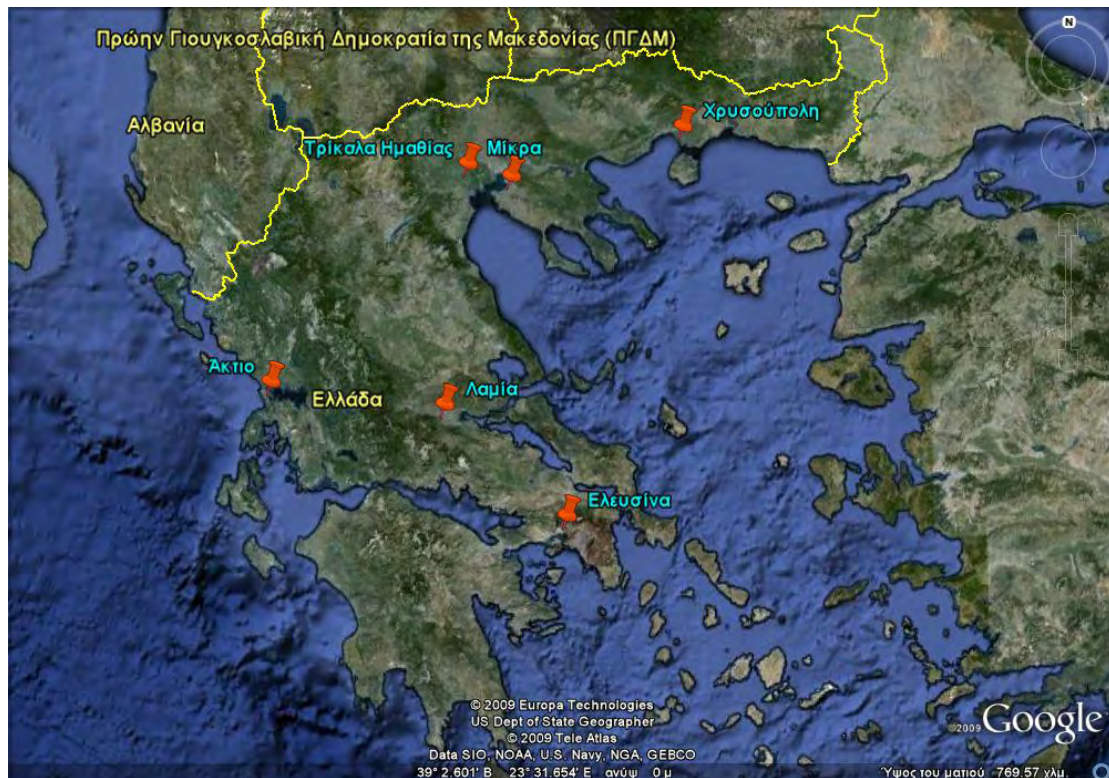
5.2 Κλιματολογικά δεδομένα

Τα κλιματολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη προέρχονται από το αρχείο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ) και παραχωρήθηκαν κατόπιν αίτησης προς το γραφείο παροχής υπηρεσιών της, σύμφωνα με την προβλεπόμενη διαδικασία. Επιλέχθηκαν οι εν λειτουργία μετεωρολογικοί σταθμοί της Ε.Μ.Υ., οι οποίοι ήταν γεωγραφικά πλησιέστεροι στις περιοχές που αφορούσε η παρούσα μελέτη και συγκεκριμένα οι σταθμοί: Ελευσίνα, Μίκρα, Χρυσούπολη, Λαμία, Άκτιο και Τρίκαλα Ημαθίας (Εικ. 5.10). Τα στοιχεία που προσδιορίζουν τη γεωγραφική θέση των προαναφερθέντων μετεωρολογικών σταθμών είναι καταγεγραμμένα στον Πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8. Θέση μετεωρολογικών σταθμών προέλευσης των κλιματολογικών δεδομένων της παρούσας έρευνας.

Κωδικός ΕΜΥ	Όνομασία σταθμού	Έτος έναρξης λειτουργίας	Θέση σταθμού		
			Υψόμετρο (m)	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
619	Τρίκαλα Ημαθίας	1980	0.8	N 40° 36'0, 00''	E 22° 33'0, 00''
622	Μίκρα	1959	4.8	N 40° 31'0, 00''	E 22° 57'60, 00''
624	Χρυσούπολη	1984	5.4	N 40° 53'60, 00''	E 24° 36'0, 00''
643	Άκτιο	1971	4.0	N 38° 58'0, 00''	E 20° 46'0, 00''
675	Λαμία	1970	17.4	N 38° 51'0, 00''	E 22° 23'60, 00''
718	Ελευσίνα	1958	31.0	N 38° 4'0, 00''	E 23° 33'0, 00''

Οι κλιματολογικές παράμετροι που επιλέχθηκαν για χρήση στην παρούσα μελέτη ήταν η θερμοκρασία, η ένταση (ταχύτητα) και η διεύθυνση του ανέμου το ύψος της βροχόπτωσης. Η μορφή στην οποία παραλήφθηκαν τα δεδομένα επέβαλλε στην πλειονότητα των παραμέτρων κάποια περαιτέρω επεξεργασία τους, έτσι ώστε να είναι κατάλληλα προς αντιστοίχιση με τα λοιπά δεδομένα της μελέτης και να καταστεί δυνατή η συνδυασμένη στατιστική τους επεξεργασία.



Εικόνα 5.10. Δορυφορική απεικόνιση των θέσεων των μετεωρολογικών σταθμών προέλευσης των κλιματολογικών δεδομένων της παρούσας έρευνας

Σε ότι αφορά τα δεδομένα της θερμοκρασίας και του ύψους της βροχόπτωσης, θεωρήθηκε απαραίτητη η εξαγωγή μέσων όρων σε ημερήσια βάση, καθ' ότι τα προσκομισθέντα δεδομένα αποτελούσαν μεμονωμένες καταγραφές τους σε διαφορετικές ώρες της κάθε ημέρας. Με αυτό τον τρόπο επιτεύχθηκε η ύπαρξη μίας μοναδικής τιμής τόσο για τη θερμοκρασία όσο και για το ύψος της βροχόπτωσης για κάθε ημερομηνία και για κάθε μετεωρολογικό σταθμό.

Στην περίπτωση των δεδομένων της έντασης του ανέμου, η μονάδα μέτρησης στα δεδομένα της E.M.Y. ήταν οι κόμβοι. Πιο εύχρηστη για τη στατιστική επεξεργασία θεωρήθηκε η μέτρηση της έντασης των ανέμων στην κλίμακα Μποφόρ (Beaufort), η οποία πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του Πίνακα 5.9.

Στα δεδομένα, τέλος, της διεύθυνσης του ανέμου, όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας και του ύψους της βροχόπτωσης, οι καταγραφές που παραλήφθησαν αποτελούσαν επίσης μεμονωμένες τιμές σε διαφορετικές ώρες της κάθε ημέρας. Παρ' όλα αυτά, η εξαγωγή της επικρατούσας διεύθυνσης ανέμου σε ημερήσια βάση δε μπορεί να ακολουθήσει τη διαδικασία εξαγωγής μέσων όρου, όπως στις λοιπές παραμέτρους, δεδομένου του γεγονότος ότι η διεύθυνση ανέμου εκφράζεται σε μοίρες, μία ασυνεχή μονάδα μέτρησης με τιμές που περιορίζονται στο

εύρος από 0-360. Για το λόγο αυτό, ο υπολογισμός της επικρατούσας διεύθυνσης του ανέμου πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο που περιγράφεται από την Environmental Protection Agency (2000) των Η.Π.Α., λαμβάνοντας υπόψη τα πρωτογενή δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου και του «αζιμούθιου» της διεύθυνσης του ανέμου.

Πίνακας 5.9. Αντιστοιχία μονάδων μέτρησης της έντασης (ταχύτητας) του ανέμου με την κλίμακα Μποφόρ (Beaufort).

Μποφόρ	Χαρακτηρισμός ανέμου	Ταχύτητα ανέμου			
		m/s	km/h	mph	κόμβοι
0	Άπνοια	0,0 – <0,3	0	0 – <1,2	0 – <1
1	Σχεδόν άπνοια	0,3 – <1,6	1 – 5	1,2 – <4,6	1 – <4
2	Πολύ ασθενής	1,6 – <3,4	6 – 11	4,6 – <8,1	4 – <7
3	Ασθενής	3,4 – <5,5	12 – 19	8,1 – <12,7	7 – <11
4	Σχεδόν μέτριος	5,5 – <8,0	20 – 28	12,7 – <18,4	11 – <16
5	Μέτριος	8,0 – <10,8	29 – 38	18,4 – <25,3	16 – <22
6	Ισχυρός	10,8 – <13,9	39 – 49	25,3 – <32,2	22 – <28
7	Σχεδόν θυελλώδης	13,9 – <17,2	50 – 61	32,2 – <39,1	28 – <34
8	Θυελλώδης	17,2 – <20,8	62 – 74	39,1 – <47,2	34 – <41
9	Πολύ θυελλώδης	20,8 – <24,5	75 – 88	47,2 – <55,2	41 – <48
10	Θύελλα	24,5 – <28,5	89 – 102	55,2 – <64,4	48 – <56
11	Ισχυρή θύελλα	28,5 – <32,7	103 – 117	64,4 – <73,6	56 – <64
12	Τυφώνας	>32,7	>118	>73,6	>64

5.3 Διαγράμματα - Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων

5.3.1 Κατηγοριοποίηση των δεδομένων

Στα πλαίσια της διευκόλυνσης κυρίως της γραφικής αναπαράστασης αλλά και γενικότερα της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων και λόγω του γεγονότος ότι ορισμένες παράμετροι της μελέτης εμφάνιζαν ένα αρκετά ευρύ διάστημα τιμών η διασπορά των οποίων δυσχέραινε την περαιτέρω χρήση τους, επιχειρήθηκε η αριθμητική κατηγοριοποίηση των δεδομένων, είτε σύμφωνα με βιβλιογραφικά τεκμηριωμένες ομαδοποιήσεις τους, ή με βάση τις ισχύουσες κανονιστικές διατάξεις ή έτσι ώστε να μπορούν να αναγνωρίζονται ορθά από τα στατιστικά πακέτα επεξεργασίας, όπως π.χ. στην περίπτωση των χρονικών 15ημέρων. Εξαιρέση αποτέλεσαν αφενός οι τιμές της θερμοκρασίας, στις οποίες δεν απαιτούνταν κατηγοριοποίηση δεδομένου του περιορισμένου εύρους τιμών της και της αναμενόμενης μικρής διασποράς τους λόγω εποχικότητας, και αφετέρου οι τιμές της

έντασης του ανέμου, στις οποίες η εξαρχής μετατροπή τους στην κλίμακα Μποφόρ εξυπηρετούσε και το σκοπό της κατηγοριοποίησης τους.

Σε ότι αφορά τις αφθονίες κυττάρων του γένους *Dinophysis*, η κατηγοριοποίηση που επιλέχθηκε ήταν τέτοια ώστε να συμφωνεί με τα οριζόμενα στο «Εθνικό Πρόγραμμα Επιτήρησης Ζωνών ή Περιοχών Παραγωγής Διθύρων Μαλακίων για παρουσία θαλασσιών βιοτοξινών» περί επιπέδων επαγρύπνησης και επιπέδων λήψης υγειονομικών μέτρων. Συγκεκριμένα, η αντιστοιχία των κατηγοριών ήταν η ακόλουθη: Κατηγορία 1: 0–199 κυτ./l, Κατηγορία 2: 200–999 κυτ./l (επίπεδο επαγρύπνησης) και Κατηγορία 3: ≥ 1000 κυτ./l (επίπεδο λήψης υγειονομικών μέτρων). Η κατηγοριοποίηση των δεδομένων της DSP τοξικότητας στα μύδια ακολουθεί παρόμοια προσέγγιση με την τιμή 0 να αντιστοιχεί στα δείγματα μυδιών που βρέθηκαν αρνητικά στην παρουσία των DSP τοξινών με τη μέθοδο της βιοδοκιμής σε ποντίκια και την τιμή 1 να υποδεικνύει τα θετικά δείγματα.

Στην περίπτωση των δεδομένων της διεύθυνσης του ανέμου, εκφρασμένων ως το «αζιμούθιο» σε μοίρες της κατεύθυνσης από την οποία πνέει ο άνεμος, η επιλεγείσα κατηγοριοποίηση (Πίνακας 5.10) αποτελεί κοινή προσέγγιση σε μελέτες που σχετίζονται με αυτή την παράμετρο (Torres et al. 1999). Η κλίμακα 0-360° διαίρεται σε 8 κατηγορίες, ανά διαστήματα 45°, με την ένατη κατηγορία να αποτελεί η τιμή 0 που αντιπροσωπεύει την πλήρη άπνοια (νηνεμία).

Πίνακας 5.10. Κατηγοριοποίηση της διεύθυνσης του ανέμου.

Κατηγορία	Διεύθυνση ανέμου	Εύρος τιμών (°)
1	Νηνεμία	0
2	Βόρειος (B)	0-22,5° & 337,6-360°
3	Βορειοανατολικός (BA)	22,6-67,5°
4	Ανατολικός (A)	67,6-112,5°
5	Νοτιοανατολικός (NA)	112,6-157,5°
6	Νότιος (N)	157,6-202,5°
7	Νοτιοδυτικός (ΝΔ)	202,6-247,5°
8	Δυτικός (Δ)	247,6-292,5°
9	Βορειοδυτικός (ΒΔ)	292,6-337,5°

Όσον αφορά στα δεδομένα του ύψους της βροχόπτωσης, αυτά ταξινομήθηκαν με βάση την κλίμακα της American Meteorological Society (2009). Η κλίμακα περιλαμβάνει διαβαθμίσεις από ανομβρία έως και υπερβολική βροχόπτωση, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.11. Κατηγοριοποίηση του ύψους βροχόπτωσης.

Κατηγορία	Ύψος βροχόπτωσης (mm/h)	Χαρακτηρισμός βροχόπτωσης
1	0	Ανομβρία
2	0,01-0,25	Ιδιαίτερα ήπια βροχόπτωση
3	0,26-1,0	Ήπια βροχόπτωση
4	1,1-4,0	Μέτρια βροχόπτωση
5	4,1-16,0	Έντονη βροχόπτωση
6	16,1-50,0	Ιδιαίτερα έντονη βροχόπτωση
7	>50,0	Υπερβολική βροχόπτωση

Πίνακας 5.12. Κατηγοριοποίηση των ημερομηνιών δειγματοληψίας σε δεκαπενθήμερα του έτους.

Κωδικός 15ημέρου	15ήμερο	Ημερομηνίες	Κωδικός 15ημέρου	15ήμερο	Ημερομηνίες
11	ΙΑΝ-1ο	1 – 15 Ιανουαρίου	71	ΙΟΛ-1ο	1 – 15 Ιουλίου
12	ΙΑΝ-2ο	16 – 31 Ιανουαρίου	72	ΙΟΛ-2ο	16 – 31 Ιουλίου
21	ΦΕΒ-1ο	1-15 Φεβρουαρίου	81	ΑΥΓ-1ο	1 – 15 Αυγούστου
22	ΦΕΒ-2ο	16-29 Φεβρουαρίου	82	ΑΥΓ-2ο	16 – 31 Αυγούστου
31	ΜΑΡ-1ο	1 – 15 Μαρτίου	91	ΣΕΠ-1ο	1 – 15 Σεπτεμβρίου
32	ΜΑΡ-2ο	16 – 31 Μαρτίου	92	ΣΕΠ-2ο	16 – 30 Σεπτεμβρίου
41	ΑΠΡ-1ο	1 – 15 Απριλίου	101	ΟΚΤ-1ο	1 – 15 Οκτωβρίου
42	ΑΠΡ-2ο	16 – 30 Απριλίου	102	ΟΚΤ-2ο	16 – 31 Οκτωβρίου
51	ΜΑΪ-1ο	1 – 15 Μαΐου	111	ΝΟΕ-1ο	1 – 15 Νοεμβρίου
52	ΜΑΪ-2ο	16 – 31 Μαΐου	112	ΝΟΕ-2ο	16 – 30 Νοεμβρίου
61	ΙΟΝ-1ο	1 – 15 Ιουνίου	121	ΔΕΚ-1ο	1 – 15 Δεκεμβρίου
62	ΙΟΝ-2ο	16 – 30 Ιουνίου	122	ΔΕΚ-2ο	16 – 31 Δεκεμβρίου

Τέλος, ως αναμενόμενο, οι επιμέρους ημερομηνίες δειγματοληψίας μεταξύ διαφορετικών νομαρχιών δεν ήταν δυνατόν να συμπίπτουν απόλυτα, λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι η μελέτη καλύπτει ένα ευρύ διάστημα της τάξης των έξι ετών συνολικά. Για το λόγο αυτό θεωρήθηκε επιβεβλημένη η κατηγοριοποίηση και των δεδομένων που αφορούσαν στις ημερομηνίες δειγματοληψίας, ώστε να εξυπηρετηθεί ο σκοπός της συνολικής επεξεργασίας των δεδομένων όλων των υπολοίπων παραμέτρων η προέλευση των οποίων ήταν από διαφορετικές

νομαρχιακές αυτοδιοικήσεις και διαφορετικά σημεία δειγματοληψίας. Μετά τη διενέργεια ορισμένων προκαταρκτικών αναλύσεων, επιλέχθηκε η κατηγοριοποίησή τους σε δεκαπενθήμερα, έτσι ώστε να προκύπτουν 24 δεκαπενθήμερα κατ' έτος, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.12. Η επιλογή της κωδικοποίησης έγινε αυθαίρετα με γνώμονα την εύκολη αναγνώριση των κωδικών ως μοναδικών αριθμών από τα λογισμικά πακέτα που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη.

5.3.2 Διαγραμματική απεικόνιση

Η διαγραμματική απεικόνιση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δύο λογισμικών πακέτων: του λογιστικού προγράμματος Microsoft Excel[®] (Microsoft Corporation) και του στατιστικού προγράμματος Minitab[®] version 15 (Minitab Incorporation). Κατά κύριο λόγο εφαρμόστηκε η μέθοδος της συγκριτικής γραφικής απεικόνισης μεταξύ δύο ή περισσότερων από τις μελετώμενες παραμέτρους ως αρχική προσέγγιση για τη διαπίστωση των κυριότερων τάσεων και, κατά περίπτωση, διενεργήθηκε ταυτόχρονα ή ακολούθησε η κατάλληλη στατιστική επεξεργασία, ανάλογα με τα εκάστοτε δεδομένα.

5.3.3 Στατιστική επεξεργασία

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι τόσο της Περιγραφικής όσο και της Συμπερασματικής Στατιστικής. Ο έλεγχος της προσαρμογής των στοιχείων στην κανονική κατανομή έγινε με τον έλεγχο του Kolmogorov-Smirnov. Η ομοιογένεια των διακυμάνσεων ελέγχθηκε τόσο οπτικά με τη χρήση των γραφημάτων των υπολειμμάτων όσο και με τον έλεγχο Levene (Τσιάντας και συν. 1999, Πετρίδης 2000). Σε περιπτώσεις που διαπιστώθηκε έλλειψη κανονικότητας ή ομοιογένειας των στοιχείων, εφαρμόστηκε ο μετασχηματισμός των πρωτογενών δεδομένων και ιδιαίτερα ο μετασχηματισμός $\log(x)+1$, ώστε να αποφευχθεί η ύπαρξη μηδενικών τιμών, οι οποίες δημιουργούν συχνά προβλήματα στη στατιστική ανάλυση. Ο μετασχηματισμός των δεδομένων σε όλες τις περιπτώσεις επανέφερε την κανονικότητα και την ομοιογένεια διακύμανσης των στοιχείων (Πετρίδης 2000).

Οι κυριότερες στατιστικές μέθοδοι που εφαρμόστηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν:

α) Η ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one way ANOVA) με το διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου ορισμένο στο 95% και υπολογισμένο από το

σφάλμα της ANOVA. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε κυρίως για την ανίχνευση των διαφορών στην αφθονία του *Dinophysis* σε σύγκριση (κατά ζεύγη) με τις λοιπές μελετώμενες παραμέτρους.

β) Η ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA) που χρησιμοποιείται για να διαμορφώνει ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων των υπό μελέτη παραμέτρων σε μια καινούργια ομάδα μεταβλητών, οι οποίες δε σχετίζονται και είναι διαταγμένες με μειούμενη σειρά σημασίας.

γ) Η πολλαπλή διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (Multiple Binary Logistic Regression) με έλεγχο της προσαρμογής με τον έλεγχο χ^2 του Pearson. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη μίας εξαρτημένης μεταβλητής βασισμένη σε συνεχείς ή/και κατηγορικές ανεξάρτητες μεταβλητές και να καθορίσει το ποσοστό της διασποράς της εξαρτημένης μεταβλητής που εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Το αποτέλεσμα της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών εκφράζεται σε ποσοστά πιθανοτήτων (Πετρίδης 2000). Η συγκεκριμένη ανάλυση εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα για να καθορίσει την ένταση των DSP τοξικών επεισοδίων με βάση τις κατά περίπτωση αφθονίες του *Dinophysis*.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Συνολική μελέτη των περιοχών της Ελληνικής επικράτειας

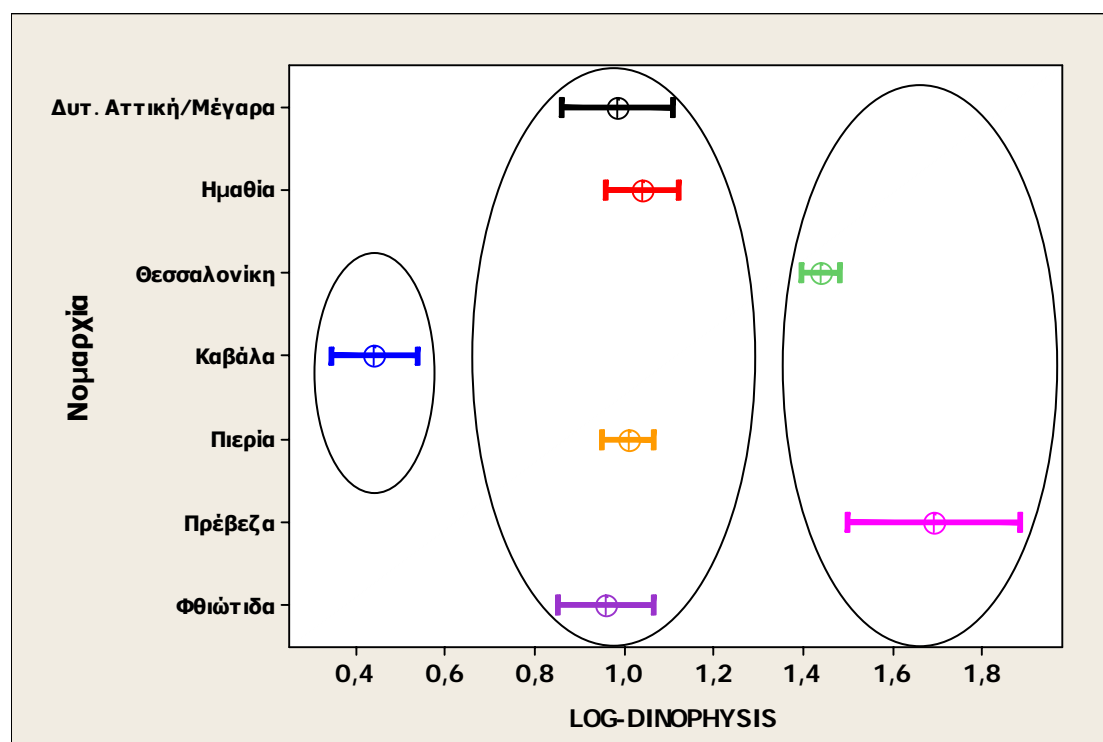
6.1.1 Στοιχεία για την αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Για τη διερεύνηση της αφθονίας των κυττάρων του γένους *Dinophysis* σε επίπεδο τόσο μεμονωμένων νομαρχιών όσο και επιμέρους σημείων δειγματοληψίας, εφαρμόστηκε η ανάλυση διακύμανσης ANOVA με διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου καθορισμένο στο επίπεδο του 95%. Τα δεδομένα που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση αφορούσαν σε χρονικό διάστημα έξι ετών από το 2003 έως 2008 (N= 6686). Η κατανομή των δειγματοληψιών από τις οποίες προέκυψαν τα αντίστοιχα δεδομένα κατά νομαρχία, σημείο δειγματοληψίας και έτος παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1. Κατανομή των δεδομένων ανά νομαρχία, σημείο δειγματοληψίας και χρονική περίοδο.

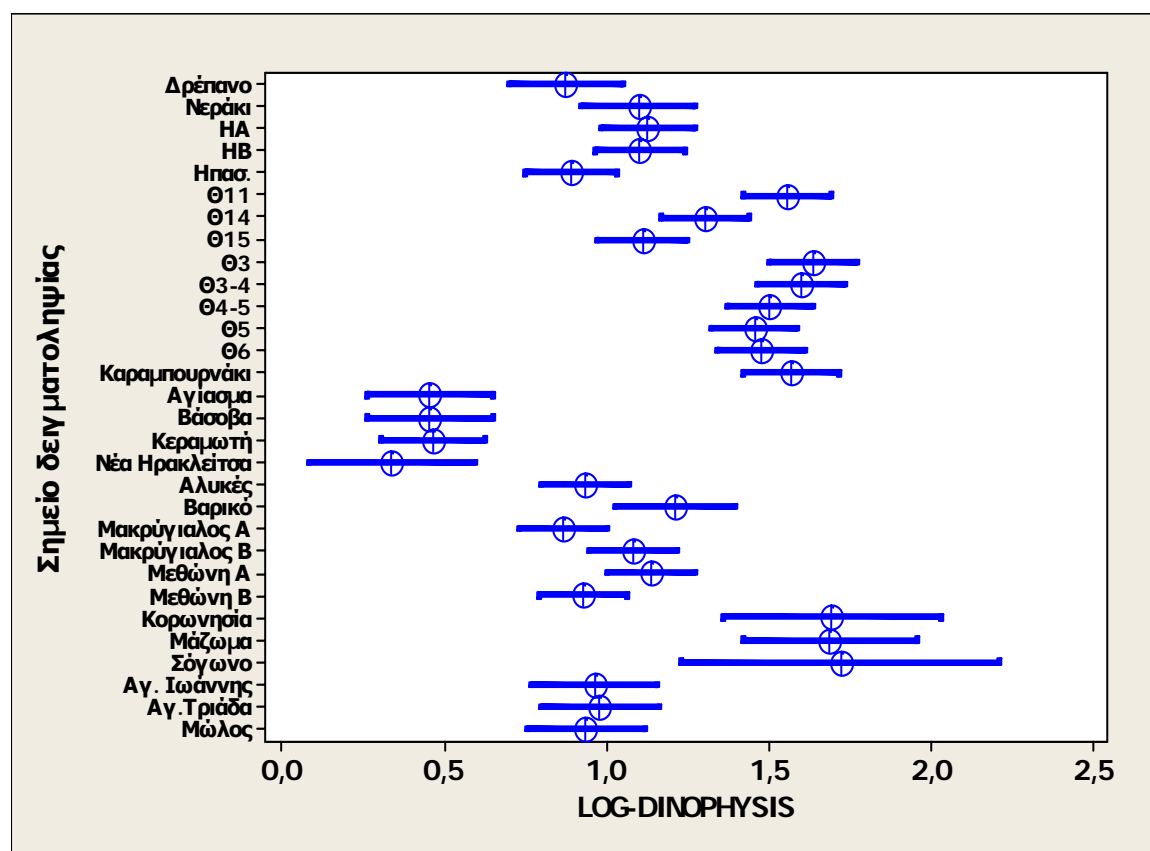
Νομαρχία	Πλήθος δεδομένων	Σημείο δειγματοληψίας	Πλήθος δεδομένων	Έτος	Πλήθος δεδομένων
Δυτ. Αττική	337	Δρέπανο	169	2003	898
		Νεράκι	168	2004	1145
Ημαθία	797	ΗΑ	259	2005	1124
		ΗΒ	271	2006	1118
		Ηπασ.	267	2007	1184
Θεσσαλονίκη	2820	ΗΑ (Θ7)	274	2008	1217
		Θ11	290		
		Θ14	289		
		Θ15	278		
		Θ3	292		
		Θ3-4	291		
		Θ4-5	291		
		Θ5	290		
		Θ6	289		
		Καραμπουρνάκι	236		
Καβάλα	564	Αγίασμα	141		
		Βάσοβα	137		
		Κεραμωτή	206		
		Νέα Ηρακλείτσα	80		
Πιερία	1569	Αθερίδα	283		
		Μακρύγιαλος Α	284		
		Μακρύγιαλος Β	284		
		Μεθώνη Α	285		
		Μεθώνη Β	283		
		Βαρικό	150		
Πρέβεζα	142	Κορωνησία	47		
		Μάζωμα	73		
		Σόγωνο	22		
Φθιώτιδα	457	Αγ. Ιωάννης	139		
		Αγ. Τριάδα	160		
		Μώλος	158		
Σύνολα	6686		6686		6686

Σε αυτό το χρονικό διάστημα παρατηρείται ότι σε ορισμένες νομαρχίες η πυκνότητα κυττάρων *Dinophysis* ανά λίτρο είναι παρόμοια ($P > 0,05$), ενώ σε κάποιες άλλες κυμαίνεται σε επίπεδα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ($F=75,72$, $P < 0,001$, Εικ. 6.1). Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής, μπορεί να επιχειρηθεί μια «ομαδοποίηση» των νομαρχιών από την οποία προκύπτουν τρεις διακριτές ομάδες. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει μόνο την περιοχή της Καβάλας με αρκετά χαμηλές αφθονίες κυττάρων *Dinophysis* και η οποία, εύλογα, μπορεί να χαρακτηριστεί η πιο “καθαρή ή με τα ασθενέστερα τοξικά επεισόδια” νομαρχία. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τις νομαρχίες Δυτικής Αττικής, Ημαθίας, Πιερίας και Φθιώτιδας, οι τιμές των μέσων όρων των οποίων κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα, και με επικάλυψη των διαστημάτων εμπιστοσύνης τους. Τέλος, οι νομαρχίες της Θεσσαλονίκης και της Πρέβεζας απαρτίζουν την τρίτη ομάδα με τις υψηλότερες τιμές αφθονιών *Dinophysis*. Τονίζεται ότι στην περίπτωση της νομαρχίας Θεσσαλονίκης, το εύρος του διαστήματος εμπιστοσύνης του μέσου είναι πολύ πιο περιορισμένο από το αντίστοιχο της Πρέβεζας, λόγω του γεγονότος ότι ο μέσος όρος της αφθονίας κυττάρων *Dinophysis* προκύπτει από τη στατιστική ανάλυση πολύ περισσότερων πρωτογενών δεδομένων (δειγματοληψιών), σε αντίθεση με τη νομαρχία Πρέβεζας, στην οποία οι δειγματοληψίες διενεργήθηκαν με μικρότερη συχνότητα ή και σποραδικά.



Εικόνα 6.1. Μέση αφθονία των κύτταρων *Dinophysis* spp. (σε λογαριθμημένη μορφή) ανά νομαρχία (\oplus = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

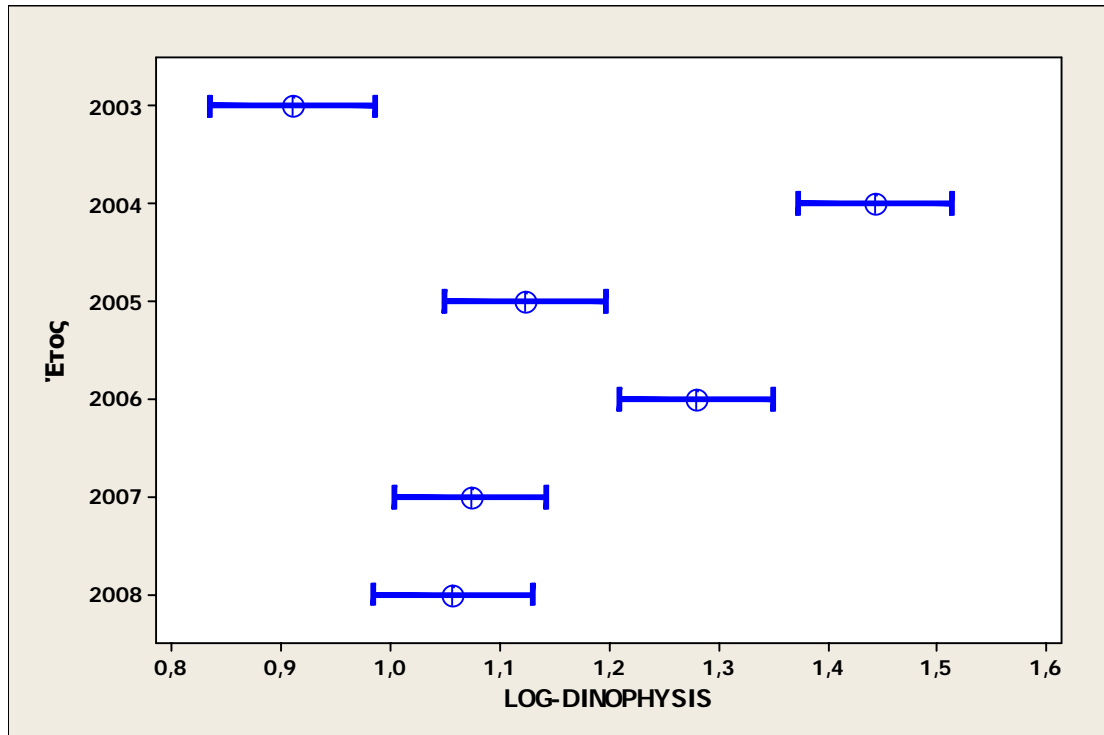
Παρόμοια ομαδοποίηση προκύπτει και σε ότι αφορά τις αφθονίες κυττάρων *Dinophysis* των επιμέρους σημείων δειγματοληψίας των νομαρχιών, με κάποια μικρή διαφοροποίηση ως προς τα σημεία δειγματοληψίας του νομού Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα, τα σημεία δειγματοληψίας που βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου δηλ. Αγγελοχώρι (Θ14) και, σε μεγαλύτερο βαθμό, Επανωμή (Θ15), παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά ($P \leq 0,05$) χαμηλότερες μέσες αφθονίες κύτταρων *Dinophysis* από τις αντίστοιχες των λοιπών σημείων δειγματοληψίας που βρίσκονται, στην πλειονότητά τους, στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου



Εικόνα 6.2. Μέση αφθονία των κυττάρων *Dinophysis* spp. (σε λογαριθμημένη μορφή) ανά σημείο δειγματοληψίας (⊕ = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

6.1.2 Χρονική κατανομή της αφθονίας των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

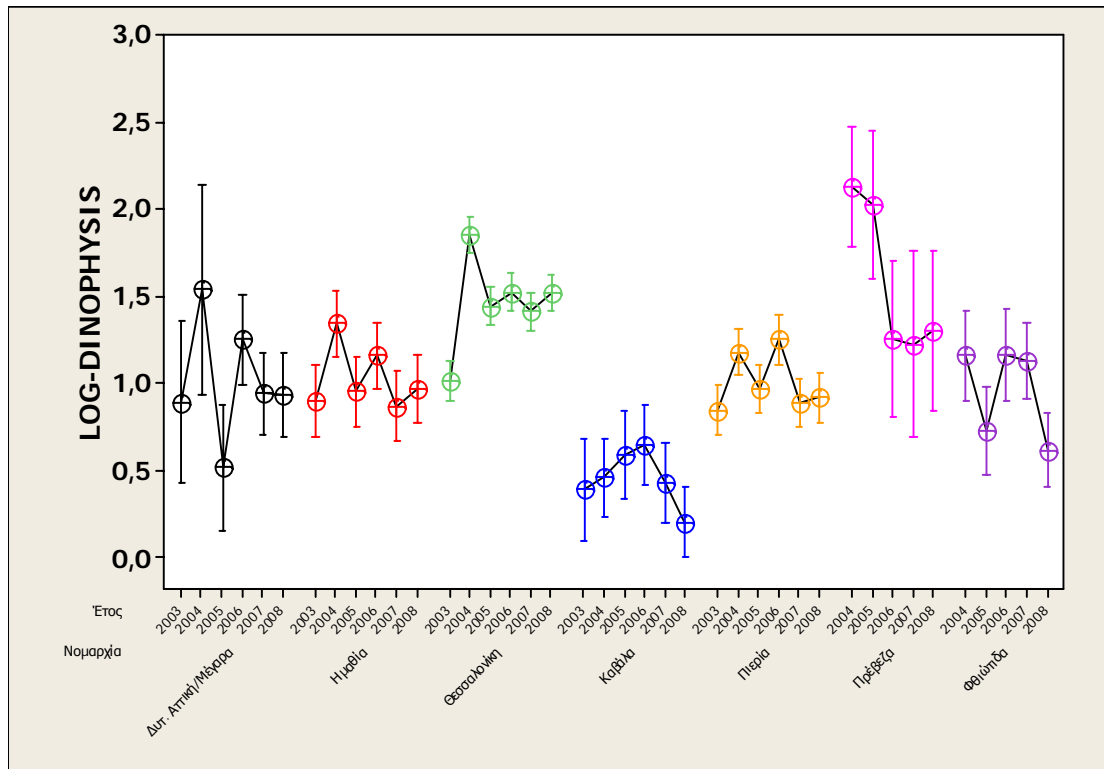
Από τα διαθέσιμα δεδομένα παρατηρείται μια εμφανής έξαρση της ανάπτυξης του *Dinophysis* spp. κατά το έτος 2004, στο οποίο παρατηρείται η μέγιστη μέση τιμή της αφθονίας κυττάρων του, με στατιστικά σημαντική διαφορά ($P \leq 0,05$) από τις αντίστοιχες μέσες τιμές που αφορούν στα υπόλοιπα έτη της μελέτης. Αντίθετα, η μέση αφθονία κυττάρων κατά το έτος 2003 είναι στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη από αυτές όλων των υπολοίπων ετών (Εικ. 6.3).



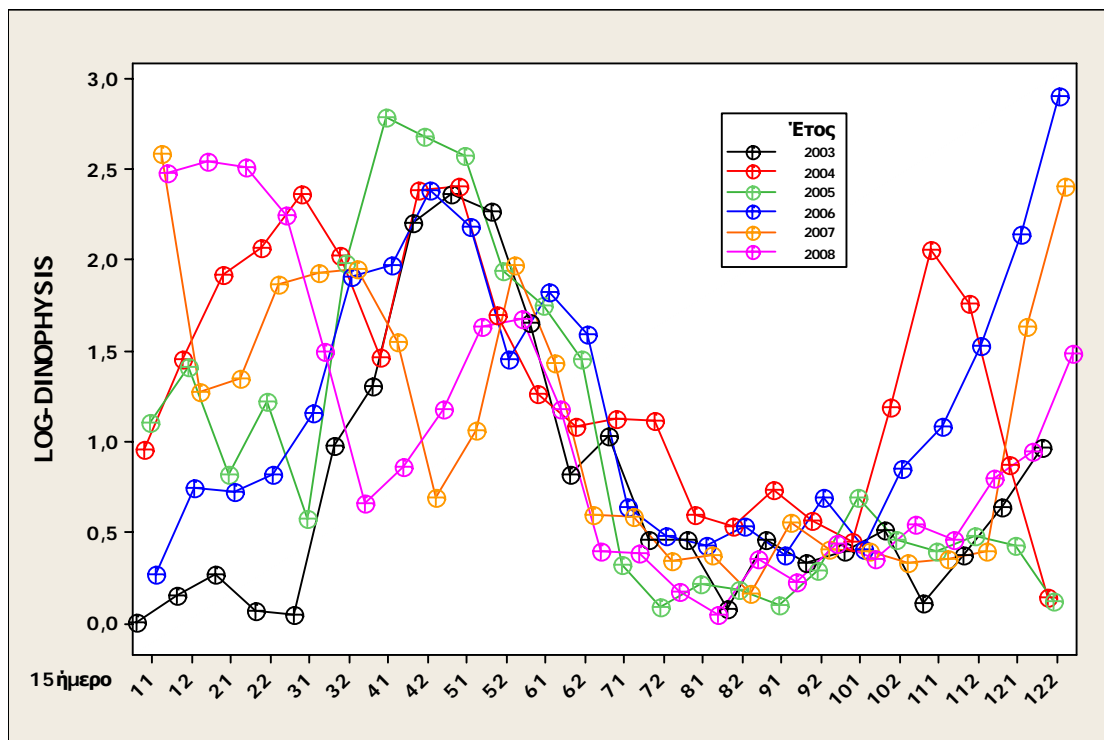
Εικόνα 6.3. Μέση αφθονία των κύτταρων *Dinophysis* spp. (σε λογαριθμημένη μορφή) ανά έτος (\oplus = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

Οι κατ' έτος μεταβολές των μέσων αφθονιών των κυττάρων του γένους *Dinophysis* στις θαλάσσιες περιοχές των νομαρχιών της παρούσας μελέτης απεικονίζονται στην Εικόνα 6.4. Παρατηρείται ότι σε ορισμένες από τις νομαρχίες διαφαίνεται μία τάση να εμφανίζονται εναλλάξ μέγιστες και ελάχιστες μέσες αφθονίες κυττάρων του εν λόγω οργανισμού σε διαδοχικά έτη, κυρίως σε ότι αφορά τις περιοχές που βρίσκονται στο Θερμαϊκό (Θεσσαλονίκη, Πιερία, Ημαθία) και στο Σαρωνικό (Δυτική Αττική) κόλπο.

Στο σύνολο των έξι ετών που συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα μελέτη φαίνεται ότι η μέγιστη αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis* κατά τη διάρκεια του έτους παρατηρείται συνήθως κατά την εαρινή περίοδο, μεταξύ Απριλίου και Μαΐου. Εξάιρεση αποτελούν τα έτη 2007 και 2008, στα οποία η περίοδος στην οποία παρατηρείται η μέγιστη αφθονία είναι αρκετά προγενέστερη, έχοντας μετακινηθεί χρονικά προς την αρχή του έτους (Εικ. 6.5).



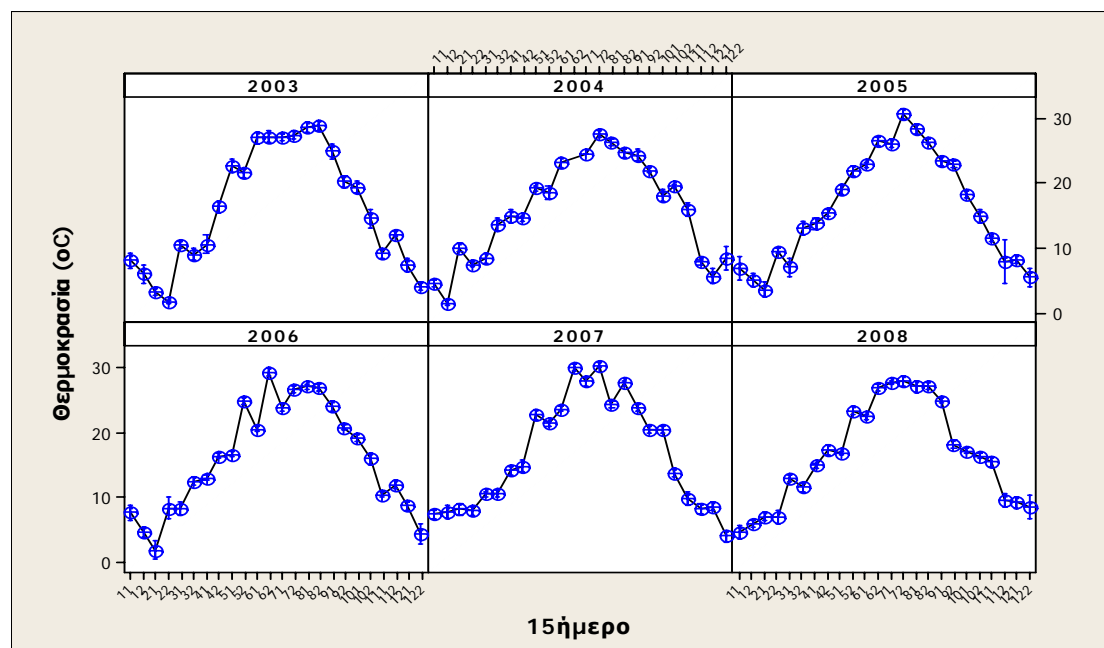
Εικόνα 6.4. Μεταβολή της μέσης αφθονίας του *Dinophysis* spp. (σε λογαριθμημένη μορφή) στις νομαρχίες της μελέτης μεταξύ των ετών 2003 έως 2008 (⊕ = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).



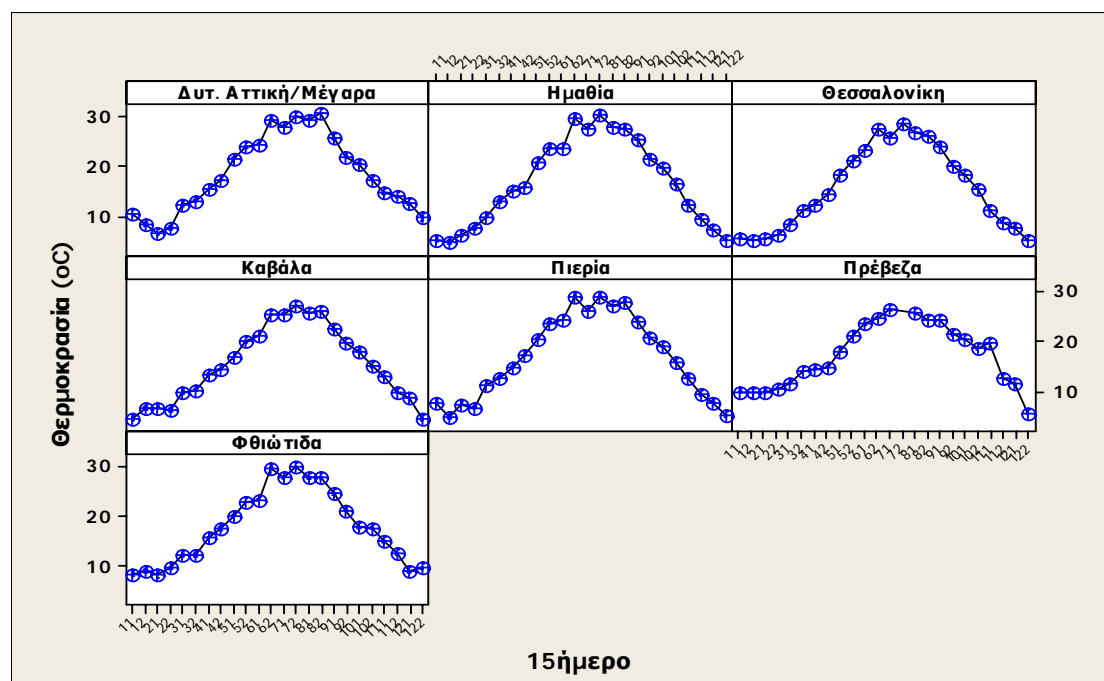
Εικόνα 6.5. Μεταβολή της μέσης αφθονίας του *Dinophysis* spp. (σε λογαριθμημένη μορφή) καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για τα έτη 2003-2008 (⊕ = μέσος όρος).

6.1.3 Συγκριτικά στοιχεία για τις κλιματολογικές παραμέτρους κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης

α) Θερμοκρασία: Οι μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του έτους καθ' όλο το χρονικό διάστημα της μελέτης ακολούθησαν περίπου το ίδιο πρότυπο τόσο μεταξύ των έξι ετών (Εικ. 6.6) όσο και μεταξύ των διαφορετικών νομαρχιών (Εικ. 6.7), χωρίς αξιοπρόσεκτες διαφορές, κυμαινόμενες περίπου στο εύρος 1-30°C.

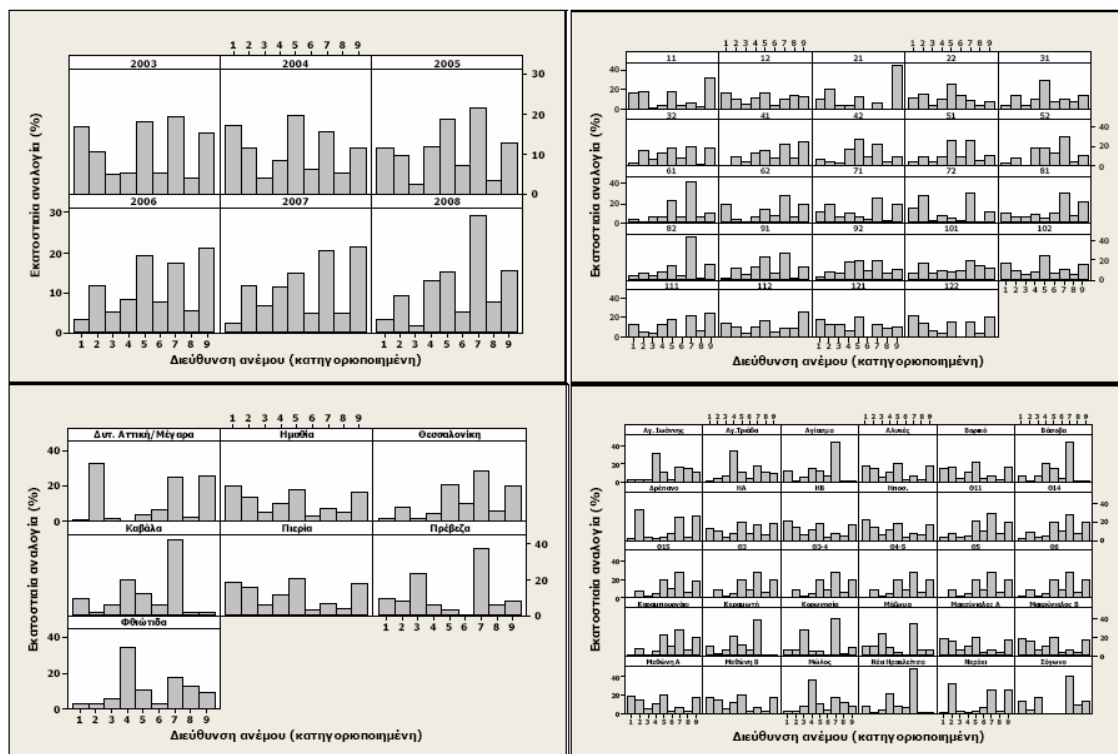


Εικόνα 6.6. Συγκριτικές μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του έτους μεταξύ των ετών 2003 έως 2008.



Εικόνα 6.7. Συγκριτικές μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του έτους μεταξύ των διαφορετικών νομαρχιών.

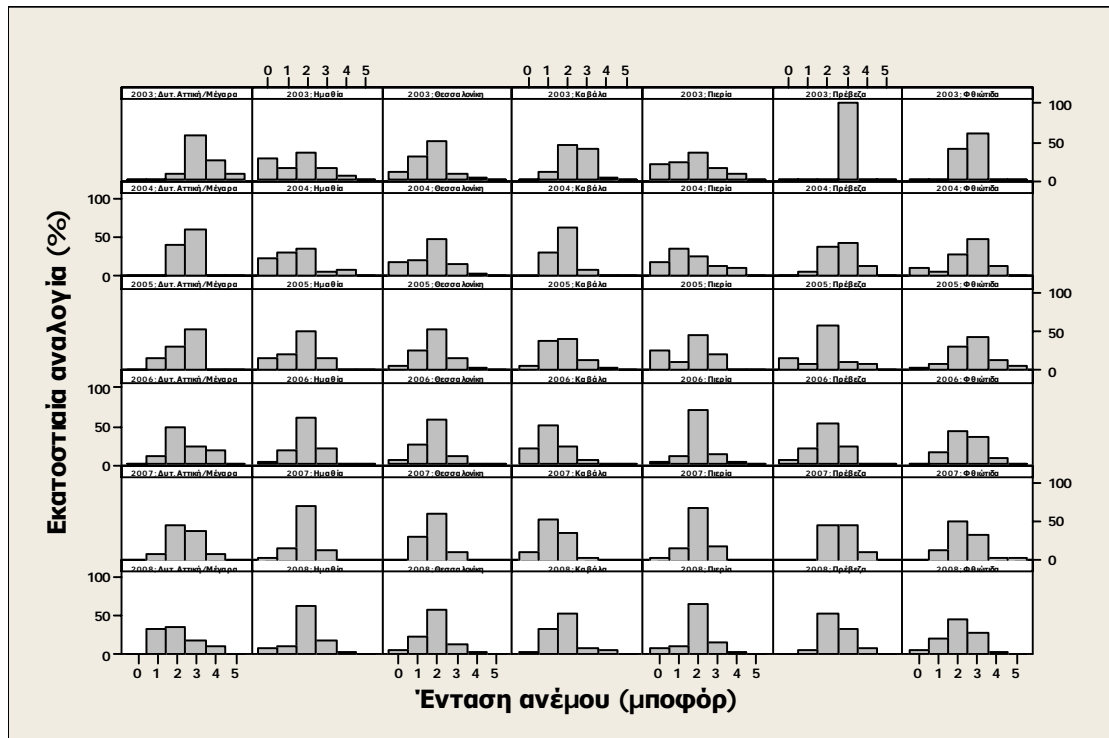
β) Διεύθυνση ανέμου: Με τη χρήση ιστογραμμάτων συχνοτήτων (Εικ. 6.8, α-δ) διαπιστώνεται ότι κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης σημειώθηκαν άνεμοι που έπνεαν από όλες τις πιθανές επικρατούσες διευθύνσεις. Δεν εμφανίστηκε κάποια ιδιαίτερη τάση στο να υποεκπροσωπείται ή να υπερτερεί κάποια συγκεκριμένη από αυτές, σε επίπεδο (α) έτους, (β) 15ημέρου έτους, (γ) νομαρχίας ή (δ) σημείου δειγματοληψίας.



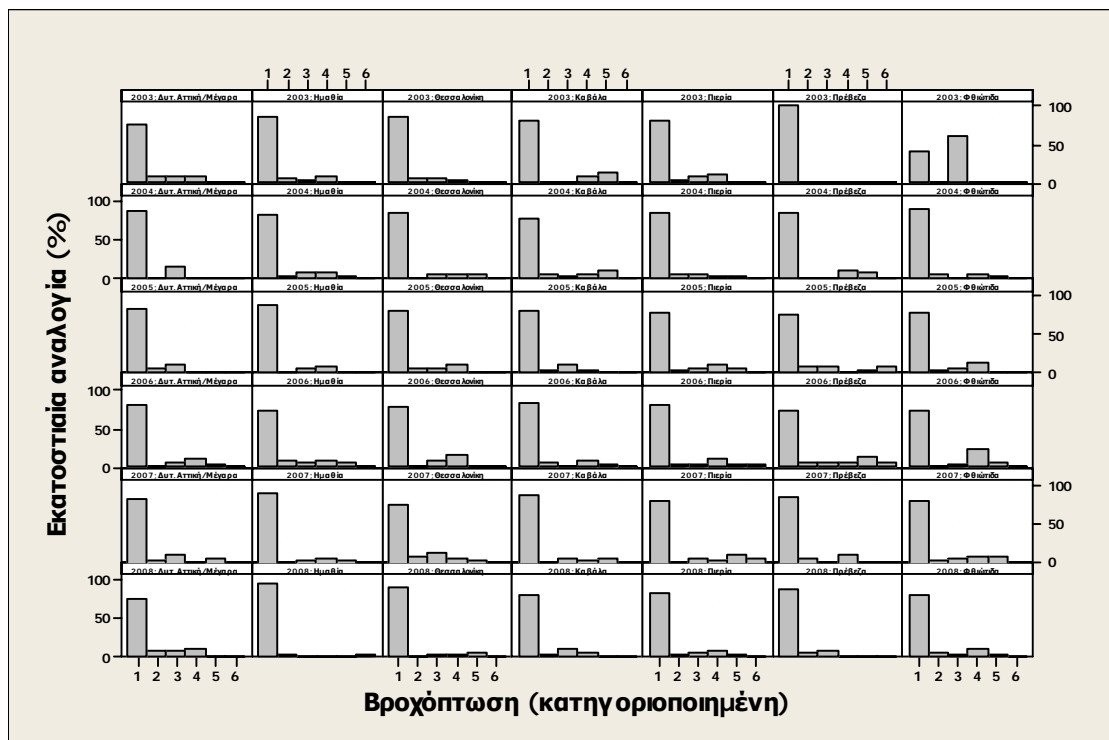
Εικόνα 6.8. Ιστογράμματα συχνοτήτων που απεικονίζουν συγκριτικά τις επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου (σε κατηγοριοποιημένη μορφή) που έπνεαν (α) μεταξύ των ετών 2003-2008, (β) μεταξύ των 15ημέρων του έτους, (γ) μεταξύ νομαρχιών και (δ) μεταξύ σημείων δειγματοληψίας.

γ) Ένταση ανέμου: Όπως είναι εμφανές από τα ιστογράμματα συχνοτήτων (Εικ. 6.9), οι εντάσεις των ανέμων που έπνεαν κατά το μελετώμενο χρονικό διάστημα στις διαφορετικές νομαρχίες ήταν σε γενικές γραμμές παρόμοιες, κυμαινόμενες μεταξύ άπνοιας (0 μποφόρ) και μέτριας έντασης (5 μποφόρ).

δ) Βροχόπτωση: Οι βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια των ετών της μελέτης σε όλες τις νομαρχίες κυμάνθηκαν γενικά σε χαμηλά επίπεδα, όπως ήταν αναμενόμενο για τα ελληνικά δεδομένα (Εικ. 6.10). Η ανομβρία παρουσίαζε ιδιαίτερα μεγάλη συχνότητα, υπερβαίνοντας στην πλειονότητα των ετών και των νομαρχιών το ποσοστό του 70%.



Εικόνα 6.9. Ιστόγραμμα συχνοτήτων που απεικονίζει συγκριτικά τις εντάσεις ανέμων (σε κατηγοριοποιημένη μορφή) κατ' έτος και νομαρχία.

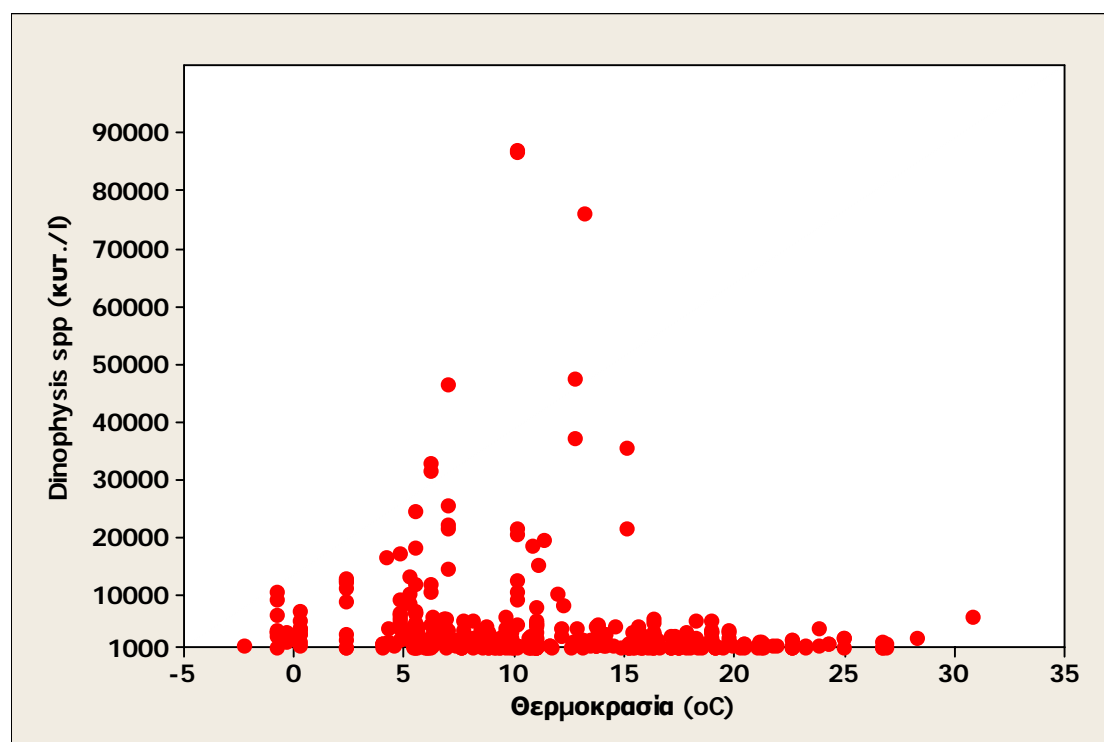


Εικόνα 6.10. Ιστόγραμμα συχνοτήτων που απεικονίζει συγκριτικά τις βροχοπτώσεις (σε κατηγοριοποιημένη μορφή) κατ' έτος και νομαρχία.

6.1.4 Επίδραση των κλιματολογικών παραμέτρων στην αφθονία του γένους *Dinophysis*

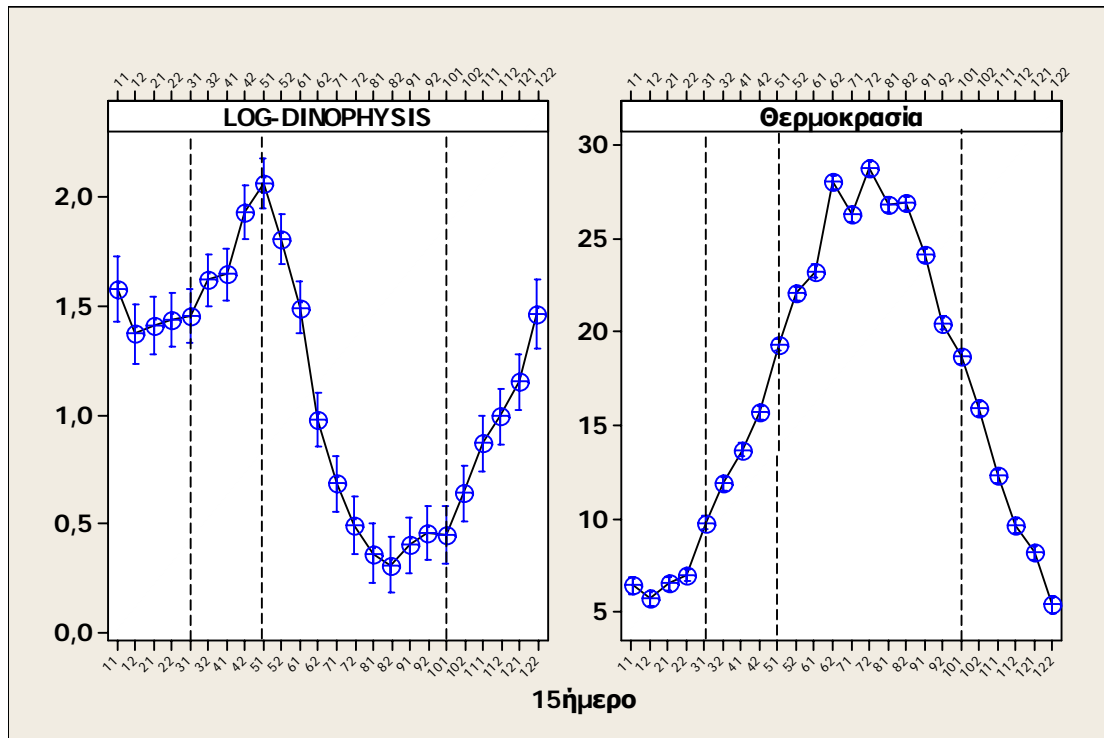
Κατά τη χρονική περίοδο 2003–2008 στις ζώνες παραγωγής του συνόλου των νομαρχιών της παρούσας μελέτης οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων σχετίζονταν με τις υπό εξέταση κλιματολογικές παραμέτρους ως ακολούθως:

α) **Θερμοκρασία:** Στο μελετώμενο χρονικό διάστημα, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l), σημειώθηκαν με υψηλότερη συχνότητα στο θερμοκρασιακό εύρος μεταξύ 4–20°C, με ακραίες τιμές τους -2 και 31°C. Η μέγιστη τιμή αφθονίας του *Dinophysis* spp. που καταγράφηκε ανερχόταν στα 87.280 κυτ./l σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 10°C (Εικ. 6.11).



Εικόνα 6.11. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στις ζώνες παραγωγής των νομαρχιών της μελέτης μεταξύ των ετών 2003 έως 2008.

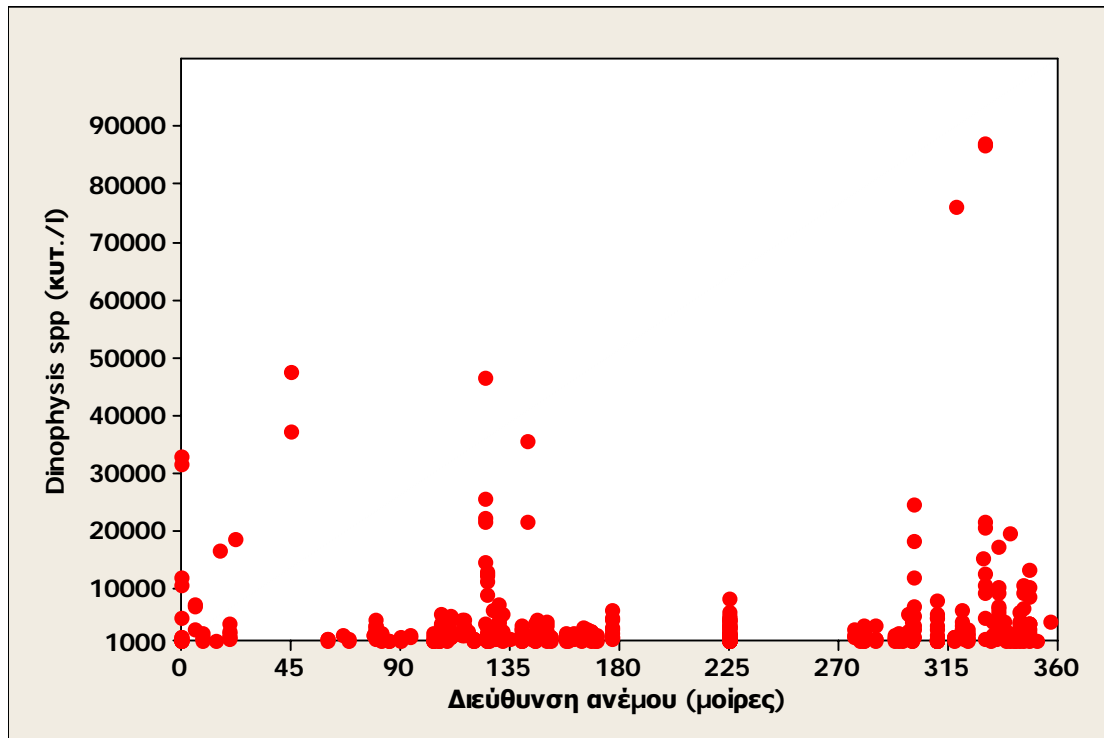
Σε επιβεβαίωση των ανωτέρω, η χρήση διαγράμματος διαστήματος (interval plot), στο οποίο απεικονίζεται η συγκριτική μεταβολή των μέσων αφθονιών του *Dinophysis* spp. και της αντίστοιχης θερμοκρασίας περιβάλλοντος (Εικ. 6.12), καταδεικνύει ότι η μέγιστη αυξητική τάση που αφορά στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. εντοπίζεται σε θερμοκρασιακό εύρος που κυμαίνεται μεταξύ περίπου 10–20°C.



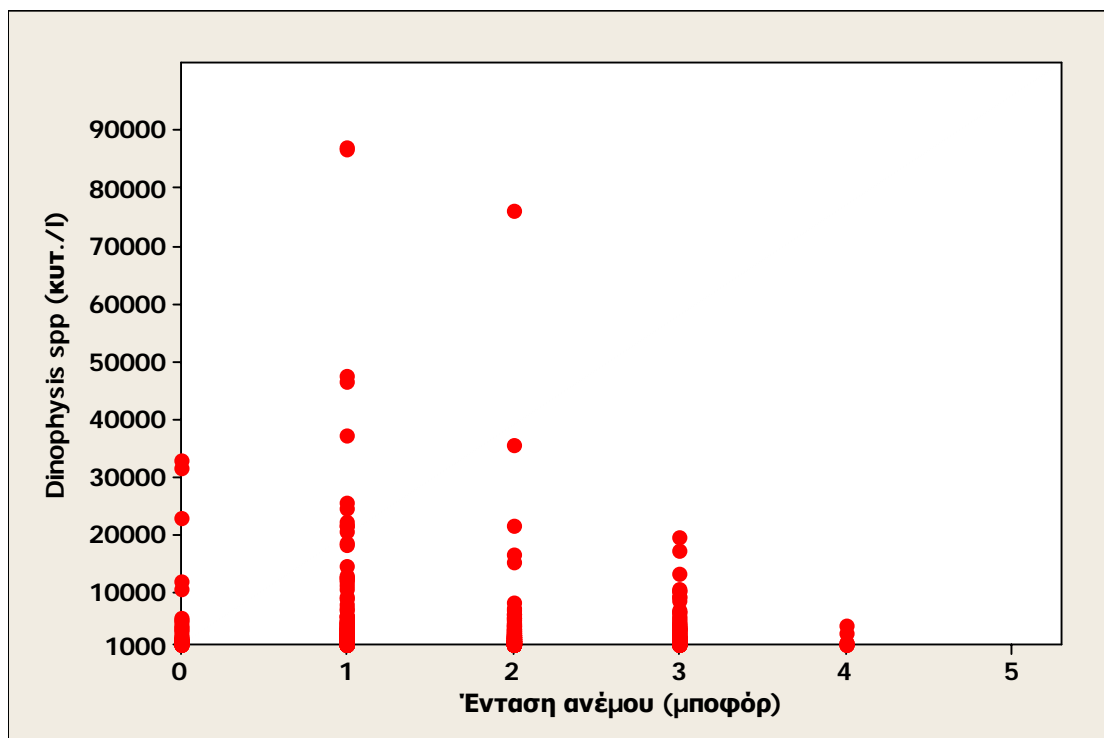
Εικόνα 6.12. Συγκριτικό διάγραμμα διαστήματος (interval plot) των μέσων αφθονιών του *Dinophysis* spp. (σε λογαριθμημένη μορφή) σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C) από τα συνολικά δεδομένα των νομαρχιών μεταξύ των ετών 2003-2008 (⊕ = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

β) Διεύθυνση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) καταγράφηκαν με την πλειονότητα των επικρατουσών διευθύνσεων ανέμων (Εικ. 6.13). Όμως, τόσο οι δύο υψηλότερες τιμές αφθονίας του *Dinophysis* spp. (87.280 κυτ./l και 86.680 κυτ./l) όσο και η τρίτη υψηλότερη (76.280 κυτ./l) εμφανίστηκαν σε ΒΔ επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου.

γ) Ένταση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. ανώτερες των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) διαπιστώθηκε ότι καταγράφονταν αποκλειστικά όταν έπνεαν άνεμοι που κυμαίνονταν από πολύ ασθενείς (1-2 μποφόρ) έως σχεδόν μέτριοι (3-4 μποφόρ) σε ένταση (Εικ. 6.14). Και οι δύο υψηλότερες αφθονίες του *Dinophysis* spp. που καταγράφηκαν (87.280 κυτ./l και 86.680 κυτ./l), παρατηρήθηκαν σε συνδυασμό με ένταση ανέμου 1 μποφόρ (σχεδόν άπνοια), ενώ τρίτη σε σειρά υψηλότερη τιμή (76.280 κυτ./l) σημειώθηκε όταν η ένταση του ανέμου ήταν 2 μποφόρ (πολύ ασθενής). Είναι αξιοσημείωτο επίσης το γεγονός ότι οι τιμές της αφθονίας του *Dinophysis* spp. εμφανίζουν πτωτική τάση με την αύξηση της έντασης του ανέμου.

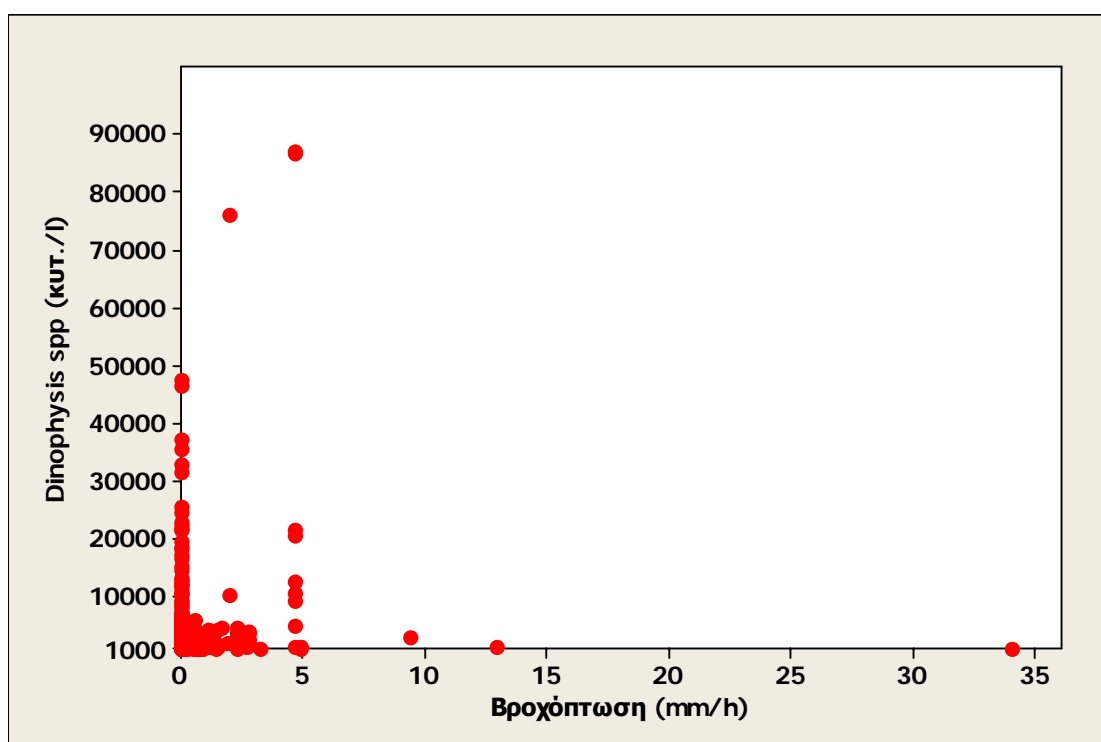


Εικόνα 6.13. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής των νομαρχιών της μελέτης μεταξύ των ετών 2003 έως 2008.



Εικόνα 6.14. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με την ένταση του ανέμου στις ζώνες των νομαρχιών της μελέτης μεταξύ των ετών 2003 έως 2008.

δ) **Βροχόπτωση:** Οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) παρουσίαζαν μεγάλη συχνότητα σε συνδυασμό με πλήρη ανομβρία, και σε μικρότερο βαθμό, με εντονότερες βροχοπτώσεις (Εικ. 6.15). Οι δύο μέγιστες τιμές της αφθονίας του *Dinophysis* spp. (87.280 κυτ./l και 86.680 κυτ./l) παρατηρήθηκαν σε συνθήκες βροχόπτωσης που αντιστοιχούν στο κατώτερο όριο της έντονης βροχόπτωσης, ενώ η τρίτη υψηλότερη τιμή της (76.280 κυτ./l) συνέπεσε με μέτρια βροχόπτωση. Παρά ταύτα, είναι εμφανής και σ' αυτήν την περίπτωση μια μείωση της συχνότητας των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερβαίνουν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων όσο αυξάνεται το ύψος της βροχόπτωσης.



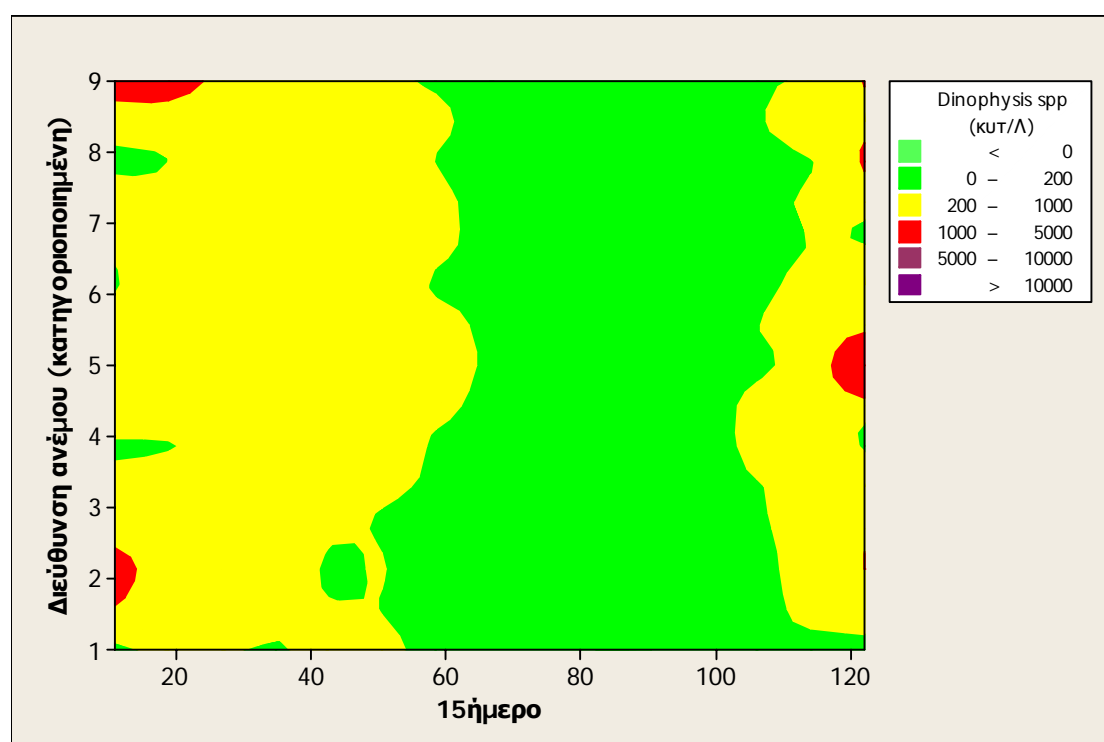
Εικόνα 6.15. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με το ύψος βροχόπτωσης στις ζώνες των νομαρχιών της μελέτης μεταξύ των ετών 2003 έως 2008.

6.1.5 Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Οι αλληλεπιδράσεις των παραμέτρων της παρούσας μελέτης στην αφθονία των κυττάρων του *Dinophysis* spp. διερευνήθηκαν με τη χρήση τρισδιάστατων διαγραμμάτων ισοϋψών (3D contour plots). Τα επίπεδα των ισοϋψών για τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. επιλέχθηκαν έτσι, ώστε να περιλαμβάνουν ως κατηγορίες και τα

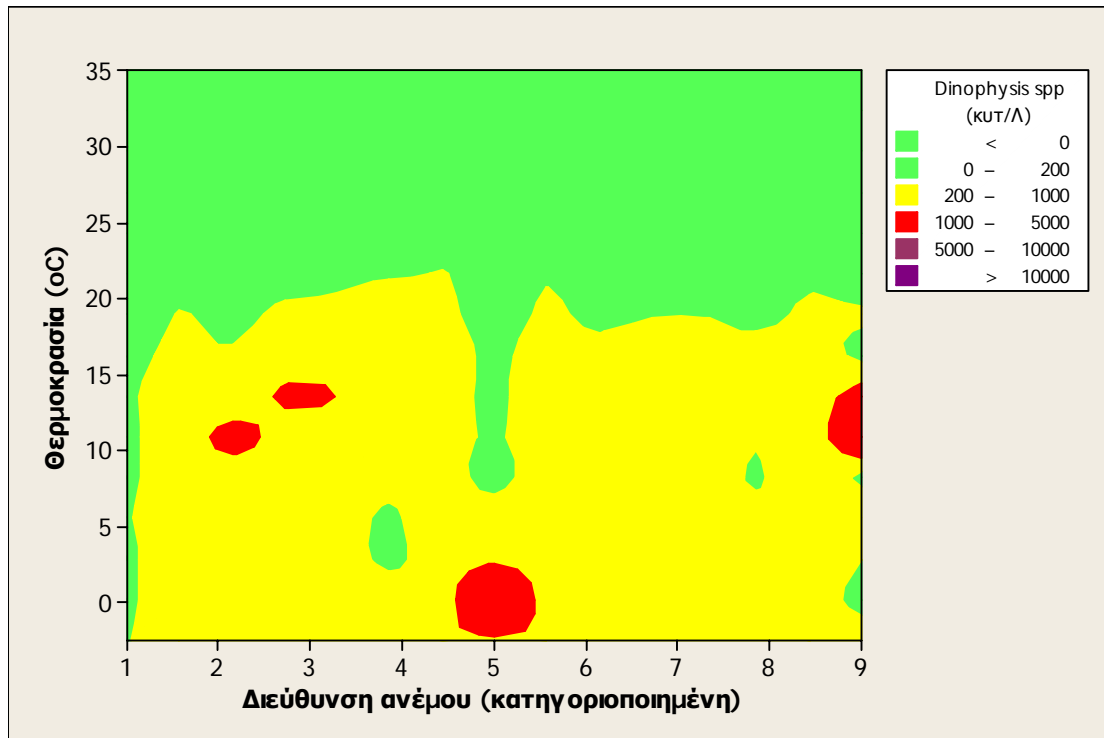
εθνικά κανονιστικά επίπεδα που αφορούν σε επαγρύπνηση ή/και λήψη υγειονομικών μέτρων.

α) Διεύθυνση ανέμου και χρονική περίοδος του έτους: Οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) έτειναν να εμφανίζονται κυρίως τους χειμερινούς μήνες σε δύο διακριτούς συνδυασμούς με τη διεύθυνση του ανέμου. Το μήνα Ιανουάριο συνέπιπταν με Β και ΒΔ διευθύνσεις ανέμου, ενώ το μήνα Δεκέμβριο με ανέμους κυρίως ΝΑ και σε πολύ μικρότερο βαθμό Δ (Εικ. 6.16). Τους λοιπούς μήνες του έτους δεν παρατηρήθηκε κάποια ιδιαίτερη τάση, ενώ οι συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. ήταν γενικά χαμηλότερες.



Εικόνα 6.16. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη).

β) Θερμοκρασία και διεύθυνση ανέμου: Από τις αφθονίες του *Dinophysis* spp που καταγράφηκαν κατά τη χρονική περίοδο 2003-2008 στο σύνολο των περιοχών παραγωγής της μελέτης, διαπιστώνεται υπέρβαση των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε περιόδους που επικρατούσαν δύο κυρίως συνδυασμοί θερμοκρασίας περιβάλλοντος και διεύθυνσης ανέμου. Στην πρώτη περίπτωση η θερμοκρασία βρισκόταν σε χαμηλά επίπεδα, κατώτερα των 5°C με ΝΑ επικρατούσα διεύθυνση ανέμου, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ $8-15^{\circ}\text{C}$ αποκλειστικά με ΒΔ, Β και ΒΑ διευθύνσεις ανέμου (Εικ. 6.17).

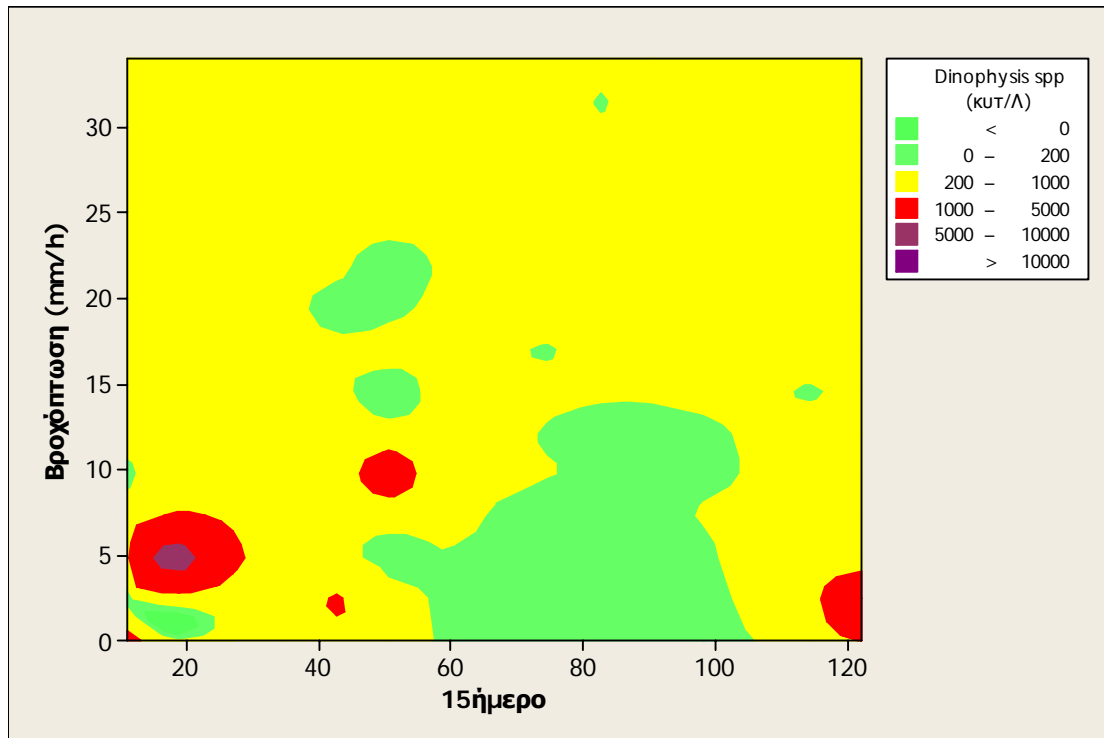


Εικόνα 6.17. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη).

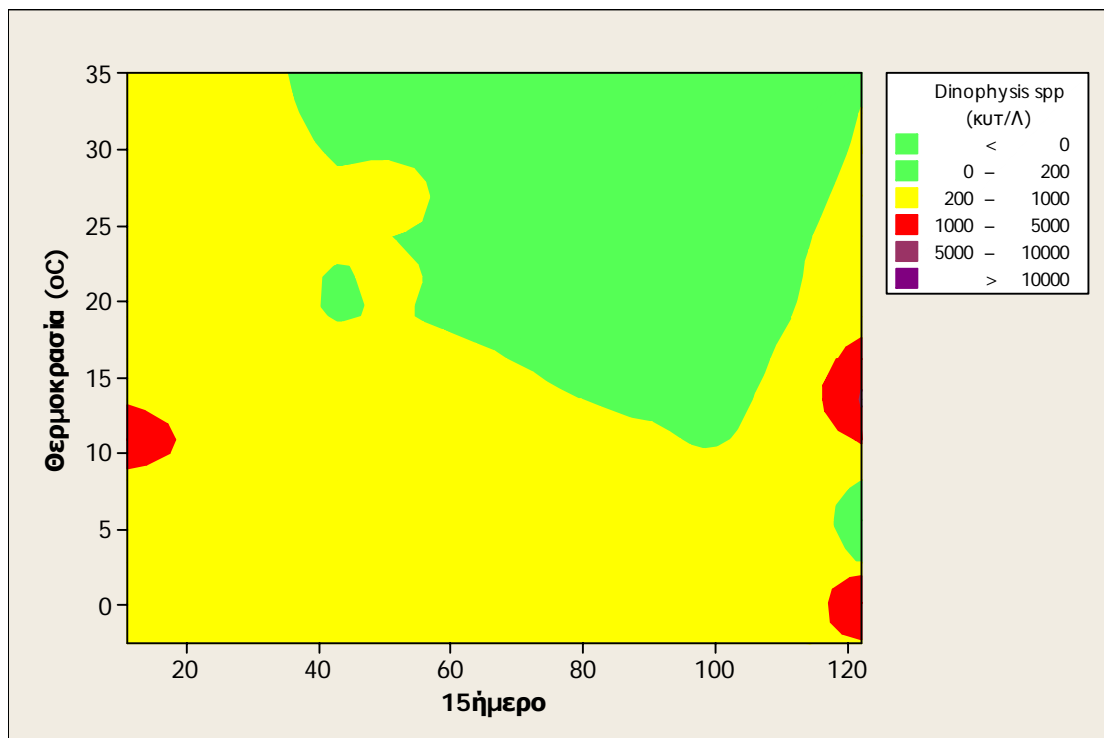
γ) Βροχόπτωση και χρονική περίοδος του έτους: Οι συνδυασμοί βροχόπτωσης και περιόδου του έτους που συνοδεύονταν από αφθονίες του *Dinophysis* spp. υψηλότερες των 1.000 κυτ./λ δεν κατέδειξαν κάποια ιδιαίτερη τάση. Συγκεκριμένα τέτοιες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν σε περιόδους ανομβρίας στους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο, με ήπιες έως μέτριες βροχοπτώσεις τους μήνες Δεκέμβριο και Απρίλιο, και με μέτριες έως έντονες βροχοπτώσεις τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάιο (Εικ. 6.18).

