

Επιστημονική Επετηρίδα, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τιμητική έκδοση στη μνήμη του ομότιμου καθηγητή Κ. Σολδάτου	Ειδικός τόμος 101	125-133	Θεσσαλονίκη 2012
--	----------------------	---------	---------------------

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΖΕΟΛΙΘΩΝ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ, ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΖΕΟΛΙΘΟΥ: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Φιλιππίδης Α. και Τσιραμπίδης Α.

Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, 541 24 Θεσσαλονίκη, anestis@geo.auth.gr, ananias@geo.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με τον τύπο του ζεόλιθου και την περιεκτικότητά του στο πέτρωμα που τον περιέχει, το οικονομικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως στις θέσεις Ρέμα Ντρίστα και Μαύρη Πέτρα στα Πετρωτά Έβρου, Κύριες Τούμπες και Τύμπανο στον Πεντάλοφο Έβρου και πιθανώς στη Λεκάνη Καρλοβασίου-Μαραθόκαμπου στη Νήσο Σάμο. Ο Ελληνικός Φυσικός Ζεόλιθος (ΕΛΦΥΖΕ) στο Ρέμα Ντρίστα είναι πολύ υψηλής ποιότητας και περιέχει 89% κ.β. ζεόλιθο τύπου-HEU. Η κατεργασία αστικών λυμάτων με τον ΕΛΦΥΖΕ έδωσε διαυγές νερό με βελτιωμένες τις ποιοτικές παραμέτρους κατά 90-950%. Επίσης, η κατεργασία έδωσε ως ίζημα άοσμη και συνεκτική ζεολυματολάσπη. Η ζεολυματολάσπη που παράγεται, είτε με την ανάμιξη της λυματολάσπης με τον ΕΛΦΥΖΕ, είτε ως ίζημα με την κατεργασία των αστικών λυμάτων με ΕΛΦΥΖΕ, είναι κατάλληλη για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό στις γεωργικές καλλιέργειες. Η κατεργασία βιομηχανικών υγρών αποβλήτων (βαφείου και βυρσοδεψείου), έδωσε διαυγές νερό με βελτιωμένες τις ποιοτικές παραμέτρους κατά 93-99%. Επίσης, οι κατεργασίες έδωσαν ως ίζημα άοσμη και συνεκτική ζεολάσπη, η οποία είναι κατάλληλη για ασφαλή απόθεση, επειδή τα επιβλαβή συστατικά δεν εκπλύνονται με απιονισμένο νερό. Ο ΕΛΦΥΖΕ απομακρύνει από ύδατα κυανοβακτήρια κατά 51-92%. Η προσθήκη του ΕΛΦΥΖΕ στα αγροτικά εδάφη, αυξάνει τις σοδειές κατά 17-66%, βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων κατά 4-46%, μειώνει τη χρήση λιπασμάτων κατά 56-100%, μειώνει την κατανάλωση του νερού άρδευσης κατά 33-67%, αποτρέπει την έκπλυση επιβλαβών ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Η χρήση του ΕΛΦΥΖΕ ως υλικό δαπέδου κτηνοτροφικών μονάδων και ως πρόσθετο ζωοτροφών, αυξάνει την παραγωγή (17% στο γάλα αγελάδων, 7% στο βάρος κρεο-παραγωγών ορνιθίων), βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων, μειώνει την κατανάλωση τροφής, τις ασθένειες και τη φαρμακευτική αγωγή των ζώων, τη θνησιμότητα των νεογνών, τη δυσσομία και μετατρέπει την κοπριά σε άοσμο λίπασμα.

ABSTRACT

QUALITY CHARACTERISTICS OF THE GREEK ZEOLITES, ENVIRONMENTAL, INDUSTRIAL, AGRICULTURAL AND AQUACULTURAL USES OF HELLENIC NATURAL ZEOLITE: A REVIEW

Filippidis A. and Tsirambides A.

Department of Mineralogy-Petrology-Economic Geology, School of Geology, Aristotle University, 541 24 Thessaloniki, anestis@geo.auth.gr, ananias@geo.auth.gr

According to zeolite type and content in the rock, the economical interest is centered in the locations of Ntrista Stream and Mavri Petra of Petrotota (Evros), in Kyries Toumpes and Tympano of Pentalofos (Evros) and possibly in Karlovasi-Marathokampos basin of Samos island. The Hellenic Natural Zeolite (HENZA) of Ntrista stream is of very high quality and contains 89 wt.% HEU-type zeolite. The treatment of urban wastewaters with the HENZA resulted to production of clear water with quality parameters improved by 90-950%. A precipitate of odorless and cohesive zeosewage sludge was also produced. The zeosewage sludge produced, either by the commixture of sewage sludge with the HENZA or as precipitate from HENZA-treatment of urban waste waters, it is suitable for the reclamation of agricultural soils. The treatment of industrial wastewaters (textile- and tanning-work) with the HENZA resulted to production of clear water with quality parameters improved by 93-99%. Precipitate of odorless and cohesive zeosludge was also produced, which is suitable for safe deposition, since their dangerous constituents are not leached with deionised water. The HENZA removes from waters cyanobacteria by 51-92%. The addition of HENZA in the agricultural soils, increases the crops yield by 17-66%, improves the quality of products by 4-46%, reduces the use of fertilizers by 56-100%, reduces the usage of irrigation water by 33-67%, prevents the seepage of dangerous constituents into the water environment, protecting thus the quality of surface and groundwater. The usage of HENZA as floor material in animal raising units and as animal nutrition additive, increases the production (17% of cow milk, 7% of broilers body weight), improves the quality of their products, reduces the feed cost, the animal diseases, the animal medication, the new-born animal's death-rate, the malodor and converts the manure to odorless fertilizer.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι φυσικοί ζεόλιθοι απαντούν σε περισσότερα από 80 είδη. Το είδος και η καθαρότητα των Ελληνικών ζεόλιθων παρουσιάζονται στους Πίνακες 1-7.

Για τις διάφορες χρήσεις αποφεύγονται οι ινώδης ζεόλιθοι (π.χ., εριονίτης, μορδενίτης, σκολεσίτης, μεσόλιθος, νατρόλιθος) και προτείνονται αυτοί που η περιεκτικότητά τους στο πέτρωμα είναι $\geq 70\%$ κ.β., ενώ χαμηλότερης ποιότητας προτείνονται για χρήσεις ως δομικά υλικά.

Ο ζεόλιθος με τις περισσότερες και πολύμορφες περιβαλλοντικές, βιομηχανικές, αγροτικές και υδατικές εφαρμογές είναι ο HEU-type (κλινοπτιλόλιθος-εουλανδίτης) ζεόλιθος (e.g., Colella & Mumpton 2000, Colella et al. 2001, Kalló 2001, Ming & Allen 2001, Tchernev 2001, Harben 2002, Filippidis 2010b). Ο ζεόλιθος τύπου-HEU, περιέχει μικρο-πόρους σε πλέγμα 10-μελών και 8-μελών δακτυλίων, διαστάσεων 7,5x3,1 Å, 4,6x3,6 Å και 4,7x2,8 Å (Baerlocher et al. 2001). Σύμφωνα με τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, τον τύπο του ζεόλιθου και την περιεκτικότητά του στο πέτρωμα (Πίν. 1-7), το επενδυτικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως στις θέσεις Ρέμα Ντρίστα και Μαύρη Πέτρα στα Πετρωτά Έβρου (Πίν. 1), Κύριες Τούμπες και Τύμπανο στον Πεντάλοφο Έβρου (Πίν. 2) και πιθανώς κάποιες θέσεις στη Λεκάνη Καρλοβασιού-Μαραθόκαμπου στη Νήσο Σάμο (Πίν. 7). Στη θέση Ρέμα Ντρίστα Πετρωτών Έβρου (δέσμευση της GEO-

VET N. Αλεξανδρίδης & Σια Ο.Ε.), το ζεολιθοφόρο κοίτασμα περιέχει κατά μέσο όρο 89% κ.β. ζεόλιθο τύπου-HEU (διακύμανση 84-95% κ.β.) και αποκαλείται ΕΛΦΥΖΕ (Ελληνικός ΦΥσικός Ζεόλιθος). Αυτός ο ΕΛΦΥΖΕ είναι κατάλληλος για χρήση σε πολυάριθμες περιβαλλοντικές, βιομηχανικές, αγροτικές και υδατικές εφαρμογές.

