

Οι ελληνικές σπάνιες γαίες και η γεωπολιτική τους σημασία



Χρήστος Γ. Μαλτέζος *

Τα τελευταία δέκα χρόνια χαρακτηρίζονται από ραγδαίες εξελίξεις τόσο στην υψηλή τεχνολογία όσο και την «πράσινη» ανάπτυξη. Όλοι μας χρησιμοποιούμε τις ευεργετικές εφαρμογές της ψηφιακής τεχνολογίας και γενικότερα της υψηλής τεχνολογίας.

Ο ρυπογόνος λιγνίτης καταργείται και γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) για την προστασία του περιβάλλοντος. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα σταδιακά αντικαθιστούν τα αυτοκίνητα βενζίνης, πετρελαίου για τον ίδιο λόγο. Το μόνο καύσιμο που δεν είναι ρυπογόνο είναι το «πράσινο» υδρογόνο, το οποίο παράγεται με ηλεκτρόλυση του νερού από ΑΠΕ.

Η «πράσινη» ανάπτυξη ονομάζεται και αειφόρος ή βιώσιμη ανάπτυξη. Αυτό σημαίνει ότι η ανάπτυξη πρέπει να είναι βιώσιμη, δηλαδή να εξασφαλίζεται η επάρκεια ενέργειας για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Για να παραχθούν προϊόντα υψηλής τεχνολογίας και «πράσινη» ενέργεια, απαραίτητες είναι οι κρίσιμες ορυκτές πρώτες ύλες (ΚΟΠΥ). Αυτές είναι «κρίσιμες», διότι βρίσκονται σε περιορισμένα αποθέματα ή διάθεση σε σχέση με την ολοένα αυξανόμενη χρήση τους. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι σπάνιες γαίες.

1. Τι είναι οι σπάνιες γαίες

Είναι μια ομάδα 17 μετάλλων που περιλαμβάνουν, τις 15 λανθανίδες, το ύτριο και το σκάνδιο. Στην διεθνή βιβλιογραφία είναι γνωστά και ως rare earth elements (REE). Τα μέταλλα αυτά έχουν παρόμοιες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Πολύ δύσκολα εντοπίζονται σε ποσότητες τέτοιες που να αποτελούν αξιοποιήσιμα κοιτάσματα, δηλαδή να βρίσκονται σε φυσικές συγκεντρώσεις ώστε να είναι δυνατή η εξόρυξή τους με οικονομικό όφελος και μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Γι

αυτό και η ονομασία τους «σπάνιες γαίες» αναφέρεται περισσότερο στην περιορισμένη διάθεση τους στην αγορά, παρά στα συνολικά αποθέματα του φλοιού της Γης.

Ο όρος λανθανίδες προέρχεται από το όνομα του πρώτου στοιχείου της ομάδας αυτής στον περιοδικό πίνακα, το λανθάνιο (La). Στον περιοδικό πίνακα της εικόνας 1 βλέπουμε τις σπάνιες γαίες (REE) να χωρίζονται σε δυο κύριες ομάδες. Η πρώτη ομάδα (πορτοκαλί χρώμα) περιλαμβάνει τις ελαφριές σπάνιες γαίες (LREE): το σκάνδιο¹ (Sc) και 7 λανθανίδες², ήτοι: λανθάνιο (La), δημήτριο ή σέριο³ (Ce), πρασεοδύμιο (Pr), νεοδύμιο (Nd), προμήθειο⁴ (Pm), σαμάριο (Sm) και ευρώπιο (Eu).

1 H Hydrogen 1.00794																	2 He Helium 4.003														
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012182																	5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.0107	7 N Nitrogen 14.00643	8 O Oxygen 15.9994	9 F Fluorine 18.9984032	10 Ne Neon 20.1797								
11 Na Sodium 22.989767	12 Mg Magnesium 24.304																	13 Al Aluminum 26.981538	14 Si Silicon 28.0855	15 P Phosphorus 30.973761	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.4527	18 Ar Argon 39.948								
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955910	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium 51.9961	25 Mn Manganese 54.938049	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933200	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.92160	34 Se Selenium 78.96	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.80														
37 Rb Rubidium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90585	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.90638	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.90550	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.8682	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.90447	54 Xe Xenon 131.29														
55 Cs Cesium 132.90545	56 Ba Barium 137.327	57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.90766	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium (162.50)	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93002	70 Yb Ytterbium 173.054	71 Lu Lutetium 174.967															
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 Ac Actinium (227)	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (262)	106 Sg Seaborgium (263)	107 Bh Bohrium (264)	108 Hs Hassium (265)	109 Mt Meitnerium (266)	110 Ds Darmstadtium (269)	111 Rg Roentgenium (272)	112 Cn Copernicium (277)	113 Nh Nihonium (284)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moscovium (288)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessine (294)	118 Og Oganesson (294)														
																		58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.90766	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium (162.50)	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93002	70 Yb Ytterbium 173.054	71 Lu Lutetium 174.967
90 Th Thorium 232.0381	91 Pa Protactinium 231.03888	92 U Uranium 238.02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (262)																		

Εικόνα 1: Οι σπάνιες γαίες (REE), ελαφριές (LREE) και βαριές (HREE), στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων. [6]

