



ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΕΙΦΟΡΟΥ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ»

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗ ΖΩΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ»

<http://agro.ihu.gr/>, <https://www.ihu.gr/>

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΤΟ ΑΡΣΕΝΙΚΟ, ΤΟ ΚΑΔΜΙΟ, Ο ΜΟΛΥΒΔΟΣ ΚΑΙ Ο ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ
ΩΣ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΙΣ ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ

ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΜΑΝΟΥ
ΓΕΩΠΟΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΑΜΠΙΔΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021

Επιβλέπων Καθηγητής

Βασίλειος Μπαμπίδης, Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Βασίλειος Μπαμπίδης, Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

Ιωάννης Μητσόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας, Διεθνές
Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

Βασιλική Κοτσάμπαση, Ερευνήτρια Β', Ινστιτούτο Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής, ΕΛΓΟ

Δήμητρα

Αφιέρωση

Η Μεταπτυχιακή Διατριβή μου αφιερώνεται στην οικογένειά μου και τους φίλους μου.

Ευχαριστίες

Θεωρώ πρωταρχικό καθήκον να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον Επιβλέποντα Καθηγητή της Μεταπτυχιακής Διατριβής μου Δρ. Βασίλειο Α. Μπαμπίδη, Καθηγητή, Τμήμα Γεωπονίας, Τομέας Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, του οποίου η καθοδήγηση, οι πολύτιμες συμβουλές και η αμέριστη συμπαράσταση υπήρξαν καταλυτικές για την πραγματοποίηση και την ολοκλήρωση αυτής της μελέτης.

Ευχαριστώ θερμά και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, το Δρ. Ιωάννη Μητσόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή, Τμήμα Γεωπονίας, Τομέας Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, και τη Δρ. Βασιλική Κοτσάμπαση, Ερευνήτρια Β΄, Ινστιτούτο Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής, ΕΛΓΟ Δήμητρα, για την υποστηρικτική στάση τους ως μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής.

Επίσης ευχαριστώ τις αγαπημένες μου φίλες Βάνα και Λίλα για την ψυχολογική τους υποστήριξη, καθώς και την οικογένειά μου.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφ.	Περιεχόμενα	Σελ.
	Αφιέρωση	5
	Ευχαριστίες	7
	Πίνακας Περιεχομένων	9
	Πρόλογος	11
	Περίληψη – Abstract	13
	Περίληψη	13
	Abstract	14
	Πίνακες	15
	Σχήματα.....	15
	Κατάλογος συντομογραφιών	16
	Εισαγωγή	17
1	Τοξικά μεταλλικά στοιχεία	19
1.1.	Ταξινόμηση βαρέων μετάλλων	19
1.2.	Πηγές μόλυνσης από βαρέα μέταλλα	20
2.	Ανεπιθύμητες ουσίες στις ζωοτροφές	23
2.1.	Αρσενικό	23
2.2.	Κάδμιο	27
2.3.	Μόλυβδος	29
2.4.	Υδράργυρος	31
3.	Επιπτώσεις των βαρέων μετάλλων στην υγεία των ζώων	35
3.1.	Αρσενικό	35
3.2.	Κάδμιο	37
3.3.	Μόλυβδος	39
3.4.	Υδράργυρος	41
4.	Ποιότητα ζωοτροφών και έλεγχος	45
5.	Παρουσία στις ζωοτροφές	51
5.1.	Αρσενικό	52
5.2.	Κάδμιο	57

5.3.	Μόλυβδος	62
5.4.	Υδράργυρος	66
6.	Κτηνοτροφικές πρακτικές που σχετίζονται με την έκθεση σε βαρέα μέταλλα ...	69
7.	Μεταφορά των μετάλλων στους ανθρώπους και συνέπειες στην υγεία τους	73
7.1.	Μεταφορά μέσω του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων	77
7.2.	Μεταφορά μέσω τροφίμων και επιπτώσεις στην υγεία	75
7.2.1.	Αρσενικό	75
7.2.2.	Κάδμιο	76
7.2.3.	Μόλυβδος	76
7.2.4.	Υδράργυρος	77
8.	Συμπεράσματα – Τρόποι πρόληψης	79
	Βιβλιογραφία	81

Πρόλογος

Η μεταπτυχιακή διατριβή αυτή εκπονήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας της Σχολής Γεωτεχνικών Επιστημών του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, στο πλαίσιο της ειδίκευσης «Συστήματα Ακριβείας στη Ζωική Παραγωγή» του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Καινοτόμα Συστήματα Αειφόρου Αγροτικής Παραγωγής».

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη, η παρουσίαση και η αξιολόγηση της ύπαρξης βαρέων μετάλλων ως ανεπιθύμητες ουσίες στις ζωοτροφές, οι επιπτώσεις που έχουν στην υγεία των παραγωγικών ζώων, καθώς και οι συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία μέσω της κατανάλωσης ζωικών προϊόντων.

Λόγω της μεγάλης εξάπλωσής τους στο περιβάλλον, δεν είναι δυνατή η μείωση της μόλυνσης από τοξικά μέταλλα σε μη ανιχνεύσιμα επίπεδα στις ζωοτροφές και στα τρόφιμα. Ωστόσο, πρέπει να καταβληθούν σημαντικές προσπάθειες για τη διατήρηση υπολειμμάτων τοξικών μετάλλων εντός αποδεκτών επιπέδων.

Η αξιολόγηση του επιπέδου μόλυνσης των γεωργικών προϊόντων και των συστατικών τροφίμων είναι σημαντική όσον αφορά τη διατήρηση επαρκούς ασφάλειας για την υγεία των συστατικών της ανθρώπινης τροφικής αλυσίδας, ειδικά σε περιοχές που έχουν μολυνθεί σημαντικά από στοιχεία κινδύνου, όπως βαρέα μέταλλα.

Η υγειονομική ποιότητα της καλλιέργειας είναι η κατάσταση της ρύπανσης του εδάφους. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να ελέγχεται το έδαφος και κατά συνέπεια οι γεωργικές καλλιέργειες σε σχέση με τα βαρέα μέταλλα, τα οποία θα μπορούσαν να φτάσουν στο τελικό προϊόν, όπως ζωοτροφές, μείγμα ζωοτροφών και έτσι να θέσουν σε κίνδυνο τα ζώα.

Δέσποινα Στυλιανή Μάνου

Σεπτέμβριος 2021

Περίληψη – Abstract

Περίληψη

Μάνου, Δ., 2021. Το αρσενικό, το κάδμιο, ο μόλυβδος και ο υδράργυρος ως ανεπιθύμητες ουσίες στις ζωοτροφές. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Ειδίκευση «Συστήματα Ακριβείας στη Ζωική Παραγωγή» του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Καινοτόμα Συστήματα Αειφόρου Αγροτικής Παραγωγής», Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος. Θεσσαλονίκη, σελ. 1–85.

Στη συγκεκριμένη εργασία αναλύονται οι αρνητικές επιπτώσεις του αρσενικού, του καδμίου, του μόλυβδου και του υδραργύρου στις ζωοτροφές, η σημασία που έχει η χημική μορφή με την οποία μπορεί να βρίσκονται τα μέταλλα, και κατά πόσο αυτή η μόλυνση μεταφέρεται στα ζώα που τα καταναλώνουν. Επίσης, γίνεται αναφορά στη μεταφορά αυτών των μετάλλων στους ανθρώπους μέσω των ζωικών προϊόντων που καταναλώνουν και στις επιπτώσεις της υγείας τους.

Τα βαρέα μέταλλα βρίσκονται ευρέως στο περιβάλλον και έχουν φυσική γεωλογική προέλευση ή είναι αποτέλεσμα βιομηχανικής δραστηριότητας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ορισμένα βαρέα μέταλλα, ειδικά το αρσενικό, το κάδμιο, ο μόλυβδος και ο υδράργυρος, είναι δυνητικά επικίνδυνα, λόγω της εγγενούς ή επιλεκτικής τοξικότητάς τους, ιδιαίτερα σε ότι αφορά στο περιβαλλοντικό πλαίσιο. Τα μέταλλα, σε αντίθεση με τις περισσότερες τοξικές οργανικές ενώσεις, δεν αποικοδομούνται και για αυτό συσσωρεύονται στο περιβάλλον. Τα ευρήματα πολλών μελετών σχετικά με την μόλυνση των ζωοτροφών από βαρέα μέταλλα έχουν επισημάνει την επιτακτική ανάγκη να διενεργούνται όλο και περισσότεροι έλεγχοι τόσο στις πρώτες ύλες, όσο και στα τελικά προϊόντα ζωοτροφών ώστε να μην ξεπερνάνε τα επιτρεπόμενα όρια.

Συμπερασματικά, προκύπτει ότι τα βαρέα μέταλλα προκαλούν ιδιαίτερα προβλήματα στην τροφική αλυσίδα και επομένως θέτουν σε κίνδυνο την υγεία των ζώων και συνεπώς και των ανθρώπων μέσω της κατανάλωσης μολυσμένων ζωικών προϊόντων.

Λέξεις κλειδιά: Αρσενικό, Κάδμιο, Μόλυβδος, Υδράργυρος, Ζώα, Ζωοτροφές, Υγεία

Abstract

Manou, D., 2021. Arsenic, cadmium, lead and mercury as undesirable substances in animal feeds. Master of Science thesis, Specialization “Precision Livestock Systems” of the Postgraduate Studies Programme “Master in Innovative Systems of Sustainable Agricultural Production”, Department of Agriculture, School of Geotechnical Sciences, International Hellenic University. Thessaloniki, Greece, pp. 1–85.

This paper analyzes the negative effects of arsenic, cadmium, lead and mercury on feed, the importance of the chemical form in which metals can be found, and whether this infection is transmitted to the animals that consume them. Reference is also made to the transport of these metals to humans through the animal products they consume and their health effects.

Heavy metals are widely found in the environment and they are of natural geological origin or the result of industrial activity and air pollution. Some heavy metals, especially arsenic, cadmium, lead and mercury, are potentially hazardous due to their inherent or selective toxicity, especially in the context of the environment. Minerals, unlike most toxic organic compounds, do not degrade and therefore accumulate in the environment. The findings of many studies on the contamination of feed with heavy metals have highlighted the urgent need to carry out more and more inspections of both raw materials and finished feed products so that they do not exceed the permissible limits.

In conclusion, it turns out that heavy metals cause particular problems in the food chain and therefore endanger the health of animals and humans through the consumption of contaminated animal products.

Keywords: Arsenic; Cadmium; Lead; Mercury; Animals; Feeds, Health

Πίνακες

Αριθμ. Πίν.	Τίτλος Πίνακα	Σελ.
Πίνακας 2.1.	Συνολικές συγκεντρώσεις αρσενικού (mg / kg DM) σε πρώτες ύλες ζωοτροφών	27
Πίνακας 2.2.	Συνολικές συγκεντρώσεις καδμίου (mg / kg DM) σε πρώτες ύλες ζωοτροφών	30
Πίνακας 2.3.	Συνολικές συγκεντρώσεις μολύβδου (mg / kg ΞΟ) σε πρώτες ύλες ζωοτροφών	32
Πίνακας 2.4.	Συνολικές συγκεντρώσεις υδραργύρου (mg / kg ΞΟ) σε πρώτες ύλες ζωοτροφών	35
Πίνακας 4.1.	Ανώτατα όρια περιεκτικότητας σε Αρσενικό, Κάδμιο, Μόλυβδο και Υδράργυρο στις ζωοτροφές	49
Πίνακας 5.1.	Περίληψη της αξιολόγησης του αρσενικού σε ζωοτροφές και πρώτες ύλες ζωοτροφών μεταξύ 2007 και 2013	55
Πίνακας 5.2.	Σύνοψη της αξιολόγησης του καδμίου σε ζωοτροφές και πρώτες ύλες ζωοτροφών μεταξύ 2007 και 2013.	60
Πίνακας 5.3.	Σύνοψη της αξιολόγησης μολύβδου στις ζωοτροφές και στις πρώτες ύλες ζωοτροφών μεταξύ 2007 και 2013.	64
Πίνακας 5.4.	Σύνοψη της αξιολόγησης του υδραργύρου σε ζωοτροφές και πρώτες ύλες ζωοτροφών μεταξύ 2007 και 2013.	68

Σχήματα

Αριθμ. Σχήμ.	Τίτλος Σχήματος	Σελ.
Σχήμ. 5.1.	Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση	54

	αρσενικού σε φύκια και υλικά ζωοτροφών που προέρχονται από φύκια 2007–13, N = 64; ML = 40 mg kg ⁻¹	
Σχήμ. 5.2.	Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση αρσενικού σε οξείδιο του ψευδαργύρου, 2007–12, N = 77; ML = 100 mg kg ⁻¹	58
Σχήμ. 5.3.	Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση αρσενικού σε ζωοτροφές ορυκτών, 2007–2013, N = 438; ML = 12 mg kg ⁻¹	59
Σχήμ. 5.4.	Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση καδμίου σε ιχθυάλευρα, N = 141, ML = 2 mg kg ⁻¹	62
Σχήμ. 5.5.	Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση καδμίου σε ζωοτροφές φυτικής προέλευσης, N = 668; ML = 1 mg kg ⁻¹	63
Σχήμ. 5.6.	Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση μολύβδου σε συμπληρωματικές ζωοτροφές ορυκτών, N = 434; ML = 15 mg kg ⁻¹	66
Σχήμ. 5.7.	Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση μολύβδου σε ιχθυάλευρα: N = 145, ML = 10 mg kg ⁻¹	67
Σχήμ. 5.8.	Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση υδραργύρου σε ιχθυάλευρα: N = 166; ML = 0.5 mg kg ⁻¹	70

Κατάλογος συντομογραφιών

ΞΟ	Ξηρή ουσία
ΣΒ	Σωματικό βάρος
ΑΟ	Ανώτατο όριο
ΝΒ	Νωπό βάρος

Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ανθρώπινη δραστηριότητα, μέσω της βιομηχανικής και γεωργικής ανάπτυξης, προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, οι οποίες συχνά οδηγούν σε μη αναστρέψιμες αλλαγές, αν και κάποια μόλυνση προέρχεται επίσης από φυσικές και γεωλογικές πηγές. Η μόλυνση του αέρα, του νερού και του εδάφους και οι βλαβερές συνέπειες για τους ζωντανούς οργανισμούς θεωρούνται σήμερα το μεγαλύτερο παγκόσμιο πρόβλημα και ως εκ τούτου η μόλυνση απειλεί τα θεμέλια της ζωής στη Γη (Toth et al., 2015).

Σήμερα, οι πιο κοινές πηγές ρύπανσης είναι τα μέσα μεταφοράς, η καύση ορυκτών καυσίμων, η μεταλλουργία, η εξορυκτική βιομηχανία, η χημική βιομηχανία και η γεωργία. Όσον αφορά τη γεωργία, η ρύπανση προκαλείται κυρίως από τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα και τα γεωργικά απόβλητα (Toth et al., 2015).

Όλα τα ορυκτά μπορούν να προκαλέσουν τοξίκωση στα ζώα, όταν καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες. Το περιθώριο ασφαλείας μεταξύ της ελάχιστης ποσότητας που απαιτείται για τη διατροφή των ζώων και της ποσότητας που προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των ζώων ποικίλλει για τα διάφορα μέταλλα, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες (Bampidis et al., 2013).

Όστόσο, υπάρχουν πολλά μεταλλικά στοιχεία που δε συμμετέχουν σε καμία γνωστή λειτουργία του σώματος των ζώων και στην πραγματικότητα είναι επιβλαβή και τοξικά. Τα τελευταία χρόνια, το περιβάλλον, τα φυτά, τα ζώα και ο άνθρωπος εκτίθενται περισσότερο από ποτέ σε υψηλά επίπεδα αυτών των τοξικών ορυκτών μετάλλων. Αυτό οφείλεται στη βιομηχανική τους χρήση, δηλαδή την καύση του άνθρακα, του φυσικού αερίου και του πετρελαίου χωρίς περιορισμό, αλλά και στην αποτέφρωση των αποβλήτων που παράγονται σε όλο τον κόσμο.

Συνεπώς, στην εποχή μας τα τοξικά βαρέα μέταλλα είναι παντού, συμμετέχουν σε όλες τις τροφικές αλυσίδες και επηρεάζουν όλους τους οργανισμούς του πλανήτη μας, αποτελώντας μια σημαντική αιτία ασθενειών, γήρανσης, καθώς και γενετικών ανωμαλιών. Όσον αφορά τις ενδεχόμενες δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των ζώων και κατά συνέπεια στην υγεία του ανθρώπου, τα βαρέα μέταλλα αρσενικού, καδμίου, μολύβδου και υδραργύρου είναι από τα στοιχεία που προκαλούν τις μεγαλύτερες ανησυχίες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μεταφέρονται εύκολα μέσω αλυσίδων τροφίμων και δεν είναι

γνωστό ότι εξυπηρετούν οποιαδήποτε ουσιαστική βιολογική λειτουργία (Bampidis et al., 2013).

Συμπερασματικά, επειδή τα βαρέα μέταλλα αρσενικό, κάδμιο, μόλυβδος και υδράργυρος προκαλούν ιδιαίτερη ανησυχία, καθώς μεταφέρονται εύκολα μέσω των αλυσίδων τροφίμων, αυτή η εργασία έχει σκοπό να αναδείξει τις αρνητικές επιπτώσεις αυτών των τοξικών ουσιών κυρίως στις ζωοτροφές. Με αυτόν τον τρόπο θα τονιστεί η σημαντικότητα ύπαρξης ανώτατων ορίων για κάθε προϊόν προς κατανάλωση των παραγωγικών ζώων, αλλά και η αναγκαιότητα συνεχών ελέγχων τήρησης αυτών των μέτρων, καθώς αυτές οι ουσίες δεν είναι γνωστό ότι εξυπηρετούν οποιαδήποτε ουσιαστική βιολογική λειτουργία (NRC 2005, López-Alonso, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΤΟΞΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Τα βαρέα μέταλλα υπάρχουν παντού στο περιβάλλον, αποτελούν μια αρκετά μεγάλη ομάδα ρυπογόνων ουσιών, οι οποίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, επιπτώσεις και πηγές προέλευσης. Είναι εξ ορισμού μέταλλα που έχουν πυκνότητες μεγαλύτερες από 5 g/ml, για παράδειγμα Fe, Cu, Pb, Cd, Hg, Ni, Zn και Mn. Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κύριες ομάδες όσον αφορά τις επιπτώσεις τους στην υγεία ανθρώπων και ζώων: βασικά, μη βασικά, λιγότερο τοξικά και εξαιρετικά τοξικά βαρέα μέταλλα. Περίπου 53 από τα 90 φυσικώς απαντώμενα στοιχεία ονομάζονται βαρέα μέταλλα και πολλά από αυτά, όπως ο Χαλκός, το Μαγνήσιο, ο Σίδηρος και ο Ψευδάργυρος, είναι απαραίτητα μικροθρεπτικά συστατικά, αλλά μπορούν να καταστούν τοξικά σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από την ποσότητα που απαιτείται για την κανονική ανάπτυξη (Kochare and Tamir, 2015).

Ταξινόμηση βαρέων μετάλλων:

Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κύριες ομάδες σχετικά με τη σημασία τους στην υγεία.

Βασικά: Χαλκός (Cu), Ψευδάργυρος (Zn), Κοβάλτιο (Co), Χρώμιο (Cr), Μαγνήσιο (Mn) και Σίδηρος (Fe).

Μη απαραίτητα: Βάριο (Ba), Αργίλιο (Al), Λίθιο (Li), Ζιρκόνιο (Zr).

Λιγότερο τοξικά: Κασσίτερος (Sn), Αργίλιο (Al).

Υψηλής τοξικότητας: Αρσενικό (As), Κάδμιο (Cd), Μόλυβδος (Pb), Υδράργυρος (Hg).

Τα βαρέα μέταλλα αποτελούν μια πολύ ετερογενή ομάδα στοιχείων που ποικίλλουν ευρέως στις χημικές τους ιδιότητες και τις βιολογικές τους λειτουργίες. Διατηρούνται στην κατηγορία περιβαλλοντικών ρύπων λόγω των τοξικών τους επιπτώσεων σε φυτά, ζώα, τρόφιμα και ανθρώπους. Μερικά από τα βαρέα μέταλλα, δηλ. Αρσενικό (As), Κάδμιο (Cd), Μόλυβδος (Pb), Υδράργυρος (Hg) είναι αθροιστικά δηλητήρια. Αυτά τα βαρέα μέταλλα είναι ανθεκτικά, συσσωρεύονται χωρίς να μεταβολίζονται σε άλλες ενδιάμεσες ενώσεις και δε διασπώνται εύκολα στο περιβάλλον (Kochare and Tamir, 2015).

1.2. ΠΗΓΕΣ ΜΟΛΥΝΣΗΣ ΑΠΟ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Φυσικά, όλα τα εδάφη περιέχουν ποικίλες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ανάλογα με τον τύπο του μητρικού υλικού από το οποίο σχηματίστηκε το έδαφος. Βαρέα μέταλλα μπορούν να προστεθούν σε βοσκοτόπους μέσω της εφαρμογής ορυκτών και οργανικών λιπασμάτων, άμεσης αφέδευσης και ούρησης από ζώα, φυτοφάρμακα, πρακτικές τροποποίησης του εδάφους (π.χ. ασβέστιο και γύψος) καθώς και μέσω ατμοσφαιρικής εναπόθεσης (ραδιονουκλεΐδια, οχήματα και βιομηχανικές εκπομπές). Η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα από κόπρανα και ούρα ποικίλλει ανάλογα με τη διατροφή των ζώων. Τα απόβλητα βοοειδών γαλακτοπαραγωγής και κρεοπαραγωγής περιέχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων όταν τα ζώα τρέφονται με συμπυκνωμένη τροφή και όχι βοσκή ή ενσίρωση. Επίσης, η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα της κοπριάς βοοειδών εξαρτάται κυρίως από τη συγκέντρωση στις ζωοτροφές. Λαμβάνοντας υπόψη τον πιθανό αντίκτυπο των βαρέων μετάλλων στη ρύπανση των βοσκοτόπων μακροπρόθεσμα, είναι σημαντικό να ποσοτικοποιηθούν οι συγκεντρώσεις μετάλλων στα λιβάδια για να ανιχνευθεί η πιθανή μακροπρόθεσμη συσσώρευση βαρέων μετάλλων, καθώς η διαθεσιμότητα μετάλλων σε φυτά είναι υψηλή, ειδικά σε τροπικές περιοχές με όξινα εδάφη (Kochare and Tamir, 2015).

Αν και διαφορετικά βαρέα μέταλλα εμφανίζουν μια σειρά διαφορετικών ιδιοτήτων και κινητικότητας στο έδαφος, οι απώλειες είναι γενικά χαμηλές και μπορεί να συμβούν μέσω της αφαίρεσης καλλιεργειών, της έκπλυσης και της διάβρωσης του εδάφους. Η μακροπρόθεσμη συσσώρευση βαρέων μετάλλων στα γεωργικά εδάφη έχει τη δυνατότητα να μειώσει την παραγωγικότητα του εδάφους αναστέλλοντας τους μικροβιακούς πληθυσμούς του εδάφους και της πανίδας και μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την υγεία των ζώων, των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων (Bampidis et al., 2013).

Η επίδραση των βαρέων μετάλλων στα εδάφη βοσκής επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και η συγκέντρωση μετάλλων στο έδαφος ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο της πηγής, την παρουσία μετάλλων στο περιβάλλον και τα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Η κατανομή και ο εντοπισμός βαρέων μετάλλων στο έδαφος διέπονται από τον τύπο των αργιλικών ορυκτών και το ποσοστό απόπλυσης οργανικής ύλης, τη διάβρωση και τις βιολογικές και μικροβιακές διεργασίες. Η κατανομή των βαρέων μετάλλων δεν είναι πανομοιότυπη σε όλη την έκταση του εδάφους, ωστόσο, τα βαρέα

μέταλλα βρίσκονται συνήθως στα 25 εκατοστά του εδάφους σε καλλιεργούμενες εκτάσεις (Kochare and Tamir, 2015).

Η ρύπανση βαρέων μετάλλων μπορεί επίσης να προέρχεται από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές. Δραστηριότητες όπως η εξόρυξη, η τήξη και η γεωργία, έχουν μολύνει εκτεταμένες περιοχές του κόσμου όπως η Ιαπωνία, η Ινδονησία και η Κίνα, κυρίως με κάδμιο, χαλκό και ψευδάργυρο, η βόρεια Ελλάδα με χαλκό και μόλυβδο και η Αυστραλία με χαλκό, μόλυβδο, νικέλιο, ψευδάργυρο και κάδμιο (Kochare and Tamir, 2015).

Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να εισέλθουν στα ζωικά προϊόντα με διάφορους τρόπους, όπως την ατμοσφαιρική εναπόθεση, τη χερσαία εφαρμογή ανόργανων λιπασμάτων, την εφαρμογή οργανικής ύλης που ανακυκλώνεται από τα λύματα, καθώς και από την εφαρμογή αγροχημικών και ζωικών λιπασμάτων. Ωστόσο, το μέγεθος αυτών των άμεσων εισροών θα καθοριστεί από πολλούς έμμεσους παράγοντες, όπως η τοποθεσία της εκμετάλλευσης και η χρήση εισαγόμενων ζωοτροφών και λιπασμάτων. Στο σώμα των ζώων, τα μέταλλα εισέρχονται μέσω ζωοτροφών, ενσιρωμάτων, πόσιμου νερού και φαρμακευτικών προϊόντων. Άλλες πηγές είναι η τυχαία πρόσβαση σε ασβέστη, συμπληρώματα ορυκτών με υψηλή περιεκτικότητα ιχνοστοιχείων και διέλευση της γλώσσας σε βαμμένες επιφάνειες που περιέχουν μεταλλικές χρωστικές (Kochare and Tamir, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΙΣ ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ

2.1. ΑΡΣΕΝΙΚΟ (As)

Το αρσενικό βρίσκεται στο φυσικό περιβάλλον, υπάρχει στο έδαφος, στα υπόγεια ύδατα και στα φυτά (Bampidis et al., 2013). Εμφανίζεται τόσο σε οργανικές ενώσεις, όπως μονομεθυαρσενικό (MMA), διμεθυλοαρσενικό (DMA), αρσενοβηταΐνη και αρσενοχολίνη, όσο και σε ανόργανες, με διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες (Rebelo and Caldas, 2016).