2 ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΛΦΥΖΕ

Ο Ελληνικός Φυσικός Ζεόλιθος (ΕΛΦΥΖΕ) κατά μέσο όρο περιέχει 89% κ.β. ζεόλιθο τύπου-HEU (διακύμανση 84-95% κ.β.), 3% κ.β. (μαρμαρυγία + αργιλικά ορυκτά), 5% κ.β. αστρίους και 3% κ.β. (χαλαζία + χριστοβαλίτη). Οι πινακοειδείς κρύσταλλοι αυτού του ζεόλιθου έχουν μέγεθος 5-25 μm . Χαρακτηριστικά είναι τα shards, τα οποία στο εσωτερικό τους περιέχουν κρυστάλλους ζεόλιθου τύπου-HEU που περιβάλλονται από πολύ λεπτή ζώνη αργιλικών ορυκτών. Ο χημικός τύπος του ζεόλιθου τύπου-HEU είναι $\text{Ca}_{1,5}\text{K}_{1,4}\text{Mg}_{0,6}\text{Na}_{0,5}\text{Al}_{6,2}\text{Si}_{29,8}\text{O}_{72}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$. Χημικά ο ΕΛΦΥΖΕ αποτελείται κυρίως από 68,6% κ.β. SiO_2 , 11,8% κ.β. Al_2O_3 , 2,9% κ.β. K_2O , 2,1% κ.β. CaO , 1,1% κ.β. Na_2O και 0,8% κ.β. MgO . Ο ΕΛΦΥΖΕ έχει την ικανότητα δέσμευσης βακτηρίων, αερίων, ανόργανων,

Πίνακας 1. Περιεκτικότητα σε ζεόλιθο των τοπικών σχηματισμών από διάφορες θέσεις των Πετρωτών Έβρου [HEU: Ζεόλιθος τύπου-HEU (Κλινοπτιλόλιθος-Εουλανδίτης)].

Θέση	Μέση τιμή Ζεόλιθου (% κ.β.)	Ελάχιστο-Μέγιστο (% κ.β.)	Βιβλιογραφία
Αλώνι-Κόκκαλο	43 HEU	29-72	Μάραντος κ.ά. 2008
	75 HEU	65-86	Filippidis et al. 2007
	69 HEU	57-82	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002, Kantiranis et al. 2006
Γκαζόμυλος	65 HEU	40-90	Stamatakis et al. 1998
	50 HEU	40-69	Μάραντος κ.ά. 2008
	41 HEU	18-59	Kiron et al. 1990
Λιβαδάκια	43 HEU	-	Filippidis et al. 2007
	35 HEU	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002
	83 HEU	80-89	Filippidis et al. 2007
Μαύρη Πέτρα	79 HEU	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002
	79 HEU	74-86	Kantiranis et al. 2006, Τσιραμπίδης & Φιλιππίδης 2011
	76 HEU	70-81	Kiron et al. 1990
	65 HEU	40-90	Stamatakis et al. 1998
Πετρωτά-Ρέμα Λεύκη	65 HEU	40-90	Stamatakis et al. 1998
	63 HEU	-	Filippidis et al. 2007
	54 HEU	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002, Kantiranis et al. 2006
Ρέμα Ντρίστα ΕΛΦΥΖΕ: Ελληνικός Φυσικός Ζεόλιθος	45 HEU	22-57	Μάραντος & Περδικάτσης 1994
	89 HEU	84-95	Φιλιππίδης 2008, 2011, Τσιραμπίδης & Φιλιππίδης 2011
	89 HEU	87-93	Φιλιππίδης & Καντηράνης 2002
	89 HEU	87-93	Φιλιππίδης 2005α, 2007, Φιλιππίδης κ.ά. 2008β,γ
	89 HEU	-	Φιλιππίδης 2005β, 2009, 2010, Filippidis 2008, 2010a,b
	89 HEU	-	Φιλιππίδης κ.ά. 2006, 2007α-γ, 2008α, 2009, 2011
	89 HEU	-	Filippidis & Kantiranis 2007, Βογιατζής κ.ά. 2008
89 HEU	-	Filippidis et al. 2008a-d, 2009, 2010a-c, Βογιατζής 2009	
88 HEU	-	Deligiannis et al. 2005	
53 HEU	40-67	Μάραντος κ.ά. 2008	
Φυλάκιο Ωμέγα	45 Μορδενίτης	-	Kiron et al. 1990

οργανικών και οργανομεταλλικών ενώσεων, καθώς επίσης ρυθμίζει προς το ουδέτερο το pH των όξινων και αλκαλικών υδάτων (Φιλιππίδης & Καντηράνης 2002, Φιλιππίδης 2005α, 2007, Filippidis & Kantiranis 2007, Filippidis 2010b).

φιλική προς τα φυτά, το περιβάλλον και τον άνθρωπο, κατάλληλη για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό στις γεωργικές καλλιέργειες, καθώς και για ασφαλή απόθεση, εξαιτίας της καθήλωσης των επιβλαβών συστατικών στους μικρο- μέσο- και μακρο-πόρους του ΕΛΦΥΖΕ.

Πίνακας 2. Περιεκτικότητα σε ζεόλιθο των τοφικών σχηματισμών από διάφορες θέσεις του Πενταλόφου Έβρου [HEU: Ζεόλιθος τύπου-HEU (Κλινοπτιλόλιθος-Ευλανδίτης)].

Θέση	Μέση τιμή Ζεόλιθου (% κ.β.)	Ελάχιστο-Μέγιστο (% κ.β.)	Βιβλιογραφία
Κύριες Τούμπες	77 HEU	-	Vlissidis et al. 2001, Katranas et al. 2003
	77 HEU	-	Φιλιππίδης & Καντηράνης 2005
	76 HEU	74-77	Τσιραμπίδης & Φιλιππίδης 2011
	74 HEU	-	Filippidis et al. 2007
	65 HEU	40-90	Stamatakis et al. 1998
Παλαίστρα	65 HEU	40-90	Stamatakis et al. 1998
	43 HEU	17-58	Μάραντος & Περγικιάτης 1994
Τύμπανο	≥85 HEU	-	Papaioannou et al. 2002a,b, Krestou et al. 2003, Fokas et al. 2004
	85 HEU	-	Moirou et al. 2001
	83 HEU	70-93	Τσιραμπίδης & Φιλιππίδης 2011
	78 HEU	70-85	Tsadilas et al. 1997
	77 HEU	55-95	Yannakopoulos et al. 2000, Kyriakis et al. 2002
	73 HEU	-	Φιλιππίδης & Καντηράνης 2005
	70 HEU	49-93	Kassoli-Fourmaraki et al. 2000
	69 HEU	68-70	Filippidis et al. 2007
	65 HEU	40-90	Stamatakis et al. 1998
	63 HEU	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρνάρη 2002, Kantiranis et al. 2006
59 HEU	37-81	Hall et al. 2000	

3 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΟΣΜΗΣ-ΣΥΝΕΚΤΙΚΗΣ ΖΕΟΛΥΜΑΤΟΛΑΣΠΗΣ

Η κατεργασία αστικών λυμάτων (αρχικού pH 8,4) με τον ΕΛΦΥΖΕ (κοκκομετρίας <1,5 mm) έδωσε διαυγές νερό (τελικού pH 7,6), απαλλαγμένο από οσμές και βελτιωμένο στις ποιοτικές παραμέτρους του χρώματος, των αιωρούμενων στερεών, του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD), του διαλυμένου οξυγόνου, του P₂O₅, του NH₄, του NO₃, του Cr, του Mn και του Ni κατά 90-950% (Πίν. 8). Οι τελικές αυτές τιμές του pH και των ποιοτικών παραμέτρων στο διαυγές νερό, είναι μικρότερες από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των πρότυπων νερών, για διάθεση σε φυσικό αποδέκτη, για άρδευση, κολύμβηση και διαβίωση ψαριών. Η ζεολυματολάσπη, είτε παράγεται κατά την κατεργασία αστικών λυμάτων ως ίζημα, είτε με την ανάμειξη ΕΛΦΥΖΕ και λυματολάσπης, είναι άοσμη και συνεκτική,

Αυτά τα συστατικά δεν εκπλύνονται με το νερό της βροχής, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

4 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΒΑΦΕΙΟΥ

Η κατεργασία βιομηχανικών υγρών αποβλήτων βαφείου (αρχικού pH 8,6) με τον ΕΛΦΥΖΕ (κοκκομετρίας <1,5 mm) έδωσε διαυγές νερό (τελικού pH 8,0), απαλλαγμένο από οσμές και βελτιωμένο στις ποιοτικές παραμέτρους του χρώματος, των αιωρούμενων στερεών, του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD), του P₂O₅ και του NH₄ κατά 93-98% (Πίν. 9). Οι τελικές αυτές τιμές του pH και των ποιοτικών παραμέτρων στο διαυγές νερό, είναι μικρότερες από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των πρότυπων νερών, για διάθεση σε φυσικό αποδέκτη, για άρδευση, κολύμβηση και διαβί-

Πίνακας 3. Περιεκτικότητα σε ζεόλιθο των τοφικών σχηματισμών από τις θέσεις Γουρουνόρεμα-Ξεροβούνι των Μεταξάδων-Αβδέλλας Έβρου [HEU: Ζεόλιθος τύπου-HEU (Κλινοπτιλόλιθος-Ευλανδίτης)].