Η δεύτερη ομάδα (μωβ χρώμα) αφορά τις βαριές σπάνιες γαίες (HREE): το ύτριο⁵ (Yt) και 8 λανθανίδες⁶, ήτοι: γαδολίνιο

¹ Το σκάνδιο (ατομικός αριθμός 21) ταξινομείται στις σπάνιες γαίες, αλλά όχι στις λανθανίδες
² Οι λανθανίδες με ατομικούς αριθμούς από 57 έως 63
³ Το σύμβολο του δημητρίου ή σέριου (Ce) προέρχεται από το λατινικό όνομα της θεάς Δήμητρας, Ceres.
⁴ Το προμήθειο (Pm) είναι ραδιενεργό και εξαιρετικά σπάνιο. Χημικώς ανήκει στις λανθανίδες και γι' αυτό περιλαμβάνεται στις σπάνιες γαίες.
⁵ Το ύτριο (Yt) έχει παρόμοιες χημικές ιδιότητες με τις λανθανίδες, εμφανίζεται στα ίδια μεταλλεύματα (ορυκτά σπάνιων γαιών) και εξορύσσεται με τις ίδιες διαδικασίες. Εντάσσεται στην ομάδα βαρέων σπανίων γαιών (HREE) λόγω του μεγέθους των ιόντων του, αν και έχει μικρότερη ατομική μάζα. (με ατομικό αριθμό 39)
⁶ Οι λανθανίδες με ατομικούς αριθμούς από 64 έως 71.

(Gd), τέρβιο (Tb), δυσπρόσιο (Dy), όλμιο (Ho), έρβιο (Er), θούλιο (Tm), υτέρβιο (Yb) και λουτήσιο (Lu). Οι βαριές σπάνιες γαίες είναι εξαιρετικά δυσεύρετες σε σχέση με τις ελαφριές. Στην φύση αυτά τα μέταλλα (εικόνα 2) βρίσκονται υπό μορφή οξειδίων που έχουν γαιώδη μορφή και σε αυτήν την ιδιότητα οφείλεται η ονομασία τους.



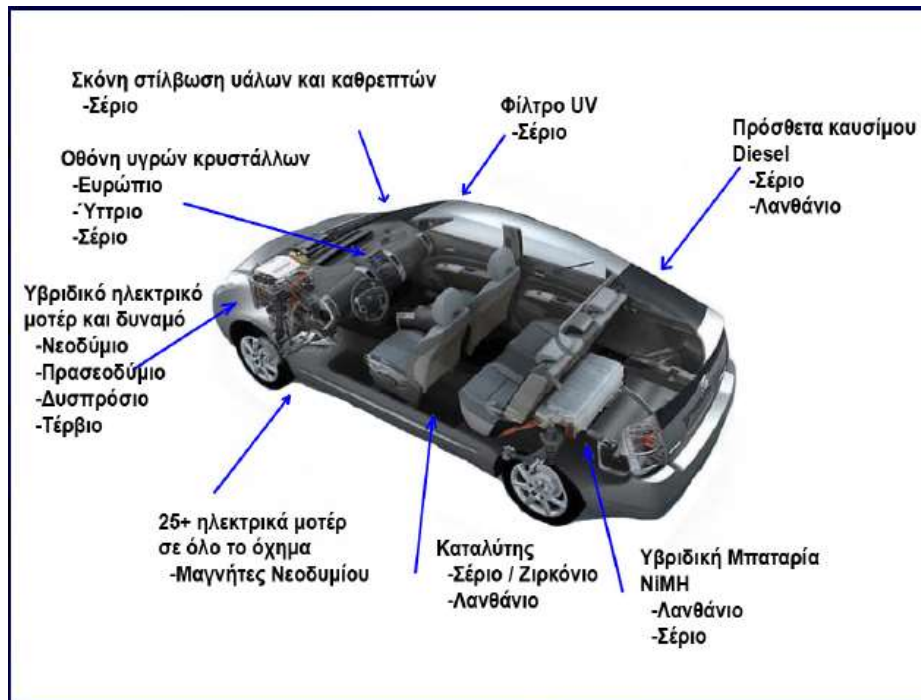
Εικόνα 2: δείγματα σπανίων γαιών (εκτός Pm) [7]

2. Που χρησιμοποιούνται οι σπάνιες γαίες

Οι μοναδικές και αποκλειστικές βιομηχανικές εφαρμογές και χρήσεις τους στην κατασκευή προϊόντων υψηλής τεχνολογίας και στην «πράσινη» τεχνολογία έχουν καταστήσει τις σπάνιες γαίες απαραίτητες στην παγκόσμια βιομηχανία και συνεπώς η ζήτησή τους αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς. Για παράδειγμα η χρήση του νεοδυμίου στους κοινούς μαγνήτες αύξησε κατά 10 φορές την ισχύ τους και βελτίωσε τις ιδιότητές τους. Επιπλέον οι μαγνήτες απέκτησαν πιο εξειδικευμένες δυνατότητες με την προσθήκη δυσπρόσιου και σαμαρίου, όπως αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, διευρύνοντας σημαντικά το πεδίο εφαρμογών τους. Οι μαγνήτες απορροφούν το 21% της συνολικής παραγωγής των σπανίων γαιών παγκοσμίως και χρησιμοποιούνται σε αμέτρητες εφαρμογές όπως σε σκληρούς δίσκους υπολογιστών και DVD, στην μαγνητική τομογραφία, στην ορθοδοντική, στα ηλεκτρονικά τσιγάρα, στα ηχεία, στα ακουστικά με πολύ μικρό μέγεθος, στα μαγνητικά φίλτρα, στα ασύρματα

εργαλεία, στους λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης, σε παιχνίδια κ.ά.