δ) Θερμοκρασία και χρονική περίοδος του έτους: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα τουλάχιστον 1.000 κυτ./λ παρατηρούνται προς το τέλος του έτους σε συνδυασμό με δύο θερμοκρασιακά εύρη: α) $-2-2^{\circ}\text{C}$ και β) $11-17^{\circ}\text{C}$, ενώ στην αρχή του έτους συμπίπτουν με θερμοκρασίες μεταξύ $9-13^{\circ}\text{C}$ (Εικ. 6.19).

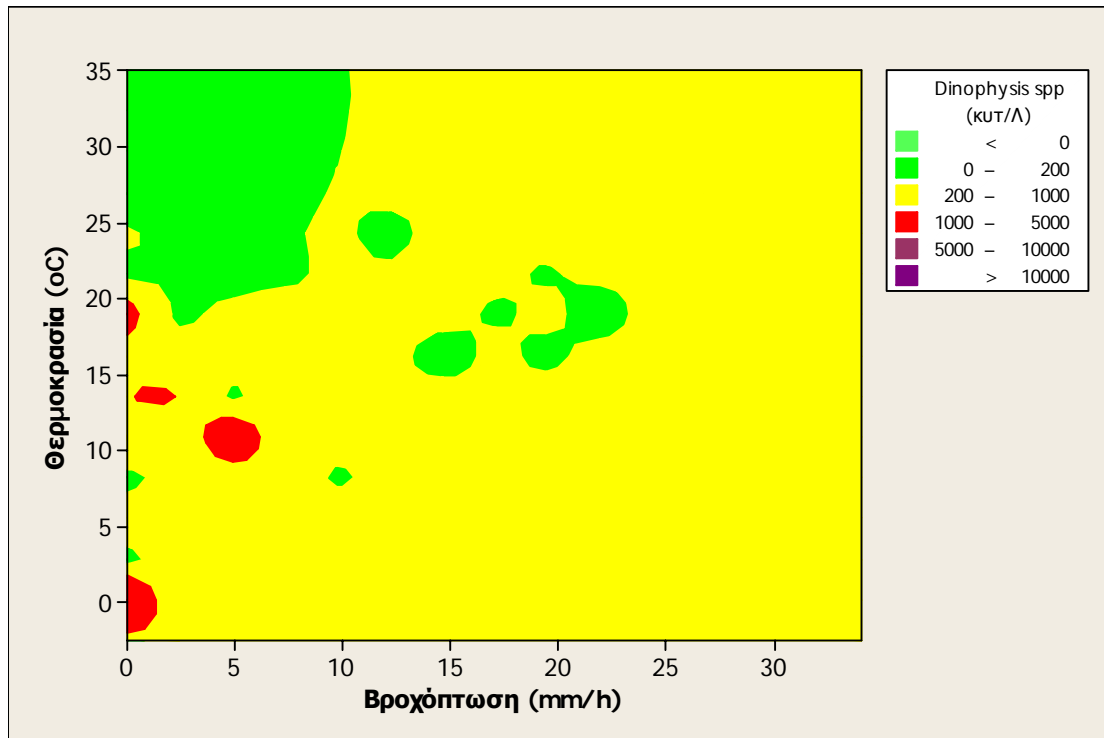
ε) Θερμοκρασία και βροχόπτωση: Οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερβαίνουν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./λ) σε περιόδους με πλήρη ανομβρία σημειώθηκαν όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος κυμαινόταν αφενός μεταξύ $-2-2^{\circ}\text{C}$ και αφετέρου $18-20^{\circ}\text{C}$. Σε περιόδους με ήπια βροχόπτωση οι υψηλές αυτές αφθονίες παρατηρήθηκαν σε θερμοκρασία 14°C , ενώ όταν επικρατούσε έντονη βροχόπτωση το θερμοκρασιακό εύρος στο οποίο σημειώθηκαν τέτοιες συγκεντρώσεις *Dinophysis* spp. ήταν μεταξύ $9-12^{\circ}\text{C}$ (Εικ. 6.20).



Εικόνα 6.18. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και το 15ήμερο του έτους.

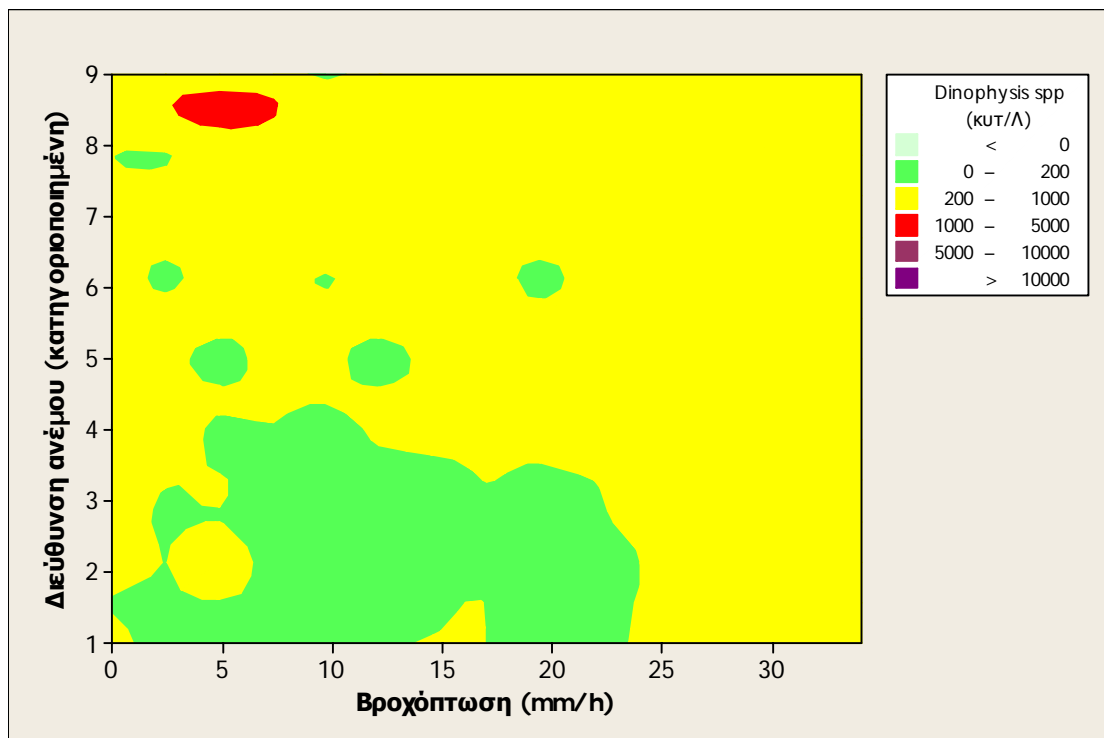


Εικόνα 6.19. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους.



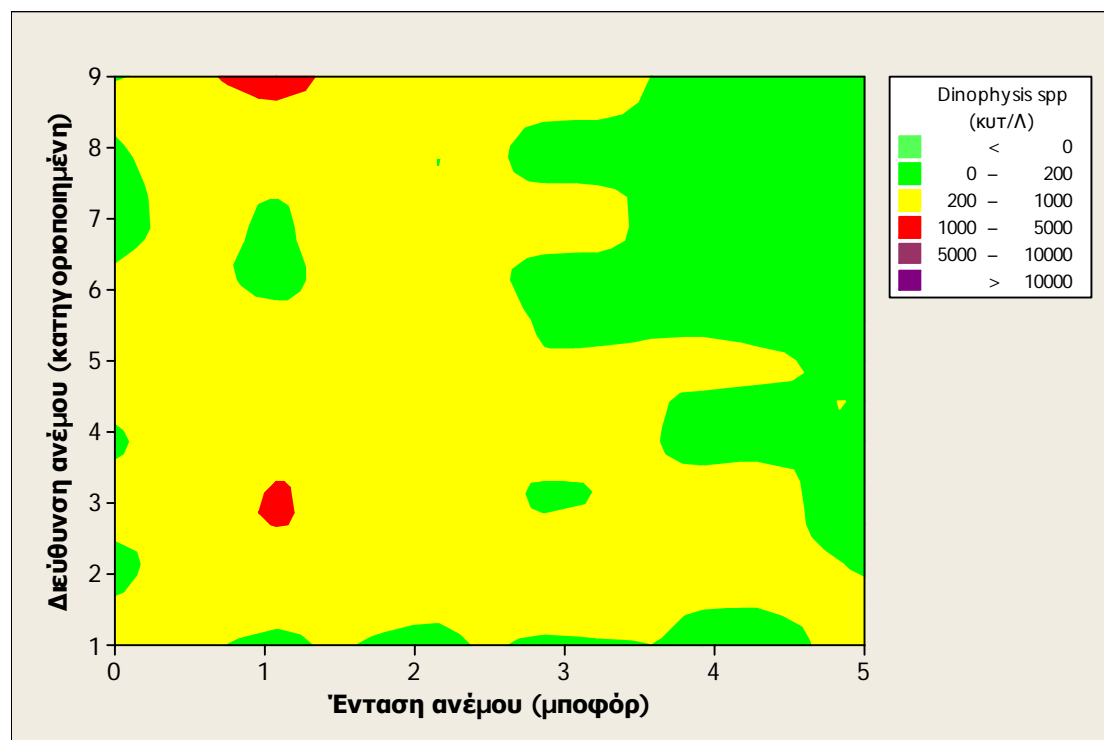
Εικόνα 6.20. Τρισδιάστατο διάγραμμα (contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp., σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης.

στ) Διεύθυνση ανέμου και βροχόπτωση: Συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. υψηλότερες των 1.000 κυτ./Λ του συνέπεσαν αποκλειστικά με μέτριες έως έντονες βροχοπτώσεις και ΒΔ επικρατούσα διεύθυνση ανέμου (Εικ. 6.21).



Εικόνα 6.21. Τρισδιάστατο διάγραμμα (contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp., σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη).

ζ) Διεύθυνση ανέμου και ένταση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα που υπερέβαιναν τα 1.000 κυτ./λ, καταγράφηκαν όταν έπνεαν άνεμοι χαμηλής εντάσεως (1 μποφόρ) με επικρατούσες διευθύνσεις ΒΑ ή ΒΔ (Εικ. 6.22).

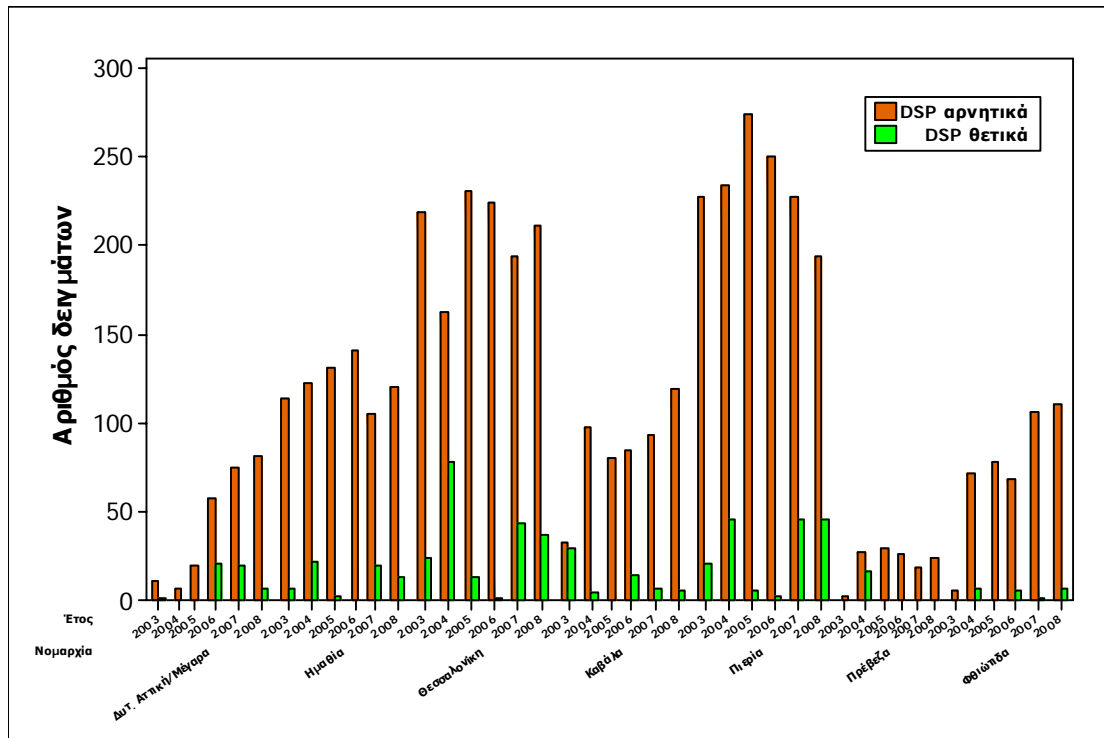


Εικόνα 6.22. Τρισδιάστατο διάγραμμα (contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp., σε συνάρτηση με την ένταση και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη).

6.1.6 Παρουσία της DSP τοξικότητας στα μύδια

Η ανάλυση των δεδομένων της παρουσίας τοξικότητας στα μύδια κατά την περίοδο της μελέτης (2003-2008) καταδεικνύει ότι, στην πλειονότητα των νομαρχιών, η υψηλότερη αναλογία θετικών/αρνητικών δειγμάτων μυδιών για την παρουσία DSP τοξινών (σχετιζόμενων με το γένος *Dinophysis*) παρατηρήθηκε κατά το έτος 2004 (Εικ. 6.23). Εξάιρεση αποτέλεσαν οι περιοχές αφενός της Δυτικής Αττικής και αφετέρου της Καβάλας στις οποίες η μέγιστη αναλογία DSP θετικών/αρνητικών δειγμάτων αντιστοιχεί στο έτος 2006, χωρίς όμως στην περίπτωση της δεύτερης να σχετίζεται με το γένος *Dinophysis*, διότι οφείλεται σε θερινό τοξικό επεισόδιο.

Συνολικά στο χρονικό διάστημα 2003-2008 αναλύθηκαν 5.137 δείγματα μυδιών προερχόμενα από τις περιοχές που αφορούν στην παρούσα μελέτη, εκ των οποίων τα 432 (8,4%) βρέθηκαν θετικά σε DSP τοξίνες, με το μεγαλύτερο αριθμό τόσο προσκομισθέντων όσο και θετικών δειγμάτων να προέρχεται από την ευρύτερη περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου.



Εικόνα 6.23. Σύγκριση αριθμού θετικών/ αρνητικών στην παρουσία DSP τοξινών δειγμάτων μυδιών ανά νομαρχία στα έτη 2003 έως 2008.

Πίνακας 6.2. Συνολικά εξετασθέντα και θετικά δείγματα μυδιών για DSP τοξίνες στην περίοδο 2003-2008 στις μελετώμενες περιοχές.

Νομαρχία	2003		2004		2005		Γενικό σύνολο	
	Συνολικά δείγματα μυδιών	Θετικά	Συνολικά δείγματα μυδιών	Θετικά	Συνολικά δείγματα μυδιών	Θετικά		
Θεσσαλονίκη	252	10	227	38	218	7	1294	98
Ημαθία	125	13	129	16	150	2		
Περία	210	16	256	46	187	3		
Καβάλα	50	11	128	6	86	0		
Φθιώτιδα	9	0	61	5	107	0		
Δυτ. Αττική	20	3	17	0	23	0		
Πρέβεζα	29	1	36	16	6	0		
Σύνολα	695	54	854	127	777	12		
Νομαρχία	2006		2007		2008		Γενικό σύνολο	
	Συνολικά δείγματα μυδιών	Θετικά	Συνολικά δείγματα μυδιών	Θετικά	Συνολικά δείγματα μυδιών	Θετικά		
Θεσσαλονίκη	216	3	219	25	162	15	5137	432
Ημαθία	107	0	139	21	143	14		
Περία	207	2	270	38	282	40		
Καβάλα	112	15	105	6	135	5		
Φθιώτιδα	156	6	159	3	113	8		
Δυτ. Αττική	85	16	91	15	94	7		
Πρέβεζα	5	0	5	0	6	0		
Σύνολα	888	42	988	108	935	89		

Από την ανάλυση διακύμανσης ANOVA ενός παράγοντα για τη μελέτη της σχέσης της αφθονίας κυττάρων του *Dinophysis* spp. με την τοξικότητα στα μύδια προκύπτει στατιστικά σημαντική σύνδεση μεταξύ τους ($F=209,90$, $P\leq 0.001$). Η ένταση των τοξικών επεισοδίων (εμφάνιση τοξικότητας στα μύδια) μελετήθηκε περαιτέρω με τον έλεγχο χ^2 του Pearson (chi-square) με βάση τις κατά περίπτωση αφθονίες του *Dinophysis* spp., κατά έτος, νομαρχία και επιμέρους σημείο δειγματοληψίας. Στη χρονική περίοδο 2003 έως 2008 (Πίν. 6.3), το φαινόμενο της τοξικότητας στα μύδια παρατηρήθηκε πολύ έντονα σε σχέση με τη μέση αφθονία σε κύτταρα *Dinophysis* spp στα έτη 2004 και 2007, ενώ αντίθετα στα έτη 2005 και 2006 το φαινόμενο ήταν ιδιαίτερα ασθενές.

Σε ότι αφορά τις νομαρχίες της μελέτης, με την ίδια μέθοδο διαπιστώνεται ότι οι νομαρχίες Θεσσαλονίκης και Δυτικής Αττικής εμφανίζουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου σε σύγκριση με τη μέση αφθονία τους σε κύτταρα *Dinophysis* spp, ενώ αντίθετα οι περιοχές της Φθιώτιδας και Ημαθίας εμφανίζουν το φαινόμενο σε σημαντικά ασθενέστερο βαθμό (Πιν. 6.4). Τέλος στα μεμονωμένα σημεία δειγματοληψίας (Πιν. 6.4) το φαινόμενο βρέθηκε να είναι εντονότερο του αναμενόμενου σε σύγκριση με την αντίστοιχη μέση συγκέντρωση του *Dinophysis* spp, κατά φθίνουσα σειρά στα σημεία: Νέα Ηρακλείτσα, Αγγελοχώρι (Θ14), Νεράκι, Βαρικό και Μεθώνη Α, ενώ αντίθετα τα σημεία δειγματοληψίας με την ασθενέστερη ένταση εμφάνισης του φαινομένου ήταν, κατά αύξουσα σειρά, τα: Αγία Τριάδα, Ηπασ (Π48), Μώλος, Μεθώνη Β, Βάσοβα, Αθερίδα Κίτρος και ΗΑ.

Πίνακας 6.3. Ένταση του φαινομένου της τοξικότητας στα μύδια σε σύγκριση με τη μέση αφθονία σε κύτταρα *Dinophysis* spp κατ' έτος με τον έλεγχο χ^2 του Pearson (chi-square). Ως στατιστικά σημαντικές τιμές πιθανότητας σχετικά με την ένταση του φαινομένου λαμβάνονται οι τιμές που βρίσκονται εκτός του εύρους -2,0 έως +2,0.

Έτος	Πιθανότητα εμφάνισης τοξικότητας
2003	0,930
2004	7,742
2005	-7,524
2006	-5,380
2007	3,191
2008	0,889

Πίνακας 6.4. Ένταση του φαινομένου της τοξικότητας στα μύδια σε σύγκριση με τη μέση αφθονία σε κύτταρα *Dinophysis* spp κατά νομαρχία και κατά σημείο δειγματοληψίας με τον έλεγχο χ^2 του Pearson (chi-square). Ως στατιστικά σημαντικές τιμές πιθανότητας σχετικά με την ένταση του φαινομένου λαμβάνονται οι τιμές που βρίσκονται εκτός του εύρους -2,0 έως +2,0.

Νομαρχία	Πιθανότητα εμφάνισης τοξικότητας	Σημείο δειγματοληψίας	Πιθανότητα εμφάνισης τοξικότητας
Δυτική Αττική	2,8344	Δρέπανο	-0,0168
		Νεράκι	4,3178
Ημαθία	-2,2992	ΗΑ	-2,2224
		ΗΒ	1,1185
		Ηπασ.	-2,9104
Θεσσαλονίκη	3,4154	ΗΑ (Θ7)	-2,2224
		Θ11	*
		Θ14	5,0541
		Θ15	0,6003
		Θ3	*
		Θ3-4	*
		Θ4-5	0,5168
		Θ5	0,5368
		Θ6	0,9168
		Καραμπουρνάκι	*
Καβάλα	-0,2974	Αγίασμα	-1,3076
		Βάσοβα	-2,5212
		Κεραμωτή	-0,8582
		Νέα Ηρακλείτσα	5,6227
Περία	-0,3688	Αθερίδα Κίτρους	-2,2290
		Μακρύγιαλος Α	-1,7001
		Μακρύγιαλος Β	0,2960
		Μεθώνη Α	3,1744
		Μεθώνη Β	-2,7743
		Βαρικό	3,2360
Πρέβεζα	0,2093	Κορωνησία	1,3267
		Μάζωμα	-1,0043
		Σόγωνο	0,4221
Φθιώτιδα	-4,4157	Άγιος Ιωάννης	-1,7803
		Αγία Τριάδα	-2,9275
		Μώλος	-2,8940

* περιοχές στις οποίες αλιεύονται μόνο κυδώνια

6.1.7 Συσχέτιση των παραμέτρων που επιδρούν στην εμφάνιση των τοξικών επεισοδίων

Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων της μελέτης σχετικά με τους παράγοντες που επιδρούν στην εμφάνιση των τοξικών επεισοδίων με εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (principal component analysis, PCA) για τις παραμέτρους: 15ήμερο του έτους, διεύθυνση του ανέμου, θερμοκρασία, βροχόπτωση, λογάριθμος της αφθονίας του *Dinophysis* spp. (LOG DINOPHYSIS) και ένταση του ανέμου, και που αφορούν στο σύνολο των νομαρχιών, σημείων δειγματοληψίας και ετών, συνοψίζονται στους Πίνακες 1 και 2.

Από την ανάλυση της μήτρας συσχέτισης (Πιν. 1) για 6 κύριες συνιστώσες (ΚΣ), ισάριθμες δηλαδή με τις εξεταζόμενες παραμέτρους, και ακολουθώντας ως κριτήριο επιλογής των κυρίων συνιστωσών τον κανόνα του Kaiser, σύμφωνα με τον οποίο επιλέγονται προς εξέταση μόνο οι κύριες συνιστώσες με χαρακτηριστική ρίζα (eigenvalue) μεγαλύτερη ή ίση της μονάδας (eigenvalue-greater-than-one rule), είναι εμφανές ότι χρειάζεται να συμπεριληφθούν προς εξέταση μόνο οι τρεις πρώτες ΚΣ (PC1, PC2 και PC3). Οι PC1, PC2 και PC3 εξηγούν συνολικά ποσοστό 63,8% της διακύμανσης των δεδομένων.

Πίνακας 6.5. Ανάλυση της μήτρας συσχέτισης (Eigenanalysis of the correlation matrix)

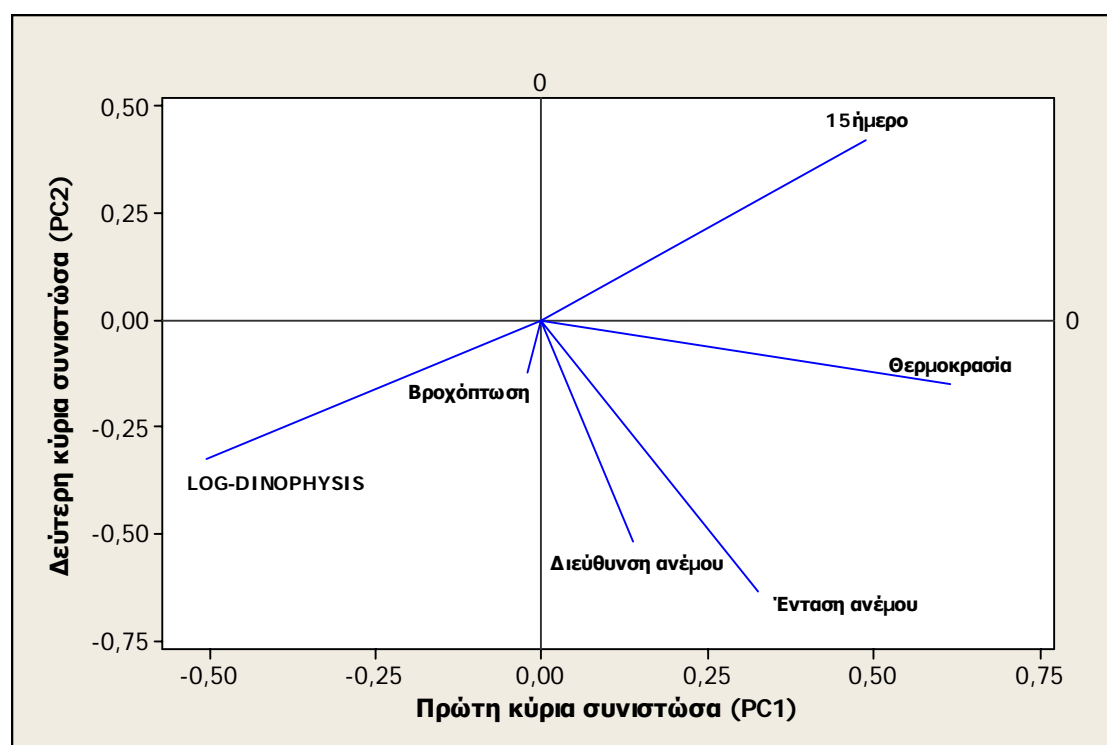
	Κύρια συνιστώσα (PC)					
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Χαρακτηριστική ρίζα (Eigenvalue)	1,5109	1,3084	1,0085	0,8901	0,7220	0,5601
Αναλογία εκφραζόμενης διακύμανσης	0,252	0,218	0,168	0,148	0,120	0,093
Συσσωρευτική αναλογία εκφραζόμενης διακύμανσης	0,252	0,470	0,638	0,786	0,907	1,000

Από τη μελέτη των αναλογιών της εκφραζόμενης διακύμανσης (Πιν. 6.5) και των παραγοντικών φορτίων (loading factors) των παραμέτρων για καθεμία από τις κύριες συνιστώσες (Πιν. 6.6), συμπεραίνεται ότι η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1) εξηγεί το 25,2% της διακύμανσης και σχετίζεται πιθανότατα με τον παράγοντα του χρόνου, εκφραζόμενου είτε ως χρονικού σημείου του έτους είτε με τη μορφή της εποχικότητας. Ένδειξη γι' αυτό αποτελούν οι τιμές των παραγοντικών φορτίων αφενός για τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους, που είναι στενά συνδεδεμένες με το χρόνο και την εποχικότητα, και αφετέρου για την αφθονία του *Dinophysis* spp. η οποία σχετίζεται επίσης έντονα με την εποχή του έτους και εμφανίζει περιοδικότητα. Οι τρεις αυτές παράμετροι, όπως ήταν αναμενόμενο, συσχετίζονται (Εικ. 6.25), με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους να εμφανίζουν ισχυρή

θετική συσχέτιση μεταξύ τους, ενώ και οι δύο παράμετροι παρουσιάζουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση με την αφθονία του *Dinophysis* spp.

Πίνακας 6.6. Παραγοντικά φορτία (loading factors) των αρχικών παραμέτρων (μεταβλητών) για καθεμία από τις εξεταζόμενες κύριες συνιστώσες.

Μεταβλητή	Κύρια συνιστώσα (PC)		
	PC1	PC2	PC3
15ήμερο	0,490	0,424	-0,147
Διεύθυνση ανέμου	0,138	-0,521	-0,206
Θερμοκρασία	0,617	-0,150	0,145
Βροχόπτωση	-0,020	-0,122	-0,936
LOG-DINOPHYSIS	-0,504	-0,324	0,117
Ένταση ανέμου	0,327	-0,638	0,156



Εικ. 6.25. Μήτρα συσχέτισης που εμφανίζει τα παραγοντικά φορτία (loading factors) των εξεταζόμενων παραμέτρων με τη μέθοδο ανάλυσης κυρίων συνιστωσών (παρουσιάζονται μόνο οι δύο πρώτες κύριες συνιστώσες)

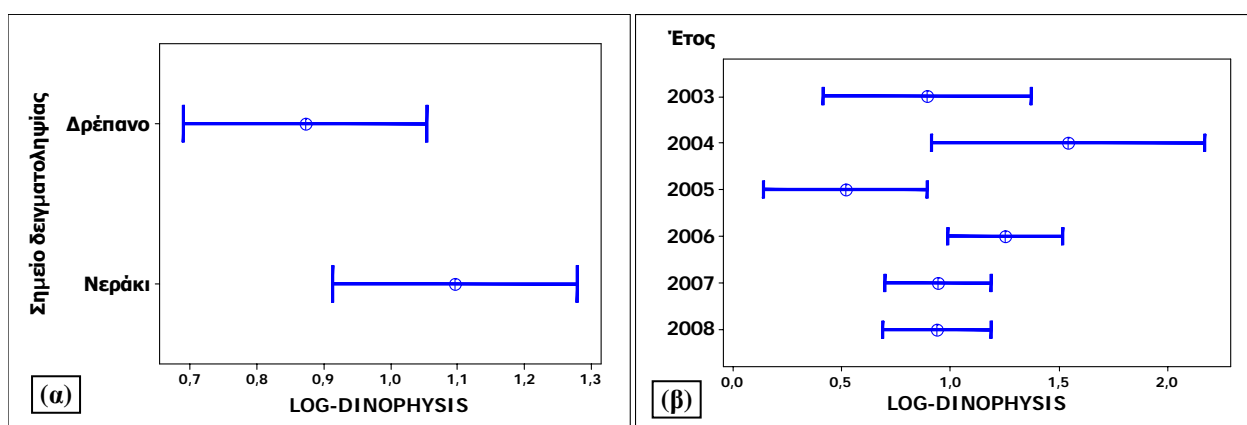
Η δεύτερη κύρια συνιστώσα (PC2) εξηγεί το 21,8% της διακύμανσης και φαίνεται να εκφράζει την επίδραση του ανέμου, με υψηλές τιμές παραγοντικών φορτίων τόσο για την ένταση όσο και για τη διεύθυνση του ανέμου (Πιν. 6.6). Και οι δύο αυτές παράμετροι εμφανίζουν επίσης ισχυρή θετική συσχέτιση (Εικ. 6.25), ενώ δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη συσχέτισή τους τόσο με το 15ήμερο του έτους όσο και με την αφθονία του *Dinophysis* spp. Τέλος, σε ότι αφορά την τρίτη κύρια συνιστώσα (PC3), αυτή συνεισφέρει στην εξήγηση του 16,8% της διακύμανσης των δεδομένων και είναι εμφανές ότι σχετίζεται ισχυρά (Πιν. 6.6) με την επίδραση των βροχοπτώσεων στην εκδήλωση των τοξικών επεισοδίων.

6.2 Ιδιαίτερες παρατηρήσεις κατά περιοχή ή/και σημείο δειγματοληψίας

6.2.1 Νομαρχία Δυτικής Αττικής

6.2.1.1 Αφθονία κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA ενός παράγοντα με διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου καθορισμένο στο επίπεδο του 95% καταδεικνύει ότι η μέση συγκέντρωση κυττάρων *Dinophysis* spp. ανά λίτρο κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης μεταξύ των δύο σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Δυτικής Αττικής, Δρέπανο και Νεράκι, δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$), παρότι η αφθονία στο δεύτερο εμφανίζεται συγκριτικά κάπως πιο αυξημένη (Εικ. 6.26α). Εφόσον οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. στα δύο αυτά σημεία κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα, λόγω του ότι παρουσιάζουν επικάλυψη των διαστημάτων εμπιστοσύνης τους, και λαμβάνοντας ως βάση την ύπαρξη κοινών κλιματολογικών δεδομένων, στη συνέχεια θα επιχειρηθεί να αντιμετωπιστούν ως μια ενιαία περιοχή, μελετώντας συγκεντρωτικά τις επιδράσεις των λοιπών παραμέτρων σε επίπεδο νομαρχίας. Εντούτοις, στην περίπτωση που οι επιδράσεις αυτές απεικονίζονται εμφανώς διαφορετικές στα αντίστοιχα διαγράμματα των δύο σημείων δειγματοληψίας, θα ακολουθήσει μεμονωμένος σχολιασμός του κάθε σημείου δειγματοληψίας.



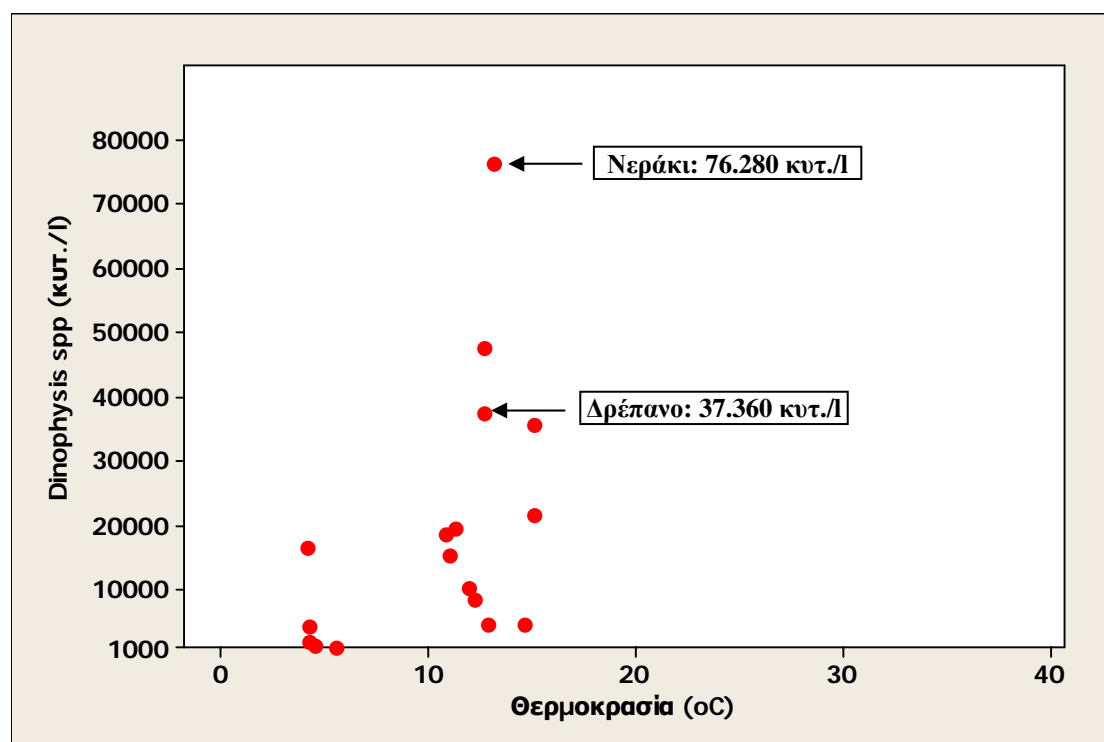
Εικόνα 6.26. Μέση αφθονία (λογαριθμημένη) των κύτταρων του γένους *Dinophysis* (α) κατά σημείο δειγματοληψίας και (β) κατ' έτος για τη νομαρχία της Δυτικής Αττικής (⊕ = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

Σε ότι αφορά την κατ' έτος μέση αφθονία των κύτταρων του γένους *Dinophysis*, όπως και στην περίπτωση των συνολικών δεδομένων της μελέτης, είναι και εδώ εμφανής η μέγιστη έξαρση του φαινομένου στο έτος 2004 (Εικ. 6.26β) κατά το οποίο σημειώνεται η μέγιστη αφθονία κύτταρων *Dinophysis*. Στην παρούσα νομαρχία όμως στατιστικά σημαντική διαφορά ($P \leq 0,05$) φαίνεται να υφίσταται μόνο μεταξύ των μέσων αφθονιών του *Dinophysis* spp. που αφορούν στα έτη 2004 και 2005.

6.2.1.2 Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Κατά τη χρονική περίοδο 2003–2008 στις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων σε σχέση με τις κλιματολογικές παραμέτρους που μελετήθηκαν καταγράφηκαν ως ακολούθως:

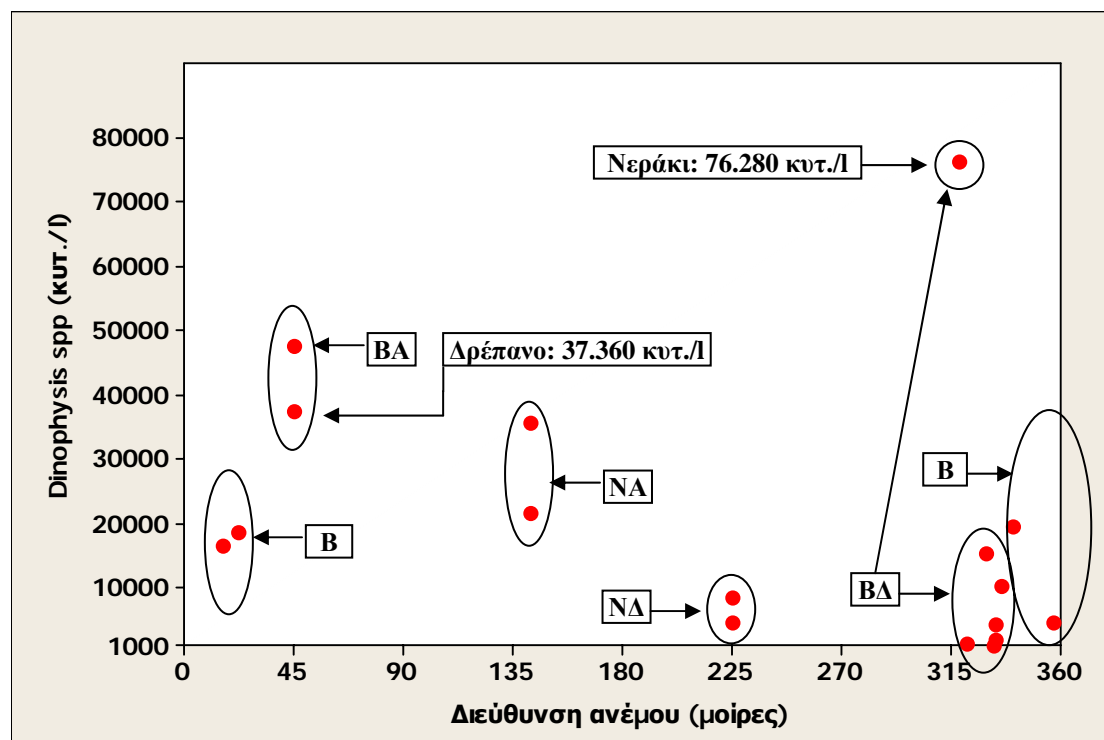
α) Θερμοκρασία: Κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l), εμφανίζονται αποκλειστικά στο θερμοκρασιακό εύρος μεταξύ 4–15°C. Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. που σημειώθηκαν στα επιμέρους σημεία δειγματοληψίας αριθμούσαν στα 37.360 και 76.280 κυτ./l για τα σημεία δειγματοληψίας Δρέπανο και Νεράκι, αντίστοιχα, ενώ και τα δύο αυτά μέγιστα συμπίπτουν με θερμοκρασία περιβάλλοντος στους 13°C (Εικ. 6.27)



Εικόνα 6.27. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής.

β) Διεύθυνση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) καταγράφηκαν κατά πλειοψηφία σε χρονικές στιγμές που έπνεαν Βορειοανατολικοί (ΒΑ), Βόρειοι (Β) και Βορειοδυτικοί (ΒΔ) άνεμοι, ενώ σε μικρότερο βαθμό συνδυάστηκαν με Νοτιοανατολικούς (ΝΑ) και Νοτιοδυτικούς (ΝΔ) ανέμους (Εικ. 6.28). Στο σημείο δειγματοληψίας Δρέπανο, η μέγιστη αφθονία του *Dinophysis* spp. (37.360 κυτ./l)

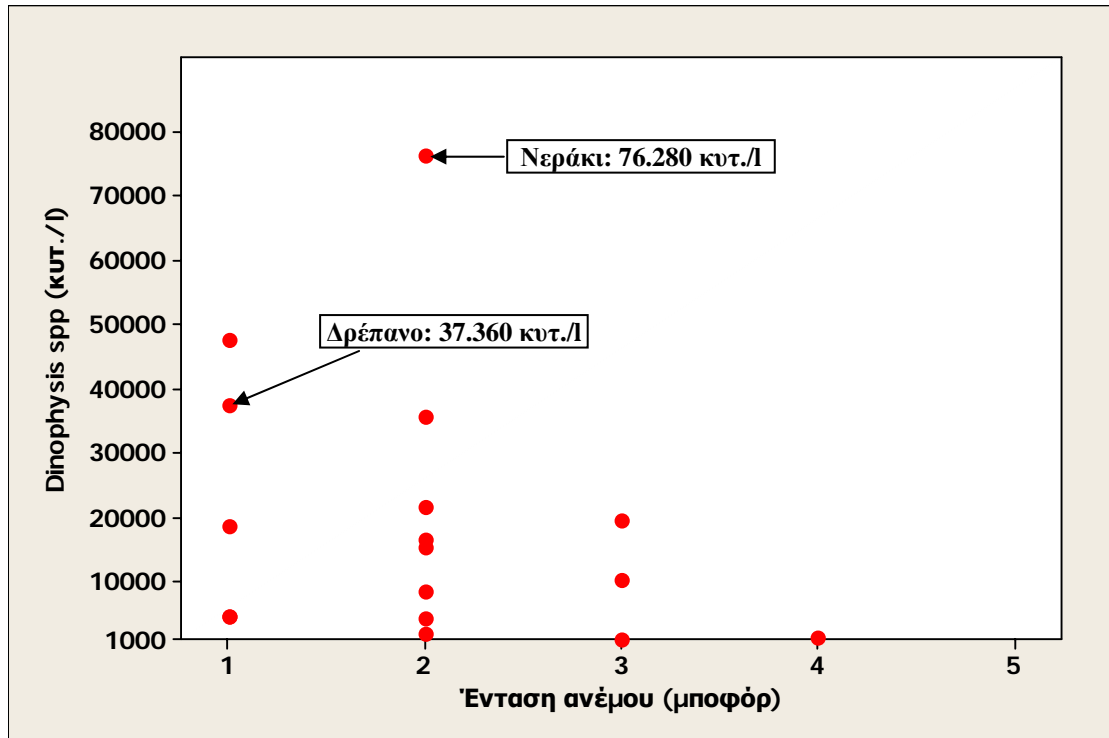
παρατηρήθηκε όταν η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου ήταν ΒΑ, ενώ για το σημείο δειγματοληψίας Νεράκι η μέγιστη αφθονία του *Dinophysis* spp. (76.280 κυτ./l) συνέπεσε με ΒΔ διεύθυνση ανέμου.



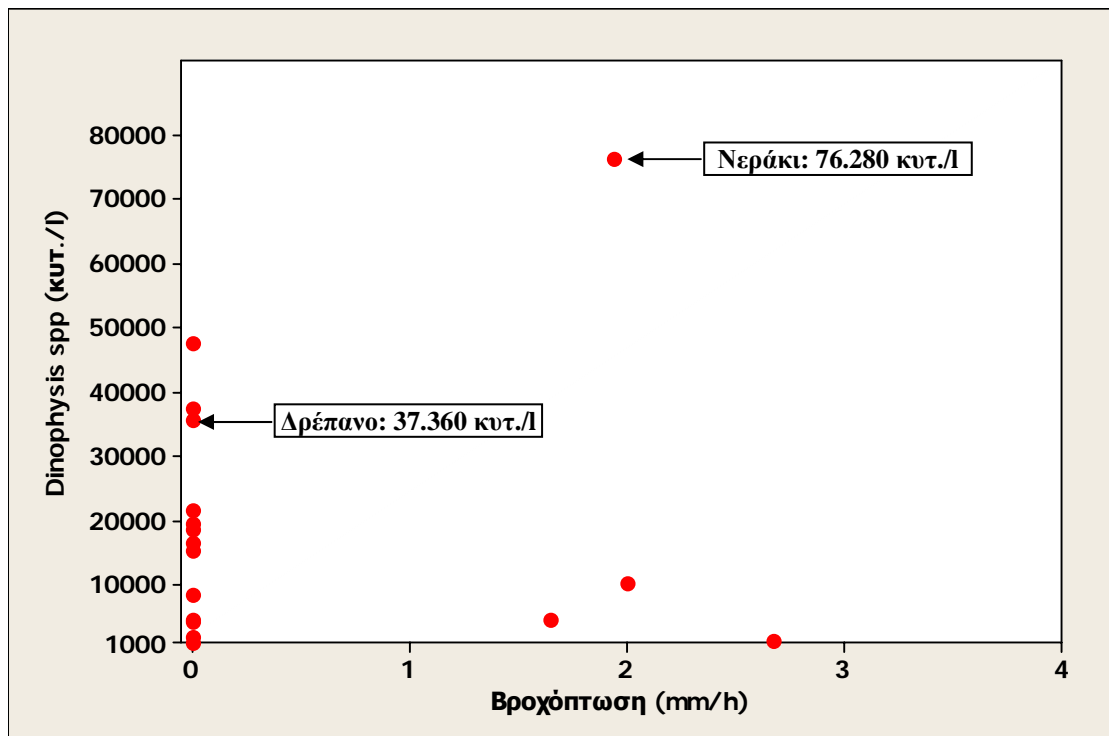
Εικόνα 6.28. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη διεύθυνση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής.

γ) Ένταση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. ανώτερες των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) διαπιστώθηκε ότι καταγράφονταν αποκλειστικά όταν έπνεαν πολύ ασθενείς (1-2 μποφόρ) έως σχεδόν μέτριοι (3-4 μποφόρ) σε ένταση άνεμοι (Εικ. 6.29). Στο σημείο δειγματοληψίας Δρέπανο, η μέγιστη αφθονία του *Dinophysis* spp. (37.360 κυτ./l) παρατηρήθηκε ταυτόχρονα με ένταση ανέμου 1 μποφόρ (σχεδόν άπνοια), ενώ στο σημείο δειγματοληψίας Νεράκι η μέγιστη αφθονία του *Dinophysis* spp. (76.280 κυτ./l) σημειώθηκε με ένταση ανέμου των 2 μποφόρ (πολύ ασθενής). Είναι αξιοσημείωτο επίσης ότι οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. εμφανίζουν μια σχετική πτωτική τάση με την αύξηση της έντασης του ανέμου (Εικ. 6.29).

δ) Βροχόπτωση: Οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) συνέπιπταν κυρίως με πλήρη ανομβρία ή σε μικρότερο βαθμό, με μέτρια βροχόπτωση (Εικ. 6.30). Στο σημείο δειγματοληψίας Δρέπανο, η μέγιστη αφθονία του *Dinophysis* spp. (37.360 κυτ./l) σημειώθηκε ταυτόχρονα με ανομβρία, ενώ στο σημείο δειγματοληψίας Νεράκι η μέγιστη αφθονία του *Dinophysis* spp. (76.280 κυτ./l) συνέπεσε με μέτρια βροχόπτωση.



Εικόνα 6.29. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με την ένταση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής.



Εικόνα 6.30. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με το ύψος βροχόπτωσης στις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής.

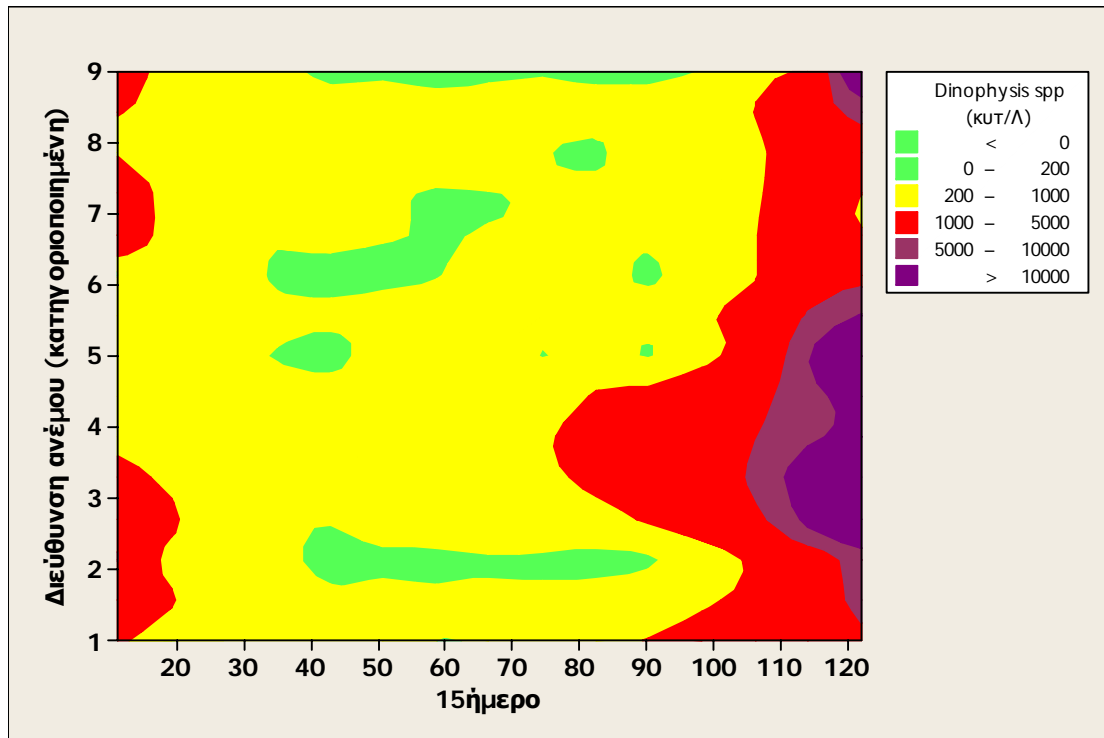
6.2.1.3 Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Στη νομαρχία Δυτικής Αττικής, κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης (2003-2008), παρατηρήθηκε η ιδιαιτερότητα να εμφανίζονται εξαιρετικά υψηλές αφθονίες του *Dinophysis* spp., οι οποίες, μαζί με αυτές της νομαρχίας Θεσσαλονίκης, ήταν και οι υψηλότερες μεταξύ όλων των υπολοίπων νομαρχιών που συμπεριλήφθηκαν. Το γεγονός αυτό ορισμένες φορές δυσχεραίνει την ερμηνεία των αλληλεπιδράσεων των επιμέρους παραμέτρων λόγω των ακραίων τιμών που παρατηρούνται.

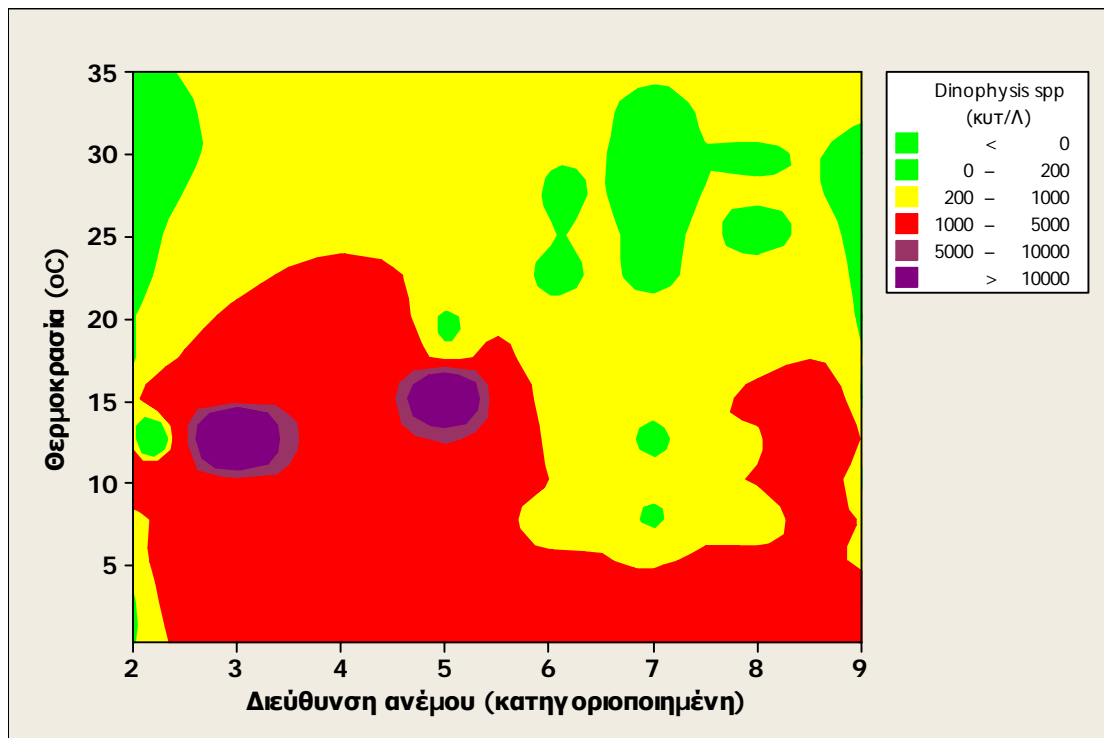
α) Διεύθυνση ανέμου και χρονική περίοδος του έτους: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l στη νομαρχία Δυτ. Αττικής καταγράφηκαν μεταξύ Οκτωβρίου και Φεβρουαρίου, με μέγιστες τιμές (>5.000 κυτ./l) το Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Στις χρονικές αυτές περιόδους, οι μέγιστες αφθονίες συνέπεσαν γενικά με βόρειες (ΒΔ, Β, ΒΑ) και νότιες (ΝΑ) διευθύνσεις ανέμων (Εικ. 6.31). Μια περιορισμένης έκτασης απόκλιση εμφανίζεται στο 2^ο δεκαπενθήμερο του Δεκεμβρίου, κατά την οποία οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. μειώνονται κάτω από τα 1.000 κυτ./l με την επικράτηση ΝΔ ανέμων. Κατά τη μετάβαση στο μήνα Ιανουάριο, τέλος, και μέχρι τα μέσα Φεβρουαρίου, παρατηρείται μια μείωση της αφθονίας του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα κατώτερα των 1.000 κυτ./l σε περίπτωση παρουσίας Α, Ν, ΝΑ και Δ ανέμων.

β) Διεύθυνση ανέμου και θερμοκρασία: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l στη νομαρχία Δυτ. Αττικής καταγράφηκαν γενικά σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 25°C. Οι μέγιστες τιμές (>5.000 κυτ./l) εντοπίζονται αποκλειστικά στο θερμοκρασιακό εύρος μεταξύ 9-16 °C, συμπίπτοντας με ΒΑ και ΝΑ ανέμους, ενώ οι χαμηλότερες τιμές του *Dinophysis* spp. τείνουν να εμφανίζονται σε υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με ΝΔ ανέμους (Εικ. 6.32).

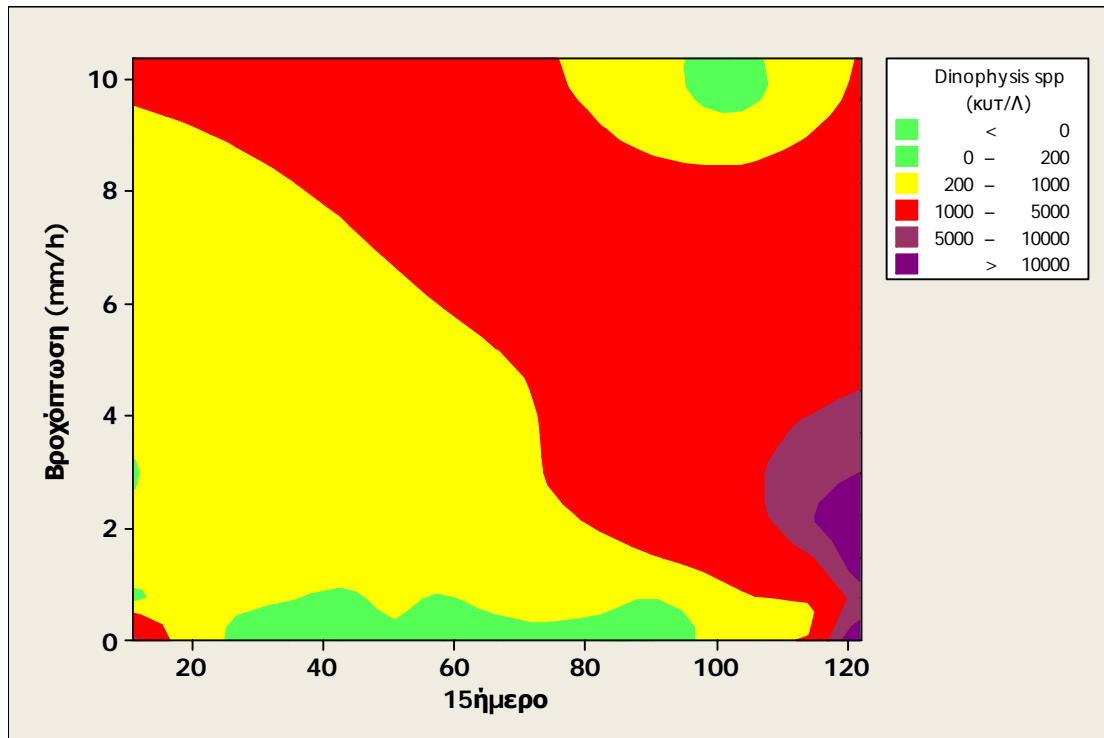
γ) Βροχόπτωση και χρονική περίοδος του έτους: Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./l) στη νομαρχία Δυτ. Αττικής σημειώθηκαν τους χειμερινούς μήνες (μέσα Νοεμβρίου έως μέσα Ιανουαρίου) σε συνδυασμό με βροχοπτώσεις που κυμαίνονταν από μέτριες έως και πλήρη ανομβρία, με μια τάση να παρατηρούνται υψηλότερες τιμές αφθονιών όσο μειώνεται η βροχόπτωση (Εικ. 6.33).



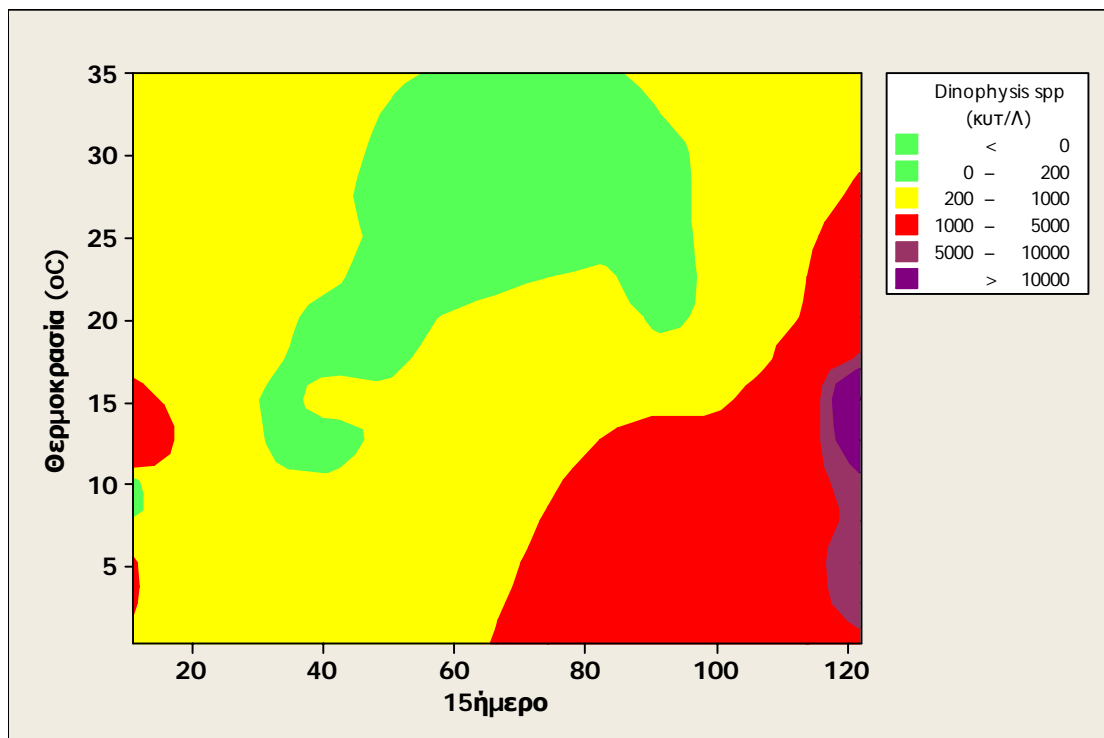
Εικόνα 6.31. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής.



Εικόνα 6.32. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής.



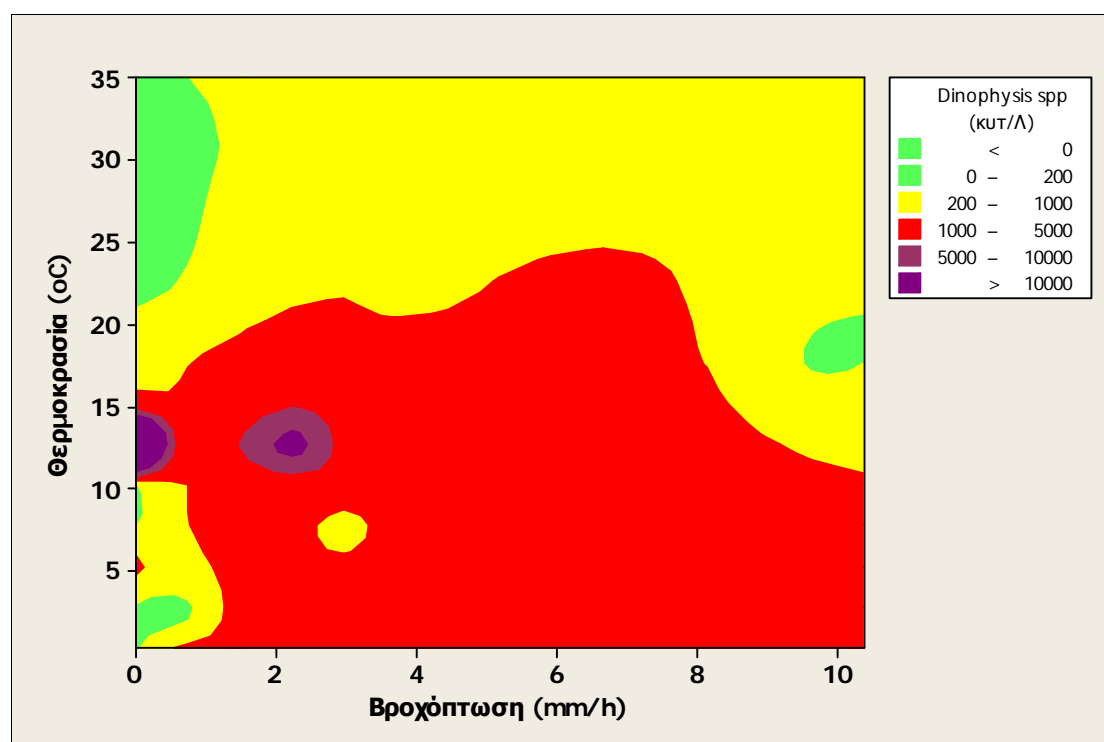
Εικόνα 6.33. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και το 15ήμερο του έτους για τις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής.



Εικόνα 6.34. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους για τις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής.

δ) **Θερμοκρασία και χρονική περίοδος του έτους:** Μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./l) στη νομαρχία Δυτ. Αττικής παρατηρούνται ιδιαίτερα

τους χειμερινούς μήνες (μέσα Νοεμβρίου έως μέσα Ιανουαρίου) σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 18°C, με μια τάση να παρατηρούνται υψηλότερες τιμές αφθονιών στο θερμοκρασιακό εύρος από 10-16°C (Εικ. 6.34).



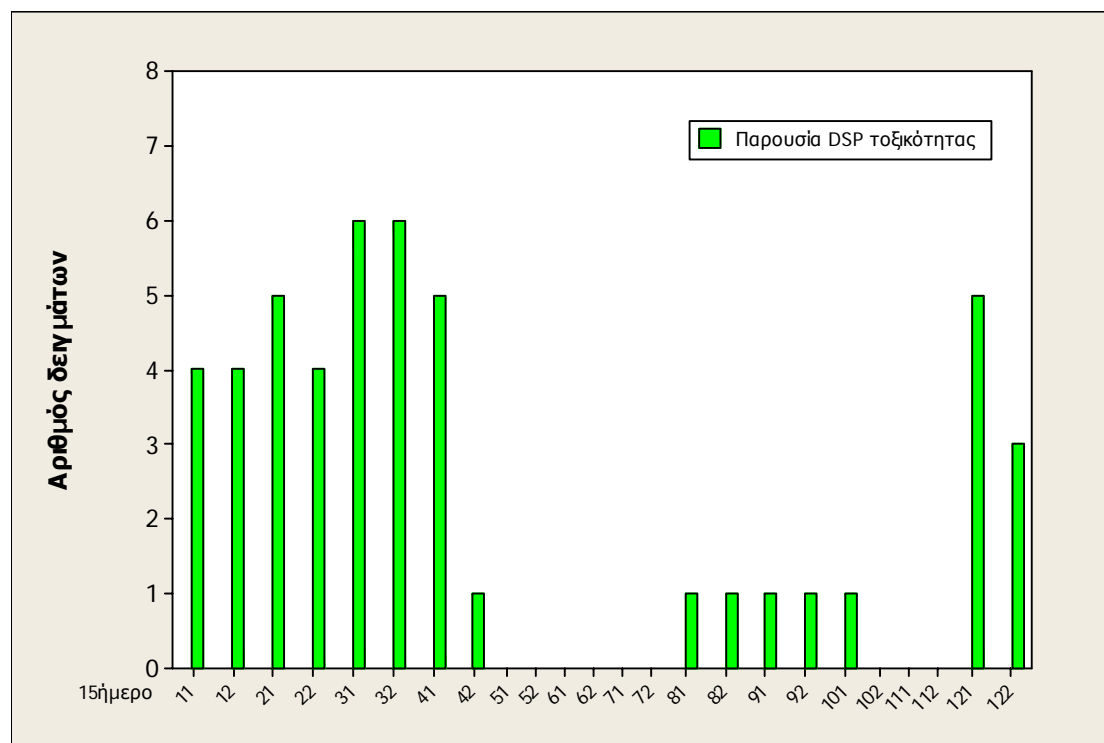
Εικόνα 6.35. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης για τις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής.

ε) Θερμοκρασία και βροχόπτωση: Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./l) στη νομαρχία Δυτ. Αττικής καταγράφηκαν σε θερμοκρασίες μεταξύ 10-16°C σε συνδυασμό με ανομβρία έως και μέτρια βροχόπτωση (Εικ. 6.35).

6.2.1.4 Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια

Η κύρια περίοδος κατά την οποία παρατηρείται DSP τοξικότητα στα μύδια των ζωνών παραγωγής της Δυτικής Αττικής αρχίζει από τις αρχές Δεκεμβρίου έως το τέλος Απριλίου του επομένου έτους. Μια μικρότερης διάρκειας περίοδος DSP τοξικότητας παρατηρείται επίσης από τις αρχές Αυγούστου έως και τα μέσα Οκτωβρίου (Εικ. 6.36). Η κύρια περίοδος της DSP τοξικότητας ακολουθεί με κάποια χρονική υστέρηση την πρώτη εμφάνιση των υψηλών αφθονιών του *Dinophysis* spp., η οποία εντοπίζεται περί τις αρχές του Νοεμβρίου, ενώ η αποδρομή της τοξικότητας υστερεί επίσης χρονικά σε σχέση με τη μείωση των αφθονιών του *Dinophysis* σε χαμηλά επίπεδα (βλ. §6.2.1.5). Σε ότι αφορά τη δεύτερη περίοδο της DSP τοξικότητας, αυτή δε φαίνεται να σχετίζεται με τα επίπεδα της αφθονίας του

Dinophysis spp., αλλά προφανώς οφείλεται στην παρουσία, σε μεγάλες αφθονίες, βενθικών ειδών μικροφυκών που παράγουν επίσης DSP τοξίνες, όπως το *Prorocentrum* spp. το οποίο εμφανίζεται συχνά στα ελληνικά ύδατα τους θερινούς κυρίως μήνες.

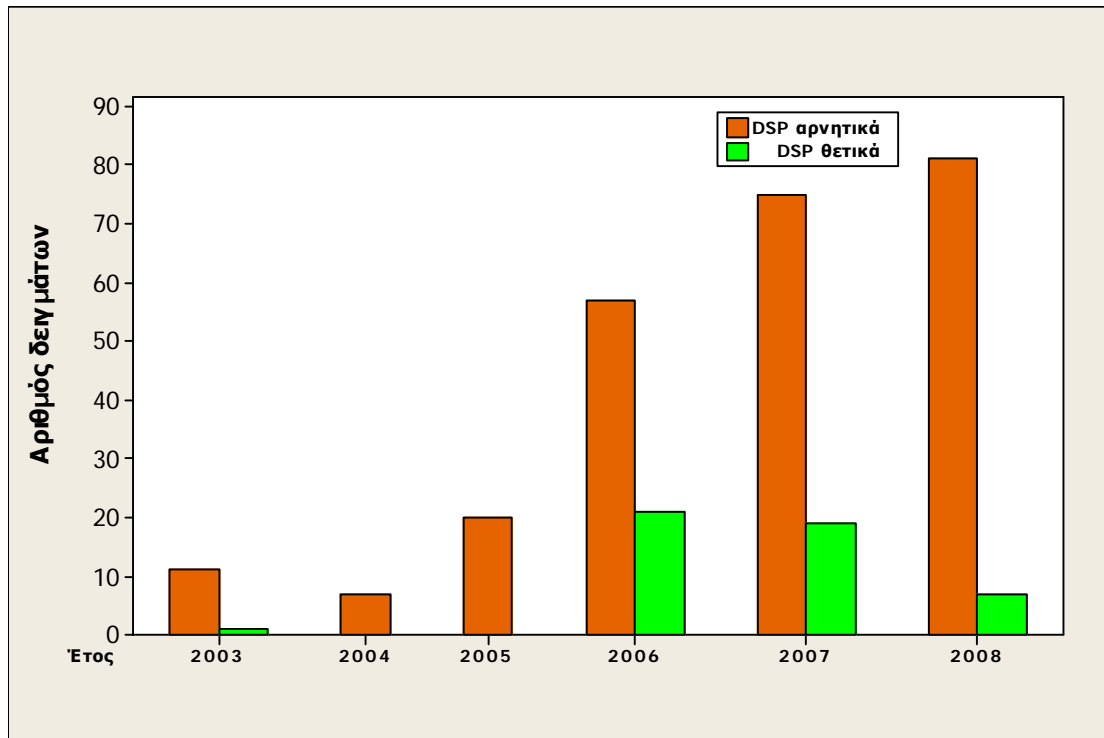


Εικόνα 6.36. Διασπορά των DSP θετικών δειγμάτων κατά τη διάρκεια του έτους στις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης.

6.2.1.5 Χρονικές περιόδους με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008

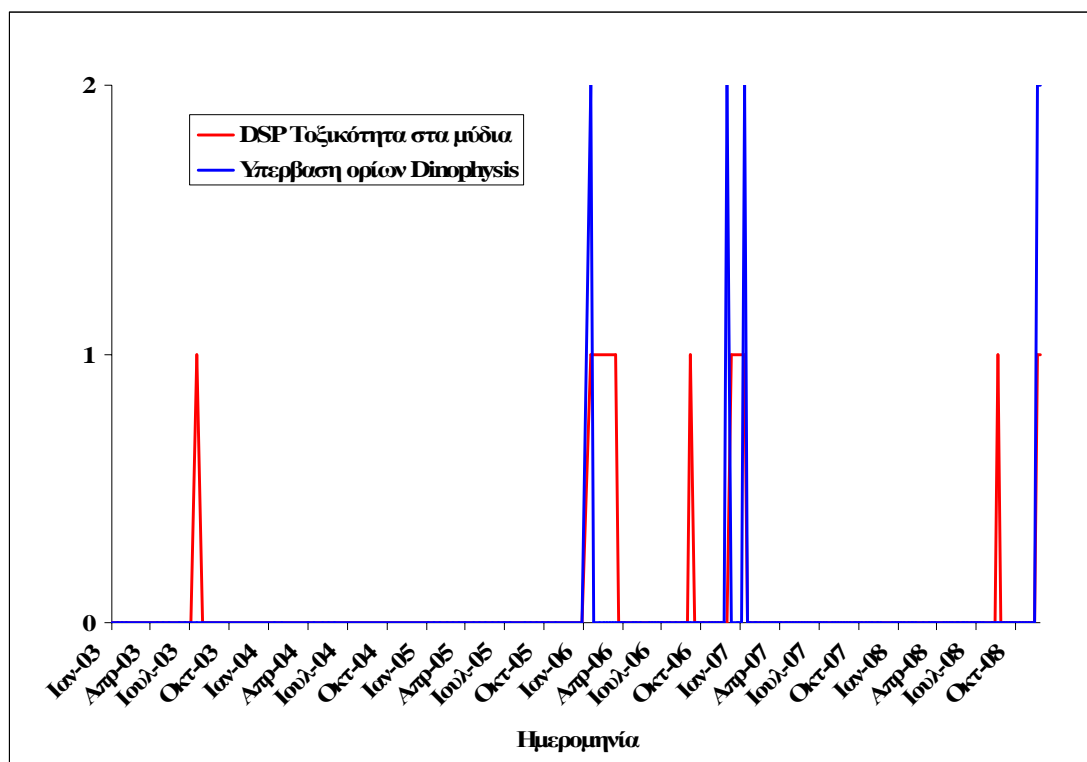
Τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν στις ζώνες παραγωγής της Δυτικής Αττικής μεταξύ των ετών 2003-2008 και τα οποία συνοδεύτηκαν από αντίστοιχη παρουσία τοξικότητας στα μύδια εντοπίζονται χρονικά στα έτη 2003, 2006, 2007 και 2008 (Εικ. 6.37).

Οι χρονικές περιόδους σε συνδυασμό με την αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων για το χρονικό διάστημα που ενδιαφέρει την παρούσα μελέτη για τα επιμέρους σημεία δειγματοληψίας (Δρέπανο και Νεράκι) απεικονίζονται γραφικά στις Εικ. 6.38 και 6.39, αντίστοιχα. Οι ακριβείς περιόδους κατ' έτος στις οποίες ίσχυσαν υγειονομικά μέτρα, καθώς και στοιχεία για τη μέση διάρκειά τους για τα ανωτέρω σημεία παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.6 και 6.7, αντίστοιχα.



Εικόνα 6.37. Χρονική κατανομή κατ' έτος των DSP αρνητικών και θετικών δειγμάτων μυδιών στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Δυτικής Αττικής στα έτη 2003-2008.

Συγκεκριμένα, στο σημείο δειγματοληψίας Δρέπανο, DSP τοξικά επεισόδια καταγράφηκαν στα έτη 2003, 2006, 2007 και 2008 (Εικ. 6.38 και Πίν. 6.6). Σε όλες τις περιπτώσεις DSP τοξικών επεισοδίων που εμφανίζονταν σε χειμερινούς – εαρινούς μήνες (Δεκέμβριο – Απρίλιο), η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια ακολουθούσε ή συνέπιπτε χρονικά με λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*. Τα υγειονομικά μέτρα στα επεισόδια αυτά διαρκούσαν για σχετικά μεγάλες περιόδους, με τη μέση διάρκειά τους να υπερβαίνει τους δύο μήνες. Αντίθετα, στην περίπτωση των DSP τοξικών επεισοδίων που εμφανίζονταν σε θερινούς – φθινοπωρινούς μήνες (Αύγουστο – Οκτώβριο), η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια δε συνοδευόταν από παρουσία αφθονιών του γένους *Dinophysis*, σε επίπεδα που να οδηγούν στη λήψη υγειονομικών μέτρων, ενώ η μέση διάρκειά τους ήταν πολύ βραχύτερη.



Εικόνα 6.38. Χρονικές περίοδοι και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Δρέπανο της νομαρχίας Δυτικής Αττικής.

Πίνακας 6.6. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Δρέπανο.

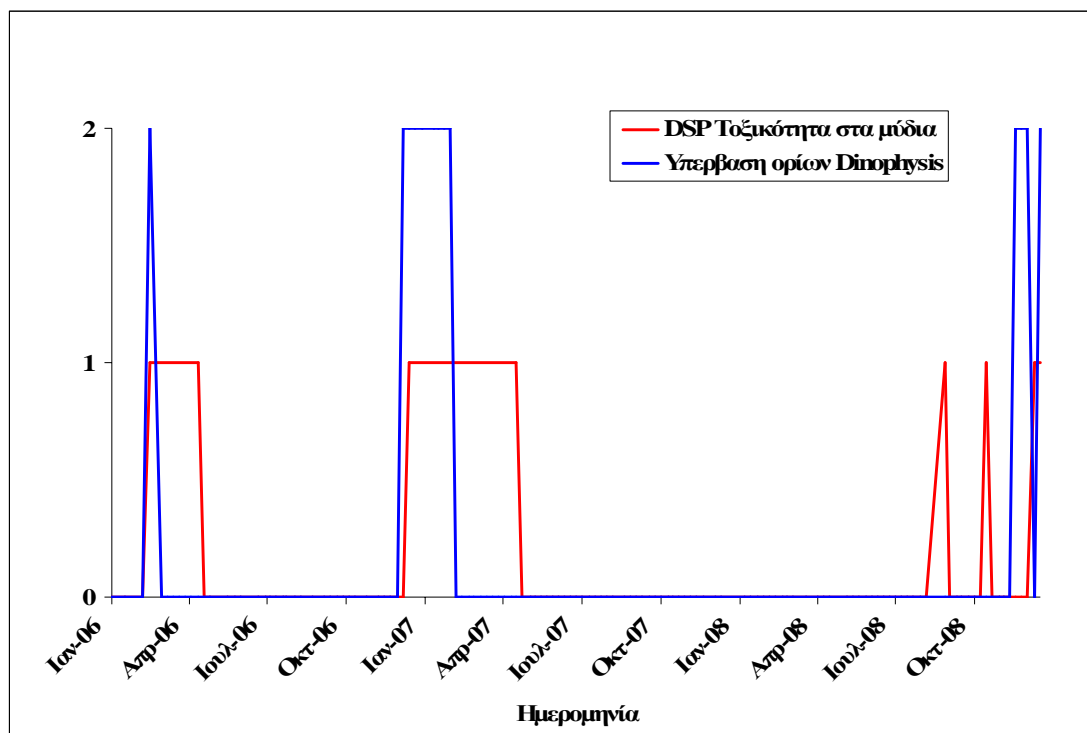
Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	---	---	---	14	81	82
2004	---	---	---	---	---	---
2005	---	---	---	---	---	---
2006	64	21	41	7	92	101
2007	48	122 π.ε. ¹	21	---	---	---
2008	---	---	---	6	91	92
2009	99	121 π.ε.	32	---	---	---
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο
	70 ± 26,1	121 π.ε.	41	9 ± 4,4	81	101

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

Σε ότι αφορά στο σημείο δειγματοληψίας Νεράκι, τα καταγεγραμμένα DSP τοξικά επεισόδια αφορούν μόνο στα έτη 2006, 2007 και 2008 (Εικ. 6.39 και Πίν. 6.7), δεδομένου του γεγονότος ότι η εξέταση δειγμάτων μυδιών για την περιοχή αυτή ξεκίνησε στις αρχές του 2006. Και σ' αυτήν την περίπτωση, ίσχυσαν οι ίδιες ακριβώς τάσεις σε σχέση με τη χρονική εντόπιση των τοξικών επεισοδίων, όσον αφορά στην ταυτόχρονη ή μη παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια και υπέρβαση των

αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*. Σε ότι αφορά όμως στη διάρκεια ισχύος των υγειονομικών μέτρων, αυτή ήταν πιο μακροχρόνια στα χειμερινά–εαρινά τοξικά επεισόδια, με μέση διάρκεια που υπερέβαινε τους τρεισήμισι μήνες, ενώ στην περίπτωση των θερινών–φθινοπωρινών τοξικών επεισοδίων κυμαινόταν στα ίδια περίπου πλαίσια.



Εικόνα 6.39. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήξης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2006-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Νεράκι της νομαρχίας Δυτικής Αττικής.

Πίνακας 6.7. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Νεράκι.

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2006	63	21	42	---	---	---
2007	139	121 π.ε. ¹	42	---	---	---
2008	---	---	---	6	82	91
				7	101	102
2009	129	112 π.ε.	32	---	---	---
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο
	110 ± 41,3	112 π.ε.	42	7 ± 0,7	82	102

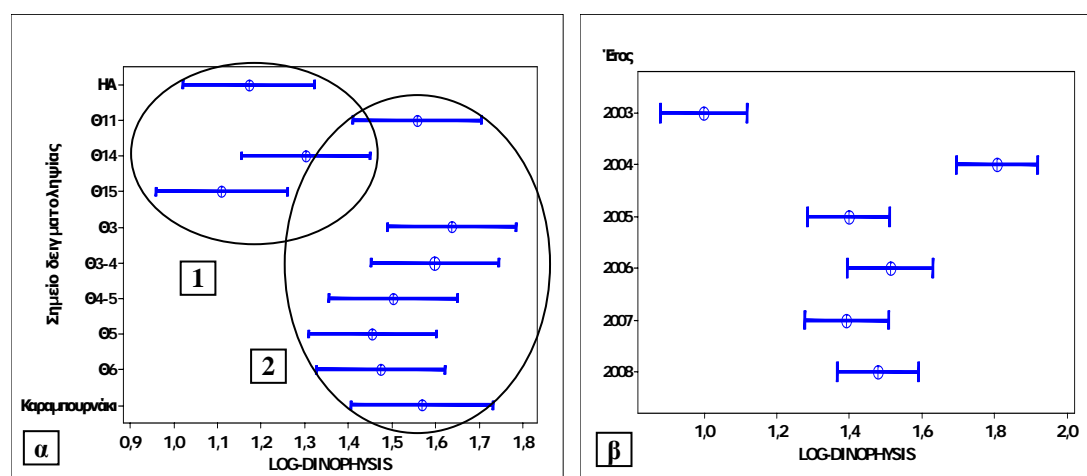
¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

6.2.2 Νομαρχία Θεσσαλονίκης

6.2.2.1 Αφθονία κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA ενός παράγοντα με διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου καθορισμένο στο επίπεδο του 95% που αφορά στη μέση συγκέντρωση κυττάρων *Dinophysis* spp. ανά λίτρο κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης καταδεικνύει ότι μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης υφίσταται μια διακριτή ομαδοποίηση. Η πρώτη ομάδα αφορά στα σημεία ΗΑ, Θ14 και Θ15, τα οποία εντοπίζονται στα όρια του κόλπου της Θεσσαλονίκης (Θ14) και στον κεντρικό Θερμαϊκό κόλπο (ΗΑ και Θ15), ενώ η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τα σημεία Θ3, Θ3-4, Θ4-5, Θ5, Θ6 και Καραμπουρνάκι, τα οποία εντοπίζονται όλα εντός του κόλπου της Θεσσαλονίκης. Οι μέσες συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P \leq 0,05$) μεταξύ των σημείων της δεύτερης ομάδας και των σημείων ΗΑ και Θ15. Το σημείο Θ14 θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ο «συνδετικός κρίκος» μεταξύ των δύο ομάδων, διότι η μέση αφθονία του *Dinophysis* spp. σ' αυτό αν και αριθμητικά πλησιάζει περισσότερο προς αυτές της πρώτης ομάδας και για το λόγο αυτό κατατάσσεται σ' αυτή, εντούτοις δε διαφέρει στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) από τις αντίστοιχες αφθονίες της δεύτερης ομάδας (Εικ. 6.40α).



Εικόνα 6.40. Μέση αφθονία (λογαριθμημένη) των κύτταρων του γένους *Dinophysis* (α) κατά σημείο δειγματοληψίας μετά από ομαδοποίηση (1 & 2) και (β) κατ' έτος για τη νομαρχία της Θεσσαλονίκης (⊕ = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

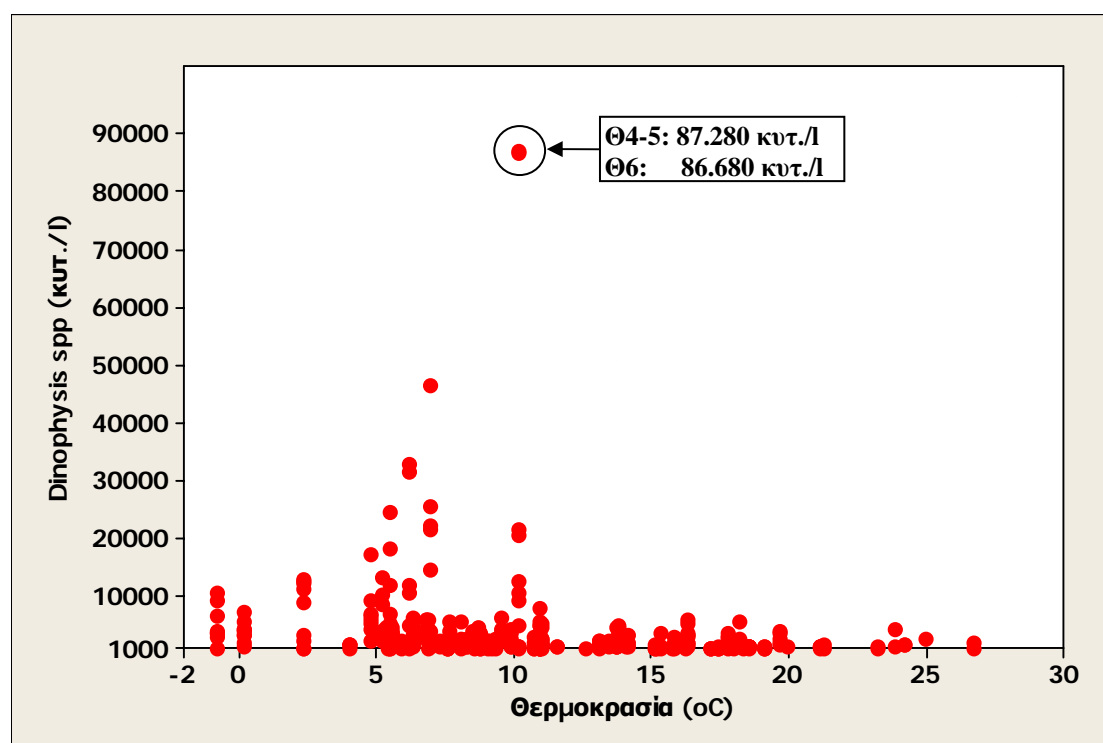
Σε ότι αφορά τις μέσες αφθονίες των κύτταρων του γένους *Dinophysis* κατά τη χρονική περίοδο 2003-2008, διαπιστώθηκε ότι αυτές των ετών 2003 και 2004 διέφεραν στατιστικά σημαντικά ($P \leq 0,05$) από τις αντίστοιχες των υπολοίπων ετών (2005-2008). Στο έτος 2003 εμφανίζεται η χαμηλότερη μέση συγκέντρωση κύτταρων *Dinophysis* spp. ανά λίτρο, η μέγιστη παρατηρείται στο έτος 2004, ενώ δε φαίνεται να

υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά ($P>0,05$) μεταξύ των μέσων συγκεντρώσεων των ετών 2005-2008 (Εικ. 6.40β).