Μέση τιμή Ζεόλιθου (% κ.β.)	Ελάχιστο-Μέγιστο (% κ.β.)	Βιβλιογραφία
75 HEU	-	Φιλιππίδης & Καντηράνης 2005
70 HEU	-	Papadopoulos et al. 2004
69 HEU	66-72	Tsirambides et al. 1989, Τσιραμπίδης 1991
61 HEU	-	Filippidis 1993, Haidouti 1997
60 HEU	-	Misaelides et al. 1995b, Yannakopoulos et al. 1995, 1998, 2002, Vlissidis et al. 2001
60 HEU	-	Tserveni-Gousi et al. 1995, 1997, Symeopoulos et al. 1996, Katranas et al. 2003
59 HEU	27-69	Tsirambides et al. 1993, Sikalidis 1998
58 HEU	-	Μισσηλίδης κ.ά. 1994, Misaelides et al. 1994, 1995a
57 HEU	42-67	Kantiranis et al. 2006, Τζάμος 2009, Tzamos et al. 2010
56 HEU	47-64	Filippidis et al. 2007
55 HEU	40-60	Κοσιάρης κ.ά. 1987
54 HEU	34-64	Βούτα 2009
52 HEU	29-68	Καλαμπαλίκη 2009, Αποστολίδης 2010, Τζάμος κ.ά. 2011
51 HEU	34-75	Koutles et al. 1995
37 HEU	29-45	Μάραντος κ.ά. 1989
35 HEU	22-46	Μάραντος κ.ά. 1988

ωση ψαριών. Η ζεολάσπη είναι άοσμη, συνεκτική και κατάλληλη για ασφαλή απόθεση, εξαιτίας της καθής-λωσης των επιβλαβών συστατικών στους μικρο- μέσο- και μακρο-πόρους του ΕΛΦΥΖΕ. Αυτά τα συστατικά

δεν εκπλύνονται με το νερό της βροχής, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Πίνακας 4. Περιεκτικότητα σε ζεόλιθο των τοφικών σχηματισμών από διάφορες θέσεις της Δαδιάς-Λευκίμης-Φερών Έβρου [HEU: Ζεόλιθος τύπου-HEU (Κλινοπιλόλιθος-Ευλανδίτης)].

Θέση	Μέση τιμή Ζεόλιθου (% κ.β.)	Ελάχιστο-Μέγιστο (% κ.β.)	Βιβλιογραφία
Κανάλια Δαδιάς	43 (HEU+Στιλβίτης)	-	Κοσιάρης κ.ά. 1987
Ξέφωτο Δαδιάς-Λευκίμης	51 HEU	-	Φιλιππίδης & Καντηράνης 2005
Σύνορο Δαδιάς-Λευκίμης	53 HEU	-	Φιλιππίδης & Καντηράνης 2005
Βρύση Λευκίμης	46 HEU	-	Κοσιάρης κ.ά. 1987
Βυρίνη Λευκίμης	53 Μορδενίτης	-	Κοσιάρης κ.ά. 1987
	8 (Λομοντίτης+Στιλβίτης)	-	Κοσιάρης κ.ά. 1987
Λευκίμμη	70 HEU	-	Κοσιάρης κ.ά. 1987
Άγιος Κων/νος Φερών	17 (HEU+ Μορδενίτης)	10-23	Marantos et al. 2007
	14 (HEU+Μορδενίτης)	2-35	Μάραντος 2004
Ασπρα Χώματα Φερών	31 Μορδενίτης	13-50	Marantos et al. 2008
	25 Μορδενίτης	13-36	Μάραντος 2004
	5 Μορδενίτης	-	Filippidis et al. 2007
	31 (Μορδενίτης+Στιλβίτης)	-	Marantos et al. 2007
Βρύση Φερών	41 HEU	-	Marantos et al. 2007
	41 Μορδενίτης	28-50	Μάραντος 2004
Καβησός Φερών	70 (HEU+Μορδενίτης)	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002
	60 (HEU+ Μορδενίτης)	45-74	Filippidis et al. 2007
	54 (HEU+Μορδενίτης)	-	Φιλιππίδης & Καντηράνης 2005
Καψάλα Φερών	37 (HEU+Μορδενίτης)	26-40	Μάραντος 2004, Marantos et al. 2007
Λάκα Φερών	88 (HEU+Μορδενίτης)	-	Marantos et al. 2008
	69 (HEU+ Μορδενίτης)	-	Marantos et al. 2007
	64 (HEU+Μορδενίτης)	29-88	Μάραντος 2004
Μακρύλοφος Φερών	42 (HEU+ Μορδενίτης)	-	Marantos et al. 2007
	41 (HEU+ Μορδενίτης)	16-53	Marantos et al. 2008
	39 (HEU+ Μορδενίτης)	16-53	Μάραντος 2004
Νίμα Φερών	11 HEU	-	Marantos et al. 2008
	41 Μορδενίτης	-	Marantos et al. 2008
	79 (HEU+Μορδενίτης)	-	Marantos et al. 2008

Πίνακας 5. Περιεκτικότητα σε ζεόλιθο των τοφικών σχηματισμών από διάφορες θέσεις του Νομού Ροδότης [HEU: Ζεόλιθος τύπου-HEU (Κλινοπιλόλιθος-Ευλανδίτης)].

Θέση	Μέση τιμή Ζεόλιθου (% κ.β.)	Ελάχιστο-Μέγιστο (% κ.β.)	Βιβλιογραφία
Σκάλωμα (ΒΑ)	60 (HEU+ Μορδενίτης)	-	Φιλιππίδης & Καντηράνης 2005
	56 (HEU+ Μορδενίτης)	51-60	Filippidis et al. 2007
	44 (HEU+ Μορδενίτης)	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002
	40 (HEU+ Μορδενίτης)	20-60	Μάραντος κ.ά. 2000α
	18 (HEU+ Μορδενίτης)	16-19	Μάραντος κ.ά. 2000β
Σκάλωμα (ΒΔ)	40 (HEU+ Μορδενίτης)	20-60	Μάραντος κ.ά. 2000α
Σκάλωμα, Βουκέφαλο	18 Ανάλκιμο	-	Φιλιππίδης & Καντηράνης 2005
Δαρμένης	16 Ανάλκιμο	-	Filippidis et al. 2007
Σκάλωμα, Κηροστάτης	40 (HEU+ Μορδενίτης)	20-60	Μάραντος κ.ά. 2000α

Πίνακας 6. Περιεκτικότητα σε ζεόλιθο των τοφικών σχηματισμών από διάφορες θέσεις του Νομού Κυκλάδων [HEU: Ζεόλιθος τύπου-HEU (Κλινοπιλόλιθος-Ευλανδίτης)].

Θέση, Νήσος	Μέση τιμή Ζεόλιθου (% κ.β.)	Ελάχιστο-Μέγιστο (% κ.β.)	Βιβλιογραφία
Παναγιά-Κήπτοι,	45 Μορδενίτης	-	Filippidis et al. 2007
Νήσος Μήλος	28 Μορδενίτης	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002
Όρμος Σικιά-Αγ. Ανδρέας,	55 HEU	40-70	Fragoulis et al. 1997
Νήσος Κίμωλος	73 Μορδενίτης	70-75	Fragoulis et al. 1997
	30 Μορδενίτης	-	Filippidis et al. 2007
	23 Μορδενίτης	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002
Πολύαιγος-Μυρσίνη,	61 Μορδενίτης	-	Filippidis et al. 2007
Νήσος Πολύαιγος	40 Μορδενίτης	20-65	Κανάρης 1989
	66 (HEU+ Μορδενίτης)	-	Filippidis et al. 2007
	58 (HEU+ Μορδενίτης)	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002
Ακρωτήρι,	49 HEU	-	Kitsopoulos et al. 1998
Νήσος Θήρα	33 HEU	-	Filippidis et al. 2007
	72 (HEU+ Μορδενίτης)	-	Filippidis et al. 2007
	53 (HEU+ Μορδενίτης)	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002
Όρμος Μπάλος, Νήσος Θήρα	56 Μορδενίτης	-	Filippidis et al. 2007

Πίνακας 7. Περιεκτικότητα σε ζεόλιθο των τοφικών σχηματισμών από διάφορες θέσεις της Λεκάνης Καρλοβασιού-Μαραθόκαμπτου της Νήσου Σάμου [HEU: Ζεόλιθος τύπου-HEU (Κλινοπτιλόλιθος-Ευλανδίτης)].