Απαντάται σε ηφαιστειακές πέτρες και στάχτες, άργιλο, οξειδία σιδήρου, ανόργανο θείο και οργανική ύλη (Rebelo and Caldas, 2016). Έχουν εντοπιστεί περιοχές του πλανήτη μας με σημαντική παρουσία ανόργανου αρσενικού, ιδίως στην Ασία και σε άλλες μη ευρωπαϊκές χώρες. Στην Ευρώπη, τα επίπεδα του αρσενικού στο περιβάλλον είναι μάλλον χαμηλά, με εξαίρεση ορισμένες περιοχές που έχουν ιδιαίτερο γεωλογικό σχηματισμό ή βιομηχανικές διεργασίες (Bampidis et al., 2013). Το αρσενικό στις ζωοτροφές και στις πρώτες ύλες ζωοτροφών προέρχεται από φυσική γεωλογική πηγή, από τη ρύπανση βιομηχανικών δραστηριοτήτων ή από ειδικές πρόσθετες ύλες ζωοτροφών (EFSA, 2005).

Οι συγκεντρώσεις αρσενικού σε μη μολυσμένα γεωργικά εδάφη κυμαίνονται από 0,1 έως 40 mg/kg Ξηράς Ουσίας (ΞΟ) (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Η πρόσληψη αρσενικού από τα φυτά ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό, ανάλογα με την ποσότητα διαλυτού είδους αρσενικού στο έδαφος, τις ιδιότητες του εδάφους, τις συνθήκες οξειδοαναγωγής και pH, της μικροβιολογικής δραστηριότητας, καθώς και των φυτικών ειδών (López-Alonso, 2012).

Οι ενώσεις ανόργανου και οργανικού αρσενικού διαφέρουν σημαντικά στην τοξικότητά τους, καθώς οι οργανικές ενώσεις αρσενικού παρουσιάζουν πολύ χαμηλή τοξικότητα (Bampidis et al., 2013).

Κατά συνέπεια, οι δυνητικά δυσμενείς επιδράσεις του αρσενικού στην υγεία των ζώων και του ανθρώπου καθορίζονται από την ποσότητα ανόργανου αρσενικού που υπάρχει στα τρόφιμα. Το πόσιμο νερό μπορεί να περιέχει σημαντικές ποσότητες ανόργανου αρσενικού, ενώ σημαντικές πηγές αρσενικού στη διατροφή ανθρώπων και ζώων έχουν εντοπιστεί σε ψάρια και άλλους θαλάσσιους οργανισμούς, καθώς και στα προϊόντα τους (EFSA, 2009a).

Ωστόσο, γενικά σε θαλάσσιους οργανισμούς και ιδιαίτερα στα ψάρια, το αρσενικό υπάρχει κυρίως στις οργανικές μορφές αρσеноβηταΐνης και αρσеноχολίνης, που είναι ουσιαστικά μη τοξικές (Bampidis et al., 2013).

Οι οργανικές ενώσεις αρσενικού έχουν χρησιμοποιηθεί, από τα μέσα της δεκαετίας του 1940 και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σήμερα, ως πρόσθετες ύλες ζωοτροφών για τον έλεγχο των ασθενειών και τη βελτίωση της αύξησης του βάρους σε χοίρους και πτηνά. Η μεταφορά ανόργανου αρσενικού σε βρώσιμους ιστούς θηλαστικών και πτηνών είναι γενικά χαμηλή, επομένως τα τρόφιμα που προέρχονται από αυτούς τους ιστούς συμβάλλουν μόνο ασήμαντα στην πιθανή δηλητηρίαση του ανθρώπου (Bampidis et al., 2013).

Υπάρχουν πολύ περιορισμένες πληροφορίες σχετικά με τη συσσώρευση αρσενικού και το μεταβολισμό στα χερσαία φυτά και οι συγκεντρώσεις μετρώνται τακτικά ως ολικό αρσενικό. Οι πληροφορίες για τη συγκέντρωση αρσενικού σε μεμονωμένα συστατικά, εκτός από τα ψάρια, τα προϊόντα της θάλασσας και τα μεταλλικά συμπληρώματα, είναι λίγες (Πίνακας 2.1.). Οι συγκεντρώσεις αρσενικού σε χορτονομές και καλλιέργειες που καλλιεργούνται σε μη ρυπανθέντα γεωργικά εδάφη παραμένουν κάτω από 0,5 mg/kg ΞΟ (Underwood and Suttle, 1999). Η βιοδιαθεσιμότητα του αρσενικού στο έδαφος είναι σημαντικά χαμηλότερη από το νερό ή τα τρόφιμα, συνεπώς μπορεί να υποστηριχθεί η άποψη ότι η μόλυνση ζωοτροφών στο έδαφος δε συμβάλλει ιδιαίτερα στη συνολική έκθεση των ζώων (López-Alonso, 2012). Σύμφωνα με μία μελέτη που εκπόνησε η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EAAT – EFSA) το 2005 χρησιμοποιώντας στοιχεία από διάφορα κράτη μέλη, τα υψηλότερα επίπεδα αρσενικού βρίσκονται σε προϊόντα θαλάσσιας προέλευσης, όπως στα ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια, παρόλο που το αρσενικό υπάρχει σε σχετικά μη τοξικές οργανικές μορφές (π.χ. αρσеноβηταΐνη και αρσενοςάκχαρο). Αυτό αντικατοπτρίζεται στα επίπεδα αρσενικού στις σύνθετες ζωοτροφές για ψάρια, στις οποίες πρόκειται για τα κύρια συστατικά των ζωοτροφών (EFSA, 2005). Οι συγκεντρώσεις αρσενικού στα συμπληρώματα ορυκτών είναι υψηλότερες σε σχέση με τα κύρια συστατικά διατροφής, αλλά ακόμη και σε αυτά, το ποσοστό είναι χαμηλό και δεν αποτελεί σημαντική πηγή αρσενικού. Τέλος, το πόσιμο νερό μπορεί να αποτελέσει μείζονα πηγή ανόργανου αρσενικού σε μερικά γεωχημικά περιβάλλοντα, όπως για παράδειγμα υδροφόρους ορίζοντες, κάτω από ισχυρές συνθήκες οξειδώσεως με $pH > 8$, ή εξορυκτικές και γεωθερμικές περιοχές με συγκεντρώσεις αρσενικού μέχρι 5 mg/l (σε μη μολυσμένα φρέσκα νερά το αρσενικό κυμαίνεται μεταξύ 1 και 10 μg/l) (EFSA, 2005, López-Alonso, 2012).

Πίνακας 2.1. Συνολικές συγκεντρώσεις αρσενικού (mg/kg ΞΟ) σε πρώτες ύλες ζωοτροφών (Πηγή: López-Alonso, 2012, τροποποιήθηκε από την EFSA, 2005).

	Μέσος Όρος	Διάμεσος	Μέγιστο	N
<u>Μεμονωμένα προϊόντα ζωοτροφών</u>				
▪ Ζωοτροφή ψαριού	4.7	4.21	16.3	95
▪ Ιχθυέλαιο	7.6	8.14	8.9	7
▪ Γεύματα ελαιούχων σπόρων	0.09	0.04	0.2	17
▪ Σπόροι αραβοσίτου και υποπροϊόντα αραβοσίτου	0.26	0.20	0.51	7
▪ Άλλα δημητριακά και υποπροϊόντα δημητριακών	0.06	0.01	1.08	47
▪ Ορυκτά και συμπληρώματα ορυκτών	6.8	3.05	15.7	42
<u>Βοσκήσιμες ζωοτροφές</u>				
▪ Ενσίρωση χόρτου	0.12		0.44	28
▪ Σανός	0.05		0.1	2
▪ Ενσίρωση αραβοσίτου	0.05		0.1	2
▪ Άχυρο	0.05		0.19	4
<u>Πλήρεις ζωοτροφές</u>				
▪ Μηρυκαστικά - μη καθορισμένα	0.27	0.26	0.38	4
▪ Μηρυκαστικά – βοοειδή	0.36	0.37	0.60	10
▪ Μηρυκαστικά – γαλακτοκτοπαραγωγής	0.24	0.20	0.49	12
▪ Πτηνά – αυγοπαραγωγής	0.20	0.25	0.29	3
▪ Πτηνά – κρεοπαραγωγής	0.34	0.25	0.60	5
▪ Πτηνά – μη καθορισμένα	1.83	3.00	6.70	6
▪ Χοίροι <17 εβδομάδες	0.72	0.52	2.10	19
▪ Χοίροι – παραγωγής κρέατος	0.31	0.06	0.39	4
▪ Χοίροι - χοιρομητέρες	0.85	0.69	5.68	15
▪ Χοίροι – μη καθορισμένοι	0.62	11.36	5.00	19

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά ανώτατα όρια για το αρσενικό στα διάφορα υλικά ζωοτροφών. Το υψηλότερο ανώτατο όριο είναι για το οξείδιο του ψευδαργύρου (100 mg/kg) και το χαμηλότερο (2 mg/kg) για τις πλήρεις ζωοτροφές και τις πρώτες ύλες ζωοτροφών (με ορισμένες εξαιρέσεις) (Adamse et al., 2017).

Η οδηγία 1999/29/EK του Συμβουλίου της 22ας Απριλίου 1999 σχετικά με τις ανεπιθύμητες ουσίες και τα προϊόντα στη διατροφή των ζώων, ορίζει ανώτατο όριο για το αρσενικό τα 2 mg/kg, σε πρώτες ύλες ζωοτροφών και πλήρεις ζωοτροφές, με ποσοστό υγρασίας 12% για όλα τα ζωικά είδη, συμπεριλαμβανομένων των αλεύρων από θαλασσινά φύκια. Επίσης, τα 10 mg/kg σε ζωοτροφή με ποσοστό υγρασίας 12% για τα ψάρια και για τα γουνοφόρα ζώα και όριο 4 mg/kg σε συμπληρωματικές ζωοτροφές. Το ανώτατο επίπεδο ισχύει για τη συνολική ποσότητα αρσενικού επειδή δεν υπάρχει μέθοδος ανάλυσης που να μπορεί να εφαρμοστεί στους επίσημους ελέγχους, με την οποία να είναι δυνατόν να γίνεται διάκριση μεταξύ του πιο τοξικού ανόργανου αρσενικού από το λιγότερο τοξικό αρσενικό (E-3154/02).

Το NRC των ΗΠΑ ανέφερε ότι στα βοοειδή η μέγιστη ανεκτή δόση αρσενικού είναι 50 και 100 mg/kg ζωοτροφής για ανόργανες και οργανικές ενώσεις αρσενικού αντίστοιχα, ενώ για τις αίγες είναι 30 mg / kg ζωοτροφής (Bampidis et al., 2013).

Τα φύκια που δεν πληρούν τις απαιτήσεις για το ανώτατο όριο αρσενικού είναι δυνατόν, σύμφωνα με τις διατάξεις της οδηγίας 1999/29/EK του Συμβουλίου, να χρησιμοποιηθούν παρ' όλα αυτά υπό αυστηρούς όρους για την παραγωγή σύνθετων ζωοτροφών. Οι σύνθετες ζωοτροφές που παράγονται, πρέπει σε όλες τις περιπτώσεις να πληρούν τις απαιτήσεις για το ανώτατο επίπεδο. Ωστόσο, η οδηγία 2002/32/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 7ης Μαΐου 2002, σχετικά με τις ανεπιθύμητες ουσίες στις ζωοτροφές, που αντικαθιστά την οδηγία 1999/29/EK του Συμβουλίου, δεν επιτρέπει πλέον την αραίωση από την 1η Αυγούστου 2003 (E-3154/02).

Σύμφωνα με την οδηγία 2002/32/EK του Συμβουλίου, η Επιτροπή δήλωσε στο Συμβούλιο ότι θα αρχίσει, εφόσον είναι δυνατόν πριν την 1η Αυγούστου 2003, την αναθεώρηση των ανώτατων ορίων βάσει ενημερωμένων επιστημονικών αξιολογήσεων του κινδύνου και θα λάβει υπόψη την απαγόρευση οποιασδήποτε αραίωσης μολυσμένων προϊόντων που δεν πληρούν τις απαιτήσεις και προορίζονται για ζωοτροφές (E-3154/02).

Οι πληροφορίες σχετικά με την παρουσία αρσενικού σε άλευρα από φύκια δόθηκαν στην Επιτροπή από τις ιρλανδικές αρχές και θα συνεκτιμηθούν κατά την εξέταση όσον

αφορά τη σκοπιμότητα της αναθεώρησης των σημερινών ανώτατων ορίων περιεκτικότητας σε αρσενικό στις ζωοτροφές, συμπεριλαμβανομένων των αλεύρων από φύκια, καθώς και στις σύνθετες ζωοτροφές (E-3154/02).

2.2. ΚΑΔΜΙΟ (Cd)

Το κάδμιο απαντάται φυσικά στο περιβάλλον με την ανόργανη μορφή του, ως αποτέλεσμα των ηφαιστειακών εκπομπών και των καιρικών συνθηκών των πετρωμάτων (Bampidis et al., 2013).

Συνήθως, βρίσκεται ως ορυκτό σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία όπως το οξυγόνο (οξειδίο του καδμίου), το χλώριο (χλωριούχο κάδμιο), ή το θείο (θειικό κάδμιο, θειούχο κάδμιο). Είναι τοξικό για σχεδόν κάθε σύστημα στο σώμα των ζώων και απουσιάζει από το ανθρώπινο σώμα κατά τη γέννηση, ωστόσο, συσσωρεύεται με την ηλικία. Ένας μέσος άνθρωπος συσσωρεύει περίπου έως 30 mg καδμίου στο σώμα του μέχρι την ηλικία των 50 ετών (Kochare and Tamir, 2015).

Επιπλέον, οι ανθρωπογενείς πηγές έχουν αυξήσει τα επίπεδα υποβάθρου του καδμίου στο έδαφος, το νερό και τους ζώντες οργανισμούς. Χρησιμοποιείται σε πολλές τεχνολογικές εφαρμογές και απελευθερώνεται στο περιβάλλον μέσω της τήξης άλλων μετάλλων, της καύσης ορυκτών καυσίμων, της αποτέφρωσης των αποβλήτων και της χρήσης φωσφορικών και ιλυωδών λιπασμάτων (Bampidis et al., 2013). Η κυρίαρχη εμπορική χρήση του είναι η παραγωγή μπαταριών, βαφών, επικαλύψεων, πλαστικών σταθεροποιητών και κραμάτων (CDC, 2009).

Οι δύο φυσικές διεργασίες (όπως οι ηφαιστειακές εκπομπές και οι καιρικές συνθήκες των πετρωμάτων), καθώς και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες μπορούν να συμβάλλουν στη μόλυνση του περιβάλλοντος από το κάδμιο και συνεπώς στην τροφική αλυσίδα. Οι αυξήσεις των επιπέδων καδμίου στο έδαφος οδηγούν σε αύξηση της πρόσληψης καδμίου από τα φυτά, αν και ο βαθμός στον οποίο αυτό θα συμβεί θα εξαρτηθεί από το pH του εδάφους, τα φυτικά είδη και το τμήμα του φυτού, καθώς και άλλα χαρακτηριστικά του εδάφους. Επιπλέον, βρώσιμα τρόφιμα ελεύθερης διατροφής, όπως οστρακοειδή, καρκινοειδή και μύκητες, είναι φυσικοί συσσωρευτές καδμίου (Bampidis et al., 2013). Παρόλο που είναι απίθανο να συσσωρευτεί κάδμιο σε προϊόντα που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, έχει παρατηρηθεί συσσώρευσή του στις ωοθήκες και τη μήτρα των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής. Επίσης, η εμφάνιση καδμίου στα τρόφιμα μπορεί να προέρχεται από

νερό άρδευσης, από ατμοσφαιρική ρύπανση ή από φωσφορικό λίπασμα και κοπριά (Kochare and Tamir, 2015).

Οι συγκεντρώσεις καδμίου σε μη μολυσμένα εδάφη κυμαίνονται από 0,06 έως 1,1 mg/kg ΞΟ και ο κύριος παράγοντας που καθορίζει την περιεκτικότητα του εδάφους σε κάδμιο είναι η χημική σύνθεση του μητρικού πετρώματος. Αν και η πρόσληψη καδμίου από τα φυτά ποικίλλει ανάλογα με τις ιδιότητες του εδάφους και κυρίως το pH, οι συγκεντρώσεις καδμίου στις ζωοτροφές και στις καλλιέργειες αγροτικών περιοχών παραμένουν κάτω από 1,0 mg/kg ΞΟ, ενώ σε φυτά που αναπτύσσονται κοντά σε βιομηχανικές περιοχές παρατηρήθηκαν συγκεντρώσεις καδμίου πάνω από 10 mg/kg ΞΟ (Πίνακας 2.2.) (EFSA, 2004a, López-Alonso, 2012).

Πίνακας 2.2. Συνολικές συγκεντρώσεις καδμίου (mg/kg ΞΟ) σε πρώτες ύλες ζωοτροφών (Πηγή: López-Alonso, 2012, τροποποιήθηκε από την EFSA, 2004a).

	Μέσος Όρος	Διάμεσος	Μέγιστο	n
<u>Μεμονωμένα προϊόντα ζωοτροφών</u>				
▪ Κριθάρι	0,11	0,08	0,29	6
▪ Ζωοτροφή πολτού εσπεριδοειδών	0,19	0,10	0,50	10
▪ Ζωοτροφή ψαριών	0,40	0,21	1,4	44
▪ Σπόροι αραβοσίτου και υποπροϊόντα αραβοσίτου	0,06	0,01	0,50	29
▪ Ελαιοκράμβη, εκχυλισμένη	0,15	0,10	0,50	20
▪ Ζωοτροφή σόγιας	0,07	0,03	0,20	17
▪ Πολτός ζαχαρότευτλων	0,14	0,09	0,36	12
▪ Ζωοτροφή ηλίανθου	0,41	0,27	1,80	32
▪ Ορυκτά συμπληρώματα και προμείγματα	0,58	0,13	2,34	
▪ Σιτάρι και υποπροϊόντα σίτου	0,19		0,75	27
<u>Βοσκήσιμες ζωοτροφές</u>				
▪ Γρασίδι / φρέσκα βότανα	0,62			1217
▪ Σανός	0,73			950
▪ Ενσίρωση χόρτου	0,09			244
▪ Ενσίρωση αραβοσίτου	0,28			345
<u>Πλήρεις ζωοτροφές</u>				
▪ Μηρυκαστικά	0,11	0,11	0,85	358

▪ Πτηνά – μη καθορισμένα	0,16	0,16	0,4	33
▪ Πτηνά – αυγοπαραγωγής	0,16	0,11	0,6	12
▪ Πτηνά – κρεοπαραγωγής	0,19	0,16	0,5	8
▪ Χοίροι <17 εβδομάδων	0,16	0,10	0,50	14
▪ Χοίροι >16 εβδομάδων	0,07	0,05	0,13	10
▪ Χοίροι - μη καθορισμένοι	0,09	0,07	0,5	150
▪ Χοίροι - χοιρομητέρες	0,09	0,09	0,16	4

Γενικά, οι συγκεντρώσεις καδμίου στις καλλιέργειες ζωοτροφών είναι υψηλότερες από τις συγκεντρώσεις σε πρώτες ύλες ζωοτροφών. Αυτό σχετίζεται, τουλάχιστον εν μέρει, όπως και για άλλα τοξικά μέταλλα, με τη φυσική μόλυνση του εδάφους κατά τη συγκομιδή ή την επεξεργασία (EFSA, 2004a). Αυξημένες συγκεντρώσεις καδμίου απαντώνται τακτικά στις καλλιέργειες μετά την εφαρμογή των υπερφωσφορικών λιπασμάτων. Στην πραγματικότητα, τα εμπλουτισμένα με κάδμιο φωσφορικά λιπάσματα, θεωρούνται η υψηλότερη πηγή εισαγωγής καδμίου σε γεωργική γη παγκοσμίως (Nicholson et al., 1994). Τα συμπληρώματα ορυκτών και τα προμείγματα περιέχουν γενικά υψηλότερες συγκεντρώσεις καδμίου από τα άλλα κύρια συστατικά του σιτηρεσίου, αν και η σημασία της συμβολής του καδμίου στη συνολική πρόσληψη ζώων είναι δύσκολο να καθοριστεί λόγω του χαμηλού, αλλά πολύ μεταβλητού ρυθμού συμπερίληψης (López-Alonso, 2012).

2.3. ΜΟΛΥΒΔΟΣ (Pb)

Ο μόλυβδος είναι το πιο κοινό βιομηχανικό μέταλλο που υπάρχει ευρέως στον αέρα, το νερό, το έδαφος και τα τρόφιμα. Είναι ελαφρώς διαλυτός στο νερό και μεταφέρεται κυρίως μέσω της ατμόσφαιρας (Kochare and Tamir, 2015). Υπάρχει φυσιολογικά στο περιβάλλον, αλλά η βιομηχανική του χρήση (π.χ. εξόρυξη, τήξη, επεξεργασία, χρήση σε κολλήσεις και κράματα υδραυλικών εγκαταστάσεων, χρωστικές, παραγωγή μπαταριών, κεραμικά κλπ.), έχει ως αποτέλεσμα αυξημένα επίπεδα μολύβδου στο έδαφος, στο νερό και στον αέρα (WHO, 2010). Στο παρελθόν, το καύσιμο με μόλυβδο συνέβαλε σημαντικά στην αύξησή του στο περιβάλλον, ωστόσο με την εισαγωγή αμόλυβδου καυσίμου στα μέσα της δεκαετίας του 1980, τα επίπεδα μολύβδου έχουν μειωθεί σημαντικά. Η συσσώρευση μολύβδου στα εδάφη και τα επιφανειακά ύδατα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το pH, την ανόργανη σύνθεση, την ποσότητα και τον τύπο του οργανικού υλικού με συνέπεια τη μεταφορά μολύβδου στις καλλιέργειες ζωοτροφών (Bampidis et al., 2013).

Ο μόλυβδος υπάρχει τόσο σε οργανικές όσο και σε ανόργανες μορφές. Στο περιβάλλον, ο ανόργανος μόλυβδος επικρατεί έναντι του οργανικού μολύβδου, ενώ η έκθεση στον οργανικό περιορίζεται σε επαγγελματικές συνθήκες. Οι οργανικές ενώσεις, όπως οι ενώσεις τρι-αλκυλο-μολύβδου και τετρα-αλκυλο-μολύβδου, είναι πιο τοξικές από τις ανόργανες μορφές μολύβδου. Σε κάποιο βαθμό, οι οργανικές ενώσεις μολύβδου μεταβολίζονται σε ανόργανο μόλυβδο τόσο στον άνθρωπο όσο και στα ζώα (Bampidis et al., 2013).

Οι συγκεντρώσεις μολύβδου στο έδαφος ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό και ενώ τα επίπεδα 20-40 mg/kg ΞΟ είναι φυσιολογικά, έχουν αναφερθεί σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις μολύβδου ως αποτέλεσμα βιομηχανικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων και εφαρμογή λυματολάσπης. Η πρόσληψη μολύβδου από τα φυτά είναι πολύ χαμηλή και τα υπολείμματα μολύβδου στις ζωοτροφές και στις γεωργικές καλλιέργειες είναι γενικά κάτω από το 1,5 mg/kg ΞΟ και σπανίως υπερβαίνουν τα 5 mg/kg ΞΟ. Έχουν αναφερθεί παρόλα αυτά και συγκεντρώσεις μολύβδου άνω των 600 mg/kg ΞΟ σε φυτά που καλλιεργούνται σε επιβαρυμένα εδάφη από εγκαταστάσεις εξορυκτικών δραστηριοτήτων ή στα οποία έχει εφαρμοστεί λάσπη λυμάτων (Πίνακας 2.3.). Οι συγκεντρώσεις μολύβδου σε ζωοτροφές είναι γενικά υψηλότερες σε σχέση με τα συμπυκνωμένα υλικά ζωοτροφών. Ωστόσο, η χαμηλή πρόσληψη μολύβδου από τα φυτά δείχνει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι ζωοτροφές μολύνονται από χώμα ή λάσπες λυμάτων που απλώνονται στα χωράφια. Οι συγκεντρώσεις μολύβδου στα συμπληρώματα μετάλλων και στα προμείγματα μπορεί να είναι υψηλότερες σε σύγκριση με άλλες ζωοτροφές, αν και το χαμηλό ποσοστό τους στη συνολική διατροφή καθιστά τη συμβολή τους στη συνολική πρόσληψη μολύβδου χαμηλή (EFSA, 2004b, López-Alonso, 2012).

Πίνακας 2.3. Συνολικές συγκεντρώσεις μολύβδου (mg / kg ΞΟ) σε πρώτες ύλες ζωοτροφών (Πηγή: López-Alonso, 2012, τροποποιήθηκε από την EFSA, 2004b).