6.2.2.2 Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Κατά τη χρονική περίοδο 2003–2008 στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης, οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων, σε σχέση με τις κλιματολογικές παραμέτρους που μελετήθηκαν, κατανέμονταν ως ακολούθως:

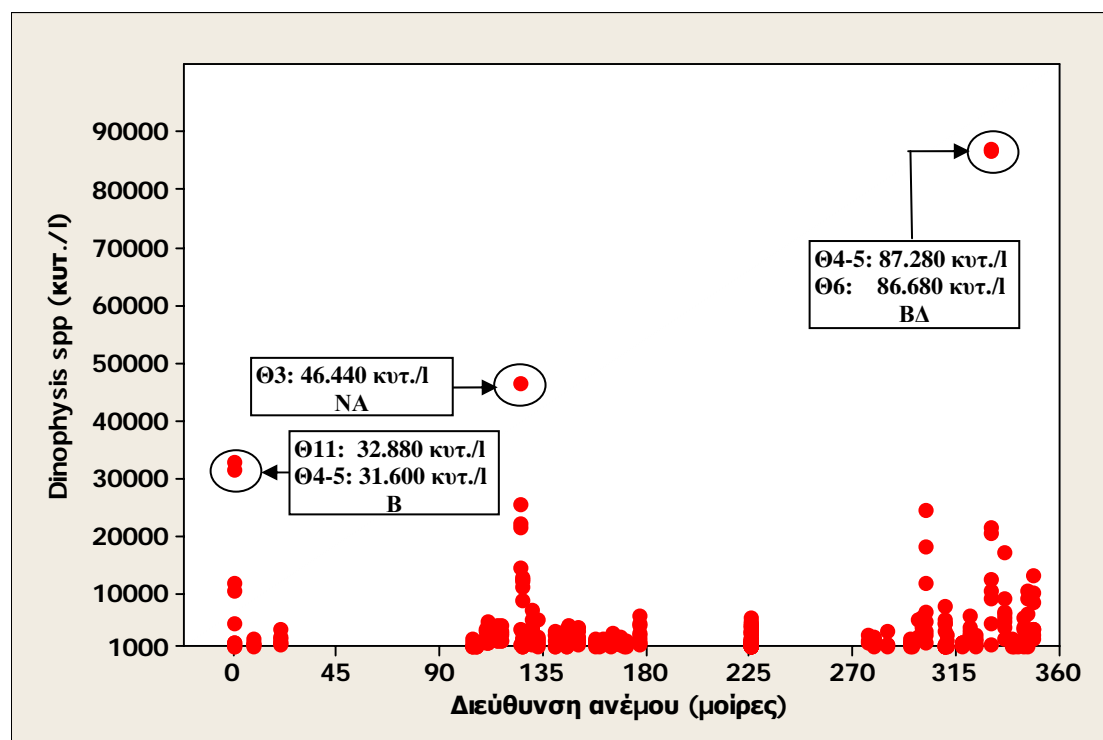
α) Θερμοκρασία: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σημειώθηκαν με μεγαλύτερη συχνότητα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος στο εύρος μεταξύ 5-12°C, με ακραίες τιμές τους -1°C και τους 27°C. Οι δύο μέγιστες αφθονίες στα έτη της μελέτης καταγράφηκαν στα σημεία Θ4-5 και Θ6 (87.280 κυτ./l και 86.680 κυτ./l, αντίστοιχα) με θερμοκρασία 10°C (Εικ. 6.41).



Εικόνα 6.41. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

β) Διεύθυνση ανέμου: Οι υπερβάσεις των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) των αφθονιών του *Dinophysis* spp. καταγράφηκαν με την πλειονότητα των επικρατουσών διευθύνσεων των ανέμων εκτός από το ΒΑ (Εικ. 6.42). Οι δύο υψηλότερες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (Θ4-5: 87.280 κυτ./l και Θ6: 86.680 κυτ./l) παρατηρήθηκαν όταν η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου ήταν ΒΔ, ενώ στις

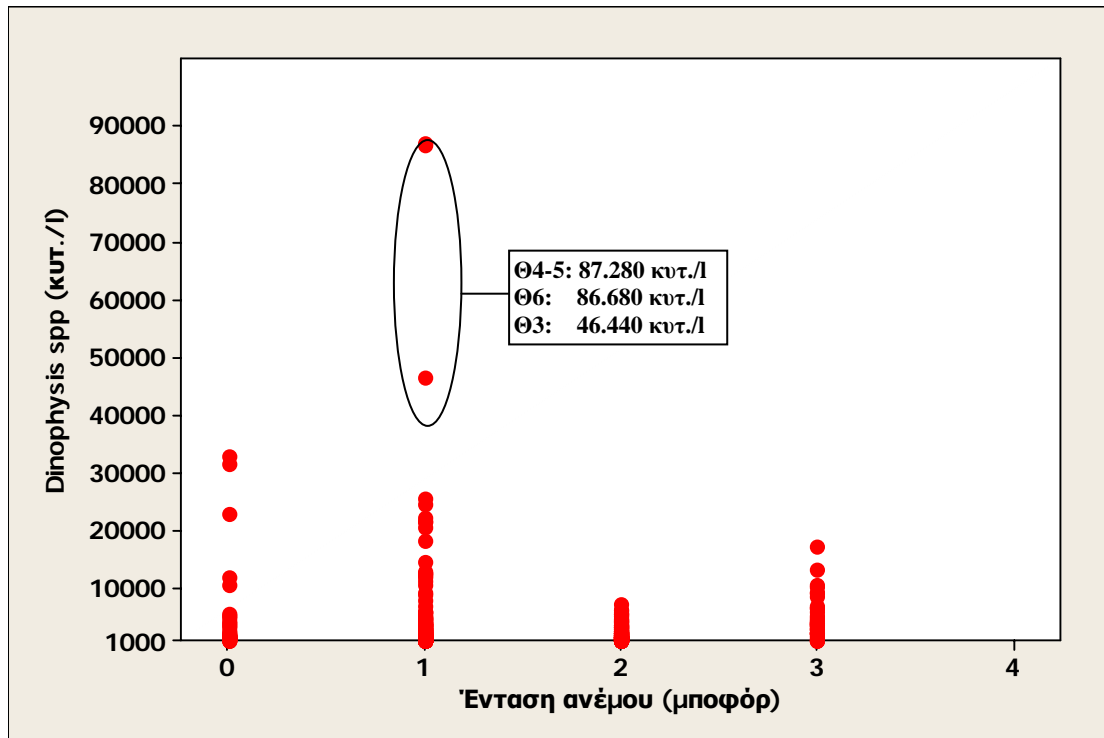
επόμενες στη σειρά υψηλότερες αφθονίες οι διευθύνσεις ανέμων που επικρατούσαν ήταν ΝΑ και Β.



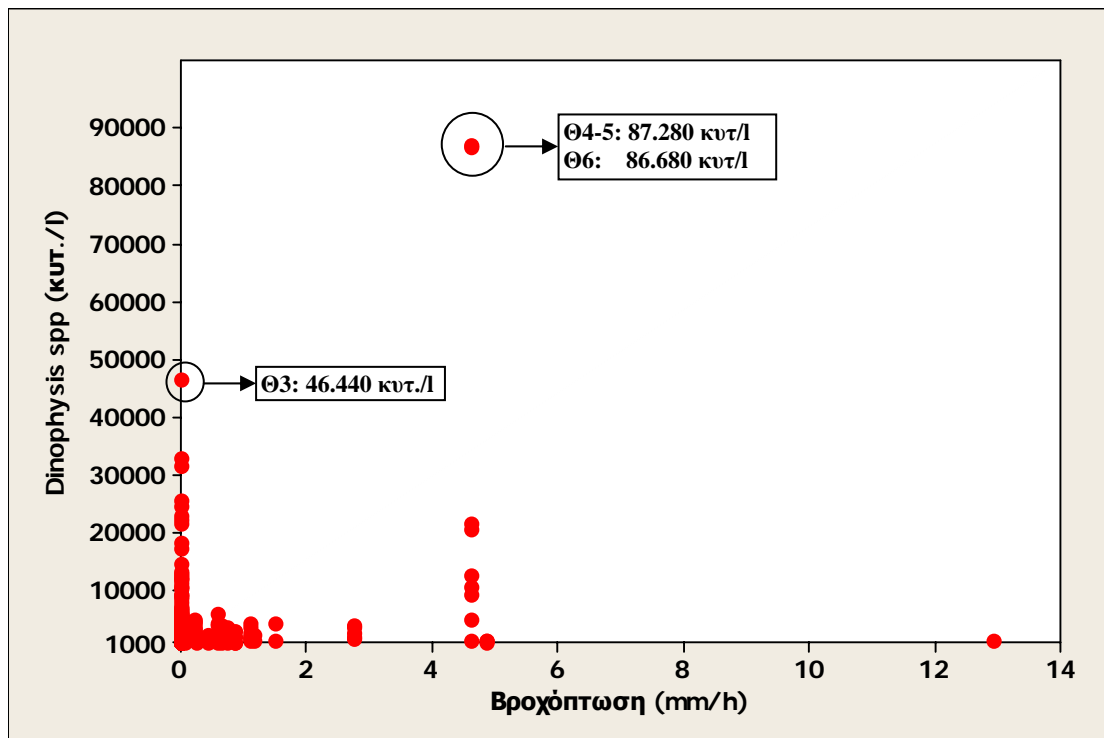
Εικόνα 6.42. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κτυ./l) σε αντιστοιχία με την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

γ) **Ένταση ανέμου:** Αφθονίες του *Dinophysis* spp. ανώτερες των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κτυ./l) διαπιστώθηκε ότι καταγράφονταν αποκλειστικά όταν υπήρχε άπνοια ή έπνεαν από πολύ ασθενείς (1-2 μποφόρ) έως ασθενείς (3 μποφόρ) σε ένταση άνεμοι (Εικ. 6.43). Και οι τρεις υψηλότερες αφθονίες του *Dinophysis* spp. που καταγράφηκαν στα σημεία δειγματοληψίας Θ4-5, Θ6 και Θ3 (87.280 κτυ./l, 86.680 κτυ./l και 46.440 κτυ./l, αντίστοιχα), σημειώθηκαν όταν έπνεαν άνεμοι έντασης 1 μποφόρ. Διαπιστώνεται επίσης μια περιορισμένης έκτασης πτωτική τάση των αφθονιών του *Dinophysis* spp. με την αύξηση της έντασης του ανέμου.

δ) **Βροχόπτωση:** Οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κτυ./l) παρατηρήθηκαν κυρίως με ανομβρία ή, σε μικρότερο βαθμό, με μέτρια ή έντονη βροχόπτωση (Εικ. 6.44). Οι δύο μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. που καταγράφηκαν στα σημεία δειγματοληψίας Θ4-5 και Θ6 (87.280 κτυ./l και 86.680 κτυ./l, αντίστοιχα) σημειώθηκαν σε συνδυασμό με έντονη βροχόπτωση (4,6 mm/h), ενώ η τρίτη υψηλότερη αφθονία που καταγράφηκε στο σημείο δειγματοληψίας Θ3 (46.440 κτυ./l) συνέπεσε με ανομβρία.



Εικόνα 6.43. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με την ένταση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.



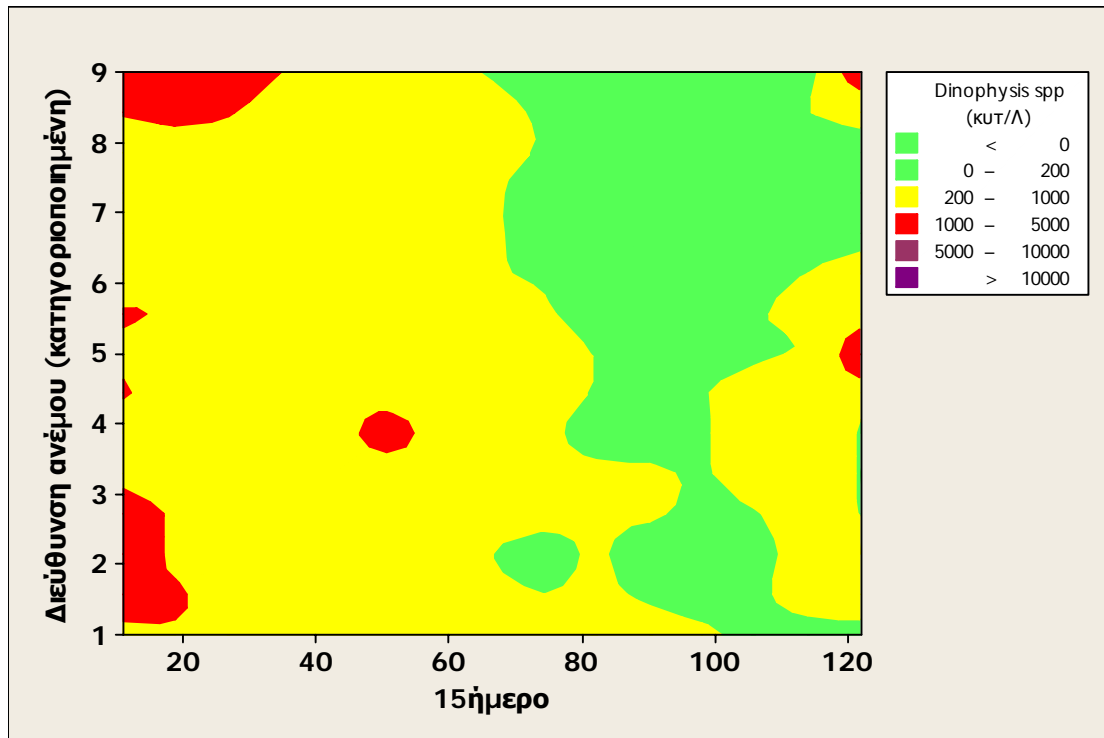
Εικόνα 6.44. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με το ύψος βροχόπτωσης στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

6.2.2.3 Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

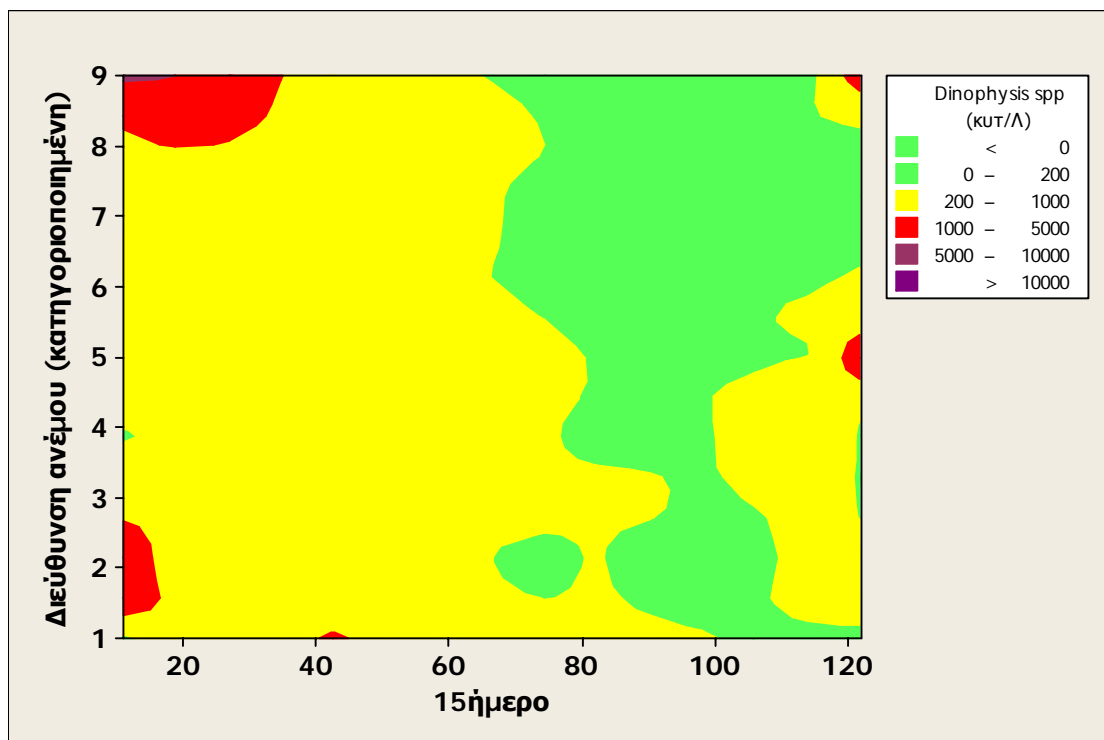
Κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης (2003-2008), ορισμένες από τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. που καταγράφηκαν στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης ήταν εξαιρετικά υψηλές, με εντόπιση των τιμών αυτών αποκλειστικά στο δυτικό τμήμα του κόλπου της Θεσσαλονίκης (π.χ. Θ4-5: 87.280 κυτ./l, Θ6: 86.680 κυτ./l και Θ3: 46.440 κυτ./l). Το γεγονός αυτό δυσχεραίνει τη συνολική προσέγγιση ως προς την ερμηνεία των αλληλεπιδράσεων των επιμέρους παραμέτρων σε επίπεδο Θερμαϊκού κόλπου και καθιστά σχεδόν απαραίτητο το διαχωρισμό των σημείων δειγματοληψίας ανάλογα με την εντόπισή τους. Η άποψη αυτή ενισχύεται εν μέρει από τις στατιστικά σημαντικές διαφορές που καταγράφηκαν ως προς τις μέσες αφθονίες του *Dinophysis* spp. μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης (βλ. §6.2.2.1). Έναν επιπλέον λόγο αποτελούν οι διαφορές που έχουν καταγραφεί ως προς τη διαθεσιμότητα ανόργανων θρεπτικών αλάτων μεταξύ του δυτικού και του ανατολικού τμήματος του Θερμαϊκού κόλπου, δεδομένου ότι στο πρώτο εκβάλλουν τέσσερις ποταμοί (Γαλλικός, Αξιός, Λουδίας, Αλιάκμονας). Οι διαφορές αυτές επηρεάζουν τόσο την ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. (Κουκάρας, 2004), όσο και των βενθικών μικροφυκών που είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση των θερινών-φθινοπωρινών τοξικών επεισοδίων (Αλιγιζάκη, 2008), τα οποία παρατηρούνται μόνο στις ζώνες παραγωγής του ανατολικού Θερμαϊκού κόλπου (βλ. 6.2.2.4). Για τους λόγους αυτούς, η αναλυτική παρουσίαση της αλληλεπίδρασης των παραμέτρων που επηρεάζουν την ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. θα κατανεμηθεί ως εξής: i) στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης (10 σημεία), ii) στα σημεία δειγματοληψίας που εντοπίζονται στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου στα οποία υπάρχει μυδοκαλλιεργητική δραστηριότητα (Θ6, Θ5, Θ4-5, HA/Θ7) και iii) στα σημεία δειγματοληψίας που εντοπίζονται στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου στα οποία υπάρχει μυδοκαλλιεργητική δραστηριότητα (Θ14 και Θ15).

α) Διεύθυνση ανέμου και χρονική περίοδος του έτους:

i) Σύνολο των σημείων: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν στους αρχικούς μήνες του έτους (Ιανουάριο-Μάρτιο) σε συνδυασμό κυρίως με βόρειους (ΒΔ, Β, ΒΑ) ανέμους και σε πολύ μικρότερο βαθμό με Α και ΝΑ διευθύνσεις, το μήνα Μάιο με Α ανέμους και το μήνα Δεκέμβριο με την επικράτηση τόσο ΝΑ, όσο και ΒΔ ανέμων (Εικ. 6.45).



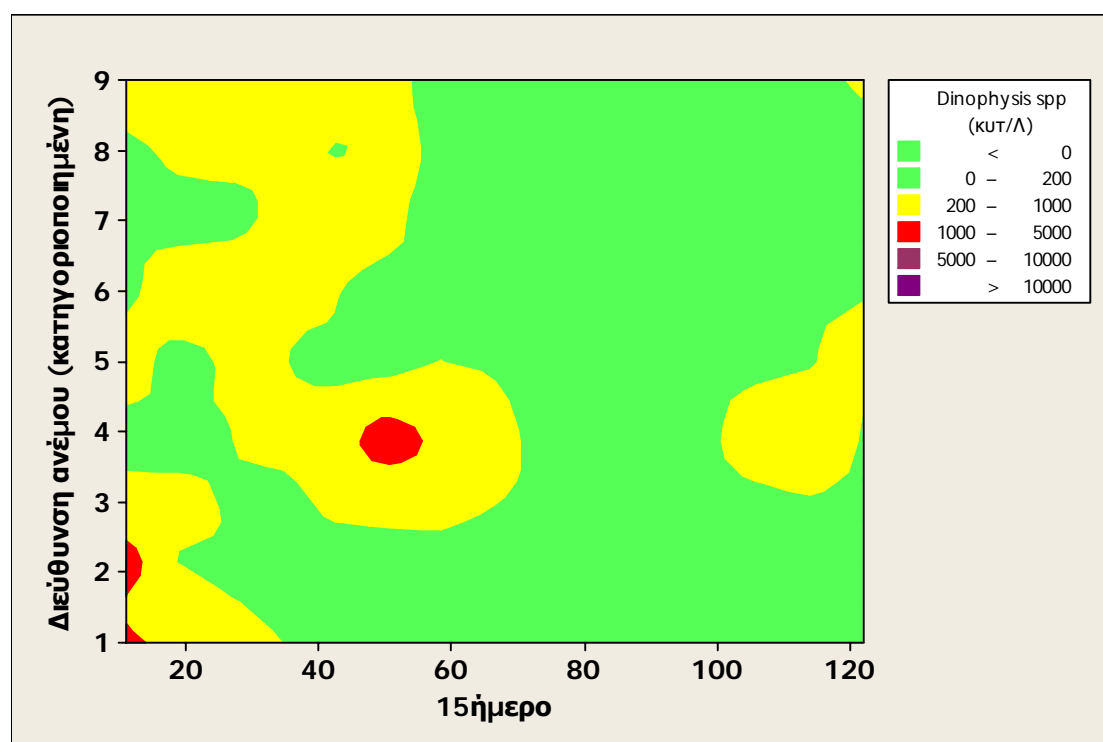
Εικόνα 6.45. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 6.46. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

ii) Δυτικό τμήμα: Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./l) σημειώθηκαν τον Ιανουάριο με ΒΔ επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου, ενώ αφθονίες υψηλότερες των 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν τους χειμερινούς–εαρινούς μήνες στην αρχή του έτους (Ιανουάριο-Απρίλιο) σε συνδυασμό με νηνεμία, Β, και ΒΔ ανέμους και το μήνα Δεκέμβριο με ΝΑ και ΒΔ ανέμους (Εικ. 6.46).

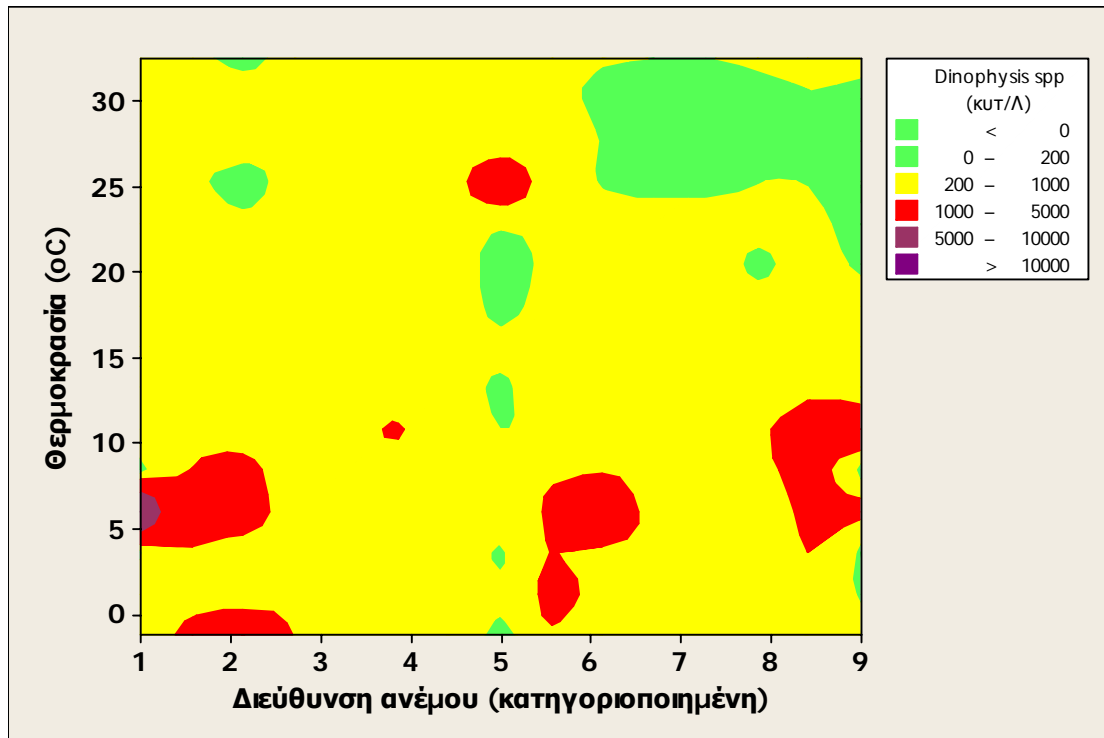
iii) Ανατολικό τμήμα: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα 1.000 κυτ./l, καταγράφηκαν τον Ιανουάριο όταν υπήρχε νηνεμία ή επικρατούσαν Β άνεμοι, ενώ το μήνα Μάιο συνδυάστηκαν με ανέμους που έπνεαν από τα Α (Εικ. 6.47).



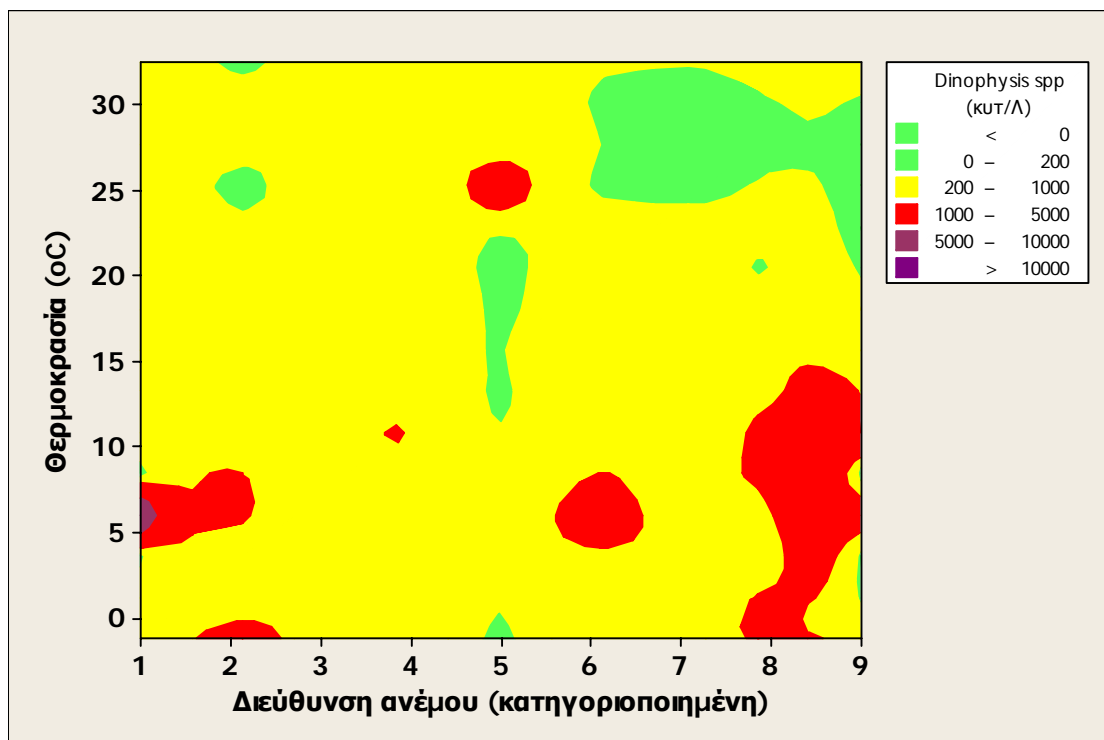
Εικόνα 6.47. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

β) Θερμοκρασία και διεύθυνση ανέμου:

i) Σύνολο των σημείων: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν κατά κύριο λόγο σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος από -1°C έως και 12°C με νηνεμία ή επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου τις Β, ΒΔ, και Ν. Παρόμοιες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν επίσης σε θερμοκρασίες 24-26°C με ΝΑ διεύθυνση ανέμου, ενώ οι μέγιστες τιμές (>5.000 κυτ./l) συνέπεσαν με θερμοκρασίες μεταξύ 5°C έως 7°C και νηνεμία (Εικ. 6.48).



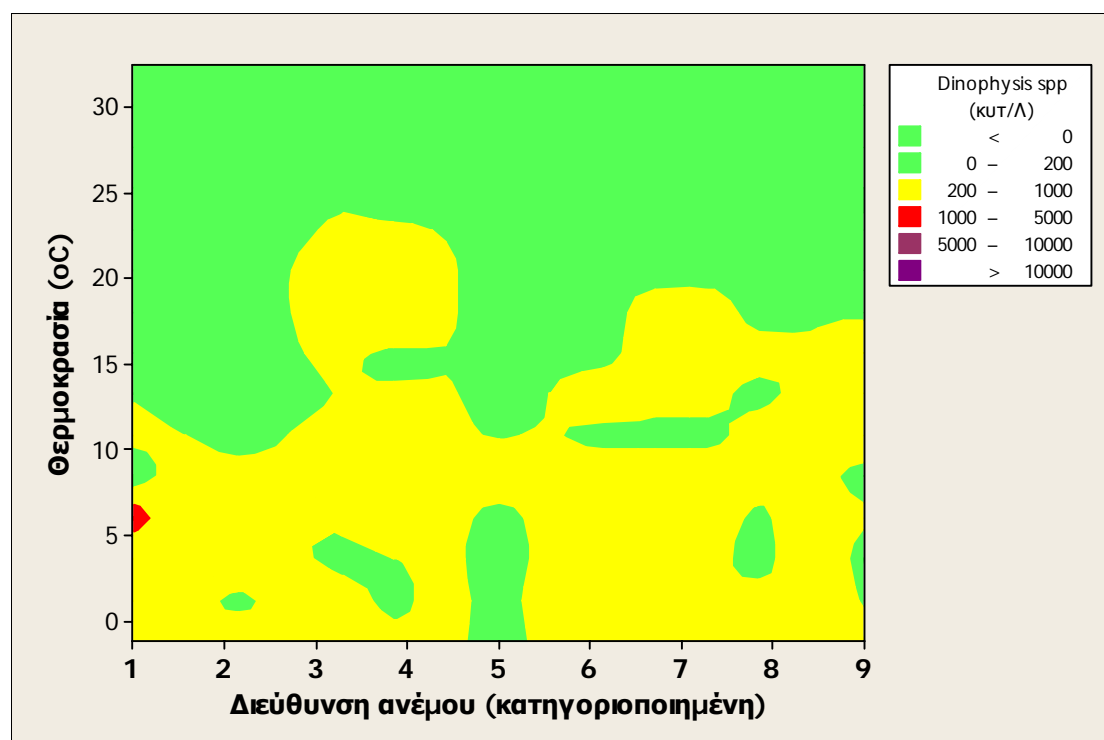
Εικόνα 6.48. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 6.49. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

ii) Δυτικό τμήμα: Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./l) σημειώθηκαν σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος 5-7°C όταν επικρατούσε νηνεμία, ενώ υπέρβαση των 1.000 κυτ./l παρατηρήθηκε αφενός με θερμοκρασίες που κυμαίνονταν στο εύρος -1-15°C και διευθύνσεις ανέμων από ΒΔ, Β, ΒΑ, Ν, και Δ και αφετέρου σε θερμοκρασίες 24-26°C και ΝΑ διεύθυνση ανέμου (Εικ. 6.49).

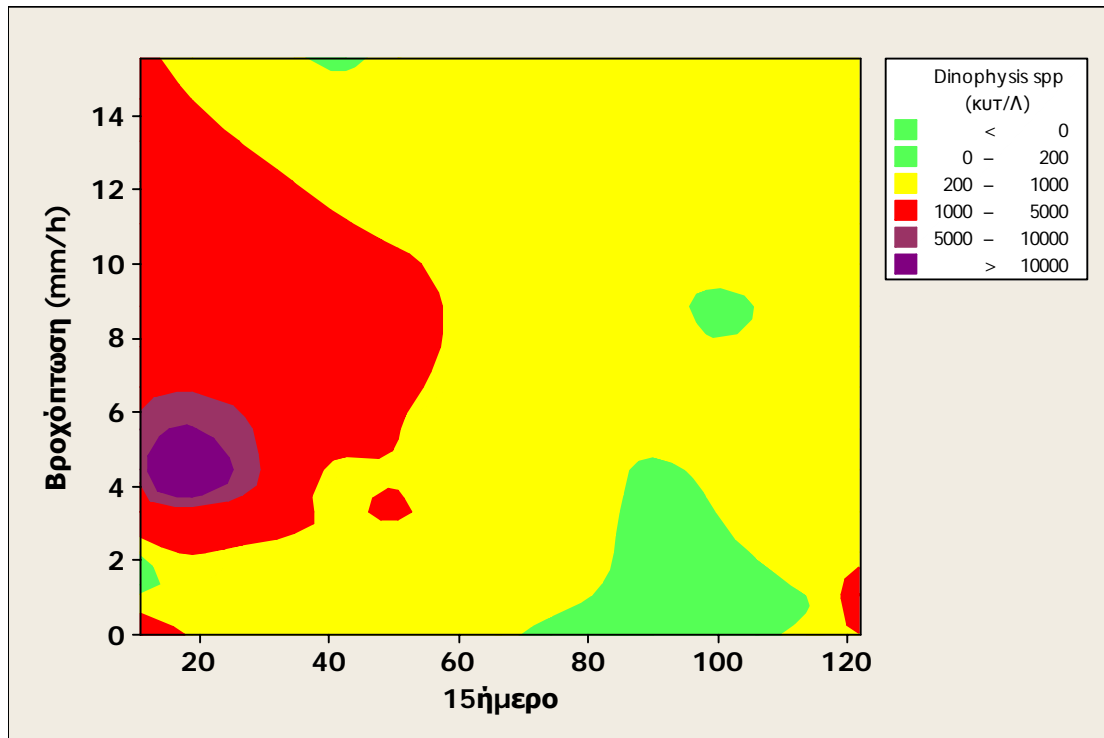
iii) Ανατολικό τμήμα: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν μόνο σε θερμοκρασίες των 5-6°C και άπνοια (Εικ. 6.50).



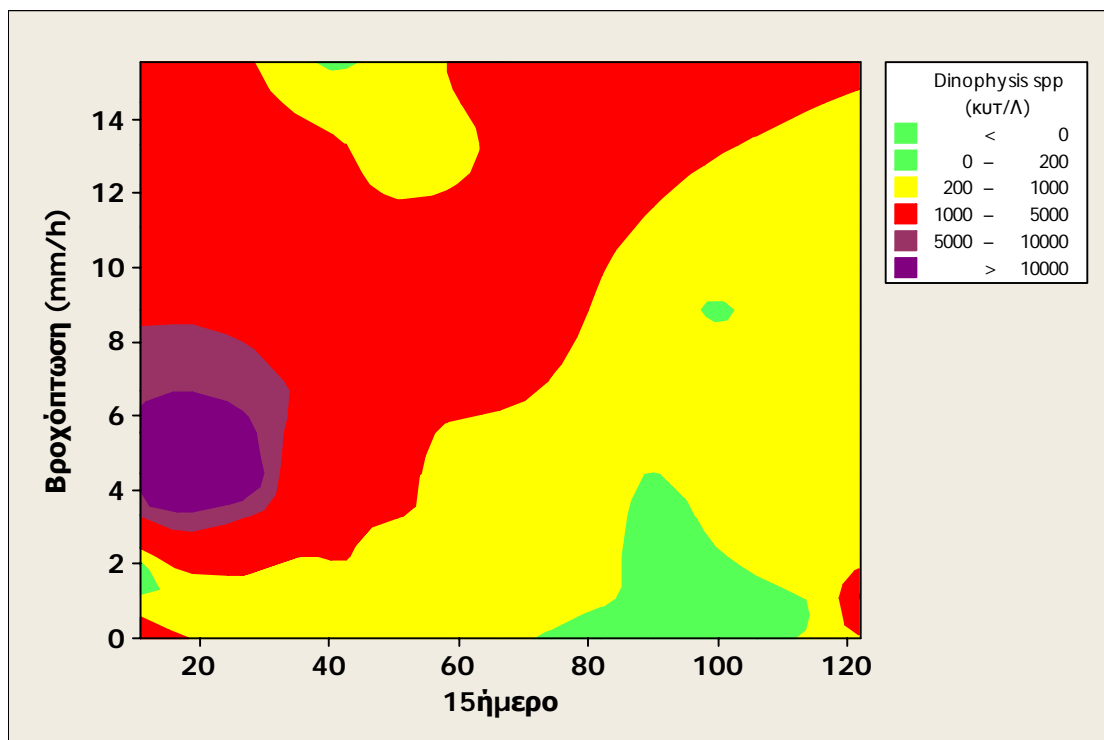
Εικόνα 6.50. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

γ) Βροχόπτωση και χρονική περίοδος του έτους:

i) Σύνολο των σημείων: Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./l) σημειώθηκαν τους μήνες Ιανουάριο έως και Μάρτιο σε συνδυασμό με βροχοπτώσεις που ήταν κυρίως έντονες. Σε ότι αφορά στις αφθονίες που υπερέβαιναν τα 1.000 κυτ./l, δεν παρατηρήθηκε κάποια ιδιαίτερη τάση καθώς σημειώθηκαν σε συνδυασμούς από ανομβρία (τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο) έως και έντονες βροχοπτώσεις (Ιανουάριο έως Ιούνιο) (Εικ. 6.51).



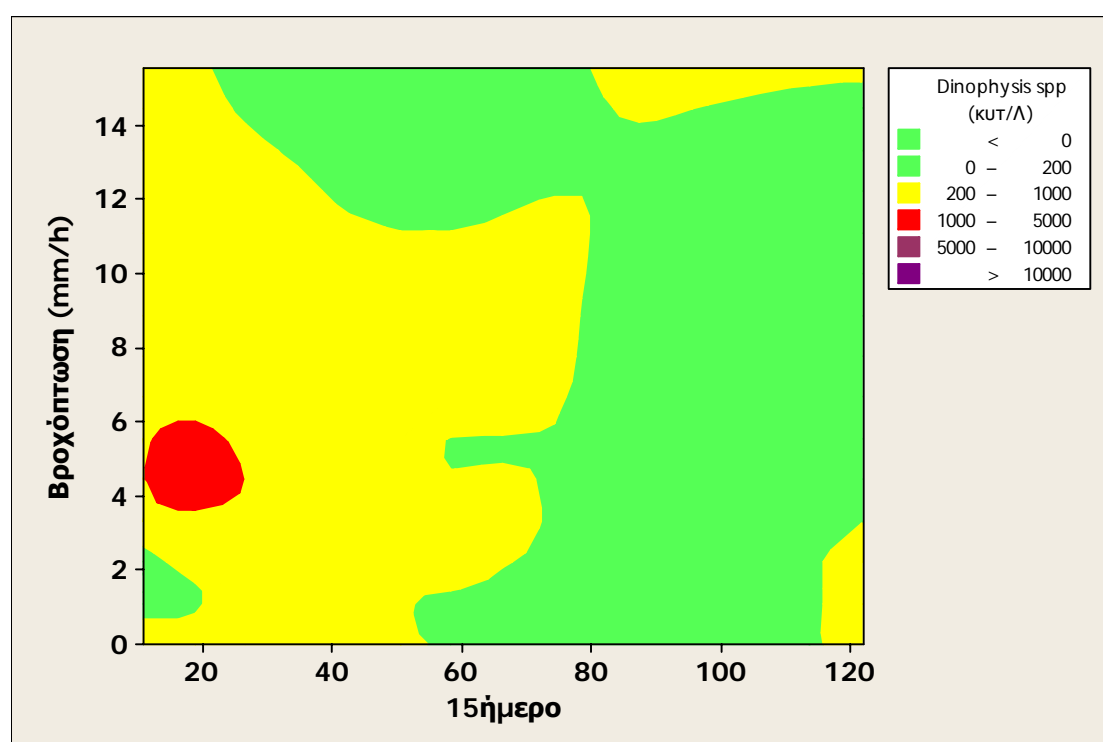
Εικόνα 6.51. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και το 15ήμερο του έτους στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 6.52. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και το 15ήμερο του έτους στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

ii) Δυτικό τμήμα: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα >5.000 κυτ./l) καταγράφηκαν σε συνδυασμό με έντονες βροχοπτώσεις κατά τους μήνες Ιανουάριο έως Μάρτιο. Αφθονίες υψηλότερες των 1.000 κυτ./l σημειώθηκαν σε συνδυασμό με ανομβρία (Δεκέμβριο και Ιανουάριο) και με μέτριες έως έντονες βροχοπτώσεις σε σχεδόν όλους τους μήνες του έτους (Εικ. 6.52).

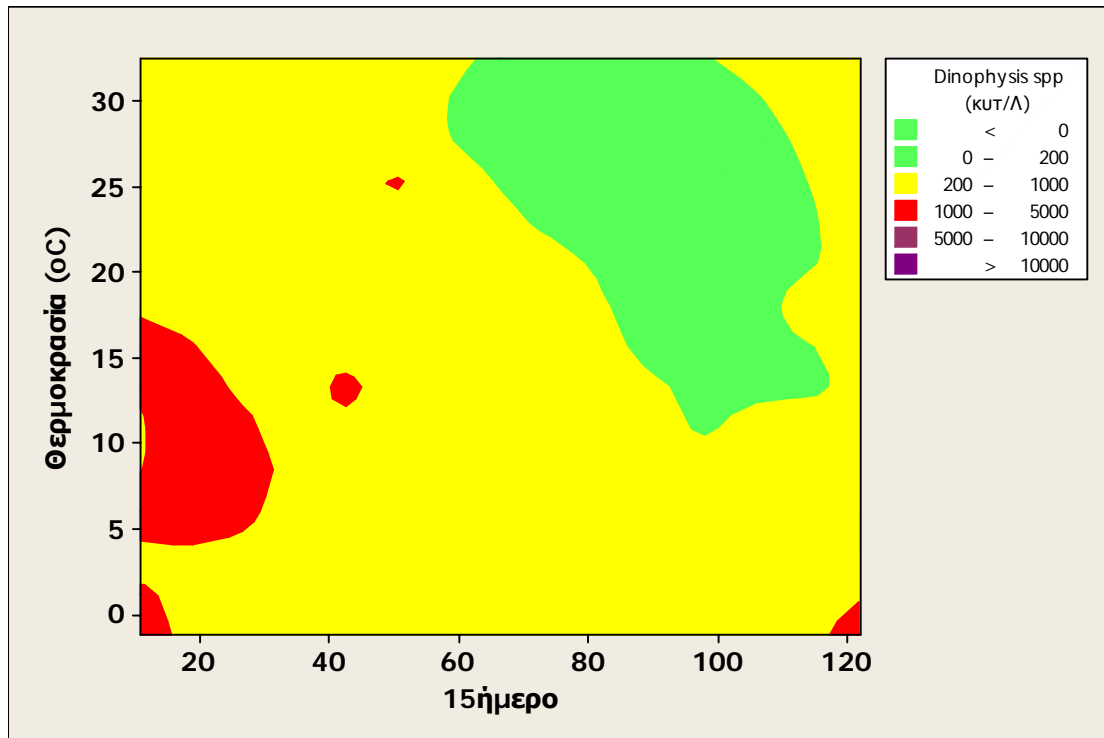
iii) Ανατολικό τμήμα: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν αποκλειστικά στους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο με έντονες βροχοπτώσεις (Εικ. 6.53).



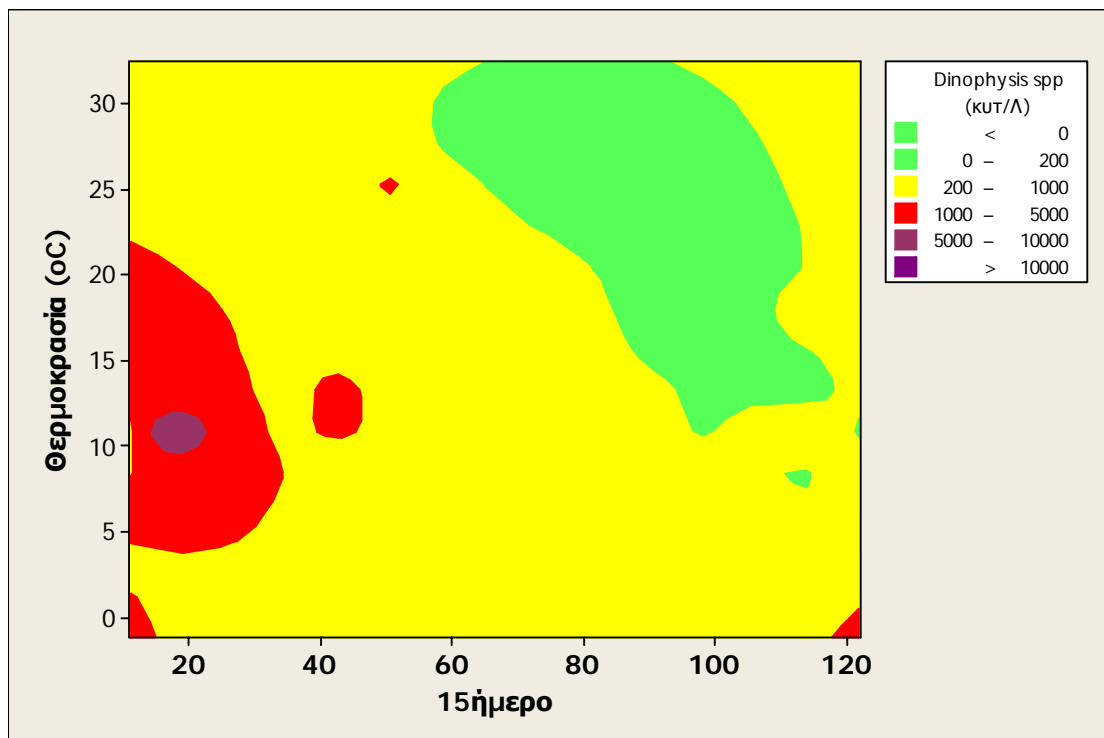
Εικόνα 6.53. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και το 15ήμερο του έτους στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

δ) Θερμοκρασία και χρονική περίοδος του έτους:

i) Σύνολο των σημείων: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l εμφανίστηκαν τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο σε χαμηλές θερμοκρασίες -1 έως 2°C, τους μήνες Ιανουάριο έως Απρίλιο στο θερμοκρασιακό εύρος των 4-17°C, ενώ το μήνα Μάιο παρόμοιες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C (Εικ. 6.54).



Εικόνα 6.54. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

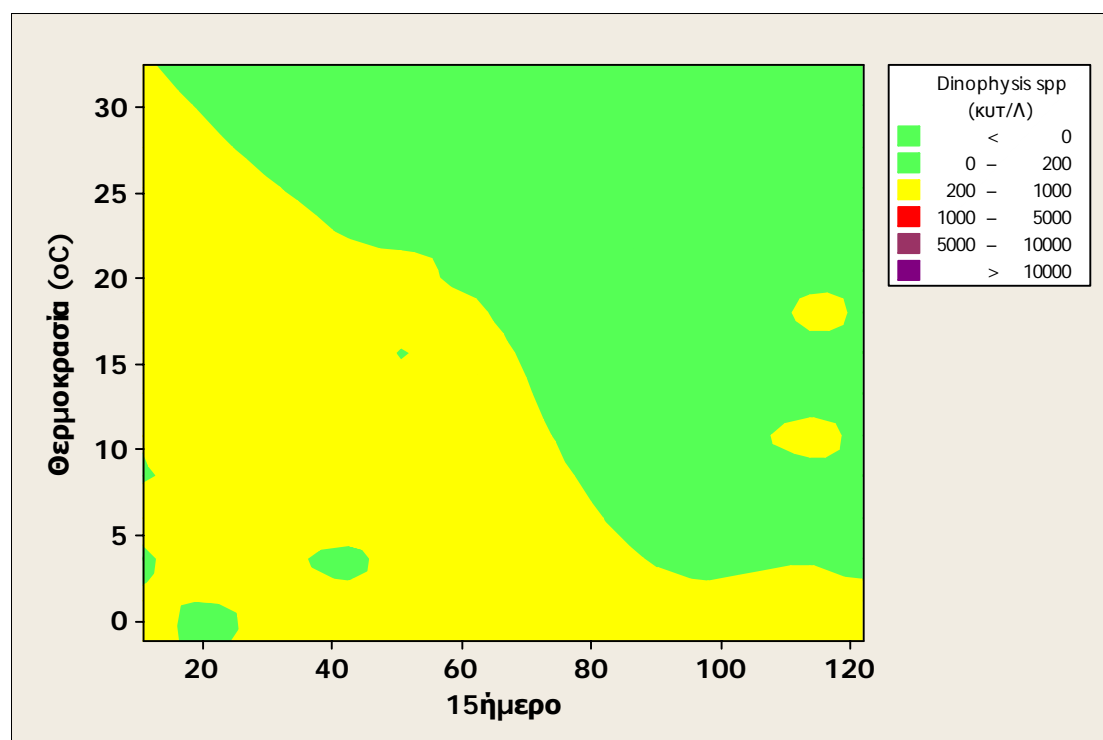


Εικόνα 6.55. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

ii) Δυτικό τμήμα: Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./l) καταγράφηκαν μεταξύ Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου και σε θερμοκρασίες 10-12°C.

Σε ότι αφορά τις συγκεντρώσεις που υπερέβαιναν τα 1.000 κυτ./λ, ίσχυσαν οι τάσεις που αποτυπώθηκαν στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας (Εικ. 6.55).

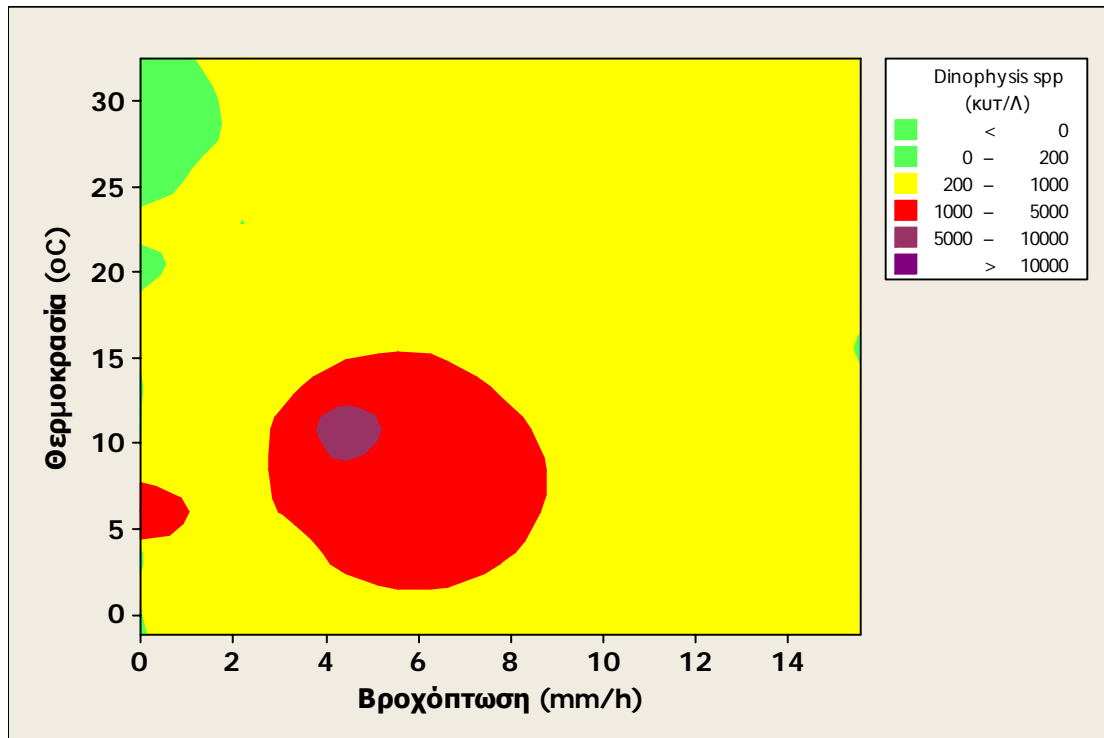
iii) Ανατολικό τμήμα: Δε σημειώθηκε υπέρβαση των 1.000 κυτ./λ *Dinophysis* spp. σε κάποιο ιδιαίτερο συνδυασμό με τη θερμοκρασία. Παρατηρήθηκε όμως ότι συγκεντρώσεις *Dinophysis* spp. εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1.000 κυτ./λ) έτειναν να εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα στις χαμηλότερες θερμοκρασίες (Εικ. 6.56).



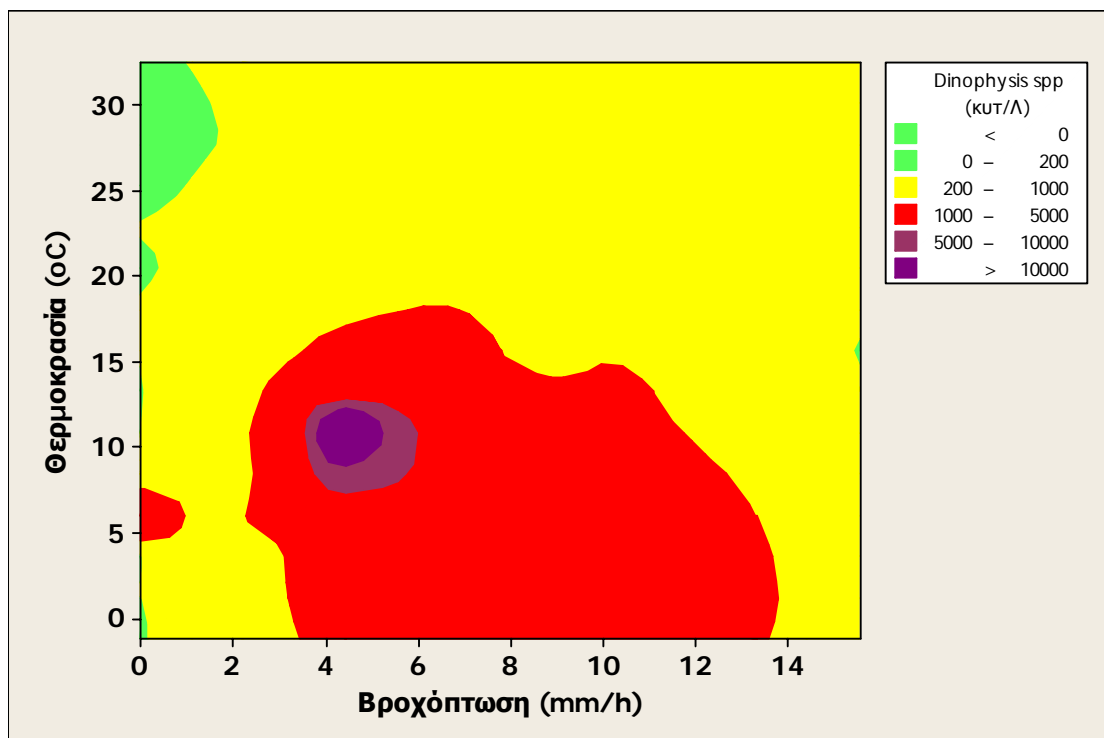
Εικόνα 6.56. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

ε) Θερμοκρασία και βροχόπτωση:

i) Σύνολο των σημείων: Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./λ) καταγράφηκαν σε θερμοκρασίες μεταξύ 9-12°C και σε συνδυασμό με έντονη βροχόπτωση. Σε ότι αφορά στις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./λ, αυτές συνέπεσαν είτε με ανομβρία και θερμοκρασίες 5-8°C ή με μέτριες έως έντονες βροχοπτώσεις και θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεταξύ 2°C και 15°C (Εικ. 6.57).



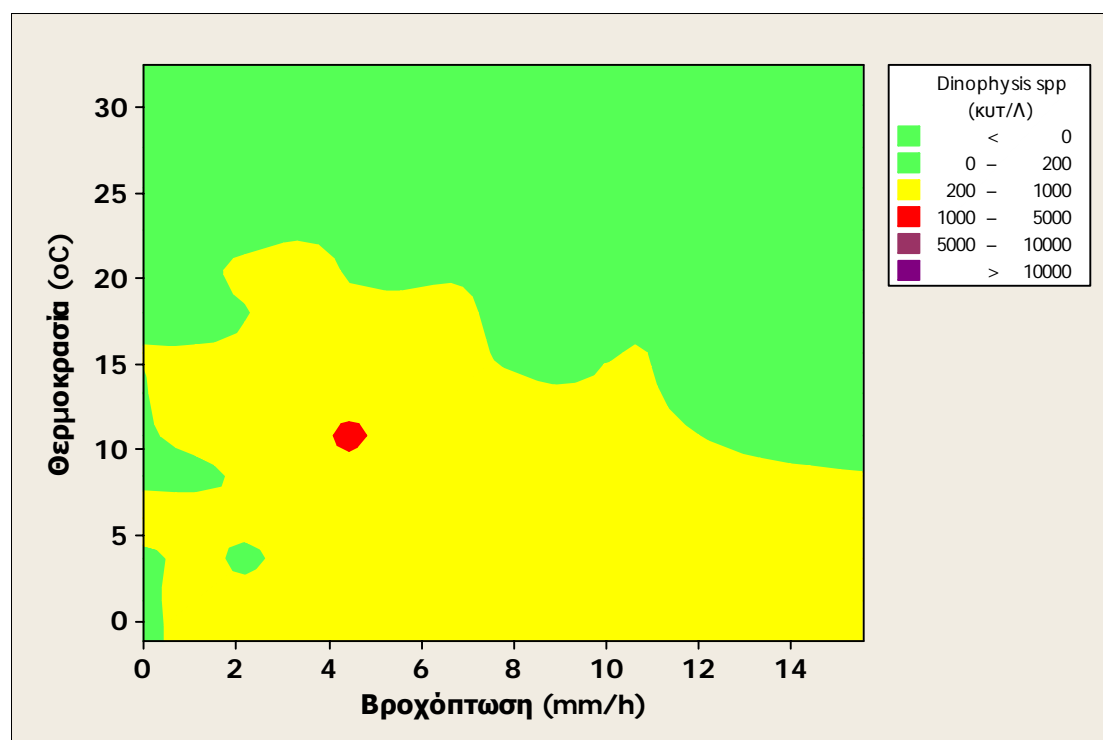
Εικόνα 6.57. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 6.58. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

ii) Δυτικό τμήμα: Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./l) συνέπεσαν με έντονες βροχοπτώσεις και με το θερμοκρασιακό εύρος των 7-13°C, ενώ οι υπερβάσεις των 1.000 κυτ./l σημειώθηκαν είτε με ανομβρία ή με έντονες βροχοπτώσεις αλλά πάντοτε σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 18°C (Εικ. 6.58).

iii) Ανατολικό τμήμα: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l παρατηρήθηκαν μόνο με το συνδυασμό έντονων βροχοπτώσεων και θερμοκρασίας περιβάλλοντος 10°C (Εικ. 6.59).

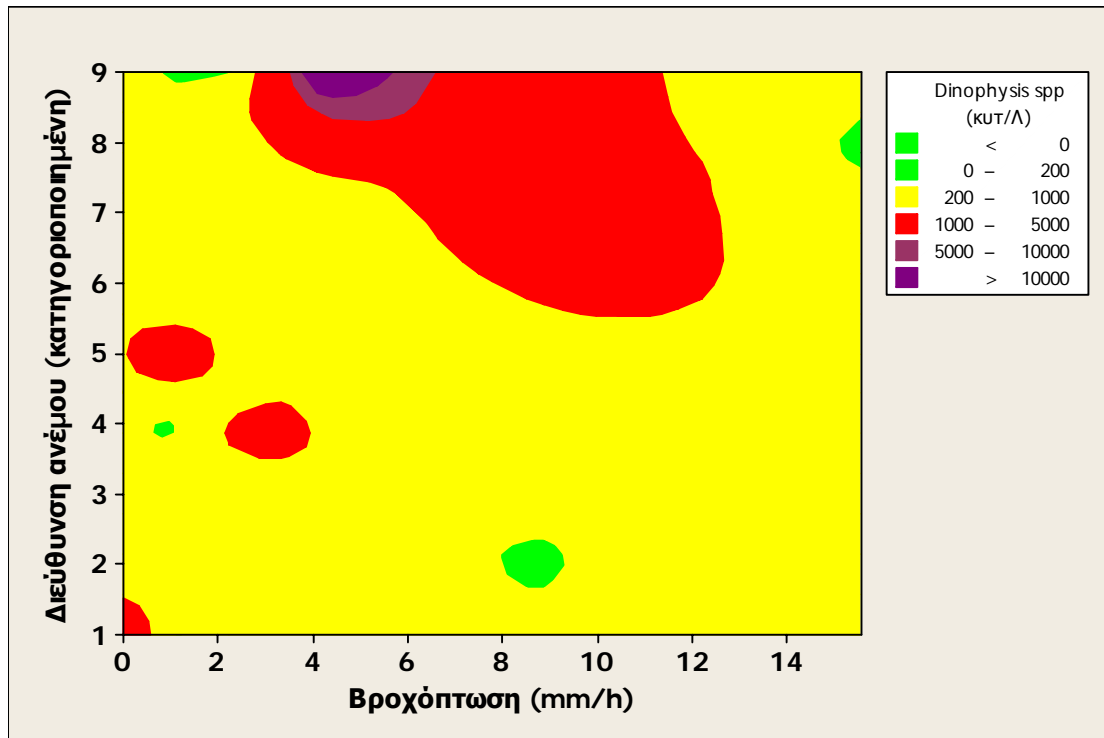


Εικόνα 6.59. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

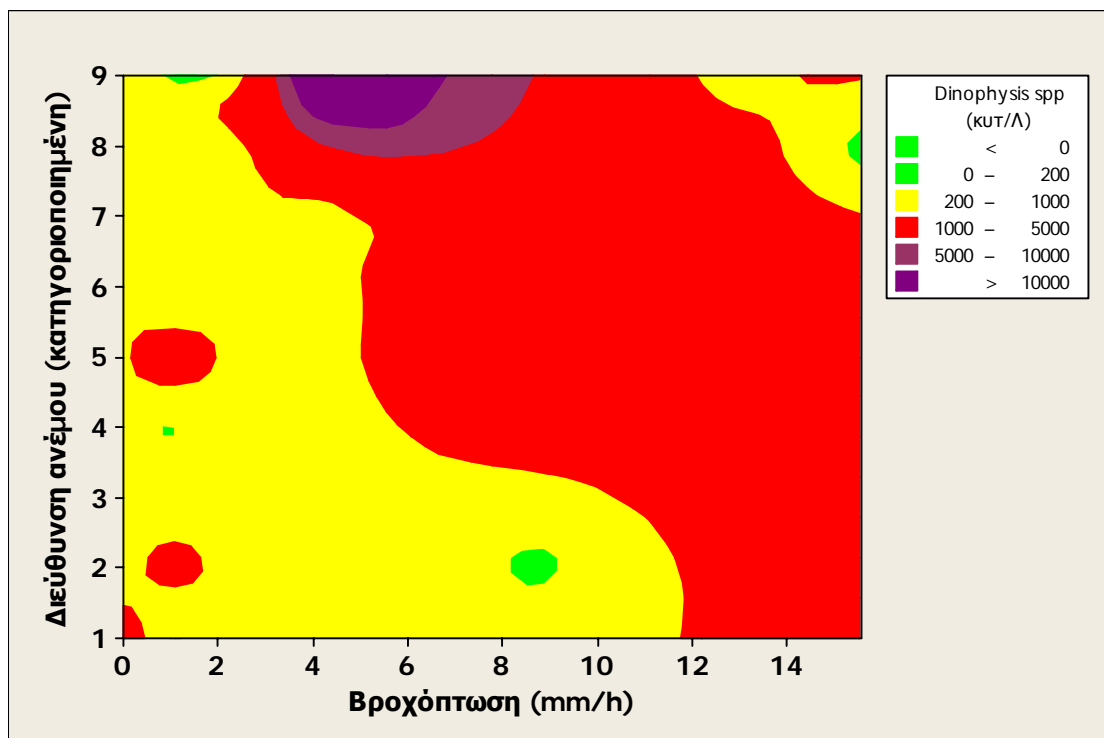
στ) Διεύθυνση ανέμου και βροχόπτωση:

i) Σύνολο των σημείων: Υψηλές αφθονίες σε επίπεδα ανώτερα των 5.000 κυτ./l σημειώθηκαν μόνο όταν οι βροχοπτώσεις ήταν έντονες και έπνεαν άνεμοι από ΒΔ διεύθυνση. Υπερβάσεις των 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν στους συνδυασμούς: ανομβρίας και άπνοιας, ήπιας βροχόπτωσης και ΝΑ ανέμων, μέτριας βροχόπτωσης και Α ανέμων και έντονης βροχόπτωσης με ανέμους Ν, ΝΔ, Δ και ΒΔ (Εικ. 6.60).

ii) Δυτικό τμήμα: Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. (>5.000 κυτ./l) συνέπεσαν με έντονες βροχοπτώσεις και ανέμους Δ και ΒΔ. Ως προς τις αφθονίες που υπερέβαιναν τα 1.000 κυτ./l δεν υπήρχε συγκεκριμένη τάση (Εικ. 6.61).

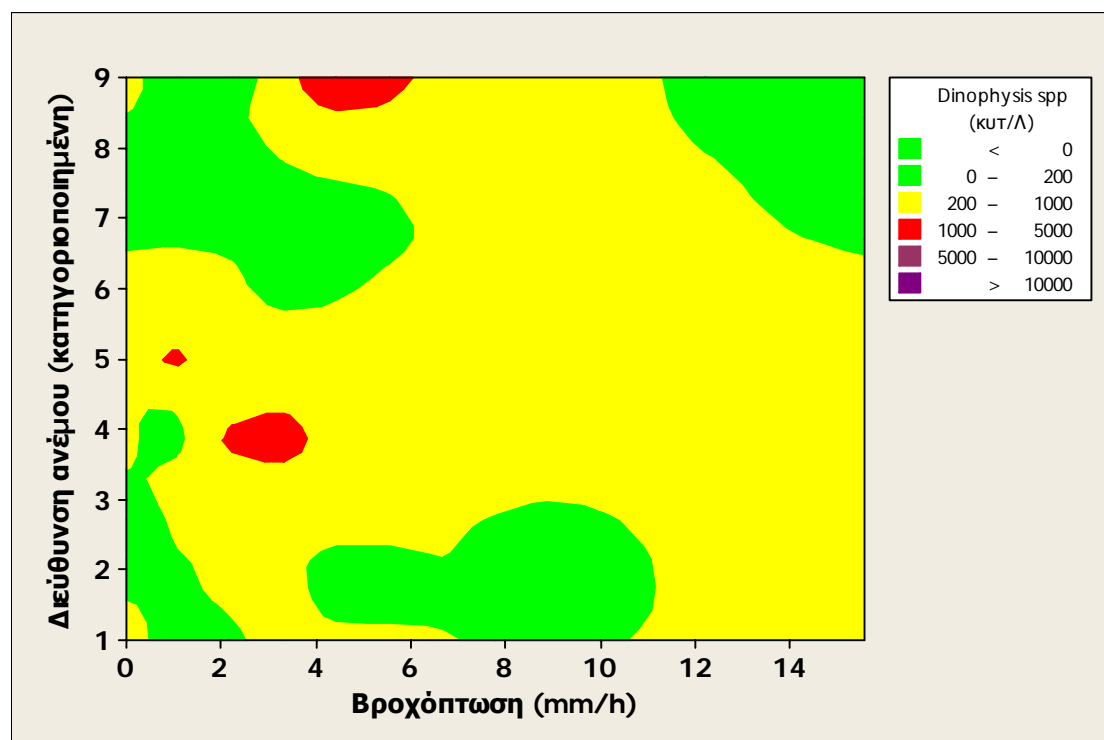


Εικόνα 6.60. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 6.61. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

iii) Ανατολικό τμήμα: Η υπέρβαση των 1.000 κυτ./l του *Dinophysis* spp. σημειώθηκε σε τρεις συνδυασμούς: ήπια βροχόπτωση με ΝΑ ανέμους, μέτρια βροχόπτωση με Α ανέμους και έντονη βροχόπτωση με ΒΔ ανέμους (Εικ. 6.62)



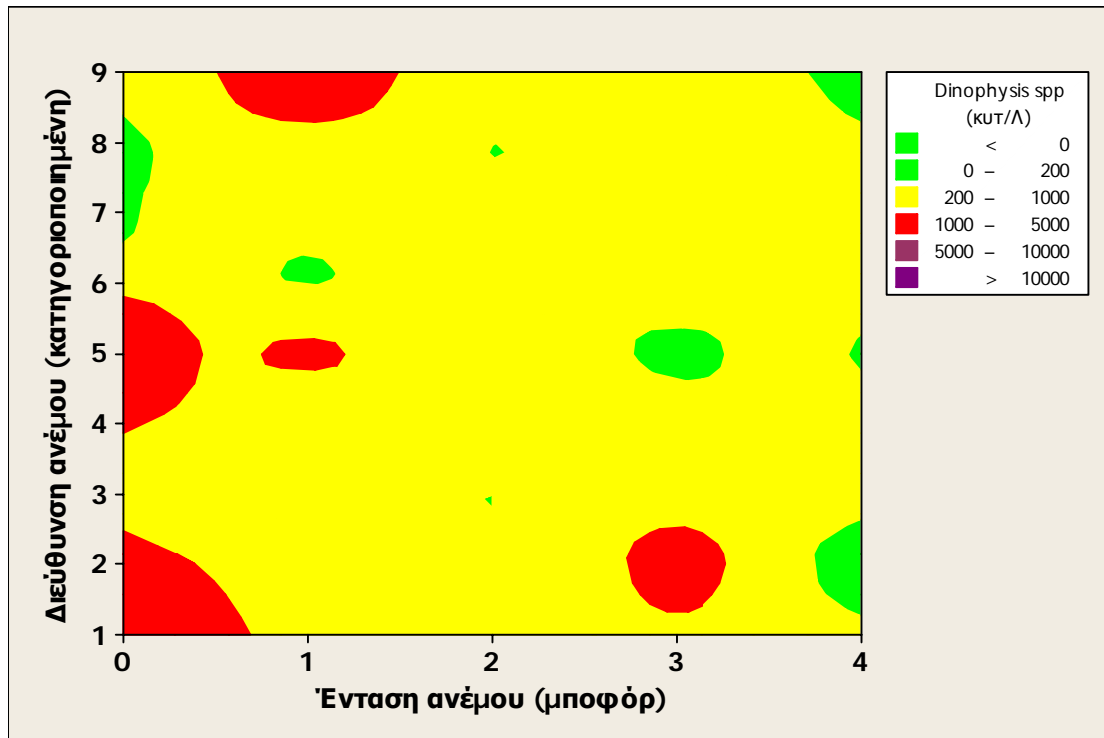
Εικόνα 6.62. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

ζ) Διεύθυνση ανέμου και ένταση ανέμου:

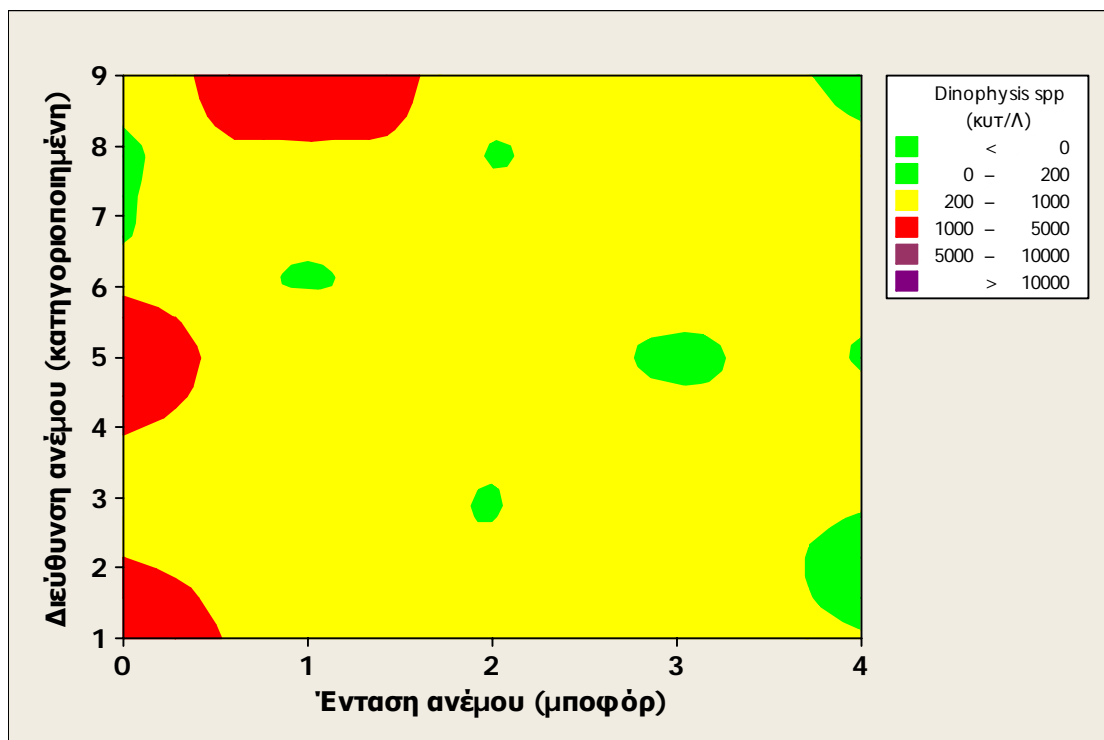
i) Σύνολο των σημείων: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l σημειώθηκαν όταν επικρατούσε άπνοια ή σχεδόν άπνοια (1 μποφόρ) σε συνδυασμό με Α, ΝΑ και ΒΔ ανέμους και με ασθενείς ανέμους εντάσεως 3 μποφόρ που έπνεαν από Β διεύθυνση (Εικ. 6.63).

ii) Δυτικό τμήμα: Η υπέρβαση των 1.000 κυτ./l του *Dinophysis* spp. συνδυάστηκε είτε με πλήρη άπνοια ή με πολύ ασθενείς ανέμους από Β, ΝΑ και ΒΔ διευθύνσεις (Εικ. 6.64).

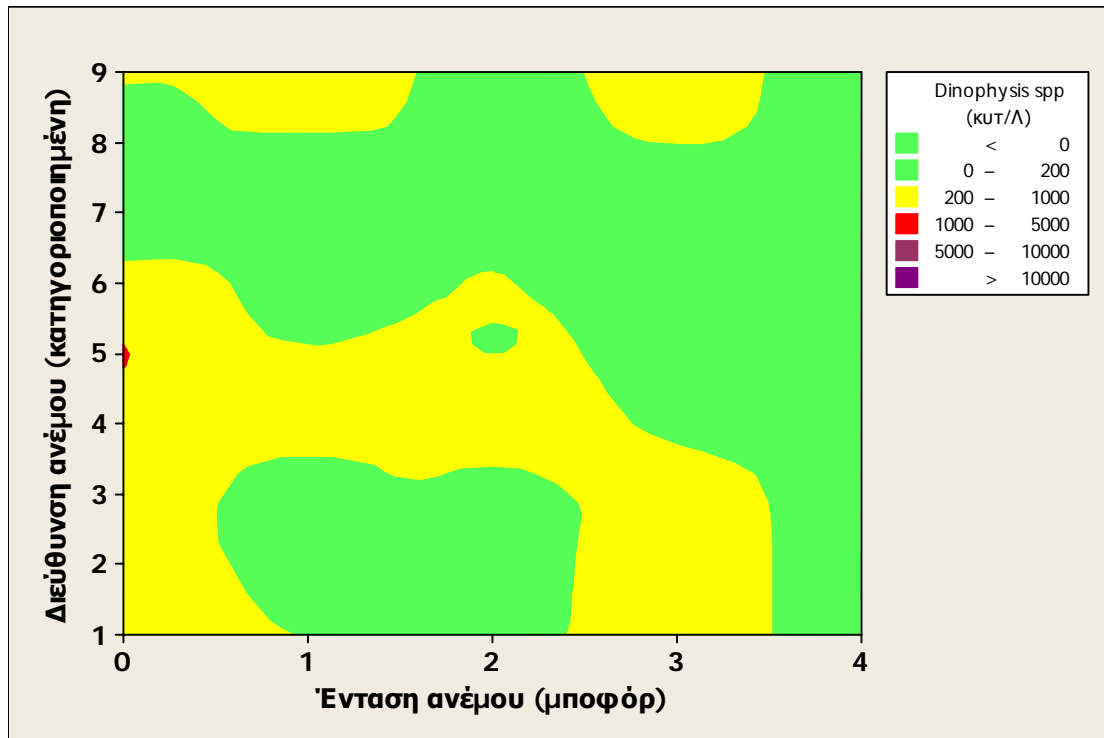
iii) Ανατολικό τμήμα: Συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. ανώτερες των 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν μόνο σε συνδυασμό με άπνοια (Εικ. 6.65).



Εικόνα 6.63. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με την ένταση και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.



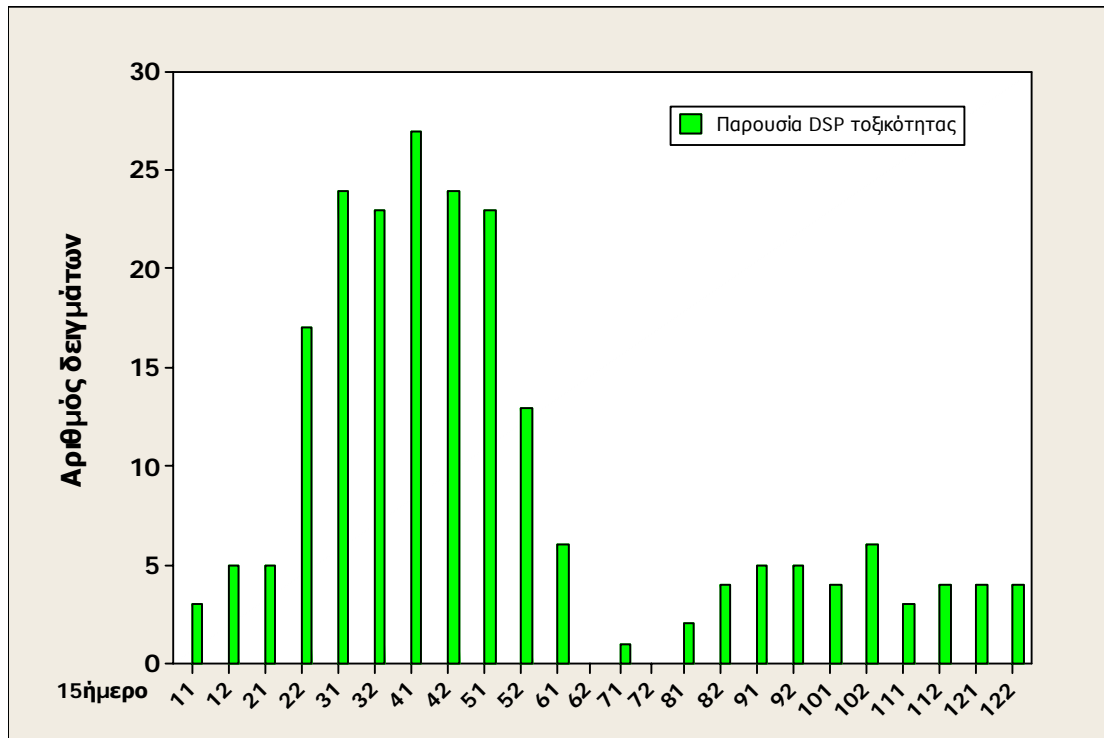
Εικόνα 6.64. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με την ένταση και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.



Εικόνα 6.65. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με την ένταση και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου.

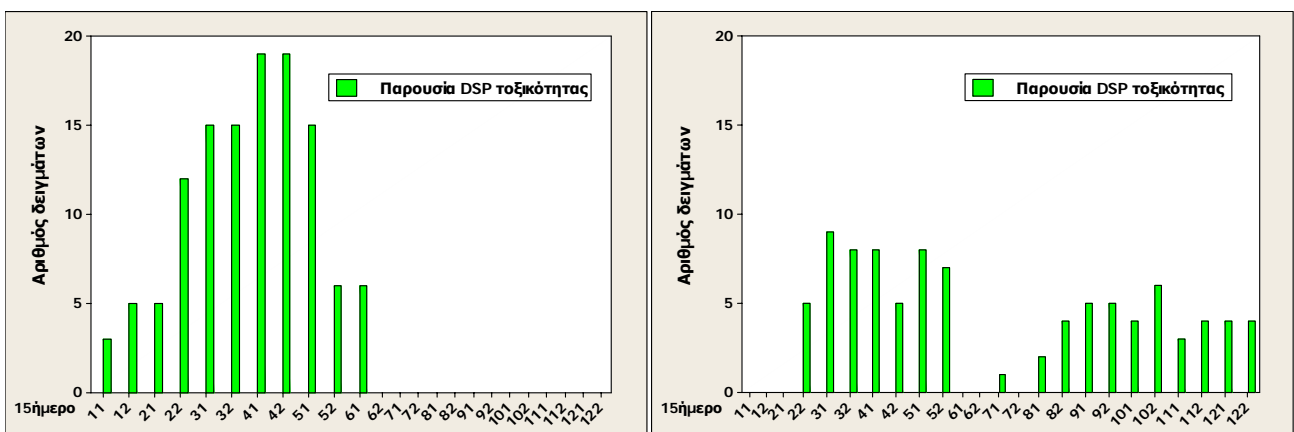
6.2.2.4 Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια

Η DSP τοξικότητα στα μύδια του συνόλου των ζωνών παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης, κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης (2003-2008), εμφάνισε την ιδιαιτερότητα να καλύπτει σχεδόν όλη τη διάρκεια του έτους, με δύο μόνο εξαιρέσεις: το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου και το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Ιουλίου (Εικ. 6.66). Η σημαντικότερη περίοδος DSP τοξικότητας στα μύδια, η οποία σχετίζεται με το γένος *Dinophysis*, αρχίζει περίπου το Νοέμβριο και μπορεί να διαρκέσει έως και τον Ιούλιο, με τη μεγαλύτερη ένταση παρατηρείται στους εαρινούς μήνες και κυρίως Απρίλιο. Μια δεύτερη περίοδος DSP τοξικότητας στα μύδια, μικρότερης συνήθως διάρκειας, παρατηρείται στους θερινούς και φθινοπωρινούς μήνες, περίπου από τον Ιούλιο έως το Νοέμβριο, ή ορισμένες φορές και έως τις αρχές του επομένου έτους. Σε ότι αφορά αυτή τη δεύτερη περίοδο της DSP τοξικότητας, δε φαίνεται να σχετίζεται με τα επίπεδα της αφθονίας του *Dinophysis* spp., αλλά με την παρουσία, σε μεγάλες αφθονίες, βενθικών ειδών μικροφυκών που παράγουν επίσης DSP τοξίνες, όπως το *Prorocentrum* spp., ή και άλλες λιπόφιλες βιοτοξίνες, όπως το *Ostreopsis* spp.



Εικ. 6.66. Διασπορά των DSP θετικών δειγμάτων κατά τη διάρκεια του έτους στο σύνολο των ζωνών παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης.

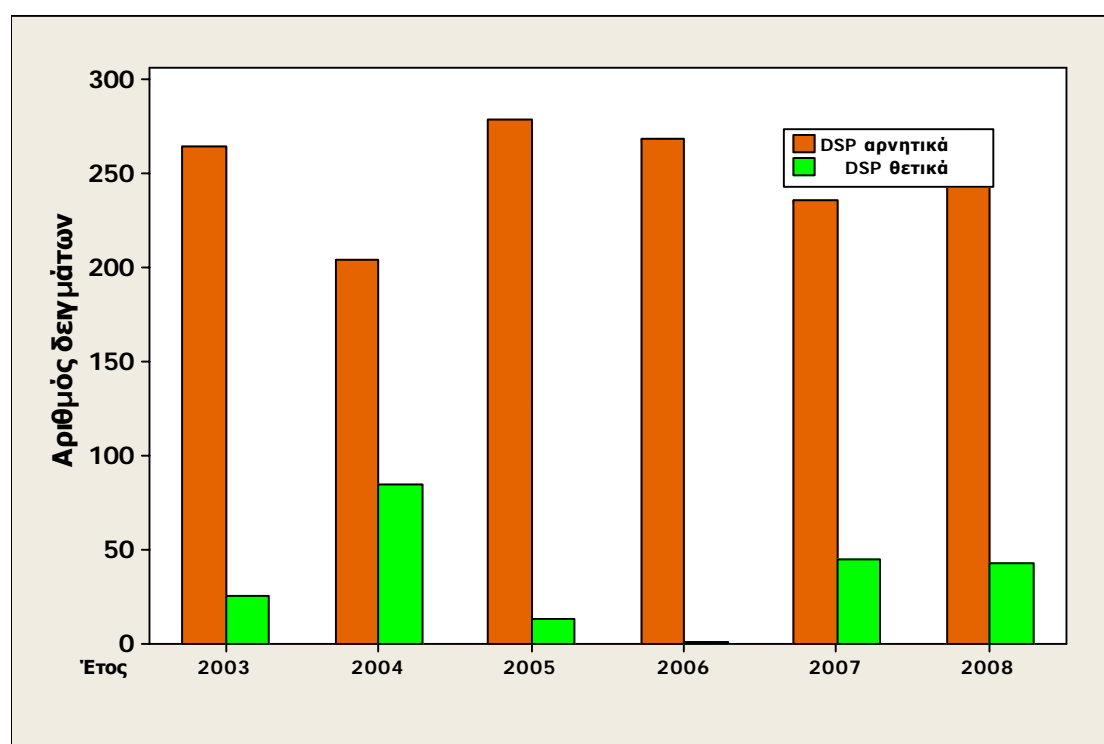
Σε ότι αφορά την DSP τοξικότητα στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης, μια ιδιαίτερα εμφανής διαφορά που παρατηρείται είναι ότι σ' αυτές που εντοπίζονται στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου δεν έχουν καταγραφεί ποτέ επεισόδια θερινής τοξικότητας στα μύδια (Εικ. 6.67α) σε αντίθεση με αυτές στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου (Εικ. 6.67β), στις οποίες τα επεισόδια αυτά είναι συνήθη και με αρκετά μεγάλη διάρκεια.



Εικ. 6.67. Διασπορά των DSP θετικών δειγμάτων κατά τη διάρκεια του έτους στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης που εντοπίζονται (α) στο δυτικό και (β) στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης.

6.2.2.5 Χρονικές περιόδους με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008

Στις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Θεσσαλονίκης και στο χρονικό διάστημα μεταξύ των ετών 2003-2008 καταγράφηκαν DSP τοξικά επεισόδια, τα οποία συνοδεύτηκαν από αντίστοιχη παρουσία τοξικότητας στα μύδια, αφορούν σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη της μελέτης, με εντονότερο το τοξικό επεισόδιο του 2004 και ασθενέστερο αυτό του 2006 (Εικ. 6.68). Οι χρονικές περιόδους σε συνδυασμό με την αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων για το μελετώμενο χρονικό διάστημα για τις ζώνες παραγωγής μυδιών Χαλάστρας, Κυμίνων, Αγγελοχωρίου και Επανωμής παρουσιάζονται στη συνέχεια αναλυτικά κατά σημείο δειγματοληψίας.

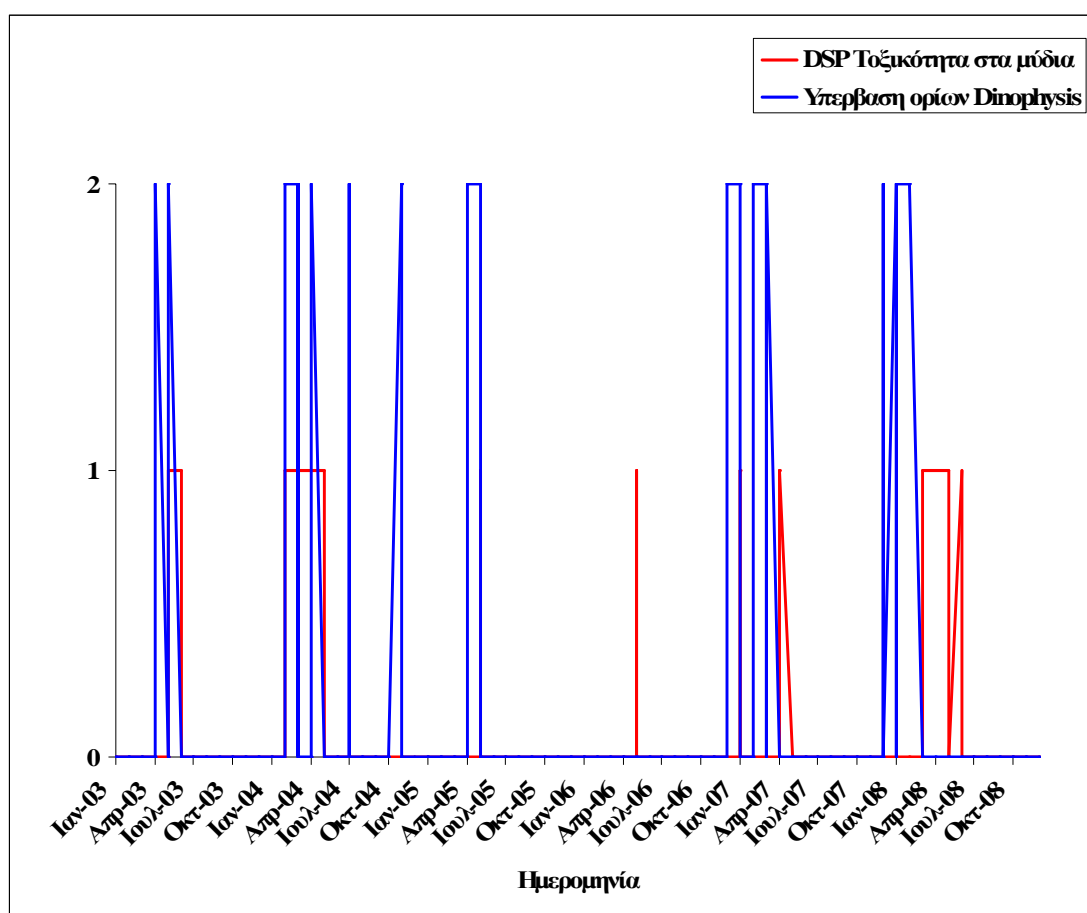


Εικόνα 6.68. Χρονική κατανομή κατ' έτος των DSP αρνητικών και θετικών δειγμάτων μυδιών στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης στα έτη 2003-2008.