Μέση τιμή Ζεόλιθου (% κ.β.)	Ελάχιστο-Μέγιστο (%κ.β.)	Βιβλιογραφία
91 HEU	-	Kantiranis et al. 2011
89 HEU	-	Kantiranis et al. 2006
62 HEU	34-91	Filippidis et al. 2007
57 HEU	47-74	Kantiranis et al. 2004
64 Μορδενίτης	-	Filippidis et al. 2007
72 Ανάλκιμο	-	Filippidis et al. 2005
71 Ανάλκιμο	-	Kantiranis et al. 2010
44 Ανάλκιμο	27-71	Filippidis et al. 2007
66 Χαβαζίτης	-	Filippidis et al. 2007
81 (HEU+Μορδενίτης)	-	Filippidis et al. 2007
78 (HEU+Μορδενίτης)	-	Φιλιππίδης & Κασώλη-Φουρναράκη 2002
55 (HEU+Ανάλκιμο)	-	Filippidis et al. 2007
47 (HEU+Φιλλιψίτης)	-	Filippidis et al. 2007

Πίνακας 8. Μέσος όρος τιμών ποιότητας σε Αρχικό Αστικό Λύμα (ΑΑΛ) και στο Διαυγές Νερό (ΔΝ), μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης κ.ά. 2007α, 2008α,γ, 2009, Filippidis et al. 2008a-d, 2009, 2010a).

Παράμετροι (όριο ανίχνευσης)	ΑΑΛ	ΔΝ	± %
pH (0,1)	8,4	7,6	- 10
Χρώμα, mg/L (5)	1311	96	- 93
Αιωρούμενα στερεά, mg/L (5)	266	15	- 94
COD: Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, mg/L (15)	522	24	- 95
Διαλυμένο οξυγόνο, mg/L (0.1)	0,6	6,3	+ 950
P ₂ O ₅ , mg/L (0,02)	13,06	0,36	- 97
NH ₄ , mg/L (0,02)	48,50	0,35	- 99
NO ₃ , mg/L (2)	47	4	- 91
Cr, mg/L (0,02)	0,20	0,02	- 90
Mn, mg/L (0,02)	0,31	0,02	- 94
Ni, mg/L (0,02)	0,28	0,02	-93

Πίνακας 9. Μέσος όρος τιμών ποιότητας σε Αρχικό Υγρό Απόβλητο Βαφείου (ΑΥΑΒΑ) και στο Διαυγές Νερό (ΔΝ), μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης κ.ά. 2008α,β, Filippidis et al. 2008b).

Παράμετροι (όριο ανίχνευσης)	ΑΥΑΒΑ	ΔΝ	± %
pH (0,1)	8,6	8,0	- 7
Χρώμα, mg/L (5)	1264	40	- 97
Αιωρούμενα στερεά, mg/L (5)	127	9	- 93
COD: Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, mg/L (15)	432	23	- 95
P ₂ O ₅ , mg/L (0,02)	8,56	0,18	- 98
NH ₄ , mg/L (0,02)	20,05	0,42	- 98

5 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΒΥΡΣΟΔΕΨΕΙΟΥ

Η κατεργασία βιομηχανικών υγρών αποβλήτων βυρσοδεψείου (αρχικού pH 8,8) με τον ΕΛΦΥΖΕ (κοκκομετρίας <1,5 mm) έδωσε διαυγές νερό (τελικού pH 7,2), απαλλαγμένο από οσμές και βελτιωμένο στις ποιοτικές παραμέτρους του χρώματος, των αιωρούμενων στερεών και του P₂O₅ κατά 98-99% (Πίν. 10). Οι τελικές αυτές τιμές του pH και των ποιοτικών παραμέτρων στο διαυγές νερό, είναι μικρότερες από το ανώ-

τατο επιτρεπόμενο όριο των πρότυπων νερών, για διάθεση σε φυσικό αποδέκτη, για άρδευση, κολύμβηση και διαβίωση ψαριών. Η ζεολόσση είναι άοσμη, συνεκτική και κατάλληλη για ασφαλή απόθεση, εξαιτίας της καθήλωσης των επιβλαβών συστατικών στους μικρο- μέσο- και μακρο-πόρους του ΕΛΦΥΖΕ. Αυτά τα συστατικά δεν εκπλύνονται με το νερό της βροχής, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Πίνακας 10. Ποιοτικά χαρακτηριστικά σε Αρχικό Υγρό Απόβλητο Βυρσοδεψείου (ΑΥΑΒΥ) και στο Διαυγές Νερό (ΔΝ), μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ (Filippidis et al. 2008α).

Παράμετροι (όριο ανίχνευσης)	ΑΥΑΒΥ	ΔΝ	± %
pH (0,1)	8,8	7,2	- 18
Χρώμα, mg/L (5)	11200	194	- 98
Αιωρούμενα Στερεά, mg/L (5)	1955	24	- 99
P ₂ O ₅ , mg/L (0,02)	61,97	0,68	- 99

6 ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΦΥΖΕ

Η προσθήκη του ΕΛΦΥΖΕ στα ύδατα, έχει ως αποτέλεσμα τη δέσμευση ανόργανων, οργανικών, οργανομεταλλικών, αερίων, βακτηριδίων, μετάλλων και ραδιονουκλιδίων σε ποσοστό που κυμαίνεται από 20% έως 100% (e.g., Misaelides et al. 1994, 1995a,b, Φιλιππίδης κ.α. 2007β, Filippidis 2010b). Ο ΕΛΦΥΖΕ εμπλουτίζει το νερό σε οξυγόνο (οξυγνοούχα ρεύματα) και ρυθμίζει το pH των υδάτων προς το ουδέτερο, αυξάνοντας ή μειώνοντας αυτό, ανάλογα με την οξύτητα ή αλκαλικότητα των υδάτων (e.g., Colella & Mumpton 2000, Kallo et al. 2001, Filippidis & Kantiranis 2007). Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού έκπλυσης που προήλθε από την έκπλυση με απονισμένο νερό της ζεολυματολάσσης (Πίν. 11), αποδεικνύουν την καθήλωση των επιβλαβών ουσιών στον ΕΛΦΥΖΕ (Godelitsas et al. 2001, 2003).

Η χρήση του ΕΛΦΥΖΕ σε υδατικά συστήματα και στις γεωργικές καλλιέργειες, απομακρύνει κυανοβακτήρια κατά 51-92% (Πίν. 12), αυξάνει την παραγωγή των γεωργικών προϊόντων κατά 17-66% (Πίν. 13), βελτιώνει την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων κατά 4-46% (Πίν. 14), μειώνει τη χρήση λιπασμάτων

κατά 56-100%, μειώνει τη χρήση του ύδατος άρδευσης κατά 33-67%, εμποδίζει την έκπλυση και μετακίνηση των επιβλαβών ουσιών από το χερσαίο στο υδάτινο περιβάλλον, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Πίνακας 11. Αρχικό Αστικό Λύμα (ΑΑΛ), Διαυγές Νερό (ΔΝ) μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ και Νερό Έκπλυσης της Ζεολυματολάσσης (ΝΕΖ) (Filippidis et al. 2008c).

Παράμετροι (Όριο ανίχνευσης)	ΑΑΛ	ΔΝ	± %	ΝΕΖ	± %
pH (0,1)	8,9	7,4	- 17	5,6	- 37
Χρώμα, mg/L (5)	1470	49	- 97	41	- 97
Αιωρούμενα στερεά, mg/L (5)	325	<5	- 100	<5	- 100
Διαλυμένο οξυγόνο, mg/L (0,1)	0,6	6,3	+ 950	6,3	+ 950
SO ₄ , mg/L (0,02)	0,74	<0,02	- 100	<0,02	- 100
NO ₃ , mg/L (0,02)	46,50	3,90	- 92	3,80	- 92
NO ₂ , mg/L (0,02)	0,11	<0,02	- 100	<0,02	- 100
Cr, mg/L (0,02)	0,20	<0,02	- 100	<0,02	- 100
Mn, mg/L (0,02)	0,31	0,02	- 94	<0,02	- 100
Ni, mg/L (0,02)	0,28	<0,02	- 100	<0,02	- 100
Cu, mg/L (0,02)	0,05	<0,02	- 100	<0,02	- 100

Η χρήση του ΕΛΦΥΖΕ ως πρόσθετο ζωοτροφών και υλικό δαπέδου κτηνοτροφικών μονάδων αυξάνει την παραγωγή και βελτιώνει την ποιότητα των σχετικών προϊόντων, μειώνει την κατανάλωση τροφής, τις ασθένειες και τη φαρμακευτική αγωγή των ζώων, τη θνησιμότητα των νεογνών, τη δυσσομία και μετατρέπει την κοπριά σε άοσμο λίπασμα (Πίν. 15).