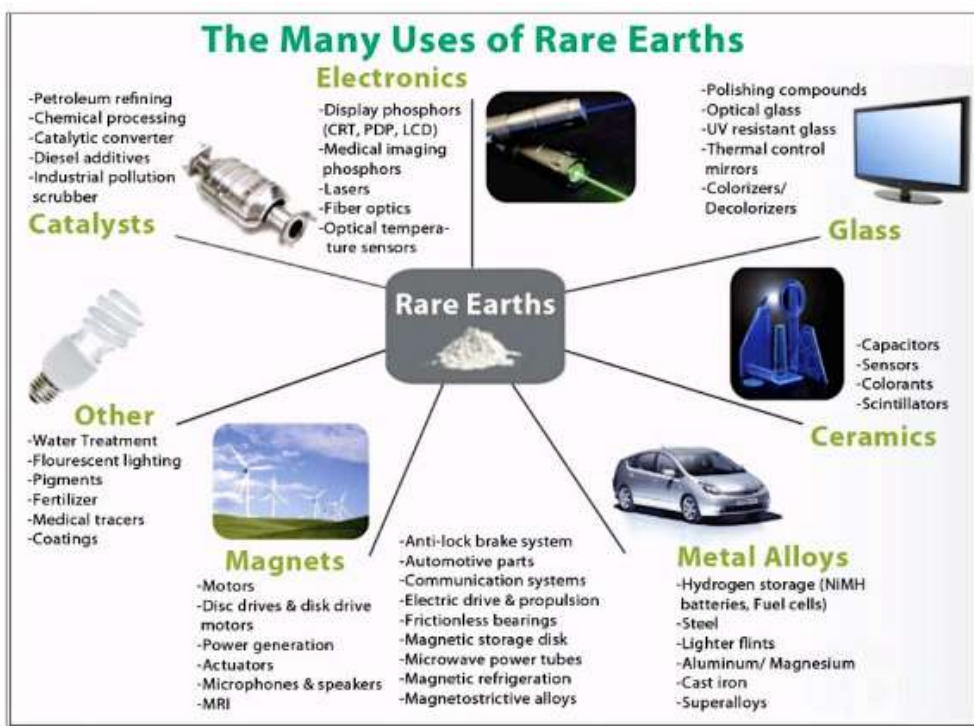
Η «πράσινη» τεχνολογία βασίζεται σχεδόν εξολοκλήρου στην χρήση των σπανίων γαιών, όπως στις μπαταρίες και άλλα μέρη των υβριδικών ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων (εικόνα 3), αλλά και στις ΑΠΕ όπως στα φωτοβολταϊκά συστήματα, και στους κινητήρες των ανεμογεννητριών.



Εικόνα3: Οι σπάνιες γαίες σε υβριδικό επιβατικό αυτοκίνητο. [24]

Επίσης, οι σπάνιες γαίες αποτελούν τις μοναδικές και αναντικατάστατες πρώτες ύλες στην αεροναυπηγική, στην διαστημική τεχνολογία, στον αμυντικό εξοπλισμό, στην μεταλλουργία, στην επεξεργασία γυαλιού, πυρηνικούς αντιδραστήρες, καταλύτες αυτοκινήτων, διυλιστήρια πετρελαίου, γυαλιά οράσεως, λέιζερ, κινητά τηλέφωνα, επίπεδες οθόνες υγρών κρυστάλλων, δορυφόρους, οπτικές ίνες, κινητήρες αεροσκαφών, κεραμικά, κράματα, ραντάρ και σε αμέτρητα άλλα προϊόντα.

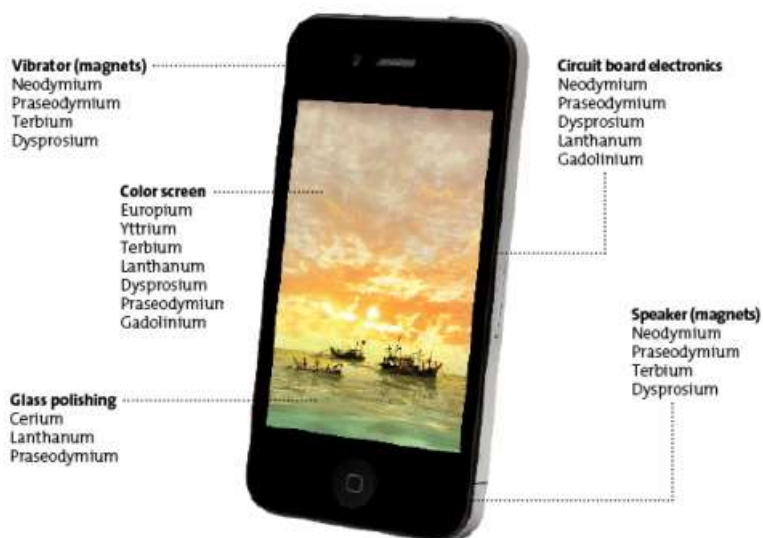
Στην ιατρική χρησιμοποιούνται εκτός από τους μαγνητικούς τομογράφους, για την ακτινοβολία σε καρκινοπαθείς, για χειρουργικές επεμβάσεις, στα όργανα ακτινογραφιών με ακτίνες X, στα ιατρικά λέιζερ και σε βηματοδότες.