α) Ζώνη παραγωγής Χαλάστρας: Τα τρία σημεία δειγματοληψίας που έχουν οριστεί στη ζώνη αυτή – Καβούρα (Θ6/M6), Λευκούδι (Θ5/M5) και Ναζίκι (Θ4-5/M4-5) – έχουν την ιδιαιτερότητα να εξετάζονται μεμονωμένα σε εργαστηριακό επίπεδο, αλλά να οδηγούν συνδυαστικά στη λήψη υγειονομικών μέτρων, επειδή ακριβώς αποτελούν σημεία ελέγχου της ίδιας ζώνης παραγωγής. Στην παρούσα μελέτη τα σημεία αυτά θα αναλυθούν ξεχωριστά, ώστε να αποτυπωθεί το ακριβές ιστορικό της DSP τοξικότητάς τους, τονίζεται όμως ότι από κανονιστικής πλευράς, η πραγματική περίοδος ισχύος υγειονομικών μέτρων για την περιοχή αυτή είναι η μέγιστη που προκύπτει από το συνδυασμό των αντίστοιχων περιόδων των τριών

επιμέρους σημείων δειγματοληψίας, και η οποία σε ορισμένες περιπτώσεις υπερέβαινε σε διάρκεια τους πέντε μήνες.

i) Καβούρα (Θ6/M6): Υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη μεταξύ 2003 και 2008 (Εικ. 6.69 και Πιν. 6.8), χωρίς όμως να ανιχνευθεί τοξικότητα στα μύδια στο έτος 2005. Όλα τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν στο σημείο αυτό σχετίζονταν με τοξίνες του γένους *Dinophysis* και παρουσίαζαν τη μέγιστη έντασή τους σε χειμερινούς–εαρινούς μήνες (Δεκέμβριο–Απρίλιο). Η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια, ακολουθούσε ή συνέπιπτε πάντοτε χρονικά με λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*, με εξαίρεση το έτος 2006, στο οποίο οι αφθονίες του παρέμειναν εντός των κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης.



Εικόνα 6.69. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Καβούρα (Θ6/M6) της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 6.8. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Καβούρα (Θ6/M6).

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:
2003	29	42	51	---	---	---
		52	61			
2004	108	21	52	---	---	---
		72	72			
2005	62	111 π.ε. ¹	112 π.ε.	---	---	---
		41	52			
2006	7	51	51	---	---	---
2007	120	121 π.ε.	12	---	---	---
		21	41			
		42	51			
2008	160	122 π.ε.	31	---	---	---
		32	61			
Μέση διάρκεια²		Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
81 ± 58,4		111 π.ε.	72	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

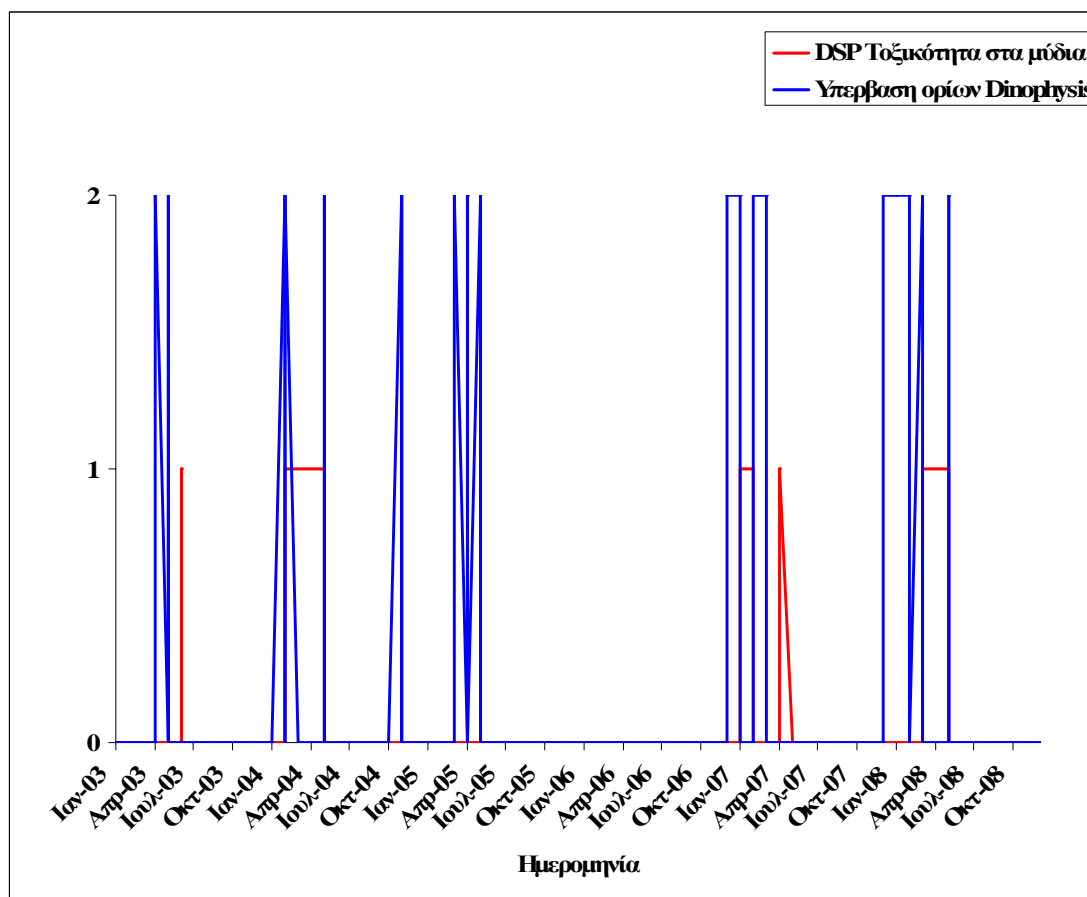
Πίνακας 6.9. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Λευκούδι (Θ5/M5).

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:
2003	28	42	51	---	---	---
		52	52			
		61	62			
2004	111	21	52	---	---	---
2005	47	111 π.ε. ¹	111 π.ε.	---	---	---
		111 π.ε.	112 π.ε.			
		32	41			
		41	42			
		51	51			
2006	---	---	---	---	---	---
		---	---			
2007	112	121 π.ε.	21	---	---	---
		22	32			
		42	51			
2008	117	122 π.ε.	22	---	---	---
		31	31			
		32	51			
Μέση διάρκεια²		Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
83 ± 42,1		111 π.ε.	62	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

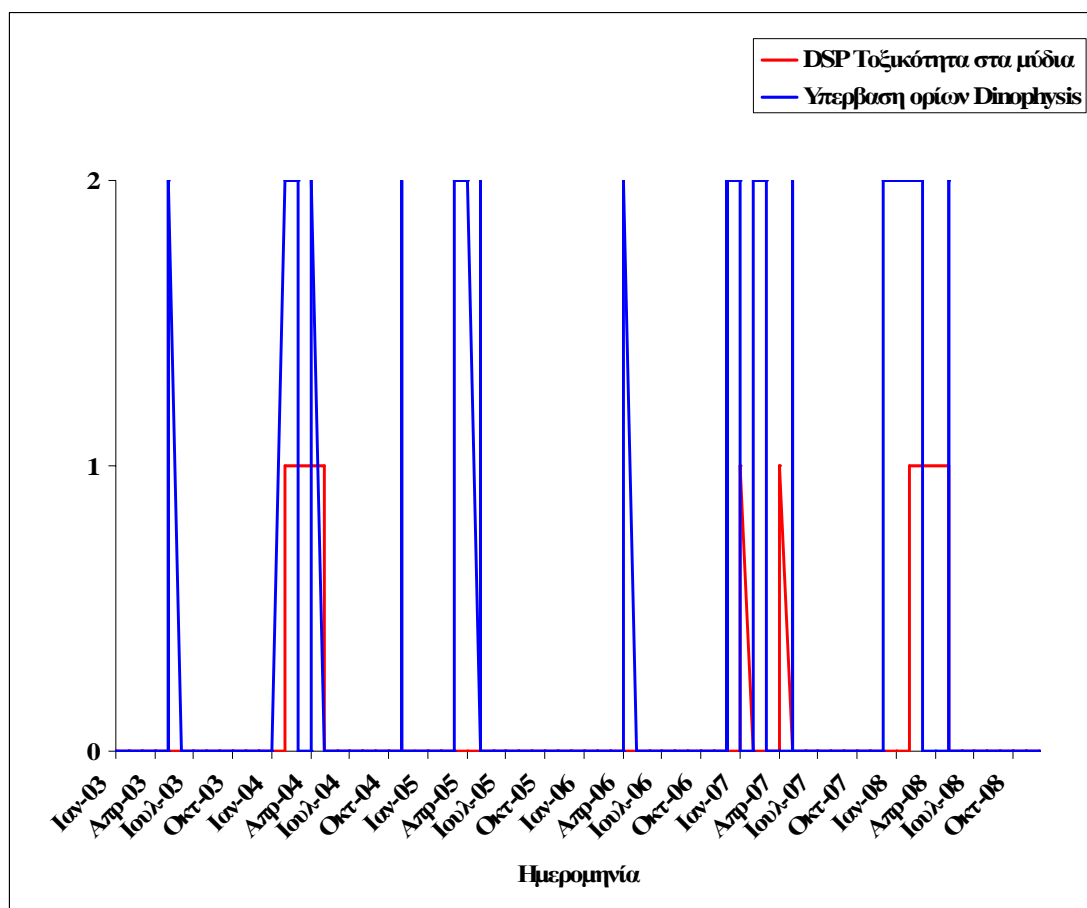
² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

ii) Λευκούδι (Θ5/M5): Υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σχεδόν σε όλα τα έτη μεταξύ 2003 και 2008, εκτός του 2006 (Εικ. 6.70 και Πιν. 6.9), ενώ τοξικότητα στα μύδια δεν καταγράφηκε στα έτη 2005 και 2006. Οι ίδιες ακριβώς τάσεις σχετικά τόσο με τη χρονική εντόπιση των τοξικών επεισοδίων, όσο και για την ταυτόχρονη ή μη παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια και υπέρβαση των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*, που αναλύθηκαν ανωτέρω για την Καβούρα, ισχύουν και γι' αυτό το σημείο δειγματοληψίας.



Εικόνα 6.70. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήξης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Λευκούδι (Θ5/M5) της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

iii) Ναζίκι (Θ4-5/M4-5): Υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη μεταξύ 2003 και 2008 (Εικ. 6.71 και Πιν. 6.10). Και σ' αυτό το σημείο υφίστανται οι ίδιες ακριβώς τάσεις με την Καβούρα, σχετικά με τη χρονική εντόπιση των τοξικών επεισοδίων και την ταυτόχρονη ή μη παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια σε συνδυασμό με υπέρβαση των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*.



Εικόνα 6.71. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Ναζίκι (Θ4-5/M4-5) της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

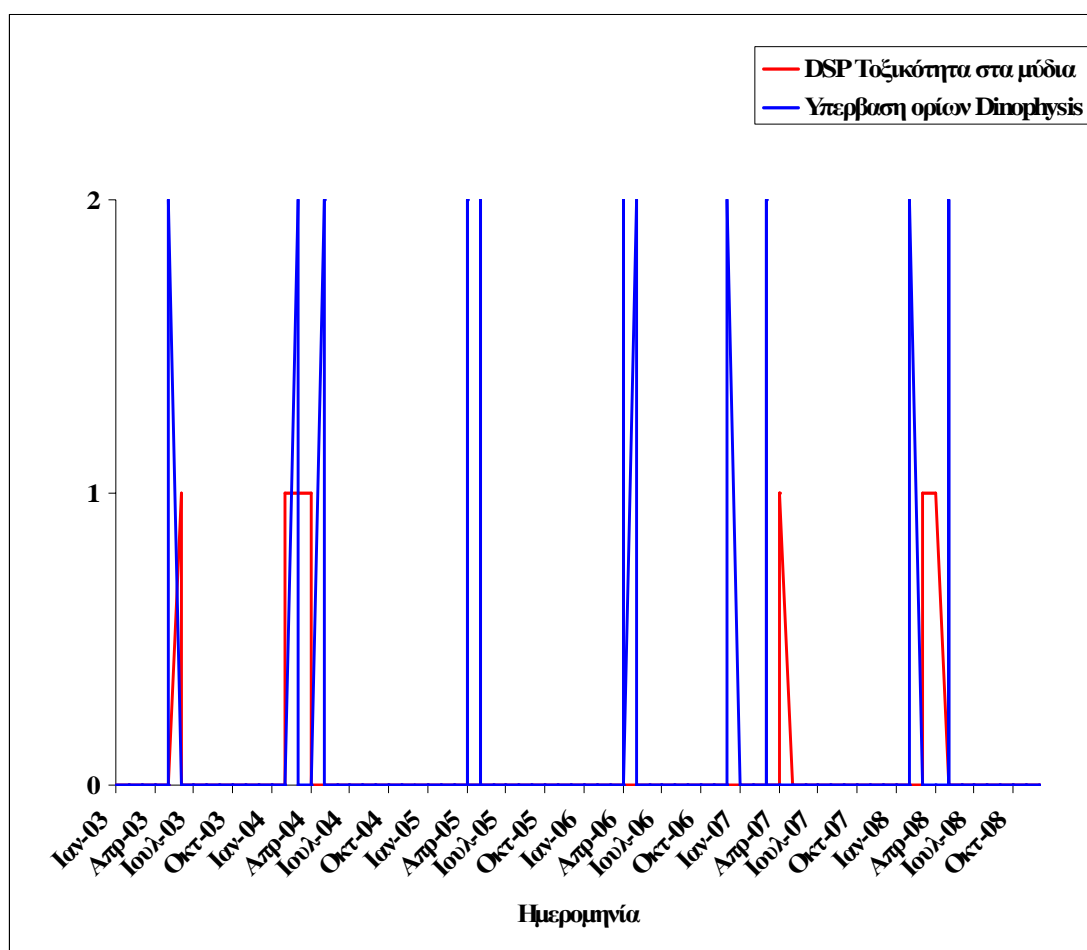
Πίνακας 6.10. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Ναζίκι (Θ4-5/M4-5).

Έτος	Χειμερινό-Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό-Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:
2003	13	51	51	---	---	---
		52	61			
2004	97	21	51	---	---	---
2005	54	111 π.ε. ¹	111 π.ε.	---	---	---
		112 π.ε.	112 π.ε.			
		32	51			
		51	52			
2006	6	42	51	---	---	---
2007	108	121 π.ε.	122 π.ε.	---	---	---
		122 π.ε.	21			
		22	32			
		42	51			
2008	153	122 π.ε.	52	---	---	---
		Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο			
	72 ± 57,7	111 π.ε.	61	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

β) Ζώνη παραγωγής Κυμίνων: Στο μοναδικό σημείο δειγματοληψίας της ζώνης αυτής (Κύμινα ΗΑ-Θ7/Μ7), κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης λήφθηκαν υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη (Εικ. 6.72 και Πιν. 6.11), χωρίς όμως να διαπιστωθεί τοξικότητα στα μύδια στα έτη 2005 και 2006. Κατά τα λοιπά υφίστανται οι ίδιες τάσεις που αναφέρθηκαν ανωτέρω για τα σημεία δειγματοληψίας της περιοχής Χαλάστρας, με τη διαφορά της αρκετά μικρότερης διάρκειας ισχύος των υγειονομικών μέτρων συγκριτικά με αυτήν, ενώ σχετικά είναι επίσης και τα στοιχεία που παρατίθενται στο επόμενο κεφάλαιο για τα σημεία δειγματοληψίας της νομαρχίας Ημαθίας, τα οποία βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με την περιοχή Κυμίνων Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 6.72. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Κύμινα (ΗΑ-Θ7/Μ7) της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 6.11. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Κύμινια (HA-Θ7/M7).

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:
2003	20	52	61	---	---	---
2004	55	22	41	---	---	---
		51	51			
2005	39	41	52	---	---	---
2006	14	42	42	---	---	---
		51	51			
2007	55	122 π.ε. ¹	11	---	---	---
		31	32			
		42	51			
2008	67	22	31	---	---	---
		31	51			
		51	52			
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	42 ± 21,2	122 π.ε.	61	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

Πίνακας 6.12. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Αγγελολοχώρι (Θ14/M14).

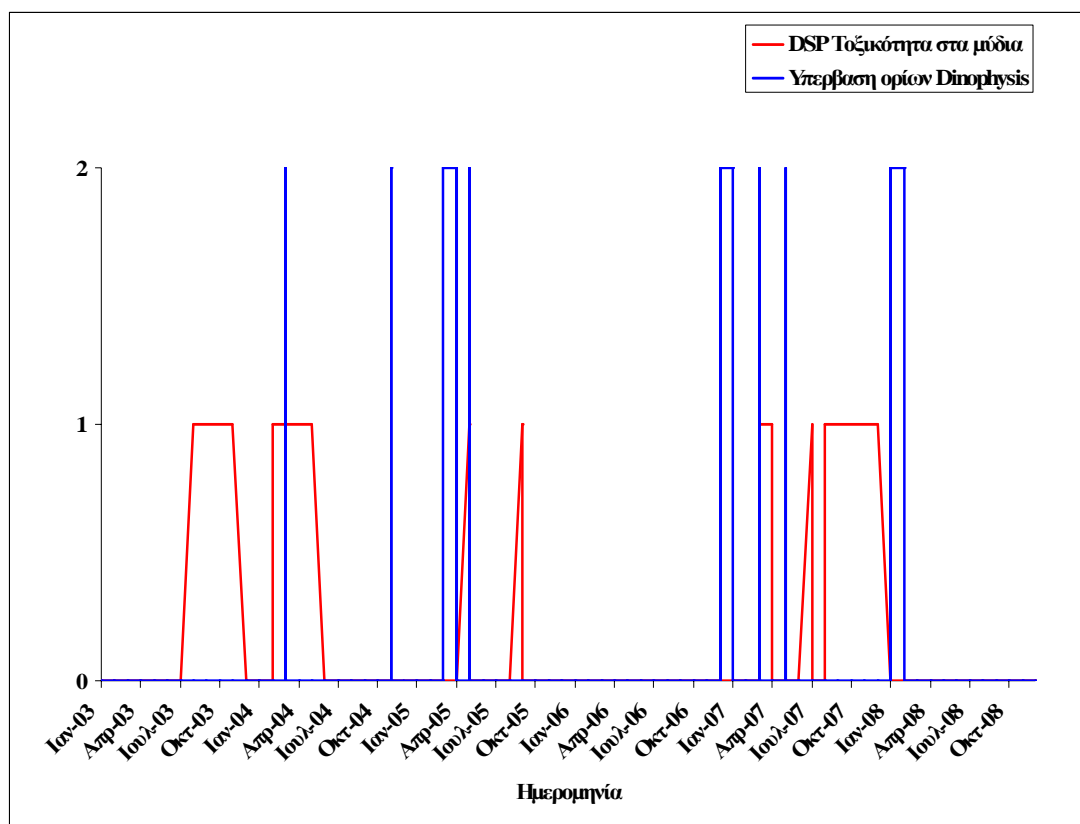
Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:
2003	---	---	---	121	81	121
2004	106	22	61	---	---	---
2005	49	111 π.ε. ¹	112 π.ε.	21	91	92
		32	41			
		41	42			
		51	52			
2006	---	---	---	---	---	---
2007	79	121 π.ε.	122 π.ε.	143	71	72
		122 π.ε.	12			
		31	42		82	11 ε.ε. ²
		52	52			
2008	42	11	12	---	---	---
		12	22			
	Μέση διάρκεια³	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	69 ± 29,4	111 π.ε.	61	95 ± 65,0	71	11 ε.ε.

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² ε.ε. : επομένου έτους.

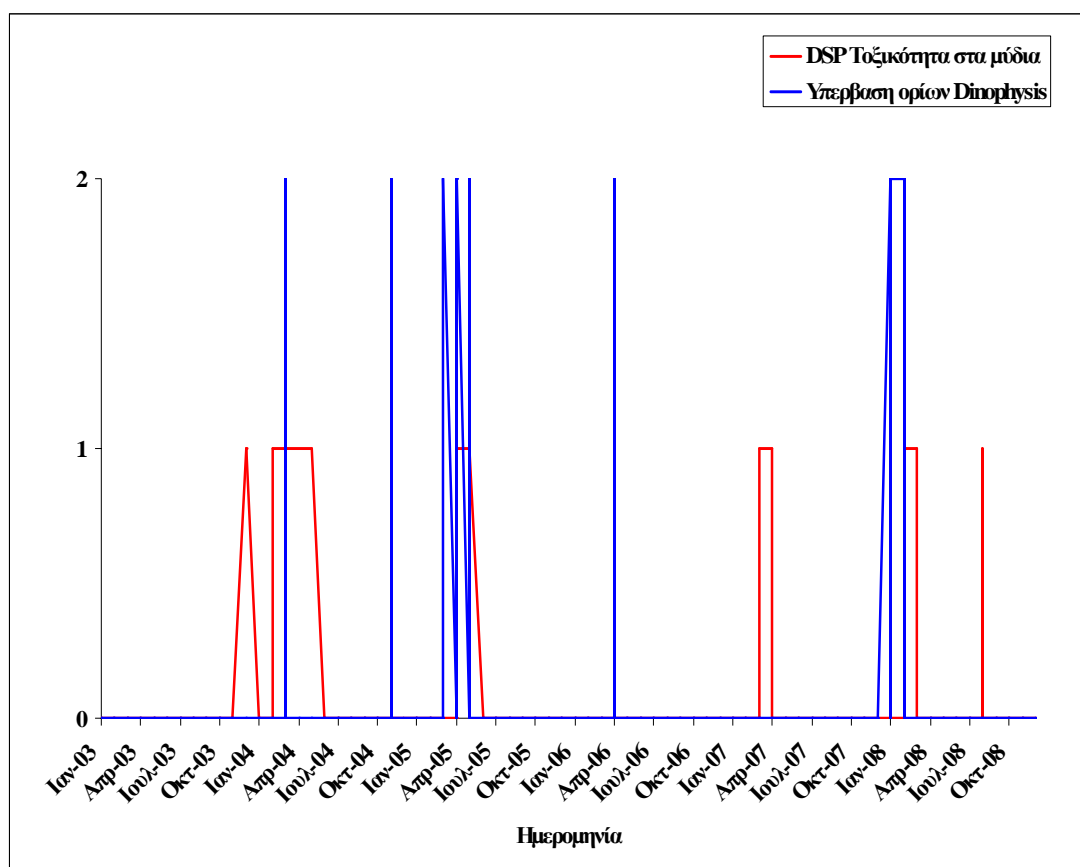
³ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

γ) **Ζώνη παραγωγής Αγγελοχωρίου:** Στο σημείο δειγματοληψίας της περιοχής αυτής (Αγγελοχώρι Θ14/M14), λήψη υγειονομικών μέτρων εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια σημειώθηκε σε όλα τα έτη μεταξύ 2003 και 2008, εκτός του 2006 (Εικ. 6.73 και Πιν. 6.12). Σε ότι αφορά τα τοξικά επεισόδια που εντοπίζονταν χρονικά στους χειμερινούς–εαρινούς μήνες, ισχύουν οι τάσεις που προαναφέρθηκαν σε όλα τα προηγούμενα σημεία δειγματοληψίας. Αντίθετα, στην περίπτωση των DSP τοξικών επεισοδίων που εμφανίζονταν σε θερινούς–φθινοπωρινούς μήνες, η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια δε συνοδεύονταν ποτέ από παρουσία αφθονιών του γένους *Dinophysis*, σε επίπεδα που να οδηγούν στη λήψη υγειονομικών μέτρων. Δε θα ήταν υπερβολή να λεχθεί, τέλος, από την άποψη της πιθανής διάρκειας των τοξικών επεισοδίων, όπως αποτυπώνονται από τα ελάχιστα και μέγιστα 15ήμερα που έχουν παρατηρηθεί κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης (Πιν. 6.12), ότι σε μία ατυχή συγκυρία, η ζώνη παραγωγής Αγγελοχωρίου θα μπορούσε να είναι ελεύθερη υγειονομικών μέτρων μόνο στο 2^ο 15ήμερο του Ιουνίου, δηλαδή να τελεί υπό απαγόρευση για 11½ μήνες στο σύνολο του έτους.



Εικόνα 6.73. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Αγγελοχώρι (Θ14/M14) της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

δ) **Ζώνη παραγωγής Επανωμής:** Στο σημείο δειγματοληψίας της περιοχής αυτής (Επανωμή Θ15/M15), λήψη υγειονομικών μέτρων εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια σημειώθηκε σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη μεταξύ 2003 και 2008 (Εικ. 6.74 και Πιν. 6.13). Σχετικά με τη χρονική εντόπιση των τοξικών επεισοδίων και την ταυτόχρονη ή μη παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια σε συνδυασμό με υπέρβαση των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*, είτε αφορά στην περίπτωση των χειμερινών–εαρινών τοξικών επεισοδίων ή σε θερινά–φθινοπωρινά τοξικά επεισόδια, ισχύουν οι ίδιες τάσεις που αναφέρθηκαν αναλυτικά για τη ζώνη παραγωγής του Αγγελοχωρίου, με μόνη διαφορά τη γενικώς βραχύτερη διάρκεια των τοξικών επεισοδίων στην περιοχή της Επανωμής.



Εικόνα 6.74. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Επανωμή (Θ15/M15) της νομαρχίας Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 6.13. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Επανωμή (Θ15/M15).

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	---	---	---	41	121	11 ε.ε. ¹
2004	97	22	61	---	---	---
2005	66	111 π.ε. ²	112 π.ε.	---	---	---
		32	41			
		41	42			
		42	61			
2006	8	42	42	---	---	---
2007	26	32	42	---	---	---
2008	61	11	11	14	81	82
		12	12			
		12	21			
		22	32			
	Μέση διάρκεια³	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	52 ± 35,0	111 π.ε.	61	28 ± 19,1	81 121	82 11 ε.ε.

¹ ε.ε. : επομένου έτους.

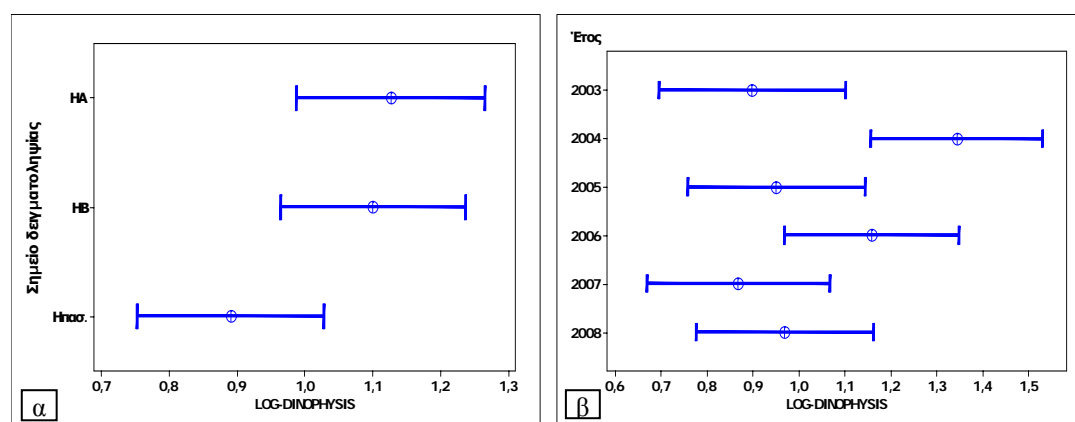
² π.ε. : προηγούμενου έτους.

³ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

6.2.3 Νομαρχία Ημαθίας

6.2.3.1 Αφθονία κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Σε ότι αφορά στη μέση συγκέντρωση κυττάρων *Dinophysis* spp. ανά λίτρο κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης, η ανάλυση διακύμανσης ANOVA ενός παράγοντα με διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου καθορισμένο στο επίπεδο του 95% καταδεικνύει ότι μεταξύ των τριών σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Ημαθίας HA, HB και Ηπασ., δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$), παρότι η αφθονία του *Dinophysis* στο σημείο Ηπασ. εμφανίζεται συγκριτικά χαμηλότερη από αυτές των υπολοίπων δύο σημείων (Εικ. 6.75α). Λόγω του γεγονότος ότι οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. στα τρία αυτά σημεία κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα, και με δεδομένη την ύπαρξη κοινών κλιματολογικών δεδομένων, οι επιδράσεις των λοιπών παραμέτρων θα μελετηθούν συγκεντρωτικά σε επίπεδο νομαρχίας. Ούτως ή άλλως, αυτή ακριβώς η προσέγγιση ακολουθείται και από τη Διεύθυνση Κτηνιατρικής της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Ημαθίας, σε ότι αφορά τη λήψη και άρση των υγειονομικών μέτρων για τις θαλάσσιες βιοτοξίνες, αφού θεωρείται ότι πρόκειται για μια ενιαία ζώνη παραγωγής (Κύμια Ημαθίας) με τρία διαφορετικά σημεία δειγματοληψίας.



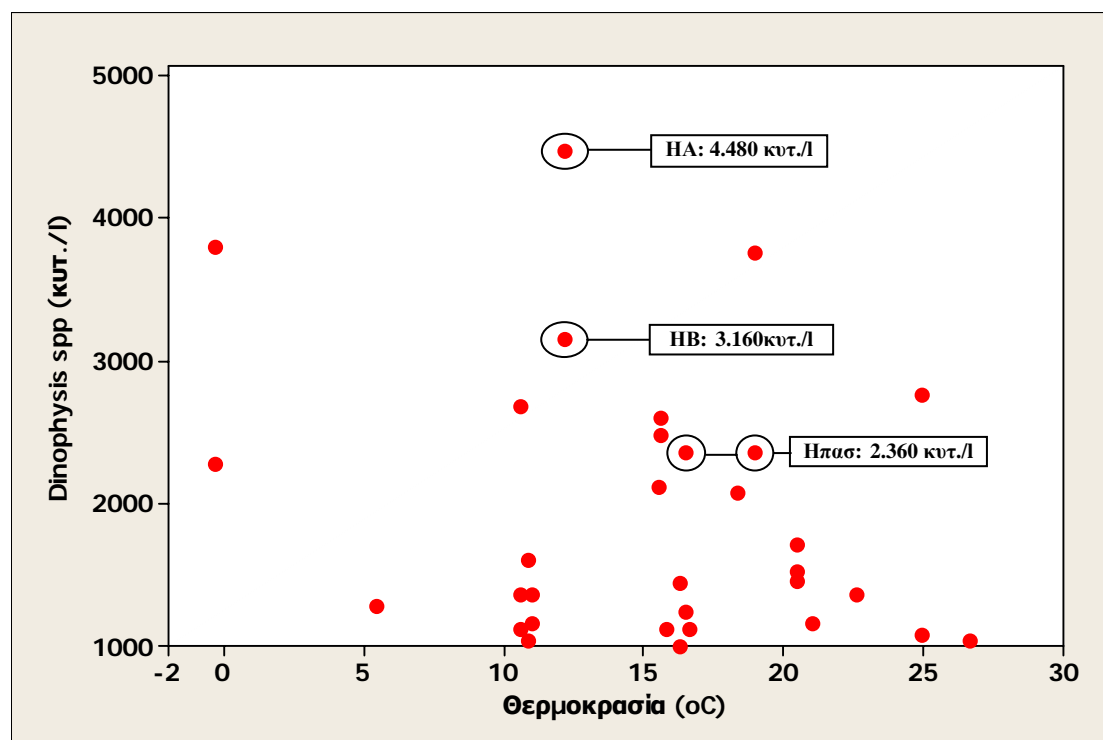
Εικόνα 6.75. Μέση αφθονία (λογαριθμημένη) των κύτταρων του γένους *Dinophysis* (α) κατά σημείο δειγματοληψίας και (β) κατ' έτος για τη νομαρχία της Ημαθίας (⊕ = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

Σε ότι αφορά την κατ' έτος μέση αφθονία των κύτταρων του γένους *Dinophysis*, είναι εμφανής η μέγιστη έξαρση του φαινομένου στο έτος 2004 (Εικ. 6.75β), κατά το οποίο καταγράφεται η μέγιστη αφθονία κύτταρων *Dinophysis* μεταξύ των 6 ετών, με στατιστικά σημαντική διαφορά ($P \leq 0,05$) από τις μέσες αφθονίες των ετών 2003, 2005 και 2007.

6.2.3.2 Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Κατά τη χρονική περίοδο 2003–2008 στη ζώνη παραγωγής της Ημαθίας, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων σε σχέση με τις κλιματολογικές παραμέτρους που μελετήθηκαν καταγράφηκαν ως ακολούθως:

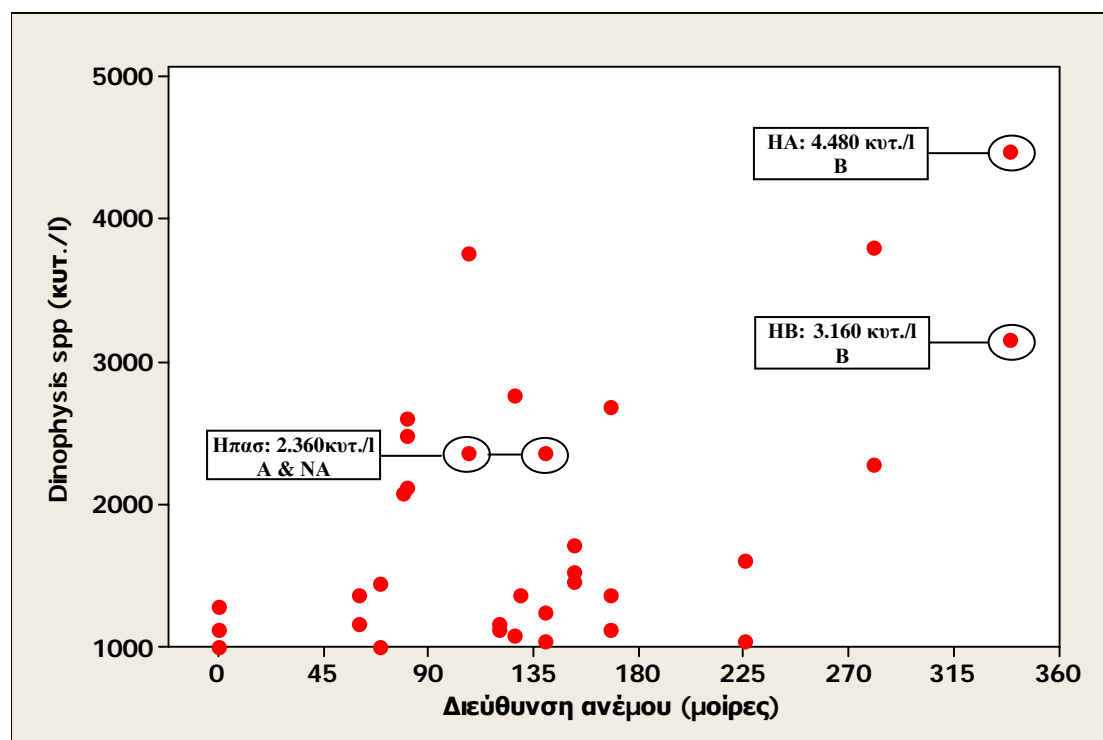
α) Θερμοκρασία: Κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l), καταγράφηκαν με μεγαλύτερη συχνότητα στο θερμοκρασιακό εύρος μεταξύ 11–20°C, με ακραίες τιμές τους 0°C και τους 27°C. Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. που σημειώθηκαν κατά σημείο δειγματοληψίας ήταν: ΗΑ: 4.480 κυτ./l στους 12°C, ΗΒ: 3.160 κυτ./l στους 12°C και Ηπασ.: 2.360 κυτ./l στους 16°C και 19°C (Εικ. 6.76).



Εικόνα 6.76. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.

β) Διεύθυνση ανέμου: Οι υπερβάσεις των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) των αφθονιών του *Dinophysis* spp. καταγράφηκαν με όλες τις πιθανές επικρατούσες διευθύνσεις ανέμων καθώς και με νηνεμία (Εικ. 6.77). Οι μέγιστες αφθονίες κατά σημείο δειγματοληψίας παρατηρήθηκαν σε συνδυασμό με Β επικρατούσα διεύθυνση ανέμου για τα σημεία ΗΑ και ΗΒ (4.480 κυτ./l. και 3.160

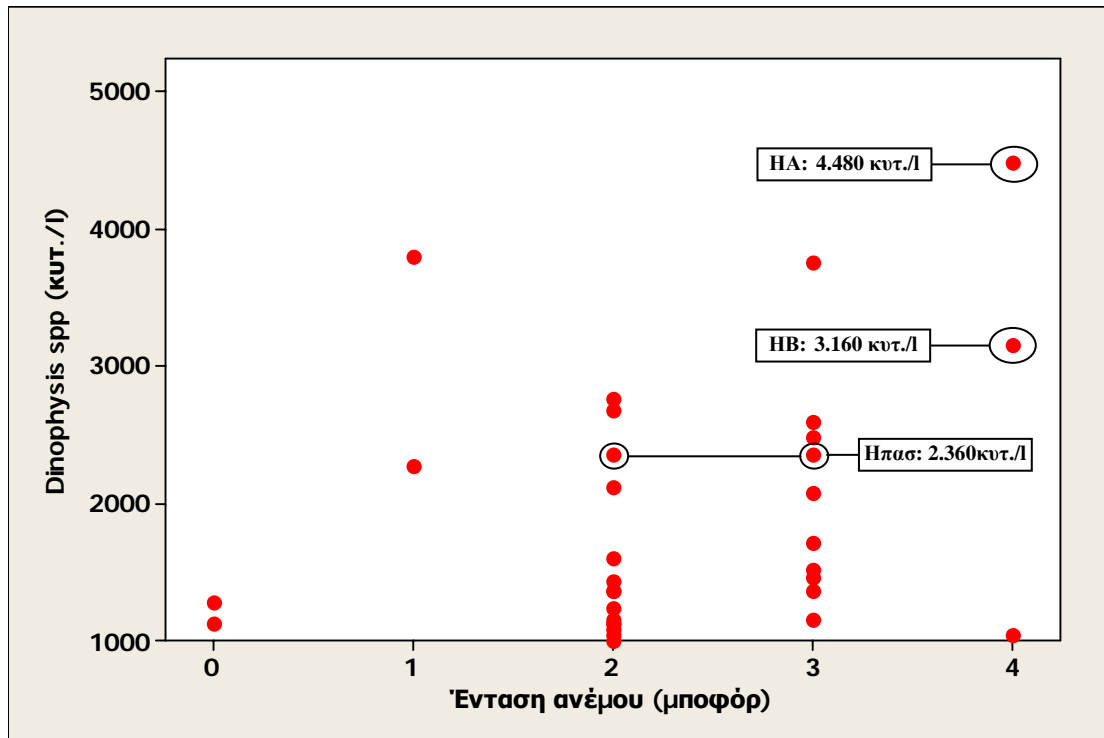
κυτ./l, αντίστοιχα), ενώ στο σημείο Ηπασ. η μέγιστη συγκέντρωση των 2.360 κυτ./l σημειώθηκε δύο φορές, με επικρατούσες διευθύνσεις άνεμου τις Α και ΝΑ.



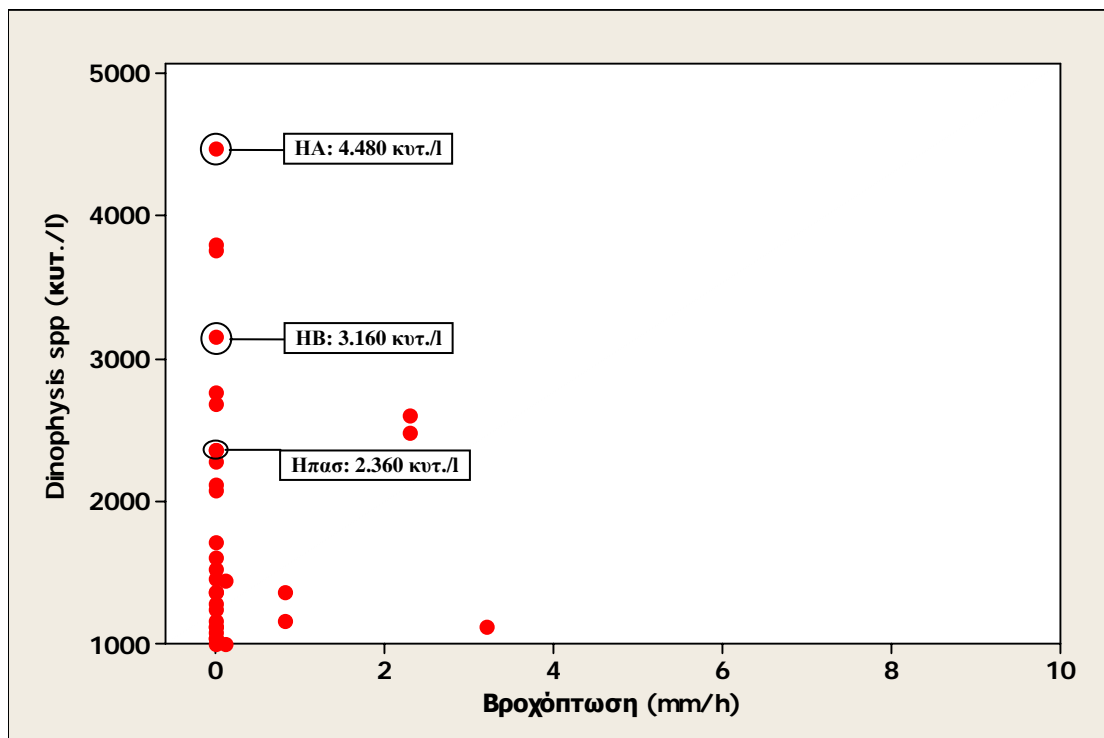
Εικόνα 6.77. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου στη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.

γ) Ένταση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. ανώτερες των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) καταγράφηκαν σε συνδυασμό με εντάσεις ανέμων που κυμαίνονταν από άπνοια έως και 4 μποφόρ, με την υψηλότερη συχνότητα να εμφανίζεται στα 2 μποφόρ (Εικ. 6.78). Οι μέγιστες συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. στα επιμέρους σημεία δειγματοληψίας παρατηρήθηκαν για τα σημεία ΗΑ και ΗΒ (4.480 κυτ./l. και 3.160 κυτ./l, αντίστοιχα) όταν έπνεαν άνεμοι εντάσεως 4 μποφόρ, ενώ στο σημείο Ηπασ. η μέγιστη συγκέντρωση των 2.360 κυτ./l σημειώθηκε δύο φορές σε συνδυασμό με εντάσεις ανέμου 2 και 3 μποφόρ.

δ) Βροχόπτωση: Οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) συνέπιπταν κατά κύριο λόγο με πλήρη ανομβρία, και σε πολύ μικρότερο βαθμό με ήπια έως μέτρια βροχόπτωση (Εικ. 6.79). Οι μέγιστες συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. και στα τρία σημεία δειγματοληψίας (ΗΑ: 4.480 κυτ./l, ΗΒ: 3.160 κυτ./l και Ηπασ.: 2.360 κυτ./l) σημειώθηκαν σε συνδυασμό με πλήρη ανομβρία.



Εικόνα 6.78. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με την ένταση του ανέμου στη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.

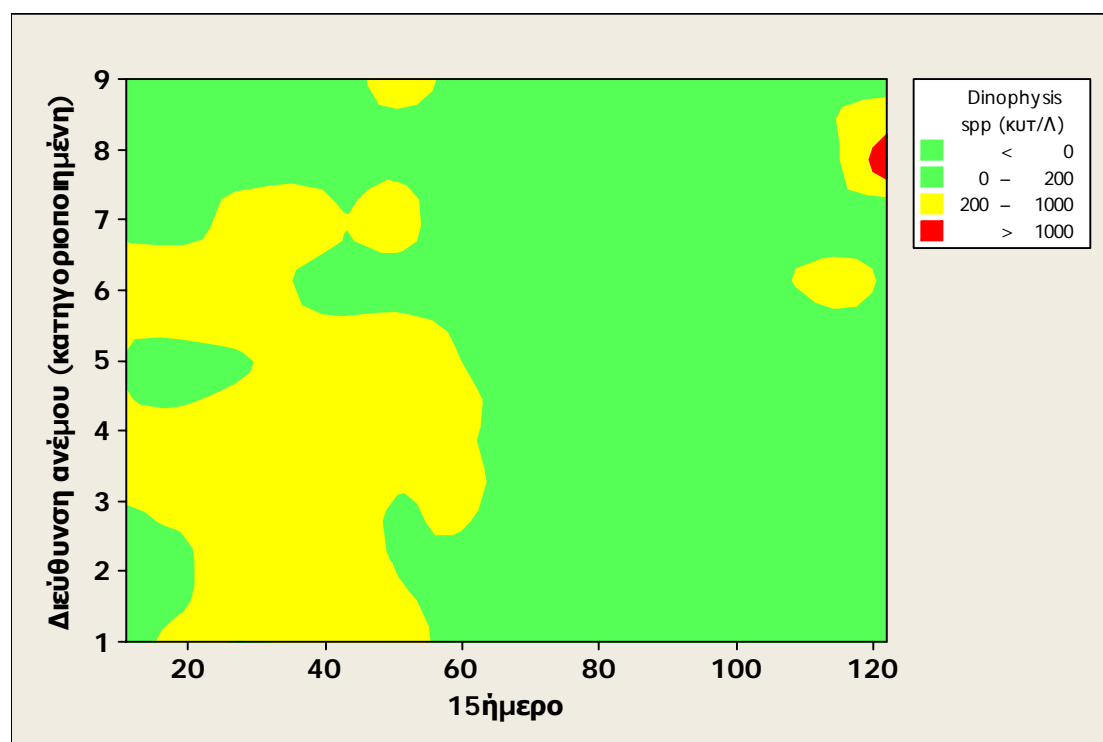


Εικόνα 6.79. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με το ύψος βροχόπτωσης στη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.

6.2.3.3 Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*.

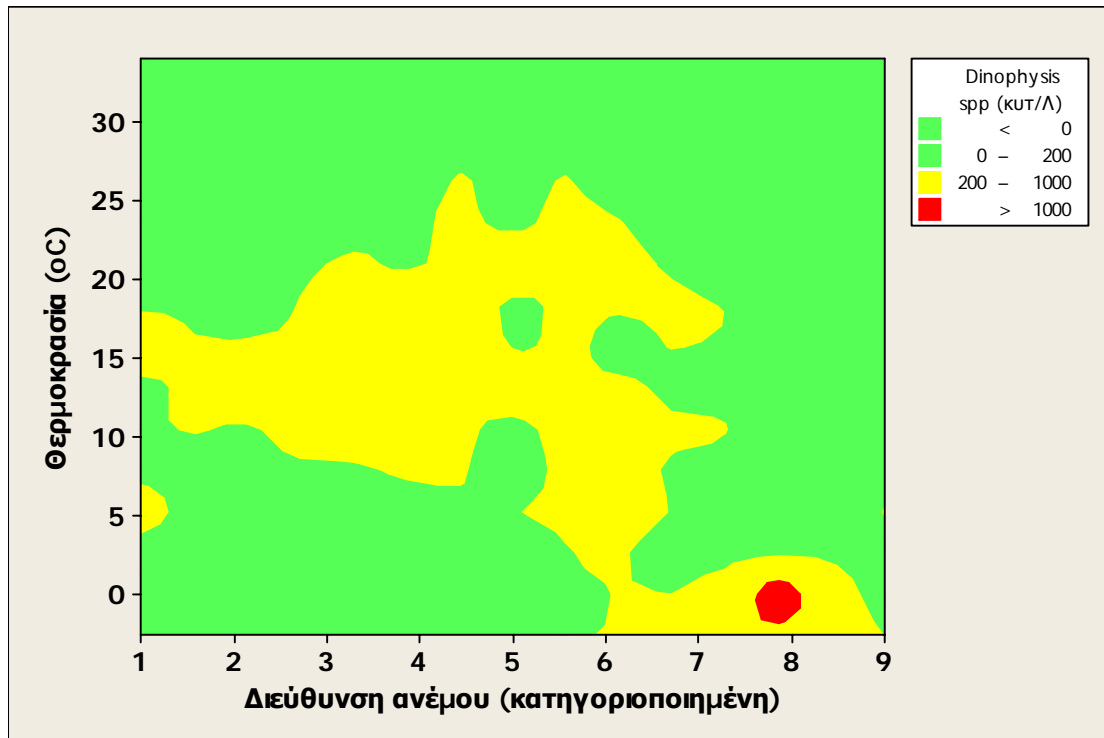
Στη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας, η μελέτη της αλληλεπίδρασης των παραμέτρων στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. κατά τη χρονική περίοδο 2003–2008 συμπεριλαμβάνει, όπου κρίνεται απαραίτητο, εκτός από τις αφθονίες του που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων και αυτές που ήταν εντός των ορίων επαγρύπνησης. Οι αλληλεπιδράσεις των παραμέτρων που παρουσιάζουν κάποια ενδιαφέρουσα τάση αναλύονται ως ακολούθως:

α) Διεύθυνση ανέμου και χρονική περίοδος του έτους: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l, παρατηρήθηκαν προς το τέλος του έτους, το μήνα Δεκέμβριο σε συνδυασμό με Δ επικρατούσα διεύθυνση ανέμου (Εικ. 6.80). Από την άλλη μεριά, συγκεντρώσεις εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l) σημειώθηκαν μεταξύ Νοεμβρίου και Ιουνίου, χωρίς όμως να ακολουθούν κάποια ιδιαίτερη τάση ως προς την επικρατούσα διεύθυνση ανέμου.

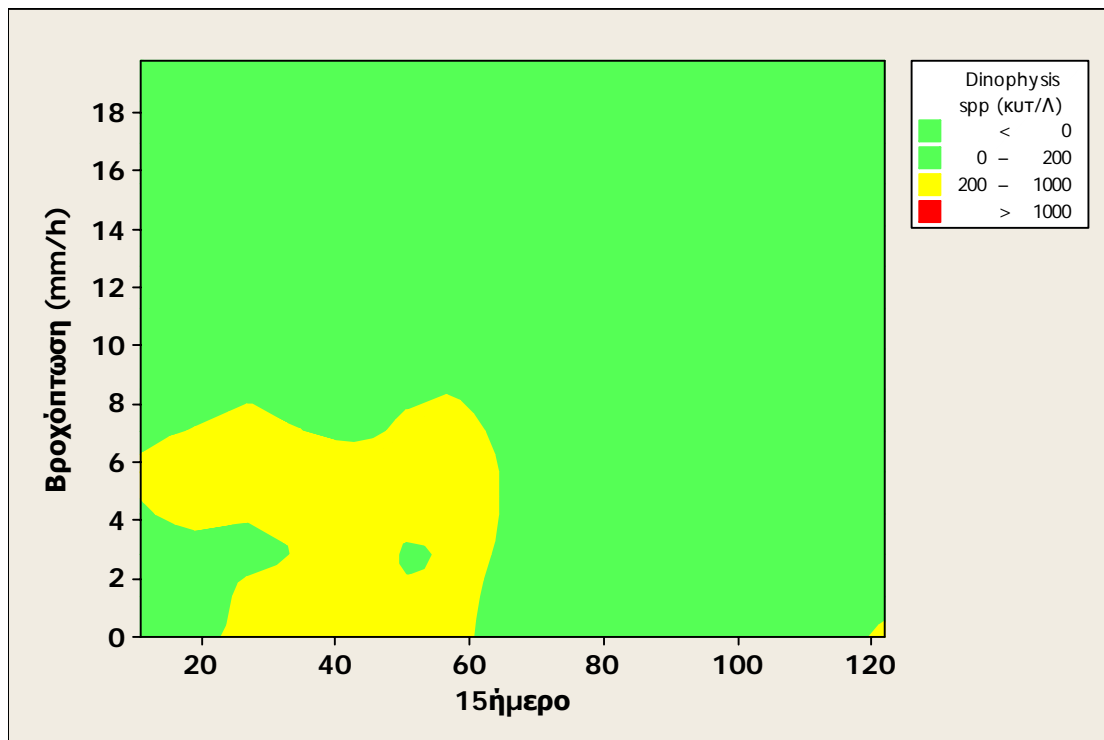


Εικόνα 6.80. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.

β) Θερμοκρασία και διεύθυνση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l στη νομαρχία Ημαθίας εμφανίζονται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες στην περιοχή των 0°C σε συνδυασμό με επικρατούσα διεύθυνση ανέμου Δ (Εικ. 6.81).



Εικόνα 6.81. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.

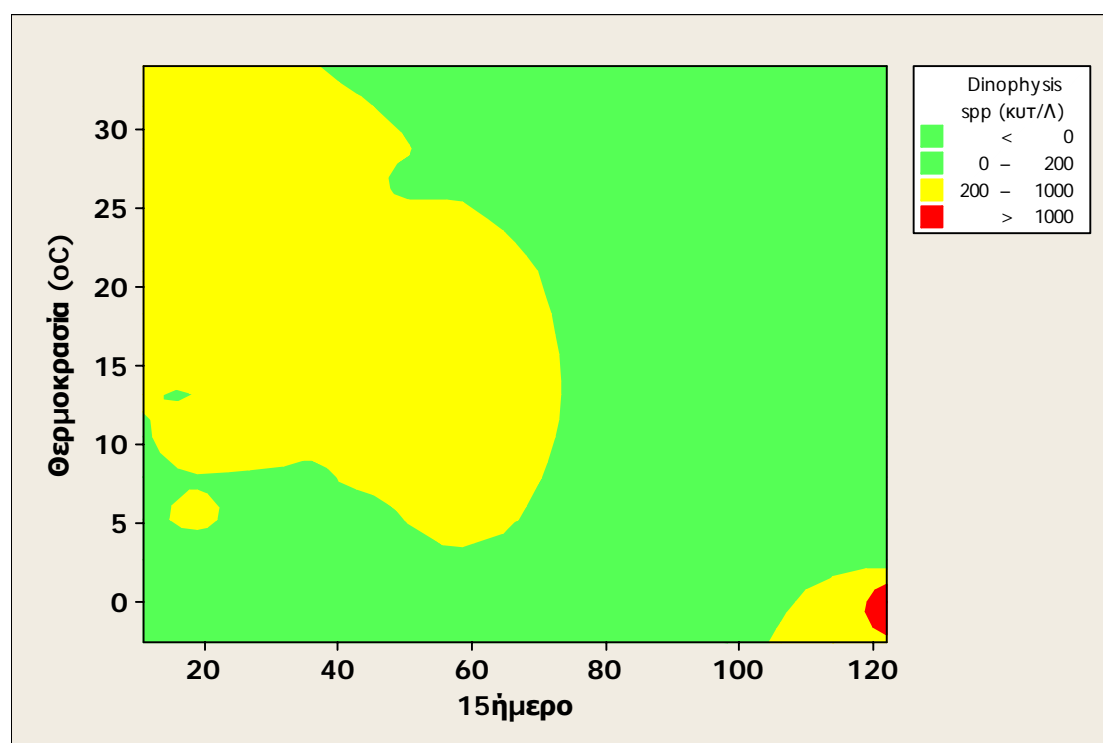


Εικόνα 6.82. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη βροχόπτωση και το 15ήμερο του έτους για τη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.

γ) **Βροχόπτωση και χρονική περίοδος του έτους:** Δεν καταγράφηκε υπέρβαση των 1.000 κυτ./l *Dinophysis* spp. σε κάποιο ιδιαίτερο συνδυασμό των δύο

παραμέτρων. Εντούτοις, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l) σημειώθηκαν στο χρονικό διάστημα από Δεκέμβριο έως Ιούνιο σε συνθήκες βροχόπτωσης που κυμαίνονταν από ανομβρία έως και έντονη βροχόπτωση (Εικ. 6.82).

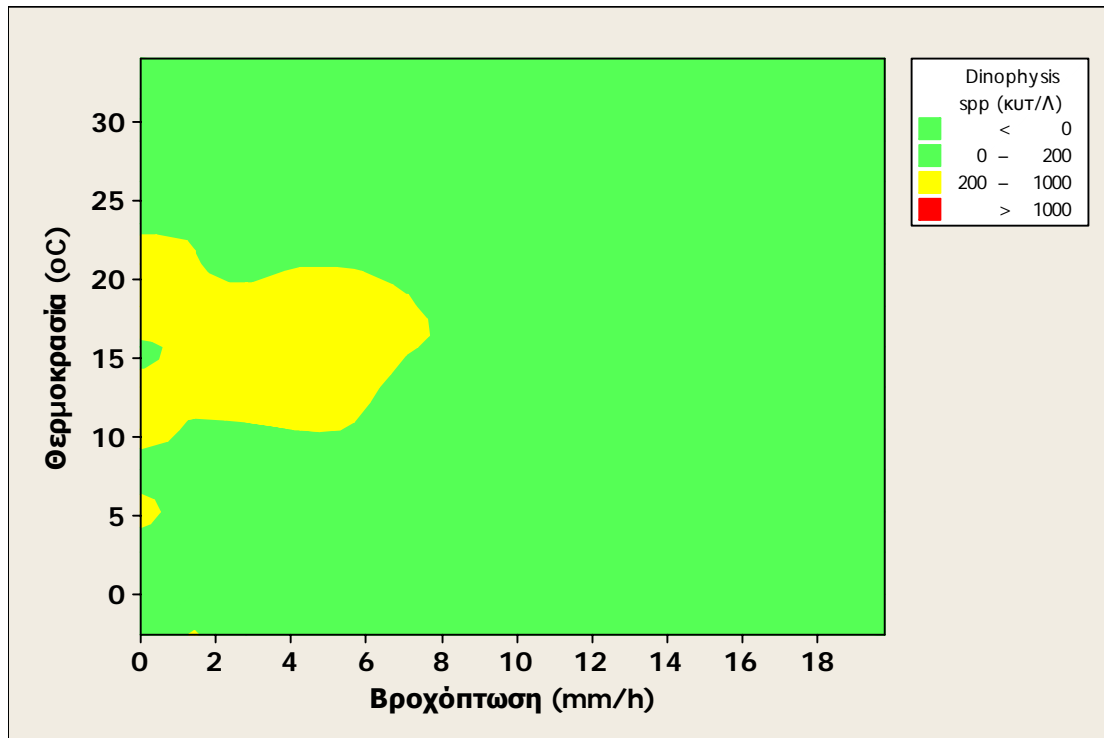
δ) **Θερμοκρασία και χρονική περίοδος του έτους:** Οι συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν το μήνα Δεκέμβριο σε συνδυασμό με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες μεταξύ -2°C και 1°C (Εικ. 6.83).



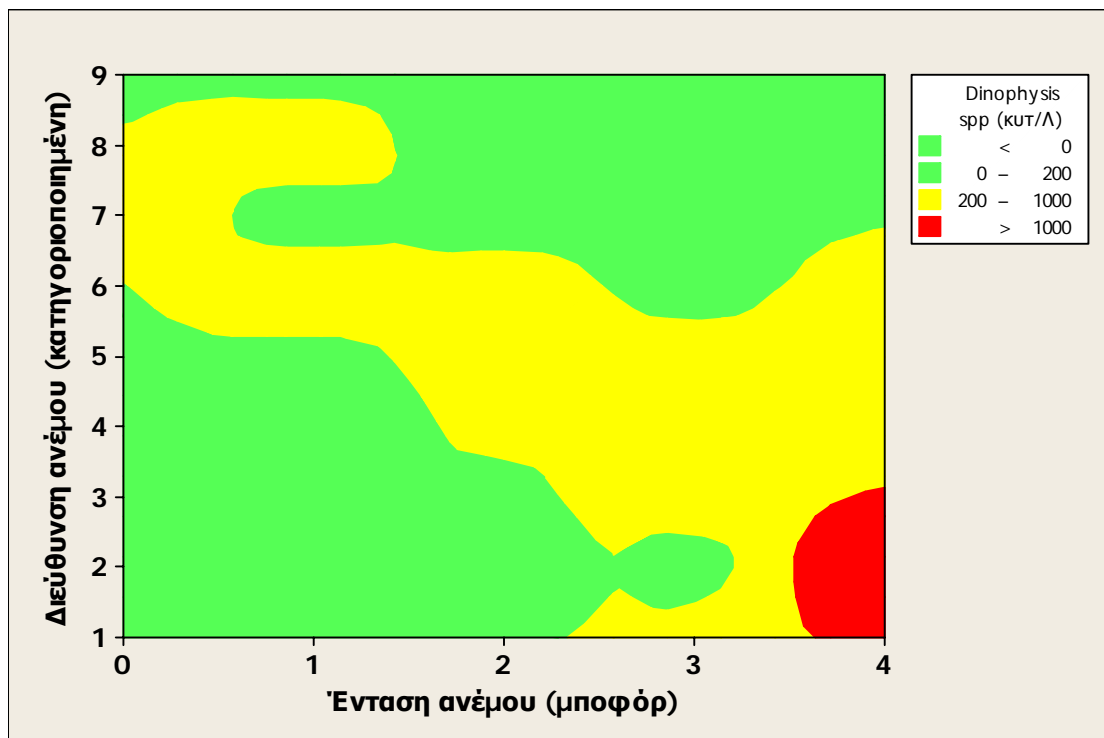
Εικόνα 6.83. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους για τη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.

ε) **Θερμοκρασία και βροχόπτωση:** Παρ' ότι δε σημειώθηκε υπέρβαση των 1.000 κυτ./l *Dinophysis* spp. σε κάποιο ιδιαίτερο συνδυασμό των δύο παραμέτρων, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l) έτειναν να εμφανίζονται αφενός σε θερμοκρασίες $4-6^{\circ}\text{C}$ με ανομβρία και αφετέρου στο θερμοκρασιακό εύρος μεταξύ $9-23^{\circ}\text{C}$ σε συνθήκες που κυμαίνονταν από ανομβρία έως έντονη βροχόπτωση (Εικ. 6.84).

στ) **Διεύθυνση ανέμου και ένταση ανέμου:** Υπέρβαση των 1.000 κυτ./l του *Dinophysis* spp. σημειώθηκε με ανέμους σχεδόν μέτριους σε ένταση (4 μποφόρ) που έπνεαν κυρίως από Β και ΒΔ διευθύνσεις (Εικ. 6.85).



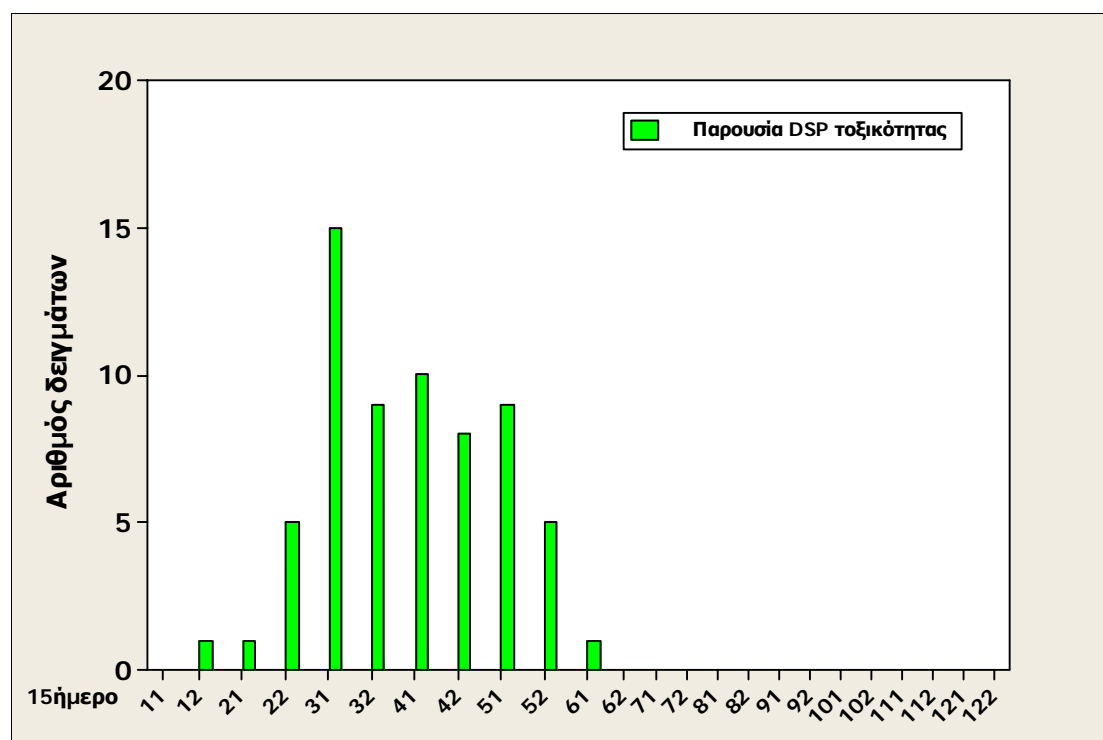
Εικόνα 6.84. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης για τη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.



Εικόνα 6.85. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με την ένταση και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας.

6.2.3.4 Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια

Η περίοδος κατά την οποία παρατηρείται DSP τοξικότητα στα μύδια της ζώνης παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας εντοπίζεται χρονικά μεταξύ του δεύτερου 15ημέρου του Ιανουαρίου και του πρώτου 15ημέρου του Ιουνίου, με μεγαλύτερη έξαρση στους εαρινούς μήνες και κυρίως το Μάρτιο. Κατά το χρονικό διάστημα που αφορά στην παρούσα μελέτη (2003-2008) δεν έχουν καταγραφεί ποτέ επεισόδια θερινής τοξικότητας (Εικ. 6.86).

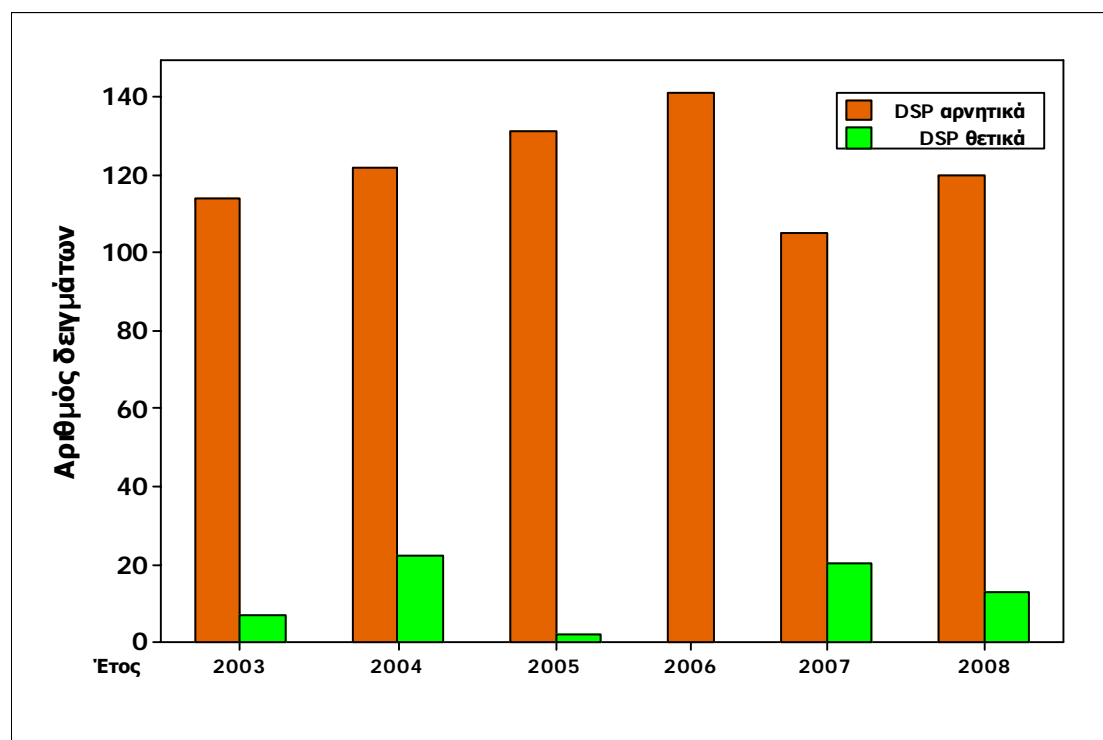


Εικόνα 6.86. Διασπορά των DSP θετικών δειγμάτων κατά τη διάρκεια του έτους στη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης.

6.2.3.5 Χρονικές περιόδους με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008

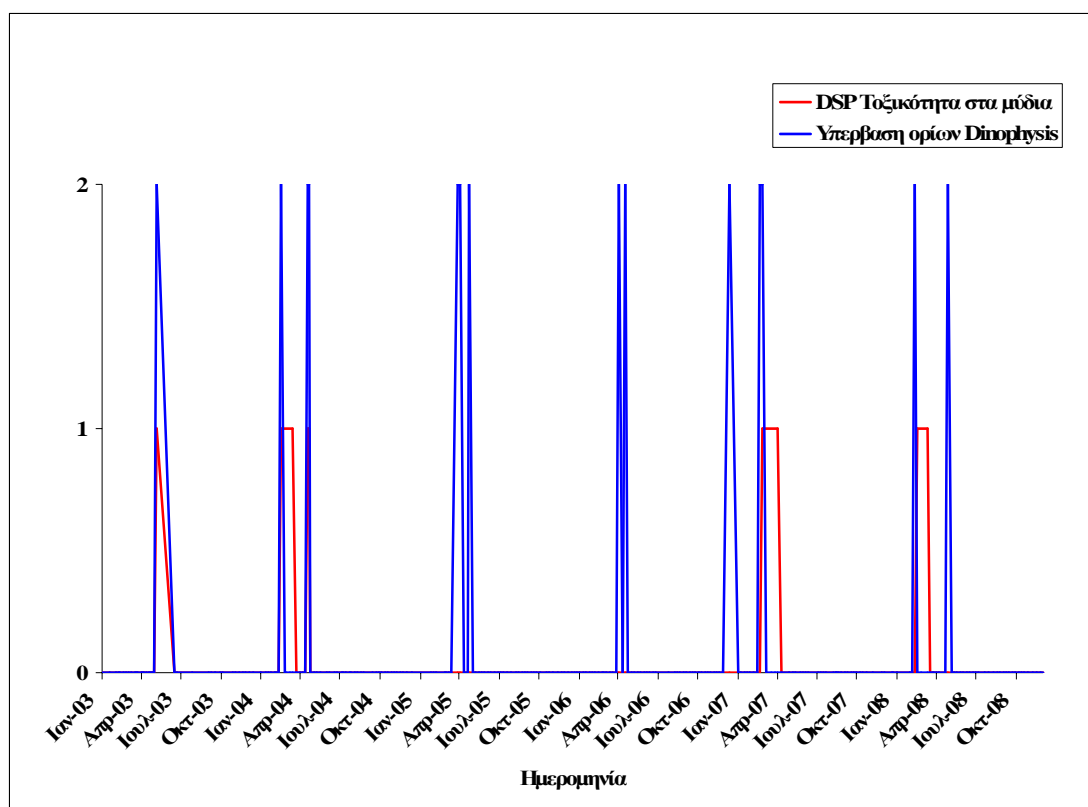
Τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν στη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας μεταξύ των ετών 2003-2008, και τα οποία συνοδεύτηκαν από αντίστοιχη παρουσία τοξικότητας στα μύδια, εντοπίζονται χρονικά σε όλα τα έτη εκτός από το 2006. Πιο έντονα εμφανίζονται τα τοξικά επεισόδια των ετών 2004 και 2007, στα οποία παρατηρούνται οι υψηλότερες αναλογίες θετικών/αρνητικών δειγμάτων (Εικ. 6.87). Τα τρία σημεία δειγματοληψίας που έχουν οριστεί στη ζώνη παραγωγής των Κυμίνων Ημαθίας – Η10 (ΗΑ), Η40 (ΗΒ) και Π48 (Ηπασ.) – εξετάζονται μεν μεμονωμένα σε εργαστηριακό επίπεδο, αλλά οδηγούν συνδυαστικά στη λήψη υγειονομικών μέτρων, επειδή ακριβώς αποτελούν σημεία ελέγχου της ίδιας ζώνης παραγωγής. Τα σημεία αυτά θα αναλυθούν ξεχωριστά, ώστε να αποτυπωθεί το ακριβές ιστορικό της DSP τοξικότητάς τους, τονίζεται όμως ότι από κανονιστικής

πλευράς, η πραγματική περίοδος ισχύος υγειονομικών μέτρων για την περιοχή αυτή είναι η μέγιστη που προκύπτει από το συνδυασμό των αντίστοιχων περιόδων των τριών επιμέρους σημείων δειγματοληψίας.



Εικόνα 6.87. Χρονική κατανομή κατ' έτος των DSP αρνητικών και θετικών δειγμάτων μυδιών στη ζώνη παραγωγής της νομαρχίας Ημαθίας στα έτη 2003-2008.

i) H10 (HA): Υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη μεταξύ 2003 και 2008 (Εικ. 6.88 και Πιν. 6.14), χωρίς όμως να ανιχνευθεί τοξικότητα στα μύδια στα έτη 2005 και 2006. Όλα τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν στο σημείο αυτό σχετίζονταν με τοξίνες του γένους *Dinophysis* και παρουσίαζαν τη μέγιστη έντασή τους κυρίως σε χειμερινούς-εαρινούς μήνες (Ιανουάριο-Μάιο). Η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια, ακολουθούσε ή συνέπιπτε πάντοτε χρονικά με λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*.



Εικόνα 6.88. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας H10 (HA) της νομαρχίας Ημαθίας.

Πίνακας 6.14. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας H10 (HA).

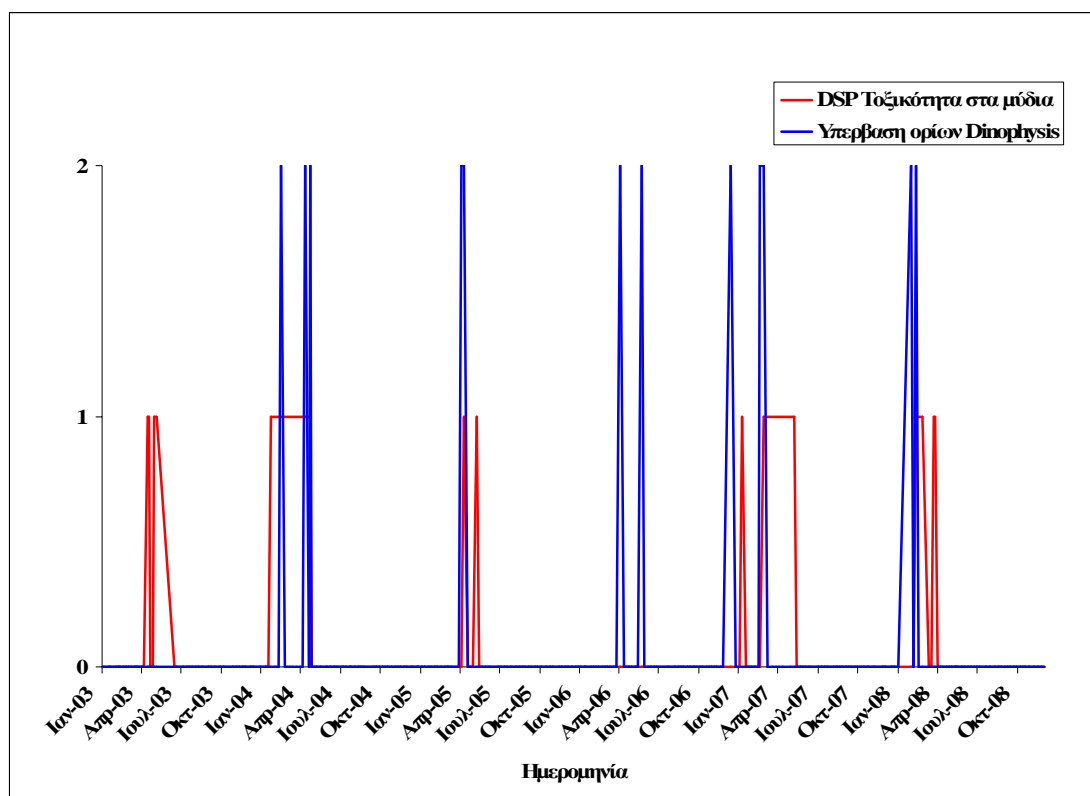
Έτος	Χειμερινό-Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό-Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	42	52	71	---	---	---
2004	40	31	41	---	---	---
		51	51			
2005	34	41	52	---	---	---
2006	14	42	42	---	---	---
		51	51			
2007	62	122 π.ε. ¹	11	---	---	---
		31	42			
2008	41	22	41	---	---	---
		51	52			
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	39 ± 15,4	122 π.ε.	71	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

ii) H40 (HB): Και σ' αυτό το σημείο, υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη μεταξύ 2003 και 2008 (Εικ. 6.89 και Πιν. 6.15), χωρίς όμως να ανιχνευθεί τοξικότητα στα μύδια μόνο στο έτος 2006. Σε ότι

αφορά στη χρονική εντόπιση των τοξικών επεισοδίων, όσο και στην ταυτόχρονη ή μη παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια και στην υπέρβαση των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis* spp., ίσχυσαν παρόμοιες τάσεις όπως αυτές που αναλύθηκαν ανωτέρω για το σημείο H10 (HA). Εξαιρέση αποτέλεσε το έτος 2003, κατά το οποίο, παρά την εμφάνιση DSP τοξικότητας στα μύδια, οι αφθονίες του *Dinophysis* δεν υπερέβησαν τα 1.000 κυτ./l αλλά παρέμειναν στα επίπεδα των κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης.



Εικόνα 6.89. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας H40 (HB) της νομαρχίας Ημαθίας.

iii) Π48 (Ηπασ.): Υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη μεταξύ 2003 και 2008 (Εικ. 6.90 και Πιν. 6.16), χωρίς όμως να ανιχνευθεί τοξικότητα στα μύδια στα έτη 2004, 2005 και 2006. Και σ' αυτό το σημείο υφίστανται παρόμοιες τάσεις με αυτές των δύο προηγούμενων σημείων, σχετικά με τη χρονική εντόπιση των τοξικών επεισοδίων, ενώ είναι εμφανής μια αρκετά βραχύτερη μέση διάρκειά τους. Σε ότι αφορά όμως την ταυτόχρονη ή μη παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια σε συνδυασμό με υπέρβαση των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis* spp., υφίστανται δύο ιδιαιτερότητες. Υπέρβαση των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων του *Dinophysis* σε συνδυασμό με παρουσία

DSP τοξικότητας σημειώθηκε μόνο στα έτη 2003 και 2008, ενώ στο έτος 2007, παρά τη σχετικά μακρά περίοδο τοξικότητας στα μύδια, οι αφθονίες του *Dinophysis* δεν υπερέβησαν ποτέ τα 1.000 κυτ./l αλλά παρέμεναν συνεχώς στα επίπεδα των κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης.

Πίνακας 6.15. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας H40 (HB).

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	54	42	51	---	---	---
		51	71			
2004	91	21	51	---	---	---
2005	24	42	51	---	---	---
		52	52			
2006	16	42	42	---	---	---
		61	61			
2007	96	122 π.ε. ¹	11	---	---	---
		31	52			
2008	49	21	32	---	---	---
		41	41			
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	55 ± 33,2	122 π.ε.	71	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

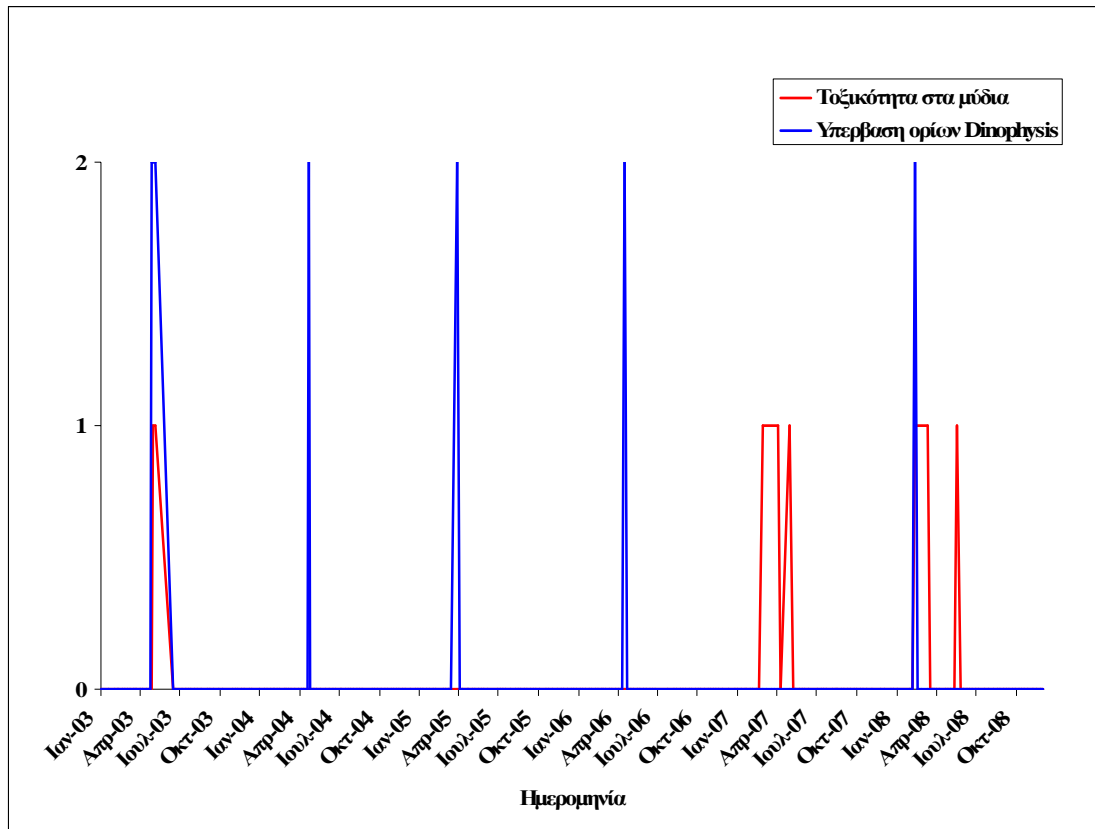
² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

Πίνακας 6.16. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Π48 (Ηπασ.).

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	50	51	71	---	---	---
2004	3	51	51	---	---	---
2005	6	41	42	---	---	---
2006	6	51	51	---	---	---
2007	50	31	42	---	---	---
		51	52			
2008	43	22	41	---	---	---
		61	61			
	Μέση διάρκεια¹	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	26 ± 23,5	22	71	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

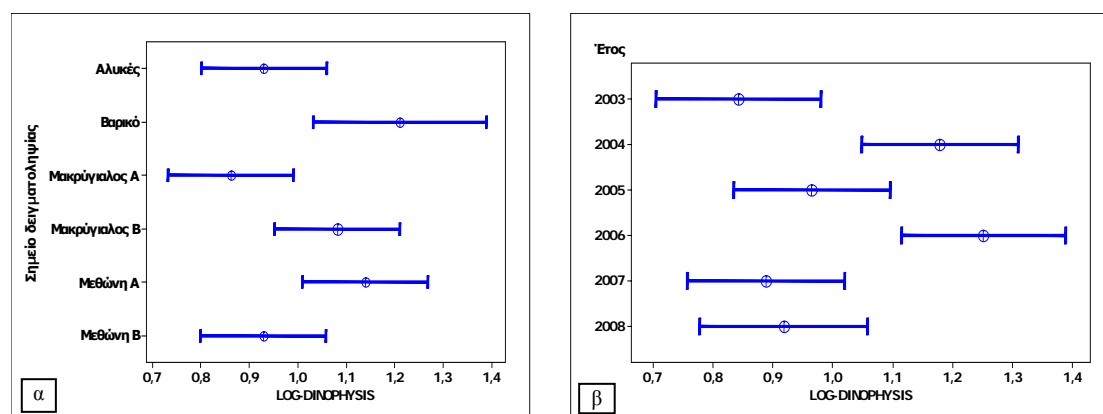


Εικόνα 6.90. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Π48 (Ηπασ.) της νομαρχίας Ημαθίας.

6.2.4 Νομαρχία Πιερίας

6.2.4.1 Αφθονία κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Σε ότι αφορά στη μέση συγκέντρωση κυττάρων *Dinophysis* spp. ανά λίτρο στις τέσσερις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης, η ανάλυση διακύμανσης ANOVA ενός παράγοντα με διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου καθορισμένο στο επίπεδο του 95% καταδεικνύει ότι οι διαφορές που υφίστανται δεν είναι στατιστικά σημαντικές ($P > 0,05$) είτε μεταξύ των επιμέρους σημείων δειγματοληψίας της ίδιας ζώνης παραγωγής (Μακρύγιαλος Α και Μακρύγιαλος Β, Μεθώνη Α και Μεθώνη Β) ή συνολικά μεταξύ των διαφορετικών ζωνών παραγωγής [Αθερίδα Αλυκών Κίτρους (Αλυκές), Μακρύγιαλος, Μεθώνη και Βαρικό Λιτοχώρου (Εικ. 6.91α)].



Εικόνα 6.91. Μέση αφθονία (λογαριθμημένη) των κυττάρων του γένους *Dinophysis* (α) κατά σημείο δειγματοληψίας και (β) κατ' έτος για τη νομαρχία της Πιερίας (⊕ = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

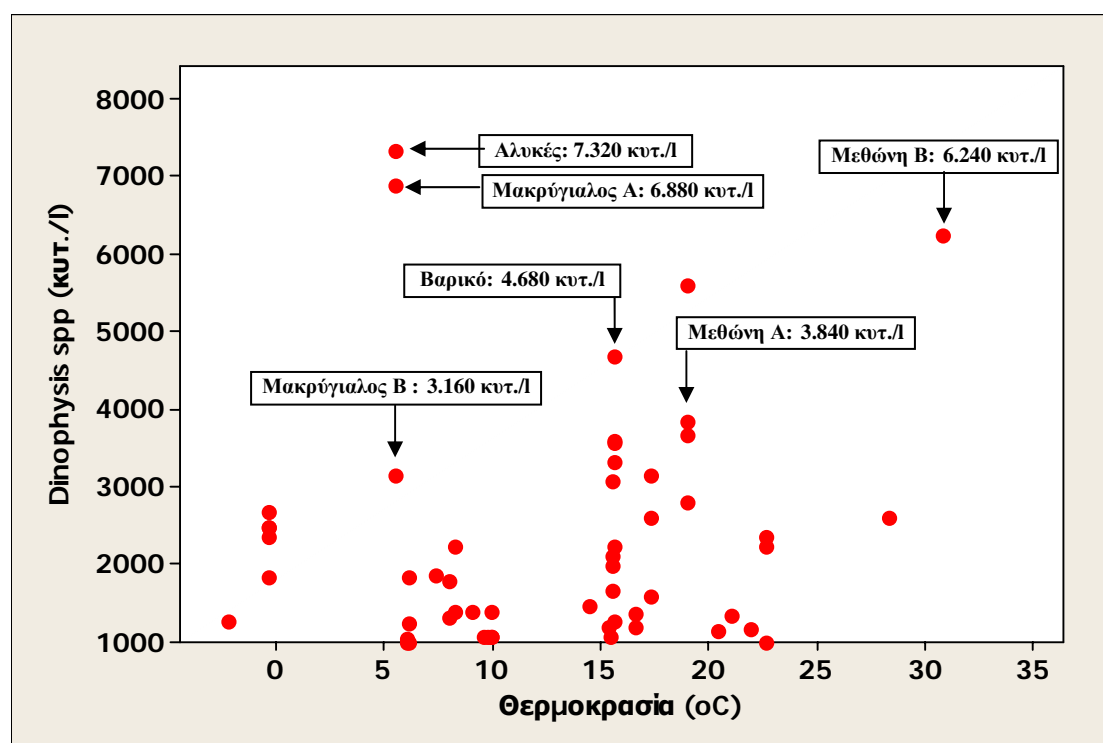
Με την ίδια στατιστική μέθοδο διερευνήθηκε και η κατ' έτος μέση αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*. Οι μέγιστες εξάρσεις της εντοπίζονται χρονικά στα έτη 2006 και 2004, οι οποίες εμφανίζουν, κατά περίπτωση, στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P \leq 0,05$) με τις αρκετά χαμηλότερες αφθονίες που σημειώθηκαν στα έτη 2003, 2005, 2007 και 2008 (Εικ. 6.91β).