Πίνακας 12. Ικανότητα απομάκρυνσης κυανοβακτηρίων με τη χρήση του ΕΛΦΥΖΕ (Filippidis et al. 2010b,c, Φιλιππίδης κ.ά. 2011).

	Συγκέντρωση		
	Αρχική	Μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ	± %
<i>Colonial Microcystis</i> , Νερό λίμνης Δοϊράνης (colonies/mL)	320	157	- 51
<i>Filamentous</i> , Νερό λίμνης Δοϊράνης (filaments/mL)	8254	2069	- 75
<i>Chroococcus</i> , Καλλιέργεια (cells/mL)	1433751	124373	- 91
	478066	36508	- 92

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Ελληνικός Φυσικός Ζεόλιθος (ΕΛΦΥΖΕ) είναι πολύ υψηλής ποιότητας. Κατά μέσο όρο περιέχει 89% κ.β. ζεόλιθο τύπου-HEU, 3% κ.β. (μαρμαρυγία + αργιλικά ορυκτά), 5% κ.β. αστίους και 3% κ.β. (χαλαζία + χριστοβαλίτη).

Η ορυκτολογική σύσταση και οι φυσικο-χημικές ιδιότητες, καθιστούν τον ΕΛΦΥΖΕ κατάλληλο υλικό για πολυάριθμες περιβαλλοντικές, βιομηχανικές, αγροτικές και υδατικές εφαρμογές, όπως καθαρισμό αστικών λυμάτων και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, παραγωγή άοσμης και συνεκτικής ζεολυματολάσσης, κατεργασία λυματολάσσης και βιομηχανικής λάσπης για

ασφαλή απόθεση, εξυγίανση και οξυγόνωση υδάτινων οικοσυστημάτων, δέσμευση και απομάκρυνση κυανοβακτηρίων, εξασθενούς χρωμίου και ραδιονουκλιδίων, βελτίωση τεχνητών υγροβιότοπων και λοιπών μονάδων διαχείρισης υδάτων, βελτίωση ποιότητας πόσιμου νερού, ιχθυοκαλλιέργειες, αποσμητικό υλικό, μετατροπή κοπριάς σε άοσμο λίπασμα, καθαρισμό και ξήρανση αερίων, ζωοτροφές, εδαφοβελτιωτικό γεωργικών καλλιεργειών, βελτιωτικό όξινων και αλκαλικών εδαφών, διαχείριση αποβλήτων μεταλλείων και επιστροφή εδαφών σε γεωργική χρήση, υπόστρωμα θερμοκηπίων και ανθοκομικής, υγιεινή και ασφάλεια τροφίμων, βελτίωση γεύσης και ποιότητας τροφίμων, ανθεκτικότερο και υγιέστερο γρασίδι, συμπλήρωμα διατροφής, κ.α.

Πίνακας 13. Αύξηση παραγωγής και βελτίωση ποιότητας των αγροτικών προϊόντων με προσθήκη ΕΛΦΥΖΕ σε αγροτικά εδάφη (Φιλιππίδης 2007, 2010, Φιλιππίδης κ.ά. 2007γ, Filippidis 2010b).

	Λίπασμα (kg/στρέμμα)	Αρδεύσεις Αριθμός ± %	Παραγωγή (kg/στρέμμα)		± %
			Χωρίς ΕΛΦΥΖΕ	με ΕΛΦΥΖΕ	
Σιτάρι	20		170		
	0			220	+ 29
	10		70		
Ρύζι	0			110	+ 57
	90		880		
Καλαμπόκι	40			1180	+ 34
	120	3	800		
	0	2	- 33	1200	+ 50
	0	1	- 67	800	± 0
Αύξηση παραγωγής					
Τομάτα	48-52%	Ακτινίδια	45%	Γαρίφαλο	
Σταφύλι	48-66%	Βαμβάκι	17%	Αύξηση ανθοφορίας: 25%	

Πίνακας 14. Ποιοτικά χαρακτηριστικά τομάτας με προσθήκη ΕΛΦΥΖΕ σε αγροτικά εδάφη (Φιλιππίδης 2007, 2010, Φιλιππίδης κ.ά. 2007γ, Filippidis 2010b).

	Παραγωγής		
	χωρίς ΕΛΦΥΖΕ	με ΕΛΦΥΖΕ	± %
Διαλυτά στερεά συστατικά (%)	4,20	4,35	+ 4
Βιταμίνη C, (mg/100g)	6,81	8,61	+ 26
Συνεκτικότητα σάρκας, (kg)	0,619	0,906	+ 46

Πίνακας 15. ΕΛΦΥΖΕ ως πρόσθετο ζωοτροφών και υλικό δαπέδου κτηνοτροφικών μονάδων (Φιλιππίδης 2007, 2010, Φιλιππίδης κ.ά. 2007γ, Filippidis 2010b).

Αγελάδες: 17% αύξηση γαλακτοπαραγωγής	Μείωση φαρμακευτικής αγωγής
Κοτόπουλα: 7% αύξηση βάρους	Μείωση ασθενειών ζώων
Μείωση θνησιμότητας νεογνών	Μείωση δυσσομίας
Μετατροπή κοπριάς σε άοσμο λίπασμα	Μείωση κατανάλωσης τροφής
Βελτίωση γεύσης και ποιότητας των προϊόντων (κρέας, γάλα, αυγά, κλπ.)	

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστίες εκφράζονται στην GEO-VET Ν. Αλεξανδρίδης & Σια Ο.Ε. για την προμήθεια και επεξεργασία του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου (ΕΛΦΥΖΕ).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αποστολίδης Ν.Α. 2010. Ορυκτολογία και δεσμευτική ικανότητα των ζεολιθοφόρων σχηματισμών Βορείου Γουρουνορέματος (Αβδέλλα Έβρου) και πιθανές περιβαλλοντικές εφαρμογές. Διατριβή Ειδικεύσεως, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, 29σ.
- Βογιατζής Δ. 2009. Χρήση ιπτάμενης τέφρας και φυσικού ζεόλιθου στην παρασκευή ελαφροβαρών κοιναμάτων. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, 172σ.
- Βογιατζής Δ., Χρηστάρας Β., Φιλιππίδης Α., Κασώλη-Φουρναράκη Α., Καντηράνης Ν., Μοροπούλου Α. & Μπακόλας Α. 2008. Αξιολόγηση της Συμπαγοποίησης Κοιναμάτων Τσιμέντου-Άμμου-Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου με Τεχνικές Υπερήχων. 1^ο Πανελ. Συν. Δομικών Υλικών, Αθήνα, Β, 1099-1110.
- Βούτα Σ. 2009. Ορυκτολογία και δεσμευτική ικανότητα ζεόλιθου Βορείου Ξεροβουνίου (Αβδέλλα Έβρου) και πιθανές περιβαλλοντικές εφαρμογές. Διατριβή Ειδικεύσεως, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, 29σ.
- Καλαμπάλικη Σ. 2009. Ορυκτολογία και δεσμευτική ικανότητα ζεόλιθου Ξεροβουνίου (Αβδέλλα Έβρου) και πιθανές περιβαλλοντικές εφαρμογές. Διατριβή Ειδικεύσεως, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, 35σ.
- Κανάρης Ι. 1989. Οι ζεόλιθοι της Ν. Πολυαίγου. Εσωτ. Έκθεση ΙΓΜΕ, Αθήνα, 21σ.
- Κοσιάρης Γ., Καραντάσης Σ. & Γρηγοριάδης Γ. 1987. Εμφάνσεις ζεόλιθων στη Δ. Θράκη. ΙΓΜΕ, Αθήνα, 37σ.
- Μάραντος Ι. 2004. Μελέτη εξαλλοιώσεων Τριτογενών ηφαιστισίων λεκάνης Φερών Ν. Έβρου, με έμφαση στη γένεση των ζεόλιθων και των πιθανών εφαρμογών τους. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, 264σ.
- Μάραντος Ι. & Περδικάτσης Β. 1994. Μελέτη ορυκτολογικής σύστασης, αφυδάτωσης / προσρόφησης νερού και ιοντοανταλλακτικής ικανότητας ζεολιθικών τόφων, από την περιοχή Πετρωτών-Πενταλόφου (Λεκάνη Ορεσιτιάδας), Ν. Έβρου. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 30, 311-321.
- Μάραντος Ι., Κοσιάρης Γ., Καραντάσης Σ. & Γρηγοριάδης Γ. 1988. Μελέτη των Τριτογενών ζεολιθικών πυροκλαστικών της περιοχής των Μεταξάδων του Νομού Έβρου. ΙΓΜΕ, Αθήνα, 13σ.
- Μάραντος Ι., Κοσιάρης Γ., Καραντάσης Σ. & Γρηγοριάδης Γ. 1989. Μελέτη των Τριτογενών ζεολιθικών πυροκλαστικών σχηματισμών της περιοχής Μεταξάδων του Νομού Έβρου. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 23, 443-450.
- Μάραντος Ι., Κοσιάρης Γ., Περδικάτσης Β. & Καραντάσης Σ. 2000α. Κοιτασματολογική μελέτη ζεολιθικών τόφων περιοχής Σκαλώματος, Ν. Ροδόπης. ΙΓΜΕ, Αθήνα, 56σ.
- Μάραντος Ι., Κοσιάρης Γ., Περδικάτσης Β., Καραντάσης Σ. & Κακλαμάνης Ν. 2000β. Δειγματοληψία μεγάλου δείγματος – προετοιμασία κοκκομετρικών κλασμάτων για εφαρμογές – Ορυκτολογική μελέτη και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά κλασμάτων. ΙΓΜΕ, Αθήνα, 8σ.
- Μάραντος Ι., Μιχαήλ Κ. & Κοσιάρης Γ. 2008. Κοιτασματολογικά στοιχεία ζεολιθικών τόφων Πετρωτών. ΙΓΜΕ, Αθήνα, 80σ.
- Μισαηλίδης Π., Γκοντελίτσας Α. & Φιλιππίδης Α. 1994. Δέσμευση Καισίου από ζεολιθοφόρο πέτρωμα της περιοχής Μεταξάδων (Ν. Έβρου, Θράκη). 15^ο Πανελ. Συν. Χημείας, Θεσσαλονίκη, Α, 218-221.
- Τζάμος Ε. 2009. Ορυκτολογία και δεσμευτική ικανότητα ζεόλιθου Νοτίου Ξεροβουνίου (Αβδέλλα Έβρου) και πιθανές περιβαλλοντικές εφαρμογές. Διατριβή Ειδικεύσεως, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, 42σ.
- Τζάμος Ε., Αποστολίδης Ν., Παραγίος Ι., Καντηράνης Ν., Παπαστεργίου Γ., Φιλιππίδης Α., Σικαλίδης Κ. & Τσιραμπίδης Α. 2011. Ικανότητα ανταλλαγής ιόντων ζεολιθικών