Εικόνα 4: Οι πολλές χρήσεις των σπάνιων γαιών. [8]

Στην εικόνα 4 φαίνονται κάποιες από τις πολλές χρήσεις των σπάνιων γαιών.

Τα «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα νέας γενιάς, δηλ. τα smartphones, δεν μπορούν να κατασκευαστούν χωρίς τις σπάνιες γαίες (εικόνα 5). Το 2020, υπολογίζεται ότι υπάρχουν συνολικά 5,3 δισεκατομμύρια συνδέσεις smartphones σε όλο τον κόσμο που αντιστοιχούν σε παραπλήσιο αριθμό συσκευών.



Εικόνα 5: Οι σπάνιες γαίες σε smartphone. [9]

Ο αριθμός αυτός προβλέπεται ότι θα ξεπεράσει τα 6 δισεκατομμύρια το 2023. Το κάθε κινητό τηλέφωνο περιέχει περίπου 0,25 g σε σπάνιες γαίες και αυτό σημαίνει ότι οι ποσότητες που απαιτούνται είναι τεράστιες.[1]

3. Σπάνιες γαίες και εξελίξεις στην παγκόσμια γεωπολιτική

Τα σημαντικότερα κοιτάσματα σπανίων γαιών εντοπίζονται στην Κίνα, με το μεγαλύτερο κοίτασμα, να βρίσκεται στα ορυχεία της βιομηχανικής περιοχής Bayunebo, της πόλης Βαοτου στην Βόρειο Κίνα, με αποθέματα πάνω από 3,5 εκατομμύρια τόνους σε σπάνιες γαίες (εικόνα 6). Η Κίνα, λοιπόν, ελέγχει την παγκόσμια παραγωγή σπανίων γαιών αφού έχει τα σημαντικότερα κοιτάσματα στον κόσμο.



Εικόνα 6: ορυχείο σπανίων γαιών στη περιοχή ορυχείων Bayunebo της πόλης Βαοτου στη Βόρειο Κίνα. [10]

Όταν το 1980 η Κίνα άρχισε την εξόρυξη και παραγωγή σπανίων γαιών, άλλες χώρες που ήταν από τους μεγαλύτερους παραγωγούς σε σπάνιες γαίες όπως Βραζιλία, Ινδία, ΗΠΑ και η Νότια Αφρική μείωσαν και κάποιες διέκοψαν τις εξορύξεις για αυτά τα μέταλλα. Έτσι οι αγορές στράφηκαν προς την Κίνα η οποία την δεκαετία του 2010, εκμεταλλευόμενη τα συγκριτικά της πλεονεκτήματα, καθώς διαθέτει το 50% των παγκοσμίων αποθεμάτων, κατάφερε να αναδειχθεί σε απόλυτο μονοπώλιο

παράγοντας το 97% των σπανίων γαιών που διατίθενται στην παγκόσμια αγορά και να τις εξάγει σε σχετικά χαμηλές τιμές.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το χαμηλό κόστος εξόρυξης στην Κίνα βασίστηκε σε δύο παράγοντες που έλειπαν στις υπόλοιπες χώρες παραγωγής: α. εξαιρετικά χαμηλά ημερομίσθια και β. διαχείριση των αποβλήτων χωρίς να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα περιβαλλοντικών επιπτώσεων.[1]

Ο αρχιτέκτονας των μεταρρυθμίσεων στην Κίνα, Ντενγκ Χσιαοπίνγκ, είχε αποκαλέσει τις σπάνιες γαίες, ήδη από τη δεκαετία του 1970: «*το πετρέλαιο της Κίνας*». Από την δεκαετία του 1980 η Κίνα επένδυσε σε κάτι που η Δύση δεν το είχε προβλέψει: στην έρευνα για την κατασκευή καινοτόμων προϊόντων τεχνολογίας με βάση τις σπάνιες γαίες. Όταν οι ΗΠΑ και η Ε.Ε. άρχισαν να κατανοούν τον σπουδαίο ρόλο των σπανίων γαιών στη βιομηχανία, η Κίνα ήδη προηγείτο κατά δυο δεκαετίες με επενδύσεις σε έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη. Είχε ήδη αποκτήσει ένα γεωστρατηγικό πλεονέκτημα ασκώντας ασφυκτική πίεση στην ευρωπαϊκή, αμερικανική και γιαπωνέζικη καινοτόμο βιομηχανία.