	Μέσος Όρος	Διάμεσος	Μέγιστο	n
<u>Μεμονωμένα προϊόντα ζωοτροφών</u>				
▪ Κριθάρι	0,97	1	2,19	11
▪ Ζωοτροφή πολτού εσπεριδοειδών	0,76	1	1,00	14
▪ Ζωοτροφή ψαριών	0,52	0,15	2,22	77

▪ Αραβόσιτος και προϊόντα αραβοσίτου	0,56	0,31	2,71	31
▪ Ζωοτροφή ελαιοκράμβης	0,6	1	6,82	18
▪ Ζωοτροφή σόγιας	0,93	1	3,00	21
▪ Πολτός ζαχαρότευτλων	1,47	1	4,00	14
▪ Ηλιόσποροι και υποπροϊόντα	0,37	0,2	1,03	36
▪ Σιτάρι και προϊόντα σίτου	0,26	0,15	0,75	12
▪ Κρεατάλευρα και οστεάλευρα	0,81	0,59	2,00	23
▪ Ορυκτά συμπληρώματα	3,38	2,56	30,00	198
▪ Προμείγματα	19,05			100
<u>Βοσκήσιμες ζωοτροφές</u>				
▪ Γρασίδι / φρέσκα βότανα	4,93			1077
▪ Σανός	3,89			809
▪ Ενσίρωση χόρτου	2,02			225
▪ Ενσίρωση αραβοσίτου	2,19			336
<u>Πλήρεις ζωοτροφές</u>				
▪ Μηρυκαστικά - μη καθορισμένα	0,34	0,25	5,3	311
▪ Μηρυκαστικά – γαλακτοπαραγωγής	1,03	1,00	2,0	7
▪ Μηρυκαστικά – βοοειδή	1,14	1,00	2,0	15
▪ Μηρυκαστικά – μοσχάρια	0,82	1,00	1,0	9
▪ Μηρυκαστικά - πρόβατα	0,64	1,00	1,0	12
▪ Πτηνά – αυγοπαραγωγής	0,87	1,00	4,9	12
▪ Πτηνά – κρεοπαραγωγής	0,52	0,53	1,0	8
▪ Πτηνά – μη καθορισμένα	1,16	1,00	4,3	20
▪ Χοίροι <17 εβδομάδων	0,77	0,64	2,0	13
▪ Χοίροι >16 εβδομάδων	0,38	1,00	0,5	9
▪ Χοίροι - μη καθορισμένοι	1,03	1,00	7,2	39
▪ Χοίροι - χοιρομητέρες	0,70	1,00	2,1	5

2.4. ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ (Hg)

Ο υδράργυρος είναι ένα από τα πλέον τοξικά μέταλλα, που μαζί με τον μόλυβδο και το κάδμιο, εκπέμπονται στο περιβάλλον από διάφορες ανθρωπογενείς βιομηχανικές και μεταλλευτικές δραστηριότητες. Ο υδράργυρος περιέχεται συνήθως σε σημαντική συγκέντρωση στα καυσαέρια των εργοστασίων παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιούν

κάρβουνο ή λιγνίτη (Taber and Hurley, 2008). Υπάρχει στο περιβάλλον ως στοιχειακός υδράργυρος (μεταλλικός), ανόργανος, καθώς και οργανικός υδράργυρος (κυρίως μεθυλδράργυρος). Ο στοιχειακός και ανόργανος υδράργυρος που απελευθερώνεται στον αέρα από εξόρυξη, τήξη, βιομηχανικές δραστηριότητες και καύση ορυκτών καυσίμων εναποτίθεται στο έδαφος και στο νερό (Bampidis et al., 2013). Η διαλυτότητα του μεταλλικού υδραργύρου στο νερό είναι ελάχιστη, έχει αποδειχθεί όμως, ότι τόσο ο ίδιος, όσο και πολλές ανόργανες ενώσεις του μετατρέπονται στο περιβάλλον σε εξαιρετικά τοξικές οργανικές (οργανομεταλλικές) ενώσεις και κυρίως σε ενώσεις του μεθυλοϋδραργύρου (ενώσεις όπως η χλωριούχος μεθυλοϋδράργυρος, CH_3HgCl και το αντίστοιχο υδροξείδιο CH_3HgOH). Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται με την επίδραση μικροοργανισμών (βακτηριακή μεθυλίωση), που βρίσκονται στο νερό και στο έδαφος. Οι οργανικές αυτές ενώσεις υδραργύρου είναι εξαιρετικά τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς λόγω της βιοσυσσωρεύσής τους σε διάφορους ιστούς και πρόσληψής τους κυρίως μέσω της τροφικής αλυσίδας (Taber and Hurley, 2008).

Ο μεθυλδράργυρος βιοσυσσωρεύεται κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας, ιδιαίτερα στην υδρόβια, καθώς οι μεθυλιωμένες ενώσεις του υδραργύρου συσσωρεύονται αρχικά στο πλαγκτόν, που καταναλώνεται από τα μικρά ψάρια και τα μικρά ψάρια τρώγονται από μεγαλύτερα, με τα μακρόβια σαρκοφάγα ψάρια και τα θαλάσσια θηλαστικά να παρουσιάζουν τα υψηλότερα επίπεδα υδραργύρου (Bampidis et al., 2013).

Η συγκέντρωση υδραργύρου στο έδαφος, αν και δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί λόγω της εκτεταμένης ρύπανσης του υδραργύρου, έχει εκτιμηθεί ως περίπου 0,5 mg/kg ΞΟ. Οι συγκεντρώσεις υδραργύρου που υπερβαίνουν αυτήν την τιμή θα πρέπει να θεωρούνται ως μόλυνση από ανθρωπογενείς πηγές, κυρίως από σταθμούς παραγωγής ενέργειας που καίνε άνθρακα και άλλες πηγές ορυκτών καυσίμων και αποτεφρωτήρες αποβλήτων (López-Alonso, 2012).

Γενικά, η πρόσληψη υδραργύρου από τα φυτά είναι πολύ χαμηλή και τα υπολείμματα είναι ανεξάρτητα από τη συγκέντρωση υδραργύρου στο έδαφος, το μεγαλύτερο μέρος του οποίου βρίσκεται στο φύλλωμα και έχει ατμοσφαιρική προέλευση. Οι συγκεντρώσεις υδραργύρου στα φυτά είναι πολύ χαμηλές, πολύ κοντά ή κάτω από τα όρια ανίχνευσης στα περισσότερα δείγματα που αναλύθηκαν, συνεπώς, υπάρχουν μόνο περιορισμένες πληροφορίες στη βιβλιογραφία σχετικά με τα υπολείμματα υδραργύρου σε ζωοτροφές (Πίνακας 2.4.). Δεδομένου ότι η έκθεση στον υδράργυρο σε ζώα αναπαραγωγής που

τρέφονται σχεδόν εξ ολοκλήρου με ζωοτροφές, σε περιοχές που δεν έχουν μολυνθεί, είναι πολύ χαμηλή, η ανθρωπογενής έκθεση υδραργύρου αντιπροσωπεύει τα περισσότερα από τα υπολείμματα υδραργύρου στα βοσκή των ζώων. Για μη φυτικές ζωοτροφές, τα ιχθυάλευρα και άλλες ζωοτροφές ψαριών είναι οι πιο κοινές πηγές υδραργύρου για τα ζώα υπό κανονικές συνθήκες καλλιέργειας, με τη μέση συνολική συγκέντρωση υδραργύρου να είναι διπλάσια από ό, τι σε άλλες ενώσεις ζωοτροφών. Σχετικά λίγα δεδομένα είναι διαθέσιμα για τον προσδιορισμό του υδραργύρου σε προϊόντα ψαριών. Ωστόσο, τα διαθέσιμα δεδομένα (ESFA, 2008) έδειξαν ότι είναι κυρίως παρόν ως μεθυλοδράργυρος, η πιο τοξική μορφή υδραργύρου. Οι συγκεντρώσεις υδραργύρου σε συμπληρώματα και ζωοτροφές ανόργανων συστατικών είναι χαμηλές και γενικά πολύ κάτω από 0,1 mg/kg ΞΟ. Τέλος, οι πρωτεΐνες που υδρολύονται από φτερά πτηνών (κοτόπουλο και γαλοπούλα) ως γεύμα, θεωρούνται ως πιθανή πηγή μόλυνσης από μεθυλοδράργυρο στις ζωοτροφές (EFSA, 2008, López-Alonso, 2012).

Πίνακας 2.4. Συνολικές συγκεντρώσεις υδραργύρου (mg/kg ΞΟ) σε πρώτες ύλες ζωοτροφών (Πηγή: López-Alonso, 2012, τροποποιήθηκε από την EFSA, 2008).

	Μέσος Όρος	Διάμεσος	Μέγιστο	n
<u>Μεμονωμένα προϊόντα ζωοτροφών</u>				
▪ Κριθάρι	0,006	0,001	0,078	29
▪ Σιτάρι	0,003	0,001	0,030	48
▪ Λάδι ελαιοκράμβης	0,007	0,002	0,100	42
▪ Ζωοτροφή ηλίανθου	0,003	0,001	0,010	13
▪ Ζωοτροφή σόγιας	0,022	0,011	0,050	13
▪ Αποξηραμένοι κόκκοι απόσταξης	0,047	0,020	0,130	8
▪ Ζωοτροφή γλουτένης αραβοσίτου	0,026	0,015	0,100	15
▪ Φυτικά έλαια	0,021	0,020	0,050	16
▪ Πρόσθετα και προμείγματα	0,03	0,01	1,3	290
▪ Ορυκτά συμπληρώματα	0,02	0,005	0,59	530
▪ Μη καθορισμένες ζωοτροφές και ακατέργαστα υλικά	0,03	0,01	0,22	238
▪ Συμπληρωματική ζωοτροφή	0,02	0,01	0,34	228
▪ Ανθρακικό ασβέστιο	0,01	0,01	0,03	42

▪ Ιχθυάλευρα	0,10	0,10	0,26	193
▪ Ιχθυάλευρα και οστεάλευρα	0,15	0,15	0,22	13
▪ Ιχθυέλαιο	0,03	0,03	0,21	63
<u>Βοσκήσιμες ζωοτροφές</u>				
▪ Κτηνοτροφικές καλλιέργειες	0,02	0,002	0,19	368
▪ Αλφάλφα (Λουκέρνη)	0,005		0,02	28
▪ Ζωοτροφές αραβοσίτου	0,007		0,05	42
<u>Πλήρεις ζωοτροφές</u>				
▪ Μηρυκαστικά	0,012	0,004	0,10	56
▪ Χοίροι	0,032	0,050	0,050	123
▪ Πουλερικά	0,039	0,050	0,10	96
▪ Άλογα	0,022	0,010	0,10	9
▪ Βιζόν	0,053	0,054	0,12	39
▪ Κουνέλια	0,031	0,050	0,10	18
▪ Τρωκτικά	0,050	0,050	0,10	25
▪ Σκύλοι και γάτες	0,02	0,01	0,18	126

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΖΩΩΝ

3.1. ΑΡΣΕΝΙΚΟ (As)

Το υψηλότερο επίπεδο διατροφής στο οποίο το αρσενικό δεν έχει ανεπιθύμητες ενέργειες, καθώς και το χαμηλότερο επίπεδο που προκαλεί τοξίκωση, ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τα ζωικά είδη και τις ενώσεις αρσενικού (López-Alonso, 2012).

Οι ανόργανες και οργανικές ενώσεις του αρσενικού έχουν διαφορετική βιοδιαθεσιμότητα. Πολλές μελέτες σε αρουραίους, ποντίκια και ανθρώπους δείχνουν ότι οι ανόργανες ενώσεις του αρσενικού, που υπάρχουν στο πόσιμο νερό, απορροφώνται γρήγορα και σχεδόν πλήρως (περίπου 95%) μετά την κατάποση. Ωστόσο, η απορροφησιμότητα του ανόργανου αρσενικού ποικίλει, ανάλογα με τη διαλυτότητα των αρσενικών ενώσεων (όσο πιο υδατοδιαλυτή είναι η ένωση, τόσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφησή της), την παρουσία άλλων συστατικών τροφίμων και θρεπτικών ουσιών στο γαστρεντερικό σωλήνα καθώς και στην ίδια τη μήτρα τροφίμων. Υπάρχουν επίσης, σημαντικές διαφορές στη βιοδιαθεσιμότητα μεταξύ των διαφόρων οργανικών ενώσεων του αρσενικού. Οι οργανικές ενώσεις του πεντασθενούς αρσενικού απορροφώνται σε σημαντικό βαθμό από τον γαστρεντερικό σωλήνα των τρωκτικών, των χοίρων και των ανθρώπων (>40%, 17-33% και 75-80% της δόσης αντίστοιχα), ενώ οι οργανικές ενώσεις τρισθενούς αρσενικού γενικά απορροφώνται ελάχιστα (Bampidis et al., 2013).

Στην κυκλοφορία του αίματος, το αρσενικό κατανέμεται μεταξύ του πλάσματος και των ερυθροκυττάρων, στο οποίο συνδέεται με τη σφαιρίνη της αιμοσφαιρίνης. Οι σχετικές ποσότητες σε κάθε σημείο εξαρτώνται από το σθένος και τη δόση αρσενικού που χορηγείται, καθώς και από το είδος του ζώου. Στη συνέχεια, όλες οι ανόργανες και οργανικές ενώσεις αρσενικού συσσωρεύονται σε διάφορους ιστούς (υψηλότερη έως χαμηλότερη συγκέντρωση: νεφρά > πνεύμονες > ουροδόχος κύστη > δέρμα > αίμα > ήπαρ). Η συγκέντρωση του αρσενικού μειώνεται γρήγορα σε διάφορους ιστούς του σώματος μετά την κατάποση. Ωστόσο, αρκετές εβδομάδες αργότερα, το αρσενικό μεταφέρεται σε τρίχες, νύχια και δέρμα λόγω της υψηλής συγκέντρωσης πρωτεϊνών που περιέχουν θείο σε αυτούς τους ιστούς (Bampidis et al., 2013).

Επιπλέον, το αρσενικό διέρχεται εύκολα από τον πλακούντα σε θηλαστικά, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων, με αποτέλεσμα παρόμοια επίπεδα έκθεσης τόσο στο έμβρυο, όσο και στη μητέρα. Το αρσενικό και οι μεταβολίτες του απεκκρίνονται εύκολα στα ούρα και τη χολή, ενώ αντίθετα, πολύ λίγο αρσενικό απεκκρίνεται στο μητρικό γάλα (Bampidis et al., 2013).

Το αρσενικό είναι ένα βασικό στοιχείο για την οργάνωση των ζώων όταν λαμβάνεται σε ελάχιστες δόσεις. Συγκεκριμένα, οι αίγες που έλαβαν στη διατροφή τους λιγότερο από 35 mg As/kg ΞΟ εμφάνισαν μειωμένη ανάπτυξη, δυσμενείς επιδράσεις στο αναπαραγωγικό σύστημα και αμβλώσεις, καθώς και μειωμένη παραγωγή γάλακτος σε σύγκριση με αίγες που στη διατροφή τους υπήρχαν 350 mg As/kg ΞΟ. Αυτά τα αποτελέσματα προέκυψαν από πειράματα που επαναλήφθηκαν 13 φορές με συνέπεια να υπάρχουν ελάχιστες αμφιβολίες ότι το αρσενικό είναι ένα βασικό στοιχείο για τις αίγες στην καθαρά μη θεραπευτική ελεύθερη διατροφή (Bampidis et al., 2013).

Η έκθεση ανόργανου αρσενικού από το στόμα επηρεάζει αρνητικά σχεδόν κάθε σύστημα του ζώου, συμπεριλαμβανομένων των καρδιαγγειακών, αναπνευστικών, γαστρεντερικών, αιματολογικών, ανοσολογικών, αναπαραγωγικών και νευρικών συστημάτων. Επίσης, το ανόργανο αρσενικό έχει αποδειχθεί ότι είναι εμβρυοτοξικό και τερατογόνο στα πειραματόζωα. Σε αντίθεση με τις ανόργανες ενώσεις, όπως η αρσενοβηταΐνη, η αρσενοχολίνη, η τριμεθυλαρσίνη και το αρσαλινικό οξύ, είναι τοξικές μόνο σε πολύ υψηλές δόσεις (Bampidis et al., 2013).

Οι οργανικές ενώσεις του αρσενικού που χρησιμοποιούνται ως πρόσθετες ύλες ζωοτροφών σε σιτηρέσια χοίρων και πτηνών μπορούν να προκαλέσουν δηλητηρίαση όταν η συγκέντρωση των ενώσεων αρσενικού είναι δύο έως δέκα φορές υψηλότερη από τη συνιστώμενη δόση, η οποία συνήθως είναι 100 mg/kg πλήρους ζωοτροφής (Bampidis et al., 2013).

Όπως αναφέρθηκε, η τοξικότητα του αρσενικού εξαρτάται από τη χημική μορφή και το σθένος. Οι ανόργανες μορφές του είναι γενικά πολύ πιο τοξικές από τις οργανικές μορφές. Τα μηρυκαστικά είναι λιγότερο ευαίσθητα ως προς την τοξικότητα, εκτός και αν η προσφερόμενη τροφή περιέχει περισσότερα από 200 έως 300 mg/kg ανόργανου αρσενικού (Kochare and Tamir, 2015).

Η τοξική δόση αρσενικού νατρίου από το στόμα σε άλογα είναι 6 mg / kg Σωματικού Βάρους (ΣΒ), 7,5 mg/kg ΣΒ σε βοοειδή, 11 mg/kg ΣΒ σε πρόβατα, και 2 mg/kg ΣΒ σε

χοίρους. Αντίστοιχα, η τοξική δόση για τριοξειδίο του αρσενικού είναι 7,5-11 mg/kg ΣΒ σε χοίρους και 33-55 mg/kg ΣΒ σε άλογα, βοοειδή και πρόβατα. Σε αντίθεση με το ανόργανο αρσενικό, σε χοίρους που έλαβαν 100 mg αρσαλικλικού οξέος/kg ΞΟ για 6 εβδομάδες, παρατηρήθηκε μόνο μείωση στην πρόσληψη τροφής, ενώ η χορήγηση 1 g αρσαλικλικού οξέος/kg ΞΟ είχε ως αποτέλεσμα κλινικά συμπτώματα τοξικότητας (Bampidis et al., 2013).

3.2. ΚΑΔΜΙΟ (Cd)

Το κάδμιο δεν έχει γνωστή βιολογική λειτουργία σε ζώα και ανθρώπους, αλλά μιμείται άλλα δισθενή μέταλλα που είναι απαραίτητα για διάφορες βιολογικές λειτουργίες (Bampidis et al., 2013). Η εκδήλωση της τοξικότητας του καδμίου ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τη δόση και το χρόνο έκθεσης, το είδος, το φύλο και τους περιβαλλοντικούς και θρεπτικούς παράγοντες. Υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των επιδράσεων μίας και μοναδικής έκθεσης σε υψηλή συγκέντρωση καδμίου και των επιδράσεων σε χρόνιες εκθέσεις σε χαμηλότερες δόσεις. Επιπλέον, η συσσώρευση του καδμίου στους ιστούς επηρεάζεται σημαντικά από διατροφικές αλληλεπιδράσεις με ψευδάργυρο, χαλκό, σίδηρο αλλά και ασβέστιο (Lopez-Alonso et al., 2002b).

Η δηλητηρίαση των ζώων από κάδμιο είναι σπάνια. Ωστόσο, όταν συμβεί αυτό, το κάδμιο είναι τοξικό για όλα τα ζωικά είδη και συσσωρεύεται στα νεφρά και σε μικρότερο βαθμό στο ήπαρ. Η έκθεση στο κάδμιο έχει συσχετιστεί με νεφροτοξικότητα, οστεοπόρωση, νευροτοξικότητα, καρκινογένεση, γονιδιοτοξικότητα, τερατογένεση, ενδοκρινικές και αναπαραγωγικές επιδράσεις. Γενικά, τα κλινικά συμπτώματα τοξικότητας σε κάδμιο για τα ζώα, περιλαμβάνουν βλάβη στα νεφρά και το ήπαρ, αναιμία, επιβραδυνόμενη ανάπτυξη των όρχεων ή εκφυλισμό, διευρυμένες αρθρώσεις, φολιδωτό δέρμα, μειωμένη ανάπτυξη και αυξημένη θνησιμότητα (Bampidis et al., 2013).

Οι ελάχιστες τοξικές δόσεις ή τα μέγιστα ανεκτά επίπεδα δεν μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια λόγω της μεγάλης μεταβλητότητας της έκθεσης σε κάδμιο και της εναπόθεσης των ιστών, καθώς η διάθεση του καδμίου επηρεάζεται σημαντικά από διατροφικές αλληλεπιδράσεις με ψευδάργυρο, χαλκό, σίδηρο και ασβέστιο. Συνεπώς, σε ορισμένες περιπτώσεις, συγκεντρώσεις καδμίου μόλις 1 mg/kg στη διατροφή ή το πόσιμο νερό προκάλεσαν δυσμενείς επιπτώσεις στα ζώα. Αυτές οι επιδράσεις περιλαμβάνουν εξασθένιση της νεφρικής λειτουργίας, υπέρταση, διαταραχή του μεταβολισμού ιχνοστοιχείων (χαλκό,

ψευδάργυρο και μαγγάνιο), καθώς και οξεία εκφυλιστική βλάβη των εντερικών λαχνών (Bampidis et al., 2013).

Το κάδμιο είναι ανταγωνιστικό με τον ψευδάργυρο και τον χαλκό και σε μικρότερο βαθμό με το σίδηρο. Μπορεί να διασχίσει τις διάφορες βιολογικές μεμβράνες με διαφορετικούς μηχανισμούς (π.χ. μεταφορείς μετάλλων) και να συνδεθεί μέσα στα κύτταρα με προσδέματα με εξαιρετική συγγένεια (π.χ. μεταλλοθειονίνες), μειώνοντας έτσι την απορρόφηση του χαλκού και σε μικρότερο βαθμό του ψευδαργύρου. Ειδικότερα, το ήπαρ και τα νεφρά περιέχουν μεταλλοθειονίνες, οι οποίες συσσωρεύουν καδμίνιο καθ'όλη τη διάρκεια ζωής των ζώων. Ωστόσο, το κάδμιο δεν καθαρίζεται εύκολα από τα κύτταρα και η κακή απόδοση των κυτταρικών συστημάτων εξαγωγής εξηγεί τον μεγάλο χρόνο παραμονής αυτού του στοιχείου σε ιστούς αποθήκευσης όπως το έντερο, το συκώτι και τα νεφρά. Το κάδμιο που απορροφάται στο σώμα (0,5-7% της ποσότητας που καταναλώνεται, ανάλογα με το είδος ζώου) εξαλείφεται πολύ αργά, ενώ ο βιολογικός χρόνος ημιζωής εκτιμάται ότι είναι 10-30 χρόνια. Η διαταραχή της ομοιόστασης ασβεστίου, ψευδαργύρου ή σιδήρου διαδραματίζει βασικό ρόλο στην τοξικολογική δράση του καδμίου που ενέχει γενική απειλή για τις βασικές κυτταρικές λειτουργίες (Bampidis et al., 2013).

Ωστόσο, το NRC των ΗΠΑ ανέφερε ότι το κάδμιο είναι απαραίτητο στοιχείο για την οργάνωση των ζώων όταν λαμβάνεται σε ελάχιστες δόσεις. Συγκεκριμένα, το NRC ανέφερε ότι αίγες που τράφηκαν με κάδμιο < 15 µg/kg ΞΟ εμφάνισαν μειωμένη ανάπτυξη, μυσσθένεια, μειωμένη παραγωγή γάλακτος και μειωμένη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με αίγες που έχουν τραφεί με τουλάχιστον 250 µg/kg ΞΟ (NRC, 2005).

Η μέγιστη περιεκτικότητα σε κάδμιο έχει καθοριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση σε 0,5 mg/kg σε πλήρεις ζωοτροφές με ποσοστό υγρασίας 12% για όλα τα ζωικά είδη, 1 mg/kg για τα μηρυκαστικά και τα ψάρια και 2 mg/kg για σκύλους και γάτες. Πολλά από τα δεδομένα σχετικά με την τοξικότητα στα ζώα αναφέρονται σε μελέτες στις οποίες σχετικά υψηλές δόσεις χορηγήθηκαν παρεντερικά ή από το στόμα για μια σύντομη περίοδο. Ωστόσο, πολύ μεγαλύτερη σημασία έχουν οι μελέτες που διερεύνησαν τις δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία που σχετίζονται με τη χρόνια έκθεση σε επίπεδα τα οποία συμβαίνουν τακτικά στις ζωοτροφές.

Στην πλειονότητα των κατοικίδιων ζωικών ειδών, θεωρείται ότι τα 5 mg/kg καδμίου είναι το επίπεδο στο οποίο είναι πιθανό να αρχίσουν γενικά κλινικά συμπτώματα, υπό την προϋπόθεση ότι προσφέρεται κατά τα άλλα επαρκής διατροφή. Τα σιτηρέσια που περιέχουν

κάδμιο από 5 έως 30 mg/kg ζωοτροφής, γενικά μειώνουν την απόδοση των ζώων επηρεάζοντας την απορρόφηση του χαλκού και ψευδαργύρου, οδηγώντας σε συμπτώματα που συνδέονται συνήθως με ανεπάρκεια αυτών των δύο μετάλλων. Τα σιτηρέσια που περιλαμβάνουν περισσότερο από 5 mg/kg μπορούν να προκαλέσουν μείωση της συγκέντρωσης του χαλκού στο ήπαρ. Τα σιτηρέσια μηρυκαστικών που περιέχουν περισσότερο από 30 mg/kg καδμίου έχουν προκαλέσει ανορεξία, μειωμένη ανάπτυξη, μειωμένη παραγωγή γάλακτος και άμβλωση. Επιπλέον, παρατηρήθηκε χρόνια δηλητηρίαση από κάδμιο σε μόσχους που λαμβάνουν καθημερινά 18 mg/kg ΣΒ, σε πρόβατα που λαμβάνουν καθημερινά 60 mg/kg ΣΒ για 137 ημέρες και σε χοίρους που λαμβάνουν καθημερινά 50 mg/kg ΣΒ για 42 ημέρες (Bampidis et al., 2013).