τόφων Γουρουνορέματος (Αβδέλλα Έβρου) και πιθανές περιβαλλοντικές εφαρμογές. 4^ο Περιβαλ. Συν. Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 8σ.

- Τσιραμπίδης Α.Ε. 1991. Μελέτη των ζεολιθοφόρων ηφαιστειοκλαστικών ιζημάτων των Μεταξάδων Έβρου. Ορυκτός Πλούτος, 72, 41-48.
- Τσιραμπίδης Α. & Φιλιππίδης Α. 2011. Βιομηχανικά Ορυκτά και Πετρώματα (ΒΟΠ) Μακεδονίας-Θράκης και Επιχειρήσεις Εκμετάλλευσης των ΒΟΠ Μακεδονίας-Θράκης. Θεσσαλονίκη, 28σ.
- Φιλιππίδης Α. 2005α. Μελέτη: Ορυκτολογία και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά πέντε δειγμάτων φυσικού ζεόλιθου για λογαριασμό της Ν. Αλεξανδρίδης & Σια ΟΕ, Θεσσαλονίκη, 10σ.
- Φιλιππίδης Α. 2005β. Εξυγίανση και προστασία των υδάτων της λίμνης Κορώνειας με φυσικό ζεόλιθο. 13^ο Σεμ. Προστασία του Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη, 73-84.
- Φιλιππίδης Α. 2007. Ζεόλιθοι Δήμου Τριγώνου του Νομού Έβρου στη βιομηχανική, αγροτική, κτηνοτροφική και περιβαλλοντική τεχνολογία. Ημερίδα: Δυνατότητες Ανάπτυξης στο Βόρειο Έβρο, Πετρωτά, 89-107.
- Φιλιππίδης Α. 2008. Εξυγίανση και προστασία της λίμνης της Καστοριάς, αύξηση παραγωγής και βελτίωση ποιότητας αγροτικών προϊόντων με τη χρήση Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου. Ημερίδα: Η λίμνη της Καστοριάς και φιλοπεριβαλλοντικές μέθοδοι γεωργίας, Μαυροχώρι Καστοριάς, 1σ.
- Φιλιππίδης Α. 2009. Διαχείριση αστικών λυμάτων και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων με Ελληνικό φυσικό ζεόλιθο. Άρθρο ανασκόπησης. Συν. Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων, Βόλος, 2, 829-836.
- Φιλιππίδης Α. 2010. Περιβαλλοντικές, γεωργικές, κτηνοτροφικές και βιομηχανικές εφαρμογές του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου. Ηιών, 7, 14-16.
- Φιλιππίδης Α. 2011. Φυσικοί ζεόλιθοι – εφαρμογή στις καλλιέργειες. Ημερίδα: Πολυδύναμες καλλιέργειες, η περίπτωση του ιπποφαούς, Αιανή Κοζάνης, 1σ.
- Φιλιππίδης Α. & Καντηράνης Ν. 2002. Μελέτη: Μορφολογία, ορυκτολογία, χημεία, ορυκτοχημεία και ιοντοανταλλακτική ικανότητα πέντε δειγμάτων φυσικού ζεόλιθου για λογαριασμό της Ν. Αλεξανδρίδης & Σια ΟΕ, Θεσσαλονίκη, 5σ.
- Φιλιππίδης Α. & Καντηράνης Ν. 2005. Βιομηχανικές, αγροτικές, κτηνοτροφικές και περιβαλλοντικές χρήσεις των φυσικών ζεόλιθων της Θράκης. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 37, 90-101.
- Φιλιππίδης Α. & Κασώλη-Φουρναράκη Α. 2002. Διαχείριση υδατινών οικοσυστημάτων με τη χρήση Ελληνικών φυσικών ζεολιθών. 12^ο Σεμ. Προστασία του Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη, 75-82.
- Φιλιππίδης Α., Καντηράνης Ν., Δρακούλης Α. & Βογιατζής Δ. 2006. Εξυγίανση και προστασία της λίμνης Κορώνειας με φυσικό ζεόλιθο. 2^ο Συν. Συμβουλίου Περιβάλλοντος του ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 273-279.
- Φιλιππίδης Α., Αποστολίδης Ν., Φιλιππίδης Σ. & Παραγίος Ι. 2007α. Καθαρισμός αστικών λυμάτων και παραγωγή άοσμης λυματολάσπης με τη χρήση πορώδους Ελληνικού φυσικού ζεόλιθου των Πετρωτών Έβρου. 3^ο Πανελ. Συμπ. Πορωδών Υλικών, Θεσσαλονίκη, 23-25.
- Φιλιππίδης Α., Αποστολίδης Ν., Φιλιππίδης Σ. & Παραγίος Ι. 2007β. Εξυγίανση και προστασία της λίμνης Κορώνειας με Ελληνικό φυσικό ζεόλιθο των Πετρωτών Έβρου. 3^ο Πανελ. Συμπ. Πορωδών Υλικών, Θεσσαλονίκη, 110-112.
- Φιλιππίδης Α., Σιώμος Α., Μπαρμπαγιάννης Ν. & Φιλιππίδης Σ. 2007γ. Αγροτικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές με τη Χρήση Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου των Πετρωτών Έβρου. Συν. J. Monnet, Βέροια, 10σ.
- Φιλιππίδης Α., Αποστολίδης Ν., Παραγίος Ι. & Φιλιππίδης Σ. 2008α. Παραγωγή άοσμης λυματολάσπης, καθαρισμός υγρών αποβλήτων βαφείου και αστικών λυμάτων, με Ελληνικό Φυσικό Ζεόλιθο. 3^ο Περιβαλ. Συν. Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 8σ.
- Φιλιππίδης Α., Αποστολίδης Ν., Παραγίος Ι. & Φιλιππίδης Σ. 2008β. Καθαρισμός βιομηχανικών υγρών αποβλήτων βαφείου και παραγωγή συνεκτικής ζεο-άσπης με Ελλη-