6.2.4.2 Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Κατά τη χρονική περίοδο 2003–2008 στις ζώνες παραγωγής της Πιερίας, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων σε σχέση με τις κλιματολογικές παραμέτρους που μελετήθηκαν καταγράφηκαν ως ακολούθως:

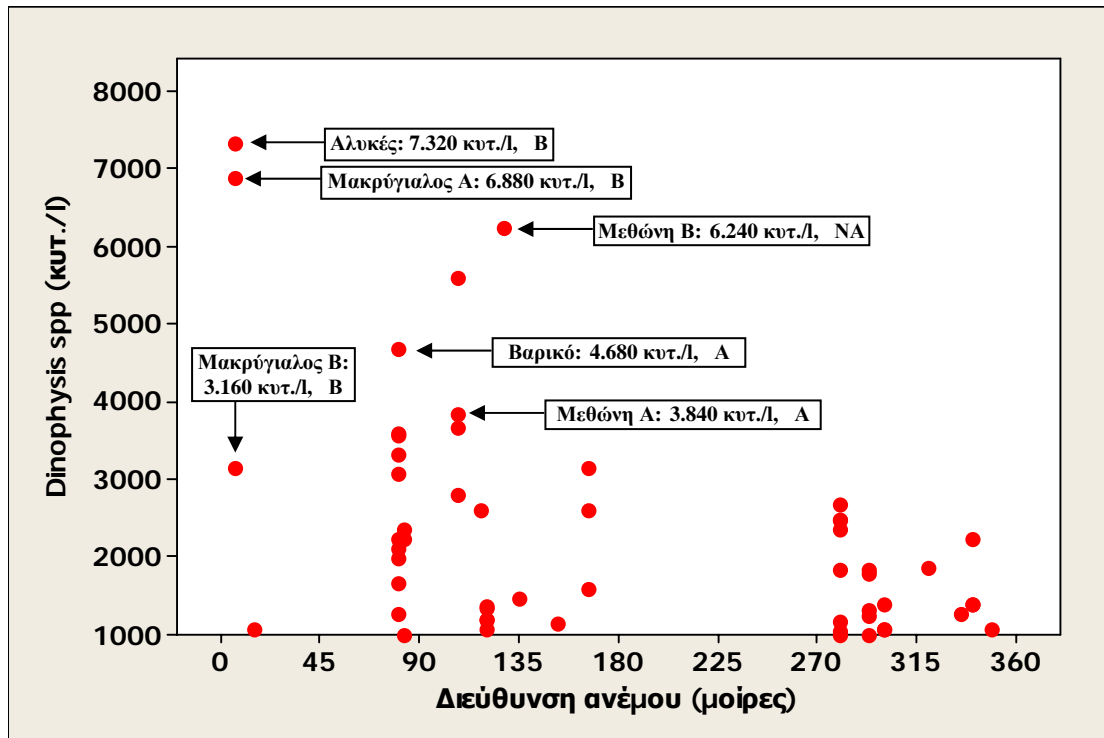
α) Θερμοκρασία: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σημειώθηκαν με μεγαλύτερη

συχνότητα σε θερμοκρασίες μεταξύ 6-19°C, με ακραίες τιμές τους -2°C και τους 31°C (Εικ. 6.92). Οι μέγιστες αφθονίες σημειώθηκαν με θερμοκρασία 6°C για τα σημεία δειγματοληψίας Αλυκές, Μακρύγιαλος Α και Μακρύγιαλος Β (7.320 κυτ./l, 6.880 κυτ./l και 3.120 κυτ./l, αντίστοιχα), στους 16°C για το Βαρικό Λιτοχώρου (4.680 κυτ./l), στους 19°C για τη Μεθώνη Α (3.840 κυτ./l), και στην ακραία τιμή θερμοκρασίας των 31°C για τη Μεθώνη Β (6.240 κυτ./l).

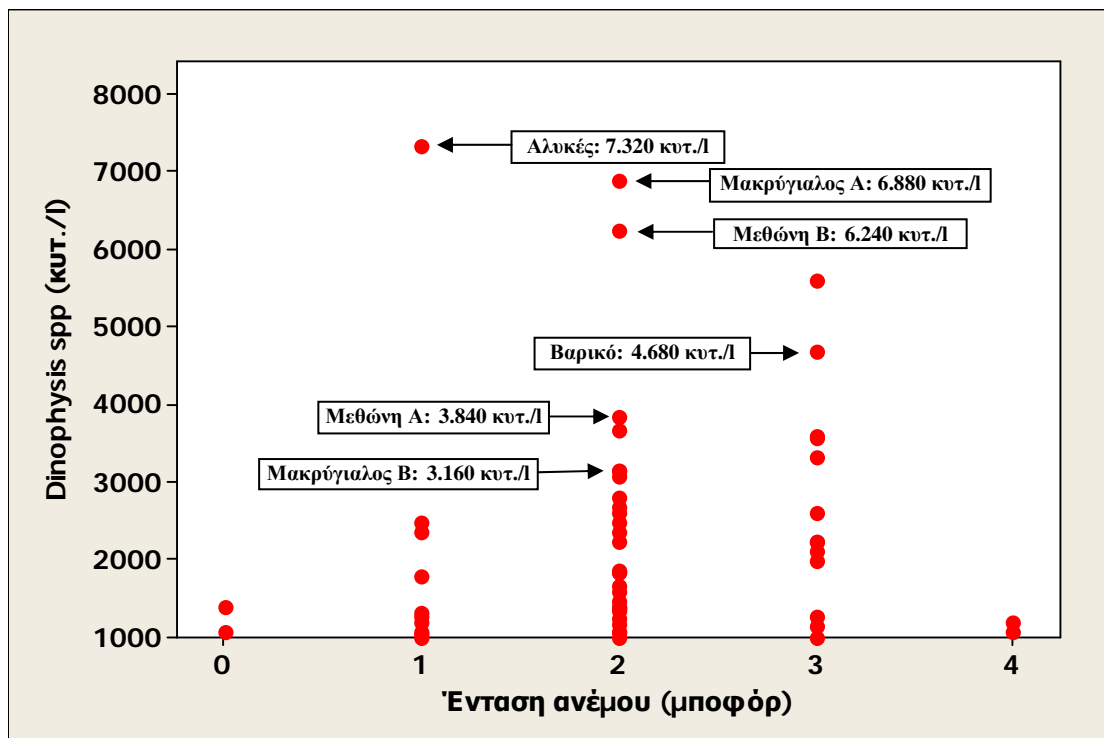


Εικόνα 6.92. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας.

β) Διεύθυνση ανέμου: Οι υπερβάσεις των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) των αφθονιών του *Dinophysis* spp. καταγράφηκαν με ανέμους που έπνεαν από διευθύνσεις Β, Α, ΝΑ, Δ και ΒΔ (Εικ. 6.93). Οι μέγιστες αφθονίες κατά σημείο δειγματοληψίας παρατηρήθηκαν σε συνδυασμό με Β επικρατούσα διεύθυνση ανέμου για τα σημεία Αλυκές, Μακρύγιαλος Α και Μακρύγιαλος Β (7.320 κυτ./l, 6.880 κυτ./l και 3.120 κυτ./l, αντίστοιχα), με Α διεύθυνση για τα σημεία Βαρικό και Μεθώνη Α (4.680 κυτ./l και 3.840 κυτ./l, αντίστοιχα) και με ΝΑ διεύθυνση για το σημείο Μεθώνη Β (6.240 κυτ./l).



Εικόνα 6.93. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κτυ./λ) σε αντιστοιχία με τη διεύθυνση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας.

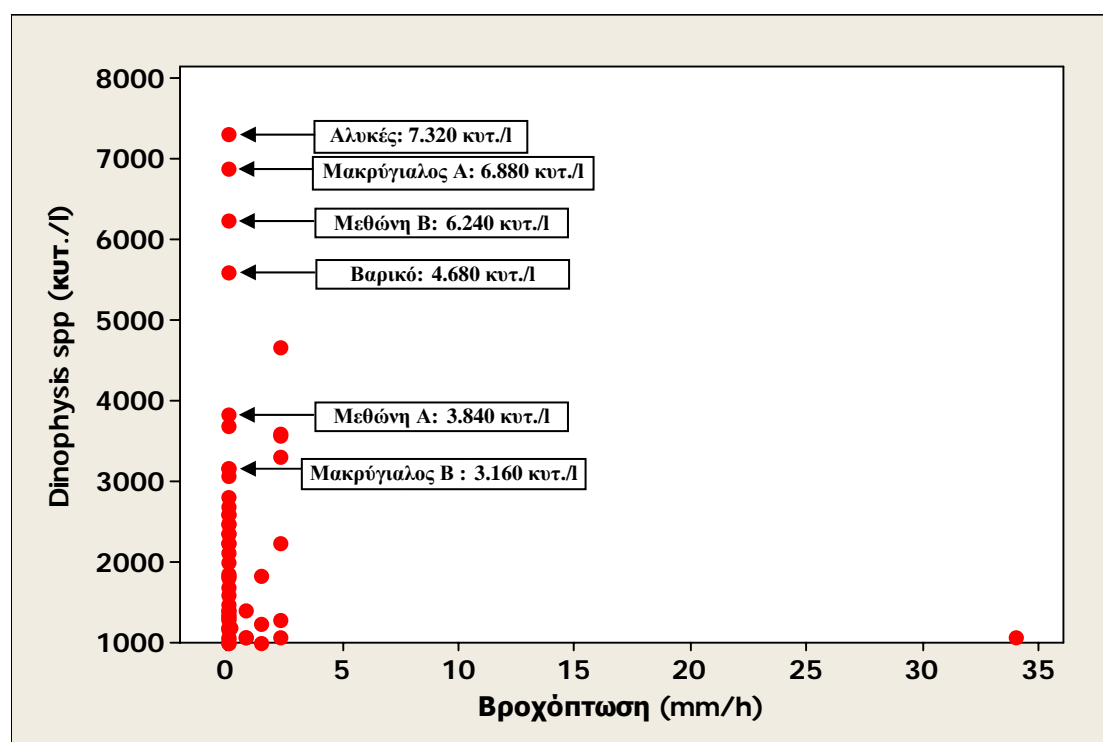


Εικόνα 6.94. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κτυ./λ) σε αντιστοιχία με την ένταση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας.

γ) **Ένταση ανέμου:** Αφθονίες του *Dinophysis* spp. ανώτερες των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κτυ./λ) καταγράφηκαν σε συνδυασμό με εντάσεις ανέμων που κυμαίνονταν από άπνοια έως και 4 μποφόρ, με την υψηλότερη

συχνότητα να εμφανίζεται στα 2 μποφόρ (Εικ. 6.94). Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. σημειώθηκαν όταν έπνεαν άνεμοι έντασης 1 μποφόρ για τις Αλυκές (7.320 κυτ./l) και 2 μποφόρ στην περίπτωση των υπολοίπων σημείων δειγματοληψίας.

δ) Βροχόπτωση: Οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) συνέπιπταν στην πλειονότητά τους κυρίως με πλήρη ανομβρία και λιγότερο με ήπιες βροχοπτώσεις, ενώ υπήρξε μία μόνο καταγραφή σε συνθήκες έντονης βροχόπτωσης (Εικ. 6.95). Όλες ανεξαιρέτως οι μέγιστες συγκεντρώσεις του στα επιμέρους σημεία δειγματοληψίας παρατηρήθηκαν σε συνδυασμό με ανομβρία.

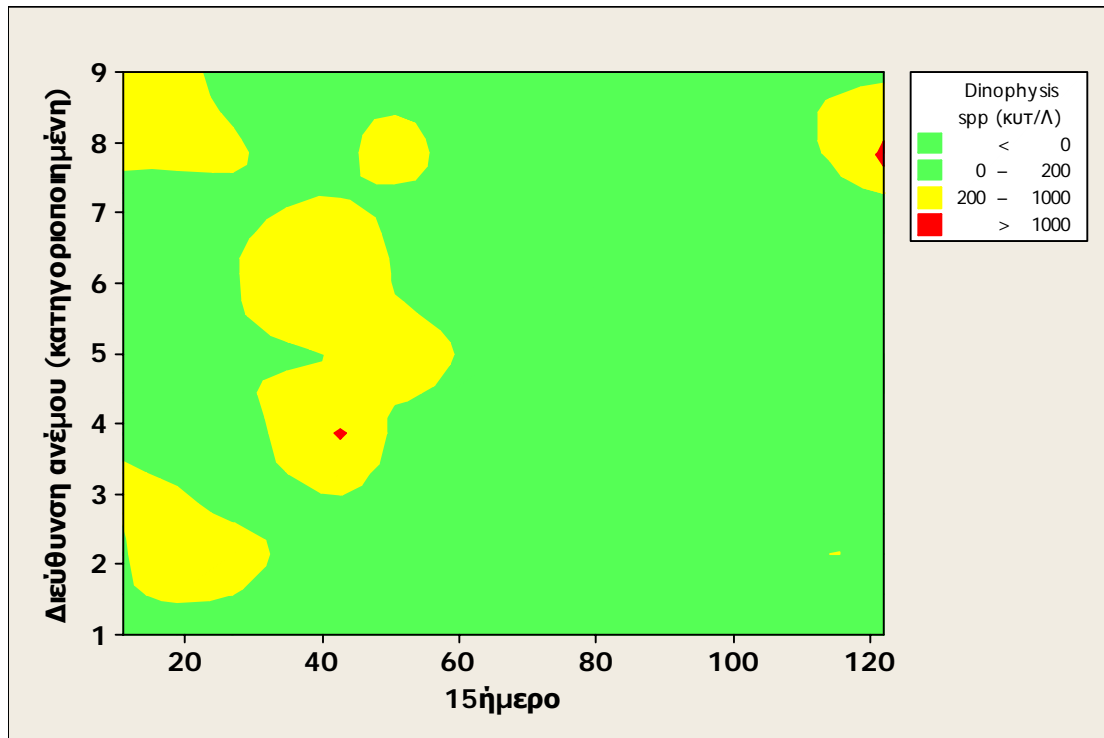


Εικόνα 6.95. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με το ύψος βροχόπτωσης στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας.

6.2.4.3 Αλληλεπιδράσεις των παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Από τη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης των κλιματολογικών φαινομένων στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. κατά τη χρονική περίοδο 2003–2008, με την βοήθεια τρισδιάστατων διαγραμμάτων ισοϋψών (3D contour plots), καταγράφονται τα εξής ευρήματα:

α) Διεύθυνση ανέμου και χρονική περίοδος του έτους: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l παρατηρήθηκαν σε δύο συνδυασμούς: αφενός το μήνα Απρίλιο με επικρατούσα διεύθυνση ανέμου την Α και αφετέρου το μήνα Δεκέμβριο με Δ επικρατούσα διεύθυνση ανέμου (Εικ. 6.96).

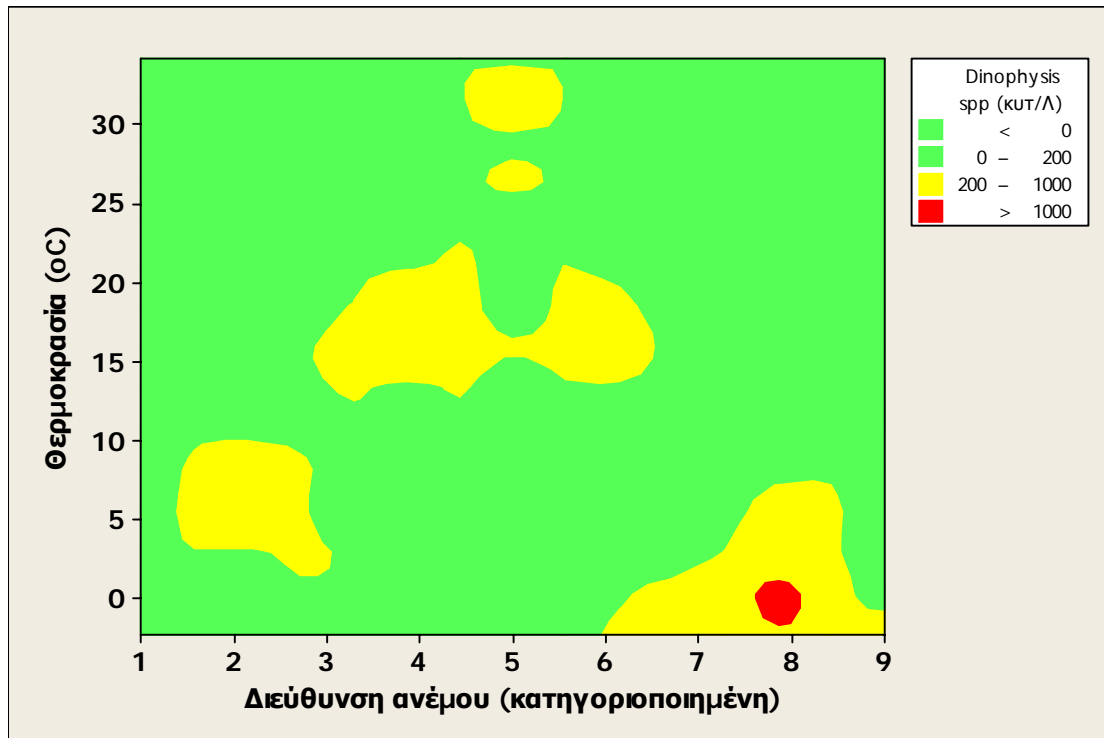


Εικόνα 6.96. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Περίας.

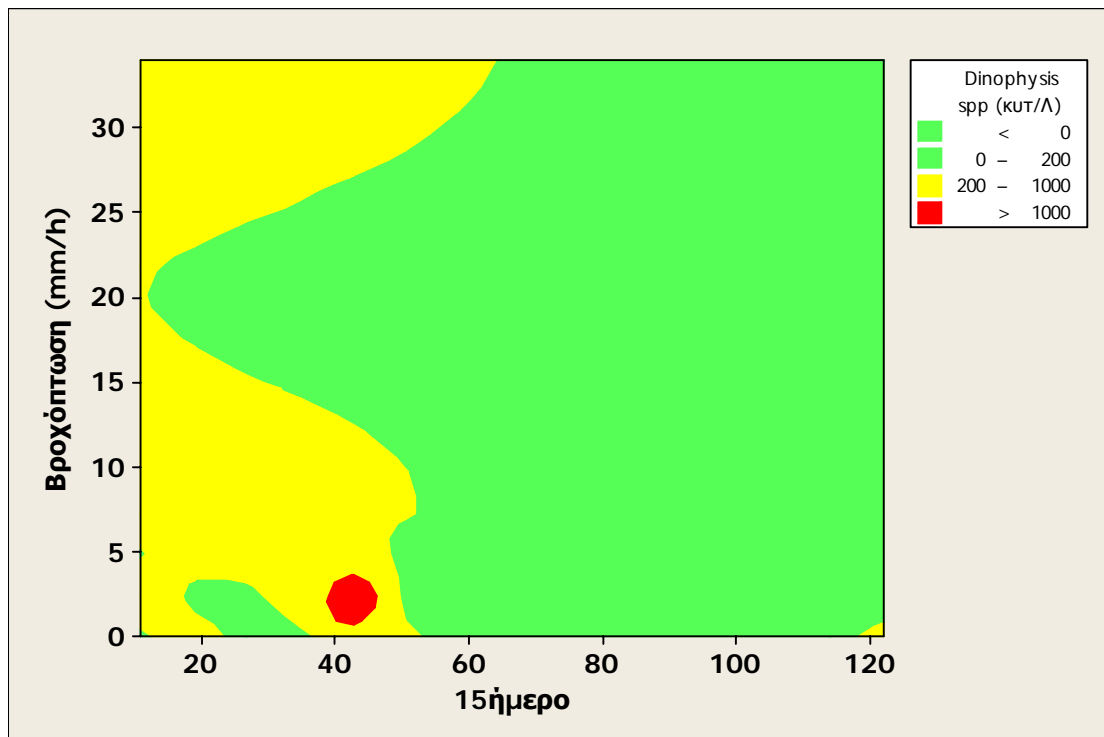
β) Θερμοκρασία και διεύθυνση ανέμου: Οι συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα 1.000 κυτ./λ καταγράφηκαν στο θερμοκρασιακό εύρος μεταξύ -1°C και 1°C με Δ επικρατούσα διεύθυνση ανέμου (Εικ. 6.97).

γ) Βροχόπτωση και χρονική περίοδος του έτους: Υπέρβαση των 1.000 κυτ./λ του *Dinophysis* spp. σημειώθηκε το μήνα Απρίλιο σε συνδυασμό με βροχοπτώσεις που χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα ήπιες έως μέτριες (Εικ. 6.98).

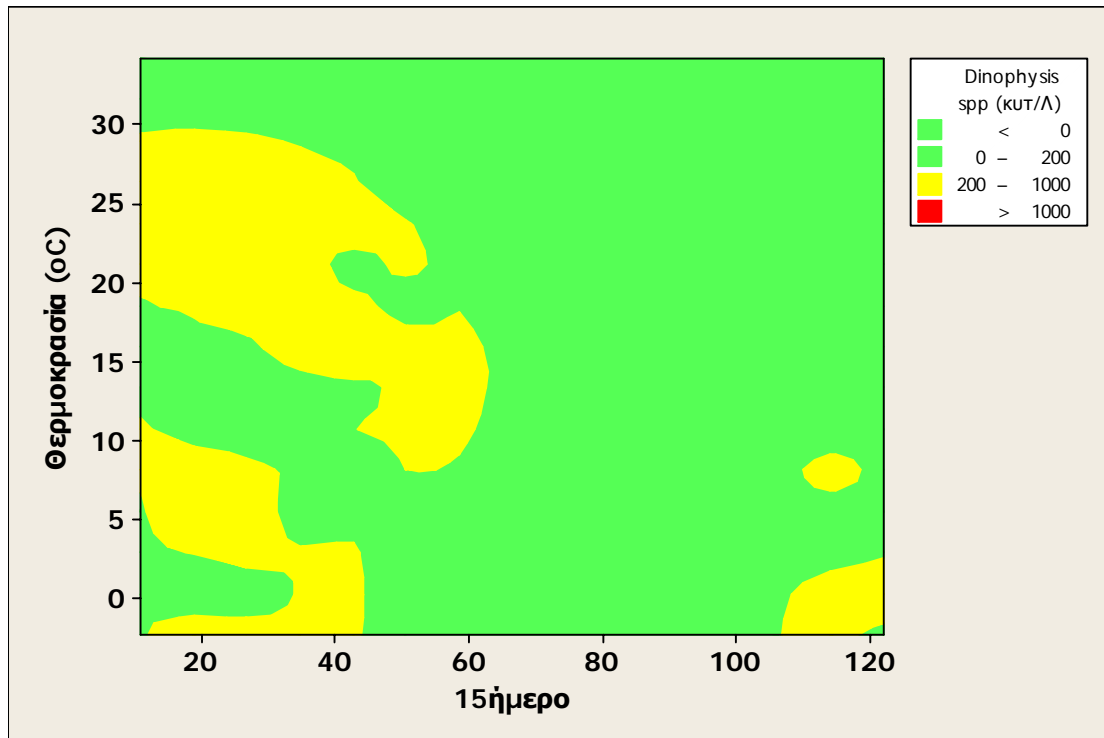
δ) Θερμοκρασία και χρονική περίοδος του έτους: Δε σημειώθηκε υπέρβαση των 1.000 κυτ./λ *Dinophysis* spp. σε κάποιο ιδιαίτερο συνδυασμό των δύο παραμέτρων. Εντούτοις, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./λ) καταγράφηκαν κυρίως στο χρονικό διάστημα από το μήνα Ιανουάριο έως τον Ιούνιο, στο θερμοκρασιακό εύρος των $-1-30^{\circ}\text{C}$. Ένα δεύτερο βραχύτερο χρονικό διάστημα με παρόμοιες συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. εντοπίζεται προς το τέλος του έτους, τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο, σε θερμοκρασίες μεταξύ $-1-2^{\circ}\text{C}$ και $7-10^{\circ}\text{C}$ (Εικ. 6.99).



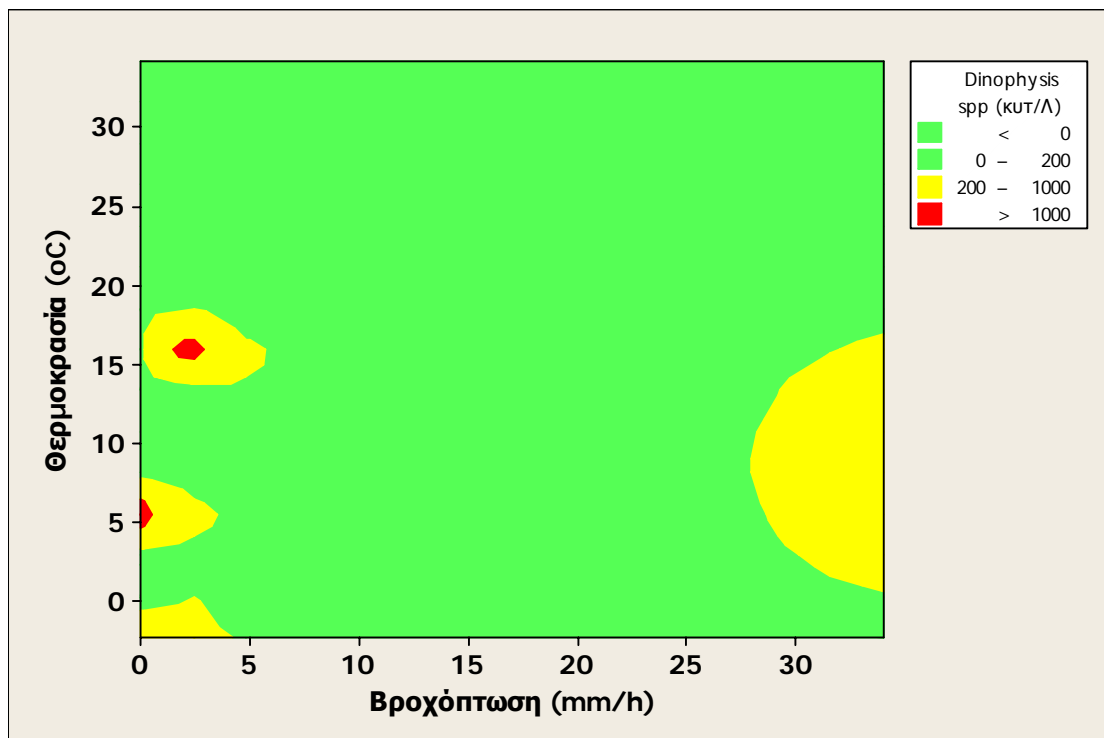
Εικόνα 6.97. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας.



Εικόνα 6.98. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη βροχόπτωση και το 15ήμερο του έτους για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας.



Εικόνα 6.99. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας.

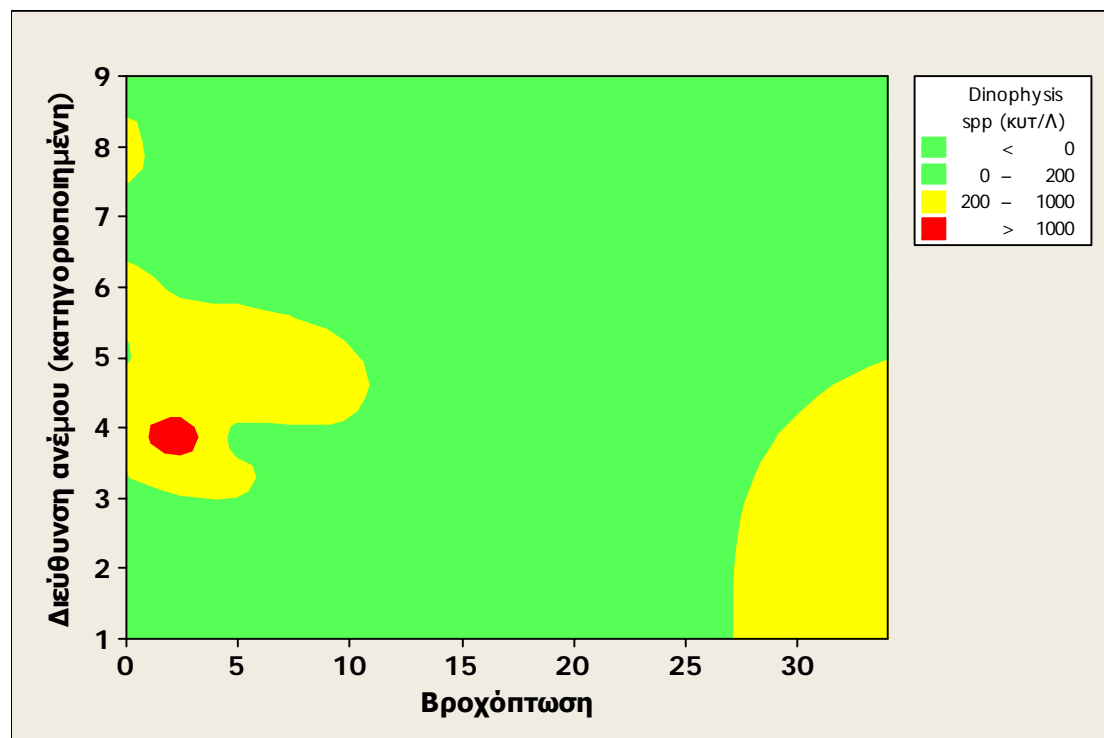


Εικόνα 6.100. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας.

ε) Θερμοκρασία και βροχόπτωση: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l στη νομαρχία Πιερίας σημειώθηκαν όταν επικρατούσαν

αφενός θερμοκρασίες μεταξύ 5-7°C σε συνδυασμό με ανομβρία και αφετέρου σε θερμοκρασίες μεταξύ 15-17°C και με μέτριες σε ένταση βροχοπτώσεις (Εικ. 6.100).

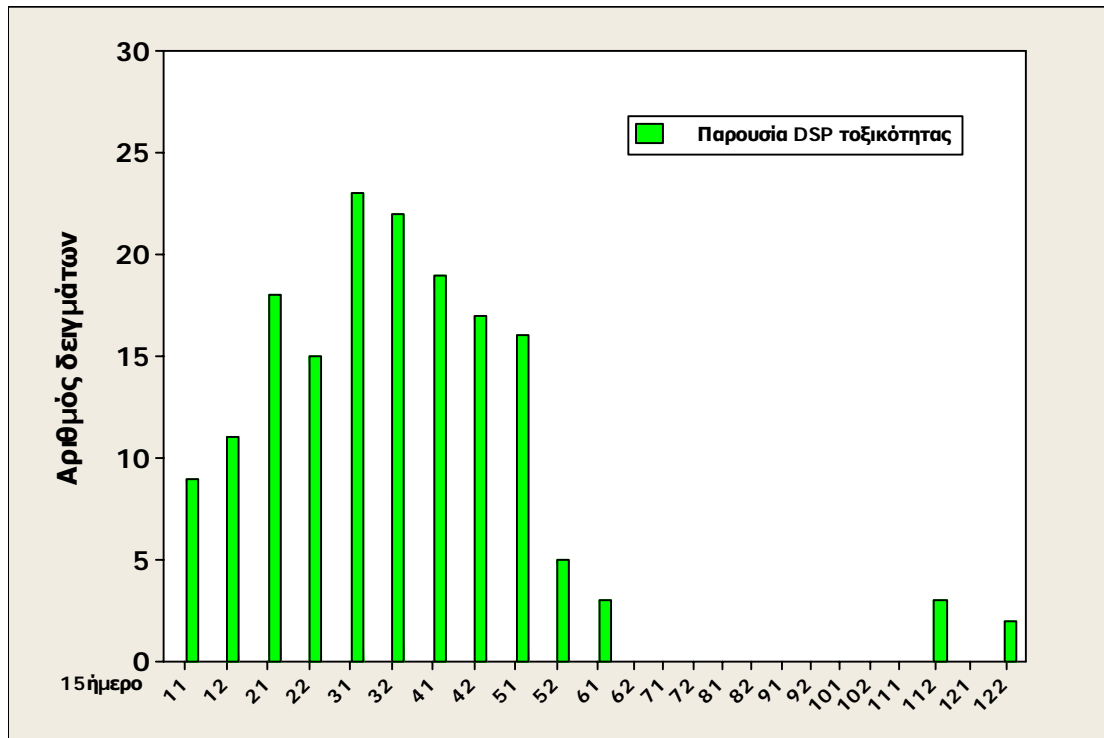
στ) Διεύθυνση του ανέμου και βροχόπτωση: Υπερβάσεις των 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν όταν συνδυάζονταν ήπιες έως μέτριας έντασης βροχοπτώσεις και άνεμοι που έπνεαν από Α διεύθυνση (Εικ. 6.101).



Εικόνα 6.101. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας.

6.2.4.4 Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια

Η DSP τοξικότητα στα μύδια των ζωνών παραγωγής της Πιερίας, κατά το χρονικό διάστημα που αφορά στην παρούσα μελέτη (2003-2008), εμφανιζόταν σποραδικά από το δεύτερο 15ήμερο του Νοεμβρίου έως και το τέλος του έτους, συνεχιζόταν με σταδιακά αυξανόμενη ένταση στους επόμενους μήνες, με το μέγιστό της να συμπίπτει με τους εαρινούς μήνες και κυρίως το Μάρτιο. Μετά τα μέσα Μαΐου, το φαινόμενο παρουσίαζε σταδιακή ύφεση μέχρι και το πρώτο 15ήμερο του Ιουνίου μετά από το οποίο η τοξικότητα ήταν πλέον απύσχα. Στο συνολικό διάστημα των έξι ετών της μελέτης, δεν έχουν καταγραφεί ποτέ επεισόδια θερινής τοξικότητας στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας (Εικ. 6. 102).



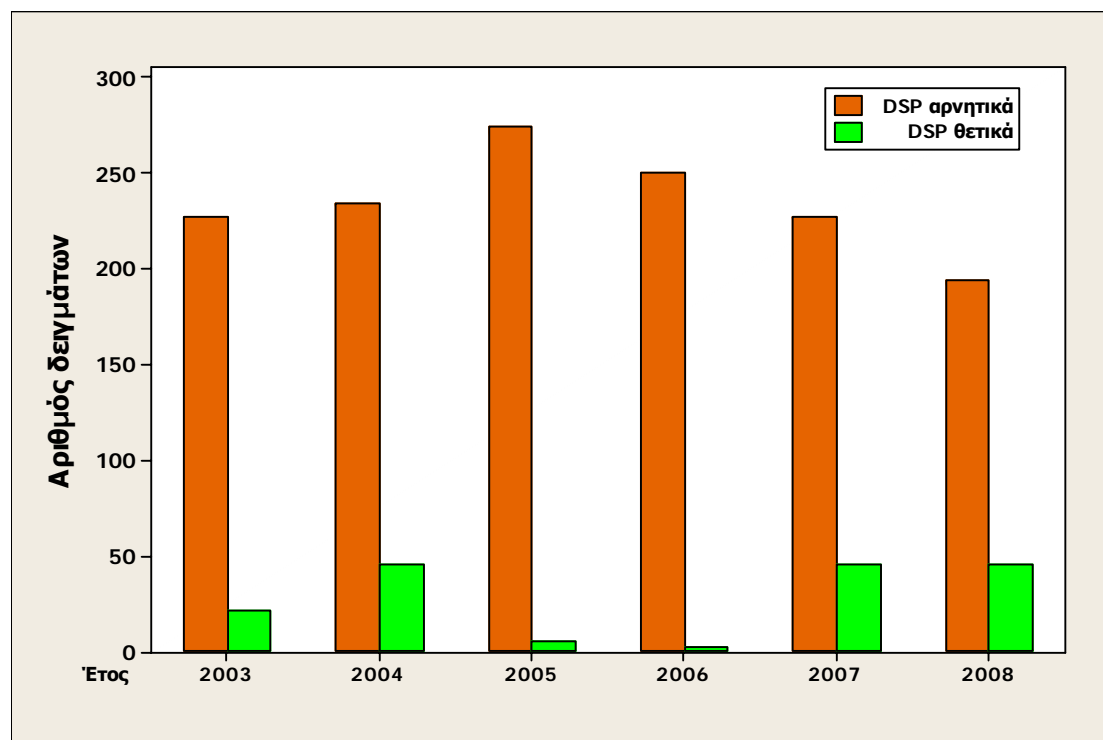
Εικόνα 6.102. Διασπορά των DSP θετικών δειγμάτων κατά τη διάρκεια του έτους στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης.

6.2.4.5 Χρονικές περιόδους με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008

Τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν στις ζώνες παραγωγής της Πιερίας μεταξύ των ετών 2003-2008 και τα οποία συνοδεύτηκαν από αντίστοιχη παρουσία τοξικότητας στα μύδια εντοπίζονται χρονικά σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη της παρούσας μελέτης. Πιο έντονα εμφανίζονται τα τοξικά επεισόδια των ετών 2004, 2007 και 2008, στα οποία παρατηρούνται οι υψηλότερες αναλογίες θετικών/αρνητικών δειγμάτων (Εικ. 6.103). Οι χρονικές περιόδους σε συνδυασμό με την αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων για το μελετώμενο χρονικό διάστημα για τις ζώνες παραγωγής μυδιών Αθερίδας Αλυκών Κίτρους, Μακρυγιάλου, Μεθώνης και Βαρικού Λιτοχώρου παρουσιάζονται στη συνέχεια αναλυτικά κατά σημείο δειγματοληψίας.

α) Ζώνη παραγωγής Αθερίδας Αλυκών Κίτρους: Στο μοναδικό σημείο δειγματοληψίας της ζώνης αυτής (Αθερίδα Αλυκών Κίτρους, Ι), κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης λήφθηκαν υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια σε όλα τα έτη εκτός από το 2006 (Εικ. 6.104 και Πιν. 6.17), χωρίς όμως να διαπιστωθεί αντίστοιχη DSP τοξικότητα στα μύδια στα έτη 2003 και 2005. Σημειώνεται επίσης, ότι στο τέλος του έτους 2004, η DSP τοξικότητα στα μύδια (και η οποία καταχωρίζεται στο τοξικό επεισόδιο του έτους 2005, ως έναρξη από το προηγούμενο

έτος) συνδυάστηκε με αφθονίες του *Dinophysis* spp. που δεν υπερέβησαν τα 1.000 κυτ./l, αλλά παρέμειναν στα επίπεδα των κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης.



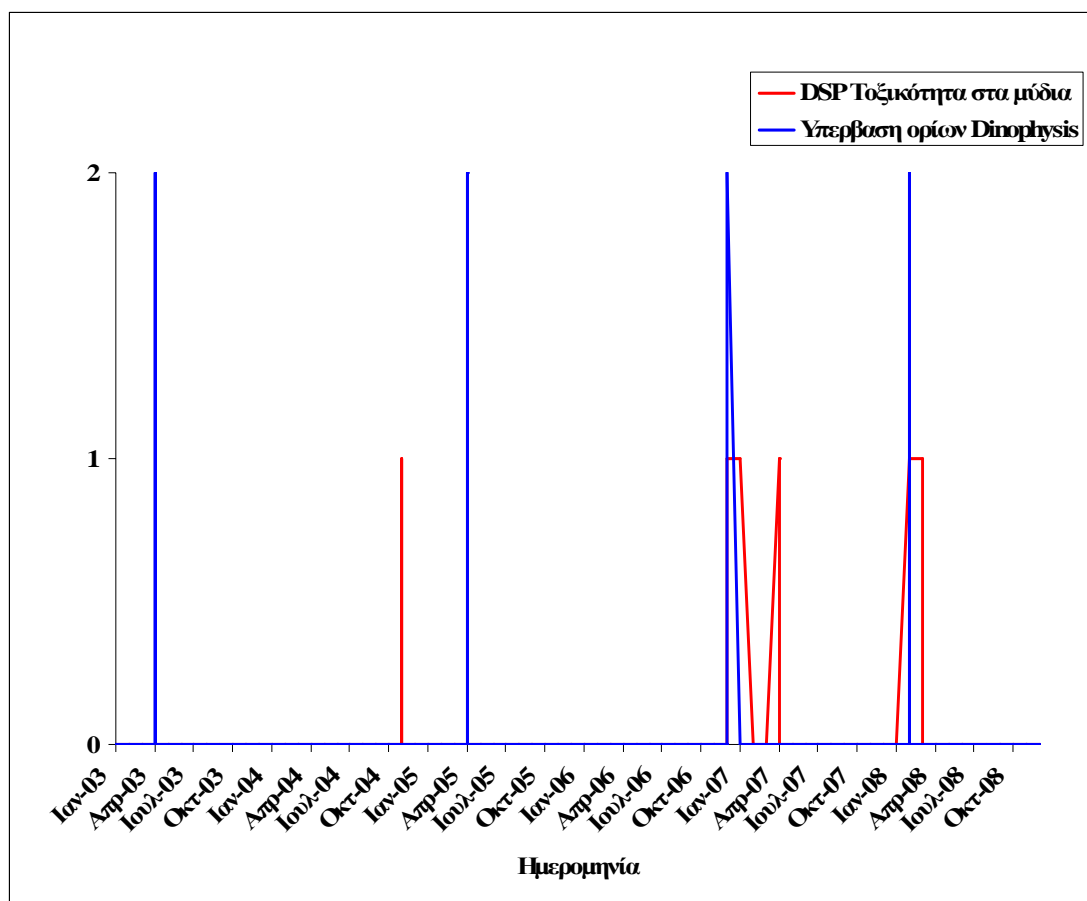
Εικόνα 6.103. Χρονική κατανομή κατ' έτος των DSP αρνητικών και θετικών δειγμάτων μυδιών στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας στα έτη 2003-2008.

Πίνακας 6.17. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Αθερίδα Αλυκών Κίτρους

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:
2003	2	42	42	---	---	---
2004	---	---	---	---	---	---
2005	21	112 π.ε. ¹	112 π.ε.	---	---	---
		41	42			
2006	---	---	---	---	---	---
2007	61	122 π.ε.	21	---	---	---
		41	42			
2008	56	21	32	---	---	---
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	35 ± 28,3	112 π.ε.	42	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

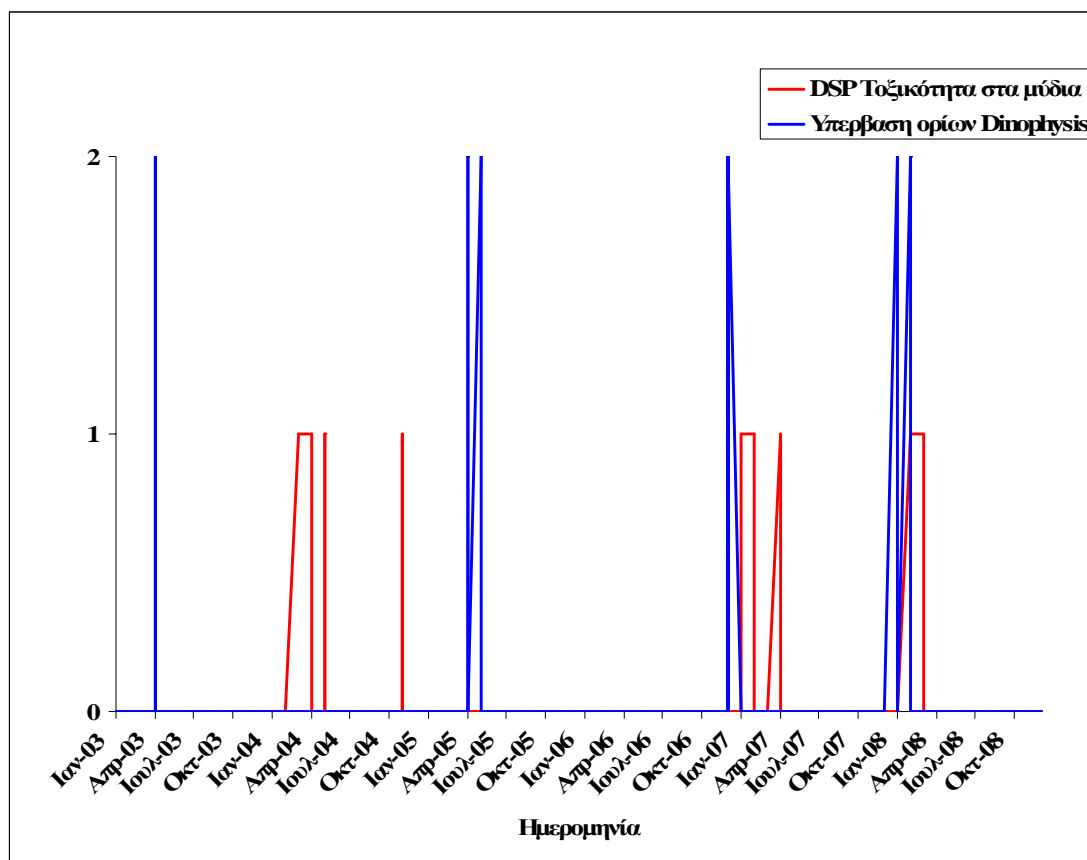


Εικόνα 6.104. Χρονικές περίοδοι και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Αθερίδα Αλυκών Κίτρους της νομαρχίας Πιερίας.

β) Ζώνη παραγωγής Μακρυγιάλου: Τα δύο σημεία δειγματοληψίας που έχουν οριστεί στη ζώνη αυτή – Μακρύγιαλος Α (ΙΑ) και Μακρύγιαλος Β (ΙΒ) – έχουν την ιδιαιτερότητα να εξετάζονται μεμονωμένα σε εργαστηριακό επίπεδο, αλλά τα αποτελέσματά τους να οδηγούν συνδυαστικά στη λήψη υγειονομικών μέτρων, επειδή ακριβώς αποτελούν σημεία ελέγχου της ίδιας ζώνης παραγωγής. Στην παρούσα μελέτη τα σημεία αυτά θα αναλυθούν ξεχωριστά, ώστε να αποτυπωθεί το ακριβές ιστορικό της DSP τοξικότητάς τους, τονίζεται όμως ότι από κανονιστικής πλευράς, η πραγματική περίοδος ισχύος υγειονομικών μέτρων για την περιοχή αυτή είναι η μέγιστη που προκύπτει από το συνδυασμό των αντίστοιχων περιόδων των δύο επιμέρους σημείων δειγματοληψίας.

ι) Μακρύγιαλος Α (ΙΑ): Υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σε όλα τα έτη μεταξύ 2003 και 2008, εκτός από το 2006 (Εικ. 6.105 και Πιν. 6.18), χωρίς όμως να ανιχνευθεί τοξικότητα στα μύδια στα έτη 2003 και 2005. Στα έτη 2007 και 2008, η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια ακολούθησε χρονικά τη λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω

υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis spp.*, ενώ κατά το έτος 2004, παρά την εμφάνιση DSP τοξικότητας στα μύδια, οι αφθονίες του *Dinophysis* δεν υπερέβησαν τα 1.000 κυτ./l, αλλά παρέμειναν στα επίπεδα των κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l).



Εικόνα 6.105. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Μακρύγιαλος Α της νομαρχίας Πιερίας.

ii) Μακρύγιαλος Β (ΙΙΒ): Και σ' αυτό το σημείο δειγματοληψίας, υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis spp.* ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σε όλα τα έτη μεταξύ 2003 και 2008, εκτός από το 2006 (Εικ. 6.106 και Πιν. 6.19), χωρίς όμως να ανιχνευθεί τοξικότητα στα μύδια μόνο κατά το έτος 2005. Όλα τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν στο σημείο αυτό σχετίζονταν με τοξίνες του γένους *Dinophysis* και παρουσίαζαν τη μέγιστη έντασή τους κυρίως σε χειμερινούς-εαρινούς μήνες (Ιανουάριο-Μάιο). Η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια, στα περισσότερα έτη ακολουθούσε ή συνέπιπτε χρονικά με λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*. Εξαιρέση αποτέλεσε και σ' αυτή την περίπτωση το έτος 2004, στο οποίο κατά τη διάρκεια της παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια, οι αφθονίες του *Dinophysis* δεν υπερέβησαν τα 1.000 κυτ./l, παραμένοντας στα επίπεδα των

κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l), ενώ μία υπέρβαση των 1.000 κυτ./l ακολούθησε 15 ημέρες μετά την αποδρομή της τοξικότητας στα μύδια.

Πίνακας 6.18. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Μακρύγιαλος Α

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	2	42	42	---	---	---
2004	68	31	42	---	---	---
		51	52			
2005	26	112 π.ε. ¹	112 π.ε.	---	---	---
		41	42			
		51	51			
2006	---	---	---	---	---	---
2007	50	121 π.ε.	122 π.ε.	---	---	---
		122 π.ε.	11			
		11	21			
		41	41			
2008	63	11	11	---	---	---
		21	32			
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	42 ± 27,6	112 π.ε.	52	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

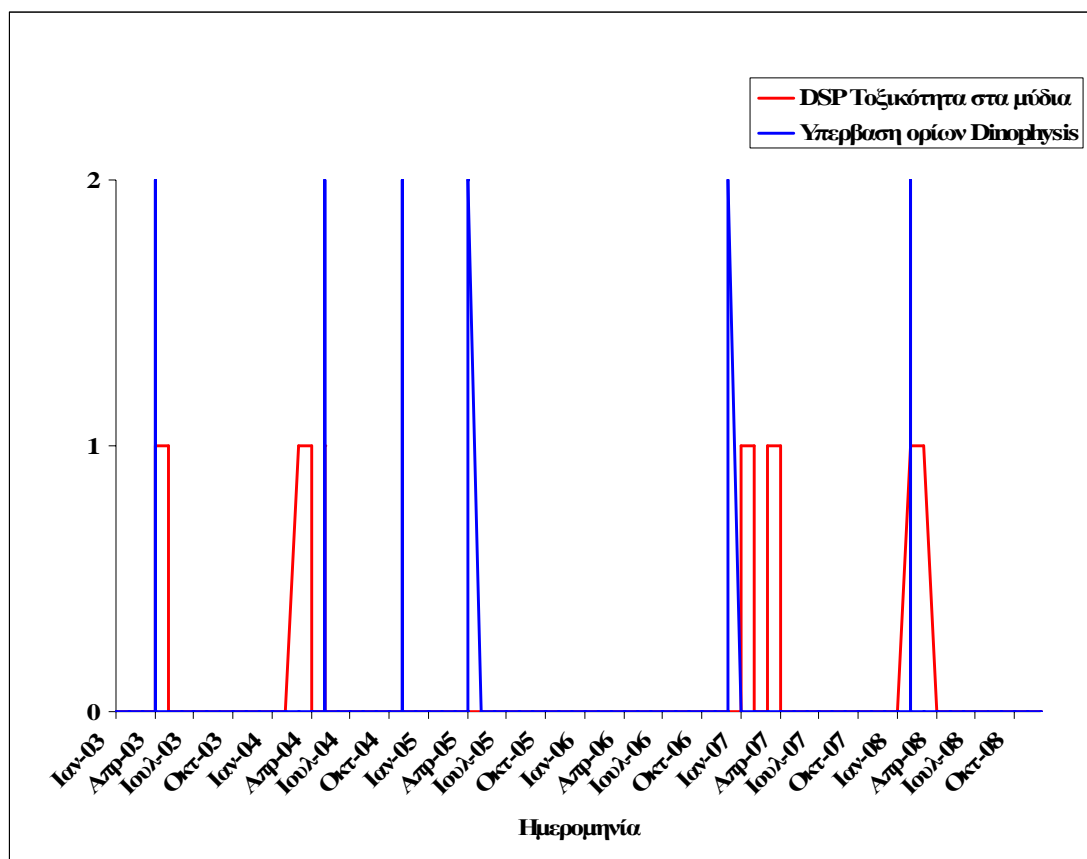
² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

Πίνακας 6.19. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Μακρύγιαλος Β

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	28	42	52	---	---	---
2004	68	31	42	---	---	---
		51	52			
2005	26	112 π.ε. ¹	112 π.ε.	---	---	---
		41	51			
2006	---	---	---	---	---	---
2007	71	122 π.ε.	11	---	---	---
		11	22			
		32	42			
2008	63	21	41	---	---	---
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	51 ± 22,3	112 π.ε.	52	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

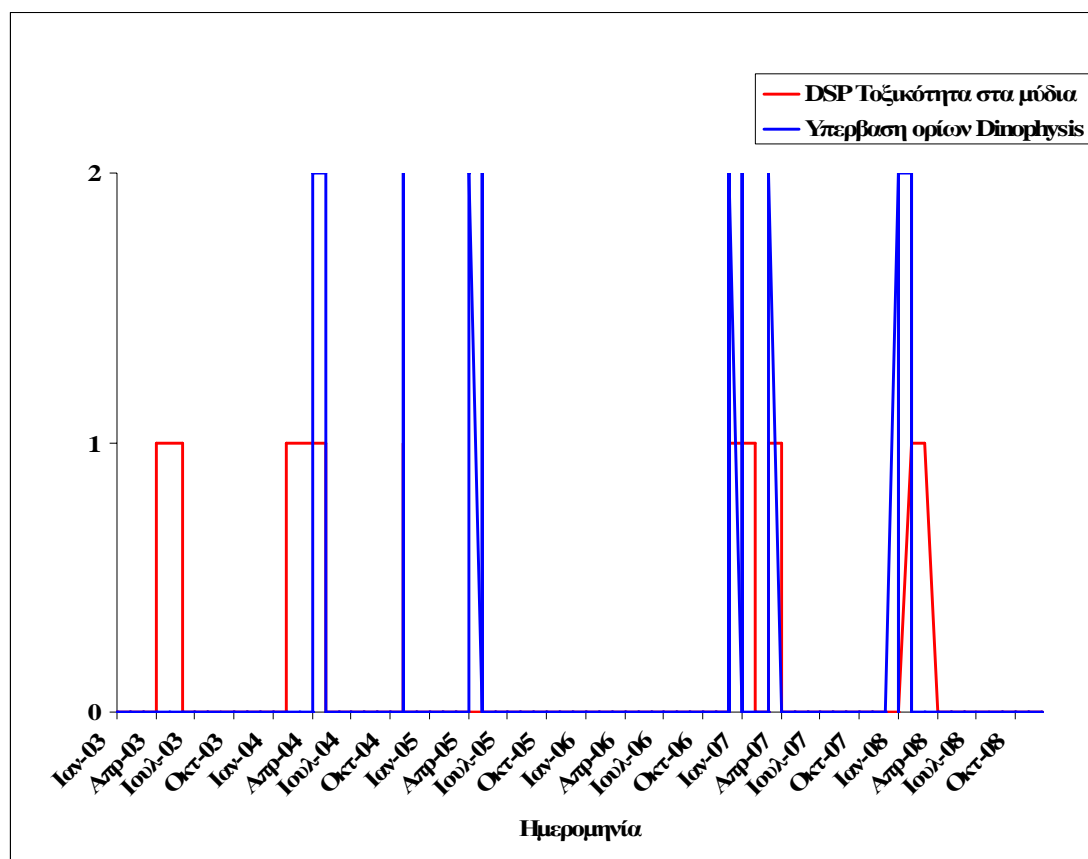


Εικόνα 6.106. Χρονικές περίοδοι και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Μακρύγιαλος Β της νομαρχίας Πιερίας.

γ) Ζώνη παραγωγής Μεθώνης: Τα δύο σημεία δειγματοληψίας που έχουν οριστεί στη ζώνη αυτή – Μεθώνη Α (ΙΙΑ) και Μεθώνη Β (ΙΙΒ) – ακολουθούν, από κανονιστικής απόψεως, την ίδια αντιμετώπιση όπως και στην περίπτωση της ζώνης παραγωγής Μακρυγιάλου. Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, στην παρούσα μελέτη θα αναλυθούν και πάλι χωριστά, ενώ και σ’ αυτήν την περίπτωση η πραγματική περίοδος ισχύος υγειονομικών μέτρων για την περιοχή είναι η μέγιστη που προκύπτει από το συνδυασμό των αντίστοιχων περιόδων των δύο επιμέρους σημείων δειγματοληψίας.

ι) Μεθώνη Α (ΙΙΑ): Υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σε όλα τα έτη μεταξύ 2003 και 2008, εκτός από το 2006 (Εικ. 6.107 και Πιν. 6.20), χωρίς όμως να ανιχνευθεί τοξικότητα στα μύδια κατά το έτος 2005. Η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια, στα έτη 2004, 2007 και 2008, ακολουθούσε ή συνέπιπτε χρονικά με λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*. Κατά

το έτος 2003, η DSP τοξικότητα στα μύδια, συνδυάστηκε μόνο με αφθονίες του *Dinophysis* spp. εντός των κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l).



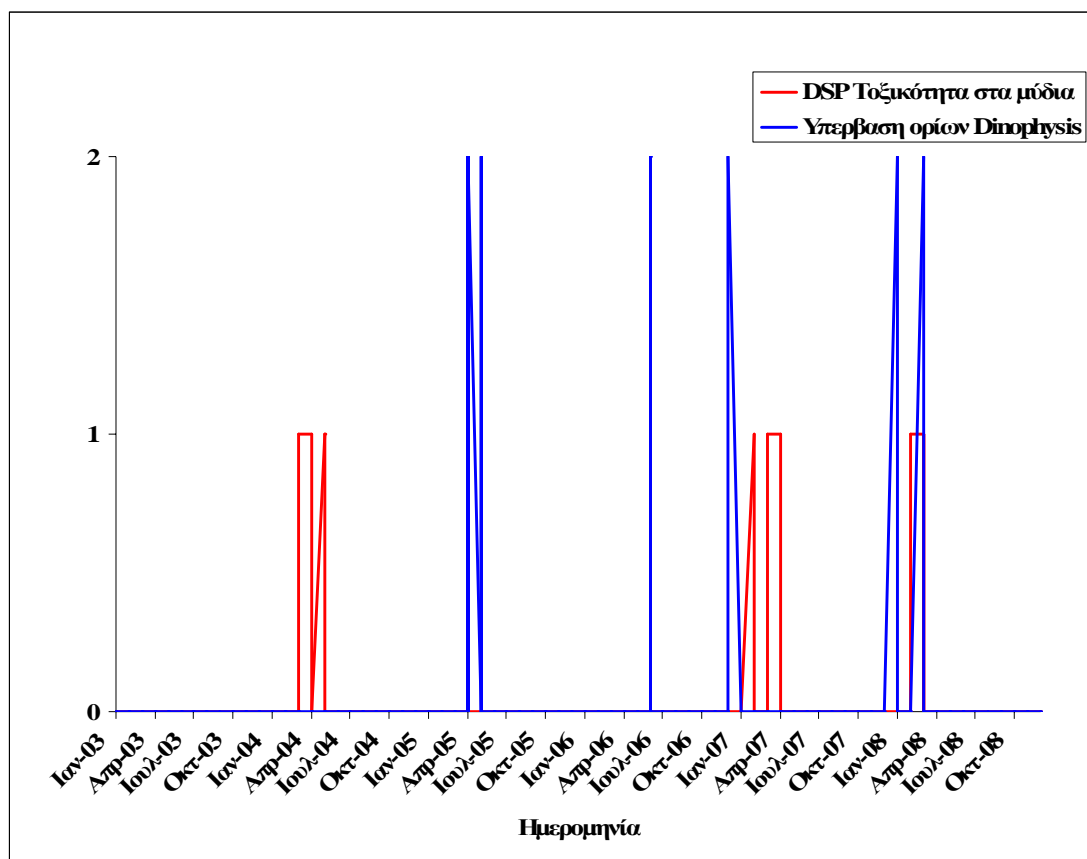
Εικόνα 6.107. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Μεθώνη Α της νομαρχίας Πιερίας.

Πίνακας 6.20. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας **Μεθώνη Α**

Έτος	Χειμερινό-Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό-Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	53	42	61	---	---	---
2004	99	22	52	---	---	---
2005	44	112 π.ε. ¹	112 π.ε.	---	---	---
		41	51			
		51	52			
2006	---	---	---	---	---	---
2007	97	121 π.ε.	122 π.ε.	---	---	---
		122 π.ε.	22			
		32	42			
2008	84	11	11	---	---	---
		12	41			
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	75 ± 25,4	112 π.ε.	61	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)



Εικόνα 6.108. Χρονικές περίοδοι και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Μεθώνη Β της νομαρχίας Πιερίας.

Πίνακας 6.21. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Μεθώνη Β

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:
2003	---	---	---	---	---	---
2004	57	31	42	---	---	---
		51	52			
2005	26	41	41	---	---	---
		42	51			
		51	52			
2006	7	62	62	---	---	---
2007	43	122 π.ε. ¹	11	---	---	---
		21	21			
		32	42			
2008	33	11	11	---	---	---
		21	32			
		32	32			
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	33 ± 18,7	122 π.ε.	62	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

ii) Μεθώνη Β (ΠΙΒ): Στο σημείο αυτό, υγειονομικά μέτρα εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν σε όλα τα έτη μεταξύ 2004 και 2008 (Εικ. 6.108 και Πιν. 6.21), χωρίς όμως να ανιχνευθεί DSP τοξικότητα στα μύδια στα έτη 2005 και 2006. Σε ότι αφορά στη χρονική εντόπιση των τοξικών επεισοδίων ισχύει γενικά ότι και για τα λοιπά σημεία της νομαρχίας Πιερίας. Η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια, στα έτη 2007 και 2008, ακολούθησε ή συνέπεσε χρονικά με λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*, ενώ κατά το έτος 2004, η DSP τοξικότητα στα μύδια, συνδυάστηκε μόνο με αφθονίες του *Dinophysis* spp. εντός των κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l).

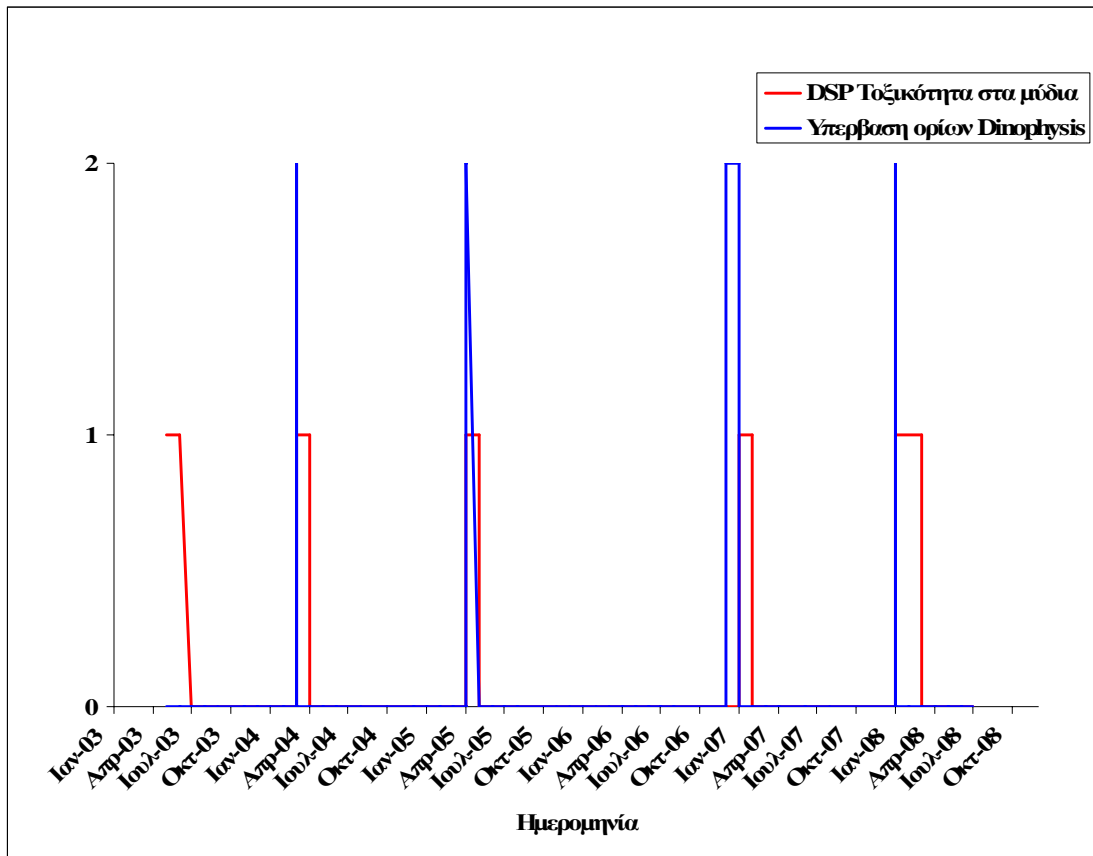
δ) **Ζώνη παραγωγής Βαρικού Λιτοχώρου**: Στο σημείο δειγματοληψίας της περιοχής αυτής (Βαρικό Λιτοχώρου, IV), λήψη υγειονομικών μέτρων εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια σημειώθηκε σε όλα τα έτη μεταξύ 2003 και 2008 (Εικ. 6.109 και Πιν. 6.22), εκτός από το 2006. Η χρονική εντόπιση των τοξικών επεισοδίων είναι και εδώ παρόμοια με των υπολοίπων σημείων, ενώ η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια, ακολούθησε ή συνέπεσε χρονικά με λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis* spp. σε όλα τα έτη εκτός από το 2003. Στο τελευταίο, καταγράφηκαν μόνο συγκεντρώσεις *Dinophysis* spp. εντός των κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l).

Πίνακας 6.22. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Βαρικό

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	36	51	71	---	---	---
2004	48	31	42	---	---	---
2005	42	41	52	---	---	---
2006	---	---	---	---	---	---
2007	77	121 π.ε. ¹	22	---	---	---
2008	65	12	32	---	---	---
	Μέση διάρκεια²	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	54 ± 17,0	121 π.ε.	71	---	---	---

¹ π.ε. : προηγούμενου έτους.

² μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

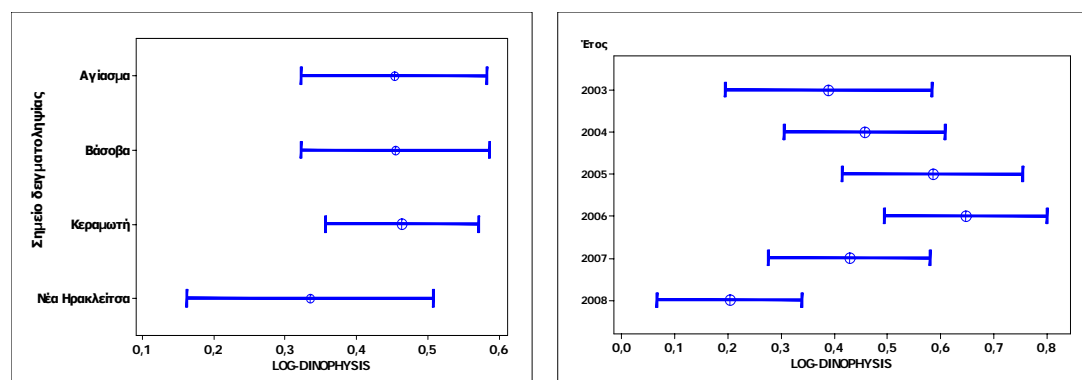


Εικόνα 6.109. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Βαρικό της νομαρχίας Πιερίας.

6.2.5 Νομαρχία Καβάλας

6.2.5.1 Αφθονία κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA ενός παράγοντα με διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου καθορισμένο στο επίπεδο του 95%, καταδεικνύει ότι η μέση συγκέντρωση κυττάρων *Dinophysis* spp. ανά λίτρο κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης αφενός κυμάνθηκε γενικά σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σύγκριση με αυτές των προαναφερθεισών νομαρχιών και αφετέρου δεν παρουσιάζει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) μεταξύ των τεσσάρων σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Καβάλας, παρότι η αφθονία στο σημείο δειγματοληψίας Νέα Ηρακλείτσα εμφανίζεται συγκριτικά μειωμένη σε σχέση με αυτές των υπολοίπων σημείων (Εικ. 6.110α). Λόγω του γεγονότος ότι οι αφθονίες όλων των σημείων επιδεικνύουν πλήρη επικάλυψη των διαστημάτων εμπιστοσύνης τους, και λαμβάνοντας ως βάση την ύπαρξη κοινών κλιματολογικών δεδομένων, στη συνέχεια θα αντιμετωπιστούν ως μια ενιαία περιοχή, μελετώντας συγκεντρωτικά τις επιδράσεις των λοιπών παραμέτρων σε επίπεδο νομαρχίας.



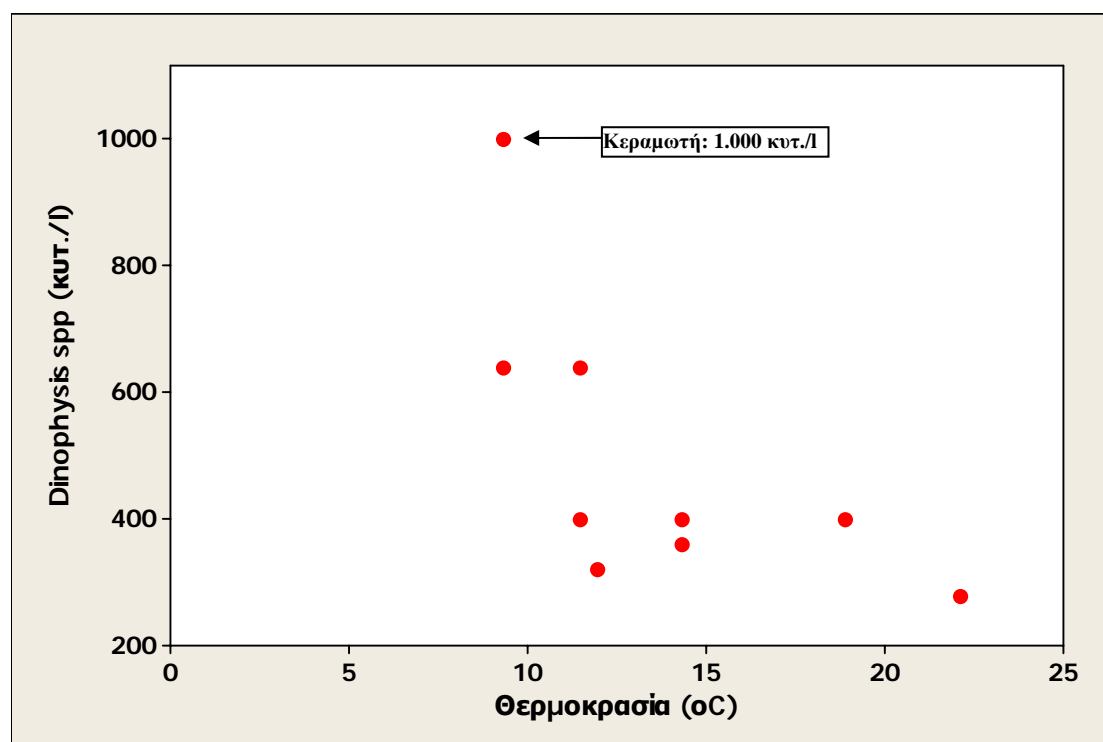
Εικόνα 6.110. Μέση αφθονία (λογαριθμημένη) των κύτταρων του γένους *Dinophysis* (α) κατά σημείο δειγματοληψίας και (β) κατ' έτος για τη νομαρχία της Καβάλας (\oplus = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

Σε ότι αφορά την κατ' έτος μέση αφθονία των κύτταρων του γένους *Dinophysis* στη χρονική περίοδο 2003-2008, οι υψηλότερες τιμές της αντιστοιχούν στα έτη 2005 και 2006 (Εικ. 6.110β), ενώ στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P \leq 0,05$) υφίστανται μόνο μεταξύ των μέσων τιμών των δύο αυτών ετών σε σύγκριση με αυτή του έτους 2008.

6.2.5.2 Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

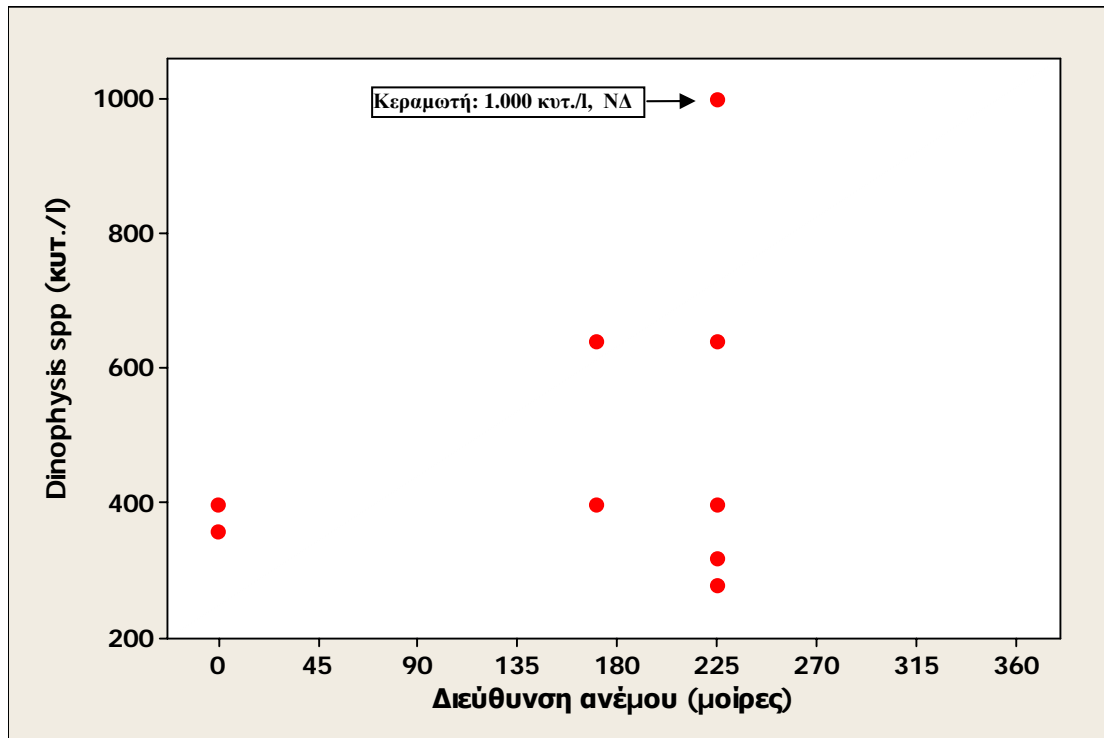
Στο συνολικό χρονικό διάστημα της παρούσας μελέτης 2003-2008 και στις τέσσερις ζώνες παραγωγής της Καβάλας οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. παρέμειναν γενικά σε πολύ χαμηλά επίπεδα, και μόνο σε μία περίπτωση ανήλθαν στην τιμή των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (1.000 κυτ./l). Λόγω αυτής της έλλειψης υψηλών τιμών αφθονιών, η περαιτέρω διερεύνησή τους σε σχέση με τις κλιματολογικές παραμέτρους που μελετήθηκαν, βασίζεται κατά την πλειονότητά της στις αφθονίες που βρίσκονταν σε επίπεδα εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1.000 κυτ./l), από την οποία προκύπτουν τα εξής ευρήματα:

α) Θερμοκρασία: Η μοναδική τιμή αφθονίας του *Dinophysis* spp. που συνέπιπτε ακριβώς με τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (Κεραμωτή: 1.000 κυτ./l), καταγράφηκε με θερμοκρασία 9°C. Συγκεντρώσεις του *Dinophysis* εντός των ορίων επαγρύπνησης σημειώθηκαν αποκλειστικά στο θερμοκρασιακό εύρος μεταξύ 9-22°C (Εικ. 6.111).

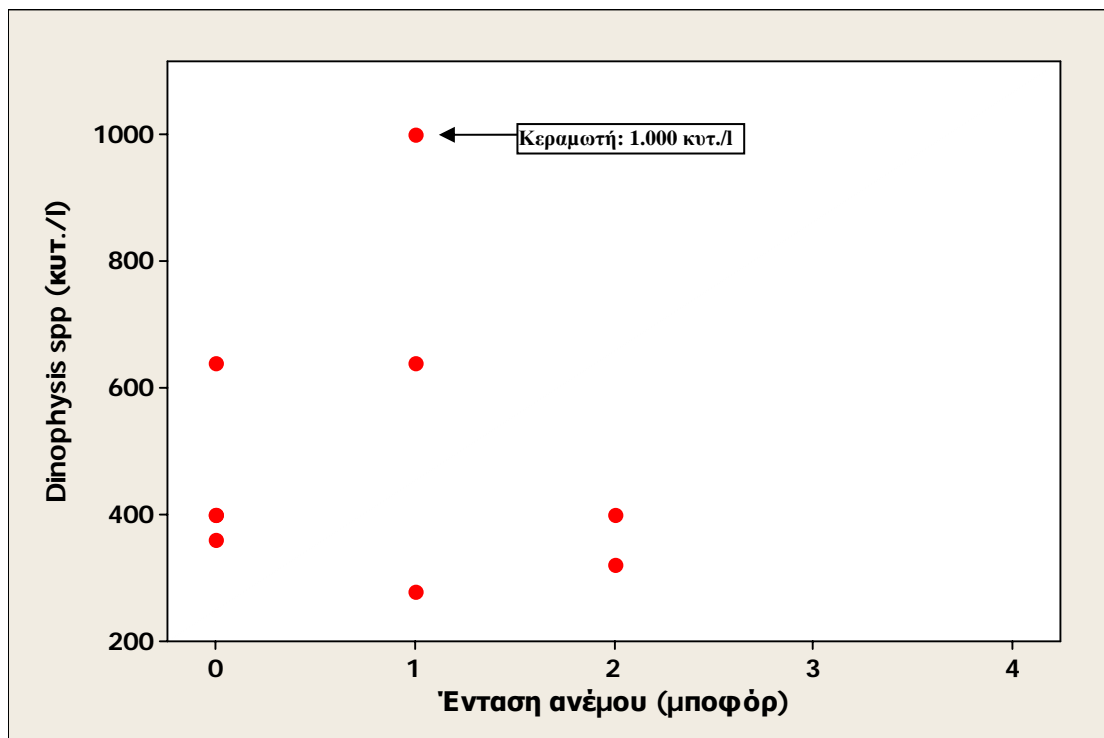


Εικόνα 6.111. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας.

β) Διεύθυνση ανέμου: Η μέγιστη αφθονία του *Dinophysis* spp. (Κεραμωτή: 1.000 κυτ./l), καταγράφηκε με ΝΔ επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου, ενώ οι συγκεντρώσεις του στα επίπεδα των ορίων επαγρύπνησης παρατηρήθηκαν όταν επικρατούσε άπνοια ή άνεμοι από ΝΔ και Ν διευθύνσεις (Εικ. 6.112).



Εικόνα 6.112. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./λ) σε αντιστοιχία με τη διεύθυνση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας.

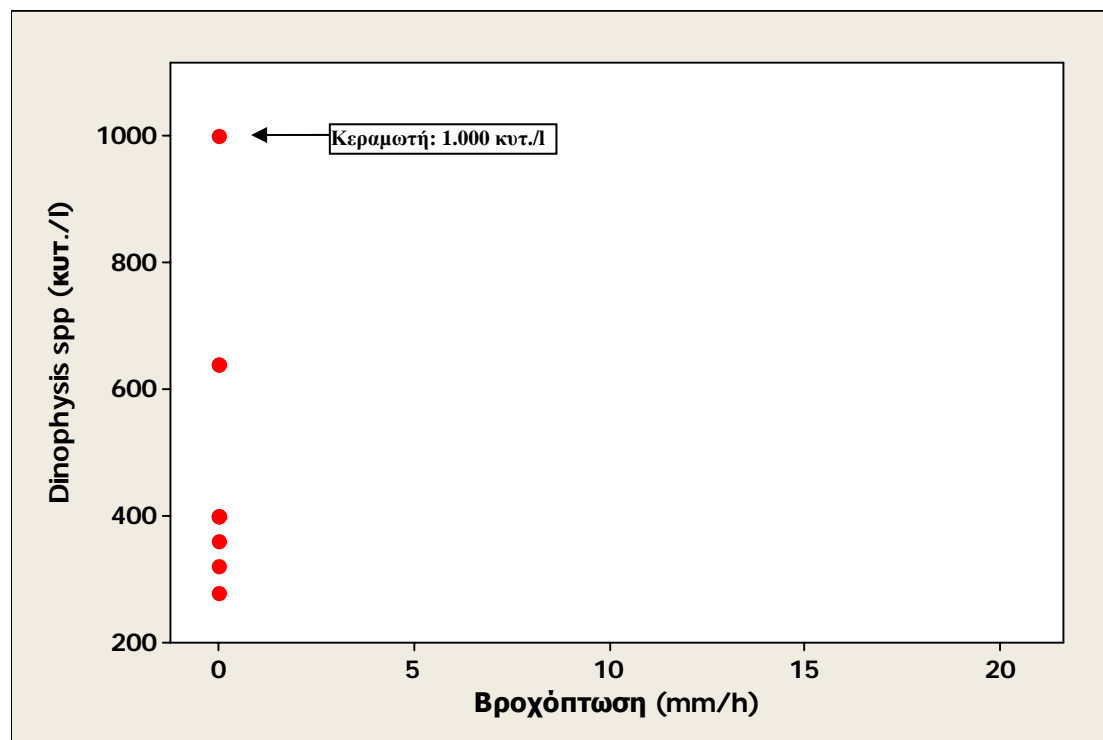


Εικόνα 6.113. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./λ) σε αντιστοιχία με την ένταση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας.

γ) **Ένταση ανέμου:** Το μέγιστο αφθονίας του *Dinophysis* spp. (Κεραμωτή: 1.000 κυτ./λ) καταγράφηκε σε συνδυασμό με πολύ ασθενούς εντάσεως ανέμους (1

μποφόρ), ενώ τιμές εντός των ορίων επαγρύπνησης παρατηρούνταν είτε με άπνοια είτε με ασθενείς ανέμους έως 2 μποφόρ (Εικ. 6.113).

δ) **Βροχόπτωση:** Τόσο η μέγιστη τιμή αφθονίας του *Dinophysis* spp. (Κεραμωτή: 1.000 κυτ./l), όσο και αυτές που ενέπιπταν στο εύρος των ορίων επαγρύπνησης, σημειώθηκαν σε συνθήκες ανομβρίας (Εικ. 6.114).

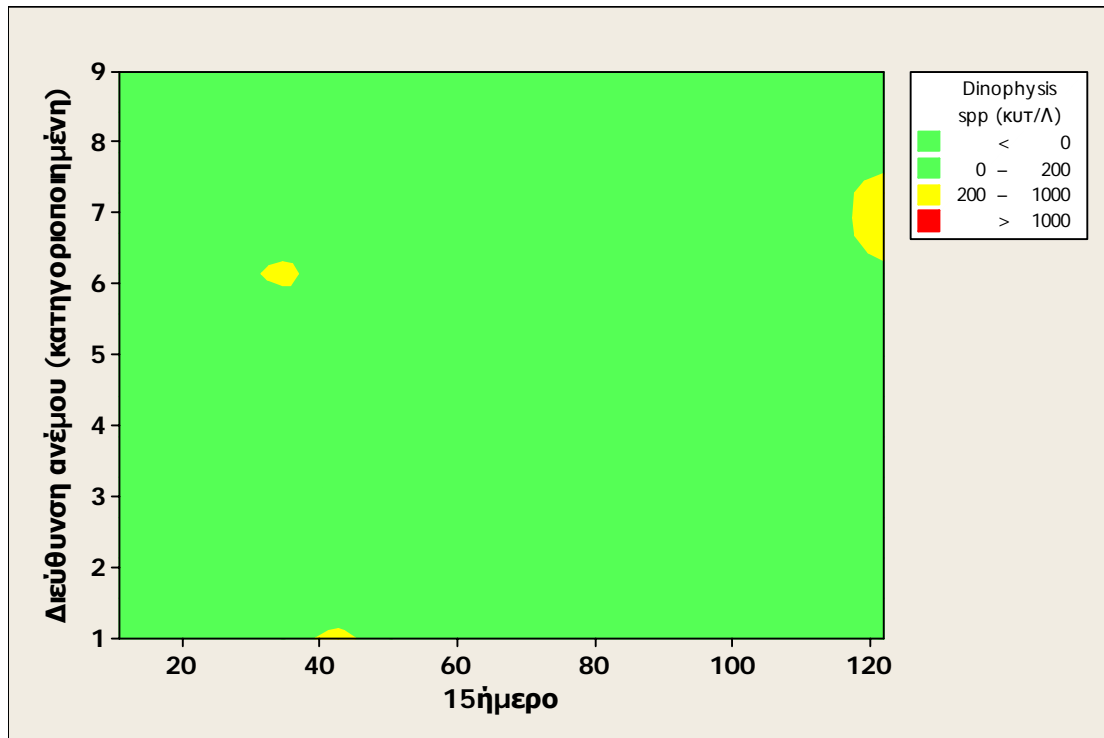


Εικόνα 6.114. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με το ύψος βροχόπτωσης στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας.

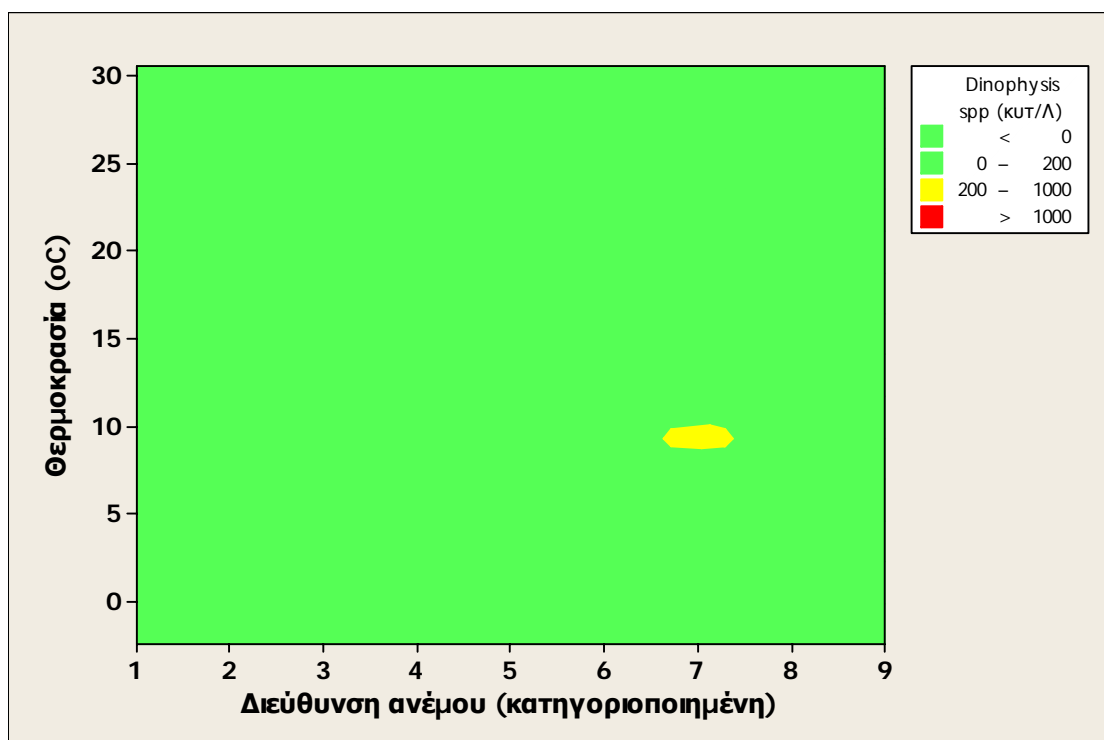
6.2.5.3 Αλληλεπιδράσεις των παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Λόγω των πολύ χαμηλών αφθονιών που καταγράφηκαν στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας, η διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων των παραμέτρων στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. με τρισδιάστατα διαγράμματα ισοϋψών (3D contour plots) βασίζεται αποκλειστικά στα εθνικά κανονιστικά επίπεδα που αφορούν σε επαγρύπνηση. Όσες από αυτές τις αλληλεπιδράσεις εμφανίζουν κάποια ιδιαίτερη τάση αναλύονται κατωτέρω.