3.3. ΜΟΛΥΒΔΟΣ (Pb)

Ο μόλυβδος αποτελεί συνηθισμένη αιτία τυχαίας δηλητηρίασης στα ζώα εκμετάλλευσης, με τα επεισόδια τοξικότητας μολύβδου στα βοοειδή να είναι σχετικά συχνά λόγω της φυσικής τους περιέργειας να δοκιμάζουν τη γεύση από διάφορες επιφάνειες και να εμφανίζουν περίεργες διατροφικές συνήθειες (López-Alonso, 2012). Ο μόλυβδος επηρεάζει ουσιαστικά κάθε σύστημα στο σώμα των ζώων, συμπεριλαμβανομένου του αίματος, του καρδιαγγειακού, του νεφρικού, του ενδοκρινικού, του γαστρεντερικού, του μυοσκελετικού, του ανοσοποιητικού, καθώς και του αναπαραγωγικού συστήματος (Bampidis et al., 2013). Τα χαμηλά επίπεδα έκθεσης σε μόλυβδο προκαλούν μικρές καρδιαγγειακές, αιματολογικές και νευροαναπτυξιακές μεταβολές. Τα υψηλότερα επίπεδα έκθεσης προκαλούν νεφρικές, γαστρεντερικές, ηπατικές και ανοσολογικές διαταραχές (NRC, 2005). Ωστόσο, ο πιο κρίσιμος στόχος για το μόλυβδο φαίνεται να είναι το κεντρικό νευρικό σύστημα, ιδιαίτερα ο αναπτυσσόμενος εγκέφαλος, όπου μπορεί να προκαλέσει διαταραχές της γνωστικής ανάπτυξης και των πνευματικών επιδόσεων στις μικρές ηλικίες ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης. Επιπλέον, ο ανόργανος μόλυβδος ταξινομείται ως καρκινογόνος από τη Διεθνή υπηρεσία έρευνας για τον καρκίνο (Bampidis et al., 2013).

Η απορρόφηση μολύβδου από το γαστρεντερικό σωλήνα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του ξενιστή και από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του απορροφούμενου υλικού. Τα ενήλικα μηρυκαστικά απορροφούν 3-10% του προσλαμβανόμενου μολύβδου, ενώ τα αυξημένα επίπεδα ασβεστίου, φωσφόρου, σιδήρου, ψευδαργύρου, λίπους και πρωτεΐνης μειώνουν την απορρόφηση και τη συγκράτηση μολύβδου. Τα νεαρά ζώα τείνουν

να είναι πιο επιρρεπή σε δηλητηρίαση από τους ενήλικες, επειδή έχουν υψηλότερο ποσοστό απορρόφησης μολύβδου (90% έναντι 10%). Ο μολύβδος που περιέχει μεταλλικές πρωτεΐνες και πεπτίδια μεταφέρεται στη συνέχεια σε μαλακούς ιστούς (κυρίως ήπαρ και νεφρά) και στα οστά, όπου συσσωρεύεται με τα χρόνια. Από το σκελετό, απελευθερώνεται σταδιακά πίσω στη ροή του αίματος, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια φυσιολογικών ή παθολογικών περιόδων απομεταλλώσεως των οστών όπως η εγκυμοσύνη, η γαλουχία και η οστεοπόρωση, ακόμη και αν η έκθεση στο μολύβδο έχει σταματήσει. Τα συμπληρώματα ασβεστίου και φωσφόρου καθυστερούν την απελευθέρωση μολύβδου από το σκελετό όταν η έκθεση σε μολύβδο έχει παύσει. Επιπλέον, ο μολύβδος μπορεί να μεταφερθεί από τη μητέρα στο έμβρυο μέσω της μήτρας και στα νεογέννητα μέσω της γαλουχίας. Απεκκρίνεται κυρίως στα ούρα και τα κόπρανα, ενώ οι χρόνοι ημιζωής για το μολύβδο στο αίμα και στα οστά είναι περίπου 30 ημέρες και 10 έως 30 έτη αντίστοιχα (Bampidis et al., 2013).

Το NRC των ΗΠΑ ανέφερε ότι παρατηρήθηκε επιβράδυνση της ανάπτυξης, διαταραγμένος μεταβολισμός του σιδήρου, αναιμία και διαταραχή του μεταβολισμού των λιπιδίων σε ζώα που έλαβαν τροφές που περιείχαν μολύβδο < 200 mg/kg ΞΟ, υποδηλώνοντας ότι ο μολύβδος αποτελεί βασικό στοιχείο.

Η μέγιστη περιεκτικότητα σε μολύβδο σε πλήρεις ζωοτροφές έχει καθοριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση σε 5 mg/kg σε ζωοτροφή με ποσοστό υγρασίας 12% για όλα τα ζωικά είδη. Επιπλέον, το μέγιστο ανεκτό επίπεδο για τα βοοειδή και τα πρόβατα καθορίστηκε σε 100 mg/kg ΣΒ, ενώ μια εφάπαξ δόση μολύβδου 200 mg/kg ΣΒ είναι θανατηφόρα για τα βοοειδή (Bampidis et al., 2013).

Στα μηρυκαστικά, τα 250 mg /kg μολύβδου στο σιτηρέσιό τους, μπορούν να γίνουν ανεκτά για αρκετούς μήνες χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στην απόδοση. Ωστόσο, τα επίπεδα μολύβδου στα νεφρά και τα οστά προκαλούν ανησυχία εάν καταναλώνονται από τον άνθρωπο. Στους χοίρους, τα 25 mg/kg ΞΟ οξικού μολύβδου οδηγούν σε μειωμένη ανάπτυξη, αλλά δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για τον καθορισμό μέγιστης ανεκτής δόσης σε αυτό το είδος. Τα πτηνά παρουσιάζουν μικρές αλλά σημαντικές μεταβολές στην ανάπτυξη και την παραγωγή των αυγών με την προσθήκη 1 mg/kg ΞΟ οξικού μολύβδου, ενώ 0,5 mg/kg υψηλής διαλυτής πηγής μολύβδου φαίνεται να είναι η μέγιστη ανεκτή δόση για χρόνια έκθεση όταν τα επίπεδα ασβεστίου στη διατροφή είναι χαμηλά. Ωστόσο, όταν τα επίπεδα ασβεστίου στη διατροφή είναι υψηλά, είναι αποδεκτά 100 mg μολύβδου/kg ΞΟ. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι τα προαναφερθέντα ανώτατα ανεκτά επίπεδα αφορούν πηγές

υψηλής διαθεσιμότητας, όπως ο οξικός μόλυβδος, επομένως τα ζώα είναι πιθανό να είναι σε θέση να αντέξουν υψηλότερα επίπεδα πολλών άλλων πηγών μολύβδου (López-Alonso, 2012).

3.4. ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ (Hg)

Μόλις απελευθερωθεί στο περιβάλλον, ο υδράργυρος υφίσταται μια σειρά πολύπλοκων χημικών και φυσικών μετασχηματισμών καθώς περιστρέφεται μεταξύ της ατμόσφαιρας, της γης και του νερού. Οι άνθρωποι, τα φυτά και τα ζώα εκτίθενται συνήθως στον υδράργυρο και το συσσωρεύουν κατά τη διάρκεια αυτού του κύκλου, πιθανώς με αποτέλεσμα μια ποικιλία επιπτώσεων στην υγεία. Η τοξικότητα και η τοξικοκινητική του υδραργύρου σε ζώα και ανθρώπους εξαρτάται από τη χημική του μορφή (Bampidis et al., 2013).

Ο κίνδυνος για την υγεία των ζώων από τη διατροφική έκθεση σε υδράργυρο είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, διότι οι περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα κατάλοιπα υδραργύρου στις ζωοτροφές δίνονται ως συνολικές συγκεντρώσεις υδραργύρου και ο μεθυλδράργυρος είναι η μορφή της μεγαλύτερης τοξικολογικής ανησυχίας (López-Alonso, 2012). Ωστόσο, ο στοιχειακός υδράργυρος είναι πτητικός και απορροφάται κυρίως μέσω της αναπνευστικής οδού (80%), ενώ η απορρόφησή του μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα είναι αμελητέα. Η γαστρεντερική απορρόφηση ανόργανου υδραργύρου κυμαίνεται μεταξύ 10 - 30% και μετά την απορρόφηση, ενώ παράλληλα κατανέμεται κυρίως στα νεφρά (κατά 60 - 90%) και, σε μικρότερο βαθμό, στο ήπαρ. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το ήπαρ και τα νεφρά είναι τα δύο κύρια όργανα για την εναπόθεση ανόργανου υδραργύρου στα ψάρια και η κρίσιμη επίδρασή του είναι η νεφρική βλάβη (Bampidis et al., 2013).

Οι κύριες πηγές υδραργύρου είναι τα θαλάσσια προϊόντα στα οποία η κυρίαρχη μορφή είναι ο μεθυλδράργυρος. Στα ζώα, όπως και στον άνθρωπο, ο μεθυλδράργυρος και τα άλατά του απορροφώνται εύκολα στη γαστρεντερική οδό (>80%) και στη συνέχεια, ο απορροφημένος μεθυλδράργυρος κατανέμεται ευρέως σε όλους τους ιστούς, αν και η μεγαλύτερη εναπόθεση εμφανίζεται στα νεφρά. Ο στοιχειακός και ο μεθυλδράργυρος, σε αντίθεση με τον ανόργανο υδράργυρο, μπορούν να διασχίσουν τους αιμοτοεγκεφαλικούς φραγμούς καθώς και τον πλακουντιακό φραγμό. Κατά συνέπεια, το νευρικό σύστημα είναι ο πρωταρχικός στόχος τοξικότητας σε ζώα και ανθρώπους. Ο υδράργυρος σχετίζεται με τις ομάδες σουλφυδρυλίου και τα πλούσια σε κυστεΐνη μόρια όπως η μεταλλοθειονίνη, από την

οποία μπορεί να αλληλεπιδράσει με τον μεταβολισμό του ψευδαργύρου και του καδμίου. Οι οργανικοί ρύποι υδραργύρου που εισέρχονται στο σώμα των ζώων μετατρέπονται σε Hg^{++} με διάσπαση του δεσμού άνθρακα-υδραργύρου, με επακόλουθο μεταβολισμό μέσω του κύκλου οξειδωσης / αναγωγής. Αυτό συμβαίνει στη μεγάλη κοιλία και στο έντερο, όπου υπάρχει βακτηριακή χλωρίδα, αλλά και στα ερυθρά αιμοσφαίρια και τους ιστούς. Ωστόσο, ο ρυθμός απομεθυλίωσης είναι γενικά πολύ αργός (Bampidis et al., 2013).

Η κύρια οδός απέκκρισης του ανόργανου υδραργύρου είναι μέσω των ούρων, των περιττωμάτων (80%), του γάλακτος (0,2%) και της εκπνοής ως στοιχειακός υδράργυρος. Ο χρόνος ημίσειας ζωής του απορροφούμενου Hg^{++} είναι περίπου 40 ημέρες σε ανθρώπους και 78 ημέρες σε αίγες. Το μεγαλύτερο μέρος της απέκκρισης του μεθυλδράργυρου είναι μέσω της οδού των κοπράνων μέσω της χολής (περίπου 90%), ενώ το γάλα (1,2%), το αυγό (<1%), το σάλιο, ο ιδρώτας, τα μαλλιά και τα φτερά έχουν αναγνωριστεί ως άλλες οδοί αποβολής. Μεγάλο μέρος του μεθυλδράργυρου που απεκκρίνεται στη χολή απορροφάται στο έντερο, προκαλώντας εντεροηπατική κυκλοφορία μεθυλδράργυρου. Ο μεθυλδράργυρος, ωστόσο, οφείλεται στην απομεθυλίωση που έχει υποστεί το σώμα (στα ερυθρά αιμοσφαίρια και τους ιστούς) και στην αποσύνθεση που έχει υποστεί η βακτηριακή χλωρίδα της μεγάλης κοιλίας και του εντέρου, και συνεπώς η μετατροπή του σε ανόργανο υδράργυρο, ο οποίος όπως ήδη αναφέρθηκε απορροφάται μόνο κατά 10-30% από το γαστρεντερικό σωλήνα, εκκρίνεται τελικά από το σώμα. Ο χρόνος ημίσειας ζωής του μεθυλδράργυρου είναι περίπου 60-80 ημέρες σε ανθρώπους, 22 ημέρες σε αίγες, 4-49 ημέρες σε πτηνά και 202-516 ημέρες σε ψάρια (Bampidis et al., 2013).

Η τοξικότητα στον υδράργυρο δεν είναι συχνή. Ωστόσο, όταν συμβαίνει αυτό, ο υδράργυρος επηρεάζει σχεδόν κάθε σύστημα στο σώμα των ζώων, συμπεριλαμβανομένων νεφρικών, νευρικών, γαστρεντερικών, αναπνευστικών και μυοσκελετικών συστημάτων, ενώ η έκθεση στον υδράργυρο έχει συσχετιστεί με καρκινογένεση και τερατογένεση. Ο υδράργυρος είναι επίσης εμβρυοκτόνος. Σε ανθρώπους και ζώα, έχουν παρατηρηθεί επιδράσεις στη νευρολογική ανάπτυξη σε παιδιά και έμβρυα μητέρων που εκτέθηκαν σε μεθυλδράργυρο στη διατροφή τους. Οι οργανικές ενώσεις υδραργύρου επηρεάζουν κυρίως το νευρικό σύστημα και τα κλινικά συμπτώματα είναι παρόμοια με εκείνα που παρατηρούνται σε μοσχάρια με πολιοεγκεφαλομαλακία: αδιαθεσία, συντονισμός, προοδευτική τύφλωση και σπασμοί. Επίσης, ζώα δηλητηριασμένα από οργανικές ενώσεις υδραργύρου δεν αποκρίνονται στη θειαμίνη (Bampidis et al., 2013).

Η μέγιστη περιεκτικότητα σε υδράργυρο σε πλήρεις ζωοτροφές έχει οριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση σε 0,1 mg/kg σε ζωοτροφή με ποσοστό υγρασίας 12% για όλα τα είδη ζώων, 0,2 mg/kg για ψάρια και 0,3 mg/kg για σκύλους, γάτες και γουνοφόρα ζώα. Τα πιο ευαίσθητα είδη κατοικίδιων ζώων στην τοξικότητα του μεθυλδράργυρου είναι οι γάτες και τα μινκ, ενώ τα νεογέννητα ζώα (μοσχάρια, κοτόπουλα) είναι πιο ευαίσθητα σε δηλητηρίαση από μεθυλδράργυρο σε σύγκριση με τα ενήλικα. Το NRC των ΗΠΑ ανέφερε ότι στα βοοειδή η προτεινόμενη μέγιστη ανεκτή συγκέντρωση διαιτητικού υδραργύρου σε οργανική ή ανόργανη μορφή είναι 2 mg/kg (Bampidis et al., 2013). Τα γουνοφόρα ζώα φαίνεται να είναι σε θέση να ανεχθούν τα μέγιστα επίπεδα που ορίζονται για τον ολικό υδράργυρο σε πλήρεις ζωοτροφές, δεν μπορεί να αποκλειστεί παρά όλα αυτά η πιθανότητα πως η εκτεταμένη χρήση εντοσθίων από ψάρια ή άλλα θαλάσσια ζώα θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε νευροτοξικές επιδράσεις σε αυτό το είδος. Για τα άλλα είδη χερσαίων ζώων και τα πτηνά, οι συγκεντρώσεις υδραργύρου που απαντώνται συνήθως στις ζωοτροφές είναι πολύ χαμηλότερες από το επίπεδο κινδύνου για κλινική τοξικότητα (Kochare and Tamir, 2015). Επιπλέον, ο χλωριούχος υδράργυρος ($HgCl_2$) είναι εξαιρετικά επιβλαβής, η τοξική δόση για άλογα και βοοειδή είναι περίπου 8 g και για τα πρόβατα 4 g, ενώ ένα επίπεδο 6 mg/kg οργανικού υδραργύρου έχει καταγραφεί ως αιτία θανάτου σε χοίρους εντός 5 ημερών. Είναι επίσης γνωστό, ότι η προσθήκη σεληνίου ή βιταμίνης E στη διατροφή παρέχει κάποια προστασία έναντι της τοξικότητας στον υδράργυρο (Bampidis et al., 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι το μόνο κυβερνητικό όργανο που έχει έναν ολοκληρωμένο κανόνα σχετικά με τις μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις ή επίπεδα στις ζωοτροφές και τα τρόφιμα (López-Alonso, 2012). Επίσης, περιγράφονται διαδικασίες για τον έλεγχο της παρουσίας των ανεπιθύμητων ουσιών όπως για παράδειγμα τον αριθμό των δειγμάτων που πρέπει να ληφθούν (Adamse et al., 2017).

Ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 882/2004 της Ευρωπαϊκής Ένωσης προβλέπει κανόνες για τους επίσημους ελέγχους που πρέπει να διενεργούνται για να εξακριβωθεί η συμμόρφωση με τη νομοθεσία περί ζωοτροφών και τροφίμων, καθώς και κανόνες για την υγεία και καλή διαβίωση των ζώων (ΕΚ, αριθ. 882/2004).

Σύμφωνα με τον παρόντα κανονισμό, κάθε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης καταρτίζει πολυετές πρόγραμμα ελέγχου για ζωοτροφές και πρώτες ύλες ζωοτροφών. Το πρόγραμμα υποδεικνύει τον έλεγχο των υλικών των ζωοτροφών και των συνδυασμών των ανεπιθύμητων ουσιών, καθώς και τη συχνότητα με την οποία θα εφαρμόζονται τα όργανα ελέγχου. Πέραν της ευρωπαϊκής ή εθνικής παρακολούθησης των ζωοτροφών και των πρώτων υλών των ζωοτροφών, οι εταιρείες παραγωγής ζωοτροφών έχουν τα δικά τους προγράμματα ελέγχου για τους ρύπους. Για την κατάρτιση τέτοιων προγραμμάτων ελέγχου, με βάση μια προσέγγιση βασισμένη στον κίνδυνο, είναι απαραίτητο να έχουμε μια εικόνα για την παρουσία και το επίπεδο των προσμείξεων σε κάθε μία από τις πρώτες ύλες ζωοτροφών και τις ζωοτροφές (Adamse et al., 2017).

Η οδηγία της ΕΕ 2002/32 / ΕΚ της 7ης Μαΐου 2002 σχετικά με τις ανεπιθύμητες ουσίες στις ζωοτροφές καθόρισε τα ανώτατα επίπεδα αρσενικού, καδμίου, μολύβδου και υδραργύρου σε ορισμένες ζωοτροφές που καλύπτουν πρώτες ύλες ζωοτροφών φυτικής, ζωικής και ορυκτής προέλευσης, πρόσθετα, προμείγματα, πλήρεις και συμπληρωματικές ζωοτροφές. Συνοπτικές πληροφορίες παρουσιάζονται στη συνέχεια στον Πίνακα 4.1. (Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Τα κριτήρια για τη δειγματοληψία, την επεξεργασία δειγμάτων και τις μεθόδους ανάλυσης για τον επίσημο έλεγχο των μέγιστων επιπέδων αυτών των μετάλλων καθορίζονται με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 333/2007 της Επιτροπής, της 28ης Μαρτίου

2007. Η επιτήρηση καταλοίπων χημικών στοιχείων σε τρόφιμα ζώων καθορίζεται στην Οδηγία 96/23 / ΕΚ του Συμβουλίου.

Ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1881/2006 της Επιτροπής, της 19ης Δεκεμβρίου 2006, καθορίζει τα ανώτατα επίπεδα καδμίου και μολύβδου σε ορισμένα τρόφιμα και υδραργύρου σε προϊόντα ψαριών. Αυτές οι μέγιστες τιμές αναφέρονται στο συνολικό ποσό των αντίστοιχων στοιχείων, ενώ για το αρσενικό δεν έχει καθοριστεί ακόμη μέγιστο επίπεδο στα τρόφιμα.

Η ζωική παραγωγή καταλαμβάνει πολύ σημαντική θέση στη γεωργία και η επίτευξη ικανοποιητικών αποτελεσμάτων σε ό,τι αφορά τη δημόσια υγεία, την υγεία και ευζωία των ζώων, το περιβάλλον και την οικονομική κατάσταση των κτηνοτρόφων, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρησιμοποίηση ζωοτροφών ικανοποιητικής και κατάλληλης ποιότητας (Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Ο στόχος της νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τις ανεπιθύμητες ουσίες στη διατροφή των ζώων είναι να διασφαλίσει ότι οι ζωοτροφές τίθενται σε κυκλοφορία μόνο εάν είναι υγιούς, ανόθευτης και εμπορεύσιμης ποιότητας και, όταν χρησιμοποιούνται σωστά, δεν αντιπροσωπεύουν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, την υγεία των ζώων, το περιβάλλον και δεν επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγή των ζώων. Επιπλέον, υπάρχει ανάγκη για περιεκτική ρύθμιση για την υγιεινή, προκειμένου να διασφαλιστούν καλής ποιότητας ζωοτροφές σε μεμονωμένες εκμεταλλεύσεις ακόμη και όταν δεν παράγονται προς εμπορία (Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Επίσης, είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει έλεγχος και στην ποιότητα και ασφάλεια του νερού που καταναλώνουν τα ζώα, καθώς, βάσει του ορισμού των ζωοτροφών, μπορεί να θεωρείται ως ζωοτροφή, όμως δεν συμπεριλαμβάνεται στον κατάλογο των κυριότερων πρώτων υλών των ζωοτροφών για την κυκλοφορία και τη χρήση τους, που περιέχεται στην Οδηγία 96/25/ΕΚ του Συμβουλίου, της 29ης Απριλίου 1996 (Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Η πλήρης απουσία ανεπιθύμητων ουσιών, είναι πρακτικά αδύνατη, συνεπώς είναι πολύ σημαντικό να μειωθεί όσο το δυνατόν η περιεκτικότητά τους στα προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές. Η οξεία τοξικότητα, η βιοσωρευτικότητα και η αποδομησιμότητα των ουσιών, απαιτεί μεγάλη προσοχή ώστε να μην υπάρξουν ανεπιθύμητες και επιβλαβείς επιπτώσεις (Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Υπάρχει συνεχής εξέλιξη στις μεθόδους προσδιορισμού καταλοίπων ανεπιθύμητων ουσιών για να μπορούν να ανιχνεύονται ακόμη και ποσότητες αμελητέας σημασίας για την υγεία των ζώων και του ανθρώπου (Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Πολύ σημαντικό στην τήρηση των κανονισμών, όσον αφορά τα προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές, είναι να εφαρμόζονται εξίσου στις σύνθετες ζωοτροφές, ενώ παράλληλα η καθοριζόμενη μέγιστη περιεκτικότητα ισχύει κατά κανόνα από την ημερομηνία κατά την οποία τίθενται σε κυκλοφορία ή χρησιμοποιούνται τα προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές σε όλα τα στάδια και ιδίως από την ημερομηνία εισαγωγής τους (Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Επίσης, σε περίπτωση υπέρβασης των επιτρεπόμενων ορίων, θα πρέπει να διεξάγονται έρευνες για τον εντοπισμό των πηγών των ανεπιθύμητων ουσιών και να λαμβάνονται μέτρα για την περιστολή ή εξάλειψη αυτών των πηγών (Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Σύμφωνα με την οδηγία 2002/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 7ης Μαΐου 2002 τα επίσημα όρια του Αρσενικού, του Καδμίου, του Μολύβδου και του Υδραργύρου ανά ομάδα ζωοτροφών είναι τα εξής:

Πίνακας 4.1. Ανώτατα όρια περιεκτικότητας σε Αρσενικό, Κάδμιο, Μόλυβδο και Υδράργυρο στις ζωοτροφές (Πηγή: Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Ανεπιθύμητες ουσίες	Προϊόντα προοριζόμενα για ζωοτροφές	Μέγιστη περιεκτικότητα, σε mg/kg (ppm), σε ζωοτροφή με ποσοστό υγρασίας 12%
1. Αρσενικό	Πρώτες ύλες ζωοτροφών, εξαιρέσει των:	2
	<ul style="list-style-type: none"> αλεύρων αποξηραμένου χόρτου, μηδικής και τριφυλλιού, καθώς επίσης και αποξηραμένου πολτού ζαχαρότευτλων με προσθήκη μελάσας. 	4
	<ul style="list-style-type: none"> φωσφορικών αλάτων και ζωοτροφών από την επεξεργασία ιχθύων ή άλλων θαλάσσιων ζώων 	10
	Πλήρεις ζωοτροφές εξαιρέσει των:	2
	<ul style="list-style-type: none"> πλήρων ιχθυοτροφών 	4
	Συμπληρωματικές ζωοτροφές εξαιρέσει των:	4
<ul style="list-style-type: none"> ανόργανων ζωοτροφών 	12	
2. Μόλυβδος	Πρώτες ύλες ζωοτροφών, εξαιρέσει των:	10

	<ul style="list-style-type: none"> • χλωράς νομής • φωσφορικών αλάτων • ζυμών 	40 30 5
	Πλήρεις ζωοτροφές	5
	Συμπληρωματικές ζωοτροφές εξαιρείται των:	10
	<ul style="list-style-type: none"> • ανόργανων ζωοτροφών 	30
3. Υδράργυρος	Πρώτες ύλες ζωοτροφών, εξαιρείται των:	0,1
	<ul style="list-style-type: none"> • ζωοτροφών προερχομένων από την επεξεργασία των ιχθύων ή άλλων θαλάσσιων ζώων 	0,5
	Πλήρεις ζωοτροφές εξαιρείται των:	0,1
	<ul style="list-style-type: none"> • πλήρων ζωοτροφών για σκύλους και γάτες 	0,4
	Συμπληρωματικές ζωοτροφές εξαιρείται των:	0,2
	<ul style="list-style-type: none"> • συμπληρωματικών ζωοτροφών για σκύλους και γάτες 	
4. Κάδμιο	Πρώτες ύλες ζωοτροφών φυτικής προέλευσης	1
	Πρώτες ύλες ζωοτροφών ζωικής προέλευσης εξαιρείται των:	2
	<ul style="list-style-type: none"> • ζωοτροφών για οικιακά ζώα 	
	Φωσφορικά άλατα	10 ⁽³⁾
	Πλήρεις ζωοτροφές για βοοειδή και αιγοπρόβατα εξαιρείται των:	1
	<ul style="list-style-type: none"> • πλήρων ζωοτροφών για μόσχους και αμνοερίφια 	
	Λοιπές πλήρεις ζωοτροφές εξαιρείται των:	0,5
	<ul style="list-style-type: none"> • ζωοτροφών για οικιακά ζώα 	
	Οργανικές ζωοτροφές	5 ⁽⁴⁾
	Λοιπές συμπληρωματικές ζωοτροφές για βοοειδή και αιγοπρόβατα	0,5

Προκειμένου να μειωθούν ή να εξαλειφθούν πηγές ανεπιθύμητων ουσιών προϊόντων που προορίζονται για ζωοτροφές, τα κράτη μέλη, σε συνεργασία με οικονομικούς φορείς,

διενεργούν έρευνες για τον εντοπισμό των πηγών ανεπιθύμητων ουσιών, σε περιπτώσεις όπου υπάρχει υπέρβαση των μέγιστων επιπέδων και σε περιπτώσεις όπου ανιχνεύονται αυξημένα επίπεδα τέτοιων ουσιών, λαμβάνοντας υπόψη τα επίπεδα του περιβάλλοντος (Οδηγία 2002/32/ΕΚ).