- νικό Φυσικό Ζεόλιθο. 8^ο Υδρογεωλογικό Συν. Ελλάδα, Αθήνα, 2, 783-788.
- Φιλίππιδης Α., Αποστολίδης Ν., Φιλίππιδης Σ. & Παραγιός Ι. 2008γ. Καθαρισμός αστικών λυμάτων, παραγωγή άοσμης και συνεκτικής ζεο-λυματολάσπης με Ελληνικό Φυσικό Ζεόλιθο. 8^ο Υδρογεωλογικό Συν. Ελλάδα, Αθήνα, 2, 789-798.
- Φιλίππιδης Α., Αποστολίδης Ν., Φιλίππιδης Σ. & Παραγιός Ι. 2009. Καθαρισμός αστικών λυμάτων και παραγωγή άοσμης-συνεκτικής λυματολάσπης με Ελληνικό Φυσικό Ζεόλιθο. Τιμητικός Τόμος στον Καθ. ΑΓΘ Χρ. Τζιμόπουλο, ΥΔΡΟΓΑΙΑ, 425-434.
- Φιλίππιδης Α., Μουστάκα-Γούνη Μ., Κατσιάπη Μ. & Φιλίππιδης Σ. 2011. Απομάκρυνση κυανοβακτηρίων με τη χρήση Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου. 4^ο Περιβαλ. Συν. Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 9σ.
- Baerlocher Ch., Meier W.M. & Olson D.H. 2001. Atlas of Zeolite Framework Types. Elsevier, Amsterdam, 301p.
- Colella C. & Mumpton F.A. 2000. Natural Zeolites for the Third Millennium. De Frede Editore, Napoli, 483p.
- Colella C., De Gennaro M. & Aiello R. 2001. Use of zeolitic tuff in the building industry. In: Natural Zeolites, Bish D.L. & Ming D.W., eds, Rev. Miner. & Geochem., 45, Miner. Soc. America, Washington DC, 551-587.
- Deligiannis K., Lainas Th., Arsenos G., Papadopoulos E., Fortomaris P., Kufidis D., Stamataris C. & Zygoyiannis D. 2005. The effect of feeding clinoptilolite on food intake and performance of growing lambs infected or not with gastrointestinal nematodes. Livestock Production Sci., 96, 195-203.
- Filippidis A. 1993. New find of moissanite in the Metaxades zeolite-bearing volcanoclastic rocks, Thrace County, Greece. N. Jb. Min. Msh., 11, 521-527.
- Filippidis A. 2008. Treatment and recycling of municipal and industrial waste waters using Hellenic Natural Zeolite. AQUA 2008, 3rd Intern. Conf. Water Sci. & Techn., Athens, 5p.
- Filippidis A. 2010a. Purification of municipal wastewaters and production of odorless and cohesive zeo-sewage sludge, using Hellenic Natural Zeolite. Sci. Annals, Geology, Aristotle Univ., Spec. Publ., 100, 55-62.
- Filippidis A. 2010b. Environmental, industrial and agricultural applications of Hellenic Natural Zeolite. Hellenic J. Geosci., 45, 91-100.
- Filippidis A. & Kantiranis N. 2007. Experimental neutralization of lake and stream waters from N. Greece using domestic HEU-type rich natural zeolitic material. Desalination, 213, 47-55.
- Filippidis A., Kantiranis N., Drakoulis A. & Vogiatzis D. 2005. Quality, pollution, treatment and management of drinking, waste, underground and surface waters, using analcime-rich zeolitic tuff from Samos island, Hellas. 7th Hellenic Hydrogeol. Conf., Athens, 2, 219-224.
- Filippidis A., Kantiranis N., Stamatakis M., Drakoulis A. & Tzamos E. 2007. The cation exchange capacity of the Greek zeolitic rocks. Bull. Geol. Soc. Greece, 40, 723-735.
- Filippidis A., Apostolidis N., Filippidis S. & Paragios I. 2008a. Purification of industrial and urban wastewaters, production of odorless and cohesive zeo-sewage sludge using Hellenic Natural Zeolite. Second Intern. Conf. Small & Decentralized Water & Wastewater Treatment Plants, Skiathos, 403-408.
- Filippidis A., Apostolidis N., Paragios I. & Filippidis S. 2008b. Purification of dye-work and urban wastewaters, production of odorless and cohesive zeo-sewage sludge, using Hellenic Natural Zeolite. 1st Intern. Conf. Hazardous Waste Management, Chania, 8p.
- Filippidis A., Apostolidis N., Paragios I. & Filippidis S. 2008c. Safe management of sewage sludge, produced by treatment of municipal sewage with Hellenic Natural Zeolite. AQUA 2008, 3rd Intern. Conf. Water Sci. & Techn., Athens, 5p.
- Filippidis A., Apostolidis N., Paragios I. & Filippidis S. 2008d. Zeolites clean up. Industrial Minerals, April, 68-71.
- Filippidis A., Papastergios G., Apostolidis N., Paragios I., Filippidis S. & Sikalidis C. 2009. Odorless and cohesive zeo-sewage sludge produced by Hellenic Natural Zeolite treatment. 3rd AMIREG Intern. Conf. Assessing Footprint Res. Utilization & Hazardous Waste Management, Athens, 96-100.
- Filippidis A., Papastergios G., Apostolidis N., Filippidis S., Paragios I. & Sikalidis C. 2010a. Purification of urban wastewaters by Hellenic Natural Zeolite. Bull. Geol. Soc. Greece, 43, 2597-2605.
- Filippidis A., Moustaka-Gouni M., Papastergios G., Katsiapi M., Kantiranis N., Karamitsou V., Vogiatzis D. & Filippidis S. 2010b. Cyanobacteria removal by Hellenic Natural Zeolite. Third Intern. Conf. Small and Decentralized Water & Wastewater Treatment Plants, Skiathos, 383-387.
- Filippidis A., Moustaka-Gouni M., Kantiranis N., Katsiapi M., Papastergios G., Karamitsou V., Vogiatzis D. & Filippidis S. 2010c. Chroococcus (Cyanobacteria) removal by Hellenic Natural Zeolite. 8th Intern. Conf. Natural Zeolites, Sofia, 91-92.
- Fokas P., Zervas G., Fegeros K. & Zoiopoulos P. 2004. Assessment of Pb retention coefficient and nutrient utilization in growing pigs fed diets with added clinoptilolite. Animal Feed Sci. & Techn., 117, 121-129.
- Fragoulis D., Chaniotakis E. & Stamatakis M.G. 1997. Zeolitic tuffs of Kimolos island, Aegean sea, Greece and their industrial potential. Cement & Concrete Res., 27, 889-905.
- Godelitsas A., Charistos D., Tshipis A., Tshipis C., Filippidis A., Triantafyllidis C., Manos G. & Siapkis D. 2001. Characterisation of zeolitic materials with a HEU-type structure modified by transition metal elements: Definition of acid sites in Nickel-loaded crystals in the light of experimental and quantum-chemical results. Chemistry Eur. J., 7, 3705-3721.
- Godelitsas A., Charistos D., Tshipis C., Misaelides P., Filippidis A. & Schindler M. 2003. Heterostructures patterned on aluminosilicate microporous substrates: Crystallisation of cobalt (III) tris(N,N-diethyl-dithiocarbamate) on the surface of HEU-type zeolite. Microporous & Mesoporous Materials, 61, 69-77.
- Haidouti C. 1997. Inactivation of mercury in contaminated soils using natural zeolites. The Science of the Total Environment, 208, 105-109.
- Hall A., Stamatakis M.G. & Walsh J.N. 2000. The Pentalofos zeolitic tuff formation: A giant ion-exchange column. Annales Geologiques des Pays Helleniques, 38, 175-192.
- Harben P.W. 2002. The Industrial Minerals HandyBook: A Guide to Markets, Specifications & Prices. Pensord, Blackwood, UK, 374-379.
- Kallo D. 2001. Applications of natural zeolites in water and wastewater treatment. In: Natural Zeolites, Bish D.L. & Ming D.W., eds, Rev. Miner. & Geochem., 45, Miner. Soc. America, Washington DC, 519-550.
- Kantiranis N., Stamatakis M., Filippidis A. & Squires C. 2004. The uptake ability of the clinoptilolitic tuffs of Samos Island, Greece. Bull. Geol. Soc. Greece, 36, 89-96.
- Kantiranis N., Chrissafis C., Filippidis A. & Paraskevopoulos K. 2006. Thermal distinction of HEU-type mineral phases contained in Greek zeolite-rich volcanoclastic tuffs. European J. Mineralogy, 18, 509-516.
- Kantiranis N., Sikalidis C., Papastergios G., Squires C. & Filippidis A. 2010. Continuous extra-framework Na⁺ release from Greek Analcime-rich volcanoclastic rocks on exchange with NH₄⁺. Sci. Annals, Geology, Aristotle Univ., Spec. Publ., 100, 81-87.
- Kantiranis N., Sikalidis K., Godelitsas A., Squires C., Papastergios G. & Filippidis A. 2011. Extra-framework cation release from heulandite-type rich tuffs on exchange with NH₄⁺. J. Envir. Management, 92, 1569-1576.
- Kassoli-Fournaraki A., Stamatakis M., Hall A., Filippidis A., Michailidis K., Tsirambides A. & Koutles Th. 2000. The Ca-rich clinoptilolite deposit of Pentalofos, Thrace, Greece. In: Natural Zeolites for the Third Millennium Colella C. & Mumpton F.A. eds, De Frede, Napoli, 193-202.