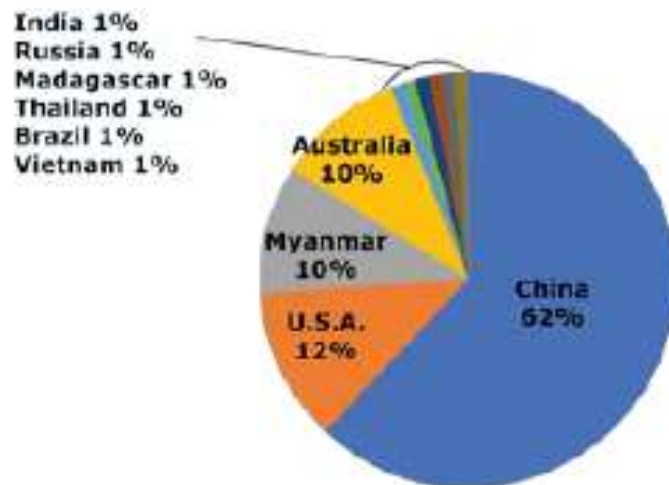
Το 2010 η Κίνα διαπίστωσε ότι με τον συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό εξαγωγών θα εξαντλούσε πολύ σύντομα τα αποθέματά της, γι' αυτό εφάρμοσε μια αυστηρή πολιτική ελέγχου των εξαγωγών σε σπάνιες γαίες. Αφορμή για αυτό υπήρξε ένα διπλωματικό επεισόδιο⁷ μεταξύ Κίνας και Ιαπωνίας στο διαφιλονικούμενο αρχιπέλαγος Σενκάκου για τους Ιάπωνες ή Ντιαόγιου για τους Κινέζους στις 7 Σεπτεμβρίου του 2010. Η Κίνα μπλόκαρε χωρίς καμία προειδοποίηση ή επίσημη ανακοίνωση την φόρτωση των σπανίων γαιών προς τα ιαπωνικά λιμάνια. Έδειχνε με αυτόν τον τρόπο για πρώτη φορά ότι διαθέτει ένα ακαταμάχητο μέσο πίεσης προς ολόκληρο τον κόσμο: τις σπάνιες γαίες.[1]

Έτσι, από το 2010 η δραστική μείωση της διάθεσης σε σπάνιες γαίες από την Κίνα προς τον υπόλοιπο κόσμο κατά 40% προκάλεσε σημαντική αύξηση στις τιμές τους με κορύφωση το 2011, που είναι γνωστή και ως η «*κρίση των σπανίων γαιών*». Τότε πολλές χώρες και κυρίως οι ΗΠΑ, ξεκίνησαν έρευνες για επαναπροσδιορισμό των παλαιών και για ανακάλυψη νέων αποθεμάτων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το 2020 το μερίδιο

⁷ Στην θαλάσσια περιοχή του Σενκάκου (ή Ντιαόγιου) υπάρχουν οκτώ έρημα νησιά που τα διεκδικούν η Κίνα, η Ιαπωνία και η Ταϊβάν. Ένα κινέζικο αλιευτικό περικυκλώθηκε από σκάφη της ιαπωνικής ακτοφυλακής και στην προσπάθειά του να διαφύγει, εμβόλισε ένα από αυτά. Το πλήρωμα του αλιευτικού συνελήφθη και η Κίνα θέλησε να πιέσει την Ιαπωνία για να απελευθερώσει τους συλληφθέντες.

αγοράς της Κίνας να έχει πλέον μειωθεί από 97% στο 62%, ενώ αυξήθηκαν οι εξορύξεις και παραγωγή σπανίων γαιών στις ΗΠΑ (12%), στην Αυστραλία (10%) και στην Μιανμάρ (10%). Η Βραζιλία και το Βιετνάμ έχουν τεράστια αποθέματα χωρίς όμως να τα εξορύσσουν εντατικά. Στο διάγραμμα της εικόνας 7 φαίνεται η κατανομή παραγωγής οξειδίων σπανίων γαιών ανά χώρα.

Το 2018 η Ιαπωνία ανακοίνωσε την ανακάλυψη στα χωρικά της ύδατα στον Ειρηνικό, ενός τεράστιου υποθαλάσσιου κοιτάσματος σπάνιων γαιών, ικανό να καλύψει επί εκατοντάδες χρόνια τις ανάγκες της παγκόσμιας οικονομίας, καταργώντας έτσι το μονοπώλιο της Κίνας. Οι έρευνες για την επόμενη πενταετία έχουν σκοπό να διαπιστώσουν κατά πόσο θα είναι οικονομικά βιώσιμη. Η απόληψη μετάλλων μέσα από μια θαλάσσια λάσπη πάχους εκατοντάδων μέτρων είναι μια εξαιρετικά δαπανηρή δραστηριότητα και δεν είναι καθόλου σίγουρο ότι θα αποδώσει.[1]



Εικόνα 7: Παραγωγή οξειδίων σπανίων γαιών ανά χώρα. [5]