Τέλος, μία σημαντική τροποποίηση που εισήγαγε και έχει ήδη αναφερθεί, είναι η οδηγία 2002/32 / ΕΚ είναι ότι απαγορεύει την αραίωση μολυσμένων πρώτων υλών ζωοτροφών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΣΤΙΣ ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ

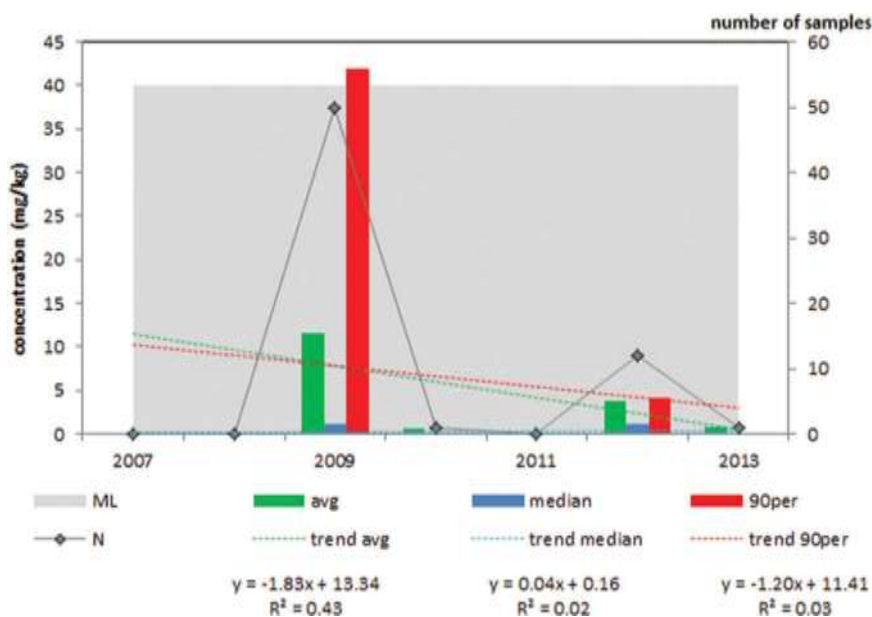
Σύμφωνα με την μελέτη των Adamse et al. (2017), η οποία αποσκοπούσε στην απόκτηση γνώσεων σχετικά με την παρουσία αρσενικού, καδμίου, μολύβδου και υδραργύρου στις ζωοτροφές που χρησιμοποιούνται στις Κάτω Χώρες, τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό προτεραιοτήτων για τα εθνικά σχέδια παρακολούθησης. Η έμφαση δίνεται στη συμμόρφωση με τα ανώτατα όρια που έχουν τεθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τις συγκεντρώσεις στο παρελθόν και τις πιθανές τάσεις με την πάροδο του χρόνου. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το ολλανδικό πρόγραμμα παρακολούθησης των ζωοτροφών και από τους εκπροσώπους της βιομηχανίας των ζωοτροφών κατά την περίοδο 2007-2013. Τα δεδομένα κάλυπταν ποικίλες πρώτες ύλες ζωοτροφών και σύνθετες ζωοτροφές στις κάτω χώρες και ερευνήθηκαν οι τάσεις στο ποσοστό των δειγμάτων που υπερέβησαν το ανώτατο όριο που ορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, καθώς και οι τάσεις των συγκεντρώσεων μέσω των τιμών, διαμέσων και 90^{ου} εκατοστημορίου κάθε στοιχείου (Adamse et al., 2017).

Βάσει των αποτελεσμάτων, η παρακολούθηση θα πρέπει να επικεντρώνεται στην πρώτη ύλη ζωοτροφών ορυκτής προέλευσης, θαλάσσιας προέλευσης (ιδίως στα ιχθυάλευρα και τα φύκια), καθώς και στις πρόσθετες ύλες ζωοτροφών που ανήκουν στις λειτουργικές ομάδες των ιχνοστοιχείων (ιδίως χαλκό, οξείδιο του ψευδαργύρου και οξείδιο του μαγγανίου για αρσενικό) και στα συνδεδετικά και αντιπηκτικά μέσα. Τα συνδεδετικά μυκοτοξίνης είναι μία νέα ομάδα πρόσθετων ζωοτροφών που χρειάζονται επίσης προσοχή. Για τις συμπληρωματικές ζωοτροφές είναι σημαντικό να γίνει σωστή διάκριση μεταξύ ορυκτών και μη ορυκτών ζωοτροφών επειδή τα ανώτατα όρια στην τελευταία ομάδα είναι συνήθως χαμηλότερα. Στα προϊόντα που περιείχαν φύκια, ένας σχετικά μεγάλος αριθμός δειγμάτων περιείχε συγκεντρώσεις αρσενικού που υπερέβαιναν το ανώτατο όριο. Οι καλλιέργειες ζωοτροφών, γενικά, δε χρειάζονται υψηλή προτεραιότητα στο πρόγραμμα παρακολούθησης, αν και για την παρουσία αρσενικού σε κάποιες καλλιέργειες χρειάζεται προσοχή (Adamse et al., 2017).

5.1. ΑΡΣΕΝΙΚΟ (As)

Μεταξύ του 2007 και του 2013, συνολικά 14 δείγματα (από τα 2.701) ξεπέρασαν το ανώτατο όριο. Για άλλα 828 δείγματα (πρόσθετα ζωοτροφών και προμείγματα) δεν εφαρμόστηκε ανώτατο όριο για το αρσενικό.

Δύο υποκατηγορίες προϊόντων κατατάχθηκαν με υψηλή προτεραιότητα. Το αλεύρι από φύκια και τα υλικά ζωοτροφών που παράγονται από τα φύκια (μέση συγκέντρωση 24% του ανώτατου ορίου, 11% υπερβαίνει το ανώτατο όριο (Σχήμα 5.1)). Τα φύκια τείνουν να συσσωρεύουν αρσενικό, ειδικά τα καστανά φύκια *S. fusiforme* είναι γνωστά για τη μεγάλη συγκέντρωση αρσενικού (Makkar et al., 2016). Δεδομένου ότι τα περισσότερα από τα δείγματα ζωοτροφών από φύκια (50 από τα 64) ελήφθησαν το 2009 δε μπορεί να προσδιοριστεί καμία τάση. Η άλλη κατηγορία υψηλής προτεραιότητας είναι τα πρόσθετα ζωοτροφών θειικού χαλκού, ανθρακικού χαλκού, τριϋδροξειδίου χλωριούχου χαλκού και ανθρακικού σιδήρου (μόνο ο θειϊκός χαλκός έχει ελεγχθεί σε αυτή τη μελέτη με μέση συγκέντρωση 45% του ανώτατου ορίου και με το 5,4% να υπερβαίνει το ανώτατο όριο). Ο θειϊκός χαλκός παράγεται από βιομηχανικά παραπροϊόντα με υψηλό κίνδυνο εμφάνισης επικίνδυνων ουσιών όπως το αρσενικό (Wang 2014) και δεν ήταν δυνατό να εντοπιστεί σημαντική τάση (Adamse et al., 2017).



Σχήμα 5.1. Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση αρσενικού σε φύκια και υλικά ζωοτροφών που προέρχονται από φύκια 2007–13, N = 64, ML = 40 mg kg⁻¹, (Adamse et al., 2017).

Πολλές κατηγορίες προϊόντων κατατάχθηκαν ως μεσαία προτεραιότητα. (Πίνακας 5.1.) Ορισμένες επειδή υπήρχαν πέντε ή περισσότερες κοινοποιήσεις RASFF σχετικά με αυτή την ομάδα προϊόντων, δηλαδή πρώτες ύλες ζωοτροφών με ανώτατο όριο 2 mg kg^{-1} (6 κοινοποιήσεις) και πλήρεις ζωοτροφές για ζώα συντροφιάς (9 κοινοποιήσεις). Άλλες, επειδή η μέση συγκέντρωση αρσενικού ήταν υψηλότερη από το 20% του ανώτατου ορίου, δηλαδή φωσφορικά και ασβεστούχα θαλάσσια φύκια (μέση συγκέντρωση 21% ανώτατου ορίου) και οξείδιο ψευδαργύρου (32% ανώτατου ορίου). Μια τρίτη ομάδα έδειξε σημαντική αύξηση της μέσης συγκέντρωσης αρσενικού ορυκτών και συνδετικών ζωοτροφών μεταξύ 2007 και 2013. Για τις ουσίες που χρησιμοποιούνται ως συνδετικά μέσα (δηλ. πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν στις λειτουργικές ομάδες συνδετικών και αντιπηκτικών) δεν υπάρχει ανώτατο όριο (RASFF, 2011).

Πίνακας 5.1. Περίληψη της αξιολόγησης του αρσενικού σε ζωοτροφές και πρώτες ύλες ζωοτροφών μεταξύ 2007 και 2013, (Adamse et al., 2017).

Προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές	ΑΟ (mg kg ⁻¹)	N (2007-13)	Μέση Τιμή (% του ΑΟ)	% > ΑΟ (ML)	Μέση τάση (R ²)	RASFF (2007-13)	Προτεραιότητα
Προϊόντα ζωοτροφών, με εξαίρεση:	2	1188	3	0	0 (0.00)	6	II
ζωοτροφή φτιαγμένη από χόρτο, αποξηραμένη λουκέρνη, αποξηραμένο τριφύλλι, αποξηραμένο πολτό ζαχαρότευτλων και αποξηραμένη μελάσα	4	122	14	0	0 (0.25)	0	III
palm kernel expeller	4	64	11	0	- (0.85)	4	III
φωσφορικά άλατα και ασβεστολιθικά θαλάσσια φύκια	10	91	21	0	0 (0.15)	1	II
ανθρακικό ασβέστιο, ασβέστιο και ανθρακικό μαγνήσιο	15	106	11	0	0 (0.12)	0	III
οξείδιο του μαγνησίου, ανθρακικό μαγνήσιο	20	41	8	0	0 (0.01)	1	III
ψάρια, άλλα υδρόβια ζώα και προϊόντα που προέρχονται από αυτά	25	232	12	0.4	0 (0.05)	2	III
φύκια και υλικά ζωοτροφών που προέρχονται από φύκια	40	64	24	11	_c	1	I
Συμπληρωματικές ζωοτροφές, με εξαίρεση:	4	6	9	0	_c	1	III
ζωοτροφές ορυκτών	12	438	8	0	+ (0.84)	1	II
συμπληρωματική τροφή για ζώα συντροφιάς που περιέχουν ψάρια, υδρόβια ζώα και προϊόντα που προέρχονται από αυτά, φύκια και υλικά ζωοτροφών που	10	0	n.a.	n.a.	n.a.	0	III

προέρχονται από φύκια							
Πλήρεις ζωοτροφές, με εξαίρεση:	2	189	8	1.1	0 _(0.01)	0	III
πλήρεις ζωοτροφές για ψάρια και γούνοφόρα ζώα	10	3	1	0	0 ^c	1	III
πλήρεις ζωοτροφές για ζώα συντροφιάς	2	48	7	2	0 ^c	9	II
πλήρεις ζωοτροφές για ζώα συντροφιάς που περιέχουν ψάρια, υδρόβια ζώα και προϊόντα που προέρχονται από αυτά, φύκια και υλικά ζωοτροφών που προέρχονται από φύκια	10	8	0	0	0 ^c	3	III
Πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν σε διάφορες ενώσεις ιχνοστοιχείων με εξαίρεση:	30	69	11	1.4	0 _(0.01)	0	III
πενταένυδρο θειικό χαλκό, ανθρακικό χαλκό, τριϋδροξείδιο του χλωριούχου, ανθρακικό σιδήρου	50	37	45	5.4	0 _(0.20)	1	I
οξείδιο του ψευδαργύρου	100	45	32	0	0 ^c	1	II
Πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν σε συνδετικά και αντιπηκτικά μέσα	No ML	209	n.a.	n.a.	+ ^a (0.80)	0	II
Πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν σε βιταμίνες και προβιταμίνες	No ML	80	n.a.	n.a.	0 _(0.01)	0	III
Άλλα πρόσθετα ζωοτροφών	No ML	72	n.a.	n.a.	0 _(0.11)	0	III
Προμείγματα	No ML	466	n.a.	n.a.	0 _(0.00)	0	III

Σημειώσεις: aΔιάμεσος και/ή bP90 αυξήθηκαν σημαντικά.

cΔεν είναι αρκετά χρόνια για αξιόπιστη ανάλυση τάσεων.

dΔεν ήταν πάντα σίγουρο αν περιείχε ψάρια.

eH κατηγορία περιλαμβάνει οξείδιο του μαγγανίου και οξείδιο του χαλκού, αλλά δεν υπάρχουν διαθέσιμα δείγματα από αυτό το προϊόν στην παρούσα μελέτη.

Στις πρώτες ύλες ζωοτροφών με ανώτατο όριο 2 mg kg⁻¹ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις που αναφέρθηκαν ήταν 1,6 mg kg⁻¹ σε φυτικές ζωοτροφές (2009) και 1,4 mg kg⁻¹ σε πράσινο αραβόσιτο (2007). Η μέση συγκέντρωση ήταν χαμηλή: 0,1 mg kg⁻¹, δηλαδή 3% του ανώτατου ορίου. Το σύστημα RASFF ανέφερε κοινοποιήσεις σχετικά με τα αποξηραμένα μήλα, τον πολτό ζαχαρότευτλων, το γλεύκος από ηλιόσπορους και τη μαγιά. Αυτή η κατηγορία φαίνεται να έχει κάποια περιστατικά, αλλά δεν φαίνεται να αποτελεί διαρθρωτικό πρόβλημα.

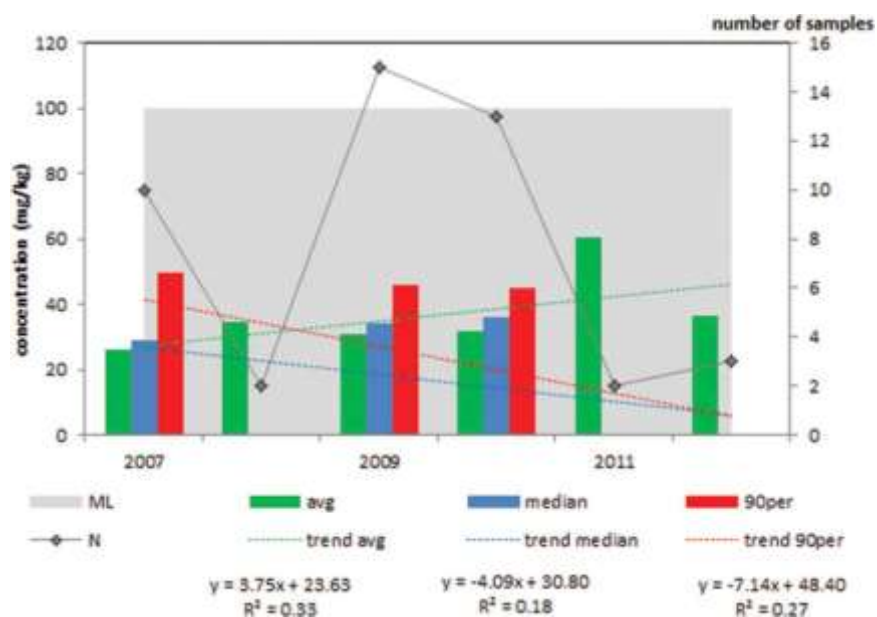
Για την κατηγορία των δειγμάτων πλήρων ζωοτροφών για ζώα συντροφιάς δεν ήταν πάντοτε σαφές εάν η ζωοτροφή περιείχε ψάρια, θαλάσσιους οργανισμούς ή φύκια. Το ανώτατο όριο για ζωοτροφές ζώων συντροφιάς χωρίς ψάρι, θαλάσσιους οργανισμούς ή

φύκια είναι 2 mg kg^{-1} , ενώ το ανώτατο όριο για ζωοτροφές με ψάρια, θαλάσσιους οργανισμούς και φύκια είναι 10 mg kg^{-1} . Το σύστημα RASFF ανέφερε εννέα κοινοποιήσεις σχετικά με το αρσενικό σε τροφές ζώων συντροφιάς, οι περισσότερες από τις οποίες είχαν συγκεντρώσεις κάτω των 10 mg kg^{-1} . Όπως και με τα δείγματα τροφίμων για ζώα συντροφιάς που περιέχουν υδράργυρο, οι περισσότερες κοινοποιήσεις περιλαμβάνουν ζωοτροφές από την Ταϊλάνδη το 2011 και το 2012 και τρεις αφορούσαν τα ψάρια (RASFF 2011, 2012). Μόνο πέντε δείγματα στην τρέχουσα ομάδα δεδομένων περιείχαν συγκεντρώσεις αρσενικού πάνω από το όριο ποσοτικοποίησης (LOQ) και τέσσερα από αυτά ήταν κάτω από 2 mg kg^{-1} . Ένα δείγμα από το 2013 περιείχε $4,7 \text{ mg kg}^{-1}$ και συνεπώς θα υπερέβαινε το ανώτατο όριο 2 mg kg^{-1} (η περιγραφή του προϊόντος δεν έδειξε παρουσία ψαριών ή φυκιών). Δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστούν οι τάσεις, αφού τα περισσότερα δείγματα ήταν από ένα έτος (Adamse et al., 2017).

Στην τρέχουσα μελέτη, το ιχθυάλευρο δεν φαίνεται να αποτελεί πρόβλημα όσον αφορά το αρσενικό, με μέση τιμή συγκεντρώσεων 12% του ανώτατου ορίου και με μόνο ένα δείγμα να υπερβαίνει το ανώτατο όριο. Για τις ιχθυοτροφές δεν έχουν ελεγχθεί δείγματα για την παρουσία αρσενικού σε αυτή την περίοδο (Adamse et al., 2017).

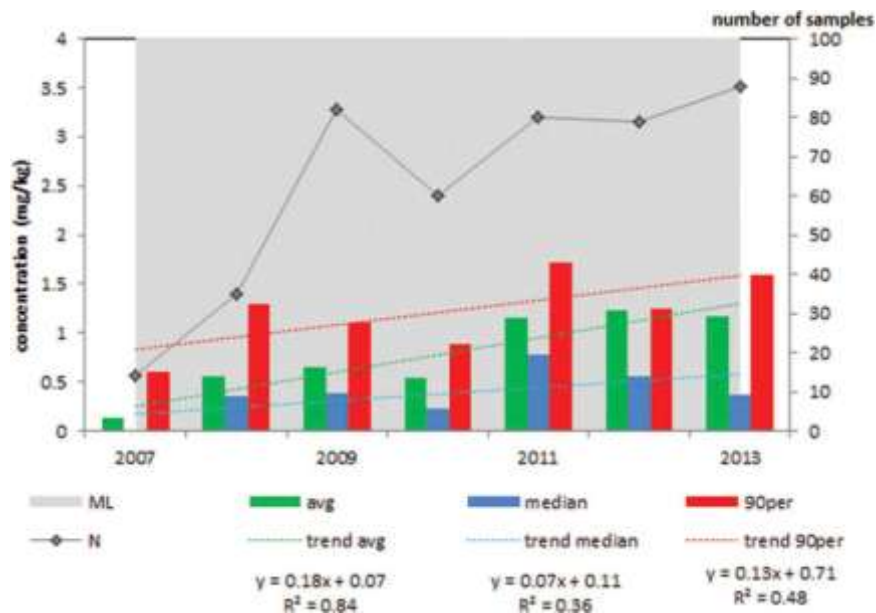
Στην κατηγορία πρώτων υλών ζωοτροφών, το φωσφορικό άλας και τα ασβεστολιθικά θαλάσσια φύκια είχαν μέση συγκέντρωση 21% του ανώτατου ορίου (10 mg kg^{-1}). Η μέση τιμή και η διάμεσος του αρσενικού αυξήθηκε σημαντικά μεταξύ 2009 και 2013. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο φωσφορικό μονοασβέστιο (η υψηλότερη συγκέντρωση ήταν $6,41 \text{ mg kg}^{-1}$ το 2011) αλλά και τα τρία δείγματα ασβεστολιθικών θαλάσσιων φυκών με συγκεντρώσεις περίπου 4 mg kg^{-1} συνέβαλαν επίσης σε αυτήν την αύξηση (Adamse et al., 2017).

Κανένα δείγμα οξειδίου ψευδαργύρου (Σχήμα 5.2) ή οξειδίου μαγγανίου δεν υπερβαίνει το ανώτατο όριο των 100 mg kg^{-1} , αλλά η μέση συγκέντρωση ήταν σχετικά υψηλή (32% του Ανώτατου Ορίου (ΑΟ), ενώ η υψηλότερη τιμή ήταν $74,4 \text{ mg kg}^{-1}$ σε οξείδιο ψευδαργύρου. Ο αριθμός των δειγμάτων μειώθηκε στο μηδέν το 2013, συνεπώς δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστούν τάσεις μεταξύ του 2007 και του 2013 (Adamse et al., 2017).



Σχήμα 5.2. Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση αρσενικού σε οξείδιο του ψευδαργύρου, 2007–12, N = 77, ML = 100 mg kg⁻¹, (Adamse et al., 2017).

Η μέση συγκέντρωση αρσενικού στις συμπληρωματικές ζωοτροφές ήταν χαμηλή (9% του ανώτατου ορίου) και κανένα δείγμα δεν υπερέβη το ανώτατο όριο (12 mg kg⁻¹), όπως και στα ορυκτά συμπληρώματα ζωοτροφών, όπου επίσης κανένα δείγμα δεν υπερέβη το ανώτατο όριο. Μερικά δείγματα (2,5%) περιείχαν συγκεντρώσεις άνω του 50% του ανώτατου ορίου. Αυτό αντιστοιχεί στη δήλωση της EFSA ότι τα ανόργανα συμπληρώματα δεν θεωρούνται γενικά ως σημαντικές πηγές αρσενικού (EFSA, 2005). Ωστόσο, η μέση συγκέντρωση, η διάμεσος και η 90η εκατοστιαία συγκέντρωση αρσενικού σε ορυκτές ουσίες ζωοτροφών αυξήθηκε σημαντικά (Σχήμα 5.3) (Adamse et al., 2017).



Σχήμα 5.3. Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση αρσενικού σε ζωοτροφές ορυκτών, 2007–2013, N = 438, ML = 12 mg kg⁻¹, (Adamse et al., 2017).

Δεν υπήρχε ανώτατο όριο για τα πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν στην ομάδα των συνδετικών και αντιπηκτικών παραγόντων. Η υψηλότερη συγκέντρωση που αναφέρθηκε ήταν 31 mg / mg σε ζεόλιθο. Τόσο η μέση συγκέντρωση, όσο και η διάμεσος αυξήθηκαν σημαντικά. Η αύξηση αυτή προκλήθηκε κυρίως από τον σεπιόλιθο (116 από τα 209 δείγματα) με μέση συγκέντρωση 6 mg kg⁻¹ (Adamse et al., 2017).

5.2. ΚΑΔΜΙΟ (Cd)

Σε αυτή τη μελέτη τα υλικά ζωοτροφών θαλάσσιας προέλευσης (ειδικά τα ιχθυάλευρα με μέση συγκέντρωση 34% του ΑΟ, με 2,9% να υπερβαίνει το ΑΟ) κατατάχθηκαν στην κατηγορία υψηλής προτεραιότητας (Πίνακας 5.2.). Οι συμπληρωματικές ζωοτροφές (μέση συγκέντρωση 41% του ΑΟ), οι πρώτες ύλες ζωοτροφών φυτικής προέλευσης (μέση συγκέντρωση 7% του ΑΟ, οι οποίες όμως αυξάνονται σημαντικά μεταξύ 2007 και 2013) και τα φωσφορικά άλατα (μέση συγκέντρωση 29% του ΑΟ) θεωρήθηκαν μέτρια προτεραιότητα. Για την πλειονότητα των κατηγοριών των ζωοτροφών, η προτεραιότητα θεωρήθηκε χαμηλή, έχοντας μέσες συγκεντρώσεις πολύ κάτω (δηλαδή <10%) των αντίστοιχων ΑΟ. Η περαιτέρω παρακολούθηση του καδμίου θα πρέπει να επικεντρώνεται κυρίως σε υλικά ζωοτροφών

ορυκτής προέλευσης (ιδίως φωσφορικά άλατα), ιχθυάλευρα και προϊόντα που περιέχουν ιχθυάλευρα (Adamse et al., 2017).

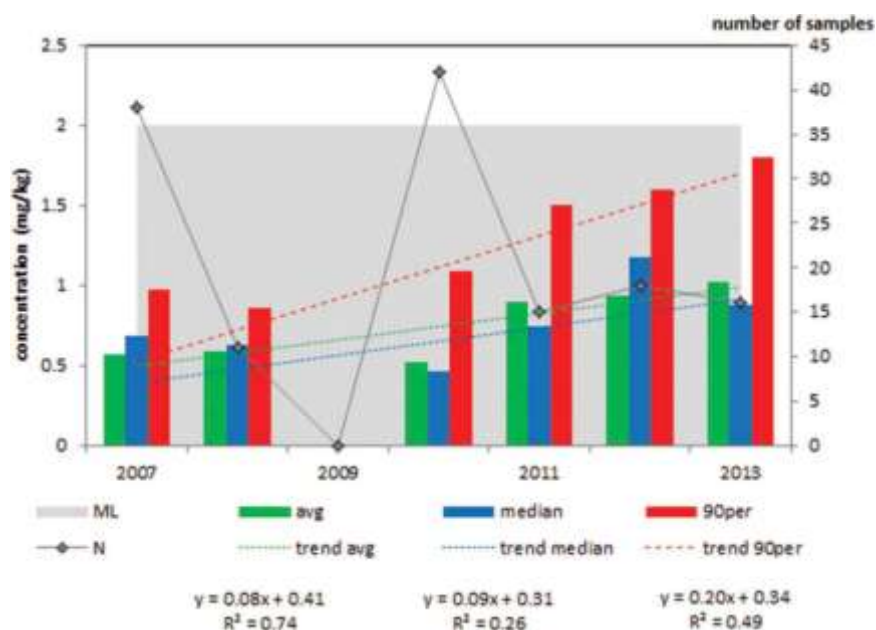
Πίνακας 5.2. Σύνοψη της αξιολόγησης του καδμίου σε ζωοτροφές και πρώτες ύλες ζωοτροφών μεταξύ 2007 και 2013, (Adamse et al., 2017).

Προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές	AO (mg kg ⁻¹)	N (2007-13)	Μέση Τιμή (% του AO)	% > AO (ML)	Μέση τάση (R ²)	RASFF (2007-13)	Προτεραιότητα
Συμπληρωματικές ζωοτροφές, με εξαίρεση ορυκτών ζωοτροφών και ζωοτροφών για κατοικίδια	0,5	5	41	0	0 ^c	2	II
υποσύνολο: συμπληρωματική ζωοτροφή για μηρυκαστικά	0,5	3	20	0	0 ^c	1	III
Συμπληρωματικές ζωοτροφές ορυκτών	5	436	6	0	-(0.49)	1	III
υποσύνολο: συμπληρωματική ζωοτροφή ορυκτών για μηρυκαστικά	5	320	6	0	-(0.49) ^{+ a,b} (0.67/0.43)	0	III
Συμπληρωματική τροφή για ζώα συντροφιάς	2	0	n.a.	n.a.	n.a.	0	III
Πλήρεις ζωοτροφές, με εξαίρεση:	0,5	57	8	4	0 (0.05)	0	II
Πλήρεις ζωοτροφές για βοοειδή (εκτός μόσχων), πρόβατα (εκτός από αρνιά), αίγες (εκτός από ερίφια) και ψάρια	1	1	4	0	-(1.00)	0	III
Πλήρεις ζωοτροφές για ζώα συντροφιάς	2	56	2	0	0 (0.00)	3	III
Προϊόντα ζωοτροφών θαλάσσιας προέλευσης	2	183	28	2	0 (0.01)	7	I
υποσύνολο: ιχθυάλευρο	2	139	34	2.9	+ ^b (0.74)	5	I
Προϊόντα ζωοτροφών φυτικής προέλευσης	1	668	7.	0	+ ^{a,b} (0.40)	1	II
Προϊόντα ζωοτροφών ορυκτής προέλευσης, με εξαίρεση το φωσφορικό αλάτι	2	203	9	1	0 (0.07)	2	III
υποσύνολο: ανθρακικό ασβέστιο	2	96	14	0	-(0.52)	1	III
Φωσφορικά	10	73	29	0	0 (0.00)	3	II
Προμείγματα	15	454	2	0	0 (0.01)	1	III
Πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν σε συνδετικά μέσα και αντικαρκινικούς παράγοντες	2	204	10	0.5	0 (0.01)	0	III
υποσύνολο: σепιόλιθος	2	116	13	1	0 (0.15)	0	III
Πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν σε διάφορες ενώσεις ιχνοστοιχείων με εξαίρεση:	10	100	12	0	0 (0.22)	5	III
οξείδιο του χαλκού, οξείδιο του μαγγανίου, ψευδάργυρος οξείδιο και θειικό μαγγάνιο μονοένυδρο	30	41	3	0	0 (0.04)	3	III
Πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν σε βιταμίνες και προβιταμίνες	No ML	80	n.a.	n.a.	0 (0.05)	0	III
Άλλα πρόσθετα ζωοτροφών	No ML	66	n.a.	n.a.	0 (0.06)	0	III

Σημειώσεις: ^aΔιάμεσος και ^bP90 αξιολογήθηκαν σημαντικά
^cΔεν είναι αρκετά χρόνια για αξιόπιστη ανάλυση τάσεων.

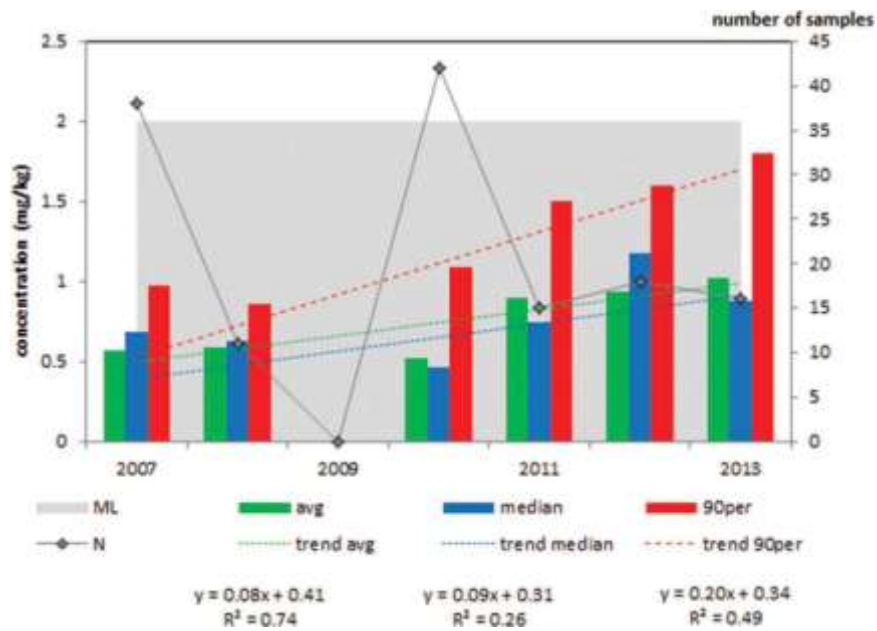
Όσον αφορά τις συμπληρωματικές ζωοτροφές, εξαιρουμένων των ορυκτών ζωοτροφών και των ζωοτροφών για κατοικίδια, ελήφθησαν μόνο πέντε δείγματα και έτσι δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν σχετικά συμπεράσματα (Adamse et al., 2017).

Η ομάδα υψηλής προτεραιότητας ήταν προϊόντα ζωοτροφών θαλάσσιας προέλευσης, ειδικά τα ιχθυάλευρα. Η παρουσία στοιχείων όπως το κάδμιο στο υδάτινο περιβάλλον προέρχεται από φυσικές (ηφαιστειακή δραστηριότητα, διάβρωση των βράχων) ή από ανθρωπογενείς πηγές όπως εξορυκτικές δραστηριότητες, αποτέφρωση αποβλήτων και γεωργική χρήση (Rajaganapathy et al., 2011, Amlund et al., 2012, López-Alonso, 2012). Η μεταφορά του καδμίου στα ψάρια είναι γενικά χαμηλή (Amlund et al. 2012), αλλά το RASFF ανέφερε πέντε περιστατικά με κάδμιο στο ιχθυάλευρο και επίσης η τρέχουσα μελέτη, καθώς και προηγούμενες (Adamse et al., 2009), δείχνουν ότι το κάδμιο σε πρώτες ύλες ζωοτροφών θαλάσσιας προέλευσης πρέπει να έχει υψηλή προτεραιότητα. Στην τρέχουσα μελέτη, τόσο η μέση συγκέντρωση, όσο και η 90^η εκατοστιαία συγκέντρωση καδμίου αυξήθηκαν σημαντικά με την πάροδο των ετών (Σχήμα 5.4.) και η μέση συγκέντρωση είναι περίπου 34% του ανώτατου ορίου. Ένας σημαντικός αριθμός δειγμάτων ιχθυάλευρων προέρχονται από το Περού (37 από τα 140 συνολικά). Από τα 32 δείγματα με επίπεδα καδμίου 1 mg kg⁻¹ ή υψηλότερα, 10 δείγματα ήταν από το Περού και συνεπώς αυτό δικαιολογεί τον σχετικά μεγάλο αριθμό δειγμάτων που λαμβάνονται από ιχθυάλευρα από αυτήν τη χώρα. Ωστόσο, κανένα από αυτά τα δείγματα δεν υπερέβη το ανώτατο όριο των 2 mg kg⁻¹ και δεν υπήρχαν σημαντικές τάσεις με την πάροδο του χρόνου. Η αύξηση της συγκέντρωσης με την πάροδο του χρόνου προκλήθηκε κυρίως από δείγματα με σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου που συλλέχθηκαν από διάφορες ευρωπαϊκές χώρες τα τελευταία χρόνια. Ωστόσο, είναι πιθανό, μέρος των δειγμάτων που ταξινομούνται ως καταγωγή από τη Γερμανία, να είναι στην πραγματικότητα από το Περού, καθώς υπάρχει μεγάλη ποσότητα ιχθυάλευρου από το Περού στο λιμάνι του Αμβούργου. Για πληροφορίες σχετικά με την επίδραση της χώρας προέλευσης του υλικού ζωοτροφών στα επίπεδα ρύπων, είναι πολύ σημαντικό η χώρα προέλευσης να καταγράφεται σωστά κατά τη δειγματοληψία (Adamse et al., 2017).



Σχήμα 5.4. Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση καδμίου σε ιχθυάλευρα, N = 141, ML = 2 mg kg⁻¹, (Adamse et al., 2017).

Πολλές πρώτες ύλες ζωοτροφών φυτικής προέλευσης έχουν αναλυθεί για την περιεκτικότητά τους σε κάδμιο και φαίνεται να έχουν γενικά χαμηλά επίπεδα στοιχείων. Ωστόσο, όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε έντονα μολυσμένο περιβάλλον (βιομηχανικές εκπομπές, καυσαέρια κ.λπ.), η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων σε πρώτες ύλες ζωοτροφών μπορεί να αυξηθεί είτε λόγω της πρόσληψης του φυτού είτε μέσω προσκόλλησης σωματιδίων εδάφους, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει αύξηση, καθώς το κάδμιο είναι πολύ διαδεδομένο στο έδαφος και μπορεί να προσληφθεί από το φυτό (EFSA, 2004b). Η συγκέντρωση καδμίου μόνο ενός δείγματος υπερέβη το ανώτατο όριο, με 2,4 mg kg⁻¹ το 2012 και ήταν ζωοτροφή από γρασίδι. Η μέση συγκέντρωση, η διάμεσος και η 90^η εκατοστιαία συγκέντρωση καδμίου αυξήθηκε σημαντικά μεταξύ 2007 και 2013 (Σχήμα 5.5.) αν και η μέση συγκέντρωση παραμένει πολύ χαμηλότερη από το ανώτατο όριο (1 mg kg⁻¹). Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μέση συγκέντρωση είναι αρκετά κοντά στο LOQ και επομένως αυτές οι ανοδικές τάσεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με ορισμένες προφυλάξεις. Σημαντικοί συντελεστές στις ζωοτροφές φυτικής προέλευσης ήταν ζωοτροφές από γρασίδι, η μηδική και η σόγια και δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση ή μείωση των συγκεντρώσεων καδμίου σε αυτές τις ομάδες προϊόντων, με τη μέση συγκέντρωση να παραμένει πολύ χαμηλότερη από το ΑΟ (1 mg kg⁻¹) (Adamse et al., 2017).



Σχήμα 5.5. Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση καδμίου σε ζωοτροφές φυτικής προέλευσης, $N = 668$; $ML = 1 \text{ mg kg}^{-1}$, (Adamse et al., 2017).

Στις πρώτες ύλες ζωοτροφών ορυκτής προέλευσης, συμπεριλαμβανομένων των φωσφορικών αλάτων, μπορεί να υπάρχουν σημαντικές ποσότητες καδμίου με αποτέλεσμα αυξημένα επίπεδα σε συμπληρώματα ορυκτών και προμείγματα. Σε μια προηγούμενη μελέτη (Adamse et al. 2009) που κάλυψε την περίοδο 2000–2006, το υψηλότερο ποσοστό δειγμάτων με συγκεντρώσεις καδμίου που υπερβαίνουν το ανώτατο όριο, προέρχονται από συμπληρωματικές ζωοτροφές, εξαιρουμένων των ορυκτών ζωοτροφών, ενώ στην τρέχουσα μελέτη (Adamse et al., 2017) δεν αναφέρθηκαν δείγματα αυτής της ομάδας προϊόντων με συγκεντρώσεις καδμίου πάνω από το ανώτατο όριο. Μετά το 2006, οι περιγραφές των προϊόντων βελτιώθηκαν, με καλύτερη διάκριση μεταξύ συμπληρωματικών ζωοτροφών από ορυκτή προέλευση και άλλων συμπληρωματικών ζωοτροφών με αποτέλεσμα, να έχουν ληφθεί μόνο λίγα δείγματα από αυτήν την κατηγορία.

Όσον αφορά τα φωσφορικά άλατα, κανένα δείγμα δεν υπερέβη το ανώτατο όριο των 10 mg kg^{-1} . Ωστόσο, η μέση συγκέντρωση καδμίου ήταν 29% του ΑΟ, συνεπώς δικαιολογείται η συνέχιση της παρακολούθησης, επειδή το RASFF ανέφερε τρία περιστατικά σχετικά με τα φωσφορικά άλατα.

5.3. ΜΟΛΥΒΔΟΣ (Pb)

Οι περισσότερες ειδοποιήσεις σχετικά με το μόλυβδο στο RASFF αφορούσαν συμπληρωματικές ζωοτροφές ορυκτών (μίγματα ορυκτών) ή οξείδιο του ψευδαργύρου, ενώ και άλλες μελέτες ανέφεραν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις μολύβδου στα ορυκτά. Στην τρέχουσα μελέτη (Πίνακας 5.3.) το υψηλότερο ποσοστό δειγμάτων με συγκεντρώσεις μολύβδου που υπερβαίνουν το ανώτατο όριο (των 30 mg kg⁻¹) προέρχονται από πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν στις λειτουργικές ομάδες συνδετικών και αντιπηκτικών παραγόντων, ειδικά στην υποομάδα μη καθορισμένων ορυκτών αργίλου (5,6% από 18 δείγματα). Οι μέσες συγκεντρώσεις μολύβδου ολόκληρης της ομάδας συνδετικών ήταν σχετικά υψηλές (περίπου το 25%) και 1,1% των δειγμάτων υπερέβησαν το ανώτατο όριο, αν και ήταν λιγότερο σε σύγκριση με πριν από το 2007. Η προτεραιότητα θεωρήθηκε μέτρια για ολόκληρη την ομάδα, αλλά υψηλή για το υποσύνολο των μη καθορισμένων ορυκτών αργίλου. Επίσης, από το 2012 επιτρέπεται η χρήση συνδετικών ουσιών μυκοτοξίνης στις ζωοτροφές ως νέα κατηγορία πρόσθετων υλών ζωοτροφών. Μερικές φορές (εσφαλμένα) ταξινομούνται ως συμπληρωματική ζωοτροφή (AO = 10 mg kg⁻¹) ή ως μείγμα ανόργανων συστατικών (AO = 15 mg kg⁻¹) και οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μολύβδου που βρέθηκαν ήταν περίπου 30 mg kg⁻¹. Είναι σημαντικό να παρακολουθούνται αυτά τα προϊόντα τα επόμενα χρόνια και επίσης να ταξινομούνται στην κατάλληλη κατηγορία (Adamse et al., 2017).

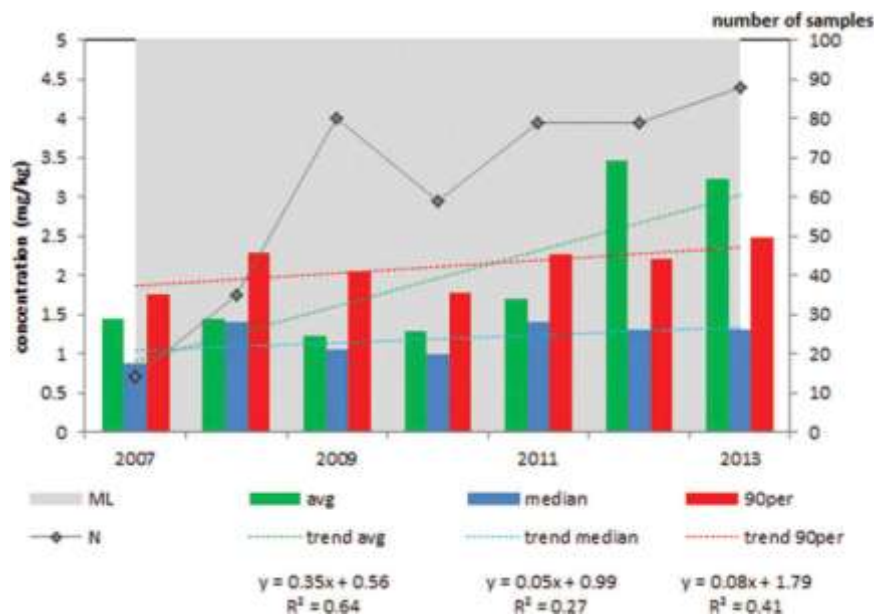
Πίνακας 5.3. Σύνοψη της αξιολόγησης μολύβδου στις ζωοτροφές και στις πρώτες ύλες ζωοτροφών μεταξύ 2007 και 2013, (Adamse et al., 2017).

Προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές	AO (mg kg ⁻¹)	N (2007-13)	Μέση Τιμή (% του AO)	% > AO (ML)	Μέση τάση (R ²)	RASFF (2007-13)	Προτεραιότητα
Συμπληρωματικές ζωοτροφές, με εξαίρεση ζωοτροφές ορυκτών	10	5	5	0	0 ^c	0	III
υποσύνολο: συμπληρωματικές ζωοτροφές (μηρυκαστικά)	10	3	11	0	0 ^c	0	III
Συμπληρωματικές ζωοτροφές ορυκτών	15	434	14	1.4	+ (0.64)	2	II
υποσύνολο: συμπληρωματικές ζωοτροφές ορυκτών (μηρυκαστικά)	15	319	12	0.7	+ (0.59)	0	II
Προμείγματα	200	455	1	0	+ (0.36)	0	II
Πλήρεις ζωοτροφές	5	114	2	0	0 (0.02)	1	III
Προϊόντα ζωοτροφών (εκτός βοσκής, φωσφορικά, ανθρακικό ασβέστιο και ζύμες)	10	646	4	0.2	0 ^{a,b} (0.21)	5	III
υποσύνολο: πρώτες ύλες ζωοτροφών λαχανικών	10	368	4	0.1	0 ^a (0.00)	4	III

προέλευση: εκτός βοσκής							
υποσύνολο: πρώτες ύλες ζωοτροφών μη φυτικής προέλευσης	10	279	5	0	0 ^{a,b} _(0.23)	1	III
υποσύνολο: ιχθυάλευρο	10	145	1	0	+ (0.62)	0	II
Βοσκή	30	280	2	0	0 _(0.01)	0	III
Φωσφορικά και ασβεστολιθικά θαλάσσια φύκια	15	73	9	0	0 _(0.01)	1	III
Ανθρακικό ασβέστιο, ασβέστιο και ανθρακικό μαγνήσιο	20	78	16	0	0 _(0.01)	0	III
Ζύμες	5	2	0	0	n.a.	0	III
Πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν σε διάφορες ενώσεις ιχνοστοιχείων με εξαίρεση: οξείδιο του ψευδαργύρου και οξείδιο του μαγναίου	100	99	6	0	0 _(0.06)	2	III
Οξείδιο του ψευδαργύρου	400	29	19	0	0 _(0.10)	2	III
Οξείδιο του μαγναίου	200	13	17	0	+ (0.74)	0	II
Πρόσθετα ζωοτροφών που ανήκουν σε συνδυαστικά και αντιπηκτικά μέσα με εξαίρεση: κλινοπτιλόλιθο ηφαιστειακής προέλευσης, νατρολίτη-φονόλιθο	30	186	25	1.1	0 ^a _(0.03)	1	II
υποσύνολο: σεπιδόλιθος	30	116	23	0	0 _(0.03)	1	II
υποσύνολο: ορυκτά αργίλου (μη καθορισμένα)	30	18	42	5.6	0 _(0.00)	0	I
κλινοπτιλόλιθο ηφαιστειακής προέλευσης νατρολίτη-φονόλιθο	60	20	18	0	0 _(0.00)	1	III
Άλλα πρόσθετα ζωοτροφών	No ML	143	n.a.	n.a.	+ (0.39)	1	II

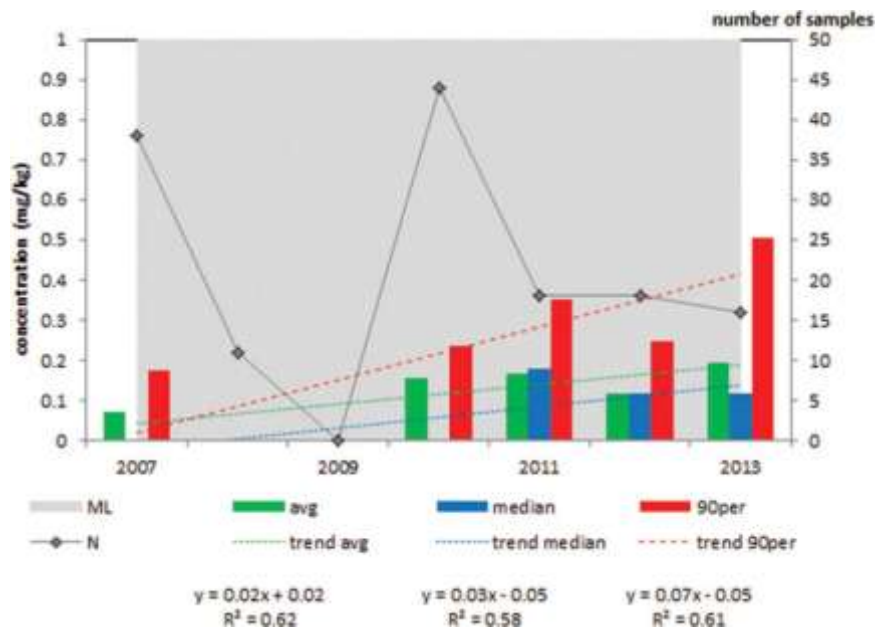
Στα προϊόντα με μεσαία προτεραιότητα, η μέση συγκέντρωση μολύβδου κυμαινόταν μεταξύ 1% και 17% του ΑΟ, αλλά η συγκέντρωσή τους αυξήθηκε σημαντικά μεταξύ 2007 και 2013. Αυτό αφορούσε συμπληρωματικές ζωοτροφές, προμείγματα, ιχθυάλευρα, οξείδιο του μαγναίου και άλλα πρόσθετα ζωοτροφών. Για τις άλλες κατηγορίες ζωοτροφών, η προτεραιότητα θεωρήθηκε χαμηλή, με μέσες συγκεντρώσεις πολύ κάτω (δηλαδή <10%) των αντίστοιχων ΑΟ (Adamse et al., 2017).

Οι συμπληρωματικές ζωοτροφές ορυκτών έχουν σχετικά υψηλό ποσοστό δειγμάτων που υπερβαίνουν το ΑΟ (1,4%, 6 από τα 434 δείγματα). Υπήρξε σημαντική αύξηση τόσο στις μέσες όσο και στις 90^{ες} εκατοστιαίες συγκεντρώσεις μολύβδου στις συμπληρωματικές ζωοτροφές ορυκτών (Σχήμα 5.6.). Οι μέσες συγκεντρώσεις μολύβδου ήταν περίπου 14% του ΑΟ. Στη μεγαλύτερη υποομάδα, στις συμπληρωματικές ζωοτροφές ορυκτών για μηρυκαστικά, υπήρξε σημαντική αύξηση μολύβδου της μέσης τιμής, της διαμέσου και της 90^{ης} συγκέντρωσης εκατοστημορίου. Ο λόγος για την ανοδική τάση στις συμπληρωματικές ζωοτροφές ορυκτών είναι ακόμη ανεξήγητος (Adamse et al., 2017).



Σχήμα 5.6. Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση μολύβδου σε συμπληρωματικές ζωοτροφές ορνυκτών, N = 434; ML = 15 mg kg⁻¹, (Adamse et al., 2017).

Σε τρία άλλα προϊόντα που ταξινομήθηκαν ως μεσαία προτεραιότητα, προμείγματα, ιχθυάλευρα (Σχήμα 5.7.) και οξείδιο μαγγανίου, η αύξηση της μέσης συγκέντρωσης ήταν σημαντική. Ωστόσο, κανένα δείγμα δεν υπερέβη το ανώτατο όριο και οι μέσες συγκεντρώσεις ήταν πολύ κάτω από αυτό. Για τα ιχθυάλευρα, η μέση συγκέντρωση είναι αρκετά κοντά στα όρια της ποσοτικοποίησης και, επομένως, αυτή η ανοδική τάση θα πρέπει να εξεταστεί με ορισμένες προφυλάξεις (Adamse et al., 2017).



Σχήμα 5.7. Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση μολύβδου σε ιχθυάλευρα: N = 145, ML = 10 mg kg⁻¹, (Adamse et al., 2017).

Για τα άλλα πρόσθετα ζωοτροφών δεν υπάρχει ανώτατο όριο. Στα περισσότερα δείγματα η συγκέντρωση ήταν κάτω από 3 mg kg⁻¹ (14 δείγματα) ή κάτω από το όριο ποσοτικοποίησης (LOQ) (89 δείγματα), εκτός από το Myco-AD (ένα πρόσθετο ζωοτροφών για τη δέσμευση μυκοτοξινών, 2011, 26 mg kg⁻¹), τη χλωριούχο χολίνη (2011, 33 mg kg⁻¹) και το προπιονικό ασβέστιο (2013, 34 mg kg⁻¹). Η ανοδική τάση της μέσης συγκέντρωσης πιθανώς προκαλείται από αυτά τα δείγματα που ελήφθησαν κατά το δεύτερο μισό της χρονικής περιόδου που μελετήθηκε (Adamse et al., 2017).