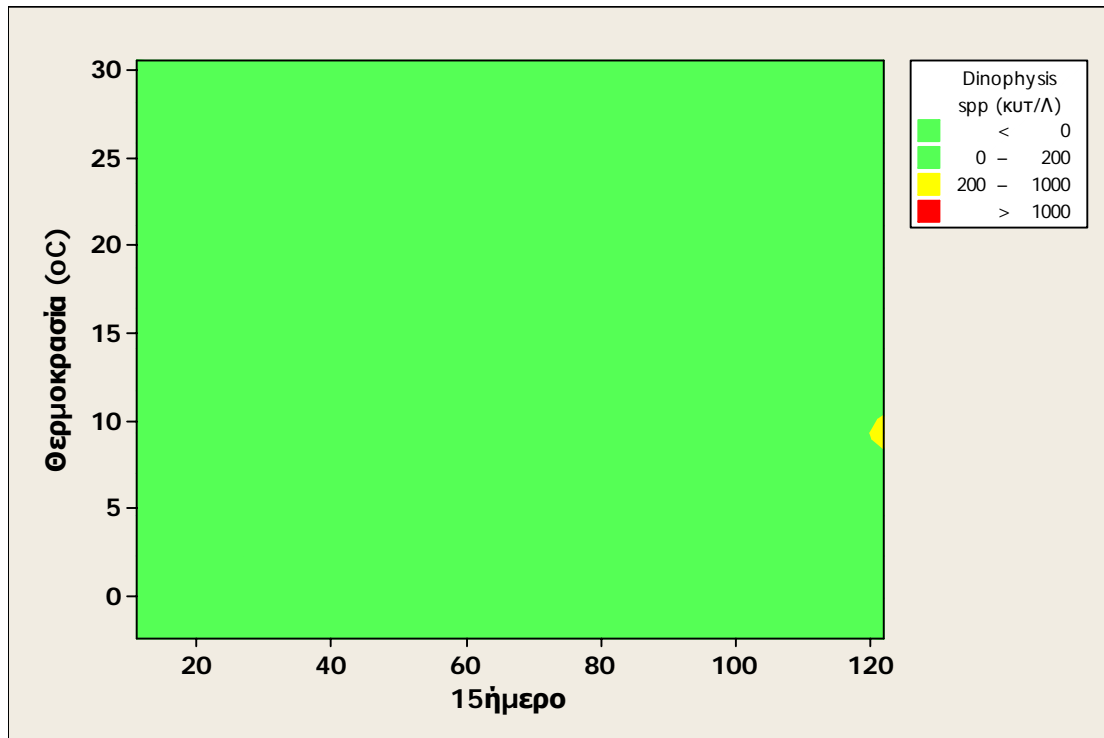
α) **Διεύθυνση ανέμου και χρονική περίοδος του έτους:** Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα μεταξύ 200-1000 κυτ./l καταγράφηκαν στους μήνες Δεκέμβριο, Μάρτιο και Απρίλιο με επικρατούσες διευθύνσεις ανέμων ΝΔ, Ν και νηνεμία, αντίστοιχα (Εικ. 6.115).



Εικόνα 6.115. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και τη διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας.



Εικόνα 6.116. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και τη διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας.



Εικόνα 6.117. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας.



Εικόνα 6.118. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας

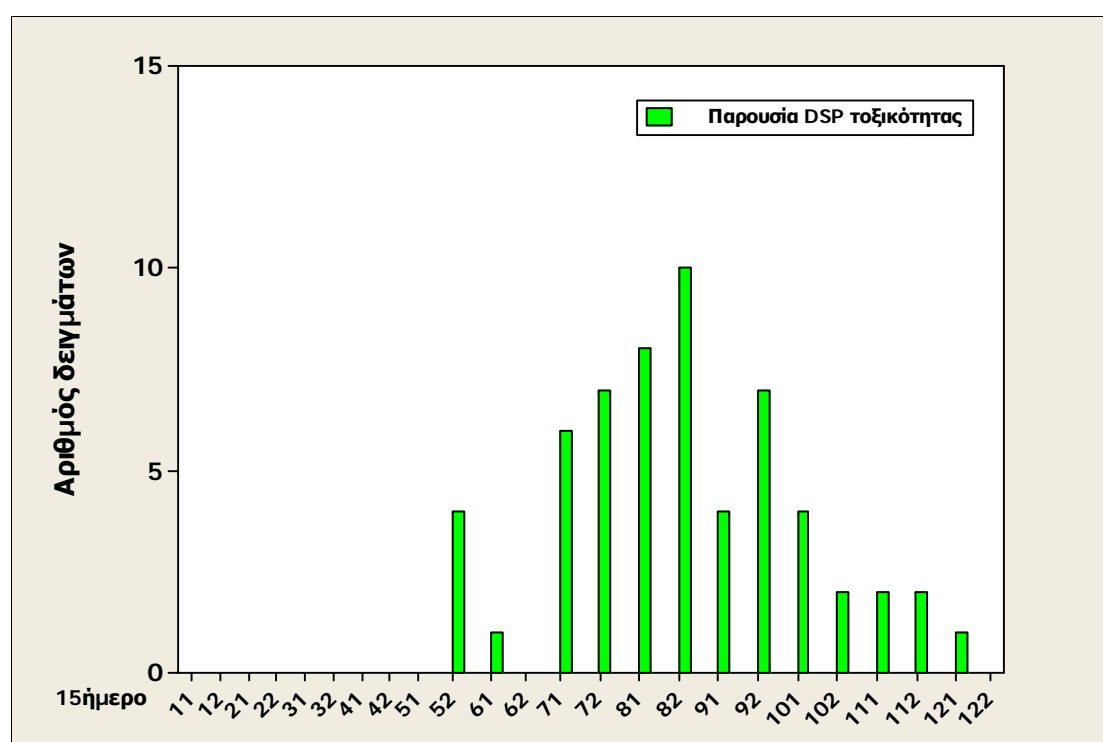
β) Θερμοκρασία και διεύθυνση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. μεταξύ 200-1000 κυτ./l παρατηρήθηκαν στο θερμοκρασιακό εύρος μεταξύ 9-10°C και με Δ επικρατούσα διεύθυνση ανέμου (Εικ. 6.116).

γ) **Θερμοκρασία και χρονική περίοδος του έτους:** Συγκεντρώσεις *Dinophysis* spp. μεταξύ 200-1000 κυτ./l σημειώθηκαν το μήνα Δεκέμβριο με τη θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ 9-10°C (Εικ. 6.117).

δ) **Θερμοκρασία και βροχόπτωση:** Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l) έτειναν να εμφανίζονται σε θερμοκρασίες 8-10°C σε συνδυασμό με ανομβρία (Εικ. 6.118).

6.2.5.4 Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια

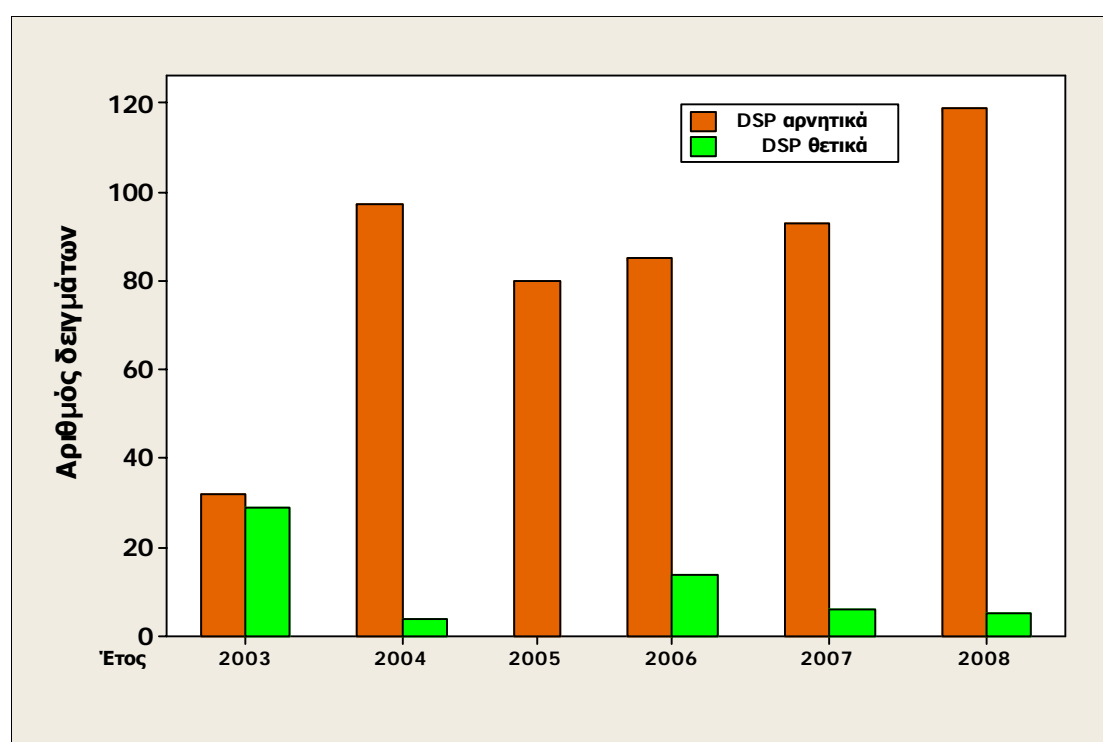
Η DSP τοξικότητα στα μύδια των ζωνών παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας, κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης (2003-2008) η οποία οφείλεται σε παρουσία τοξινών από κύτταρα του *Dinophysis* spp. (χειμερινά–εαρινά τοξικά επεισόδια) μπορεί να χαρακτηριστεί από ελάχιστη έως και ανύπαρκτη. Τα DSP τοξικά επεισόδια στην περιοχή αυτή εμφανίζουν σχεδόν αποκλειστικά θερινή–φθινοπωρινή χρονική εντόπιση, με τη μεγαλύτερη έντασή τους να παρατηρείται στους μήνες από Ιούλιο έως Σεπτέμβριο (Εικ. 6.119). Τα επεισόδια αυτά αποδίδονται στην επικράτηση βενθικών ειδών μικροφυκών, τα οποία παράγουν DSP ή/και άλλες λιπόφιλες τοξίνες (*Prorocentrum* spp. και *Ostreopsis* spp.).



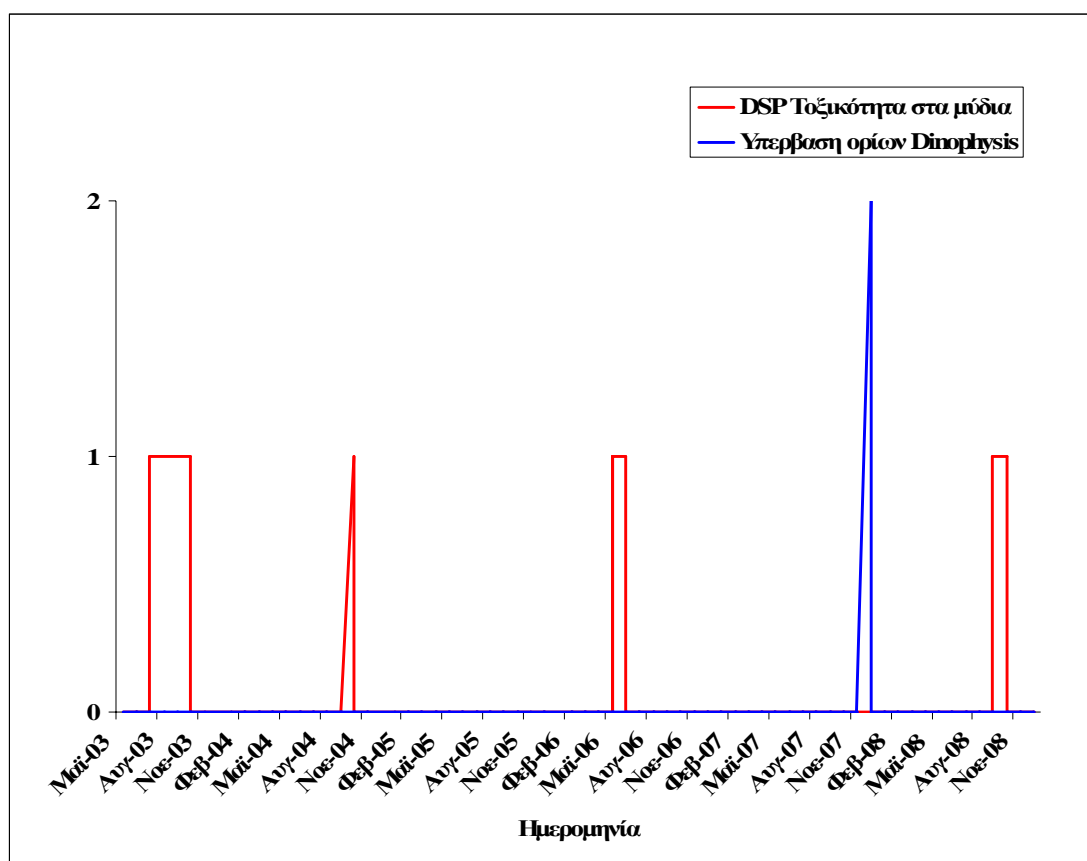
Εικόνα 6.119. Διασπορά των DSP θετικών δειγμάτων κατά τη διάρκεια του έτους στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης.

6.2.5.5 Χρονικές περιόδους με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008

Τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας μεταξύ των ετών 2003-2008 και τα οποία συνοδεύτηκαν από αντίστοιχη παρουσία τοξικότητας στα μύδια εντοπίζονται χρονικά σε όλα τα έτη εκτός του 2005. Πιο έντονα εμφανίζονται τα τοξικά επεισόδια των ετών 2003 και 2006, στα οποία παρατηρούνται οι υψηλότερες αναλογίες θετικών/αρνητικών δειγμάτων (Εικ. 6.120). Πρέπει να τονιστεί όμως ότι η ένταση του τοξικού επεισοδίου του 2003 είναι «πλασματική», διότι τα δεδομένα σ' αυτό το έτος είναι διαθέσιμα από το μήνα Μάιο και έπειτα, οπότε συμπίπτουν περισσότερο με τη συνήθη περίοδο εμφάνισης των DSP θετικών δειγμάτων της συγκεκριμένης περιοχής. Σε ότι αφορά την ένταση του τοξικού επεισοδίου του 2006, αυτή αποδίδεται κυρίως στη μακρά περίοδο DSP τοξικότητας που παρατηρήθηκε στο σημείο δειγματοληψίας της Νέας Ηρακλείτσας. Οι χρονικές περιόδους σε συνδυασμό με την αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων για το μελετώμενο χρονικό διάστημα για τις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Καβάλας παρουσιάζονται λεπτομερώς στη συνέχεια.



Εικόνα 6.120. Χρονική κατανομή κατ' έτος των DSP αρνητικών και θετικών δειγμάτων μυδιών στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Καβάλας στα έτη 2003-2008.



Εικόνα 6.121. Χρονικές περίοδοι και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Κεραμωτή της νομαρχίας Καβάλας.

Πίνακας 6.23. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Κεραμωτή.

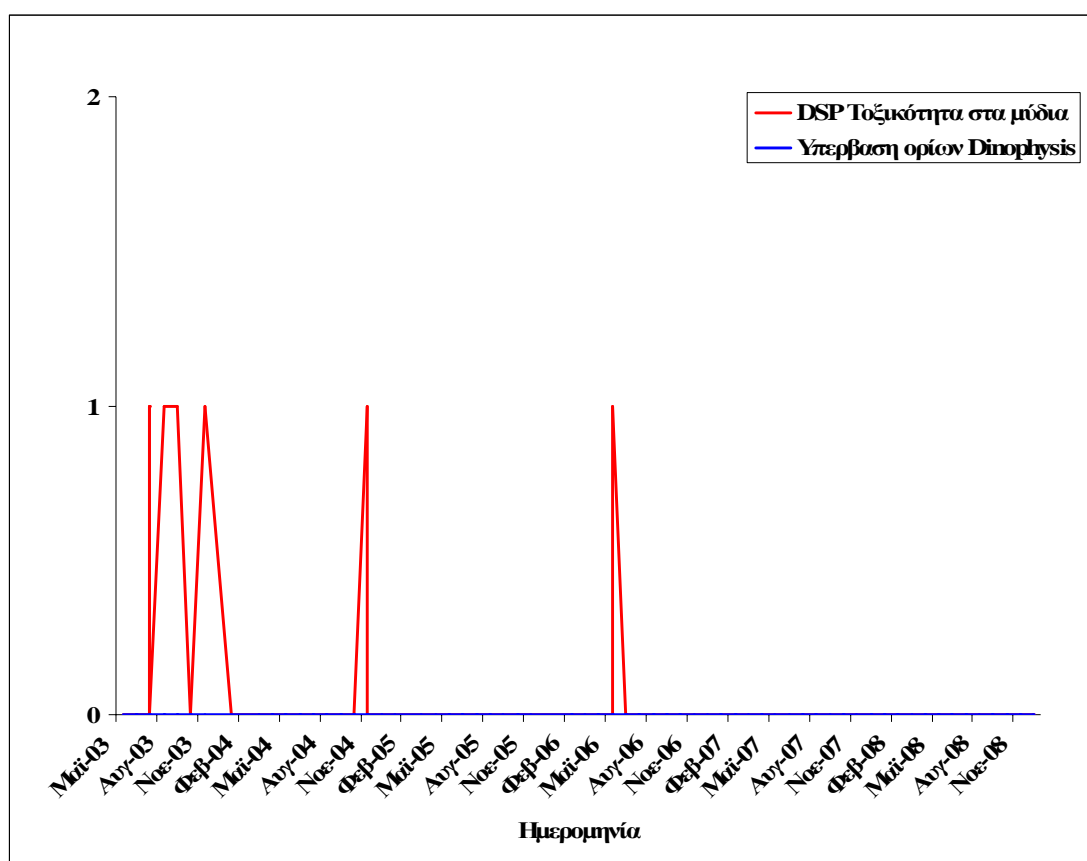
Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ημερο:
2003	---	---	---	106	71	102
2004	---	---	---	7	101	101
2005	---	---	---	---	---	---
2006	17	52	52	---	---	---
		52	61			
2007	15	121	122	---	---	---
2008	---	---	---	27	92	101
	Μέση διάρκεια¹	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	16 ± 1,4	52 121	61 122	47 ± 52,3	71	102

¹ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

α) Ζώνη παραγωγής Κεραμωτής: DSP τοξικά επεισόδια καταγράφηκαν στα έτη 2003, 2004, 2006, και 2008 (Εικ. 6.121 και Πιν. 6.23). Σε όλες τις περιπτώσεις, η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια δεν ακολουθούσε και δεν συνέπιπτε χρονικά με λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω

υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*, αλλά στο έτος 2006 σημειώθηκαν αφθονίες του εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l). Στο έτος 2007 σημειώθηκε η μοναδική για τη νομαρχία Καβάλας συγκέντρωση του *Dinophysis* που ανήλθε στα 1000 κυτ./l και οδήγησε στη λήψη υγειονομικών μέτρων με αυτή την αιτιολογία.

β) Ζώνη παραγωγής Αγιάσματος: Περίπου όμοια με αυτή της Κεραμωτής είναι η εικόνα και στο σημείο Αγιάσμα, με DSP τοξικά επεισόδια να καταγράφονται στα έτη 2003, 2004 και 2006, χωρίς να υπάρχει χρονική ακολουθία ή σύμπτωση της λήψης υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια με τη λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis* (Εικ. 6.122 και Πιν. 6.24). Εντούτοις, στο τοξικό επεισόδιο του έτους 2006, προηγήθηκαν αφθονίες του *Dinophysis* spp. εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l).

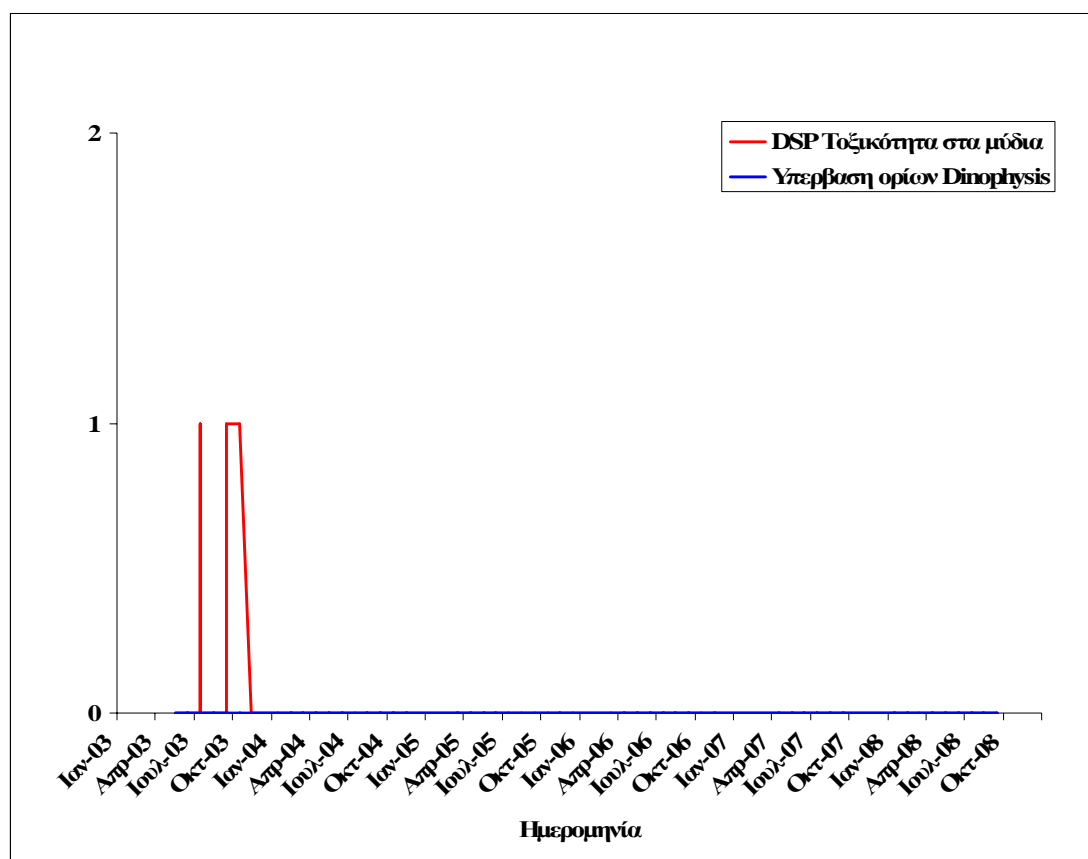


Εικόνα 6.122. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Αγιάσμα της νομαρχίας Καβάλας.

Πίνακας 6.24. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Αγίασμα.

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	---	---	---	124	71	71
					81	102
					112	11 ε.ε. ¹
2004	---	---	---	14	111	112
2005	---	---	---	---	---	---
2006	6	52	61	---	---	---
2007	---	---	---	---	---	---
2008	---	---	---	---	---	---
	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	6	52	61	69 ± 77,8	71	11 ε.ε.

¹ ε.ε. : επομένου έτους.



Εικόνα 6.123. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Βάσοβα της νομαρχίας Καβάλας.

γ) **Ζώνη παραγωγής Βάσοβας:** Η μόνη περίπτωση DSP τοξικότητας στα μύδια που έχει καταγραφεί στην περιοχή αφορά στη θερινή–φθινοπωρινή περίοδο του έτους 2003 (Εικ. 6.123 και Πιν. 6.25). Όπως ήταν αναμενόμενο και από τη χρονική

εντόπιση του τοξικού επεισοδίου, δεν υφίσταται συσχέτιση της DSP τοξικότητας στα μύδια με την παρουσία του *Dinophysis* spp.

Πίνακας 6.25. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Βάσοβα.

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	---	---	---	79	71 92	72 112
2004	---	---	---	---	---	---
2005	---	---	---	---	---	---
2006	---	---	---	---	---	---
2007	---	---	---	---	---	---
2008	---	---	---	---	---	---
	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	---	---	---	79	71 92	72 112

Πίνακας 6.26. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Νέα Ηρακλείτσα.

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2003	---	---	---	366 ¹	72	72
2004	---	---	---	52	81	92
2005	---	---	---	---	---	---
2006	---	---	---	166	81	12 ε.ε. ²
2007	---	---	---	208	71	21 ε.ε.
2008	---	---	---	207	72	22 ε.ε.
	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια³	Ελάχιστο	Μέγιστο
	---	---	---	158 ± 80,7	71	22 ε.ε.

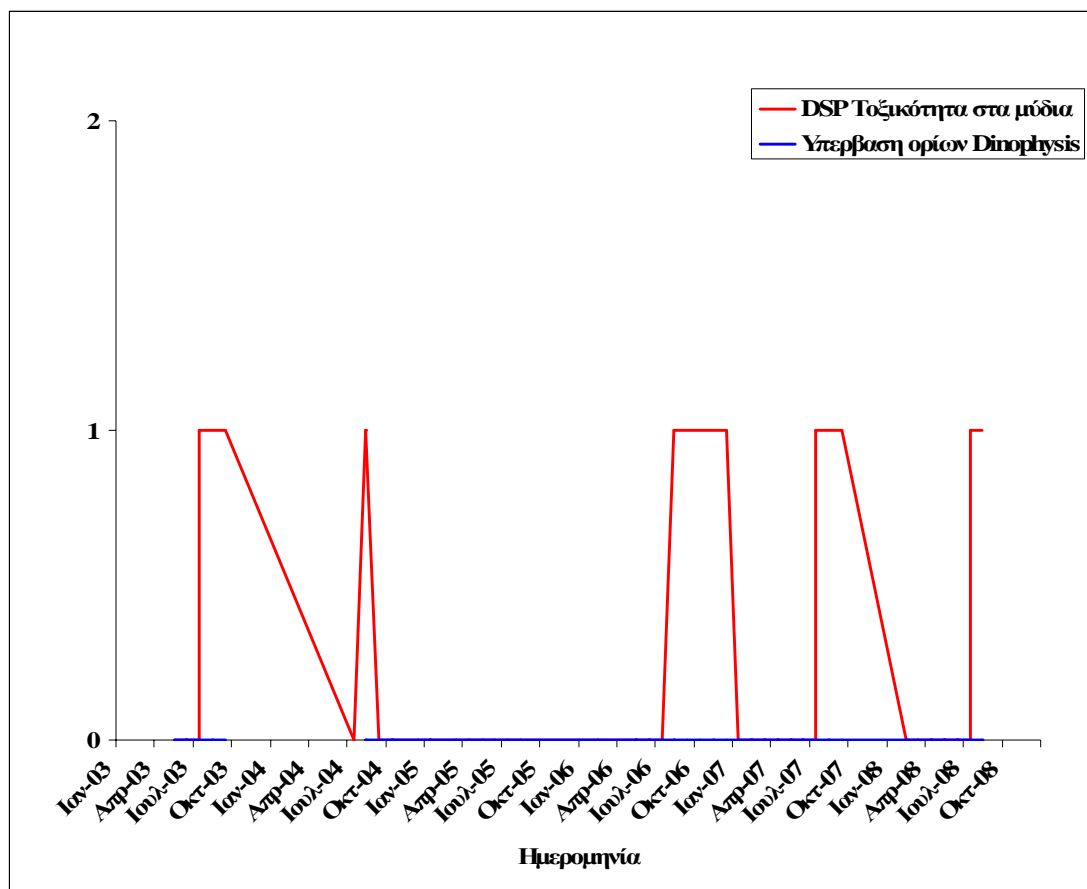
¹ Η μεγάλη αυτή διάρκεια οφείλεται σε έλλειψη δειγματοληψίας μυδιών στο μεσοδιάστημα και δε λαμβάνεται υπόψη στη διαμόρφωση της μέσης διάρκειας και στον υπολογισμό ελαχίστου - μεγίστου.

² ε.ε. : επομένου έτους.

³ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

δ) Ζώνη παραγωγής Νέας Ηρακλείτσας: Στη ζώνη αυτή έχουν καταγραφεί ιδιαίτερα μακράς διάρκειας DSP τοξικά επεισόδια σε όλα τα έτη της μελέτης εκτός από το 2005 (Εικ. 6.124 και Πιν. 6.26). Όλα ανεξαιρέτως τα τοξικά επεισόδια εντοπίζονται χρονικά σε θερινές–φθινοπωρινές περιόδους, καλύπτοντας πολλές φορές και τους χειμερινούς μήνες που έπονται. Δεν διαπιστώνεται καμία απολύτως συσχέτιση της DSP τοξικότητας στα μύδια με την παρουσία του *Dinophysis* spp.

Αντιθέτως, τα τοξικά επεισόδια της περιοχής αυτής αποδίδονται σχεδόν αποκλειστικά σε λιπόφιλες τοξίνες που παράγονται από το γένος *Ostreopsis* spp.

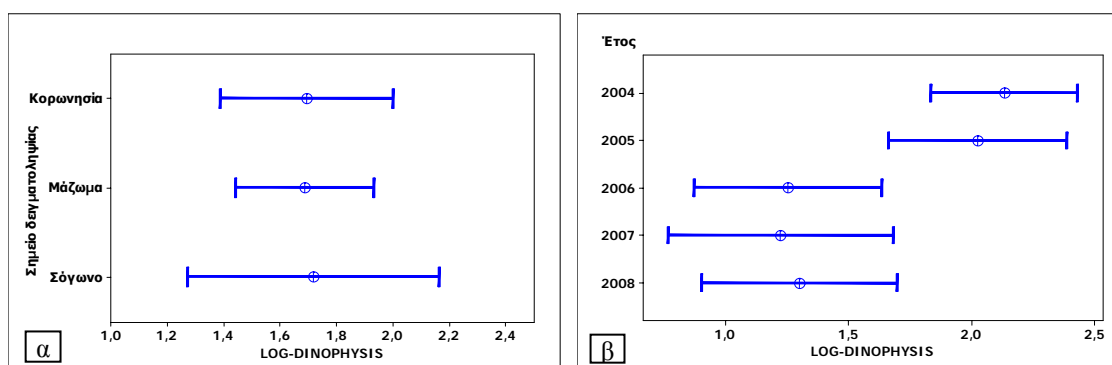


Εικόνα 6.124. Χρονικές περίοδοι και αιτιολογία άρσης και λήξης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2003-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Νέα Ηρακλείτσα της νομαρχίας Καβάλας.

6.2.6 Νομαρχία Πρεβέζης

6.2.6.1 Αφθονία κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA με διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου καθορισμένο στο επίπεδο του 95% καταδεικνύει ότι η μέση συγκέντρωση κυττάρων *Dinophysis* spp. ανά λίτρο κατά τη χρονική περίοδο 2004-2008 καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P>0,05$) μεταξύ των τριών σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Πρεβέζης (Εικ. 6.125α). Λόγω αφενός των παρομοίων επιπέδων των αφθονιών του *Dinophysis* spp. και της πλήρους επικάλυψης των διαστημάτων εμπιστοσύνης τους και αφετέρου της ύπαρξης κοινών κλιματολογικών δεδομένων, τα τρία σημεία θα αντιμετωπιστούν στη συνέχεια ως μια ενιαία περιοχή, μελετώντας συγκεντρωτικά τις επιδράσεις των λοιπών παραμέτρων σε επίπεδο νομαρχίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι στη νομαρχία Πρεβέζης, το χρονικό διάστημα που μελετάται διαφέρει από αυτά των λοιπών νομαρχιών, και αφορά στα έτη 2004-2008, επειδή τα υπάρχοντα δεδομένα για το έτος 2003 είναι ελάχιστα και σποραδικής φύσεως.



Εικόνα 6.125. Μέση αφθονία (λογαριθμημένη) των κύτταρων του γένους *Dinophysis* (α) κατά σημείο δειγματοληψίας και (β) κατ' έτος για τη νομαρχία της Πρεβέζης (⊕ = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

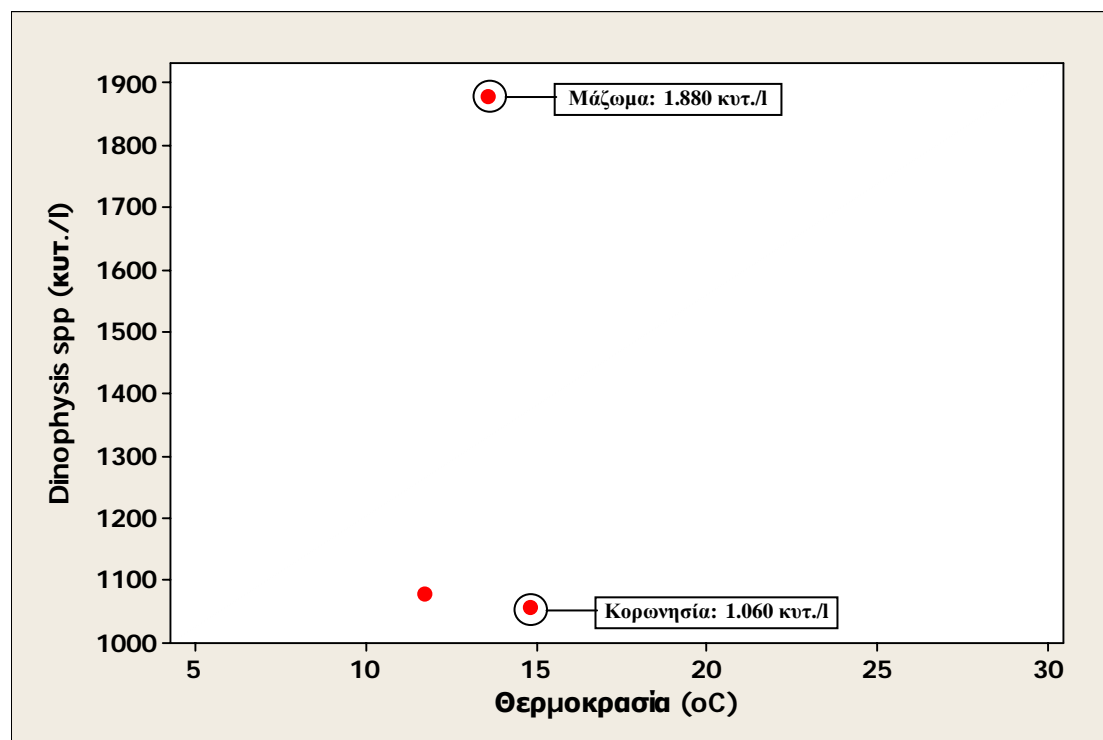
Η κατ' έτος μέση αφθονία των κύτταρων του γένους *Dinophysis*, εμφανίζει τη μέγιστη τιμή της στο έτος 2004 όπως και στην πλειονότητα των προηγούμενων νομαρχιών, η οποία όμως δε διαφέρει σημαντικά ($P>0,05$) από αυτή του έτους 2005 (Εικ. 6.125β). Στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P\leq 0,05$) υφίστανται μεταξύ των μέσων τιμών των ετών 2004, 2005 με αυτές των ετών 2006, 2007 και 2008.

6.2.6.2 Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Κατά τη χρονική περίοδο 2004-2008 στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης, σημειώθηκαν ελάχιστες περιπτώσεις αφθονίας του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) στα σημεία δειγματοληψίας Μάζωμα και Κορωνησία, ενώ δεν καταγράφηκε καμία τιμή που να

υπερβαίνει τα επίπεδα αυτά στο σημείο Σόγωνο. Οι επιδράσεις των κλιματολογικών παραμέτρων που μελετήθηκαν αναλύονται κατωτέρω:

α) Θερμοκρασία: Κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l), παρατηρήθηκαν σε θερμοκρασίες μεταξύ 12-15°C (Εικ. 6.126). Οι μέγιστες αφθονίες σημειώθηκαν με θερμοκρασία 14°C για το σημείο δειγματοληψίας Μάζωμα (1.880 κυτ./l) και στους 15°C για την Κορωνησία (1.060 κυτ./l).

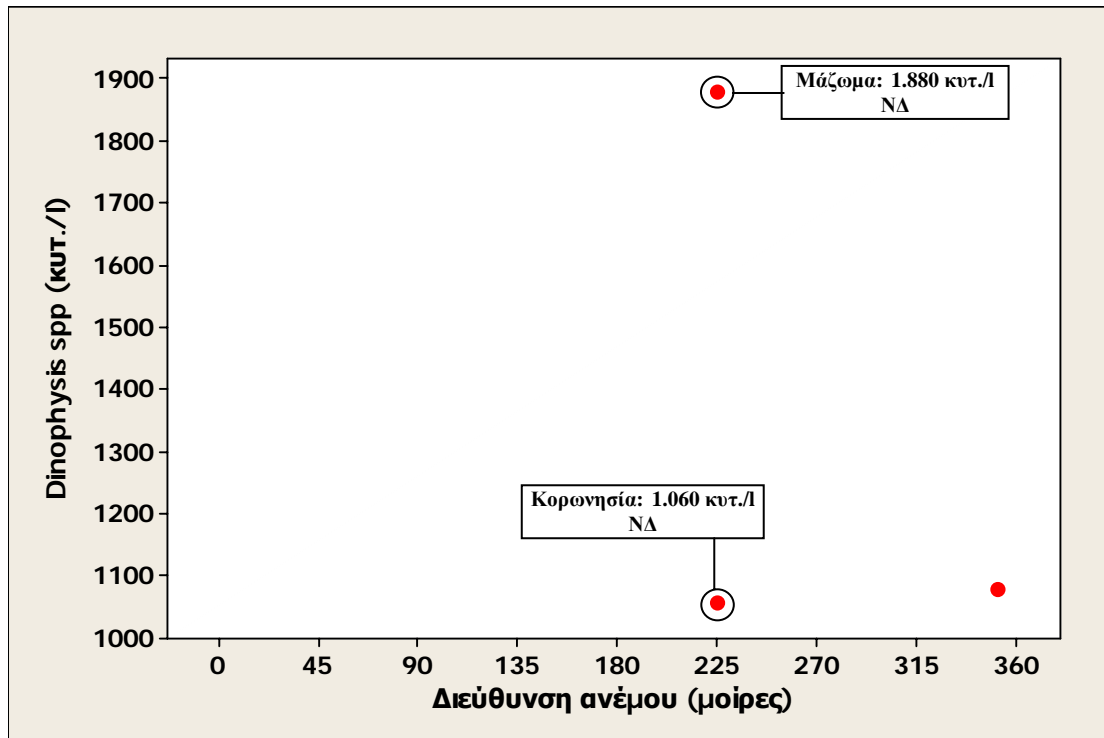


Εικόνα 6.126. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.

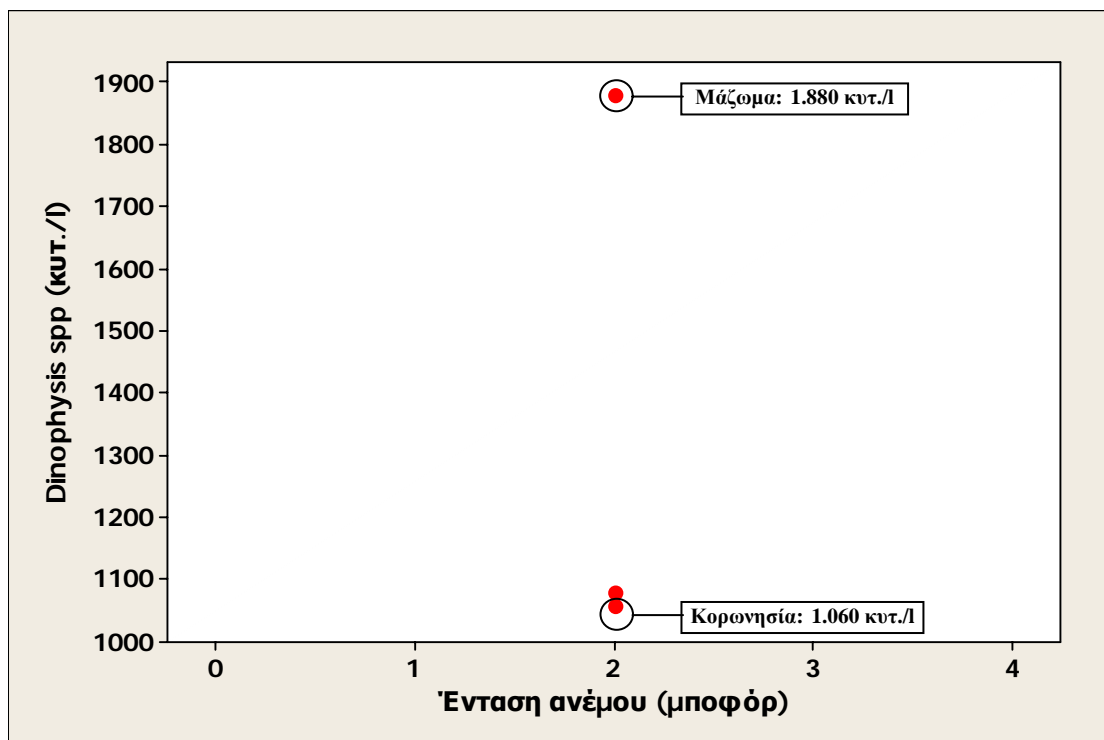
β) Διεύθυνση ανέμου: Οι υπερβάσεις των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) των αφθονιών του *Dinophysis* spp. καταγράφηκαν σε συνδυασμό με ανέμους που έπνεαν από ΝΔ και Β διευθύνσεις (Εικ. 6.127). Και οι δύο μέγιστες αφθονίες στα σημεία δειγματοληψίας Μάζωμα και Κορωνησία (1.880 κυτ./l και 1.060 κυτ./l, αντίστοιχα) σημειώθηκαν όταν επικρατούσαν ΝΔ άνεμοι.

γ) Ένταση ανέμου: Όλες οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) καταγράφηκαν με ασθενείς ανέμους εντάσεως 2 μποφόρ (Εικ. 6.128).

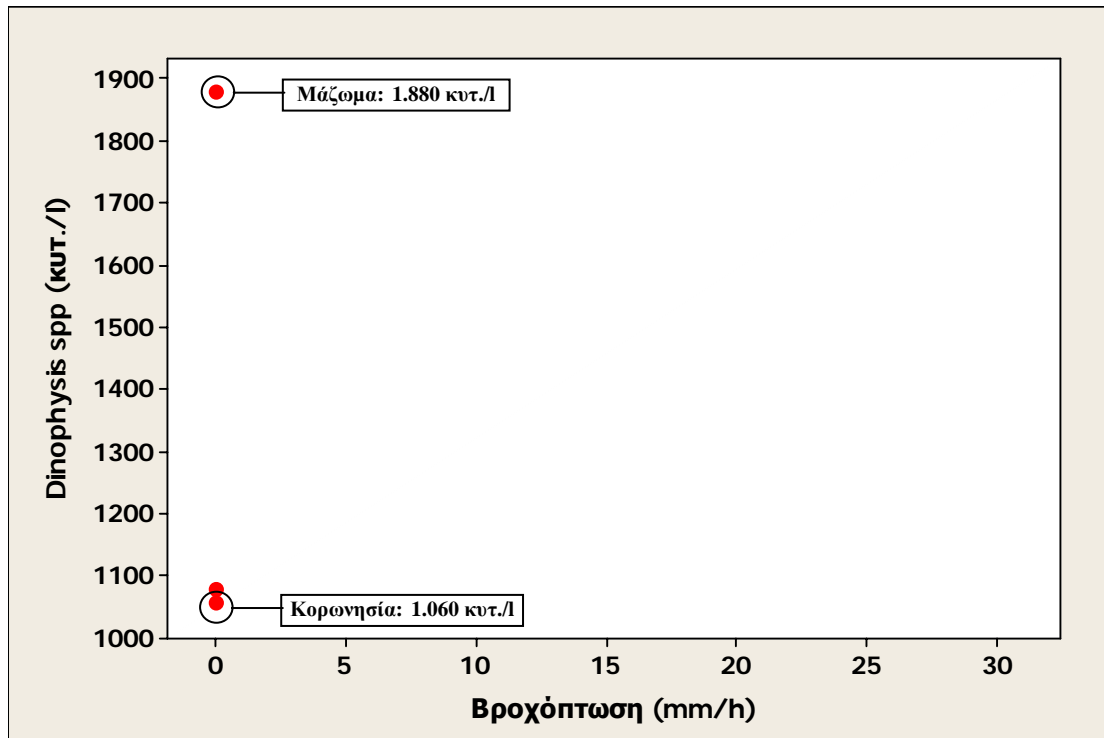
δ) Βροχόπτωση: Το σύνολο των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που ήταν υψηλότερες των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l), παρατηρήθηκε ότι συνέπιπτε με πλήρη ανομβρία (Εικ. 6.129).



Εικόνα 6.127. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη διεύθυνση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.



Εικόνα 6.128. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με την ένταση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.



Εικόνα 6.129. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με το ύψος βροχόπτωσης στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.

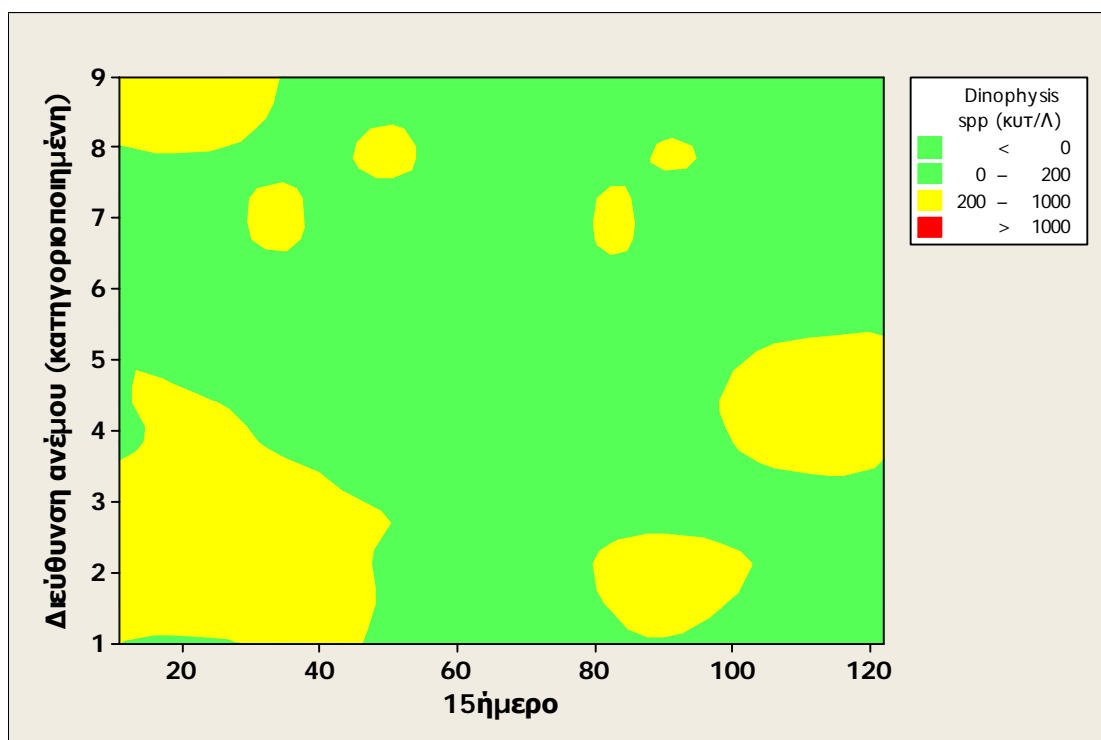
6.2.6.3 Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Οι αλληλεπιδράσεις των παραμέτρων στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. κατά τη χρονική περίοδο 2004–2008 για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης διερευνήθηκαν με τη χρήση τρισδιάστατων διαγραμμάτων ισοϋψών (3D contour plots). Η μελέτη τους συμπεριλαμβάνει, όπου κρίνεται απαραίτητο, εκτός από τις αφθονίες του *Dinophysis* που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων και αυτές που ήταν εντός των ορίων επαγρύπνησης. Οι αλληλεπιδράσεις των παραμέτρων που παρουσιάζουν κάποια ενδιαφέρουσα τάση αναλύονται ως ακολούθως:

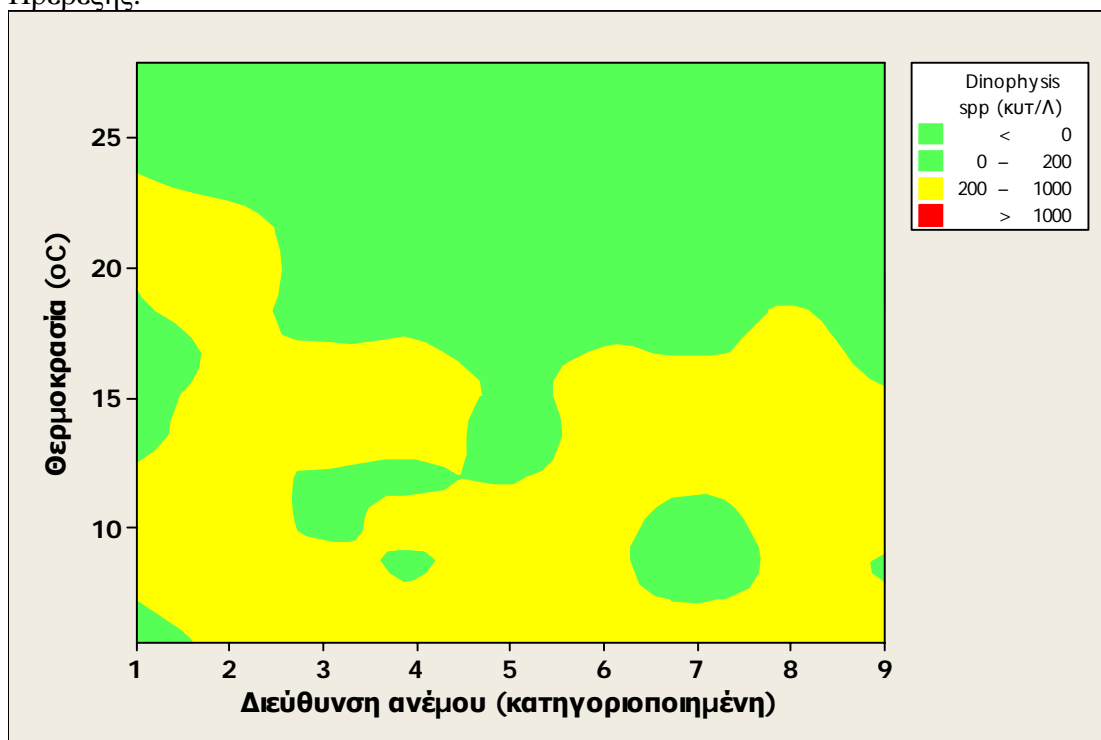
α) Διεύθυνση ανέμου και χρονική περίοδος του έτους: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. στα επίπεδα επαγρύπνησης (200-1.000 κυτ./l) καταγράφηκαν καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια του έτους εκτός από τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο και συμπίπτουν είτε με νηνεμία ή με την πλειονότητα των διευθύνσεων των ανέμων, εκτός των Ν ανέμων (Εικ. 6.130).

β) Θερμοκρασία και διεύθυνση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα μεταξύ 200-1.000 κυτ./l σημειώθηκαν σε θερμοκρασίες μεταξύ 5-23°C με όλες τις διευθύνσεις των ανέμων. Μια ενδιαφέρουσα τάση αποτελεί η έλλειψη

τέτοιων αφθονιών στην περίπτωση των ΝΔ ανέμων σε συνδυασμό με θερμοκρασία που κυμαίνεται στο εύρος από 7-12°C (Εικ. 6.131).

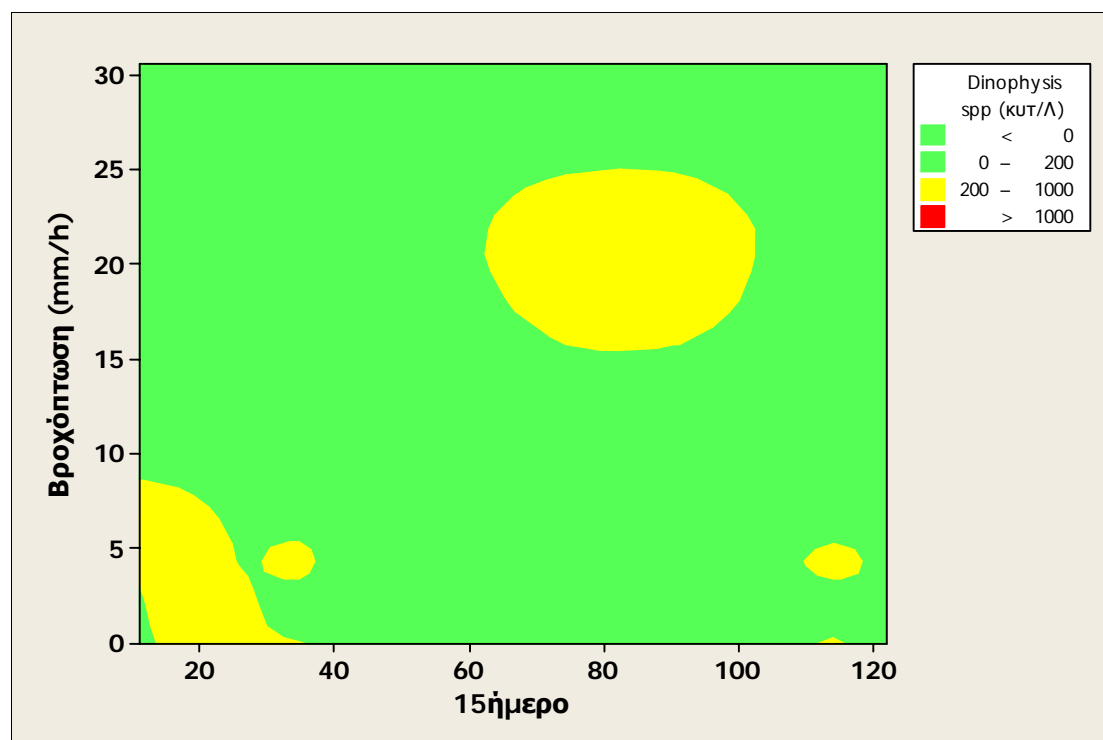


Εικόνα 6.130. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και τη διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.



Εικόνα 6.131. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και τη διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.

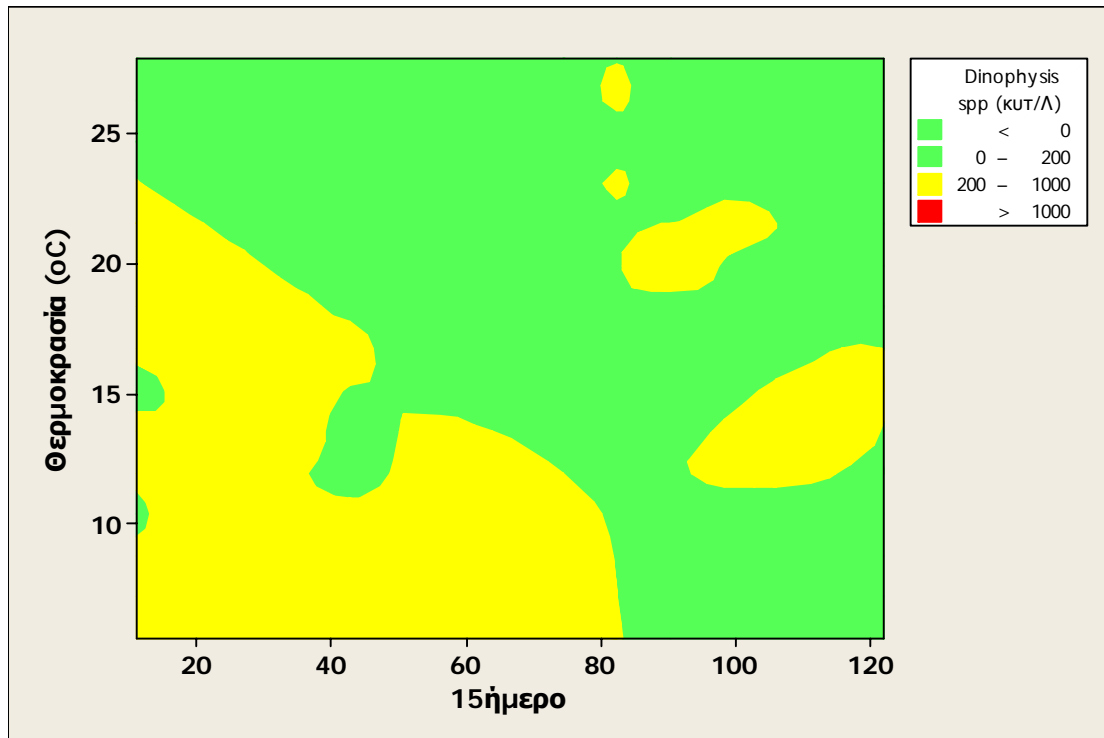
γ) **Βροχόπτωση και χρονική περίοδος του έτους:** Συγκεντρώσεις κύτταρων του *Dinophysis* spp. στα επίπεδα επαγρύπνησης καταγράφηκαν μεταξύ Ιανουαρίου και Μαρτίου και το μήνα Νοέμβριο σε συνδυασμό με ανομβρία έως και έντονες βροχοπτώσεις. Αντίθετα, αυτού του ύψους οι συγκεντρώσεις στους θερινούς και φθινοπωρινούς μήνες (Ιούνιο–Οκτώβριο) σημειώθηκαν με ιδιαίτερα έντονες βροχοπτώσεις (Εικ. 6.132).



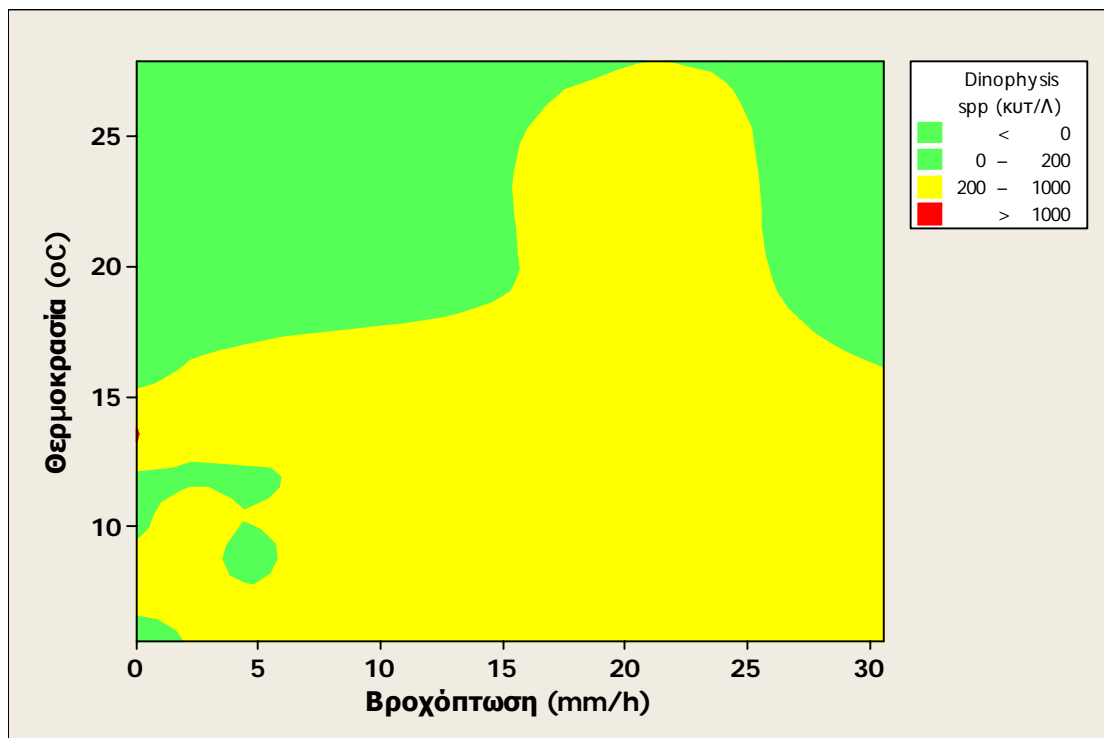
Εικόνα 6.132. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και το 15ήμερο του έτους για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.

δ) **Θερμοκρασία και χρονική περίοδος του έτους:** Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα εντός των ορίων επαγρύπνησης (200-1000 κυτ./l) έτειναν να εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα σε θερμοκρασιακό εύρος 5-23°C κατά το πρώτο οκτάμηνο του έτους. Στους λοιπούς μήνες του έτους, αφθονίες αυτού του ύψους εμφανίζονται κυρίως μεταξύ Αυγούστου και Οκτωβρίου σε θερμοκρασίες 18-23°C και από Οκτώβριο έως Δεκέμβριο με θερμοκρασίες 12-17°C (Εικ. 6.133).

ε) **Θερμοκρασία και βροχόπτωση:** Οι συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. της τάξης των 200-1.000 κυτ./l παρατηρήθηκαν σε ιδιαίτερα έντονες βροχοπτώσεις σε συνδυασμό με θερμοκρασιακό εύρος από 5-27°C. Σε περιπτώσεις ανομβρίας, ήπιων αλλά και κάπως πιο έντονων βροχοπτώσεων οι συγκεντρώσεις αυτές συνδυάζονταν με θερμοκρασίες μεταξύ 5-17°C (Εικ. 6.134).



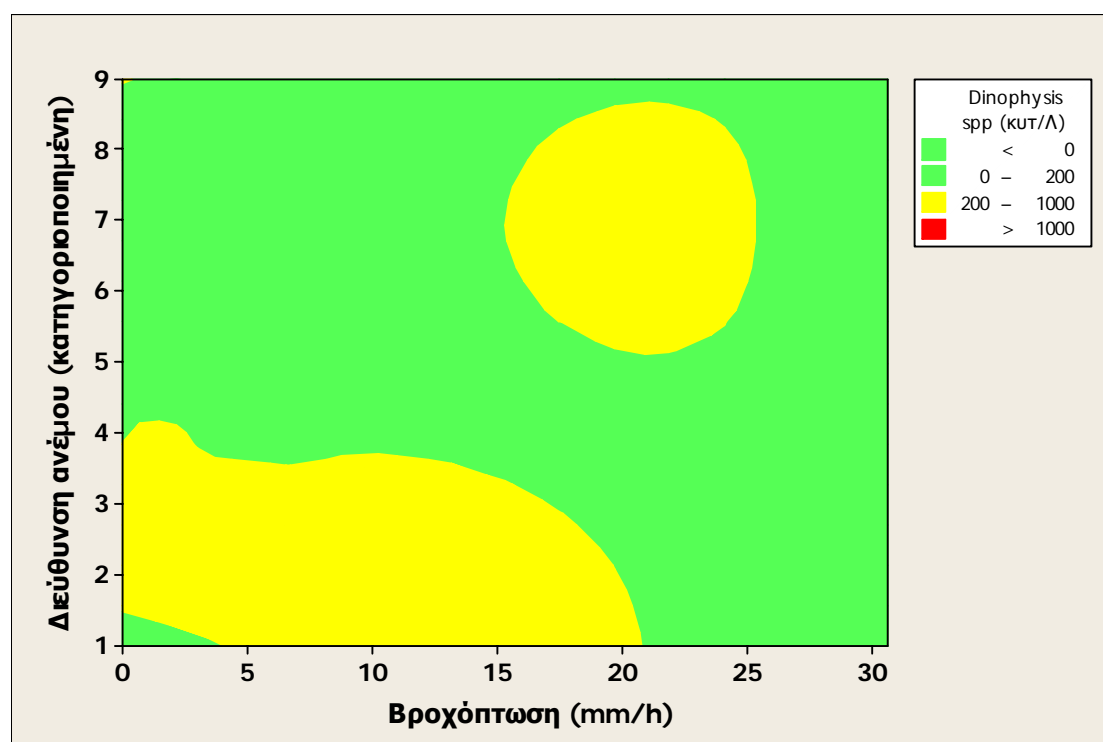
Εικόνα 6.133. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.



Εικόνα 6.134. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.

στ) Διεύθυνση του ανέμου και βροχόπτωση: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. στα επίπεδα επαγρύπνησης καταγράφηκαν στους συνδυασμούς ιδιαίτερα έντονων βροχοπτώσεων με ανέμους Ν, ΝΔ και Δ και αφετέρου σε περιπτώσεις ανομβρίας,

ήπιων ή και πιο έντονων βροχοπτώσεων με άπνοια ή ανέμους που έπνεαν από Β, ΒΑ και Α διεύθυνση (Εικ. 6.135)



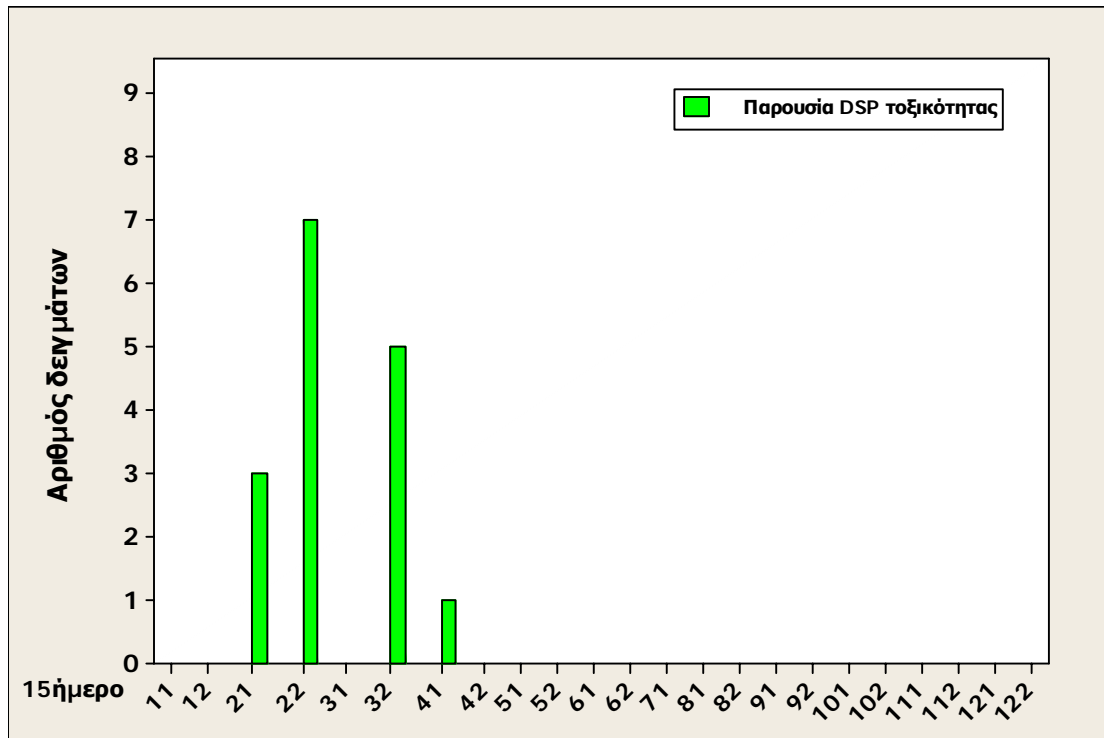
Εικόνα 6.135. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης.

6.2.6.4 Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια

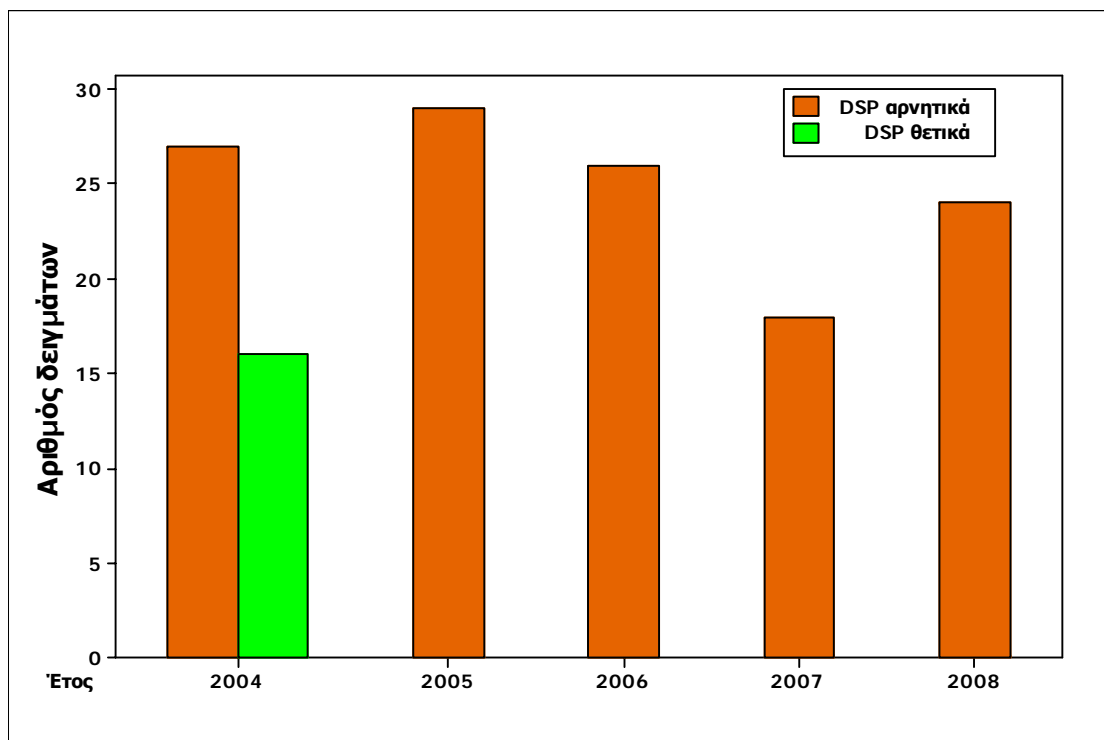
Η περίοδος κατά την οποία παρατηρείται DSP τοξικότητα στα μύδια των ζωνών παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης είναι ιδιαίτερα περιορισμένη σε σύγκριση με αυτές των υπολοίπων νομαρχιών και εντοπίζεται χρονικά κυρίως από τις αρχές Φεβρουάριου έως το πρώτο δεκαπενθήμερο του Απριλίου, με τη μεγαλύτερη έντασή της να παρατηρείται από τα μέσα έως το τέλος Φεβρουάριου (Εικ. 6.136).

6.2.6.5 Χρονικές περιόδους με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2004-2008

Τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης μεταξύ των ετών 2004-2008 και τα οποία συνοδεύτηκαν από αντίστοιχη παρουσία τοξικότητας στα μύδια εντοπίζονται χρονικά μόνο στο έτος 2004 (Εικ. 6.137). Οι χρονικές περιόδους σε συνδυασμό με την αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων στο χρονικό διάστημα της μελέτης για τις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Πρεβέζης παρουσιάζονται λεπτομερώς στη συνέχεια.

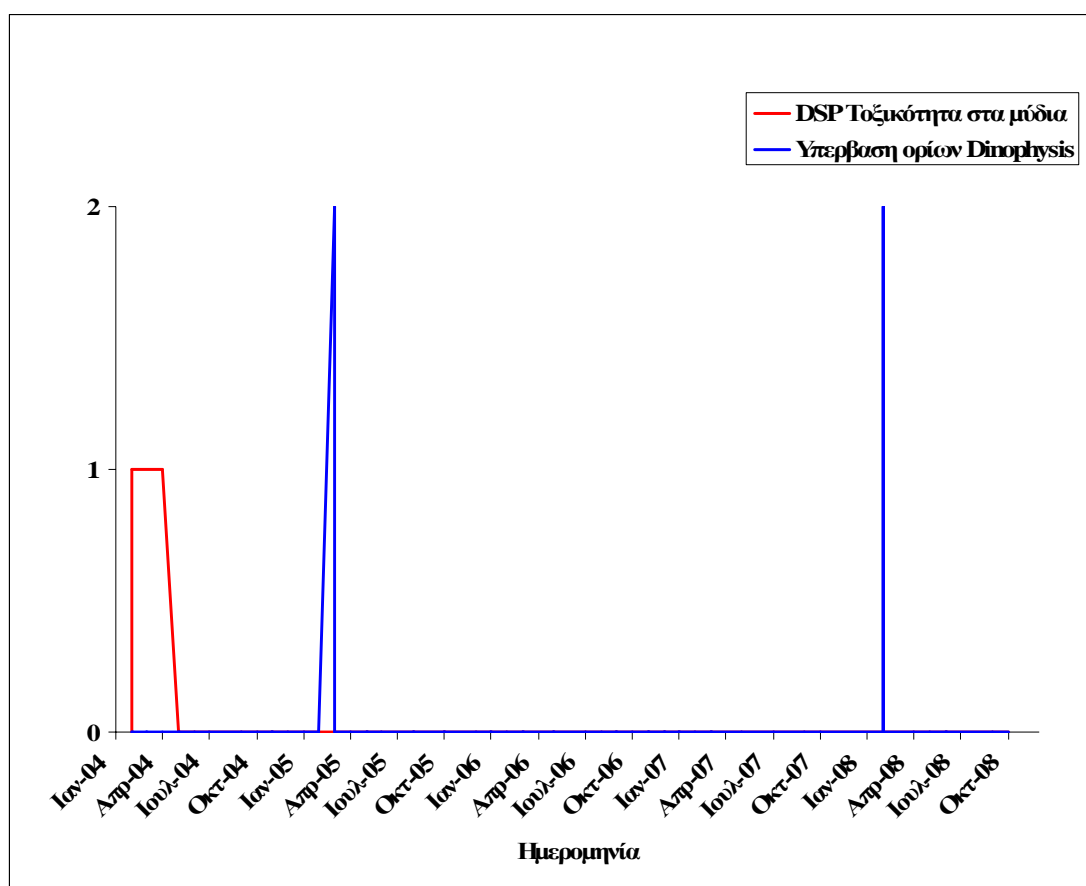


Εικόνα 6.136. Διασπορά των DSP θετικών δειγμάτων κατά τη διάρκεια του έτους στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης.



Εικόνα 6.137. Χρονική κατανομή κατ' έτος των DSP αρνητικών και θετικών δειγμάτων μυδιών στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης στα έτη 2004-2008.

α) Ζώνη παραγωγής Μαζώματος: Στο ομώνυμο σημείο δειγματοληψίας της περιοχής, λήψη υγειονομικών μέτρων εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια σημειώθηκε μόνο στα έτη 2004, 2005 και 2008 (Εικ. 6.138 και Πιν. 6.27) σε χειμερινές–εαρινές περιόδους. Η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω DSP τοξικότητας στα μύδια το 2004 συνοδεύτηκε μόνο από παρουσία του *Dinophysis* spp. στα επίπεδα επαγρύπνησης χωρίς να υπάρξει αντίστοιχη λήψη υγειονομικών μέτρων. Από την άλλη μεριά, στα έτη 2005 και 2008 σημειώθηκε υπέρβαση των κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*, χωρίς όμως να επακολουθήσει DSP τοξικότητα στα μύδια.



Εικόνα 6.138. Χρονικές περίοδοι και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2004-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Μάζωμα της νομαρχίας Πρεβέζης.

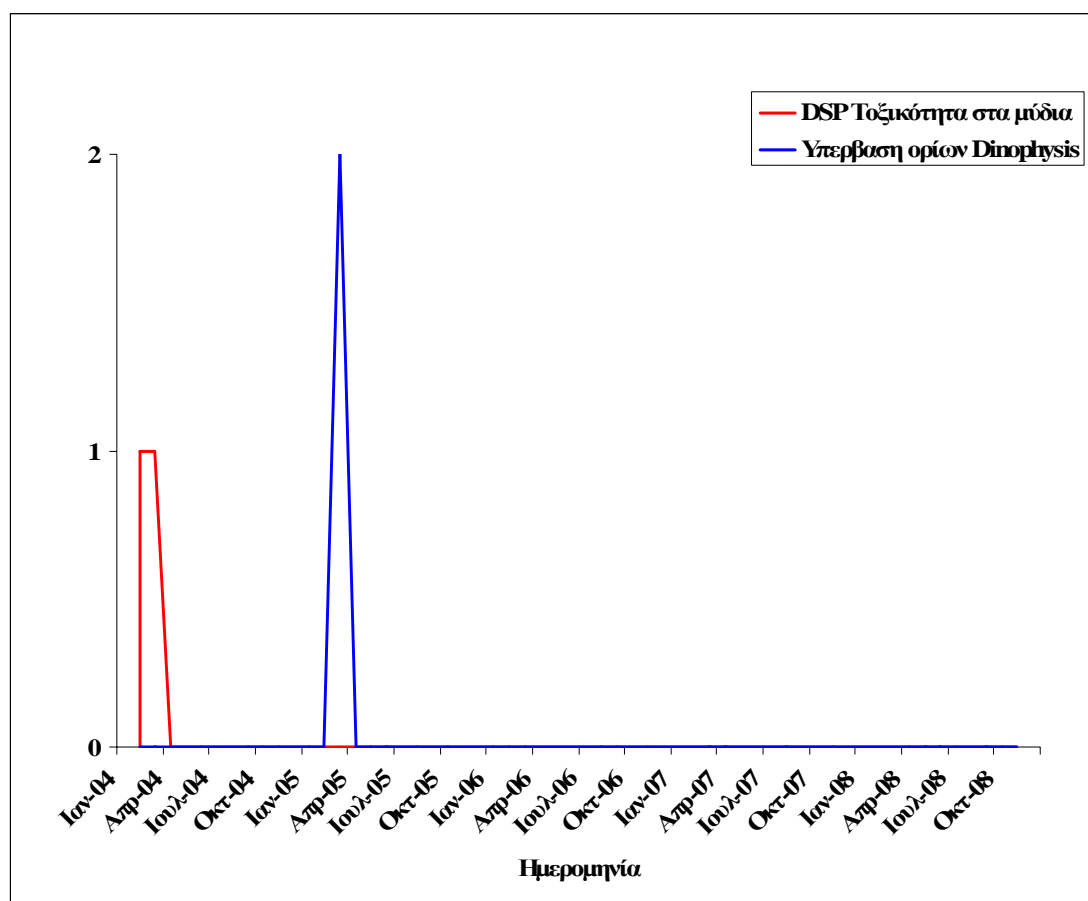
β) Ζώνη παραγωγής Κορωνησίας: Όπως και στη ζώνη παραγωγής του Μαζώματος, υγειονομικά μέτρα λόγω DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν μόνο το 2004 με διάρκεια λίγο μεγαλύτερη των δύο μηνών, από το Φεβρουάριο έως και τον Απρίλιο, η οποία συνοδεύτηκε μόνο από παρουσία του *Dinophysis* spp. στα επίπεδα επαγρύπνησης. Στο έτος 2005 καταγράφηκε μία υπέρβαση των κανονιστικών ορίων

του *Dinophysis*, χωρίς όμως να επακολουθήσει DSP τοξικότητα στα μύδια (Εικ. 6.139 και Πιν. 6.28).

Πίνακας 6.27. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Μάζωμα.

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2004	77	22	51	---	---	---
2005	7	32	32	---	---	---
2006	---	---	---	---	---	---
2007	---	---	---	---	---	---
2008	2	22	22	---	---	---
	Μέση διάρκεια¹	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	29 ± 41,9	22	51	---	---	---

¹ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

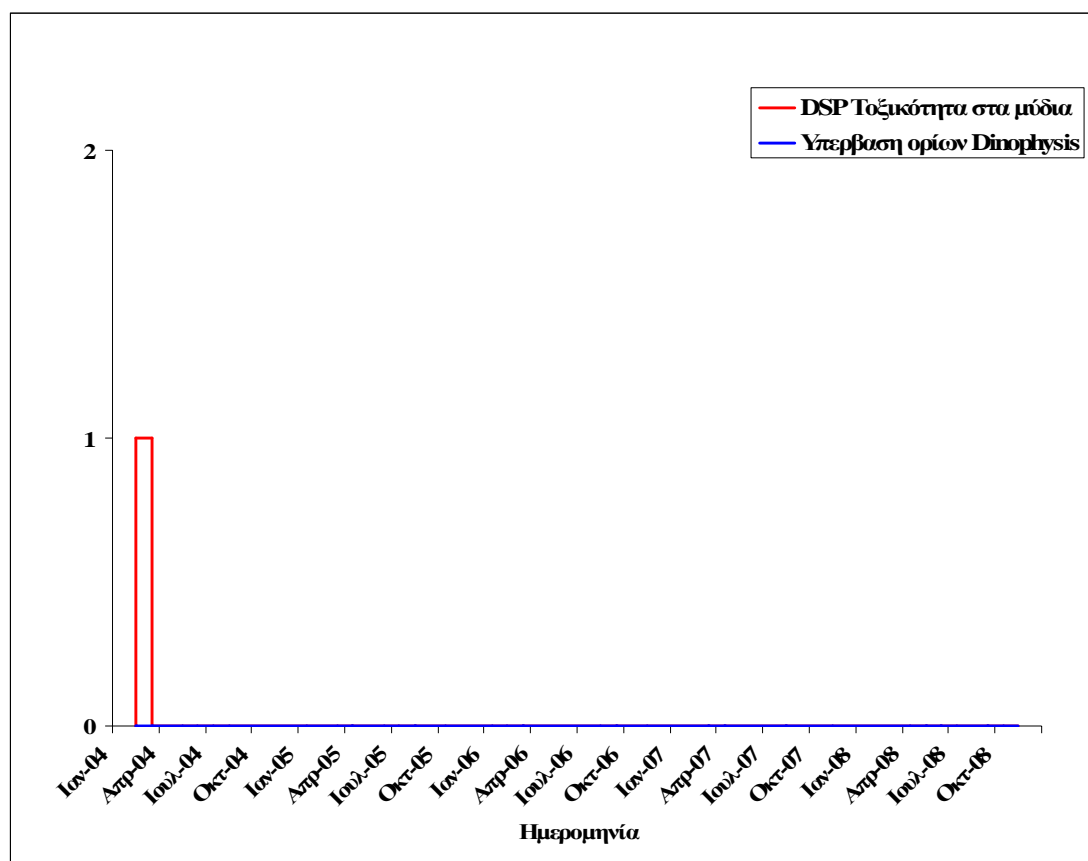


Εικόνα 6.139. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2004-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Κορωνησία της νομαρχίας Πρεβέζης.

Πίνακας 6.28. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Κορωνησία.

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2004	70	21	41	---	---	---
2005	6	32	41	---	---	---
2006	---	---	---	---	---	---
2007	---	---	---	---	---	---
2008	---	---	---	---	---	---
	Μέση διάρκεια¹	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	38 ± 45,3	21	41	---	---	---

¹ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)



Εικόνα 6.140. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2004-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Σόγωνο της νομαρχίας Πρεβέζης.

γ) **Ζώνη παραγωγής Σόγωνου:** Όπως και στις δύο προηγούμενες ζώνες παραγωγής, υγειονομικά μέτρα λόγω DSP τοξικότητας στα μύδια λήφθηκαν μόνο το 2004 με διάρκεια 41 ημερών, μεταξύ Φεβρουαρίου και Μαρτίου, η οποία συνοδεύτηκε μόνο από παρουσία του *Dinophysis* spp. στα επίπεδα επαγρύπνησης. Έκτοτε δεν έχουν ληφθεί υγειονομικά μέτρα σχετικά με τις DSP τοξίνες (Εικ. 6.140 και Πιν. 6.29).

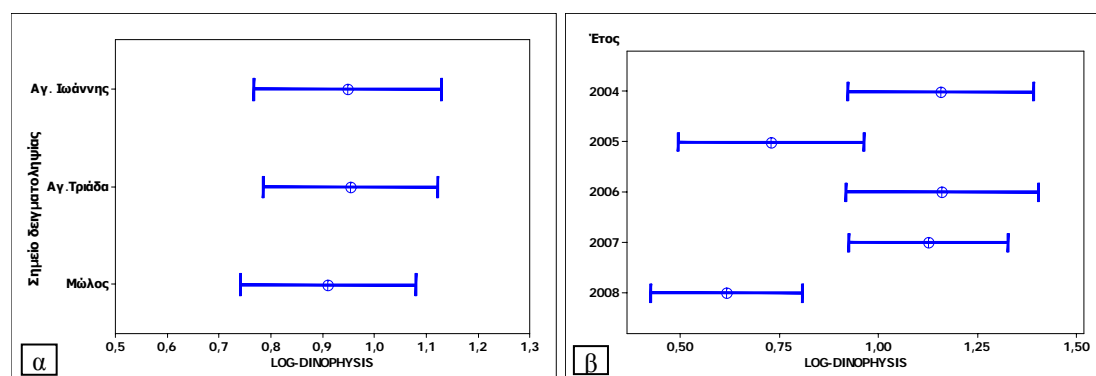
Πίνακας 6.29. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Σόγωνο.

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2004	41	22	32	---	---	---
2005	---	---	---	---	---	---
2006	---	---	---	---	---	---
2007	---	---	---	---	---	---
2008	---	---	---	---	---	---
	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	41	22	32	---	---	---

6.2.7 Νομαρχία Φθιώτιδας

6.2.7.1 Αφθονία κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA ενός παράγοντα με διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου καθορισμένο στο επίπεδο του 95% καταδεικνύει ότι η μέση συγκέντρωση κυττάρων *Dinophysis* spp. ανά λίτρο κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης δεν παρουσιάζει καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) μεταξύ των τριών σημείων δειγματοληψίας της νομαρχίας Φθιώτιδας (Εικ. 6.141α). Λαμβάνοντας υπόψη λοιπόν το γεγονός ότι οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα καθώς και την ύπαρξη τόσο πλήρους επικάλυψης των διαστημάτων εμπιστοσύνης τους, όσο και κοινών κλιματολογικών δεδομένων, στη συνέχεια τα τρία σημεία θα αντιμετωπιστούν ως μια ενιαία περιοχή, μελετώντας συγκεντρωτικά τις επιδράσεις των λοιπών παραμέτρων σε επίπεδο νομαρχίας. Τονίζεται ότι στη νομαρχία αυτή, όπως και στην περίπτωση της νομαρχίας Πρεβέζης, το χρονικό διάστημα που μελετάται διαφέρει, καλύπτοντας τα έτη 2004-2008, διότι για το έτος 2003 τα υπάρχοντα δεδομένα είναι ελάχιστα και σποραδικής φύσεως.



Εικόνα 6.141. Μέση αφθονία (λογαριθμημένη) των κύτταρων του γένους *Dinophysis* (α) κατά σημείο δειγματοληψίας και (β) κατ' έτος για τη νομαρχία της Φθιώτιδας (⊕ = μέσος όρος, — = 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου).

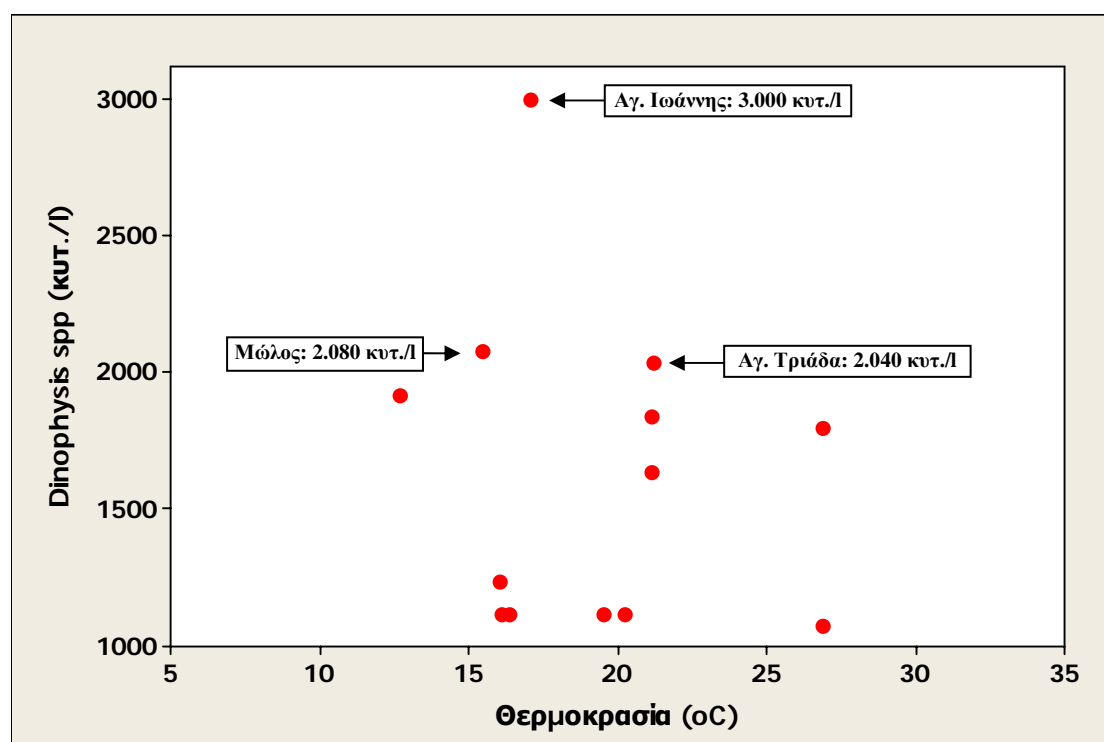
Σε ότι αφορά την κατ' έτος μέση αφθονία των κύτταρων του γένους *Dinophysis* στη χρονική περίοδο 2004-2008, οι υψηλότερες τιμές της αντιστοιχούν στα έτη 2004, 2006 και 2007 (Εικ. 6.141β), ενώ στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P \leq 0,05$) υφίστανται μόνο μεταξύ των μέσων τιμών των τριών αυτών ετών σε σύγκριση με αυτή του έτους 2008.