Η ανεξέλεγκτη στάση της Κίνας οδήγησε εταιρείες υψηλής τεχνολογίας (Hi Tech) σε προσπάθεια μείωσης της εξάρτησής τους από σπάνιες γαίες, αν και κάτι τέτοιο είναι πολύ δύσκολο λόγω των μοναδικών τους ιδιοτήτων. Έτσι για παράδειγμα, η Hitachi βρήκε έναν τρόπο να χρησιμοποιεί λιγότερο δυσπρόσιτο για τους μαγνήτες στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Επίσης, η Panasonic ανέπτυξε τεχνική για την ανακύκλωση νεοδυμίου από παλιές ηλεκτρονικές συσκευές. Εντούτοις τα ποσοστά ανάκτησης των σπανίων γαιών από ανακύκλωση παραμένουν ακόμη πολύ χαμηλά, ενώ η ζήτηση για τα επόμενα χρόνια θα αυξάνεται υπερβαίνοντας τα διαθέσιμα αποθέματα.[1]

Στην Κίνα ακόμη και σήμερα οι τιμές των σπανίων γαιών είναι χαμηλές και αυτό σχετίζεται με το γεγονός ότι οι έλεγχοι των εξαγωγών δεν λειτούργησαν ικανοποιητικά και δεν ήταν πλήρως αποτελεσματικοί. Πολλές μικρές παράνομες κινέζικες εταιρείες βρήκαν τρόπο ώστε να παρακάμψουν την απαγόρευση του 2010. Σύμφωνα με πρόχειρες εκτιμήσεις στην Κίνα εξορύσσονται παράνομα πάνω από 20.000 τόνοι σπανίων γαιών κάθε χρόνο, δηλαδή το 1/3 των εξαγωγών της Κίνας σε σπάνιες γαίες.[1]

Όλα αυτά λοιπόν έχουν προκαλέσει έναν αθέμιτο οικονομικό και γεωπολιτικό ανταγωνισμό σε παγκόσμιο επίπεδο, λόγω της εξάρτησης από την πολιτική της Κίνας. Ο ανταγωνισμός αυτός είναι πιο έντονος με τις ΗΠΑ αφού η Κίνα ελέγχει το εμπόριο και την διακίνηση μεγάλου αριθμού προϊόντων για την κατασκευή των οποίων απαιτούνται σπάνιες γαίες που είναι αναγκασμένη η Αμερική να εισάγει. Επίσης στις ΗΠΑ δεν υπάρχει η κατάλληλη τεχνογνωσία ούτε και εργοστάσιο για την επεξεργασία της εγχώριας παραγωγής σπανίων γαιών. Έτσι όση ποσότητα εξορύσσεται στην Αμερική, στέλνεται στην Κίνα για την τελική κατεργασία. Η Κίνα όμως έχει επιβάλλει δασμούς σε αυτές τις εισαγωγές, αυξάνοντας σημαντικά το τελικό κόστος της πρώτης ύλης που επανεισάγεται στις ΗΠΑ.[1]

Ήδη οι ΗΠΑ βρίσκονται σε διαπραγματεύσεις με την Αυστραλία ώστε να κατασκευαστεί εκεί ένα εργοστάσιο κατεργασίας σπανίων γαιών⁸. Η Αυστραλία είναι ο μεγαλύτερος προμηθευτής σπανίων γαιών στις ΗΠΑ μετά την Κίνα και σχεδιάζει να διευρύνει σημαντικά την παραγωγή της, μέσα στα επόμενα χρόνια, παρά τα μικρά σχετικά αποθέματα που έχει.

4. Οι σπάνιες γαίες στην Ευρώπη

Κοιτάσματα σε σπάνιες γαίες έχουν εντοπιστεί στις σκανδιναβικές χώρες και στην Ελλάδα, τα οποία όμως δεν έχουν αξιοποιηθεί, με αποτέλεσμα η ΕΕ να εισάγει το 98% των σπανίων γαιών. Η Ελλάδα συγκαταλέγεται μεταξύ των 5 χωρών στις οποίες η Ε.Ε. έχει στηρίξει τις προσδοκίες της για σπάνιες γαίες: Ελλάδα, Γροιλανδία, Σουηδία, Φινλανδία και Νορβηγία.

Στις 23 Φεβρουαρίου 2021, η πρόεδρος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Ούρσουλα φον ντερ Λάιεν στην ομιλία της για τις ημέρες Βιομηχανίας της ΕΕ για το 2021, πρότεινε την δημιουργία

⁸ Τον Φεβρουάριο του 2021, το αμερικανικό υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ υπέγραψε συμφωνία με τον αυστραλιανό εξορυκτικό γίγαντα Lynas Corporation, που είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός σπανίων γαιών εκτός Κίνας.