- Katranas T.K., Vlessidis A.G., Tsiatouras V.A., Triantafyllidis K.S. & Evmiridis N.P. 2003. Dehydrogenation of propane over natural clinoptilolite zeolites. *Microporous & Mesoporous Materials*, 61, 189-198.
- Kirov G.N., Filippidis A., Tsiambides A., Tzvetanov R.G. & Kassoli-Fournaraki A. 1990. Zeolite-bearing rocks in Petrotia area (Eastern Rhodope Massif, Greece). *Geologica Rhodopica*, 2, 500-511.
- Kitsopoulos K.P., Scott P.W. & Dunham A.C. 1998. Beneficiation of zeolite-rich volcanoclastic materials. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 32, 265-272.
- Koutles Th., Kassoli-Fournaraki A., Filippidis A. & Tsiambides A. 1995. Geology and geochemistry of the Eocene zeolitic-bearing volcanoclastic sediments of Metaxades, Thrace, Greece. *Estudios Geol.*, 51, 19-27.
- Krestou A., Xenidis A. & Panias D. 2003. Mechanism of aqueous uranium (VI) uptake by natural zeolitic tuff. *Minerals Engineering*, 16, 1363-1370.
- Kyriakis S.C., Papaioannou D.S., Alexopoulos C., Polizopoulou Z., Tzika E.D. & Kyriakis C.S. 2002. Experimental studies on safety and efficacy of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff in sows: a review of recent research in Greece. *Microporous & Mesoporous Materials*, 51, 65-74.
- Marantos I., Markopoulos T. & Christidis G.E. 2007. Zeolitic alteration in the Tertiary Feres volcano-sedimentary basin, Thrace, NE Greece. *Mineralogical Magazine*, 71, 327-346.
- Marantos I., Markopoulos T., Christidis G.E. & Perdikatsis V. 2008. Geochemical characteristics of the alteration of volcanic and volcanoclastic rocks in the Feres Basin, Thrace, NE Greece. *Clay Minerals*, 43, 575-595.
- Ming D.W. & Allen E.R. 2001. Use of natural zeolites in agronomy, horticulture and environmental soil remediation. In: *Natural Zeolites*, Bish D.L. & Ming D.W., eds, Rev. Miner. & Geochem., 45, Miner. Soc. America, Washington DC, 619-654.
- Misaelides P., Godelitsas A., Charistos V., Ioannou D. & Charistos D. 1994. Heavy metal uptake by zeoliferous rocks from Metaxades, Thrace, Greece: An exploratory study. *J. Radioanal. Nucl. Chem. Art.*, 183, 159-166.
- Misaelides P., Godelitsas A. & Filippidis A. 1995a. The use of zeoliferous rocks from Metaxades-Thrace, Greece, for the removal of caesium from aqueous solutions. *Fresenius Envir. Bull.*, 4, 227-231.
- Misaelides P., Godelitsas A., Filippidis A., Charistos D. & Anousis I. 1995b. Thorium and uranium uptake by natural zeolitic materials. *The Science of the Total Environment*, 173/174, 237-246.
- Moirou A., Xenidis A. & Paspaliaris I. 2001. Stabilization Pb, Zn, and Cd- contaminated soil by means of natural zeolites. *Soil & Sediment Contamination*, 10, 251-267.
- Papadopoulos A., Fatta D., Papaperis K., Mentzis A., Haralambous K.J. & Loizidou M. 2004. Nickel uptake from a wastewater stream produced in a metal finishing industry by combination of ion-exchange and precipitation methods. *Separation & Purification Technol.*, 39, 181-188.
- Papaioannou D.S., Kyriakis S.C., Papasteriadis A., Roubies N., Yannakopoulos A. & Alexopoulos C. 2002a. A field study on the effect of in-feed inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on health status and performance of sows/gilts and their litters. *Res. Veterinary Sci.*, 72, 51-59.
- Papaioannou D.S., Kyriakis S.C., Papasteriadis A., Roubies N., Yannakopoulos A. & Alexopoulos C. 2002b. Effect of in-feed inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on certain vitamin, macro and trace element concentrations in the blood, liver and kidney tissues of sows. *Res. Veterinary Sci.*, 72, 61-68.
- Sikalidis C.A. 1998. Heavy metals and toxic elements removal from contaminated waters by clay minerals and zeolite bearing rocks. *Fourth Int. Conf. Envir. Pollution, Thessaloniki*, 102-110.
- Stamatakis M.G., Hall A., Lutat U. & Walsh J.N. 1998. Mineralogy, origin and commercial value of the zeolite-rich tuffs in the Petrotia-Pentalofos area, Evros County, Greece. *Estudios Geol.*, 54, 3-15.
- Symeopoulos B., Soupioni M., Misaelides P., Godelitsas A. & Barbayiannis N. 1996. Neodymium sorption by clay minerals and zeoliferous rocks. *J. Radioanal. Nucl. Chem., Let.*, 212, 421-429.
- Tchernev D.I. 2001. Natural zeolites in solar energy heating, cooling and energy storage. In: *Natural Zeolites*, Bish D.L. & Ming D.W., eds, Rev. Miner. & Geochem., 45, Miner. Soc. America, Washington DC, 589-617.
- Tsadilas C.D., Voulgarakis N. & Theophilou N. 1997. Zeolite influence on nitrogen uptake by wheat. *5th Intern. Conf. Natural Zeolites, Ischia*, 301-303.
- Tserveni-Gousi A.S., Yannakopoulos A.L., Katsaounis N.K., Filippidis A., Kassoli-Fournaraki A. & Fortomaris P. 1995. The influence of Greek clinoptilolite-bearing rocks on the egg shell quality, in the early stage of laying. *Intern. Meet. Natural Zeolites, Sofia*, 118.
- Tserveni-Gousi A.S., Yannakopoulos A.L., Katsaounis N.K., Filippidis A. & Kassoli-Fournaraki A. 1997. Some interior egg characteristics as influenced by addition of Greek clinoptilolite rock material in the hen diet. *Archiv fur Geflugelkunde*, 61, 291-296.
- Tsiambides A., Kassoli-Fournaraki A., Filippidis A. & Soldatos K. 1989. Preliminary results on clinoptilolite-containing volcanoclastic sediments from Metaxades, NE Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 23, 451-460.
- Tsiambides A., Filippidis A. & Kassoli-Fournaraki A. 1993. Zeolitic alteration of Eocene volcanoclastic sediments at Metaxades, Thrace, Greece. *Applied Clay Sci.*, 7, 509-526.
- Tzamos E., Filippidis A., Kantiranis N., Sikalidis C., Tsiambides A., Papastergios G. & Vogiatzis D. 2010. Uptake ability of zeolitic rock from South Xerovouni, Avdella, Evros, Hellas. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 43, 2762-2772.
- Vlessidis A.G., Triantafyllidis C.S. & Evmiridis N.P. 2001. Removal and recovery of p-phenylenediamines developing compounds from photofinishing lab washwater using clinoptilolite tuffs from Greece. *Water Res.*, 35, 1603-1608.
- Yannakopoulos A.L., Tserveni-Gousi A.S., Katsaounis N.K., Kassoli-Fournaraki A., Filippidis A. & Tsolakidou A. 1995. The influence of Greek clinoptilolite-bearing rocks on the performance of laying hens, in the early stage of laying. *Intern. Meet. Natural Zeolites, Sofia*, 120.
- Yannakopoulos A.L., Tserveni-Gousi A.S. & Christaki E. 1998. Effect of natural zeolite on yolk:albumen ratio in hen eggs. *British Poultry Sci.*, 39, 506-510.
- Yannakopoulos A., Tserveni-Gousi A., Kassoli-Fournaraki A., Tsiambides A., Michailidis K., Filippidis A. & Lutat U. 2000. Effects of dietary clinoptilolite-rich tuff on the performance of growing-finishing pigs. In: *Natural Zeolites for the Third Millennium* Colella C. & Mumpton F.A. eds, De Frede, Napoli, 471-481.
- Yannakopoulos A., Tserveni-Gousi A., Fortomaris P., Arsenos G., Filippidis A. & Kassoli-Fournaraki A. 2002. Effects of dietary inclusion of natural Greek zeolite on the reproductive characteristics of sows. *6th Intern. Conf. Natural Zeolites, Thessaloniki*, 393-394.