Το υψηλότερο ανώτατο όριο για πρώτες ύλες ζωοτροφών ήταν για κτηνοτροφικά φυτά (30 mg kg⁻¹). Όπως και με το κάδμιο, η μόλυνση με μόλυβδο, ειδικά σε κτηνοτροφικές καλλιέργειες, προκαλείται συχνά από μολυσμένο έδαφος ή σκόνη που εναποτίθεται στα φυτά (EFSA, 2004a). Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη δεν έχουν αναφερθεί δείγματα κτηνοτροφικών φυτών με συγκεντρώσεις μολύβδου που υπερβαίνουν το ανώτατο όριο και η μέση συγκέντρωση ήταν μόνο 2% του ανώτατου ορίου (Adamse et al., 2017).

Η μέση συγκέντρωση μολύβδου σε ζωοτροφές μειώθηκε σημαντικά την περίοδο 2000-2006 (Adamse et al. 2009) και η μείωση συμβαδίζει με τη μειωμένη χρήση καυσίμου με μόλυβδο. Η εισαγωγή αμόλυβδου καυσίμου και συνεπώς η μείωση μολύβδου στο περιβάλλον, δικαιολογεί και τη μείωση των δειγμάτων που ελήφθησαν από κτηνοτροφικά

φυτά, δεδομένου ότι οι μέσες και ατομικές συγκεντρώσεις ήταν πολύ χαμηλότερες από το ανώτατο όριο (Adamse et al., 2017).

5.4. ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ (Hg)

Σε αυτή τη μελέτη, μόνο τέσσερα δείγματα στα 1497 δείγματα υπερέβησαν το ανώτατο όριο, δύο σε προϊόντα ζωοτροφών και δύο σε σύνθετες ζωοτροφές (Πίνακας 5.4.). Για άλλα 906 δείγματα (πρόσθετα ζωοτροφών και προμείγματα) δεν έχει καθοριστεί ΑΟ για τον υδράργυρο. Καμία ζωοτροφή και προϊόντα ζωοτροφών όπου κατατάσσονται σε υψηλή προτεραιότητα και μόνο ένα προϊόν (από τα προμείγματα) κατατάχθηκε ως μέσο (Πίνακας 5.4.). Για τα προμείγματα δεν υπήρχε ΑΟ, αλλά η συγκέντρωση αυξήθηκε σημαντικά με την πάροδο των χρόνων. Από τα 441 δείγματα προμειγμάτων που αναλύθηκαν, τρία δείγματα είχαν συγκέντρωση υδραργύρου μεταξύ 0,2 και 0,9 mg kg⁻¹, πολύ χαμηλότερη από την προειδοποίηση που ανέφερε το RASFF (17,8 mg kg⁻¹). Όλα τα άλλα δείγματα είχαν συγκέντρωση κάτω από 0,1 mg kg⁻¹ (το χαμηλότερο ΑΟ για τον υδράργυρο στις ζωοτροφές και τα προϊόντα ζωοτροφών). Με βάση τα τρέχοντα αποτελέσματα, η συμβολή των προμειγμάτων στην έκθεση των ζώων στον υδράργυρο αναμένεται να μην είναι σημαντική (Adamse et al., 2017).

Πίνακας 5.4. Σύνοψη της αξιολόγησης του υδραργύρου σε ζωοτροφές και πρώτες ύλες ζωοτροφών μεταξύ 2007 και 2013, (Adamse et al., 2017).

Προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές	ΑΟ (mg kg ⁻¹)	N (2007-13)	Μέση Τιμή (% του ΑΟ)	% > ΑΟ (ML)	Μέση τάση (R ²)	RASFF (2007-13)	Προτεραιότητα
Προϊόντα ζωοτροφών με εξαίρεση:	0,1	686	4	0.1	0 (0.17)	1	III
ψάρια, άλλα υδρόβια ζώα και προϊόντα που προέρχονται από αυτά	0,5	198	16	0	0 (0.00)	4	III
υποσύνολο: ιχθυάλευρα	0,5	166	17	0	0 (0.22)	3	III
ανθρακικό ασβέστιο, ασβέστιο και μαγνήσιο	0,3	65	3	0	0 (0.14)	0	III
Σύνθετες ζωοτροφές με εξαίρεση:	0,1	59	8	2	0 (0.00)	1	III
ζωοτροφές ορυκτών	0,2	434	2	0	0 (0.16)	1	III
σύνθετες ζωοτροφές για ψάρια	0,2	0	n.a.	n.a.	0 (-)	1	III
σύνθετες ζωοτροφές για σκύλους, γάτες και γούνοφόρα ζώα	0,3	56	5	2	0 (-)	4	III
Πρόσθετα ζωοτροφών → χωρίς ΑΟ	No ML	465	n.a.	n.a.	0 (0.17)	1	III
υποσύνολο: ορυκτά αργίλου	No ML	192	n.a.	n.a.	0 (0.27)	0	III
Προμείγματα → χωρίς ΑΟ	No ML	441	n.a.	n.a.	+ (0.39)	1	II

Υπήρχαν διαφορετικά ανώτατα όρια για υλικά ζωοτροφών:

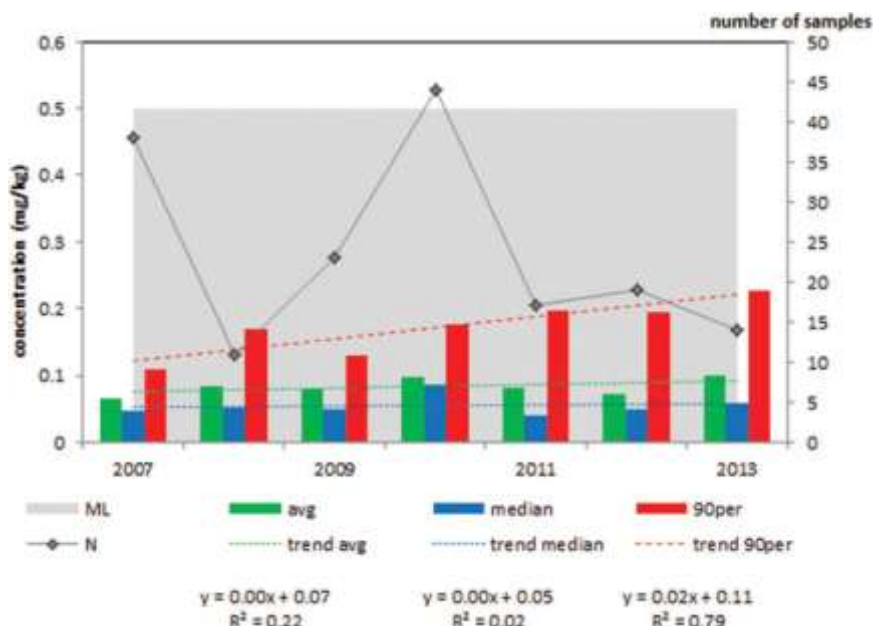
0,5 mg kg⁻¹ για ψάρια, άλλα υδρόβια ζώα και προϊόντα που προέρχονται από αυτά,

0,3 mg kg⁻¹ για ανθρακικό ασβέστιο, ασβέστιο και ανθρακικό μαγνήσιο και

0,1 mg kg⁻¹ για τις άλλες πρώτες ύλες ζωοτροφών.

Για ψάρια, άλλα υδρόβια ζώα και προϊόντα που προέρχονται από αυτά, κανένα δείγμα δεν υπερέβη το ΑΟ. Σε μια παρόμοια μελέτη που κάλυψε την περίοδο 2000-2006 (Adamse et al., 2009) παρατηρήθηκε μείωση της μέσης συγκέντρωσης υδραργύρου μετά το 2003, ενώ μεταξύ 2007 και 2013 αυτή η μείωση δεν ήταν πλέον σημαντική.

Στην υποκατηγορία του ιχθυάλευρου, η συγκέντρωση του 90^{ου} εκατοστημορίου αυξήθηκε σημαντικά μεταξύ 2007 και 2013 (Σχήμα 5.8.) υποδηλώνοντας αύξηση των υψηλότερων συγκεντρώσεων σε περίπου 50% του ΑΟ. Όταν ελήφθη υπόψη η χώρα καταγωγής, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις αναφέρθηκαν για ιχθυάλευρα από το Περού, συγκρίσιμες με την έκθεση του 2009 (Adamse et al., 2009). Η μέση συγκέντρωση σε ιχθυάλευρα από το Περού αυξήθηκε σχεδόν σημαντικά μεταξύ 2007 και 2013 ($R^2 = 0,29$). Στα ιχθυάλευρα από τη Δανία και τη Νορβηγία η μέση συγκέντρωση μειώθηκε αλλά στα ιχθυάλευρα από την Ευρωπαϊκή Ένωση (δεν προσδιορίζονται συγκεκριμένες χώρες) η μέση συγκέντρωση αυξήθηκε σημαντικά ($R^2 = 0,41$). Το τελευταίο, ήταν ο λόγος για την (μη σημαντική) αύξηση της μέσης συγκέντρωσης της συνολικής ομάδας ιχθυάλευρων. Η παρακολούθηση ιχθυάλευρου και προϊόντων που περιέχουν ιχθυάλευρα, θα είναι ακόμη απαραίτητη, ειδικά αφού ο υδράργυρος συσσωρεύεται στους ιστούς των ψαριών. Η EFSA ανέφερε ότι το 8,2% της πλήρους ζωοτροφής για τα ψάρια (που συχνά περιέχουν ψάρια) στη μελέτη τους (280 δείγματα μεταξύ 2003 και 2006) περιείχαν επίπεδα υδραργύρου πάνω από το ΑΟ (EFSA, 2008).



Σχήμα 5.8. Μέση τιμή, διάμεσος και 90η εκατοστημοριακή συγκέντρωση υδραργύρου σε ιχθυάλευρα: $N = 166$; $ML = 0.5 \text{ mg kg}^{-1}$, (Adamse et al., 2017).

Ένα δείγμα τροφής για ζώα συντροφιάς (χωρίς καθορισμένο ζώο στόχο) από το 2013 υπερέβη το ΑΟ με συγκέντρωση $0,56 \text{ mg ml}^{-1}$, ενώ γενικά, μόνο μερικά δείγματα τροφών για κατοικίδια συλλέγονταν ετησίως. Ωστόσο, το 2013 ελήφθησαν 50 δείγματα (από τα 56 συνολικά). Το 2012, το RASFF ανέφερε τέσσερα περιστατικά με υδράργυρο στις ζωοτροφές από την Ταϊλάνδη, που αναφέρονται επίσης στην ετήσια έκθεσή τους (RASFF, 2012). Αυτό, σε συνδυασμό με ειδοποιήσεις σχετικά με υψηλές συγκεντρώσεις αρσενικού στο ίδιο προϊόν, προκάλεσε πιθανώς τον μεγάλο αριθμό δειγμάτων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του εθνικού προγράμματος παρακολούθησης στις Κάτω Χώρες το 2013. Μόνο τρία δείγματα τροφής γάτας (στα 32) περιείχαν επίπεδα υδραργύρου πάνω από το όριο ποσοτικοποίησης (LOQ), κανένα από αυτά δεν υπερέβη το ΑΟ των $0,3 \text{ mg ml}^{-1}$. Παρόλα αυτά, λόγω του χαμηλού αριθμού δειγμάτων, δεν ήταν δυνατή η ανάλυση τάσεων (Adamse et al., 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Το κύριο σημείο που πρέπει να εξεταστεί, κατά την ανάλυση της σημασίας των πρακτικών κτηνοτροφίας σχετικά με την έκθεση των αγροτικών ζώων σε βαρέα μέταλλα, είναι η εκτατική κτηνοτροφία σε σχέση με τα εντατικά συστήματα παραγωγής (López-Alonso, 2012).

Δεν είναι δυνατόν να γίνουν γενικές αναφορές, καθώς οι πρακτικές εκτροφής ανά τον κόσμο εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία, ωστόσο τα μηρυκαστικά είναι τα ζώα που εκτρέφονται κυρίως κατά το εκτατικό σύστημα. Αυτό το σύστημα εκτροφής συμπεριλαμβάνει διατροφή βασισμένη κυρίως σε τοπικά για την κάθε κτηνοτροφική μονάδα προϊόντα. Χρησιμοποιούνται είτε φρέσκα, είτε αποξηραμένα, συμπληρωμένα με συμπυκνωμένες ζωοτροφές (π.χ. δημητριακά, ελαιούχοι σπόροι και μικροθρεπτικά συστατικά όπως ορυκτά και βιταμίνες) για την επίτευξη του απαιτούμενου επιπέδου παραγωγής (ρυθμός ανάπτυξης, απόδοση γάλακτος κλπ), το οποίο ποικίλλει κατά τη διάρκεια του έτους, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των εποχιακών ζωοτροφών και την πεπτικότητα των ζωοτροφών. Ο βαθμός συμπλήρωσης ζωοτροφών είναι πολύ μεταβλητός παγκοσμίως, καθώς είναι χαμηλός σε περιοχές με υψηλή διαθεσιμότητα γεωργικής γης αλλά και σε βιώσιμα συστήματα. Ιδιαίτερη αναφορά στις πρακτικές εκτροφής που σχετίζονται με την έκθεση σε τοξικά βαρέα μέταλλα θα πρέπει να δοθεί σε συστήματα βιολογικής παραγωγής. Τα συστήματα αυτά αποσκοπούν στη μείωση της περιβαλλοντικής μόλυνσης και ορισμένες πρακτικές, όπως ο περιορισμός της χρήσης ανόργανων λιπασμάτων (π.χ. φωσφορικά άλατα με υψηλή περιεκτικότητα σε κάδμιο) ή η χρήση ανόργανων συμπληρωμάτων ορυκτών σε σύνθετες ζωοτροφές, έχουν ως αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στις οργανικές τροφές να είναι χαμηλότερες από τις συγκεντρώσεις στις συμβατικές τροφές. Γενικά, σε μη μολυσμένες γεωργικές περιοχές, η κατάποση εδάφους κατά τη βόσκηση ή η κατανάλωση κτηνοτροφικών φυτών που έχουν μολυνθεί φυσικά από το έδαφος, αποτελούν την κύρια πηγή έκθεσης σε βαρέα μέταλλα για τα εκτρεφόμενα ζώα. Αυτό συμβαίνει επειδή οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο έδαφος είναι έως και 2-3 φορές υψηλότερες από τις συγκεντρώσεις στα φυτά

και θεωρείται ότι τα μηρυκαστικά καταναλώνουν έως και το 18% της διατροφικής τους ξηρής ύλης κατά τη βόσκηση (López-Alonso, 2012).

Μια πρόσφατη μελέτη που συνέκρινε τη συσσώρευση βαρέων μετάλλων σε βοοειδή από διαφορετικές πρακτικές διαχείρισης, κατέδειξε ότι τα κατάλοιπα βαρέων μετάλλων σχετίζονται άμεσα με τον βαθμό εκτατικοποίησης. Τα ζώα που λαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της τροφής τους με βόσκηση έχουν υψηλότερα υπολείμματα βαρέων μετάλλων στους ιστούς τους, παρά το γεγονός ότι οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στις ζωοτροφές δεν είναι σημαντικά υψηλότερες. Αν και η ακριβής διατροφική έκθεση σε βαρέα μέταλλα (σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στις ζωοτροφές και την ποσότητα των ζωοτροφών που καταναλώνονται) δεν είναι εύκολο να υπολογιστεί σε εκτεταμένα συστήματα, οι μελέτες παρακολούθησης για τα κατάλοιπα βαρέων μετάλλων στα ζώα δείχνουν ότι οι συγκεντρώσεις τους στους ιστούς εξαρτώνται από τη γεωχημική προέλευση του εδάφους και θα μπορούσαν να προβλεφθούν από αυτό. Παρόλο που η έκθεση σε βαρέα μέταλλα σε ζώα μπορεί να είναι πολύ μεταβλητή μεταξύ των εκμεταλλεύσεων που βρίσκονται σε περιοχές με διαφορετικές ιδιότητες του εδάφους, θα είναι αρκετά σταθερή εντός της ίδιας μονάδας. Αυτό βέβαια, υπό την επιφύλαξη αλλαγών στις πρακτικές διαχείρισης, διευκολύνοντας την παρακολούθηση των καταλοίπων βαρέων μετάλλων σε ζωοτροφές ή ζωικά προϊόντα, σε εμεταλλεύσεις που βρίσκονται σε περιοχές που έχουν μολυνθεί είτε λόγω της μη φυσικής περιεκτικότητας του εδάφους σε βαρέα μέταλλα, είτε εξαιτίας βιομηχανικών ή εξορυκτικών δραστηριοτήτων (López-Alonso, 2012).

Από την άλλη πλευρά, τα εντατικά συστήματα αντιπροσωπεύονται κυρίως από κτηνοτροφικές μονάδες με χοίρους και πτηνά, των οποίων η διατροφή αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από συμπυκνωμένες ζωοτροφές, αλλά και από εκτροφές μηρυκαστικών υψηλών αποδόσεων (με θέσεις τροφοδοσίας ή βοοειδή υψηλής παραγωγής γάλακτος) με πολύ υψηλό ποσοστό (έως 90%) συμπυκνωμένων ζωοτροφών. Στα συστήματα αυτά, το πλήρες σιτηρέσιο που παρέχεται στα ζώα αποτελείται από μια σειρά πρώτων υλών ζωοτροφών από τη διεθνή ή την παγκόσμια αγορά που επιλέγονται με βάση την τιμή, τη διαθεσιμότητα και τη συμβολή που προσφέρουν στην παροχή θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται από τα ζώα σε κάθε επίπεδο παραγωγής. Γενικά, η πλήρης ζωοτροφή συμπληρώνεται με ορισμένα πρόσθετα και συμπληρώματα ανόργανων συστατικών, τα οποία περιέχουν, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, έως και 2-3 φορές υψηλότερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε σύγκριση με τα κύρια συστατικά. Ωστόσο, η συμβολή τους στη συνολική πρόσληψη

μετάλλων είναι γενικά χαμηλή λόγω του χαμηλού ποσοστού συμπερίληψης, αλλά μπορεί να είναι σημαντική για ορισμένα στοιχεία όπως το αρσενικό και ο υδράργυρος, τα οποία βρίσκονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις σε ζωοτροφές και δημητριακά αλλά σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σε ζωοτροφές θαλάσσιας προέλευσης. Σε αυτά τα συστήματα, η έκθεση σε βαρέα μέταλλα είναι πολύ εύκολο να υπολογιστεί (και ως συνέπεια παρακολούθησης) πολλαπλασιάζοντας την περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα στην πλήρη ζωοτροφή (ως μία μόνο ανάλυση) και την ποσότητα της κατάποσης. Επιπλέον, επειδή σε αυτά τα συστήματα τα σιτηρέσια είναι πολύ τυποποιημένα, η μεταβλητότητα της έκθεσης σε βαρέα μέταλλα εντός και εκτός της κτηνοτροφικής μονάδας μέσω της διατροφής, είναι πολύ χαμηλότερη σε σύγκριση με τα εκτατικά συστήματα (López-Alonso, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥΣ

Οι ζωοτροφές και οι πρώτες ύλες ζωοτροφών μπορούν να μολυνθούν από ανεπιθύμητες ουσίες, οι οποίες μπορεί να προέρχονται από το περιβάλλον και/ ή από την παραγωγική διαδικασία. Όταν τα παραγωγικά ζώα καταναλώνουν τέτοιες μολυσμένες τροφές, οι μολυσματικές ουσίες μπορούν να μεταφερθούν σε τρόφιμα ζωικής προέλευσης όπως το κρέας και το γάλα (Adamse et al., 2017).

Το ζωικό κεφάλαιο αποτελεί πηγή τροφής για τους ανθρώπους και συνεπώς, εάν οι ζωοτροφές και οι πρακτικές διαχείρισης της κτηνοτροφίας μεταφέρουν βαρέα μέταλλα στα ζώα και τα ζωικά προϊόντα, θα είναι επιβλαβές και για τον άνθρωπο (Wanniatie et al., 2019). Οι Loutfy et al. (2006) ανέφεραν ότι οι καταναλωτές λαμβάνουν το 90% της συνολικής ποσότητας βαρέων μετάλλων από την κατανάλωση τροφίμων από μολυσμένες περιοχές με αποτέλεσμα η έκθεση του ανθρώπου σε τοξικά μέταλλα να έχει γίνει μείζων κίνδυνος για την υγεία. Η χρόνια πρόσληψη βαρέων μετάλλων πάνω από το ασφαλές όριο τους από ανθρώπους και ζώα έχει επιβλαβείς επιπτώσεις και μπορεί να προκαλέσει μη καρκινογόνους κινδύνους, όπως νευρολογική εμπλοκή, κεφαλαλγία και ηπατική νόσο (Lai et al., 2010).

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις πιο ευάλωτες ομάδες πληθυσμού, όπως τα παιδιά και οι έφηβοι καθώς ένα παιδικό σώμα είναι πολύ ευαίσθητο στις χημικές ουσίες. Πολλές έρευνες αποδεικνύουν ότι το ποσοστό των παιδιών με διάφορες διαταραχές της υγείας είναι σημαντικά υψηλότερο στις αστικές περιοχές, ενώ παράλληλα, πρόσφατα υπήρξε μια αρνητική τάση που σχετίζεται με την αυξημένη επιβάρυνση των βαρέων μετάλλων (As, Cd, Pb και Hg) που περιέχονται στα τρόφιμα σε ένα παιδικό σώμα. Η σημαντική μόλυνση των προϊόντων διατροφής έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ορθή λειτουργία των συστημάτων στο σώμα ενός αναπτυσσόμενου παιδιού και επηρεάζει κυρίως το καρδιαγγειακό, το ορμονικό, το ανοσοποιητικό, το νευρικό σύστημα και το αίμα. Η χημική μόλυνση των προϊόντων διατροφής επηρεάζει αρνητικά τη φυσιολογική ανάπτυξη των παιδιών, προκαλεί πίεση στους μηχανισμούς προσαρμογής και καθιστά τις λειτουργικές παραμέτρους μειωμένες (Setko et al., 2018). Αυτό συμβαίνει επειδή οι ιστοί και τα όργανα τους συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις μολυσματικών ουσιών που αντανακλούν στην υγεία

τους κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξής τους. Το κεντρικό νευρικό σύστημα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο λόγω της προοδευτικής ανάπτυξής τους και ακόμη και μικρές ποσότητες βαρέων μετάλλων μπορούν να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες διαδικασίες που οδηγούν σε νοητική υστέρηση και συμπεριφορικές διαταραχές (Ataro et al., 2008). Επίσης, αυτά τα μέταλλα διασχίζουν τον πλακούντα και τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό και εκκρίνονται μέσω του μητρικού γάλακτος. Η έκθεση σε βαρέα μέταλλα και κυρίως σε μόλυβδο και υδράργυρο έχει συσχετιστεί με νευροτοξικά προβλήματα αργότερα στη ζωή, αν και απαιτούνται μελέτες για τη διάκριση ενδομήτριων και μεταγεννητικών επιδράσεων (Rebello and Caldas, 2016).

Υπάρχουν λίγες πληροφορίες στη βιβλιογραφία σχετικά με πειραματικές μελέτες σε είδη ζωικού κεφαλαίου, δεδομένου ότι δόθηκαν πειραματικές δόσεις τοξικών μετάλλων σε συγκεντρώσεις που παρατηρούνται γενικά σε ζωικές δίαιτες για την αξιολόγηση της μεταφοράς στους ζωικούς ιστούς. Γενικά, η μεταφορά μιας χημικής ένωσης που χορηγείται σε ζωικούς ιστούς και προϊόντα (γάλα, αυγά) εξαρτάται από την απορρόφηση, την κατανομή, τον μεταβολισμό και την απέκκριση / απόθεση της ένωσης και των τελικών μεταβολιτών της. Αυτά τα βιολογικά φαινόμενα ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τη χημική μορφή, εξαρτώνται από τη δόση και / ή το χρόνο (ειδικά για ορισμένα βιοσυσσωρευτικά στοιχεία όπως το κάδμιο) και επηρεάζονται από άλλους παράγοντες όπως η αλληλεπίδραση με άλλες ενώσεις (π.χ. το κάδμιο παρεμβαίνει σε μεγάλο βαθμό με βασικά στοιχεία όπως ο χαλκός και ο ψευδάργυρος) (López-Alonso, 2012).

7.1. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι σημαντικά συστατικά της ανθρώπινης διατροφής. Το γάλα έχει περιγραφεί ως πλήρες φαγητό επειδή περιέχει ζωτικά θρεπτικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένων πρωτεϊνών, βασικών λιπαρών οξέων, λακτόζης, βιταμινών και ανόργανων συστατικών σε ισορροπημένες αναλογίες. Ωστόσο, το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα μπορεί να περιέχουν ποικίλες ποσότητες διαφορετικών τοξικών ρύπων, ειδικά βαρέων μετάλλων. Η σημασία του γάλακτος στη διατροφή του ανθρώπου έχει καθιερωθεί ευρέως και συνιστάται η τακτική κατανάλωσή του, ειδικά για μικρά παιδιά (Ataro et al., 2008).

Τις τελευταίες δεκαετίες το πρόβειο γάλα έχει αναλάβει ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή, όχι μόνο για βρέφη, αλλά και για ενήλικες και ιδιαίτερα

θηλάζουσες μητέρες (Sanz Ceballos et al., 2009, Kapila et al., 2013). Το πρόβειο γάλα μπορεί να περιέχει διάφορα στοιχεία διατροφικής ή τοξικολογικής σημασίας και τα επίπεδα τους μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τους εγγενείς παράγοντες (στάδιο της γαλουχίας, εποχή του έτους, σίτιση, φυλή και περιβάλλον) (Tunegoná et al., 2018). Τα ζώα που εκτρέφονται ελεύθερα σε βοσκοτόπους είναι σημαντικοί δείκτες περιβαλλοντικής ρύπανσης με βαρέα μέταλλα όπως αρσενικό, κάδμιο, μόλυβδος και υδράργυρος των οποίων η τοξικότητα είναι ευρέως γνωστή (Antunović et al., 2005). Τα τελευταία χρόνια, αρκετές αναφορές έχουν δείξει την παρουσία βαρέων μετάλλων στο γάλα και σε άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα (Kazi et al., 2009, Soyak et al., 2005, Tuzen et al., 2008). Τα βαρέα μέταλλα στο γάλα προέρχονται συνήθως από δοχεία γάλακτος και μολυσμένο νερό που χρησιμοποιείται για τη γεωργία, τις ζωοτροφές και το τριγύρω περιβάλλον (Wanniatie et al., 2019). Συνεπώς, επειδή το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι πολύ συνηθισμένα τρόφιμα, είναι απαραίτητο να καταβάλουμε μεγάλες προσπάθειες για τον έλεγχο του περιεχομένου των ελεγχόμενων ρύπων και ταυτόχρονα για την παρακολούθηση της ποιότητας των μεμονωμένων περιβαλλοντικών συστατικών που αποτελούν τις κύριες πηγές βαρέων μετάλλων στην ανθρώπινη τροφική αλυσίδα (Caggiano et al., 2005).