μιας Ευρωπαϊκής συμμαχίας για τις πρώτες ύλες. Η ακόλουθη περικοπή από την ομιλία της είναι χαρακτηριστική:[11]

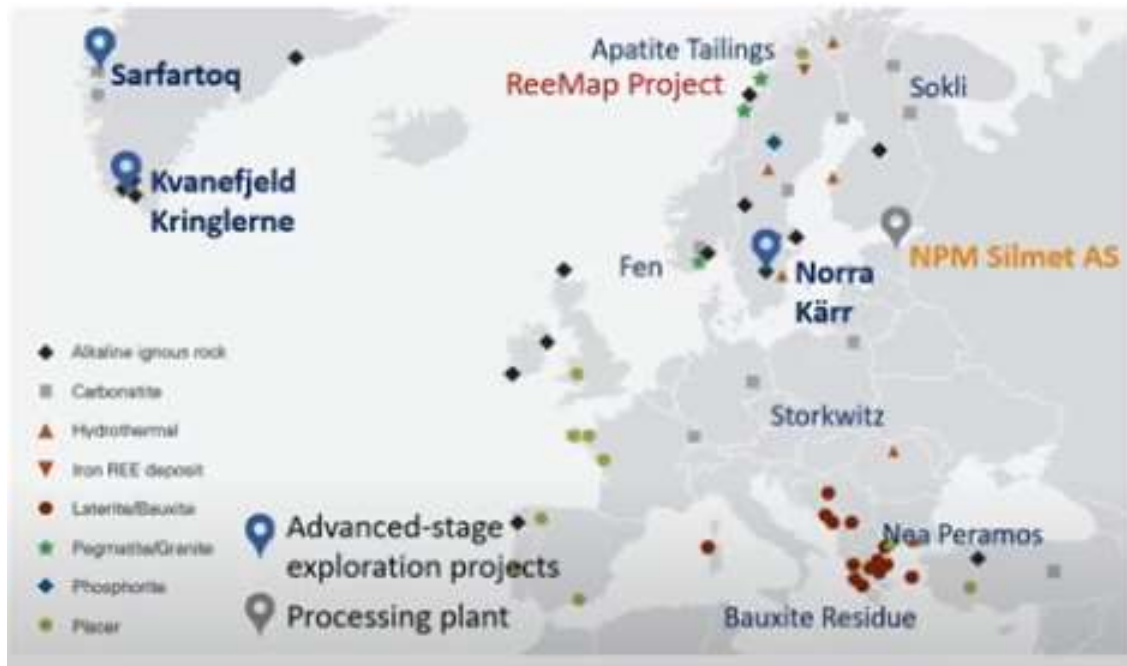
[...Οι «πράσινες» και ψηφιακές τεχνολογίες εξαρτώνται επί του παρόντος από έναν αριθμό σπάνιων πρώτων υλών ...Το 98% των στοιχείων σπάνιων γαιών που χρειαζόμαστε προέρχεται από έναν μόνο προμηθευτή: την Κίνα. Αυτό δεν είναι βιώσιμο. Πρέπει λοιπόν να διαφοροποιήσουμε τις αλυσίδες εφοδιασμού μας.

Ταυτόχρονα, πρέπει να επενδύσουμε σε κυκλικές τεχνολογίες που επαναχρησιμοποιούν πόρους αντί να τους εξάγουν συνεχώς. Αυτός είναι ο στόχος του σχεδίου δράσης μας για κρίσιμες πρώτες ύλες. Γι 'αυτό έχουμε προτείνει τη δημιουργία μιας Ευρωπαϊκής Συμμαχίας Πρώτων Υλών⁹.]

Η Σουηδία, η Φιλανδία και η Δανία στην Γροιλανδία έχουν ήδη προχωρήσει με εξαιρετικά γοργά βήματα. Στον χάρτη της εικόνας 8 φαίνονται οι κοιτασματολογικοί τύποι και έργα σπανίων γαιών στην ΕΕ και την Γροιλανδία. Οι μπλε «σταγόνες» δείχνουν την τοποθεσία κοιτασμάτων σπάνιων γαιών, όπου υπάρχουν προχωρημένα έργα εξερεύνησης, στην Γροιλανδία και Σουηδία. Η γκρι «σταγόνα» δείχνει την τοποθεσία εργοστασίου επεξεργασίας σπανίων μετάλλων και σπανίων γαιών της Εταιρείας NPM Silmet AS στην Εσθονία. Θεωρείται ότι τα αξιοποιήσιμα αποθέματα σπανίων γαιών στα κοιτάσματα Kvanefjeld, Kringslerne στη Γροιλανδία και Nora Karr στην Σουηδία μπορούν από μόνα τους να καλύψουν τις ανάγκες της Ευρώπης στις επόμενες δεκαετίες.

Αναφορικά με την πιο πάνω περικοπή από την ομιλία της Ούρσουλα φον ντερ Λάιεν, ο βασικός μέτοχος στο συγκεκριμένο εξορυκτικό έργο της Γροιλανδίας είναι κινεζική εταιρεία. Το 2019, η συγκεκριμένη κινεζική εταιρεία είχε συνάψει κοινοπραξία με την China National Nuclear Corporation [12], ώστε οι σπάνιες γαίες από το συγκεκριμένο έργο της Γροιλανδίας να πηγαίνουν στην Κίνα προς τελική κατεργασία. Το συγκεκριμένο (ουσιαστικά κινεζικό) έργο είχε ενταχθεί από την ΕΕ στην προαναφερθείσα «Ευρωπαϊκή Συμμαχία Πρώτων Υλών» [21].