6.2.7.2 Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Κατά τη χρονική περίοδο 2004-2008 στις ζώνες παραγωγής της Φθιώτιδας, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών

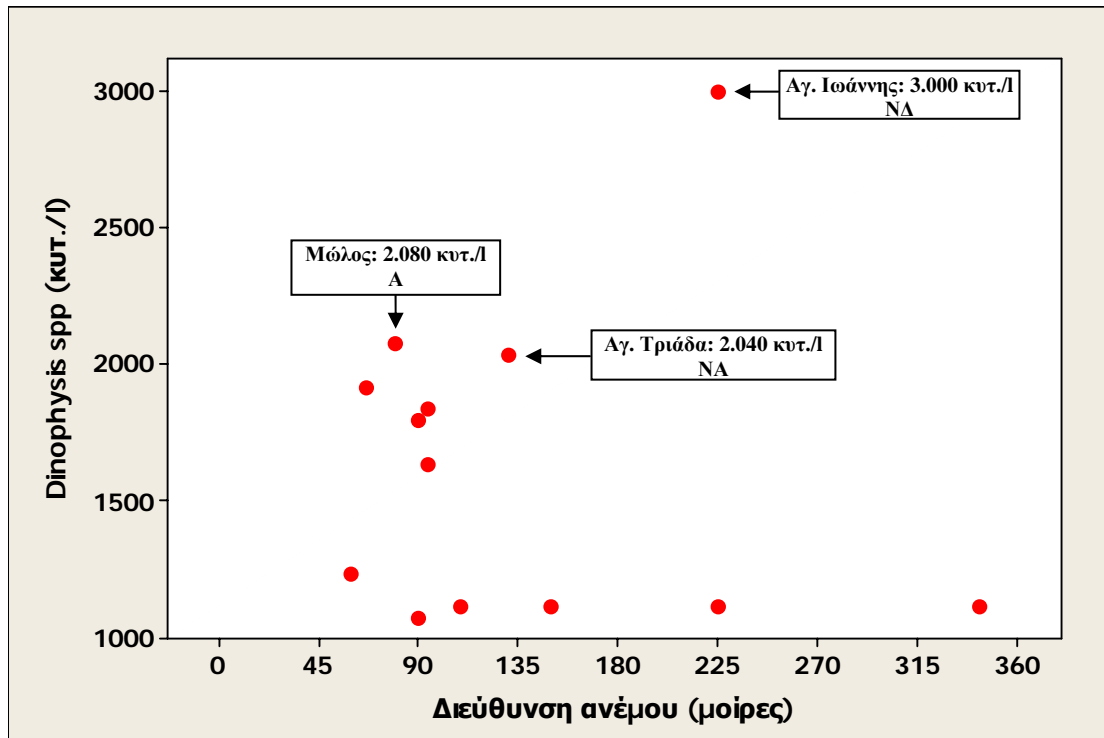
μέτρων σε σχέση με τις κλιματολογικές παραμέτρους που μελετήθηκαν καταγράφηκαν ως ακολούθως:

α) Θερμοκρασία: Κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης, αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l), σημειώθηκαν με μεγαλύτερη συχνότητα σε θερμοκρασίες μεταξύ 15-21°C, με ακραίες τιμές τους 13°C και τους 27°C (Εικ. 6.142). Οι μέγιστες αφθονίες σημειώθηκαν με θερμοκρασία 17°C για το σημείο δειγματοληψίας Άγιος Ιωάννης Στυλίδας (3.000 κυτ./l), στους 15°C για το Μώλο (2.080 κυτ./l), και στους 21°C για την Αγία Τριάδα (2.040 κυτ./l).

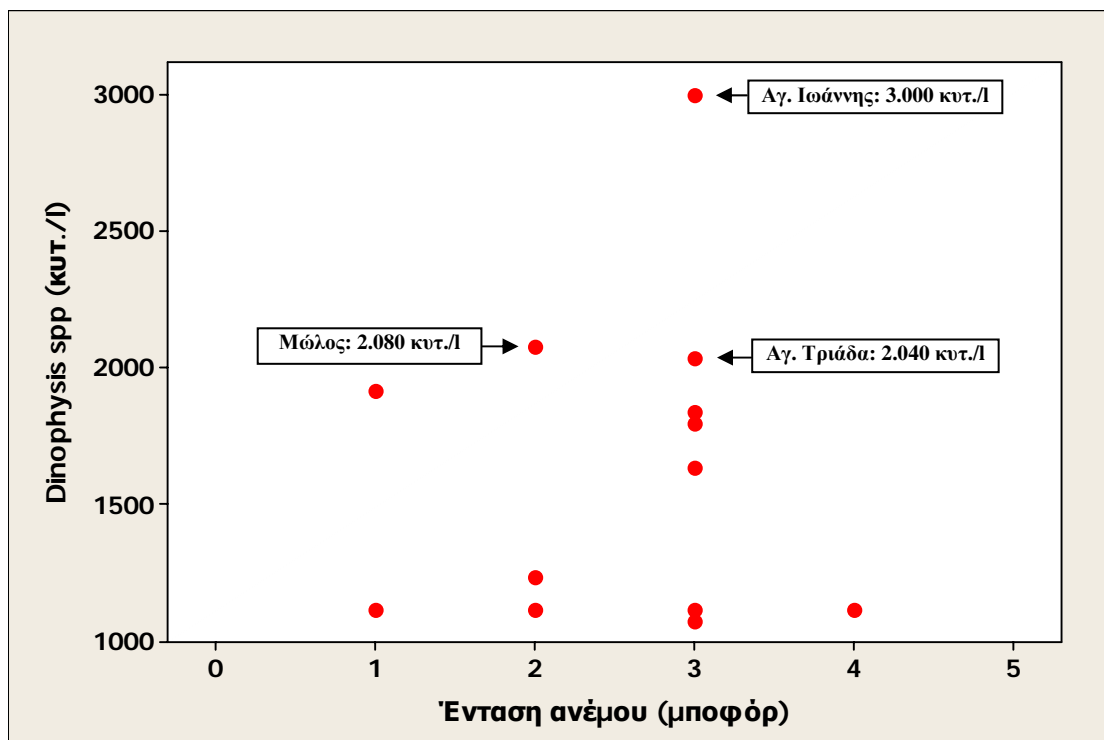


Εικόνα 6.142. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.

β) Διεύθυνση ανέμου: Οι υπερβάσεις των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) των αφθονιών του *Dinophysis* spp. καταγράφηκαν στην πλειονότητά τους με ανέμους που έπνεαν από Α διευθύνσεις (Εικ. 6.143). Οι μέγιστες αφθονίες κατά σημείο δειγματοληψίας παρατηρήθηκαν σε συνδυασμό με ΝΔ επικρατούσα διεύθυνση ανέμου για το σημείο Άγιος Ιωάννης Στυλίδας (3.000 κυτ./l), με Α διεύθυνση για το σημείο Μώλος (2.080 κυτ./l) και με ΝΑ διεύθυνση για το σημείο Αγία Τριάδα (2.040 κυτ./l).



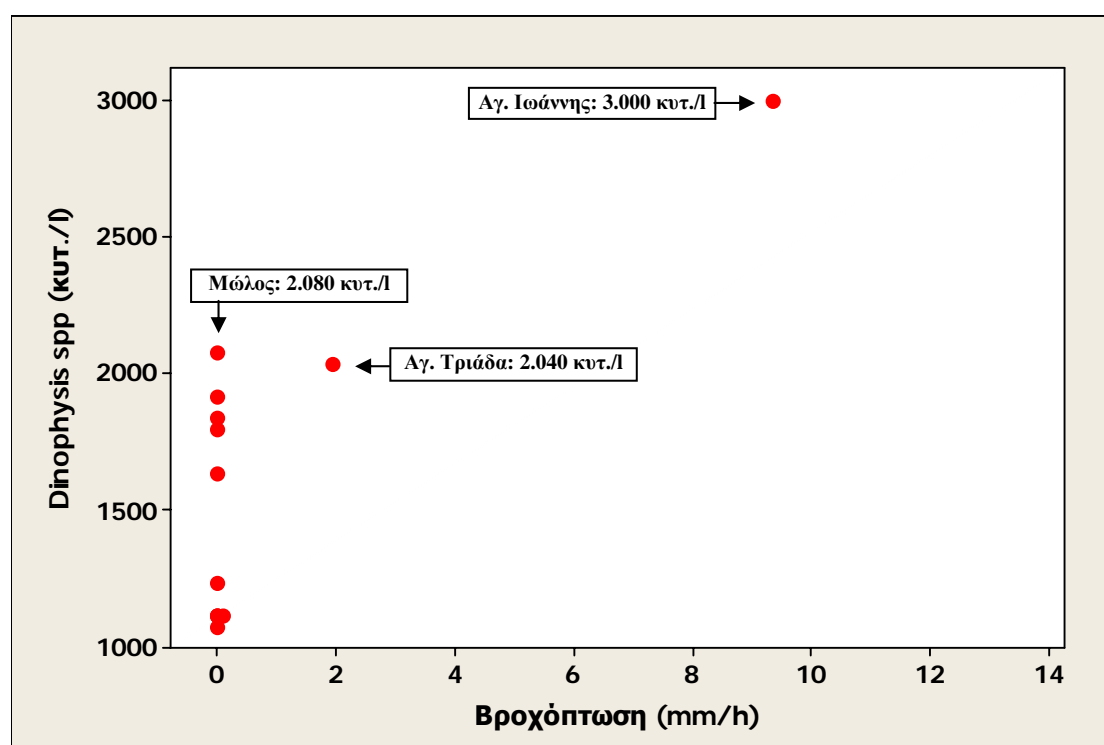
Εικόνα 6.143. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με τη διεύθυνση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.



Εικόνα 6.144. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με την ένταση του ανέμου στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.

γ) **Ένταση ανέμου:** Αφθονίες του *Dinophysis* spp. ανώτερες των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) καταγράφηκαν σε συνδυασμό με εντάσεις ανέμων που κυμαίνονταν από 1-4 μποφόρ, με την υψηλότερη συχνότητα να εμφανίζεται στα 3 μποφόρ (Εικ. 6.144). Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. σημειώθηκαν όταν έπνεαν άνεμοι έντασης 3 μποφόρ για τα σημεία Άγιος Ιωάννης Στυλίδας και Μώλος (3.000 κυτ./l και 2.080 κυτ./l, αντίστοιχα) και με 2 μποφόρ στο σημείο Αγία Τριάδα (2.040 κυτ./l).

δ) **Βροχόπτωση:** Οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) συνέπιπταν στην πλειονότητά τους κυρίως με πλήρη ανομβρία, ενώ οι καταγραφές τους σε μεγαλύτερα ύψη βροχόπτωσης ήταν σποραδικές (Εικ. 6.145). Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* spp. σημειώθηκαν σε συνδυασμό με έντονη βροχόπτωση στο σημείο Άγιος Ιωάννης Στυλίδας (3.000 κυτ./l), με ήπιες βροχοπτώσεις στην Αγία Τριάδα (2.040 κυτ./l) και με ανομβρία στο σημείο Μώλος (2.080 κυτ./l).

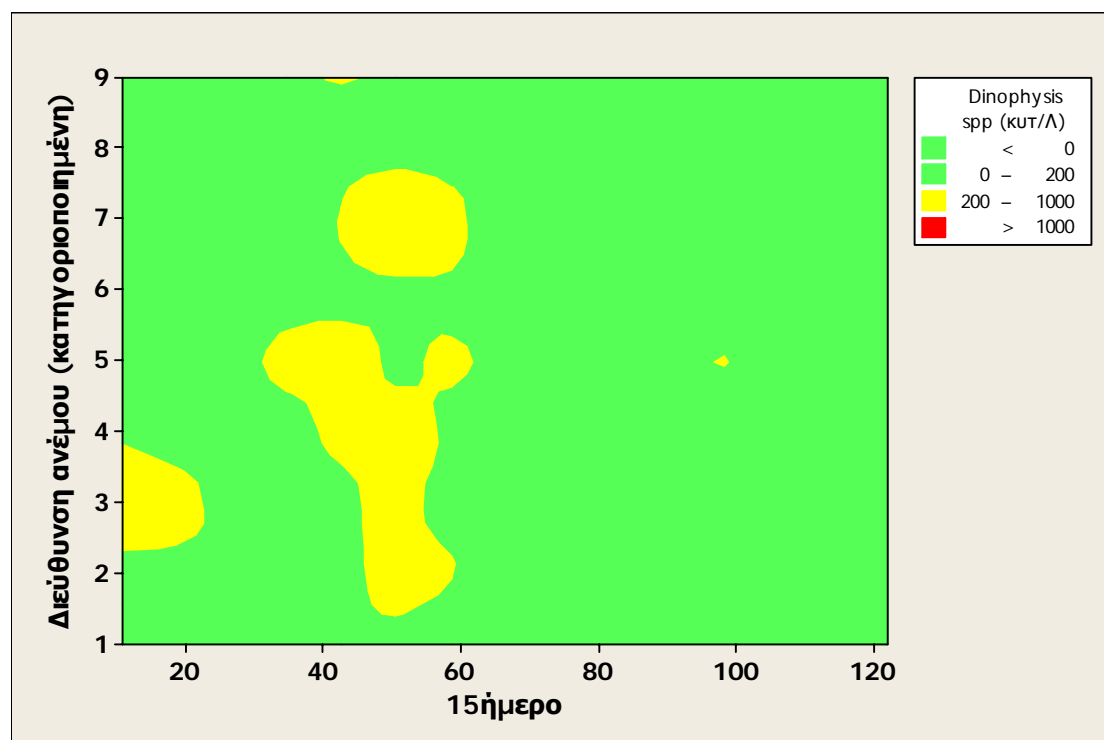


Εικόνα 6.145. Διάγραμμα διασποράς των αφθονιών του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα επίπεδα των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σε αντιστοιχία με το ύψος βροχόπτωσης στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.

6.2.7.3 Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*.

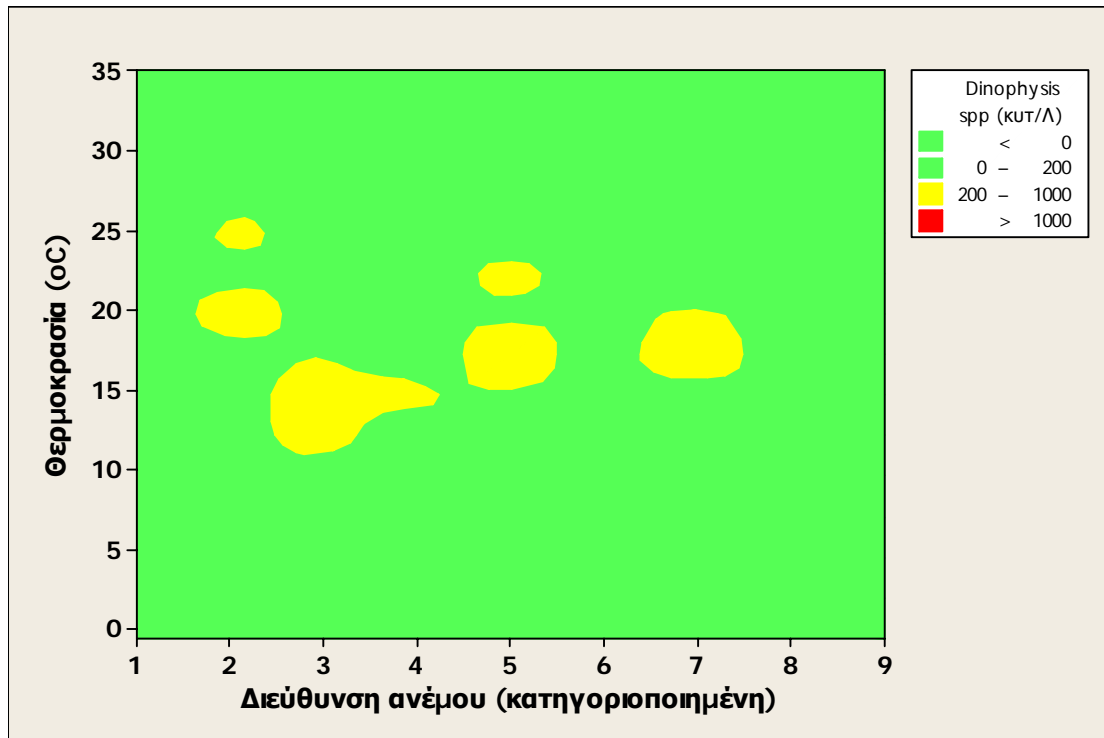
Στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας, η μελέτη της αλληλεπίδρασης των παραμέτρων στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. κατά τη χρονική περίοδο 2004–2008 συμπεριλαμβάνει, όπου κρίνεται απαραίτητο, εκτός από τις αφθονίες του που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων και αυτές που ήταν εντός των ορίων επαγρύπνησης. Οι αλληλεπιδράσεις των παραμέτρων που παρουσιάζουν κάποια ενδιαφέρουσα τάση αναλύονται ως ακολούθως:

α) Διεύθυνση ανέμου και χρονική περίοδος του έτους: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. στα επίπεδα επαγρύπνησης (200-1.000 κυτ./l) σημειώθηκαν αφενός μεταξύ Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου σε συνδυασμό κυρίως με ΒΑ ανέμους και αφετέρου μεταξύ Μαρτίου και Ιουνίου με επικρατούσες διευθύνσεις ανέμων από Β, ΒΑ, Α, ΝΑ, ΝΔ και ΒΔ (Εικ. 6.146).

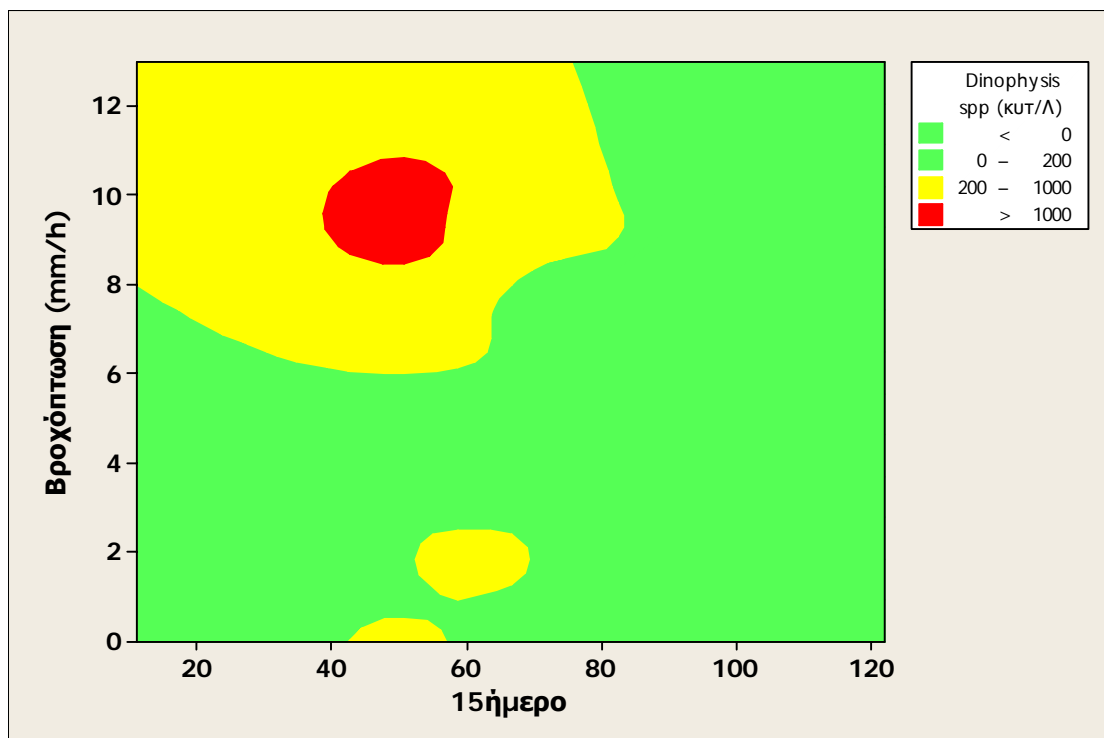


Εικόνα 6.146. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το 15ήμερο του έτους και τη διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.

β) Θερμοκρασία και διεύθυνση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα μεταξύ 200-1.000 κυτ./l καταγράφηκαν στο θερμοκρασιακό εύρος των 11-26°C ταυτόχρονα με επικρατούσες διευθύνσεις ανέμων από Β, ΒΑ, Α, ΝΑ, και ΝΔ (Εικ. 6.147).

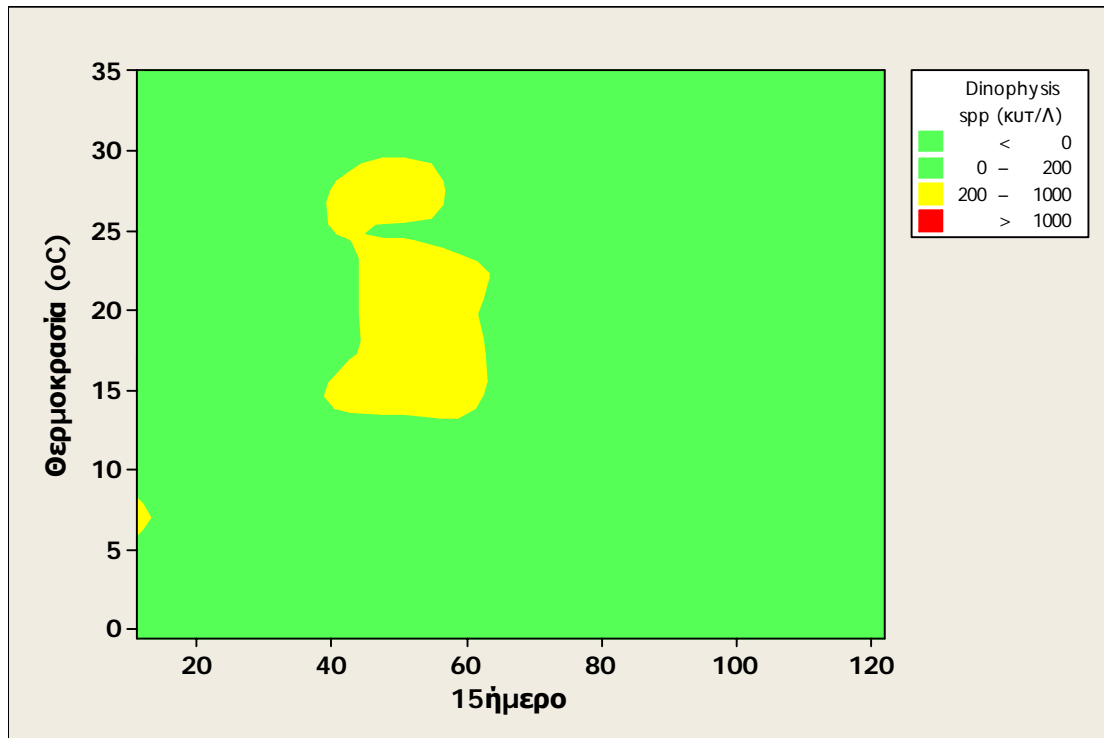


Εικόνα 6.147. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και τη διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.

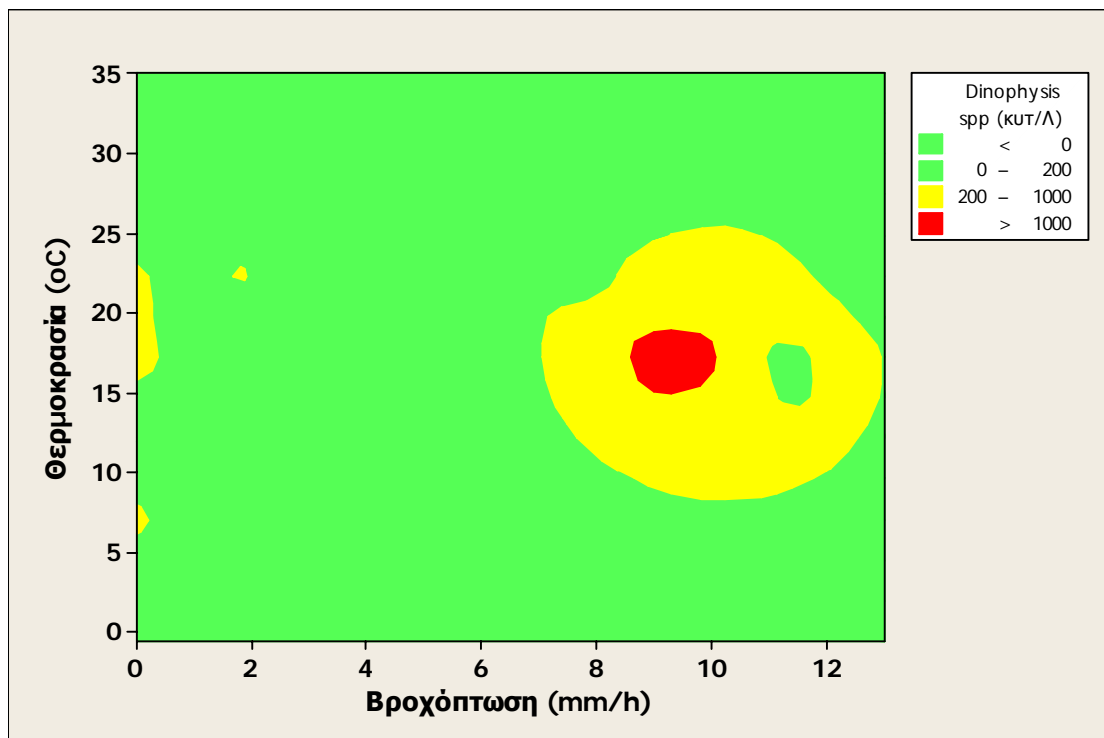


Εικόνα 6.148. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και το 15ήμερο του έτους για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.

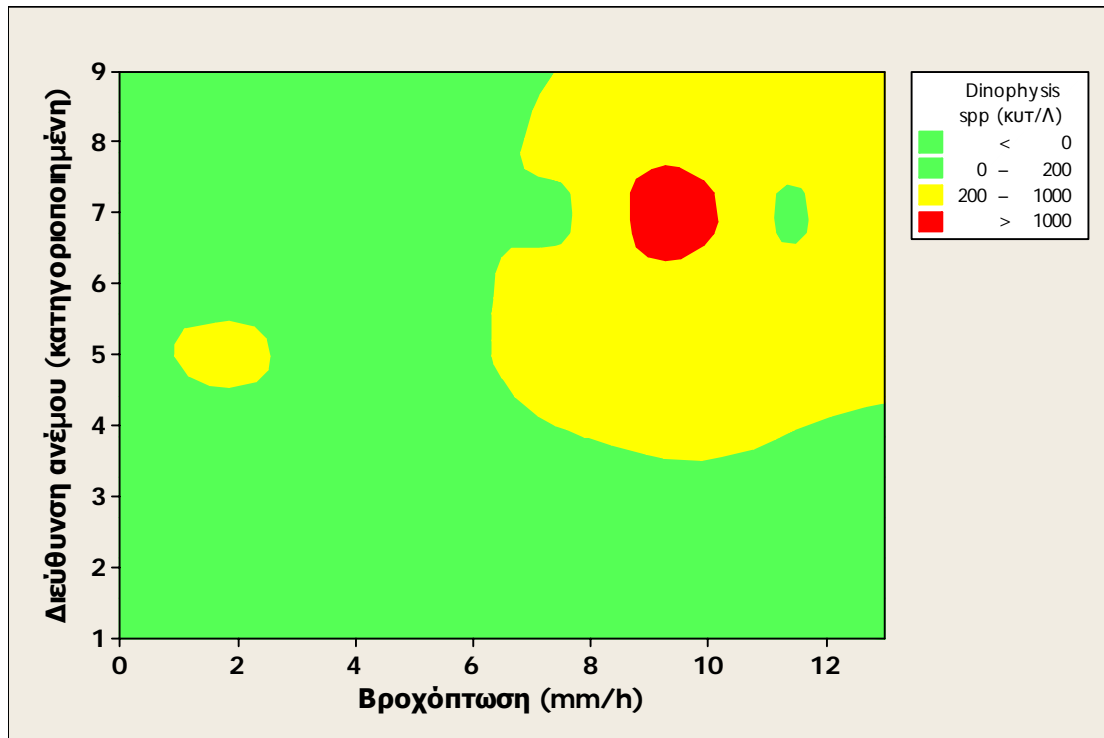
γ) **Βροχόπτωση και χρονική περίοδος του έτους:** Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l εμφανίστηκαν σε συνδυασμό με έντονες βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια των μηνών Απριλίου και Μαΐου (Εικ. 6.148).



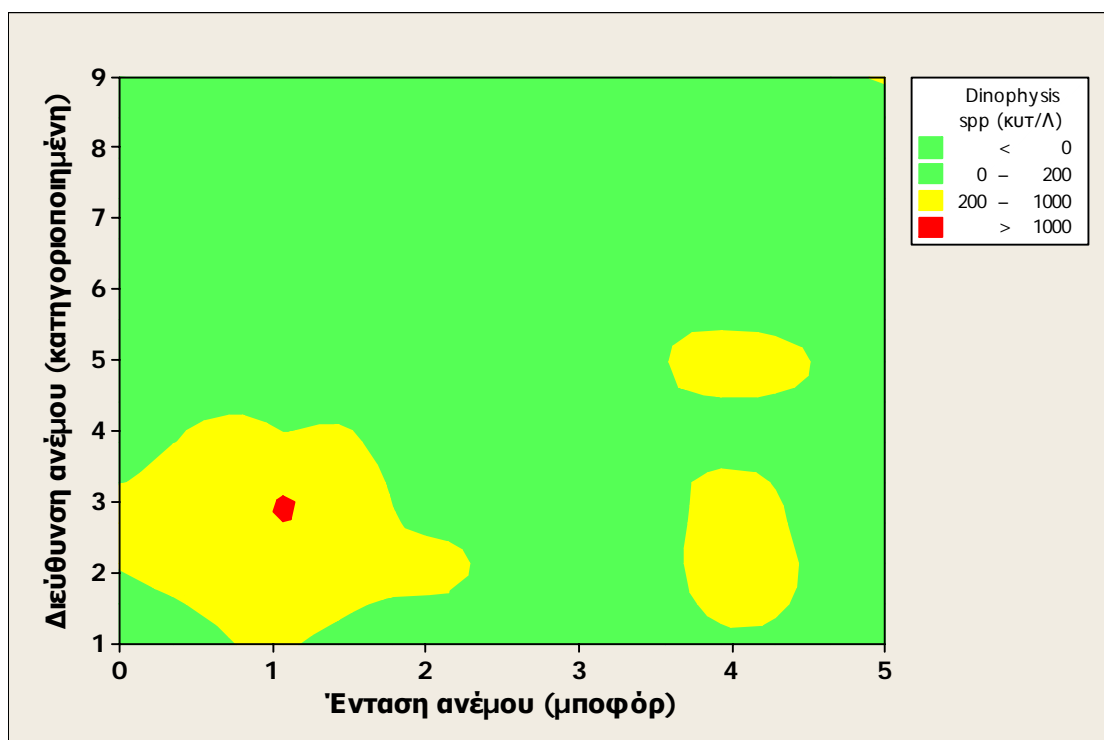
Εικόνα 6.149. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το 15ήμερο του έτους για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.



Εικόνα 6.150. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.



Εικόνα 6.151. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με το ύψος βροχόπτωσης και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.



Εικόνα 6.152. Τρισδιάστατο διάγραμμα ισοϋψών (3D contour plot) που απεικονίζει τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε συνάρτηση με την ένταση και την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (κατηγοριοποιημένη) για τις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας.

δ) **Θερμοκρασία και χρονική περίοδος του έτους:** Συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. μεταξύ 200-1000 κυτ./l σημειώθηκαν αφενός σε θερμοκρασίες 6-7°C

στην αρχή του έτους (Ιανουάριος) και αφετέρου μεταξύ Απριλίου και Ιουνίου σε συνδυασμό με θερμοκρασίες 13-29°C (Εικ. 6.149).

ε) Θερμοκρασία και βροχόπτωση: Οι συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. που υπερέβαιναν τα 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν σε θερμοκρασίες 16-20°C όταν επικρατούσαν έντονες βροχοπτώσεις (Εικ. 6.150).

στ) Διεύθυνση του ανέμου και βροχόπτωση: Υπερβάσεις των 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν όταν συνδυάζονταν έντονες βροχοπτώσεις και άνεμοι που έπνεαν από ΒΔ διεύθυνση (Εικ. 6.151)

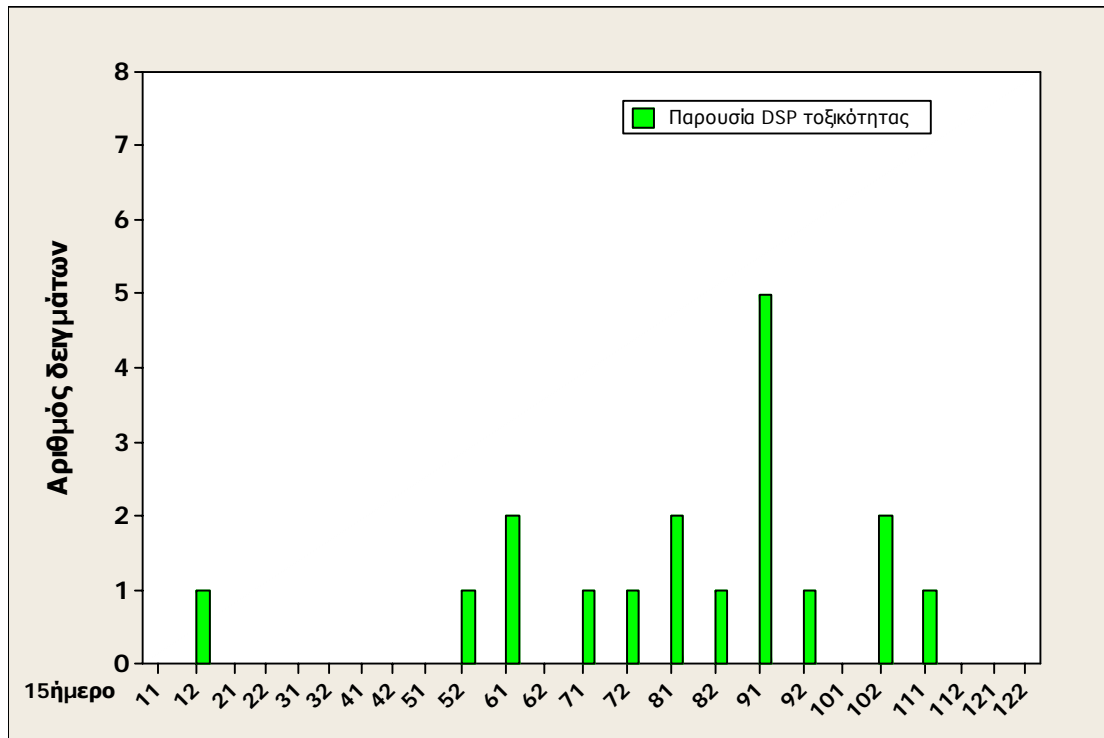
ζ) Διεύθυνση ανέμου και ένταση ανέμου: Αφθονίες του *Dinophysis* spp. σε επίπεδα ανώτερα των 1.000 κυτ./l σημειώθηκαν όταν επικρατούσαν άνεμοι που έπνεαν από ΒΑ διευθύνσεις με ένταση 1 μποφόρ (Εικ. 6.152).

6.2.7.4 Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια

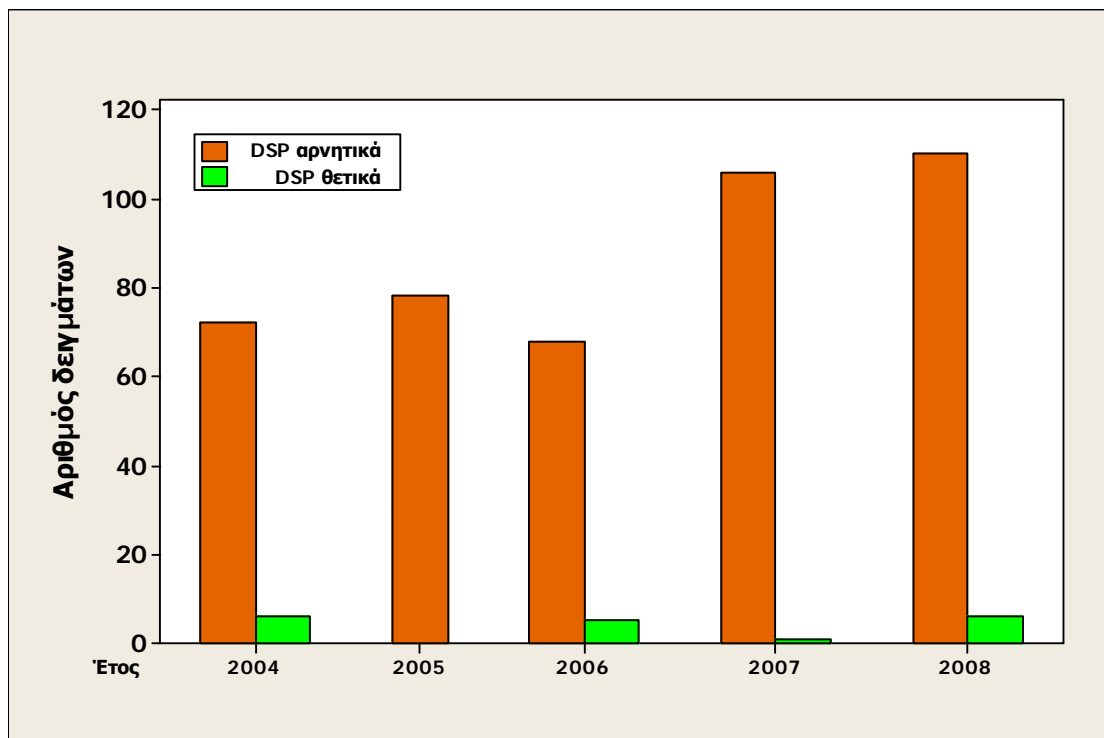
Η DSP τοξικότητα στα μύδια των ζωνών παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας, μεταξύ των ετών 2004-2008 εμφανίζεται με τη μορφή τόσο χειμερινών-εαρινών επεισοδίων, που σχετίζονται με το γένος *Dinophysis*, όσο και θερινών-φθινοπωρινών επεισοδίων, τα οποία αποδίδονται σε βενθικά είδη μικροφυκών που παράγουν DSP τοξίνες. Η πρώτη περίπτωση, που αφορά σε χειμερινή-εαρινή DSP τοξικότητα, παρατηρείται σε δύο περιόδους: αφενός για ένα μικρό χρονικό διάστημα κατά το δεύτερο 15ήμερο του Ιανουαρίου και αφετέρου από τα μέσα Μαΐου έως τα μέσα του Ιουνίου. Η θερινή-φθινοπωρινή περίοδος DSP τοξικότητας αρχίζει από τον Ιούλιο και διαρκεί έως και το πρώτο 15ήμερο του Νοεμβρίου (Εικ. 6.153).

6.2.7.5 Χρονικές περίοδοι με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2004-2008

Τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν στις ζώνες παραγωγής της Φθιώτιδας μεταξύ των ετών 2004-2008 και τα οποία συνοδεύτηκαν από αντίστοιχη παρουσία τοξικότητας στα μύδια εντοπίζονται χρονικά στα έτη 2004, 2006, 2007 και 2008. Όπως προκύπτει από τις αναλογίες θετικών/αρνητικών δειγμάτων, όλα τα τοξικά επεισόδια ήταν σχετικά μικρής έντασης, με ασθενέστερο αυτό του 2007 (Εικ. 6.154). Οι χρονικές περίοδοι σε συνδυασμό με την αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων στο χρονικό διάστημα της μελέτης για τις ζώνες παραγωγής μυδιών της νομαρχίας Φθιώτιδας παρουσιάζονται λεπτομερώς στη συνέχεια.



Εικόνα 6.153. Διασπορά των DSP θετικών δειγμάτων κατά τη διάρκεια του έτους στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης.



Εικόνα 6.154. Χρονική κατανομή κατ' έτος των DSP αρνητικών και θετικών δειγμάτων μυδιών στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Φθιώτιδας στα έτη 2004-2008.

α) Ζώνη παραγωγής Αγίας Τριάδας: Στο ομώνυμο σημείο δειγματοληψίας της περιοχής, λήψη υγειονομικών μέτρων εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια σημειώθηκε

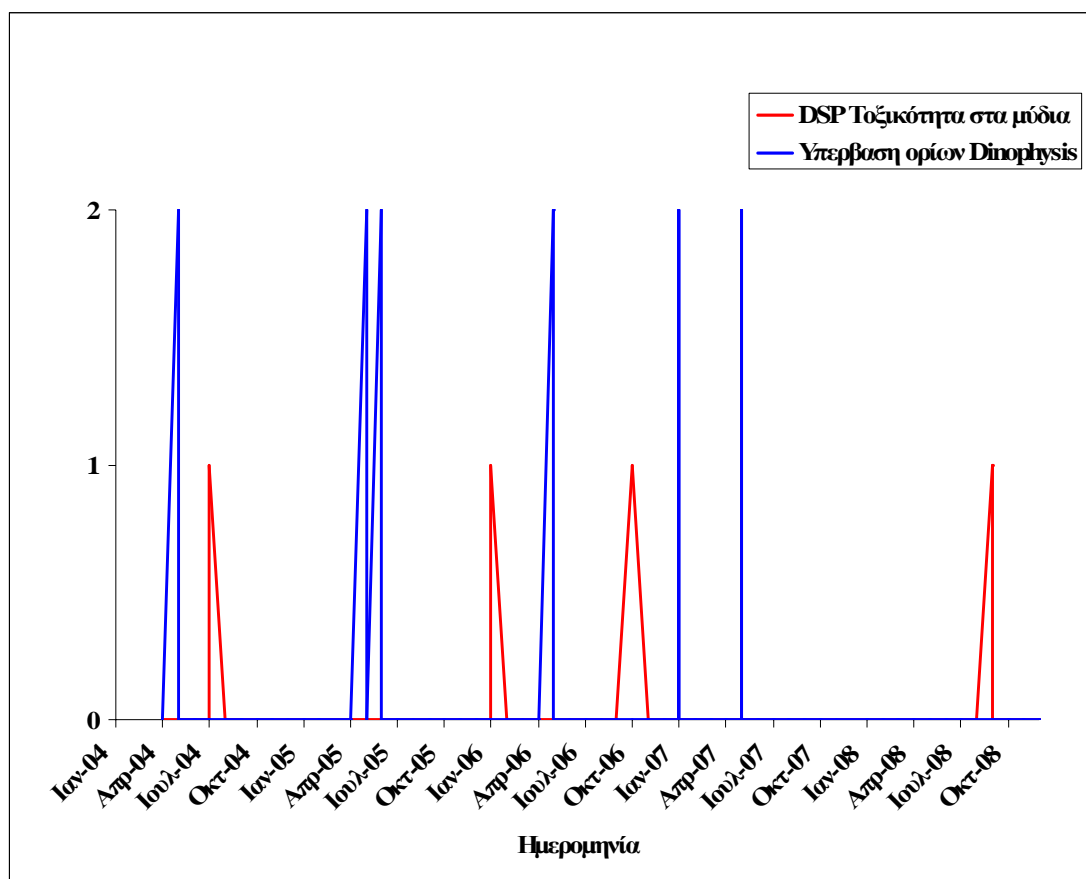
σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη μεταξύ 2004 και 2008 (Εικ. 6.155 και Πιν. 6.30). Καμία από τις περιπτώσεις λήψης υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*, οι οποίες εντοπίζονταν χρονικά στο πρώτο εξάμηνο του έτους, δε συνοδεύτηκε από λήψη μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια. Όπως ήταν επίσης αναμενόμενο, στην περίπτωση των DSP τοξικών επεισοδίων που εμφανίζονταν σε θερινούς–φθινοπωρινούς μήνες, η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια δε συνοδευόταν από παρουσία αφθονιών του γένους *Dinophysis*, σε επίπεδα είτε επαγρύπνησης είτε λήψης υγειονομικών μέτρων.

Πίνακας 6.30. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Αγία Τριάδα.

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2004	7	51	52	6	72	81
2005	14	51	52	---	---	---
		61	61			
2006	20	12	21	26	102	111
		51	52			
2007	12	12	12	---	---	---
		51	52			
2008	---	---	---	8	91	91
	Μέση διάρκεια¹	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	13 ± 5,4	12 51	21 61	13 ± 11,0	72	111

¹ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

β) Ζώνη παραγωγής Αγίου Ιωάννη Στυλίδας: Στο σημείο δειγματοληψίας Άγιος Ιωάννης Στυλίδας, λήψη υγειονομικών μέτρων εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια σημειώθηκε στα έτη 2004, 2006 και 2008, ενώ η χρονική εντόπιση, καθώς και η αιτιολογία λήψης υγειονομικών μέτρων, στην περίπτωση των χειμερινών–εαρινών DSP τοξικών επεισοδίων διαφέρουν από αυτές της περιοχής της Αγίας Τριάδας (Εικ. 6.156 και Πιν. 6.31). Συγκεκριμένα, η λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια ακολουθούσε ή συνέπιπτε χρονικά με λήψη υγειονομικών μέτρων λόγω υπέρβασης των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis* spp., ή τουλάχιστον συνοδεύονταν από αφθονίες του εντός των ορίων επαγρύπνησης. Σε ότι αφορά στα DSP τοξικά επεισόδια των θερινών–φθινοπωρινών μηνών, ισχύουν οι ίδιες τάσεις με αυτές που αναφέρθηκαν στη ζώνη παραγωγής της Αγίας Τριάδας.

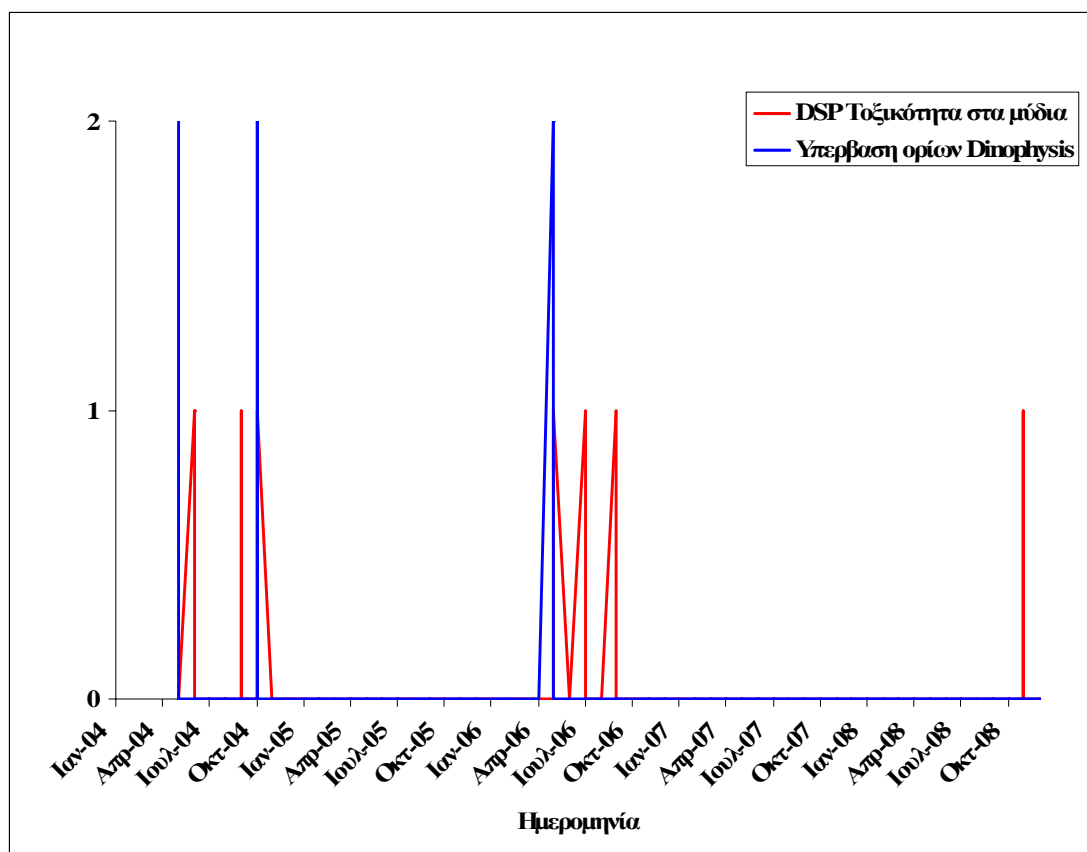


Εικόνα 6.155. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2004-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Αγία Τριάδα της νομαρχίας Φθιώτιδας.

Πίνακας 6.31. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Άγιος Ιωάννης Στυλίδας.

Έτος	Χειμερινό-Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό-Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2004	20	51 61	51 62	28	92 101	92 111
2005	---	---	---	---	---	---
2006	30	51 52 71	52 61 71	6	91	92
2007	---	---	---	---	---	---
2008	---	---	---	6	111	112
	Μέση διάρκεια¹	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	25 ± 7,1	51	71	13 ± 12,7	91	112

¹ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)



Εικόνα 6.156. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2004-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Άγιος Ιωάννης Στυλίδας της νομαρχίας Φθιώτιδας.

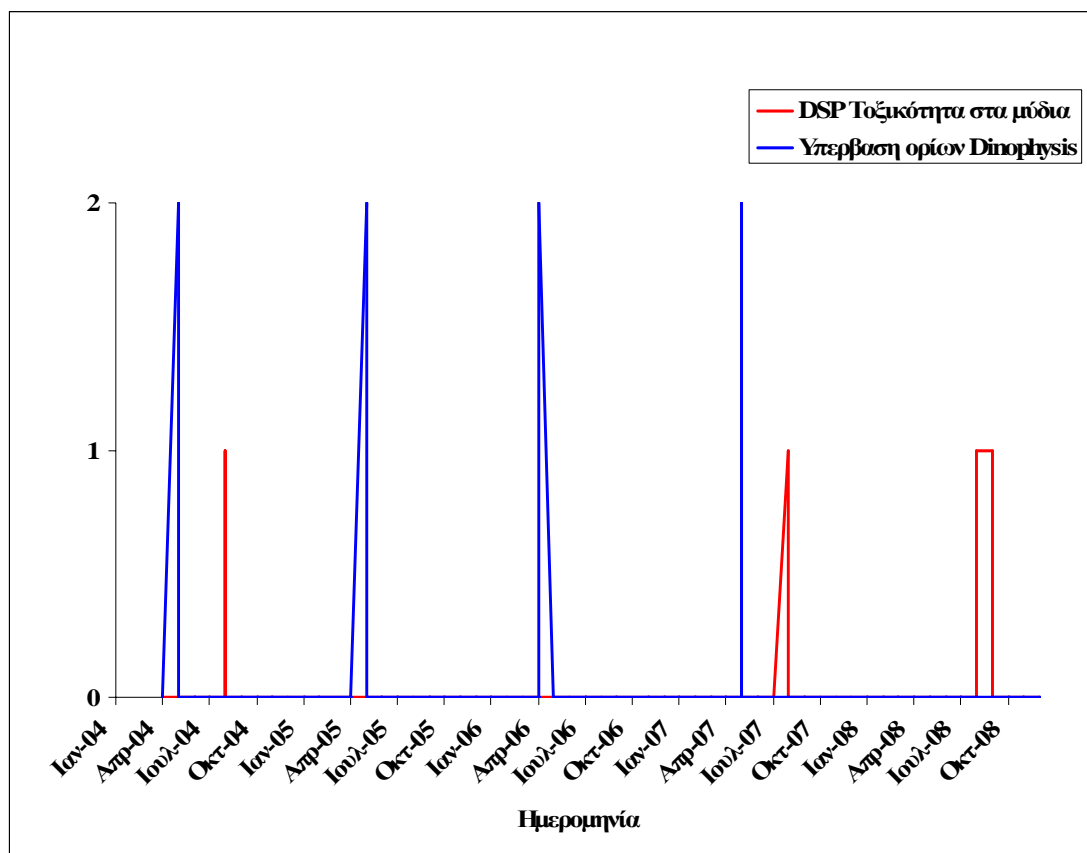
Πίνακας 6.32. Διάρκεια ισχύος και χρονική εντόπιση υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στο σημείο δειγματοληψίας Μώλος.

Έτος	Χειμερινό–Εαρινό τοξικό επεισόδιο (από <i>Dinophysis</i> spp.)			Θερινό–Φθινοπωρινό τοξικό επεισόδιο (από βενθικά μικροφύκη)		
	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:	Διάρκεια υγ/κών μέτρων (ημέρες)	Από 15ήμερο:	Έως 15ήμερο:
2004	7	51	52	13	81	82
2005	8	51	52	---	---	---
2006	6	42	51	---	---	---
2007	7	51	52	14	81	82
2008	---	---	---	15	82	91
	Μέση διάρκεια¹	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση διάρκεια	Ελάχιστο	Μέγιστο
	7 ± 0,8	42	52	14 ± 1,0	81	91

¹ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD)

γ) **Ζώνη παραγωγής Μώλου:** Στο σημείο δειγματοληψίας Μώλος, τέλος, λήψη υγειονομικών μέτρων εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια σημειώθηκε σε όλα ανεξαιρέτως τα έτη μεταξύ 2004 και 2008 (Εικ. 6.157 και Πιν. 6.32). Σχετικά με τη χρονική εντόπιση των τοξικών επεισοδίων και την ταυτόχρονη ή μη παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια σε συνδυασμό με υπέρβαση των αντίστοιχων κανονιστικών ορίων του *Dinophysis*, είτε αφορά στην περίπτωση των χειμερινών–εαρινών τοξικών

επεισοδίων ή σε θερινά–φθινοπωρινά τοξικά επεισόδια, ισχύουν οι ίδιες τάσεις που αναφέρθηκαν αναλυτικά για τη ζώνη παραγωγής της Αγίας Τριάδας.



Εικόνα 6.157. Χρονικές περιόδους και αιτιολογία άρσης και λήψης υγειονομικών μέτρων των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τα έτη 2004-2008 στο σημείο δειγματοληψίας Μώλος της νομαρχίας Φθιώτιδας.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

7.1 Αφθονία κυττάρων του γένους *Dinophysis*

7.1.1 Χωρική κατανομή

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, προκύπτει ότι κατά το χρονικό διάστημα 2003-2008, στατιστικά σημαντικά ($P \leq 0,05$) υψηλότερες τιμές αφθονιών *Dinophysis* spp. καταγράφηκαν στις ζώνες παραγωγής των νομαρχιών Πρεβέζης και Θεσσαλονίκης, σε σύγκριση με αυτές των υπολοίπων ζωνών παραγωγής που συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη. Σε συμφωνία με το εύρημα αυτό, οι Nikolaidis et al. (2005), σε μελέτη τους σχετικά με τα επιβλαβή επεισόδια από μικροφύκη στα ύδατα των ελληνικών ακτών μεταξύ των ετών 2000-2004, επισημαίνουν ότι η πλειονότητα των ανθίσεων μικροφυκών παρατηρήθηκε στο Θερμαϊκό και Αμβρακικό κόλπο. Τις κύριες πιθανές αιτίες στις οποίες μπορεί να αποδοθεί αυτό το γεγονός αποτελούν ο έντονος ευτροφισμός που εμφανίζουν τόσο ο Αμβρακικός όσο και ο Θερμαϊκός κόλπος, η μεγάλη συσσώρευση υδατοκαλλιεργητικών μονάδων στις περιοχές αυτές καθώς και οι υψηλές τιμές θρεπτικών αλάτων (Κουκάρας 2004, Dolopsakis et al., 2008). Στους δύο αυτούς κόλπους έχει αναφερθεί επανειλημμένα και παρατηρείται με αυξανόμενη συχνότητα το φαινόμενο του ευτροφισμού, το οποίο συνδέεται με την έντονη υδατοκαλλιεργητική δραστηριότητα, με την υπέρμετρη εισροή βιομηχανικών και αστικών λυμάτων και την απορροή υδάτων από χερσαίες καλλιέργειες (Balopoulos & Friligos, 1993; Kormas et al., 2001; Sylaios & Theocharis, 2002; Lekka et al., 2004).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που προάγουν την ανάπτυξη των ανθίσεων μικροφυκών στα παράκτια ύδατα είναι η παροχή θρεπτικών συστατικών από χερσαίες πηγές (Cadée, 1986; Radach et al., 1990; Smayda, 1990). Τόσο ο Θερμαϊκός όσο και ο Αμβρακικός κόλπος επηρεάζονται έντονα από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, και η εμφάνιση περιοδικά επαναλαμβανόμενων ανθίσεων μικροφυκών μπορεί να εξηγηθεί από τη συνεχή εισροή θρεπτικών συστατικών από τους ποταμούς και από τα αστικά λύματα. Η είσοδος γλυκού νερού, κυρίως από τις παροχές των ποταμών όπως ο Αξιός, ο Λουδίας και ο Αλιάκμονας για τον Θερμαϊκό κόλπο, καθώς και ο Λούρος και ο Άραχθος για τον Αμβρακικό κόλπο, σε συνδυασμό με τη γεωμορφολογία των περιοχών αυτών, επηρεάζουν την κυκλοφορία των υδάτινων μαζών και κατ'

επέκταση τις μεταβολές των φυσικο-χημικών παραμέτρων του νερού στους κόλπους (Poulos et al., 2000; Karageorgis & Anagnostou, 2001; Mpimpas et al., 2001; Hyder et al., 2002; Nikolaidis et al., 2006; Dolopsakis et al., 2008).

Τα υψηλά επίπεδα θρεπτικών συστατικών όμως, μπορεί να προάγουν τις ανθίσεις μικροφυκών αλλά δεν είναι και ο μοναδικός παράγοντας για την ανάπτυξή τους. Η ανισορροπία θρεπτικών συστατικών είναι επίσης μία παράμετρος η οποία ευνοεί την ανάπτυξη συγκεκριμένων ειδών μικροφυκών έναντι άλλων (Hodgkiss & Ho, 1997; Bulgakov & Levich, 1999). Εξαιτίας της αύξησης της εισροής αζώτου και φωσφόρου λόγω ευτροφισμού (Baloroulos & Friligos, 1993), η αναλογία των θρεπτικών αυτών συστατικών προς αυτή των πυριτικών γίνεται ιδιαίτερα υψηλή, γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη των μη-διατομικών ειδών μικροφυκών, και στα οποία περιλαμβάνονται αρκετά επιβλαβή και τοξικά είδη (Smayda, 1989). Τα τελευταία χρόνια, η συγκέντρωση πυριτικών στο Θερμαϊκό κόλπο φαίνεται να εμφανίζει πτωτική τάση (Koukaras & Nikolaidis, 2004) σε σύγκριση με παλαιότερες μετρήσεις (Nikolaidis & Moustaka-Gouni, 1992; Νικολαΐδης και συν., 1995). Στο Θερμαϊκό κόλπο, η πλειονότητα των ανθίσεων μικροφυκών οφείλεται σε μαστιγωτά, και κυρίως δινομαστιγωτά στα οποία συγκαταλέγεται και το *Dinophysis* spp., τα οποία επικρατούν έναντι των διατόμων λόγω ορισμένων ιδιαιτεροτήτων στη συμπεριφορά τους όπως είναι η μιξοτροφία (Granéli & Carlsson, 1998; Stoecker, 1999) και η δυνατότητα κατακόρυφης μετακίνησης (Hasle, 1950; Villarino et al., 1995).

Η έντονη υδατοκαλλιεργητική δραστηριότητα, τέλος, αποτελεί ένα φυσικό εμπόδιο που επιδρά την κυκλοφορία των υδάτων, και κατ' επέκταση τη διασπορά ή συσσώρευση των κυττάρων των μικροφυκών που αναπτύσσονται στις αντίστοιχες περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, η παρουσία των πλωτών μονάδων μυδοκαλλιέργειας επηρεάζει την υδροδυναμική της κάθε περιοχής, καθώς οι μονάδες αυτές αποτελούν εμπόδιο στη ροή των ρευμάτων και κατά συνέπεια μειώνουν την ένταση της ροής εξαιτίας της δημιουργούμενης τύρβης που προκαλείται από την παρουσία των αρμαθιών των μυδιών που βρίσκονται αναρτημένες στη στήλη του νερού (Αντωνίου, 2007).

Οι αφθονίες του *Dinophysis* spp. στις ζώνες παραγωγής των νομαρχιών Δυτικής Αττικής, Ημαθίας, Πιερίας και Φθιώτιδας, κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα ($P > 0,05$), με σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις από αυτές των δύο προαναφερθεισών περιοχών. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο ότι οι τέσσερις αυτές

νομαρχίες είτε βρίσκονται γεωγραφικά σε πιο ανοιχτούς κόλπους, όπως στην περίπτωση της Δυτικής Αττικής και της Φθιώτιδας (Σαρωνικός και Μαλιακός κόλπος, αντίστοιχα) ή σε σημεία του κόλπου στα οποία παρατηρείται μεγαλύτερη ανανέωση του νερού όπως στην περίπτωση της Ημαθίας και της Πιερίας (κεντρικός και εξωτερικός Θερμαϊκός κόλπος). Η τελευταία αυτή παρατήρηση επιβεβαιώνεται από την έρευνα του Κουκάρα (2004), ο οποίος αναφέρει ότι τα χαμηλά επίπεδα αφθονίας του *D. cf. acuminata* στους σταθμούς δειγματοληψίας των ακτών της Πιερίας και του κόλπου των Κυμίνων πιθανότατα οφείλονται στην αραίωση της αφθονίας του πληθυσμού, λόγω της εισόδου υδάτινων μαζών από το Βόρειο Αιγαίο. Σε επιβεβαίωση αυτών, οι χαμηλότερες αφθονίες του *Dinophysis* spp. στην παρούσα μελέτη καταγράφηκαν στη νομαρχία της Καβάλας, με στατιστικά σημαντική ($P \leq 0,05$) διαφορά από αυτές των υπολοίπων νομαρχιών, προφανώς εξαιτίας τόσο της έκτασης και της γεωμορφολογίας του κόλπου της Καβάλας, ο οποίος αποτελεί έναν ιδιαίτερα ανοιχτό κόλπο, όσο και της μειωμένης εισροής γλυκών υδάτων και κατά συνέπεια θρεπτικών συστατικών.

Σε ότι αφορά στις στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αφθονία του *Dinophysis* spp. μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας της ίδιας νομαρχίας που καταγράφηκαν στην παρούσα έρευνα, ενδιαφέρον εμφανίζει η περίπτωση της νομαρχίας Θεσσαλονίκης. Σ' αυτή διαπιστώνεται ότι με βάση τις αφθονίες του *Dinophysis* spp. υφίσταται μια διακριτή ομαδοποίηση μεταξύ των σημείων που βρίσκονται εντός του κόλπου της Θεσσαλονίκης [Φανός Παλιομάνας (Θ3), Παλιομάνα (Θ3-4), Καραμπουρνάκι (Θ3Α), Περαιά (Θ11), Ναζίκι (Θ4-5), Λευκούδι (Θ5), Καβούρα (Θ6)], και τα οποία παρουσιάζουν υψηλότερες μέσες τιμές, και αυτών που βρίσκονται στον κεντρικό Θερμαϊκό κόλπο [Επανωμή (Θ15) και Κύμινα (Θ7/Η10)], στα οποία οι μέσες αφθονίες ήταν σημαντικά ($P \leq 0,05$) χαμηλότερες. Το συνδυαστικό κρίκο μεταξύ των δύο ομάδων αποτελεί το σημείο Αγγελολχώρι (Θ14) το οποίο εντοπίζεται εντελώς στα όρια του κόλπου της Θεσσαλονίκης και του κεντρικού Θερμαϊκού κόλπου και το οποίο εμφανίζει ενδιάμεσες μέσες τιμές αφθονίας του *Dinophysis* σε σύγκριση με τις δύο προαναφερθείσες ομάδες. Σε συμφωνία με αυτά, ο Κουκάρας (2004) επισημαίνει ότι κατά την περίοδο της πληθυσμιακής έξαρσης, οι σταθμοί δειγματοληψίας του κόλπου της Θεσσαλονίκης διαφέρουν σημαντικά από τους σταθμούς του κεντρικού και εξωτερικού Θερμαϊκού κόλπου όσον αφορά στην αφθονία του *Dinophysis* στη στήλη του νερού, με τους πρώτους να εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές, ενώ παρατηρήθηκε επίσης μια παρόμοια τάση ομαδοποίησης. Στα

ίδια πλαίσια, οι Baloroulos & Friligos (1993) κατέγραψαν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση των ανόργανων θρεπτικών αλάτων μεταξύ του κόλπου της Θεσσαλονίκης και του κεντρικού και εξωτερικού Θερμαϊκού κόλπου, ομαδοποιώντας τις υδάτινες μάζες του σε τρεις κατηγορίες: α) κόλπος Θεσσαλονίκης, β) ΒΔ Θερμαϊκός κόλπος και γ) ΝΑ Θερμαϊκός κόλπος. Σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές, οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στον κόλπο της Θεσσαλονίκης, γεγονός που αποδίδεται κυρίως στην απόρριψη των μη επεξεργασμένων αστικών λυμάτων της Θεσσαλονίκης στον εσωτερικό Θερμαϊκό κόλπο.

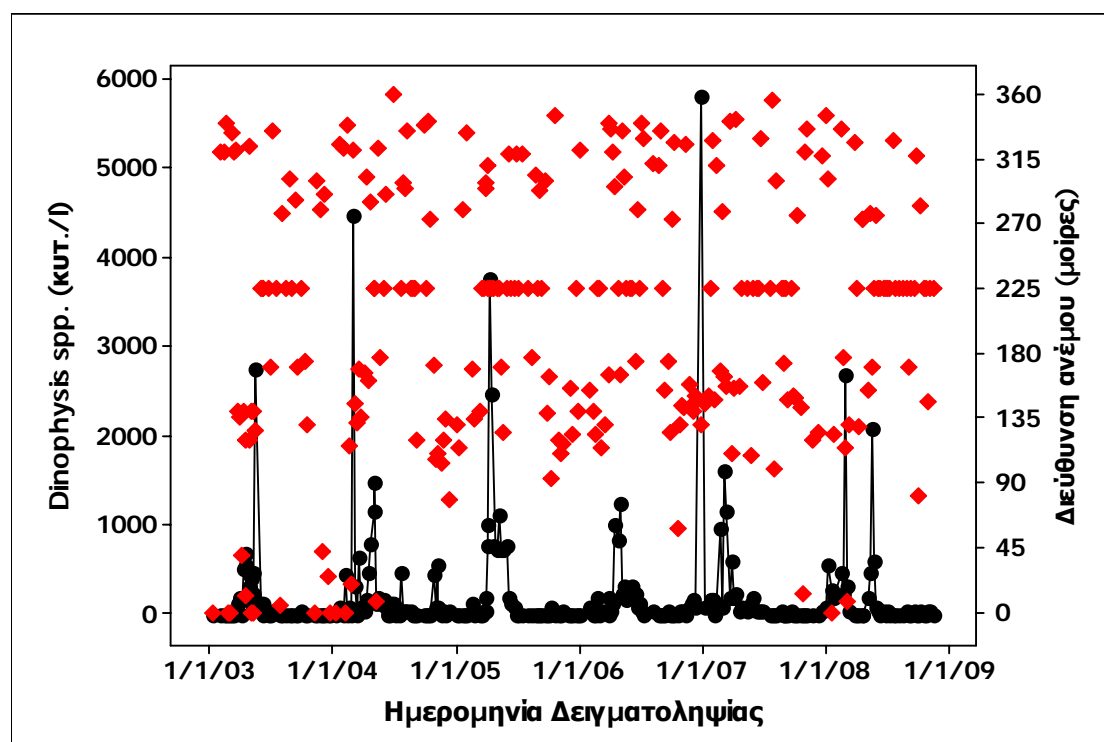
Ο χώρος γένεσης του φαινομένου της ανάπτυξης του *Dinophysis* spp. αποτελεί κλειδί στη μελέτη της δυναμικής του πληθυσμού του (Zingone & Enevoldsen, 2000; Smayda & Reynolds, 2001). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του Κουκάρα (2004) προκύπτει ότι ο κόλπος της Θεσσαλονίκης είναι ο κατεξοχήν χώρος δημιουργίας των ανθίσεων του *D. cf. acuminata* στον Θερμαϊκό κόλπο, καθώς εκεί παρατηρούνται τα αρχικά στάδιά τους και εντοπίζονται, στη συνέχεια, και οι υψηλότερες αφθονίες του, γεγονός που συμφωνεί και με τα ευρήματα της παρούσας έρευνας. Οι Lindahl (1993), Reguera et al. (1995) και Godhe et al. (2002), σε μελέτες τους στις δυτικές ακτές της Ισπανίας και στη Βόρεια Θάλασσα, αναφέρουν ότι κύτταρα ειδών του γένους *Dinophysis* μεταφέρονται από τα ανοιχτά προς τα παράκτια ύδατα, όπου στη συνέχεια επιτυγχάνουν υψηλές αφθονίες.

7.1.2 Χρονική κατανομή

Σε ότι αφορά στη χρονική κατανομή των αφθονιών του *Dinophysis* spp. στο διάστημα 2003-2008, σημειώθηκε ιδιαίτερη έξαρση της ανάπτυξής του με στατιστικά σημαντικά ($P \leq 0,05$) υψηλότερες μέσες τιμές για τα έτη 2004 και 2006, και χαμηλότερες για το έτος 2003. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί δυνητικά σε κατ' έτος διαφορές ως προς τις κλιματολογικές παραμέτρους, οι οποίες κατ' επέκταση επηρέαζαν είτε την παροχή και διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών στις αντίστοιχες περιοχές ή/και μετέβαλλαν τις συνθήκες στη στήλη του νερού, η διατάραξη των οποίων αναφέρεται ότι έχει σημαντική επίδραση στην πορεία της ανάπτυξης του γένους *Dinophysis* (Estrada & Berdalet, 1997; Vale & Sampayo, 2003a). Επιπρόσθετα, οι συνθήκες αυτές μπορούν αντίστοιχα να επιδρούν τόσο στην ανάπτυξη και διαθεσιμότητα ειδών που αποτελούν τη λεία του *Dinophysis*, όπως το βλεφαριδωτό *Myrionecta rubra* (*Mesodinium rubrum*), όσο και στον μεταξύ τους ανταγωνισμό (Crawford & Lindholm, 1997; Park et al., 2006). Στα ίδια πλαίσια

μπορεί να αιτιολογηθεί και η εναλλαγή μεγίστων και ελαχίστων μέσων συγκεντρώσεων κυττάρων του *Dinophysis* μεταξύ διαδοχικών ετών, η οποία παρατηρήθηκε σε ορισμένες περιπτώσεις στις ζώνες παραγωγής του Σαρωνικού και του Θερμαϊκού κόλπου.

Στο σύνολο των έξι ετών της μελέτης (2003-2008), η πορεία της ανάπτυξης του *Dinophysis* spp. εμφάνιζε έντονη περιοδικότητα κατά τη διάρκεια του έτους. Οι μέγιστες αφθονίες του καταγράφονταν σταθερά στους χειμερινούς-εαρινούς μήνες ενώ στους θερινούς-φθινοπωρινούς μήνες του έτους η παρουσία του θεωρείται αμελητέα (Εικ. 7.1). Η εποχική αυτή περιοδικότητα της εμφάνισης του *Dinophysis* κατά τη διάρκεια του έτους βρίσκεται σε συμφωνία και με τα ευρήματα άλλων ερευνών που αφορούν στον Ελλαδικό χώρο (Koukaras & Nikolaidis, 2004; Nikolaidis et al., 2005). Παρόμοια περιοδικότητα σχετικά με την ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. αναφέρεται επίσης και σε μελέτες από Ευρωπαϊκές χώρες (Bernardi Aubry et al., 2000; Vale & Sampayo, 2003a; France & Mozetič, 2006; Ninčević-Gladan et al., 2008), αλλά και παγκόσμια (Koike et al., 2000; Morton et al. 2009; Swanson et al., 2010), με τη μόνη απόκλιση να αφορά στη χρονική εντόπιση των μεγίστων αφθονιών, η οποία παρατηρείται σε διαφορετικές εποχές του έτους, ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και το κλίμα της κάθε περιοχής.



Εικόνα 7.1. Μέσες αφθονίες του *Dinophysis* spp. στο σύνολο των περιοχών της Ελλάδας που μελετήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα 2003-2008 σε συνδυασμό με τις επικρατούσες διευθύνσεις ανέμων.

Όπως είναι εμφανές από τις Εικ. 6.5 και Εικ. 7.1, στα έξι έτη της μελέτης, η μέγιστη μέση αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis* κατά τη διάρκεια του έτους παρατηρούνταν συνήθως κατά την εαρινή περίοδο, μεταξύ Απριλίου και Μαΐου, με εξαίρεση τα έτη 2007 και 2008, στα οποία η περίοδος αυτή ήταν αρκετά προγενέστερη, μεταξύ Ιανουαρίου και Μαρτίου. Με δεδομένο το γεγονός ότι το θερμοκρασιακό εύρος των 10-20°C ήταν το ιδανικό για την ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. (βλ. και § 6.1.4), η παρατήρηση αυτή μπορεί να οφείλεται σε μια απλή συγκυρία ή μπορεί να αποτελεί μια πρόωμη ένδειξη της, ευρύτατα συζητούμενης σε παγκόσμιο επίπεδο, κλιματικής αλλαγής ως αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η ισχύς ή όχι αυτής της υπόθεσης θα διερευνηθεί περαιτέρω κατά τα επόμενα έτη καταμέτρησης των αφθονιών του *Dinophysis* spp. στα πλαίσια της εφαρμογής του προγράμματος παρακολούθησης του ΥΠΑΑΤ.

7.2 Κλιματολογικές επιδράσεις στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

7.2.1 Θερμοκρασία

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι ο μέγιστος ρυθμός της ανάπτυξης του *Dinophysis* spp. συνέπιπτε με θερμοκρασιακό εύρος που κυμαινόταν περίπου στους 10-20°C (Εικ. 6.12). Σε ότι αφορά στις τιμές της αφθονίας του που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l), αυτές σημειώθηκαν στην πλειονότητά τους σε θερμοκρασίες μεταξύ 4°C και 20°C, τουλάχιστον σε ότι αφορά στις ζώνες παραγωγής του Θερμαϊκού και του Σαρωνικού κόλπου, στις οποίες κυριαρχούν είδη του *Dinophysis* που ευνοούνται σε αυτές τις συνθήκες θερμοκρασίας με κυριότερα τα *D. cf. acuminata* και *D. ovum* (Nikolaidis et al. 2005; Αλιγιζάκη, προσωπική επικοινωνία). Μια διαφοροποίηση παρατηρείται στις ζώνες παραγωγής της Φθιώτιδας (Μαλιακός κόλπος), στις οποίες αφθονίες του *Dinophysis* ανώτερες των 1.000 κυτ./l καταγράφηκαν με μεγαλύτερη συχνότητα σε θερμοκρασιακό εύρος που κυμαινόταν σε κάπως υψηλότερα επίπεδα, μεταξύ 15-21°C, και εντοπιζόνταν χρονικά προς το τέλος της άνοιξης και στις αρχές του καλοκαιριού. Στην περιοχή αυτή, τα κυρίαρχα είδη αποτελούν τα *D. sacculus* και *D. caudata* (Nikolaidis et al. 2005; Αλιγιζάκη, προσωπική επικοινωνία), των οποίων η ανάπτυξη ευνοείται σε αυτές τις υψηλότερες θερμοκρασίες (Koukaras & Nikolaidis, 2004; Bernardi Aubry et al., 2000; France & Mozetič, 2006).

Σε συμφωνία με την παρούσα μελέτη, εντός του θερμοκρασιακού εύρους των 10-20°C, και συγκεκριμένα μεταξύ 12-16°C, σημειώθηκαν και οι μέγιστες τιμές της αφθονίας του *D. cf. acuminata* σε έρευνα των Koukaras & Nikolaidis (2004) στο Θερμαϊκό κόλπο κατά τα έτη 2000-2002. Παρόμοια είναι τα ευρήματα και άλλων ερευνητών σε ότι αφορά στο θερμοκρασιακό εύρος στο οποίο απαντώνται οι μέγιστες αφθονίες ειδών του *Dinophysis* spp. συγγενικών προς αυτά που ευθύνονται για τις ανθίσεις στο Θερμαϊκό και Σαρωνικό κόλπο, όπως είναι τα *D. acuta*, *D. acuminata* και *D. norvegica* (Reguera et al., 1995; Godhe et al., 2002). Σχετικά με τα είδη του *Dinophysis* spp. που κυριαρχούν στα ύδατα της Φθιώτιδας (*D. sacculus* και *D. caudata*), αντίστοιχες είναι και οι αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία, με τις μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων τους να καταγράφονται συστηματικά στις θερμές εποχές του έτους (Bernardi Aubry et al., 2000; Caroppo, 2001; France & Mozetič, 2006; Ngyuen et al., 2006).

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι μεταξύ όλων των κλιματολογικών παραμέτρων που έχουν διερευνηθεί, η θερμοκρασία θεωρείται ο πλέον καθοριστικός παράγοντας που επιδρά στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. (Reguera et al., 1995) μπορεί εύλογα να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η χρονική διαφορά των περιόδων στις οποίες σημειώνεται το βέλτιστο θερμοκρασιακό εύρος αποτελεί και την κύρια αιτία για τη διαφορετική εποχικότητα που παρατηρείται στην ανάπτυξη των ίδιων ή συγγενικών ειδών του *Dinophysis* μεταξύ διαφορετικών περιοχών ή/και κρατών.

7.2.2 Ένταση και διεύθυνση του ανέμου

Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* στην παρούσα μελέτη παρατηρούνταν με διάφορες επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου, αλλά στην πλειονότητά τους συνδυάζονταν με βόρειες (ΒΔ, Β και ΒΑ) και νότιες (ΝΑ και Ν) διευθύνσεις. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η μικρότερη συχνότητά των μεγίστων αφθονιών σημειώθηκε σε συνδυασμό με ΝΔ άνεμο, και συγκεκριμένα με διεύθυνση 225° (λίβας ή γαρμπής). Όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στην Εικ. 7.1, η παρουσία αυτού του ανέμου θα μπορούσε να λεχθεί ότι ορισμένες φορές σηματοδοτεί την έναρξη της μείωσης της ανάπτυξης του *Dinophysis*. Σε ότι αφορά στην ένταση των ανέμων, η ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. ευνοούνταν γενικά από την παρουσία ανέμων με χαμηλή ένταση, συνήθως έως 4 μποφόρ.

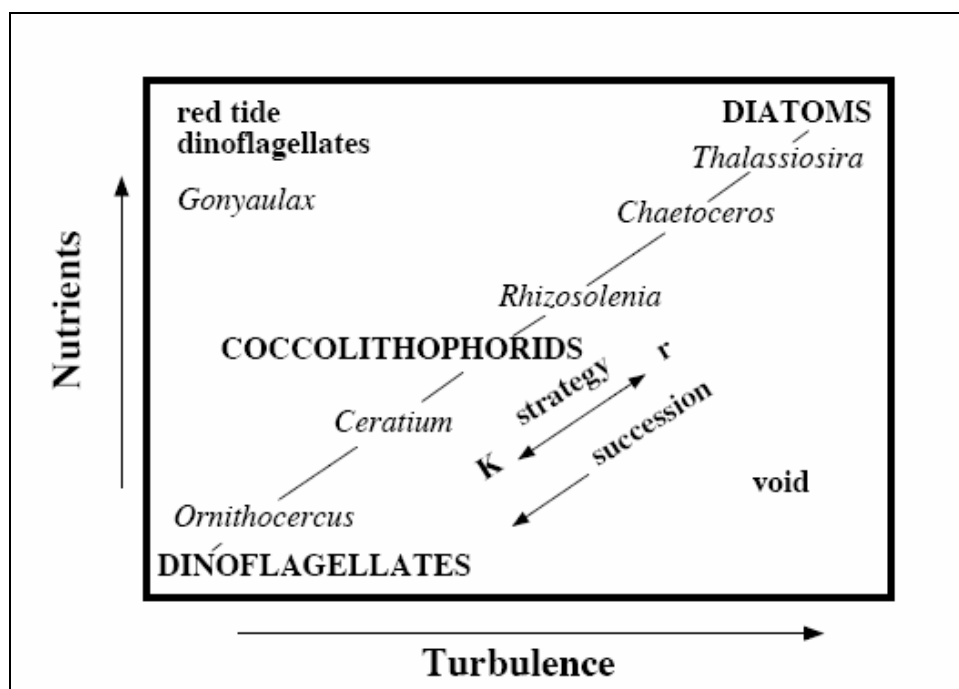
Οι επικρατούσες διευθύνσεις του ανέμου συνδέονται με το φαινόμενο της ανάδυσης (upwelling) και κατάδυσης (downwelling) των υδάτων αλλά και με

μεταβολές στην κυκλοφορία του νερού (Escalera et al. 2010). Στη διεθνή βιβλιογραφία καταγράφονται αρκετές φορές αντικρουόμενα ευρήματα σχετικά με τις διευθύνσεις των ανέμων που ευνοούν την ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. αλλά και άλλων δινομαστιγωτών (βλ. και § 2.3.3.1, Θεωρητικό μέρος). Γενική ομοφωνία πάντως φαίνεται να υπάρχει στο γεγονός ότι, όπως και στην παρούσα μελέτη, οι κύριες επιδράσεις στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp συνδέονται με ανέμους που πνέουν από βόρειες και νότιες διευθύνσεις, σύμφωνα με το φαινόμενο της ανάδυσης και κατάδυσης των υδάτων (Reguera et al., 1995; Blanco et al., 1998; Tilstone et al., 2000; Reguera, 2003; Velo-Suárez et al., 2008). Είναι ιδιαίτερα πιθανό ότι οι επιδράσεις αυτές σχετίζονται με τις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες και τη γεωμορφολογία της κάθε περιοχής στην οποία αφορούν οι συγκεκριμένες έρευνες.

Οι άνεμοι, ανάλογα με την έντασή τους, προκαλούν διαταραχές μέσω της τύρβης, η οποία χαρακτηρίζεται από την ακανόνιστη κίνηση των μορίων σε ένα ρευστό μέσο, μέσω της οποίας εκπέμπεται και εξασθενεί η μηχανική ενέργεια (Margalef, 1997). Μια μικρής κλίμακας τύρβη, μπορεί να επηρεάσει αρκετές θεμελιώδεις διεργασίες του πλαγκτού, όπως την κινητική πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών από τους πλαγκτικούς οργανισμούς, το σχηματισμό συσσωματωμάτων θαλάσσιου χιονιού και την κατακόρυφη ροή υλικών, την πληθυσμιακή δυναμική του πλαγκτού καθώς και τη τροφοδυναμική πλαγκτοφάγων θηρευτών (Kjørboe, 1997). Η ανάμειξη του νερού και κατ' επέκταση η διατάραξη των συνθηκών της υδάτινης στήλης, μπορεί να προκαλέσει σημαντικές μεταβολές τόσο στην παραγωγικότητα του φυτοπλαγκτού (Madden & Day, 1992) όσο και στη σύνθεσή του. Παρ' όλα αυτά δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως κατά πόσο οι αλλαγές της βιομάζας του φυτοπλαγκτού σχετίζονται με απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών από το ίζημα προς τα επιφανειακά νερά ή απλά στον εκ νέου ενοφθαλμισμό φυκών από το βένθος (Carrick et al., 1993).

Ο Margalef (1978) πρότεινε μια συστηματοποίηση της λειτουργικής μορφολογίας του φυτοπλαγκτού βασιζόμενος σε δύο κύριους περιβαλλοντικούς παράγοντες: την παροχή θρεπτικών συστατικών και την ένταση της τύρβης (Estrada & Berdalet, 1997), το επονομαζόμενο ως «mandala» του φυτοπλαγκτού (Εικ. 7.2). Μεταξύ άλλων, σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, τα διάτομα, τα οποία δε διαθέτουν δυνατότητα κίνησης αλλά έχουν υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης ευνοούνται σε ύδατα με σχετικά υψηλή τύρβη και περίσσεια θρεπτικών συστατικών. Υπό αυτές τις συνθήκες η έλλειψη κίνησης αντισταθμίζεται από την επανεναιώρηση των κυττάρων

εξαιτίας της τύρβης, καθώς και από τους υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης. Αντίθετα, τα δινωμαστιγωτά, τα οποία είναι κινητά εξαιτίας της κατοχής των μαστιγίων, μπορούν να ρυθμίσουν τη θέση τους στη στήλη του νερού. Το γεγονός αυτό τους επιτρέπει να επιβιώνουν σε στρωματοποιημένα ύδατα, όπου η κινητικότητα και η μετανάστευση μπορούν να υπερσκελίσουν την ιζηματοποίηση και να συνεισφέρουν στην απόκτηση θρεπτικών συστατικών από τα βαθύτερα στρώματα.



Εικόνα 7.2. Το «mandala» του Margalef. Γραφική αναπαράσταση των κυρίων μορφών του φυτοπλαγκτού στον οικολογικό χώρο όπως ορίζεται από τη συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών και την τύρβη. Αναπροσαρμογή από Margalef (1978).

Το μοντέλο αυτό ίσχυε και στην έρευνα των Estrada & Berdalet (1997), όπου τα διάτομα είχαν υψηλότερο μέσο όρο αφθονίας σε περιόδους με έντονους, ενώ αντίθετα τα δινοφύκη εμφάνισαν υψηλότερο μέσο όρο αφθονίας στις περιόδους νηνεμίας. Σε συμφωνία με αυτά, το μοντέλο αυτό συμφωνεί και με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτη, λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικά υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης υψηλών συγκεντρώσεων του *Dinophysis* spp. σε συνδυασμό με νηνεμία ή ανέμους ήπιων εντάσεων.

7.2.3 Βροχόπτωση

Στην παρούσα μελέτη, παρότι αφθονίες του *Dinophysis* spp. ανώτερες των ορίων λήψης υγειονομικών μέτρων (1.000 κυτ./l) καταγράφηκαν σε συνδυασμό με

βροχοπτώσεις που κυμαίνονταν από ανομβρία έως πολύ έντονες, οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων του σημειώνονταν ως επί το πλείστον σε συνδυασμό με ανομβρία ή χαμηλών εντάσεων βροχοπτώσεις. Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγουν και οι Vale & Sampayo (2003a) σε έρευνά τους στη λιμνοθάλασσα Aveiro της Πορτογαλίας (βλ. και § 2.3.3.3, Θεωρητικό μέρος), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι χαμηλότερα ύψη βροχόπτωσης συνδέονταν με υψηλότερες αφθονίες του *Dinophysis* spp. και με την εκδήλωση εντονότερων DSP τοξικών επεισοδίων.

7.3 Αλληλεπιδράσεις των υπό μελέτη παραμέτρων στην αφθονία των κυττάρων του γένους *Dinophysis*

Αντιμετωπίζοντας συνολικά τις ανωτέρω παραμέτρους, η ανάπτυξη του *Dinophysis* και η επίτευξη των μέγιστων αφθονιών του στην παρούσα μελέτη ευνοούνταν σε δύο συνδυασμούς: α) ανέμων που έπνεαν από βόρειες διευθύνσεις, με θερμοκρασίες 10-15°C και κατά τους αρχικούς μήνες του έτους και β) ανέμων από νότιες-νοτιοανατολικές διευθύνσεις, με χαμηλότερες θερμοκρασίες μεταξύ -2°C και 2°C και προς το τέλος του έτους. Και οι δύο περιπτώσεις συνδυάζονταν με χαμηλές εντάσεις ανέμων και ανομβρία έως ήπιες βροχοπτώσεις.

Και στους δύο ανωτέρω συνδυασμούς κλιματολογικών συνθηκών, τον κοινό παρονομαστή αποτελεί η ελάχιστη δυνατή διατάραξη των συνθηκών της υδάτινης στήλης. Οι ποικίλες ταξινομικές ομάδες του φυτοπλαγκτού εμφανίζουν διαφορετική ευαισθησία στην ανατάραξη της υδάτινης στήλης, με την αντοχή τους να φθίνει με την ακόλουθη σειρά: χλωρόφυτα, κυανοβακτήρια, διάτομα και δινωμαστιγωτά (White 1976; Thomas & Gibson 1990; Petersen et al., 1998). Το ίδιο επιβεβαιώνει και η παρατήρηση στο φυσικό περιβάλλον, όπου η παρουσία των δινωμαστιγωτών συνδέεται με περιοχές που εμφανίζουν ελάχιστη ανατάραξη (Margalef, 1978, Estrada & Berdalet, 1997). Σε συμφωνία με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης επομένως, κλιματολογικές συνθήκες που προκαλούν διατάραξη της υδάτινης στήλης, όπως είναι τόσο οι άνεμοι με υψηλή ένταση όσο και οι έντονες βροχοπτώσεις, δε δημιουργούν ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη των δινωμαστιγωτών γενικά, και κατ' επέκταση και των ειδών του γένους *Dinophysis*.