7.2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕΣΩ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

7.2.1. ΑΡΣΕΝΙΚΟ (As)

Σε είδη θηλαστικών και πτηνών, το ανόργανο αρσενικό μετατρέπεται σε μεθυλιωμένους μεταβολίτες, οι οποίοι απεκκρίνονται γρήγορα σε σύγκριση με άλλες οργανικές ενώσεις αρσενικού. Ως εκ τούτου, η μεταφορά αρσενικών ενώσεων από ζωοτροφές σε βρώσιμους ιστούς ειδών θηλαστικών και πτηνών είναι πολύ χαμηλή. Έτσι, παρόλο που απαιτείται κάποια προσοχή, δε φαίνεται απαραίτητη καμία σημαντική ανησυχία για το αρσενικό στις ζωοτροφές από την άποψη της ανθρώπινης υγείας (NRC, 2005).

Πολύ περιορισμένες πληροφορίες διατίθενται για πειραματικές μελέτες σχετικά με τη μεταφορά αρσενικού σε ζωικούς ιστούς. Τα υπολείμματα αρσενικού σε βρώσιμους ιστούς (συκώτι, νεφρά και μύες) βοοειδών, προβάτων και πτηνών που τρέφονται τυπικά ή με σιτηρέσια ελέγχου (<2 mg/kg ΞΟ) είναι συνήθως λιγότερο από 0,01 mg/kg νωπού βάρους. Παρόμοια κατάλοιπα αρσενικού βρίσκονται σε μελέτες παρακολούθησης σε ζωικά προϊόντα από διάφορες γεωργικές περιοχές. Με την αύξηση της διατροφικής έκθεσης στο αρσενικό, τα κατάλοιπα αρσενικού αυξάνονται σημαντικά σε όλους τους ιστούς που αναλύθηκαν σε

σύγκριση με τα ζώα ελέγχου. Ωστόσο, τα απόλυτα επίπεδα καταλοίπων αρσενικού ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με τα ζωικά είδη, τις ενώσεις αρσενικού και τη διάρκεια της έκθεσης (López-Alonso, 2012).

7.2.2. ΚΑΔΜΙΟ

Οι ιστοί στόχοι του καδμίου είναι το ήπαρ και τα νεφρά, όπου σε αυτά τα όργανα η εναπόθεση του καδμίου εξαρτάται από τη δόση και το χρόνο, ενώ στον μυ, η εναπόθεση είναι πολύ χαμηλή και ανεξάρτητη από το επίπεδο της διατροφικής έκθεσης στο κάδμιο (Linden, 2002).

Τα κατάλοιπα καδμίου στο συκώτι και στα νεφρά των βοοειδών, των προβάτων, των χοίρων και των πτηνών που τράφηκαν με τυπικά σιτηρέσια (<0,5 mg/kg ΞΟ) ήταν, στις περισσότερες περιπτώσεις, κάτω από τα ανώτατα αποδεκτά επίπεδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για ζωικά προϊόντα (δηλ. 0,05, 0,5 και 1 mg/kg νωπού βάρους για το κρέας, το συκώτι και τα νεφρά αντίστοιχα (EC, 2006). Με την αύξηση της διατροφικής έκθεσης στο κάδμιο (1-5 mg/kg ΞΟ), τα κατάλοιπα καδμίου στο ήπαρ και στα νεφρά υπερέβησαν γενικά τα επιτρεπόμενα κατάλοιπα καδμίου σε όλα τα ζώα εκτροφής, ενώ με σιτηρέσια που περιέχουν > 5 mg/kg ΞΟ τα υπολείμματα καδμίου ήταν ακόμη πιο πάνω από αυτά τα όρια (López-Alonso, 2012).

7.2.3. ΜΟΛΥΒΔΟΣ

Μετά από πρόσφατη έκθεση σε μόλυβδο, ζωικοί ιστοί με τα υψηλότερα κατάλοιπα είναι το ήπαρ και τα νεφρά, ενώ μετά από χρόνια έκθεση, ο μόλυβδος συσσωρεύεται στα οστά. Οι συγκεντρώσεις μολύβδου στο γάλα είναι συνήθως πολύ χαμηλότερες από τα επίπεδα στο αίμα (López-Alonso, 2012).

Πειραματικές μελέτες σε δίαιτες βοοειδών, προβάτων και χοίρων που περιέχουν επίπεδα μολύβδου που κυμαίνονται μεταξύ 15 και 25 mg/kg ΞΟ δείχνουν ότι παρόλο που τα κατάλοιπα στο ήπαρ, και ειδικά στα νεφρά, ήταν γενικά υψηλότερα από ό,τι στα ζώα ελέγχου, παρέμειναν κάτω από τα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα για ζωικά προϊόντα (0,1 και 0,5 mg/kg νωπού βάρους για κρέας και παραπροϊόντα, αντίστοιχα, EC, 2006). Στους μύες, τα υπολείμματα μολύβδου ήταν χαμηλά και δεν διέφεραν σημαντικά από εκείνα στα ζώα ελέγχου. Σε υψηλότερα επίπεδα μολύβδου διατροφικής έκθεσης (100 mg/kg ΞΟ) δεν βρέθηκαν σημαντικές αλλαγές στα υπολείμματα ιστών στο ήπαρ, στα νεφρά ή στους μύες

των προβάτων και τα υπολείμματα στους ιστούς αυξήθηκαν σημαντικά όταν τα επίπεδα διατροφικής έκθεσης ήταν 500 ή 1000 mg/kg ΞΟ. Παρόμοια αποτελέσματα ελήφθησαν για μοσχάρια που έλαβαν 100 mg/kg ΞΟ για 100 ημέρες, ενώ το ήπαρ και τα νεφρά περιείχαν 2,3 και 4,7 mg/kg νωπού βάρους, αλλά η συγκέντρωση μολύβδου στον μυϊκό ιστό παρέμεινε κάτω από το όριο ανίχνευσης (López-Alonso, 2012). Ο Blüthgen (2000) ανέφερε ποσοστό μεταφοράς από τη ζωοτροφή στο γάλα 0,1-1%.

7.2.4. ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ

Τα υψηλότερα επίπεδα υδραργύρου υπάρχουν στο δέρμα, τα νύχια, τα μαλλιά και τα φτερά. Μεταξύ των εσωτερικών οργάνων, τα νεφρά περιέχουν τα υψηλότερα κατάλοιπα, με περίπου 100 φορές περισσότερα σε σχέση με άλλους ιστούς, συμπεριλαμβανομένου του ήπατος ή των μυών (López-Alonso, 2012).

Οι πληροφορίες που σχετίζονται με τη μεταφορά υδραργύρου σε ζωικούς ιστούς κτηνοτροφικών ζώων, είναι πολύ περιορισμένες και δεν υπάρχουν μελέτες δοσοαπόκρισης στις συγκεντρώσεις υδραργύρου που συνήθως εντοπίζονται στις ζωοτροφές σχετικά με τη μεταφορά ανόργανου ή μεθυλδράργυρου σε είδη στόχους. Τα δεδομένα από μελέτες βιοπαρακολούθησης σε ζώα από σχετικά μη μολυσμένες περιοχές, δείχνουν ότι οι συνολικές συγκεντρώσεις υδραργύρου στο κρέας και στα προϊόντα κρέατος είναι γενικά κάτω από 10-20 μg/kg νωπού βάρους, που είναι κάτω από το όριο ποσοτικοποίησης (γενικά 1-5 μg/kg νωπού βάρους) σε πολλά δείγματα ήπατος και μυών. Με βάση αυτά τα δεδομένα, τα υπολείμματα υδραργύρου στα προϊόντα κρέατος δε φαίνεται να αποτελούν σχετικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, ενώ και η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν έχει καθορίσει μέγιστη συγκέντρωση υδραργύρου για κρέας ή προϊόντα κρέατος. Ωστόσο, η NRC (2005) επισημαίνει ότι τα επίπεδα υδραργύρου διατροφής και νερού που είναι ανεκτά από τα ζώα θα έχουν ως αποτέλεσμα επίπεδα ιστού υψηλότερα από 50 μg/kg και, κατά συνέπεια, πρότυπα για τα επίπεδα υδραργύρου στις ζωοτροφές και το νερό που παρέχεται σε ζώα που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο σε χώρες όπου δεν έχουν καθοριστεί οι μέγιστες συγκεντρώσεις στις ζωοτροφές, θα πρέπει να βασίζονται σε επίπεδα καταλοίπων ιστών και όχι σε θέματα υγείας των ζώων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ

Σημαντικό ρόλο στην πρόληψη αποτελεί ο έλεγχος και των πρώτων υλών και του τελικού προϊόντος. Τα βαρέα μέταλλα είναι ένα πρόβλημα, το οποίο σχετίζεται με τις ζωοτροφές και κάθε επιχείρηση ζωοτροφών πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους πιθανούς κινδύνους παραγωγής και να δίνει ιδιαίτερη προσοχή σε όλες τις πιθανές πτυχές που επηρεάζουν την ασφάλεια του προϊόντος τους.

Όσον αφορά τις ζωοτροφές, τα προγράμματα παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένων όλων των κατηγοριών, έχουν ιδιαίτερη σημασία για το κάδμιο και τον μόλυβδο λόγω της επικράτησής τους στο χερσαίο περιβάλλον: κατάλοιπα τοξικών μετάλλων που υπερβαίνουν τα ρυθμιστικά όρια βρίσκονται συχνά σε ζωοτροφές από μολυσμένες, ιδίως βιομηχανικές και εξορυκτικές, περιοχές αλλά και μετά από ρίψη λυμάτων και αποβλήτων. Για το αρσενικό και τον υδράργυρο, εκτός από πολύ εντοπισμένες περιοχές, τα περισσότερα υπολείμματα προέρχονται από ζωοτροφές προέλευσης ψαριών, γεγονός που καθιστά ευκολότερο τον έλεγχο της εισόδου τοξικών καταλοίπων στην τροφική αλυσίδα. Τα κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένων δειγματοληψιών και αναλυτικών διαδικασιών, ενθαρρύνονται, προκειμένου να αποφευχθεί η είσοδος μολυσμένων προϊόντων ζωοτροφών στην τροφική αλυσίδα, καθώς και η αξιολόγηση της χρονικής τάσης της μόλυνσης από τοξικά μέταλλα στη γεωργία.

Από την άποψη της υγείας των ζώων και της μεταφοράς στα ανθρώπινα τρόφιμα, εκτός από τις συγκεντρώσεις τοξικών μετάλλων στις ζωοτροφές, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αλληλεπιδράσεις με άλλα βασικά θρεπτικά συστατικά.

Παγκοσμίως ενθαρρύνονται ολοένα και περισσότερο τα κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης σε μεγάλη κλίμακα, συμπεριλαμβανομένων δειγματοληψιών και αναλυτικών διαδικασιών, για την αξιολόγηση των συγκεντρώσεων τοξικών μετάλλων στις ζωοτροφές και των ζωικών προϊόντων για ανθρώπινη κατανάλωση. Αυτά τα δεδομένα θα παρέχουν ολοκληρωμένες πληροφορίες για τα κατάλοιπα τοξικών μετάλλων σε ζωοτροφές παγκοσμίως και θα μας επιτρέψουν να εντοπίσουμε μολυσμένα προϊόντα ζωοτροφών, ώστε να αποφύγουμε την είσοδό τους στην τροφική αλυσίδα, να υιοθετήσουμε μέτρα για τη μείωση της μόλυνσης από τοξικά μέταλλα στις ζωοτροφές, καθώς και μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τη μόλυνση από τοξικά μέταλλα στη γεωργία.

Όσον αφορά τη δειγματοληψία, πρέπει να καθοριστεί καλύτερος χαρακτηρισμός κατηγοριών ζωοτροφών ή συστατικών ζωοτροφών από τις αντίστοιχες αρχές τροφίμων για να επιτρέπεται η σύγκριση. Οι διαδικασίες δειγματοληψίας, που σχετίζονται με το μέγεθος του δείγματος, τη συχνότητα και άλλες παραμέτρους, πρέπει επίσης να εναρμονιστούν.

Αν και οι μέγιστες συγκεντρώσεις τοξικών μετάλλων στις ζωοτροφές που καθιερώθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση φαίνεται να είναι αρκετά χαμηλές για να εγγυηθούν την υγεία των ζώων και τον περιορισμό της μεταφοράς στα τρόφιμα ζωικής προέλευσης εντός των μέγιστων επιτρεπτών επιπέδων, υπάρχει ανάγκη για πρόσθετη έρευνα σχετικά με τα ασφαλή διατροφικά επίπεδα τοξικών μετάλλων για τα περισσότερα είδη ζώων για να διασφαλιστεί τόσο η υγεία των ζώων όσο και των ανθρώπων σε άλλες χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Μέχρι στιγμής έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές φυσικές, χημικές και βιολογικές μέθοδοι για την επίλυση του προβλήματος της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα στο περιβάλλον. Η εφαρμογή των μεθόδων βιο-αποκατάστασης για τη μείωση της ποσότητας βαρέων μετάλλων στο περιβάλλον έχει προσελκύσει αυξανόμενη προσοχή. Μεταξύ όλων των μεθόδων, η χρήση ζώντων οργανισμών για την απορρόφηση ρύπων και την απομάκρυνσή τους από το περιβάλλον είναι αρκετά ενδιαφέροντα.

Φυτά, μύκητες και μικροοργανισμοί όπως ζυμομύκητες, βακτήρια, φύκια και κυανοβακτήρια χρησιμοποιούνται συνήθως για τη βιοαποκατάσταση βαρέων μετάλλων με τους μικροοργανισμούς να είναι οι πιο αποδεκτοί, επειδή είναι πιο εύκολο να χρησιμοποιηθούν. Οι μελέτες της τελευταίας δεκαετίας έχουν κατανοήσει καλύτερα τη βιολογική απορρόφηση μετάλλων χρησιμοποιώντας βιοσυσσωρευτές. Μεταξύ των μικροοργανισμών που είναι ικανοί για βιοαποκατάσταση βαρέων μετάλλων, το *Saccharomyces cerevisiae* είναι μια ενδιαφέρουσα επιλογή για τα ειδικά χαρακτηριστικά του και είναι ασφαλές για τον άνθρωπο, που το καθιστούν αρκετά κοινό και χρήσιμο στη βιομηχανία τροφίμων.

Βιβλιογραφία

- Adamse, P., Driessen, J.J.M., de Jong, J., van Polanen, A., van Egmond, H.J., Jongbloed, A.W., 2009. Trendanalyse van gehalten aan kwik, cadmium en lood in diervoeders en diervoedergrondstoffen (in Dutch). RIKILT Report 2009.019. Wageningen University & Research, The Netherlands. Available from: <http://edepot.wur.nl/132982>.
- Adamse, P., Ine Van der Fels-Klerx, H.J., Jong, J., 2017. Cadmium, lead, mercury and arsenic in animal feed and feed materials – trend analysis of monitoring results, Food Additives & Contaminants: Part A, 34:8, 1298–1311.
- Amlund, H., Berntssen, M.H.G., Lunestad, B.T., Lundebye, A.K., 2012. Aquaculture feed contamination by persistent organic pollutants, heavy metals, additives and drug residues. In: Fink-Gremmels, J. (Editor), Animal feed contamination, effects on livestock and food safety. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: Number 215, 205–229.
- Antunović, Z., Bogut, I., Senčić, D., Katić, M., Mijić, P., 2005. Concentrations of selected toxic elements (cadmium, lead, mercury and arsenic) in ewe milk in dependence on lactation stage. Czech Journal of Animal Science 50 (No. 8), 369–375.
- Ataro, A., McCrindle, R.I., Botha, B.M., McCrindle, C.M.E., Ndibewu, P.P., 2008. Quantification of trace elements in raw cows milk by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Food Chemistry 111 (1), 243–248.
- Bampidis, V.A., Nistor, E., Nitas, D., 2013. Arsenic, cadmium, lead and mercury as undesirable substances in animal feeds. Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies 46 (1), 17–22 (Weblink: <http://www.spasb.ro/index.php/spasb/article/view/54>).
- Blüthgen, A.H., 2000. Contamination of milk from feed. Bull. Int. Dairy Feder. 356, 43–47.
- Caggiano, R., Sabia, S., D'Emilio, M., Macchiato, M., Anastasio, A., Ragosta, M., 2005. Letal levels in fodder, milk, dairy products, and tissue sampled in ovine farms of southern Italy. Environmental Research 99 (1), 48–57.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2009. Fourth Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. US Department of Health and Human Services, Atlanta, GA, USA.

- European Union (EU), 2010. Οδηγία 2010/63/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 22ας Σεπτεμβρίου 2010, περί προστασίας των ζώων που χρησιμοποιούνται για επιστημονικούς σκοπούς. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 276/33.
- European Union (EU), 1996. Οδηγία 96/23/EK του Συμβουλίου, της 29ης Απριλίου 1996, περί της λήψης μέτρων ελέγχου για ορισμένες ουσίες και τα κατάλοιπά τους σε ζώοντα ζώα και στα προϊόντα τους και κατάργησης των οδηγιών 85/358/ΕΟΚ και 86/469/ΕΟΚ και των αποφάσεων 89/187/ΕΟΚ και 91/664/ΕΟΚ.
- European Union (EU), 2002. Οδηγία 2002/32/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 7ης Μαΐου 2002, σχετικά με τις ανεπιθύμητες ουσίες στις ζωοτροφές.
- European Union (EU), 2003. ΕΕ C 110 E, 08/05/2003 (σελ. 175). Απάντηση σε Κοινοβουλευτική ερώτηση με θέμα το αρσενικό στις ζωοτροφές. E-3154/2002, <https://www.europarl.europa.eu/sides/getAllAnswers.do?reference=E-2002-3154&language=EL>
- European Union (EU), 2004. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 882/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 29ης Απριλίου 2004, για τη διενέργεια επισήμων ελέγχων της συμμόρφωσης προς τη νομοθεσία περί ζωοτροφών και τροφίμων και προς τους κανόνες για την υγεία και την καλή διαβίωση των ζώων.
- European Union (EU), 2006. Commission regulation No. 1881/2006 of 19. December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, L 364.
- European Union (EU), 2007. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 333/2007 της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 28ης Μαρτίου 2007, για τον καθορισμό μεθόδων δειγματοληψίας και ανάλυσης για τον επίσημο έλεγχο των επιπέδων μολύβδου, καδμίου, υδραργύρου, ανόργανου κασσιτέρου, 3-μονοχλωροπροπανοδιόλης και βενζοπυρενίου στα τρόφιμα.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2004a. Opinion on the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to cadmium as undesirable substance in animal feed. EFSA Journal 2004a, 72, pp. 1–24, <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/72.pdf>.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2004b. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to lead as

- undesirable substance in animal feed. EFSA Journal 2004b, 71, pp. 1–20, <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/71.pdf>.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2005. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to arsenic as undesirable substance in animal feed. EFSA Journal 2005, 180, pp. 1–35, <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/180.pdf>.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2008. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain: Mercury as undesirable substance in animal feed. EFSA Journal 2008, 654, pp. 1–76, <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/654.pdf>.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2009. Scientific opinion on arsenic in food – panel on Contaminants in the Food on Contaminants in the Food Chain. EFSA Journal 2009, 7 (10), 1351.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001, Trace Elements in Soils and Plants (3rd edition), CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Kapila, R., Kavadi, P.K., Kapila, S., 2013. Comparative evaluation of allergic sensitization to milk proteins of cow, buffalo and goat. Small Ruminant Research 112 (1-3), 191–198.
- Kazi, T.G., Jalbani, N., Baig, J.A., Kandhro, G.A., Afridi, H.H, Arain, M.B., 2009. Assessment of toxic metals in raw and processed milk samples using electrothermal atomic absorption spectrophotometer. Food and Chemical Toxicology 47 (9), 2163–2169.
- Kochare, T., Tamir, B., 2015. Assessment of dairy feeds for heavy metals. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS). Samara University, Department of Animal Sciences, Samara, 132, Ethiopia Addis Ababa University, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Production Studies, Debrezeit, 34, Ethiopia.
- Lai, H.Y., Hseu, Z.Y., Chen, T.C., Chen, B.C., Guo, H.Y., Chen, Z.S., 2010. Health risk-based assessment and management of heavy metals-contaminated soil sites in Taiwan. International Journal of Environmental Research and Public Health 7 (10), 3595–3614.
- Linden, A., 2002. Biomonitoring of cadmium in pig production. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden.

- López-Alonso, M., 2012. Ch. 9. Animal feed contamination by toxic metals. In: *Animal Feed Contamination: Effects on Livestock and Food Safety*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp. 183–204 (Weblink: <https://doi.org/10.1533/9780857093615.2.183>).
- López-Alonso, M., Benedito, J.L., Miranda, M., Castillo, C., Hernández, J., Shore, R., 2002. Interaction between toxic and essential trace metals in cattle from a region with low levels of pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 42, 165–172.
- Loutfy, N., Fuerhacker, M., Tundo, P., Raccanelli, S., El Dien, A.G., Ahmed, M.T., 2006. Dietary intake of dioxins and dioxins-like PCBs, due to the consumption of dairy products, fish/seafood and meat from Ismalia city, Egypt. *Science of the Total Environment* 370 (1), 1–8.
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F., Ankers, P., 2016. Seaweeds for livestock diets: A review. *Animal Feed Science and Technology* 212, 1–17.
- Massoud, R., Hadiani, M., Hamzehlou, P., Khosravi-Darani, K., 2019. Bioremediation of heavy metals in food industry: Application of *Saccharomyces cerevisiae*. *Electronic Journal of Biotechnology* 37, 56–60.
- National Research Council (NRC), 2005. *Mineral Tolerance of Animals* (2nd revised edition), The National Academies Press, Washington DC, USA.
- Nicholson, F.A., Jones, K.C., Johnston, A.E., 1994. Effect of phosphate fertilizers and atmospheric deposition on long-term changes in the cadmium content of soils and crops. *Environmental Science and Technology* 28, 2170–2175.
- Rajaganapathy, V., Xavier, F., Sreekumar, D., Mandal, P.K., 2011. Heavy metal contamination in soil water and fodder and their presence in livestock and products: a review. *J. Environ. Sci. Technol.* 4, 234–249.
- Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF), 2011. Annual Report. [cited 2016 Aug 30]. Available from: http://ec.europa.eu/food/safety/rasff/docs/rasff_annual.
- Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF), 2012. Annual Report. [cited 2016 Aug 30]. Available from: http://ec.europa.eu/food/safety/rasff/docs/rasff_annual.
- Rebelo, F.M., Caldas, E.D., 2016. Arsenic, lead, mercury and cadmium: Toxicity, levels in breast milk and the risks for breastfed infants. *Environmental Research* 151 (2016) 671–688.

- Sanz Ceballos, L., Ramos Morales, E., de la Torre Adarve, G., Diaz Castro, J., Perz Martinez, L., Sanz Sampelayou, M.R., 2009. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis* 22 (4), 322–329.
- Setko, A.G., Mryasova, J.K., Turin, A.V., 2018. Risk of health disorders in children caused by consumption of contaminated food products. Orenburg State Medical University, Russia.
- Soylak, M., Saracoglu, S., Tuzen, M., Mendil, D., 2005. Determination of trace metals in mushroom samples from Kayseri, Turkey. *Food Chemistry* 92 (4), 649–652.
- Stanovič, R., Árvay, J., Hauptvogel, M., Tomáš, J., Kováčik, A., Záhorcová, Z., Slávik, M., 2016. Determination of heavy metals concentration in raw sheep milk from mercury polluted area. *Potravinárstvo, Slovak Journal of Food Sciences* 10 (1), 95–99.
- Taber, K.H., Hurley, R.A., 2008. Mercury Exposure: Effects Across the Lifespan. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 20: iv-389.
- Toth, T., Arva, M., Kopernicka, M., Slavik, M., Tomas, J., Lazor, P., Bystricka, J., Kavalcova, P., 2015, Heavy metal screening in compounds feeds. *Animal Science and Biotechnologies*, 2015, 48 (1).
- Tunegová, M., Toman, R., Tančin, V., Janíček, M., 2018. Occurrence of selected metals in feed and sheeps milk from areas with different environmental burden. *Potravinárstvo, Slovak Journal of Food Sciences* 12 (1), 454–460.
- Tuzen, M., Saracoglu, S., Soylak, M., 2008. Evaluation of trace element contents of powdered beverages from Turkey. *Journal of Food Nutrition Research* 47 (3), 120–124.
- Underwood, E.J., Suttle, N.F., 1999, *The Mineral Nutrition of Livestock* (3rd edition), Cabi Publishing, Wallingford, UK.
- Wang, P., Zhang, Q., Lan, Y., Xu, S., Gao, R., Li, G., Zhang, H., Shang, H., Ren, D., Zhu, C., Li, Y., Li XJiang, G., 2014. Dioxins contamination in the feed additive (feed grade cupric sulfate) tied to chlorine industry. *Sci. Rep.* 4, 5975. doi:10.1038/srep05975.
- Wanniatie, V., Sudarwanto, M.B., Purnawarman, T., Jayanegara, A., 2019. Chemical compositions, contaminants, and residues of organic and conventional goat milk in Bogor District, Indonesia. *Veterinary World*, 12(8), 1218-1224.
- World Health Organization (WHO), 2010. *Childhood Lead Poisoning*. Geneva, Switzerland.