7.4 Παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια

Η παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια των ζωνών παραγωγής της παρούσας μελέτης συνδεόταν σε μεγάλο βαθμό, όπως ήταν αναμενόμενο, με την παρουσία

υψηλών συγκεντρώσεων κυττάρων του *Dinophysis* spp. με ιδιαίτερα ισχυρή και στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ τους. Σε ότι αφορά στη χρονική κατανομή των τοξικών επεισοδίων, στις περισσότερες ζώνες παραγωγής του Ελλαδικού χώρου, το έτος με τη μεγαλύτερη ένταση και διάρκεια της DSP τοξικότητας στα μύδια ήταν το 2004, ακολουθούμενο από το έτος 2007, ενώ αντίθετα το 2005 θεωρείται το έτος με την ασθενέστερη εμφάνιση της DSP τοξικότητας στα μύδια. Η παρατήρηση αυτή συμβαδίζει σε μεγάλο βαθμό με τα αντίστοιχα ευρήματα σχετικά με τις κατ' έτος μέγιστες και ελάχιστες αφθονίες κυττάρων *Dinophysis* spp. που καταγράφηκαν στην παρούσα έρευνα (βλ. § 7.1.2). Είναι γενικά παραδεκτό όμως ότι η εκδήλωση θετικού αποτελέσματος DSP τοξινών σε οστρακοειδή με τη μέθοδο της βιοδοκιμής σε μυς σχετίζεται αφενός με την αφθονία των τοξικών μικροφυκών και συγκεκριμένα του γένους *Dinophysis*, αλλά επηρεάζεται επίσης και από τη διάρκεια της άνθισης του και τη συγκέντρωση των τοξινών στα κύτταρα (Sampayo et al., 1990; Emsholm et al., 1996; Sidari et al., 1998; Dahl & Johannessen, 2001; Svensson, 2003). Η τελευταία παρουσιάζει αρκετά ευρεία διακύμανση, τόσο μεταξύ κυττάρων διαφορετικών ειδών του *Dinophysis* όσο και μεταξύ των κυττάρων του ίδιου είδους. Από μετρήσεις οκαδαϊκού οξέος (OA) σε κύτταρα του *D. cf. acuminata*, που συλλέχθηκαν από το πεδίο κατά τη διάρκεια πληθυσμιακών εξάρσεων στο Θερμαϊκό κόλπο προέκυψαν συγκεντρώσεις OA που κυμαίνονταν από 0,3 pg/κυτ. έως και 16,5 pg/κυτ. (Κουκάρας 2004), ενώ το εύρος των τιμών που αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία για τα κύτταρα του *D. acuminata* είναι ακόμα μεγαλύτερο και κυμαίνεται μεταξύ 0-45 pg/κυτ. (Cembella, 1989; Lee et al., 1989; Blanco et al., 1995; Andersen et al., 1996; Johansson et al., 1996; Fernández et al., 2001; Marcailou et al., 2001; Morofño et al., 2003). Το μεγάλο εύρος τιμών που παρουσιάζουν οι συγκεντρώσεις των τοξινών ανά κύτταρο δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στην εκτίμηση της τοξικότητας του πληθυσμού στη διάρκεια των ανθίσεων και κατά πάσα πιθανότητα ευθύνεται για τις αποκλίσεις που παρατηρούνται στους συσχετισμούς της αφθονίας του *Dinophysis* με την παρουσία ή/και διάρκεια της DSP τοξικότητας στα μύδια.

Στην παρούσα μελέτη, η συσχέτιση μεταξύ της DSP τοξικότητας στα μύδια και του *Dinophysis* spp. αφορά αποκλειστικά στην περίπτωση των «χειμερινών–εαρινών» DSP τοξικών επεισοδίων, ενώ καμία τέτοια σύνδεση δεν παρατηρείται στην περίπτωση των «θερινών–φθινοπωρινών» DSP τοξικών επεισοδίων. Τα τελευταία αποδίδονται σε άλλα είδη τοξικών μικροφυκών που παράγουν επίσης λιπόφιλες τοξίνες, όπως τα *Prorocentrum* spp. και *Ostreopsis* spp. Τα είδη αυτά των

μικροφυκών είναι βενθικά, εντοπίζονται επιφυτικά πάνω στα μακρόφυτα και για να εμφανίζονται στη στήλη του νερού, που αποτελεί και το δείγμα για την εξέταση του θαλασσινού νερού για τοξικά είδη πλαγκτού, όπως αυτή προβλέπεται από την ισχύουσα νομοθεσία, πρέπει να είναι παρόντα σε μεγάλες αφθονίες, αλλιώς δεν είναι ανιχνεύσιμα (Αλιγιζάκη, 2008). Το τελευταίο αυτό γεγονός επιβεβαιώνει την άποψη ότι για την ορθή εφαρμογή και αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων παρακολούθησης των DSP τοξικών επεισοδίων, δεν επαρκεί μόνο η καταμέτρηση των τοξικών ειδών πλαγκτού στη στήλη του θαλασσινού νερού, όπως προβλέπεται από την Ευρωπαϊκή νομοθεσία (Κανονισμός 853/2004 και Κανονισμός 854/2004), αλλά είναι τελείως απαραίτητη και η διενέργεια εξετάσεων στη σάρκα των οστρακοειδών για την παρουσία βιοτοξινών, γιατί κάποια από τα τοξινοπαραγωγά είδη μπορεί να μην είναι ανιχνεύσιμα στη στήλη του νερού με τη συνήθη μέθοδο καταμέτρησης κατά Utermöhl (1958). Εκτός αυτού όμως, διαφαίνεται και η αναγκαιότητα της ενσωμάτωσης των τοξικών βενθικών δινοφυκών στον κατάλογο των επικίνδυνων για τη δημόσια υγεία οργανισμών αλλά και της ένταξής τους στα προγράμματα παρακολούθησης των δυνητικά τοξικών μικροφυκών, με τροποποίηση των ισχυουσών Ευρωπαϊκών κανονιστικών διατάξεων.

Όσον αφορά στη χωρική κατανομή της DSP τοξικότητας στα μύδια, στις περιοχές που θεωρούνται πιο επιβαρημένες συμπεριλαμβάνονται αυτές που εντοπίζονται στο Θερμαϊκό και στο Σαρωνικό κόλπο, ενώ οι ζώνες παραγωγής της Καβάλας και της Φθιώτιδας φαίνεται να εμφανίζουν ηπιότερα σε ένταση και διάρκεια DSP τοξικά επεισόδια. Τα δεδομένα που αφορούν στην περιοχή του Αμβρακικού κόλπου, και συγκεκριμένα στις ζώνες παραγωγής της νομαρχίας Πρεβέζης, δε θεωρούνται επαρκή ώστε να αποτυπωθεί μια σαφής εικόνα της DSP τοξικότητας στα μύδια και τα στοιχεία που παρατίθενται είναι μόνο ενδεικτικά. Η κατανομή αυτή της DSP τοξικότητας ακολουθεί σε μεγάλο βαθμό την αντίστοιχη κατανομή των αφθονιών του *Dinophysis* spp. και προφανώς επηρεάζεται από τους ίδιους παράγοντες – περιβαλλοντικούς, κλιματολογικούς, γεω-μορφολογικούς – οι οποίοι αναλύθηκαν διεξοδικά σε προηγούμενο κεφάλαιο (βλ. § 7.1.1)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον πάντως σχετικά με τη διάρκεια και την ένταση των DSP τοξικών επεισοδίων, παρουσιάζουν οι ζώνες παραγωγής που εμφανίζουν και τους δύο τύπους τοξικών επεισοδίων, δηλαδή τόσο «χειμερινά–εαρινά» όσο και «θερινά–φθινοπωρινά», όσο και η εντόπιση των «θερινών–φθινοπωρινών» σε ορισμένες μόνο περιοχές της Ελλάδας. Στην περίπτωση του Θερμαϊκού κόλπου, τέτοια επεισόδια δεν

έχουν καταγραφεί ποτέ στο χρονικό διάστημα της παρούσας μελέτης στις ζώνες παραγωγής που βρίσκονται στις δυτικές ακτές του (ζώνες Χαλάστρας και Κυμίνων της νομαρχίας Θεσσαλονίκης και όλες οι ζώνες παραγωγής των νομαρχιών Ημαθίας και Πιερίας), αλλά καταγράφηκαν συστηματικά στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου (ζώνες Αγγελοχωρίου και Επανωμής) αλλά και στις ζώνες παραγωγής των νομαρχιών Καβάλας, Φθιώτιδας και, σε μικρότερο βαθμό, Δυτικής Αττικής. Σύμφωνα με την Αλιγιζάκη (2008), τα είδη των γενών *Prorocentrum* και *Ostreopsis* απαντώνται στις περισσότερες ακτές του Βορείου Αιγαίου. Ιδιαίτερα για τους πληθυσμούς *Ostreopsis*, παρατηρήθηκε μία τάση να αυξάνουν πληθυσμιακά σε περιοχές με πλούσια θαλάσσια βλάστηση σε ροδοφύκη, φαιοφύκη και φανερόγαμα, οι οποίες έχουν κυρίως τουριστικό ενδιαφέρον (π.χ. Νέα Ηρακλείτσα Καβάλας, Αλυκή Θάσου, Ολυμπιάδα Χαλκιδικής), ενώ ήταν οριακά ή καθόλου ανιχνεύσιμοι σε περιοχές, όπου βρέθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις ανόργανων θρεπτικών αλάτων και χλωροφύλλης, όπως οι δυτικές ακτές του εσωτερικού Θερμαϊκού Κόλπου. Το γεγονός αυτό πιθανότατα σχετίζεται με την παρουσία σε κάθε περιοχή κατάλληλων ή μη μακρόφυτων ως υπόστρωμα για την ανάπτυξη των βενθικών δινοφυκών.

7.5 Χρονικές περιόδους με υγειονομικά μέτρα κατά τα έτη 2003-2008

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι εμφανές ότι στο διάστημα των ετών 2003-2008, η χρονική εντόπιση των υγειονομικών μέτρων που ελήφθησαν από τις αρμόδιες αρχές με σκοπό την αντιμετώπιση των DSP τοξικών επεισοδίων διέφερε σημαντικά, ακόμα και μεταξύ γειτονικών ζωνών παραγωγής ή/και σημείων δειγματοληψίας της ίδιας ζώνης παραγωγής. Αναλυτικά στοιχεία σχετικά με τις περιόδους ισχύος υγειονομικών μέτρων σχετικών με τις DSP τοξίνες για κάθε ζώνη παραγωγής που συμπεριλήφθηκε στην παρούσα μελέτη, καθώς και για τα χρονικά διαστήματα που ήταν ελεύθερα υγειονομικών μέτρων παρατίθενται στο επόμενο κεφάλαιο (βλ. § 8.1.3).

Για ιστορικούς λόγους αξίζει να αναφερθεί ότι στη χώρα μας, ανιχνεύθηκαν για πρώτη φορά DSP τοξίνες σε μύδια με τη μέθοδο της βιοδοκιμής σε μυς από το Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς Θαλασσιών Βιοτοξινών του Ινστιτούτου Υγιεινής Τροφίμων Θεσσαλονίκης του ΥΠΑΑΤ στις 21 Ιανουαρίου του 2000, μεσούσης της πληθυσμιακής έξαρσης του *D. cf. acuminata* στον Θερμαϊκό κόλπο. Πριν από την επίσημη ανίχνευση των DSP τοξινών, στις 17 Ιανουαρίου του 2000, ελήφθησαν για πρώτη φορά στην Ελλάδα υγειονομικά μέτρα σχετικά με τη διακίνηση των

οστρακοειδών του Θερμαϊκού κόλπου (Αρ. Πρωτ. 13/455/17-01-2000) από τη Διεύθυνση Κτηνιατρικής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης, με βάση τα αποτελέσματα της αφθονίας του *D. cf. acuminata*. Η εκ των υστέρων επιβεβαίωση της ορθότητας της συγκεκριμένης ενέργειας, πριν την ανίχνευση των βιοτοξινών στα οστρακοειδή, εκτιμάται ότι συνέβαλε αποφασιστικά στην ενίσχυση του προγράμματος παρακολούθησης των τοξικών μικροφυκών στα νερά αλίευσης και εκτροφής δίθυρων μαλακίων και στην καθιέρωσή του ως απαραίτητου στοιχείου του συστήματος ελέγχου των βιοτοξινών, ώστε να συμπεριληφθεί στο Εθνικό Πρόγραμμα Επιτήρησης (Απόφαση ΥΠΑΑΤ 313153/20-12-02).

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από τις αρμόδιες αρχές, στο διάστημα που μεσολάβησε μέχρι την απαγόρευση της διακίνησης και κατανάλωσης οστρακοειδών από τον Θερμαϊκό κόλπο, επισήμως 120 άτομα εισήχθησαν στα εφημερεύοντα νοσοκομεία της Θεσσαλονίκης με συμπτώματα δηλητηρίασης, ως συνέπεια της κατανάλωσης μυδιών (Economou et al., 2007). Επιπλέον, από τις αρμόδιες υπηρεσίες (Διεύθυνση Αλιείας της νομαρχίας Θεσσαλονίκης), εκτιμήθηκε ότι το τοξικό φαινόμενο, εξαιτίας του περιορισμού της διακίνησης των οστρακοειδών, προκάλεσε απώλειες στον πρωτογενή τομέα των υδατοκαλλιέργειών του Θερμαϊκού κόλπου που ανήλθαν στο 40% της ετήσιας παραγωγής, κόστους 5.000.000€ (Κουκάρας, 2004).

Επιπρόσθετα, τα DSP τοξικά επεισόδια των ετών 2000 και 2001 είχαν σοβαρό αντίκτυπο και στην εικόνα της Ελληνικής μυδοκαλλιέργειας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μετά από αλληπάλληλες αναφορές από το Σύστημα Ταχείας Προειδοποίησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF) σχετικά με την παρουσία DSP θαλασσίων βιοτοξινών σε μύδια που εξήχθησαν από την Ελλάδα προς την Ευρώπη. Αυτό που είναι ενδιαφέρον να λεχθεί είναι ότι από το 2003 που σηματοδότησε την έναρξη της συστηματικής εφαρμογής, σε εβδομαδιαία βάση, του «Εθνικού Προγράμματος Επιτήρησης Ζωνών ή Περιοχών Παραγωγής Δίθυρων Μαλακίων για Παρουσία Θαλασσίων Βιοτοξινών» του ΥΠΑΑΤ, και έπειτα, έχουν μειωθεί κατακόρυφα οι αναφορές από το RASFF σχετικά με τα οστρακοειδή που προέρχονται από την Ελλάδα (Πηγή: RASFF portal, 2010; http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/index_en.htm). Οι αναφορές αυτές, κατόπιν διερεύνησης που έγινε από το ΥΠΑΑΤ, οφείλονται αποκλειστικά σε αστοχίες διακίνησης λόγω της μη συμμόρφωσης με τα ισχύοντα υγειονομικά μέτρα από τους

εμπλεκόμενους φορείς και όχι σε αστοχία της εφαρμογής του Εθνικού Προγράμματος Επιτήρησης από τις αρμόδιες αρχές.

Ένα επιπλέον ενδιαφέρον στοιχείο που προκύπτει από τα δεδομένα της άρσης-λήψης υγειονομικών μέτρων σχετικών με τα DSP τοξικά επεισόδια στις διάφορες περιοχές, αφορά στις αφθονίες του *Dinophysis* spp. που είναι παρούσες πριν ή κατά τη διάρκεια της DSP τοξικότητας στα μύδια, πάντα στην περίπτωση των «χειμερινών-εαρινών» τοξικών επεισοδίων. Σε πολυάριθμες περιπτώσεις που λήφθηκαν υγειονομικά μέτρα λόγω της ανίχνευσης DSP τοξινών στη σάρκα των μυδιών, δε σημειώθηκε καμία υπέρβαση των εθνικών κανονιστικών ορίων της αφθονίας του *Dinophysis* (1.000 κυτ./l), και κατά συνέπεια δεν υπήρξε ανάλογη λήψη υγειονομικών μέτρων με αυτή την αιτιολογία. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις των κυττάρων του *Dinophysis* παρέμεναν, για μικρό ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, εντός των εθνικών κανονιστικών ορίων επαγρύπνησης (200-1.000 κυτ./l). Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται και από τον Κουκάρα (2004), κατά την άνθιση του *D. cf. acuminata* στο Θερμαϊκό κόλπο το 2002, όπου θετικά αποτελέσματα για την παρουσία DSP τοξινών στη σάρκα των οστρακοειδών παρατηρούνταν σε συνδυασμό και με ιδιαίτερα χαμηλές αφθονίες (<500 κυτ./l). Παρ' ότι η εκδήλωση θετικού αποτελέσματος DSP τοξινών σε οστρακοειδή με τη μέθοδο της βιοδοκιμής σε μυς σχετίζεται με την αφθονία των τοξικών μικροφυκών (Samprayo et al., 1990; Svensson, 2003), είναι αρκετά σύνηθες το να συνδυάζεται με παρουσία χαμηλών αφθονιών του *Dinophysis* spp (Emsholm et al., 1996; Sato et al., 1996; Suzuki et al., 1997). Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία (Marcaillou et al., 2001), το φαινόμενο αυτό σχετίζεται αφενός με την τοξικότητα των κυττάρων του *Dinophysis* και αφετέρου από τη θέση μέγιστης συσσώρευσης του πληθυσμού του στη στήλη του νερού. Η εμφάνιση DSP τοξικότητας στα μύδια ακόμη και με αφθονίες του *Dinophysis* που δεν υπερβαίνουν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων, αποτελεί ακόμη έναν λόγο για τον οποίο η καταμέτρηση των τοξικών ειδών πλαγκτού στη στήλη του θαλασσινού νερού δε μπορεί να αποτελεί τη βάση για τα προγράμματα επιτήρησης των ζωνών παραγωγής σχετικά με τα DSP τοξικά επεισόδια. Αντίθετα, η εξέταση αυτή πρέπει να αποτελεί ένα επικουρικό μέτρο προστασίας της δημόσιας υγείας το οποίο να δρα συμπληρωματικά ως προς εξετάσεις στη σάρκα των οστρακοειδών για την παρουσία βιοτοξινών, όπως ακριβώς εφαρμόζεται στο πρόγραμμα επιτήρησης του Ελλαδικού χώρου.

Τέλος, ενδιαφέρον είναι ότι η περίοδος που ανιχνεύονται DSP τοξίνες πάνω από το όριο θετικότητας σε δείγματα μυδιών (περίοδος θετικότητας) παρουσιάζει συνήθως περίπου διπλάσια διάρκεια στο δυτικό τμήμα του κόλπου της Θεσσαλονίκης (περιοχή Χαλάστρας) σε σύγκριση με τον κόλπο των Κυμίνων και των ακτών της Πιερίας. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος της διάρκειας των DSP τοξικών επεισοδίων στο σύνολο των τριών σημείων δειγματοληψίας της ζώνης παραγωγής Χαλάστρας [Ναζίκι (M4-5), Λευκούδι (M5), Καβούρα (M6)] ανερχόταν σε 79 ημέρες περίπου, όταν οι αντίστοιχες τιμές ήταν 42 ημέρες για τη ζώνη παραγωγής Κυμίνων Θεσσαλονίκης [Κύμινα (M7)], 40 ημέρες για τη ζώνη παραγωγής Κυμίνων Ημαθίας (σημεία Η10, Η40 και Π48) και 48 ημέρες στο σύνολο των ζωνών παραγωγής της Πιερίας. Το γεγονός αυτό, πιθανώς, οφείλεται στις γενικά υψηλότερες τιμές της αφθονίας του υπεύθυνου για την παραγωγή τοξινών γένους *Dinophysis*, καθώς και στη μεγαλύτερη διάρκεια των ανθίσεων του στο εσωτερικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου απ' ό,τι στον κόλπο των Κυμίνων και στις ακτές της Πιερίας. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία και με τα ευρήματα της μελέτης του Κουκάρα (2004), που αφορούσε στα τρία τοξικά επεισόδια των ετών 2000, 2001 και 2002 στο Θερμαϊκό κόλπο και που σχετίζονταν με το είδος *D. cf. acuminata*, καθώς και με τα στοιχεία της διαθέσιμης βιβλιογραφίας (Sampayo et al., 1990; Emsholm et al., 1996; Sidari et al., 1998), σύμφωνα με τα οποία οι σημαντικότεροι παράγοντες που καθορίζουν την περίοδο θετικότητας των οστρακοειδών σε φυκοτοξίνες είναι τα επίπεδα αφθονίας του πληθυσμού, η διάρκεια της άνθησής του και η συγκέντρωση των τοξινών στα κύτταρα.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

8.1 Συμπεράσματα

8.1.1 Χρονική και χωρική κατανομή του *Dinophysis* spp. και παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξή του

- Στο χρονικό διάστημα της μελέτης (2003-2008), η πορεία της ανάπτυξης του *Dinophysis* spp. εμφάνιζε έντονη περιοδικότητα κατά τη διάρκεια του έτους. Οι μέγιστες αφθονίες του καταγράφονταν σταθερά στους χειμερινούς–εαρινούς μήνες ενώ στους θερινούς–φθινοπωρινούς μήνες του έτους η παρουσία του θεωρείται αμελητέα.
- Μεταξύ όλων των ετών, οι υψηλότερες μέσες τιμές της αφθονίας του *Dinophysis* σημειώθηκαν κατά το έτος 2004, ενώ αντίθετα οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του παρατηρήθηκαν κατά το έτος 2003.
- Οι περιοχές παραγωγής που εμφάνισαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις του *Dinophysis* ήταν κατά κύριο λόγο αυτές του Αμβρακικού και του Θερμαϊκού κόλπου, και ιδιαίτερα του κόλπου της Θεσσαλονίκης, ενώ οι χαμηλότερες αφθονίες παρατηρήθηκαν στον κόλπο της Καβάλας.
- Ο μέγιστος ρυθμός της ανάπτυξης του *Dinophysis* spp. συνέπιπτε με θερμοκρασιακό εύρος που κυμαινόταν από 10-20°C ενώ οι τιμές της αφθονίας του που υπερέβαιναν τα όρια λήψης υγειονομικών μέτρων (≥ 1.000 κυτ./l) σημειώθηκαν κυρίως σε θερμοκρασίες μεταξύ 4°C και 20°C.
- Οι μέγιστες αφθονίες του *Dinophysis* συνδυάζονταν κυρίως με βόρειες (ΒΔ, Β και ΒΑ) και νότιες (ΝΑ και Ν) διευθύνσεις ανέμων.
- Η ανάπτυξη του *Dinophysis* spp. ευνοούνταν γενικά από την παρουσία ανέμων με χαμηλή ένταση, συνήθως έως 4 μποφόρ.
- Οι μέγιστες συγκεντρώσεις του *Dinophysis* spp. σημειώνονταν ως επί το πλείστον σε συνδυασμό με ανομβρία ή χαμηλών εντάσεων βροχοπτώσεις.
- Η ανάπτυξη του *Dinophysis* ευνοούνταν σε δύο συνδυασμούς όλων των ανωτέρω παραμέτρων: α) ανέμων που έπνεαν από βόρειες διευθύνσεις, με θερμοκρασίες 10-15°C και κατά τους αρχικούς μήνες του έτους και β) ανέμων από νότιες-νοτιοανατολικές διευθύνσεις, με χαμηλότερες θερμοκρασίες μεταξύ -2°C και 2°C και προς το τέλος του

έτους. Και οι δύο περιπτώσεις συνδυάζονταν με χαμηλές εντάσεις ανέμων και ανομβρία έως ήπιες βροχοπτώσεις.

8.1.2 DSP τοξικότητα στα μύδια

- Η παρουσία DSP τοξικότητας στα μύδια συνδεόταν σε μεγάλο βαθμό με την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων κυττάρων *Dinophysis*.
- Η συσχέτιση αυτή αφορά αποκλειστικά στην περίπτωση των «χειμερινών–εαρινών» DSP τοξικών επεισοδίων. Καμία τέτοια σύνδεση δεν παρατηρείται στην περίπτωση των «θερινών–φθινοπωρινών» DSP τοξικών επεισοδίων
- Η καταμέτρηση των τοξικών ειδών πλαγκτού στη στήλη του νερού δεν επαρκεί για την προστασία της δημόσιας υγείας αλλά πρέπει απαραίτητα να συνοδεύεται από εξετάσεις στα οστρακοειδή για την παρουσία DSP βιοτοξινών. Το τελευταίο αυτό γεγονός επιβεβαιώνει την άποψη ότι για την ορθή εφαρμογή και αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων παρακολούθησης των DSP τοξικών επεισοδίων.
- Η ενσωμάτωση των τοξικών βενθικών δινοφυκών στον κατάλογο των επικίνδυνων για τη δημόσια υγεία οργανισμών, αλλά και η ένταξή τους στα προγράμματα παρακολούθησης των δυνητικά τοξικών μικροφυκών φαίνεται ότι είναι πλέον απαραίτητη και χρήζει σχετικής νομοθετικής ρύθμισης, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Στις περισσότερες ζώνες παραγωγής το έτος με τη μεγαλύτερη ένταση και διάρκεια της DSP τοξικότητας στα μύδια ήταν το 2004, ακολουθούμενο από το έτος 2007, ενώ αντίθετα το 2005 θεωρείται το έτος με την ασθενέστερη εμφάνιση της DSP τοξικότητας στα μύδια.
- Πιο επιβαρημένες, από την άποψη της DSP τοξικότητας στα μύδια, θεωρούνται οι ζώνες παραγωγής που εντοπίζονται στο Θερμαϊκό και στο Σαρωνικό κόλπο, ενώ οι ζώνες παραγωγής της Καβάλας και της Φθιώτιδας φαίνεται να εμφανίζουν ηπιότερα σε ένταση και διάρκεια DSP τοξικά επεισόδια.

8.1.3 Χρονική κατανομή των υγειονομικών μέτρων

Η συγκεντρωτική αποτύπωση της χρονικής κατανομής των υγειονομικών μέτρων που λήφθηκαν εξαιτίας υπέρβασης των ορίων αφθονίας του *Dinophysis* spp. ή/και λόγω παρουσίας DSP τοξικότητας στα μύδια στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας και των ετών της παρούσας μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 8.1.

Πίνακας 8.1. Συνολική αποτύπωση των υγειονομικών μέτρων που λήφθηκαν στις ζώνες παραγωγής της μελέτης κατά το χρονικό διάστημα 2003-2008, ανά 15ήμερο του έτους.

	1. Υγειονομικά μέτρα για DSP (επεισόδια από <i>Dinophysis</i> spp.– χειμερινό/εαρινό)
	2. Υγειονομικά μέτρα για DSP (επεισόδια από βενθικά μικροφύκη – θερινό/φθινοπωρινό)
	3. Αλληλοκάλυψη περιόδων υγειονομικών μέτρων 1 & 2
	4. Περίοδος στην οποία δεν έχουν ληφθεί ποτέ υγειονομικά μέτρα για DSP κατά τα έτη 2003-2008

Νομαρχία	Σημείο δειγματοληψίας	ΙΑΝ		ΦΕΒ		ΜΑΡ		ΑΠΡ		ΜΑΪ		ΙΟΝ		ΙΟΛ		ΑΥΓ		ΣΕΠ		ΟΚΤ		ΝΟΕ		ΔΕΚ	
		11	12	21	22	31	32	41	42	51	52	61	62	71	72	81	82	91	92	101	102	111	112	121	122
Δυτ. Αττική	Δρέπανο																								
	Νεράκι																								
Ημαθία	H10 (HA)																								
	H40 (HB)																								
	Π48 (Ηπασ.)																								
Θεσσαλονίκη	M6 (Θ6)																								
	M5 (Θ5)																								
	M4-5 (Θ4-5)																								
	M7 (HA/Θ7)																								
	M14 (Θ14)																								
M15 (Θ15)																									
Καβάλα	Αγίασμα																								
	Βάσοβα																								
	Κεραμωτή																								
	Νέα Ηρακλείτσα																								
Περία	Αθερίδα (I)																								
	Μακρύγιαλος Α (IIA)																								
	Μακρύγιαλος Β (IIB)																								
	Μεθώνη Α (IIIA)																								
	Μεθώνη Β (IIIB)																								
Βαρικό (IV)																									
Πρέβεζα	Κορωνησία																								
	Μάζωμα																								
	Σόγωνο																								
Φθιώτιδα	Αγ. Ιωάννης Στυλίδας																								
	Αγ. Τριάδα																								
	Μώλος																								

Όπως είναι εμφανές, η χρονική εντόπιση των DSP τοξικών επεισοδίων κατά τη διάρκεια του έτους στη χρονική περίοδο 2003-2008 και στα σημεία δειγματοληψίας που συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα μελέτη, παρουσιάζει κατά περιοχή χαρακτηριστικές ιδιαιτερότητες. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι:

α) Ζώνες παραγωγής νομαρχίας Δυτικής Αττικής: παρουσιάζουν τόσο «χειμερινά–εαρινά» όσο και «θερινά–φθινοπωρινά» DSP τοξικά επεισόδια. Στο χρονικό διάστημα της μελέτης δεν έχουν ληφθεί ποτέ υγειονομικά μέτρα κατά τους μήνες Μάιο έως Ιούλιο.

β) Ζώνες παραγωγής νομαρχίας Θεσσαλονίκης: παρατηρούνται δύο διακριτές τάσεις ανάλογα με τη γεωγραφική εντόπισή τους. Στα σημεία δειγματοληψίας που βρίσκονται στη δυτική πλευρά του κόλπου της Θεσσαλονίκης και του Θερμαϊκού κόλπου (M6, M5, M4-5 και M7) δεν έχουν καταγραφεί ποτέ «θερινά–φθινοπωρινά» DSP τοξικά επεισόδια και δεν έχουν ληφθεί υγειονομικά μέτρα μεταξύ των μηνών Ιουλίου–Οκτωβρίου, με μία εξαίρεση μόνο στο σημείο Καβούρα (M6) στο δεύτερο 15ήμερο του Ιουλίου. Η κατάσταση διαφοροποιείται αρκετά στα σημεία δειγματοληψίας που εντοπίζονται στο ανατολικό τμήμα του κόλπου της Θεσσαλονίκης και του Θερμαϊκού κόλπου (M14 και M15), στα οποία παρατηρούνται τόσο «χειμερινά–εαρινά» όσο και «θερινά–φθινοπωρινά» DSP τοξικά επεισόδια. Τα υγειονομικά μέτρα που έχουν ληφθεί κατανέμονται σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του έτους στο σημείο Αγγελοχώρι (M14) με μόνη εξαίρεση το δεύτερο 15ήμερο του Ιουνίου, ενώ στο σημείο Επανωμή (M15) υπήρξαν περίοδοι χωρίς καθόλου λήψη υγειονομικών μέτρων στους μήνες Ιούλιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο.

γ) Ζώνες παραγωγής νομαρχίας Πιερίας: Η χρονική εντόπιση των υγειονομικών μέτρων εμφανίζει εικόνα, κατά το μάλλον ή ήττον, παρόμοια με αυτή των ζωνών παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης που βρίσκονται στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου, χωρίς καμία καταγραφή «θερινών–φθινοπωρινών» DSP τοξικών επεισοδίων. Στο χρονικό διάστημα της μελέτης, στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας δεν έχουν ληφθεί υγειονομικά μέτρα μεταξύ δευτέρου 15ήμερου του Ιουλίου και πρώτου 15ήμερου του Νοεμβρίου, ενώ κατά μεμονωμένο σημείο οι χρονικές περίοδοι που ήταν ελεύθερες υγειονομικών μέτρων μπορεί να είναι και πιο εκτεταμένες.

δ) Ζώνες παραγωγής νομαρχίας Ημαθίας: Η εικόνα που εμφανίζουν ως προς τη χρονική εντόπιση των υγειονομικών μέτρων προσομοιάζει με αυτές των ζωνών παραγωγής της νομαρχίας Θεσσαλονίκης που βρίσκονται στο δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου και των ζωνών παραγωγής της νομαρχίας Πιερίας, χωρίς καμία καταγραφή «θερινών–φθινοπωρινών» DSP τοξικών επεισοδίων. Δεν έχει σημειωθεί καμία λήψη υγειονομικών μέτρων κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης μεταξύ δεύτερου 15ήμερου του Ιουλίου και πρώτου 15ήμερου του Δεκεμβρίου.

ε) Ζώνες παραγωγής νομαρχίας Καβάλας: Εμφανίζεται εντελώς αντιδιαμετρική εικόνα με αυτή των προηγούμενων ζωνών παραγωγής ως προς τη χρονική εντόπιση των υγειονομικών μέτρων. Τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφονται είναι σχεδόν αποκλειστικά «θερινά–φθινοπωρινά». Στα σημεία που εντοπίζονται στον κόλπο της Κεραμωτής (Κεραμωτή, Αγίασμα και Βάσοβα), δεν έχουν ληφθεί υγειονομικά μέτρα μεταξύ δεύτερου 15ήμερου του Ιανουαρίου και πρώτου 15ήμερου του Μαΐου καθώς και κατά το δεύτερο 15ήμερο του Ιουνίου. Η κατάσταση διαφοροποιείται κάπως στη ζώνη παραγωγής της Νέας Ηρακλείτσας, που βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του κόλπου της Καβάλας, όπου η χρονική διάρκεια ισχύος των υγειονομικών μέτρων ήταν γενικά πιο παρατεταμένη, με σταθερά ελεύθερη υγειονομικών μέτρων τη χρονική περίοδο μεταξύ Μαρτίου και Ιουνίου.

στ) Ζώνες παραγωγής νομαρχίας Φθιώτιδας: Τα DSP τοξικά επεισόδια που καταγράφηκαν είναι τόσο «χειμερινά–εαρινά» όσο και «θερινά–φθινοπωρινά», με βραχύτερες σχετικά διάρκειες σε σύγκριση με αυτά των περιοχών του Θερμαϊκού και του Σαρωνικού κόλπου. Στο χρονικό διάστημα της μελέτης, και στις τρεις ζώνες παραγωγής δεν έχουν ληφθεί υγειονομικά μέτρα από τις αρχές Δεκεμβρίου έως και το πρώτο 15ήμερο του Ιανουαρίου, καθώς και από τα μέσα Φεβρουαρίου έως και τα μέσα Απριλίου, ενώ κατά μεμονωμένη ζώνη παραγωγής οι ελεύθερες υγειονομικών μέτρων χρονικές περίοδοι είναι και πιο μακροχρόνιες.

ζ) Ζώνες παραγωγής νομαρχίας Πρεβέζης: Κατά τα έτη 2003-2008, η χρονική εντόπιση της ισχύος των υγειονομικών μέτρων αφορούσε στο διάστημα μεταξύ Φεβρουαρίου και δεύτερου 15ημέρου του Μαΐου, χωρίς καμία καταγραφή «θερινών–φθινοπωρινών» DSP τοξικών επεισοδίων. Μολονότι, στην υπόλοιπη διάρκεια του έτους δεν έχει λάβει χώρα λήψη υγειονομικών μέτρων στο χρονικό διάστημα της μελέτης,

τονίζεται ότι τα υπάρχοντα δεδομένα για αυτές τις ζώνες παραγωγής είναι απλώς ενδεικτικά και μη επαρκή, διότι οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνταν σποραδικά χωρίς να τηρείται απρόσκοπτα ο εβδομαδιαίος προγραμματισμός τους.

8.2 Προτάσεις

Η δυνατότητα πρόβλεψης της χρονικής εμφάνισης των τοξικών επεισοδίων σε συνδυασμό με τα ιστορικά στοιχεία που είναι διαθέσιμα για κάθε ζώνη παραγωγής μπορούν να αποτελέσουν μια εναλλακτική προσέγγιση για την οικονομικότερη διαχείριση της παραγωγής, διακίνησης και εμπορίας των μυδιών. Η προσέγγιση αυτή βέβαια είναι εφαρμόσιμη στο βαθμό που μπορεί να συνδυαστεί με το βιολογικό κύκλο των μυδιών, δηλαδή εφόσον είναι εφικτή η σύμπτωση των περιόδων που προβλέπεται να είναι ελεύθερες υγειονομικών μέτρων με στάδια ανάπτυξης στα οποία τα μύδια βρίσκονται σε εμπορεύσιμο μέγεθος.

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 8.1 και από τα αναφερθέντα στο προηγούμενο κεφάλαιο (§ 8.1.3) για κάθε νομαρχία, ζώνη παραγωγής ή/και μεμονωμένο σημείο δειγματοληψίας και με βάση τα δεδομένα έξι διαδοχικών ετών (2003-2008) του προγράμματος παρακολούθησης του ΥΠΑΑΤ, υφίστανται χρονικές περιόδους κατά τις οποίες δεν έχουν ληφθεί ποτέ υγειονομικά μέτρα για λιπόφιλες τοξίνες (DSP), ανεξαρτήτως της έντασης των τοξικών επεισοδίων του κάθε επιμέρους έτους. Οι «ιδανικές» αυτές περιόδους θα μπορούσαν να λαμβάνονται υπ' όψιν στις διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας για την ορθολογικότερη δυνατή διαχείριση και το βέλτιστο και αποτελεσματικό προγραμματισμό, τόσο της ίδιας της παραγωγής των μυδοκαλλιεργειών, όσο και της εμπορικής διάθεσης των μυδιών τους.

Σε ότι αφορά στη συνεισφορά των κλιματολογικών παραμέτρων στη διαμόρφωση των DSP τοξικών επεισοδίων, και έχοντας ως βάση την επίδρασή τους στην ανάπτυξη του *Dinophysis* spp., μπορεί να επιχειρηθεί μια «πρόβλεψη» της δυνατότητας εμφάνισης DSP τοξικού επεισοδίου, για την περίπτωση φυσικά των «χειμερινών–εαρινών» επεισοδίων που συνδέονται με την παρουσία του τοξικού αυτού γένους. Ο πιθανότερος συνδυασμός κλιματολογικών παραμέτρων για την εκδήλωση των επεισοδίων αυτών θεωρείται όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος κυμαίνεται μεταξύ 0-20°C, με πιο σημαντικό το εύρος των 10-20°C, με ανομβρία ή χαμηλής έντασης βροχόπτωση και

νηγεμία ή ανέμους ήπιων εντάσεων που πνέουν κυρίως από βόρειες και νότιες διευθύνσεις, στην αντίστοιχη βέβαια χρονική περίοδο για κάθε περιοχή. Προφανώς, η όποια δυνατότητα «πρόβλεψης» είναι βραχυπρόθεσμη, λόγω της ευμεταβλητότητας των κλιματολογικών παραμέτρων και της μη ύπαρξης οποιουδήποτε ελέγχου ως προς την εμφάνισή τους.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αποτελούν την απαρχή για τη διαχείριση της παραγωγής των μυδοκαλλιιεργειών και τον προγραμματισμό της διακίνησης και εμπορίας των μυδιών με γνώμονα την πιθανότητα εμφάνισης των DSP τοξικών επεισοδίων σε κάθε περιοχή. Περαιτέρω μελέτες και ενέργειες που θα μπορούσαν να συνδράμουν προς αυτή την κατεύθυνση αποτελούν:

- Η ολοκληρωμένη εκτίμηση κινδύνου (risk assessment) στις επιμέρους περιοχές παραγωγής της Ελλάδας που θα λαμβάνει υπόψη τόσο την εκδήλωση των DSP τοξικών επεισοδίων όσο και την ύπαρξη ή όχι δυνατότητας εμπορίας των μυδιών και θα βασίζεται σε πραγματικά οικονομικά στοιχεία (κύκλος εργασιών, κέρδη, ζημίες) που προκύπτουν από τη συνολική διαχείριση της μυδοκαλλιιεργειας.
- Η εξαγωγή μαθηματικών μοντέλων σχετικά με την πιθανότητα εμφάνισης των DSP τοξικών επεισοδίων με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα από το πρόγραμμα παρακολούθησης του ΥΠΑΑΤ για τις θαλάσσιες βιοτοξίνες σε συνδυασμό με τα δεδομένα των κλιματολογικών παραμέτρων. Η σταδιακή προσθήκη δεδομένων των επιπλέον ετών παρακολούθησης θα ενισχύει συνεχώς την εγκυρότητα των μοντέλων αυτών.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

9.1 Ξενόγλωσση

- Aligizaki K., Nikolaidis, G., Katikou, P., Baxevanis, A.D. and Abatzopoulos, T.J. (2009).** Potentially toxic epiphytic *Prorocentrum* (Dinophyceae) species in Greek coastal waters. *Harmful Algae*, 8, 299-311.
- American Meteorological Society (2009).** Glossary of Meteorology: Precipitation. <http://amsglossary.allenpress.com/glossary/search?id=precipitation1>. Retrieved 2009-01-02.
- Andersen, P., Hald, B. and Emsholm, H. (1996).** Toxicity of *Dinophysis acuminata* in Danish coastal waters. In: Yasumoto, T., Oshima, Y. and Fukuyo, Y (Eds.), Harmful and Toxic Algal Blooms, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, pp., 281-283.
- Anderson, D.M. (1989).** Toxic algal blooms and red tides: A global perspective. In: Okaichi, T., Anderson, D.M. and Nemoto, T. (Eds.), Red Tides: Biology, Environmental Science and Technology, Elsevier Science Inc., New York, pp. 11-16.
- Anderson, D.M., Fukuyo, Y. and Mitsuoka, K. (1995).** Cyst methodologies. In: Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. and Cembella, A.D. (Eds.), Manual on Harmful Marine Microalgae, Manuals and Guides, 33, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, pp. 229-249.
- Athanassopoulos, G. (1931).** Microfaune du golfe de Salonique, etc. *Bulletin de L'Institute Oceanographique*, 588, 1-24.
- Aune, T. and Yndestad, M. (1993).** Chapter 5. Diarrhetic shellfish poisoning. In: Falconer, I.R. (Ed), Algal Toxins in Seafood and Drinking Water, Academic Press, London, UK, pp. 87-104.
- Baden, D., Fleming, L.E. and Bean, J.A. (1995).** Marine toxins. In: Handbook of Clinical Neurology: Intoxications of the Nervous System: Part H. Natural Toxins and Drugs (DeWolf FA, ed). Amsterdam: Elsevier Press, 141–175.
- Balopoulos, E.T. and Friligos, N.C. (1993).** Water circulation and eutrophication in the northwestern Aegean Sea: Thermaikos Gulf. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 28(6), 1311-1329.
- Bauder, A.G., Cembella, A.D. and Quilliam, M.A. (1996).** Dynamics of the diarrhetic shellfish toxins from the dinoflagellates *Prorocentrum lima*, in the bay scallop, *Argopecten irradians*. In: Yasumoto, T., Oshima, Y., and Fukuyo, Y. (Eds.), Harmful and Toxic Algal Blooms, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 433-436.
- Bauder, A.G., Cembella, A.D., Bricelj, V.M. and Quilliam, M.A. (2001).** Uptake and fate of diarrhetic shellfish poisoning toxins from the dinoflagellate *Prorocentrum lima* in the bay scallop *Argopecten irradians*. *Marine Ecology Progress Series*, 213, 39-52.
- Berthomé, J.-P. and Beline, C. (1988).** Bilan des perturbations phytoplanctoniques observées sur les côtes françaises en 1985. Nantes: I.F.R.E.MER.
- Bernardi Aubry, F., Berton, A., Bastianini, M., Bertaggia, R., Baroni, R. and Socal, G. (2000).** Seasonal dynamics of *Dinophysis* in coastal waters of the NW Adriatic Sea (1990-1996). *Botanica Marina*, 43, 423-430.
- Blanco, J., Fernández, M.L., Mariño, J., Reguera, B., Míguez, A. and Maneiro, J. (1995).** From *Dinophysis* spp. toxicity to DSP outbreaks: A preliminary model of toxin accumulation in mussels. In: Lassus, P., Arzul, G., Erard-Le Denn, E.,

- Gentien, P. and Marcaillou-Le Baut, C. (Eds.), Harmful Marine Algal Blooms, Lavoisier Intercept Ltd., Paris, pp. 777-782.
- Blanco, J., Moroño, A., Pazos, Y., Maneiro, J. and Mariño, J. (1998).** Trends and variations of the abundance of main PSP and DSP producing species in the Galician Rías: Environmental and biological influences. In: Reguera, B., Blanco, J., Fernandez, M.L. and Wyatt, T. (Eds.). Harmful algae. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. pp. 204–207.
- Blanco, J., Fernández, M.L., Míguez, A. and Moroño, A. (1999).** Okadaic acid depuration in the mussel *Mytilus galloprovincialis*: one- and two-compartment models and the effect of environmental conditions *Marine Ecology Progress Series*, 176, 153-163.
- Bulgakov, N.G. and Levich, A.P. (1999).** The nitrogen:phosphorus ratio as a factor regulating phytoplankton community structure. *Archiv für hydrobiologie*, 146, 3-22.
- Cabrini, M., Cataletto, B., Ganis, P., Pecchiar, I. and Fonda Umani S. (1995).** Relationships between toxic phytoplankton and environmental factors in the Gulf of Trieste: multifactorial analysis. In: Lassus, P., Arzul, G., Erard-Le Denn, E., Gentien, P., Marcaillou-Le Baut, C. (Eds.). Harmful Marine Algal Blooms. Lavoisier Intercept Ltd., Paris, pp. 139–144.
- Cadée, G.C. (1986).** Increasing phytoplankton primary production in the Marsdiep area (western Dutch Wadden Sea). *Netherlands Journal of Sea Research*, 20, 285-290.
- Carrick, H.J., Aldridge, F.J. and Schelske, C.L. (1993).** Wind influences phytoplankton biomass and composition in a shallow, productive lake. *Limnology and Oceanography*, 38(6), 1179-1192.
- Caroppo, C. (2001).** Autoecology and morphological variability of *Dinophysis sacculus* (Dinophyceae: Dinophysiaceae) in a Mediterranean lagoon. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81, 11-21.
- Cembella, A.D. (1989).** Occurrence of okadaic acid, a major diarrhetic shellfish toxin, in natural populations of *Dinophysis* spp. from the eastern coast of North America. *Journal of Applied Phycology*, 1, 307-310.
- Crawford, D.W. and Lindholm, T. (1997).** Some observations on vertical distribution and migration of the phototrophic ciliate *Mesodinium rubrum* (= *Myrionecta rubra*) in a stratified brackish inlet. *Aquatic Microbial Ecology*, 13, 267-274.
- Croci, L., Toti, L., De Medici, D. and Cozzi, L. (1994).** Diarrhetic shellfish poison in mussels: Comparison of methods of detection and determination of the effectiveness of depuration. *International Journal of Food Microbiology*, 24, 337-342.
- Dale, B. and Yentsch, C.M. (1978).** Red tide and paralytic shellfish poisoning. *Oceanus*, 21(3), 41-49.
- Dahl, E., Aune, T. and Aase, B. (1996).** Reddish water due to mass occurrence of *Dinophysis* spp. In: Yasumoto, T., Oshima, Y. and Fukuyo, Y. (Eds.), Harmful and Toxic Algal Blooms, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 265-272.
- Dahl, E. and Johannessen, T. (2001).** Relationship between occurrence of *Dinophysis* species (Dinophyceae) and shellfish toxicity. *Phycologia*, 40, 223-227.

- Daranas, A.H., Norte, M. and Fernández, J.J. (2001).** Toxic marine microalgae. *Toxicon*, 39, 1101-1132.
- Delmas, B., Gelfi, J., Sjostrom, H., Noren, O. and Laude, H. (1993).** Further characterization of aminopeptidase-N as a receptor for coronaviruses. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 342, 293-298.
- Dolapsakis, N.P., Tzovenis, I., Kantourou, P., Bitis, I. and Economou-Amilli, A. (2008).** Potentially harmful microalgae from lagoons of the NW Ionian Sea, Greece. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 9, 89 – 95.
- Dolmer, P. (1998).** The interaction between bed structure of *Mytilus edulis* L. and the predator *Asterias rubens* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 228, 137–150.
- Economou, V., Papadopoulou, C., Brett, M., Kansouzidou, A., Charalabopoulos, K., Filioussis, G. and Seferiadis, K. (2007).** Diarrheic shellfish poisoning due to toxic mussel consumption: The first recorded outbreak in Greece. *Food Additives and Contaminants*, 24(3), 297-305.
- Edebo, L., Lange, S., Li, X.P., Allenmark, S., Lindgren, K. and Thompson, R. (1988).** Seasonal, geographical and individual variation of okadaic acid content in cultivated mussels in Sweden. *Acta Pathologica, Microbiologica et Immunologica Scandinavica*, 96(11), 1036-1042.
- EFSA (2008).** Marine biotoxins in shellfish – okadaic acid and analogues. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *The EFSA Journal*, 589, 1-62.
- Ehrenberg, C.G. (1839).** Uber noch jetzt zahlreich lebende Thierarten der Kreidebildung und den Organismus der Polythalamien. Abhandlung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, pp. 81-174.
- Emsholm, H., Andersen, P. and Hald, B. (1996).** Results of the Danish monitoring programme on toxic algae and algal toxins in relation to the mussel fisheries 1991-1994. In: Yasumoto, T., Oshima, Y. and Fukuyo, Y. (Eds), Harmful & Toxic Algal Blooms. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 15-18.
- Environmental Protection Agency (2000).** Chapter 6: Meteorological data processing. In: Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards, February 2000.
- Escalera L., Reguera B., Moita T., Pazos Y., Cerejo M., Cabanas J. and Ruiz-Villarreal M. (2010).** Bloom dynamics of *Dinophysis acuta* in an upwelling system: *In situ* growth versus transport. *Harmful Algae*, 9, 312-322.
- Estrada, M. and Berdalet, E. (1997).** Phytoplankton in a turbulent world. In: C. Marrasé, E. Saiz and J. M. Redondo (eds.): Lectures on plankton and turbulence. *Scientia Marina*, 61(Suppl.1), 125-140.
- EUROHAB (1998).** Field studies of physical-biological interactions. In: Granéli, E., Codd, G.A., Dale, B., Lipiatou, E., Maestrini, S.Y. and Rosenthal, H. (Eds.). Harmful Algal Blooms in European Marine and Brackish Waters. European Commission Directorate General Science, Research and Development. 93 pp.
- FAO (2004).** Marine Biotoxins. FAO Food and Nutrition Paper 80. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 280 pp.
- Fernández, M.L., Míguez, A., Moroño, A., Cacho, E., Martínez, A. and Blanco, J. (1998).** Detoxification of low polarity toxins (DTX3) from mussels *Mytilus galloprovincialis* in Spain. In B., Reguera, J., Blanco, M.L., Fernández and T.

- Wyatt (Eds.) Harmful Algae, Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, Santiago de Compostela, pp. 449-452.
- Fernández, M.L., Reguera, B., Ramilo, I. and Martínez, A. (2001).** Toxins of *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* and *D. caudata* from the Galician Rias Bajas. In: Hallegraeff, G.M., Blackburn, S.I., Bolch, C.J. and Lewis, R.J. (Eds.), Harmful Algal Blooms 2000, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 360-363.
- France J. and Mozetič P. (2006).** Ecological characterization of toxic phytoplankton species (*Dinophysis* spp., Dinophyceae) in Slovenian mariculture areas (Gulf of Trieste, Adriatic Sea) and the implications for monitoring, *Marine Pollution Bulletin*, 52 (11), 1504-1516.
- Gestal-Otero, J.J. (2000).** The epidemiological impact of toxic episodes. Nonneurotoxic toxins. In Botana, L.M. (Ed.) Seafood and Freshwater Toxins, Marcel Dekker, Inc., New York. pp.45-64.
- Godhe, A., Svensson, S. and Rehnstam-Holm, A.-S. (2002).** Oceanographic settings explain fluctuations in *Dinophysis* spp. and concentrations of diarrhetic shellfish toxin in the plankton community within a mussel farm area on the Swedish west coast. *Marine Ecology Progress Series*, 240, 71–83.
- González, J.C., Fontal, O.I., Vieytes, M.R., Vieites, J.M. and Botana, L.M. (2002).** Basis for a new procedure to eliminate diarrhetic shellfish toxins from a contaminated matrix. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 400-405.
- Gosling, E.M. (1992).** Systematics and geographic distribution of *Mytilus*. In: Gosling, E., (ed) The Mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture. Elsevier, Amsterdam, Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 25, 1-20.
- Granéli, E. and Carlsson, P. (1998).** The ecological significance of phagotrophy in photosynthetic flagellates. In: Anderson, D.M., Cembella, A.D. and Hallegraeff, G.M. (Eds). Physiological ecology of harmful algal blooms, Springer, Berlin, pp. 539-557.
- Haamer, J., Andersson, P.O., Lange, S., Li, X.P. and Edebo, L. (1990).** Effects of transplantation and reimmersion of mussels *Mytilus edulis* Linnaeus, 1728, on their contents of okadaic acid. *Journal of Shellfish Research*, 9, 109-112.
- Hallegraeff, G.M. (1993).** A review of algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2), 79–93.
- Hallegraeff, G.M. (1995).** 1. Harmful algal blooms: A global overview. In: Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. and Cembella, A.D. (Eds.), Manual on Harmful Marine Microalgae, Manuals and Guides, 33, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, pp. 365-371.
- Hallegraeff, G.M. (2003).** Harmful algal blooms: A global overview. In: Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. and Cembella, A.D. (Eds.), Manual on Harmful Marine Microalgae, UNESCO Publishing, Paris, pp. 25-49.
- Hallegraeff, G.M. and Lucas, I.A.N. (1988).** The marine dinoflagellate genus *Dinophysis* (Dinophyceae): photosynthetic, neritic and non-photosynthetic, oceanic species. *Phycologia*, 27(1), 25-42.
- Hamano, Y., Kinoshita, Y. and Yasumoto, T. (1986).** Enteropathogenicity of diarrhetic shellfish toxins in intestinal models. *Journal of Food Hygiene Society of Japan*, 27, 375-379.
- Hasle, G.R. (1950).** Phototactic vertical migration in marine dinoflagellates. *Oikos*, 2: 162-175.

- Hays, G.C., Richardson, A. J. and Robinson, C. (2005).** Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(6), 337-343.
- Hodgkiss, I.J. and Ho, K.C. (1997).** Are changes in N:P ratios in coastal waters the key to increased red tide blooms? *Hydrobiologia*, 352, 141-147.
- Holmes, M.J., Teo, S.L.M., Lee, F.C. and Khoo, H.W. (1999).** Persistent low concentrations of diarrhetic shellfish toxins in green mussels *Perna viridis* from the Johor Strait, Singapore: First record of diarrhetic shellfish toxins from South-East Asia. *Marine Ecology Progress Series*, 181, 257-268.
- Hoshiai, G., Chiba, M. and Onodera, T. (1996).** Kaidoku seibun-yudoku plankton tou monitoring jigyo houkokusho (Report of monitoring project on shellfish toxins and harmful plankton). Kesennuma Miyagi Prefectural Fisheries Experimental Station, 37 pp. (in Japanese).
- Hu, T., Marr, J., De Freitas, A.S.W., Quilliam, M.A., Walter, J.A., Wright, J.L.C. and Pleasance, S. (1992).** New diol esters isolated from cultures of the dinoflagellates *Prorocentrum lima* and *Prorocentrum concavum*. *Journal of Natural Products*, 55, 1631-1637.
- Hyder, P., Simpson, J.H., Christopoulos, S. and Krestenitis, Y. (2002).** The seasonal cycles of stratification and circulation in the Thermaikos Gulf Region Of Freshwater Influence (ROFI), north-west Aegean. *Continental Shelf Research*, 22, 2573-2597.
- Johansson, N., Granéli, E., Yasumoto, T., Carlsson, P. and Legrand, C. (1996).** Toxin production by *Dinophysis acuminata* and *D. acuta* cells grown under nutrient sufficient and deficient conditions. In: Yasumoto, T., Oshima, Y. and Fukuyo, Y. (Eds.), Harmful and Toxic Algal Blooms, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 277-280.
- Jørgensen, E. (1923).** Mediterranean Dinophysiaceae. Report on the Danish Oceanographical Expeditions 1908-10 to the Mediterranean and adjacent Seas, 2, 1-48.
- Karageorgis, A.P. and Anagnostou, C.L. (2001)** Particulate matter spatial-temporal distribution and associated surface sediment properties: Thermaikos gulf and Sporades basin, NW Aegean Sea. *Continental Shelf Research*, 21, 2141-2153.
- Katikou, P. (2005).** The mussel in the E.U.: Mussel cultivation, processing and marketing present situation and future perspectives in Greece. II World Conference on Mussel, 12-13 September, Vigo, Spain. Organised by ANFACO-CECOPECA, pp. 165-177.
- Kjørboe, T. (1997).** Small-scale turbulence, marine snow formation, and planktivorous feeding. In: C. Marrasé, E. Saiz and J. M. Redondo (eds.): Lectures on plankton and turbulence. Scientia Marina, 61 (Suppl.1), 141-158.
- Koehn, R. K. and Gaffney, P.M. (1984).** Genetic heterozygosity and growth rate in *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 82, 1-7.
- Koike, K., Koike, K., Takagi, M., Ogata T. and Ishimaru T. (2000).** Evidence of phagotrophy in *Dinophysis fortii* (Dinophysiales, Dinophyceae), a dinoflagellate that causes diarrhetic shellfish poisoning (DSP). *Phycological Research*, 48, 121-124.
- Koike, K., Otake, H., Takagi, M., Yoshida, T., Ogata, T. and Ishimaru, T. (2001).** Recent occurrences of *Dinophysis fortii* (Dinophyceae) in the Okkirai Bay, Sanriku, Northern Japan, and related environmental factors. *Journal of Oceanography*, 57, 165-175.
- Kormas, K.A., Nicolaidou, A. and Reizopoulou, S. (2001).** Temporal variations of nutrients, chlorophyll a and particulate matter in three coastal lagoons of

- Amvrakikos Gulf (Ionian Sea, Greece). *Marine Ecology: Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli*, 22, 201-213.
- Koukaras, K. and Nikolaidis, G. (2004).** *Dinophysis* blooms in Greek coastal waters (Thermaikos Gulf, NW Aegean Sea). *Journal of Plankton Research*, 26 (4), 445-457.
- Larsen, J. and Moestrup, Ø. (1992).** Potentially toxic phytoplankton - Genus *Dinophysis* (Dinophyceae). ICES Identification Leaflets for Plankton, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, pp. 12.
- Lee, J.S., Igarashi, T., Fraga, S., Dahl, E., Hovgaard, P. and Yasumoto, T. (1989).** Determination of diarrhetic shellfish toxins in various dinoflagellate species. *Journal of Applied Phycology*, 1, 147-152.
- Lees, D.N. (2000).** Viruses and bivalve shellfish. *International Journal of Food Microbiology*, 59, 81-116.
- Lekka, E., Kagalou, I., Lazaridou-Dimitriadou, M., Albanis, T., Dakos, V., Lambropoulou, D. and Sakkas, V. (2004).** Assessment of the water and habitat quality of a Mediterranean river (Kalamas, Epirus, Hellas), in accordance with the EU Water Framework Directive. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 32, 175-188.
- Lindahl, O. (1993).** Hydrodynamical processes: a trigger and source for flagellate blooms along the Skagerrak coasts. In: Smayda, T.J. and Shimizu, Y. (Eds.), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, Elsevier, Amsterdam, pp. 775-781.
- Lindahl, O. and Andersson, B. (1996).** Environmental factors regulating the occurrence of *Dinophysis* spp. in the Koljö Fjord, Sweden. In Yasumoto, T., Oshima, Y. and Fukuyo, Y. (Eds.), *Harmful and Toxic Algal Blooms*, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 269-272.
- Louppis A., Badeka A., Katikou P., Paleologos E. and Kontominas M. (2010).** Determination of okadaic acid, dinophysistoxin-1 and related esters in Greek mussels using HPLC with fluorometric detection, LC-MS/MS and mouse bioassay. *Toxicon*, 55, 724-733.
- Madden, C. and Day, J. (1992).** Induced turbulence in rotating bottles affects phytoplankton productivity measurements in turbid waters. *Journal of Plankton Research*, 14(8): 1171-1191.
- Maestrini, S.Y. (1998).** Blooms dynamics and ecophysiology of *Dinophysis* spp. In: Anderson, D.M., Cembella, A.D. and Hallegraeff, G.M. (Eds.), *Physiological ecology of harmful algal blooms*, NATO ASI series, Series G, Ecological sciences, vol. 41, Springer-Verlag, Berlin, pp. 243-265.
- Marasigan, A.N., Sato, S., Fukuyo, Y. and Kodama, M. (2001).** Accumulation of a high level of diarrhetic shellfish toxins in the green mussel *Perna viridis* during a bloom of *Dinophysis caudata* and *Dinophysis miles* in Sapijan Bay, Panay Island, the Philippines. *Fisheries Science*, 67, 994-996.
- Marcaillou, C., Gentien, P., Lunven, M., Le Grand, J., Mondeguer, F., Danilou, M.M., Crassous, M.P. and Youenou, A. (2001).** *Dinophysis acuminata* distribution and specific toxin content in relation to mussel contamination. In: Hallegraeff, G.M., Blackburn, S.I., Bolch, C.J. and Lewis, R.J. (Eds.), *Harmful Algal Blooms 2000*, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 356-359.
- Marcaillou-Le Baut, C., Bardin, B., Bardouil, M., Bohec, M., Le Dean, L., Masselin, P. and Truquet, P. (1993).** DSP depuration rates of mussels reared in a laboratory and an aquaculture pond. In: Smayda, T.J. and Shimizu, Y. (Eds.), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, Elsevier, Amsterdam, pp. 531-535.

- Margalef, R. (1978).** Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica Acta*, 1, 493-509.
- Margalef, R. (1997).** Turbulence and marine life. In: C. Marrasé, E. Saiz and J. M. Redondo (eds.): Lectures on plankton and turbulence. *Scientia Marina*, 61 (Suppl.1), 109-123.
- Masselin, P., Lassus, P. and Bardouil, M. (1992).** High performance liquid chromatography analysis of diarrhetic toxins in *Dinophysis* spp. from the French coast. *Journal of Applied Phycology*, 4, 385-389.
- McDonald, J.H., Seed, R. and Koehn, R.K. (1990).** Taxonomy of the genus *Mytilus*. *Marine Biology*, 111, 323-333.
- McKenzie, L., Truman, P., Satake, M., Yasumoto, T., Adamson, J., Mounne, D. and White, D. (1998).** Dinoflagellate blooms and associated DSP-toxicity in shellfish in New Zealand. In: Reguera, B., Blanco, J., Fernández, M.L. and Wyatt, T. (Eds.). Harmful Algae, Proceedings of the 8th International Conference on Harmful Algae, Paris, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO and Xunta de Galicia, pp. 74-77.
- Moita, M.T. and da Silva, A.J. (2001).** Dynamics of *Dinophysis acuta*, *D. acuminata*, *D. tripos* and *Gymnodinium catenatum* during an upwelling event off the northwest coast of Portugal. In: Hallegraeff, G.M., Blackburn, S.I., Bolch, C.J. and Lewis, R.J. (Eds.), Harmful Algal Blooms 2000. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, pp. 169-172.
- Moroño, A., Fernández, M.L., Franco, J.M., Martínez, A., Reyero, I., Míguez, A., Cacho, E. and Blanco, J. (1998).** PSP and DSP detoxification kinetics in mussel, *Mytilus galloprovincialis*: Effect of environmental parameters and body weight. In: Reguera, B., Blanco, J., Fernández M.L. and Wyatt T. (Eds.). Harmful Algae, Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, Santiago de Compostela, pp. 445-448.
- Moroño, A., Arévalo, F., Fernández, M.L., Maneiro, J., Pazos, Y., Salgado, C. and Blanco, J. (2003).** Accumulation and transformation of DSP toxins in mussels *Mytilus galloprovincialis* during a toxic episode caused by *Dinophysis acuminata*. *Aquatic Toxicology*, 62, 269-280.
- Morton, S.L., Vershinin, A., Smith, L.L., Leighfield, T.A., Pankov, S. and Quilliam, M.A. (2009).** Seasonality of *Dinophysis* spp. and *Prorocentrum lima* in Black Sea phytoplankton and associated shellfish toxicity. *Harmful Algae*, 8, 629-636.
- Mouratidou, T., Kaniou-Grigoriadou, I., Samara, C. and Koumtzis, T. (2004).** Determination of okadaic acid and related toxins in Greek mussels by HPLC with fluorimetric detection. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 27(14), 2153-2166.
- Mpimpas, H., Anagnostopoulos, P. and Ganoulis, J. (2001).** Modelling of water pollution in the Thermaikos gulf with fuzzy parameters. *Ecological Modelling*, 142, 91-104.
- Murata M., Kumagai, M., Lee, J.S., and Yasumoto, T. (1987).** Isolation and structure of yessotoxin, a polyether compound implicated in diarrhetic shellfish poisoning. *Tetrahedron Letters*, 28(4), 5869-5872.
- Murata, M., Shimitami, M., Sugitani, H., Oshima, Y. and Yasumoto, T. (1982).** Isolation and structural elucidation of the causative toxin of the diarrhetic shellfish poisoning, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 48, 549-552.

- Nagai, S., Nitshitani, G., Tomaru, Y., Sakiyama, S. and Kamiyama T (2008).** Predation by the toxic dinoflagellate *Dinophysis fortii* on the ciliate *Myrionecta rubra* and observation of sequestration of ciliate chloroplasts. *Journal of Phycology*, 44, 909–922.
- Navarro, E., Iglesias, J.I.P., Perez Camacho, A., Labarta, U. and Beiras, R. (1991).** The physiological energetics of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) from different cultivation rafts in the Ria de Arosa (Galicia, N.W.Spain). *Aquaculture*, 94, 197-212.
- Nguyen, H.B., Corbett, S.W., Menes, K., Cho, T., Daugharthy, J., Klein, W. and Wittlake, W.A. (2006).** Early goal-directed therapy, corticosteroid, and recombinant human activated protein C for the treatment of severe sepsis and septic shock in the emergency department. *Academic Emergency Medicine*, 13, 109–113.
- Nikolaides, G. and Moustaka-Gouni, M. (1990).** The structure and the dynamics of phytoplankton assemblages from the inner part of Thermaikos gulf, Greece. I. Phytoplankton composition and biomass from May 1988 to April 1989. *Helgoland Marine Research*, 44, 487-501.
- Nikolaidis, G. and Moustaka-Gouni, M. (1992).** Nutrients distribution and eutrophication effects in a polluted coastal area of Thermaikos Gulf, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 1, 250-255.
- Nikolaidis, G. and Evagelopoulos, A. (1997).** Phytoplankton Blooms in Thermaikos Bay, Greece. *Harmful Algae News*, 16, 8-9.
- Nikolaidis, G., Moustaka-Gouni, M., Evagelopoulos, A., Mihalatou, H. and Pechlivanidis C. (1997).** Algal Blooms in Thermaikos Bay, Greece. 6th International Phycological Congress, Leiden, The Netherlands, 9–16 August 1997.
- Nikolaidis, G., Koukaras, K., Aligizaki, K., Heracleous, A., Kalopesa, E., Moschandreu, K., Tsolaki, E. and Mantoudis A. (2005).** Harmful microalgal episodes in Greek coastal waters. *Journal of Biological Research*, 3, 77 - 85
- Nikolaidis, N.P., Karageorgis, A.P., Kapsimalis, V., Marconis, G., Drakopoulou, P., Kontoyiannis, H., Krasakopoulou, E., Pavlidou, A. and Pagou, K. (2006).** Circulation and nutrient modeling of Thermaikos Gulf, Greece. *Journal of Marine Systems*, 60, 51– 62.
- Ninčević-Gladan, Ž., Skejić, S., Bužančić, M., Marasović, I., Arapov, J., Ujević, I., Bojanić, N., Grbec, B., Kušpilić, G. and Vidjak O. (2008).** Seasonal variability in *Dinophysis* spp. abundances and diarrhetic shellfish poisoning outbreaks along the eastern Adriatic coast. *Botanica Marina*, 51(6), 449-463
- Nishitani, G., Nagais, S., Sakiyama, S. and Kamiyama, T. (2008).** Successful cultivation of the toxic dinoflagellate *Dinophysis caudata* (Dinophyceae). *Plankton Benthos*, 3(2), 78–85
- Nybakken, J.W. (2001).** Marine Biology: An Ecological Approach (5th Edition). USA, Benjamin Cummings, San Francisco, 516 pp.
- Park, M., Kim, S., Kim, H., Myung, G., Kang, Y and Yih, W. (2006).** First successful culture of the marine dinoflagellate *Dinophysis acuminata*. *Aquatic and Microbial Ecology*, 45, 101–106.
- Paulsen, O. (1949).** Observations on dinoflagellates. In: Grøntved, J. (ed.). *Biologiske Skrifter / Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*, 6(4), 1-67.
- Petersen, J.E., Sanford, L.P. and Kemp, W.M. (1998).** Coastal plankton responses to turbulent mixing in experimental ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 171, 23-41.

- Poletti, R., Viviani, R., Casadei, C., Lucentini, L., Giannetti, L., Funari, E. and Draisci, R. (1996).** Decontamination dynamics of mussels naturally contaminated with diarrhetic toxins relocated to a basin of the Adriatic Sea. In: Yasumoto, T., Oshima, Y. and Fukuyo, Y. (Eds.), *Harmful and Toxic Algal Blooms*, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 429-432.
- Poulos, S.E., Chronis, G.T., Collins, M.B. and Lykousis, V. (2000).** Thermaikos gulf coastal system, NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air-land-ocean interactions and human activities. *Journal of Marine Systems*, 25, 47-76.
- Prassopoulou, E., Katikou, P., Georgantelis, D. and Kyritsakis A. (2009).** Detection of okadaic acid and related esters in mussels during diarrhetic shellfish poisoning (DSP) episodes in Greece using the mouse bioassay, the PP2A inhibition assay and HPLC with fluorimetric detection. *Toxicon*, 53, 214-227.
- Prins, T.C., Dankers, N. and Smaal, A.C. (1994).** Seasonal variation in the filtration rates of a semi-natural mussel bed in relation to seston composition. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 176, 69-86.
- Prins, T.C., Escaravage, V., Smaal, A.C. and Peeters, J.C.H. (1995).** Nutrient cycling and phytoplankton dynamics in relation to mussel grazing in a mesocosm experiment. *Ophelia*, 41, 289-315.
- Quilliam, M. (2003).** The role of chromatography in the hunt for red tide toxins. *Journal of Chromatography A*, 1000, 527-548.
- Quilliam, M.A. and Wright, J.L.C. (1995).** Methods for diarrhetic shellfish poisoning. In: Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. and Cembella, A.D. (Eds.), *Manual on Harmful Marine Microalgae, Manuals and Guides*, 33, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, pp. 95-111.
- Radach, G., Berg, J. and Hagmeier, E. (1990).** Long-term changes of the annual cycles of meteorological, hydrographic, nutrient and phytoplankton time series at Helgoland and at LV ELBE 1 in the German Bight. *Continental Shelf Research*, 10, 305-328.
- Raho N., Pizarro G., Escalera L., Reguera B. and Marín I. (2008).** Morphology, toxin composition and molecular analysis of *Dinophysis ovum* Schütt, a dinoflagellate of the “*Dinophysis acuminata* complex”. *Harmful Algae*, 7(6), 839-848.
- Reguera, B. (2003).** DSP outbreak caused by low concentrations of *Dinophysis* spp.: what can remote sensing do to help monitoring of these events. Workshop on Red Tide Monitoring in Asian Coastal Waters, March 10-12, 2003, Tokyo, Japan.
- Reguera, B., Bravo, I. and Fraga, S. (1995).** Autoecology and some life history stages of *Dinophysis acuta* Ehrenberg. *Journal of Plankton Research*, 17(5), 999-1015.
- Reguera, B., González-Gil, S., Williams, R., Fonda, S. and Cabrini, M. (2000).** DiCANN: A description of species: the genus *Dinophysis*. DiCANN, European grant MAST-MAS3-CT99-0188, pp. 14.
- Reguera, G., McCarthy, K.D., Mehta, T., Nicoll, J.S., Tuominen, M.T. and Lovley, D.R. (2005).** Extracellular electron transfer via microbial nanowires. *Nature*, 435, 1098-1101.
- Reizopoulou, S., Strogyloudi, E., Giannakourou, A., Pagou, K., Hatzianestis, I., Pyrgaki, C. and Granéli, E. (2008).** Okadaic acid accumulation in macrofilter

- feeders subjected to natural blooms of *Dinophysis acuminata*. *Harmful Algae* 7, 228-234.
- Reynolds, C.S. (2001).** Emergence in pelagic communities. *Scientia Marina*, 65, 5-30.
- Rodriguez-Velasco, M.L. (2008).** Toxin Monitoring Programs and Regulatory View. In: Seafood and freshwater toxins: pharmacology, physiology, and detection. 2nd edition. Botana, L.M. (ed.). CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, pp. 919-932.
- Sampayo, M.A., Alvito, P., Franca, S. and Sousa, I. (1990).** *Dinophysis* spp. toxicity and relation to accompanying species. In: Granéli, E., Sundström, B., Edler, L. and Anderson, D.M. (Eds.). Toxic Marine Phytoplankton, Elsevier, New York, pp. 215-220.
- Sasaki, K., Satake, M. and Yasumoto, T. (1997).** Identification of the absolute configuration of pectenotoxin-6, a polyether macrolide compound, by NMR spectroscopic method using chiral anisotropic reagent, phenylglycine methyl ester. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 61(10), 1783-1785.
- Sasaki, K., Wright, J.L. and Yasumoto, T. (1998).** Identification and characterization of pectenotoxin 4 and 7 as spiroketal stereoisomers of two previously reported pectenotoxins. *Journal of Organic Chemistry*, 53, 2475-2480.
- Satake, M., Tubaro, A., Lee, J.S. and Yasumoto, T. (1997).** Two new analogs of yessotoxin, homoyessotoxin and 45-hydroxyhomoyessotoxin, isolated from mussels of the Adriatic sea. *Natural Toxins*, 5, 107-110.
- Schiller, J. (1933).** Dinoflagellatae (Peridineae). In Rabenhorst, L. (ed), Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., Leipzig, pp. 617.
- Scholten, H. and Smaal, A.C. (1998).** Responses of *Mytilus edulis* L. to varying food concentrations: testing EMMY, an ecophysiological model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 219, 217-239.
- Scoging, A.C. (1991).** Illness associated with seafood. *Communicable Disease Report*, 1(11), R117-R122.
- Sidari, L., Nichetto, P., Cok, S., Sosa, S., Tubaro, A., Honsell, G. and Della Loggia, R. (1998).** Phytoplankton selection by mussels and diarrhetic shellfish poisoning. *Marine Biology*, 131, 103-111.
- Sieburth, J. M. (1979).** Sea microbes. New York, Oxford University Press.
- Silvert, W., Bricelj, M. and Cembella, A. (1998).** Dynamic modeling of PSP toxicity in the surfclam (*Spisula solidissima*). In: Reguera, B., Blanco, J., Fernandez, M.L. and Wyatt, T. (eds). Harmful Algae, Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, Santiago de Compostela, pp. 437-440.
- Smaal, A.C. and Prins, T.C. (1993).** The uptake of organic matter and the release of inorganic nutrients by bivalve suspension feeder beds. In: Dame, R.F. (ed.), Bivalve Filter Feeders in Estuarine and Coastal Ecosystem Processes. Springer, Berlin, 271-298.
- Smaal, A. and Zurburg, W. (1997).** The uptake and release of suspended and dissolved material by oysters and mussels in Marennes-Oléron Bay. *Aquatic Living Resources*, 10, 23-30.
- Smayda, T.J. (1989).** Primary production and the global epidemic of phytoplankton blooms in the sea: a linkage? In: Cosper, C.M., Bricelj, V.M. and Carpenter, E.J. (Eds). Novel phytoplankton blooms. Springer, Berlin, pp. 449-483.

- Smayda, T.J. (1990).** Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: Evidence for a global epidemic. In: Granéli, E., Sundström, B., Edler, L. and Anderson, D.M. (Eds.), *Toxic Marine Phytoplankton*, Elsevier Science Inc., New York, pp. 29-40.
- Smayda, T.J. (1997).** Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton bloom in the sea. *Limnology and Oceanography*, 42, 1137-1153.
- Smayda, T.J. and Reynolds, C.S. (2001).** Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. *Journal of Plankton Research*, 23(5), 447-461.
- Solum, I. (1962).** The taxonomy of *Dinophysis* population in Norwegian waters in view of biometric observations. *Nytt Magazin for Botanikk*, 10, 5-33.
- Soudant, P., Moal, J., Marty, Y. and Samain, J.F. (1997).** Composition of polar lipid classes in male gonads of *Pecten maximus* (L.). Effect of nutrition. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 215, 103-114.
- Sournia, A. (1986).** Atlas du phytoplankton marine. Volume 1. Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, pp. 215.
- Spatharis S., Dolapsakis N., Economou-Amilli A., Tsirtsis G. and Danielidis D. (2009).** Dynamics of potentially harmful microalgae in a confined Mediterranean Gulf - Assessing the risk of bloom formation. *Harmful Algae*, 8(5), 736-743.
- Stoecker, D.K. (1999).** Mixotrophy among dinoflagellates. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 46, 397-401.
- Suzuki, T., Ota, H. and Yamasaki, M. (1999).** Direct evidence of transformation of Dinophysistoxin-1 to 7-O-acyl-Dinophysistoxin-1 (Dinophysistoxin-3) in the scallop *Patinopecten yessoensis*. *Toxicon*, 37, 187-198.
- Svensson, S. (2003).** Depuration of okadaic acid (Diarrhetic Shellfish Toxin) in mussels, *Mytilus edulis* (Linnaeus) feeding on different quantities of non-toxic algae. *Aquaculture*, 218, 277-291.
- Swanson K., Flewelling L., Byrd M., Nunez A. and Villareal, T. (2010).** The 2008 Texas *Dinophysis ovum* bloom: Distribution and toxicity. *Harmful Algae*, 9(2), 190-199.
- Sylaios, G. and Theocharis, V. (2002).** Hydrology and nutrient enrichment at two coastal lagoon systems in northern Greece. *Water Resources Management*, 16, 171-196.
- Thomas, C. (1996).** Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc., California. 598 pp.
- Thomas, W.H. and Glibson, C.H. (1990).** Effects of small-scale turbulence on microalgae. *Journal of Applied Phycology*, 2, 71-77.
- Tibbetts, J. (1998).** Toxic Tides. *Environmental Health Perspectives*, 106, A326-A331.
- Tilstone, G.H., Miguez, B.M., Figueiras, F.G. and Fermín, E.G. (2000).** Diatom dynamics in a coastal ecosystem affected by upwelling: coupling between species succession, circulation and biogeochemical processes. *Marine Ecology Progress Series*, 205, 23-41
- Torres, J.L., Garcia, A., Prieto, E. And De Francisco, A. (1999).** Characterization of wind speed data according to wind direction. *Solar Energy*, 66(1), 57-64.

- UNESCO (1995).** Manual on Harmful Marine Microalgae. Hallegraef, G.M., Anderson, D.M. and Cembella, A.D. (Eds.), Manuals and Guides, 33, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, 551 pp.
- Utermöhl, H. (1958).** Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9, 1-38.
- Vale, P. and Sampayo, M.A.M. (2003a).** Seasonality of diarrhetic shellfish poisoning at a coastal lagoon in Portugal: rainfall patterns and folk wisdom, *Toxicon*, 41(2), 187-197.
- Vale, P. and Sampayo, M.A.M. (2003b).** Seasonality of diarrhetic shellfish poisoning in Portugal: an hint into risk assessment. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2(4), 442-448.
- Van den Hoek, C., Mann, D.G. and Jahns, H.M. (1995).** Algae: An introduction to phycology. Cambridge University Press, pp. 627.
- Van Egmond, H.P., Aune, T., Lassus, P., Speijers, G.J.A. and Waldock, M. (1993).** Paralytic and diarrhoeic shellfish poisons: occurrence in Europe, toxicity, analysis and regulation. *Journal of Natural Toxins*, 2, 41-83.
- Vaught, K.C. (1989).** A classification of the living mollusca. Edited by Abbott, R.T. and Boss, K.S. American Malacologists Inc. 195 pp.
- Velo-Suarez, L., González-Gil, S., Gentien, P., Lunven, M., Bechemin, C., Fernand, L., Raine, R. and Reguera, B. (2008).** *Thin layers of Pseudo-nitzschia* spp. and the fate of *Dinophysis acuminata* during an upwelling–downwelling cycle in a Galician Ría. *Limnology and Oceanography*, 53 1816–1834.
- Villarino, M.L., Figueiras, F.G., Jones, K.J., Alvarez-Salgado, X.A., Richard, J. and Edwards, A. (1995).** Evidence of *in situ* diel vertical migration of a red-tide microplankton species in Ria de Vigo (NW Spain). *Marine Biology*, 123, 607-617.
- Walne, P.R. (1979).** Culture of Bivalve Molluscs: 50 years experience at Conwy. The Whitefriars Press Ltd., London. 180pp.
- White, A.W. (1976).** Growth inhibition caused by turbulence in the toxic marine dinoflagellate *Gonyaulax excavate*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33, 2598-2602.
- Windust, A.J., Quilliam, M.A., Wright, J.L.C. and McLachlan, J.L. (1997).** Comparative toxicity of the diarrhetic shellfish poisons, okadaic acid, okadaic acid diol-ester and dinophysistoxin-4, to the diatom *Thalassiosira weissflogii*. *Toxicon*, 35, 1591-603.
- Yasumoto, T. and Murata, M. (1993).** Marine toxins. *Chemical Reviews*, 93, 1897-1909.
- Yasumoto, T., Oshima, Y. and Yamaguchi, M. (1978).** Occurrence of a new type of shellfish poisoning in the Tohoku District. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 44(11), 1249-1255.
- Yasumoto, T., Murata, M., Oshima, Y., Sano, M., Matsumoto, G.K. and Clardy, J. (1984).** Diarrhetic Shellfish Poisoning. In: Ragelis, E.P. (Ed), *Seafood Toxins*, American Chemical Society, Washington, D.C., pp. 207- 214.
- Yasumoto, T., Murata, M., Oshima, Y., Matsumoto, G.K. and Clardy, J. (1985).** Diarrhetic shellfish toxins. *Tetrahedron*, 41, 1019-1025.
- Zingone, A. and Enevoldsen, H.O. (2000).** The diversity of Harmful Algal Blooms: a challenge for science and management. *Ocean and Coastal Management*, 43, 725–748.

9.2 Ελληνική

- Αλιγιάκη, Κ. (2008).** Βιονομία βενθικών δινοφυκών σε παράκτιες περιοχές του Βορείου Αιγαίου με έμφαση στα τοξικά είδη. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Αντωνίου, Α. (2007).** Μελέτη της υδροδυναμικής κυκλοφορίας σε περιοχή μυδοκαλλιεργειών στην παράκτια λεκάνη της Χαλάστρας (ΒΔ Θερμαϊκός κόλπος). Πτυχιακή εργασία, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Παράρτημα Ν. Μουδανιών.
- Απόφαση ΥΠΑΑΤ 313153/20-12-2002.** Εθνικό Πρόγραμμα Επιτήρησης Ζωνών ή Περιοχών Παραγωγής Δίθυρων Μαλακίων για Παρουσία Θαλασσιών Βιοτοξινών. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.
- Απόφαση 2002/225/ΕΚ.** Απόφαση της Επιτροπής της 15ης Μαρτίου 2002 για τον καθορισμό λεπτομερών κανόνων για την εφαρμογή της Οδηγίας 91/492/ΕΟΚ του Συμβουλίου όσον αφορά τα ανώτατα όρια και τις μεθόδους ανάλυσης για ορισμένες θαλάσσιες βιοτοξίνες στα δίθυρα μαλάκια, τα εχινόδερμα, τα χιτωνόζωα και τα θαλάσσια γαστερόποδα. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, L75, 62-64.
- Απόφαση 2002/226/ΕΚ.** Απόφαση της Επιτροπής της 15ης Μαρτίου 2002 για τη θέσπιση ειδικών υγειονομικών ελέγχων σχετικά με τη συλλογή και την επεξεργασία ορισμένων δίθυρων μαλακίων με επίπεδο αμνησιακής τοξίνης των μαλακίων (ASP) που υπερβαίνει την οριακή τιμή που έχει καθοριστεί στην Οδηγία 91/492/ΕΟΚ του Συμβουλίου. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, L75, 65-66.
- Γκανούλης, Ι., Κρεσενίτης, Ι., Καραμπάς, Θ., Παπαχρήστου, Ε., Νταράκας, Ε., Ιωαννίδου, Δ., Πιπιλιάγκα, Α., Τασούλα, Κ., Χατχηνικολάου, Ι., Νικολαΐδης, Γ., Καττούλας, Μ. και Αλβανού, Α. (1991).** Ωκεανογραφικά στοιχεία και περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα αποχετευτικά έργα Θεσσαλονίκης, Β' Φάση: 1988-1991, περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ενδιάμεση και την οριστική λειτουργία των αποχετευτικών έργων. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., Διεύθυνση Υδρεύσεων-Αποχετεύσεων, σελ. 154.
- Κανονισμός 853/2004/ΕΚ.** Κανονισμός του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004 για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, L226, 22-82.
- Κανονισμός 2074/2005/ΕΚ.** Κανονισμός 2074/2005 της Επιτροπής της 5ης Δεκεμβρίου 2005 για θέσπιση μέτρων εφαρμογής για ορισμένα προϊόντα βάσει του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 853/2004 και για την οργάνωση επίσημων ελέγχων βάσει των Κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 854/2004 και (ΕΚ) αριθ. 882/2004, για την παρέκκλιση από τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 852/2004 και για τροποποίηση των Κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 853/2004 και (ΕΚ) αριθ. 854/2004. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, L338, 27-59.
- Κουκάρας, Κ. (1999).** Παρατηρήσεις στην τροφοληπτική και απεκκριτική δραστηριότητα του μυδιού *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, σε κλειστό κύκλωμα νερού. Εργασία στα πλαίσια Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Κουκάρας, Κ. (2004).** Χωρο-χρονικές μεταβολές επιβλαβών ανθήσεων ειδών του γένους *Dinophysis* Ehrenberg στο Θερμαϊκό Κόλπο. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

- Κράββα, Ν.Α. (2000).** Γενετική σύσταση και αύξηση σε πληθυσμούς του μυδιού *Mytilus galloprovincialis* στο Θερμαϊκό κόλπο. Διδακτορική Διατριβή. Α.Π.Θ.
- Μουστάκα Γούνη, Μ. (1997).** Ωκεανογραφία - Μια βιολογική προσέγγιση. Εκδόσεις EXIN, Θεσσαλονίκη.
- Νικολαΐδης, Γ., Τσέκος, Ι., Μουστάκα-Γούνη, Μ. και Τρύφων, Ε. (1995).** Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση του φυτοπλαγκτού στο Βόρειο Αιγαίο. Υπουργείο Γεωργίας, σελ. 65.
- Οδηγία 86/609/ΕΟΚ.** Οδηγία 86/609/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 24ης Νοεμβρίου 1986 για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών σχετικά με την προστασία των ζώων που χρησιμοποιούνται για πειραματικούς και άλλους επιστημονικούς σκοπούς. *Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων*, L358, 1-28.
- Οδηγία 91/492/ΕΚ.** Οδηγία 91/492/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15ης Ιουλίου 1991 για τον καθορισμό των υγειονομικών κανόνων που διέπουν την παραγωγή και τη διάθεση στην αγορά των ζώντων διθύρων μαλακίων. *Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων*, L268, 1-14.
- Οδηγία 97/61/ΕΚ.** Οδηγία 97/61/ΕΚ του Συμβουλίου της 20ης Οκτωβρίου 1997 για την τροποποίηση του παραρτήματος της Οδηγίας 91/492/ΕΟΚ περί καθορισμού των υγειονομικών κανόνων που διέπουν την παραγωγή και τη διάθεση στην αγορά ζώντων δίθυρων μαλακίων. *Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων*, L295, 35-36.
- Οικονόμου-Αμίλλη, Α. (1982).** Μελέτη πλαγκτικών δινομαστιγωτών με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, ανάλυση και αξιολόγηση συστηματικών γνωρισμάτων της θήκης. Διατριβή επί Υφηγεσία, Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 157.
- Πετρίδης, Δ. (2000).** Εφαρμοσμένη Στατιστική (με έμφαση στην επιστήμη των τροφίμων). ΟΜΗΡΟΣ Εκδοτική, Θεσσαλονίκη.
- Τσιάντας, Ν., Μουσιάδης, Χ., Μπαγιάτης, Ν. και Χατζηπαντελής, Θ. (1999).** Ανάλυση δεδομένων με τη βοήθεια στατιστικών πακέτων (SPSS, Excel, S-plus). Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.