⁹ ERMA (European Raw Materials Alliance)



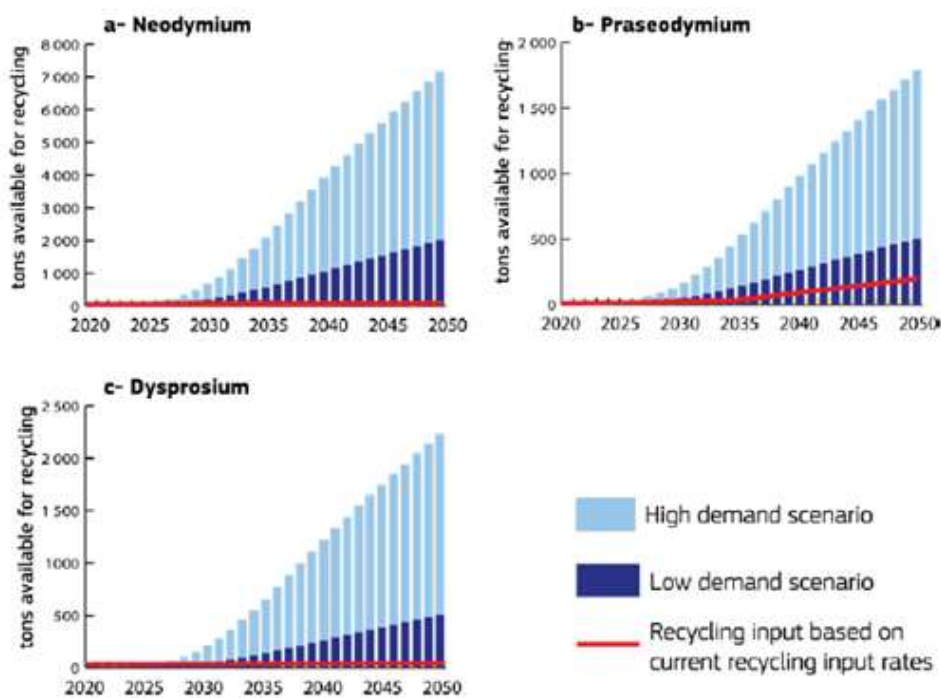
Εικόνα 8: Κοιτασματολογικοί τύποι και έργα σπανίων γαιών στην ΕΕ και την Γροιλανδία. [19]

Σύμφωνα με όσους κατοίκους της Γροιλανδίας εναντιώνονται σε αυτό το έργο, θα υπάρξει μεγάλη επιβάρυνση στο περιβάλλον, καθώς η κινεζική εταιρεία πρόκειται να εναποθέσει χωρίς καμία κατεργασία τεράστιους όγκους τοξικών και ραδιενεργών αποβλήτων στο έδαφος της Γροιλανδίας, κάτι που πράττει εδώ και δεκαετίες στις περιοχές εξόρυξης κινεζικών σπάνιων γαιών, της πόλης Baotou [23].

Όσον αφορά το σημείο της ίδιας ομιλίας της Ούρσουλα φον ντερ Λάιεν σχετικά με «κυκλικές τεχνολογίες», οι ποσότητες ανάκτησης των σπάνιων γαιών από ανακύκλωση στην ΕΕ δεν αφήνουν περιθώρια αισιοδοξίας, διότι είναι εξαιρετικά χαμηλές.

Για παράδειγμα, η εικόνα 9 δείχνει τις εν δυνάμει διαθέσιμες ποσότητες ανάκτησης (σε τόνους) τριών σπανίων γαιών (νεοδύμιο, πρασεοδύμιο και δυσπρόσιο) από ανακύκλωση ηλεκτρικών οχημάτων (μέσης διάρκειας ζωής 9-13 έτη) για τις 27 χώρες της ΕΕ και το ΗΒ, έως το 2050.

Σε κάθε διάγραμμα το γαλάζιο μέρος των ράβδων είναι για το σενάριο υψηλών απαιτήσεων και το μπλε για το σενάριο χαμηλών απαιτήσεων. Η κόκκινη γραμμή παριστά την κάλυψη των ποσοτήτων ανάκτησης, με βάση τους τρέχοντες ρυθμούς ανακύκλωσης.



Εικόνα 9: Ποσότητες ανάκτησης στην ΕΕ-27 και ΗΒ από ανακύκλωση των σπανίων γαιών: νεοδύμιο, πρασεοδύμιο και δυσπρόσιο. [5]

5. Οι προοπτικές για τις ελληνικές σπάνιες γαίες

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με σημαντικό δυναμικό σε ορυκτό πλούτο, και το γεωλογικό και γεωτεκτονικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα πρόσφορο για την παρουσία σπανίων γαιών. Όμως οι επενδύσεις για έρευνες που θα δείξουν ποια ακριβώς μέταλλα υπάρχουν στο υπέδαφός μας και αν βρίσκονται σε εκμεταλλεύσιμες ποσότητες, είναι σχεδόν ανύπαρκτες.

Το 1ο Ευρωπαϊκό συνέδριο για κοιτάσματα σπανίων γαιών διεξήχθη 4 – 7 Σεπτεμβρίου 2014, στην Μήλο [13]. Το διάστημα 6 - 9 Σεπτεμβρίου 2014, μία εξαμελής κινεζική αντιπροσωπεία, αποτελούμενη από γεωλόγους και μηχανικούς μεταλλείων από τη γεωλογική υπηρεσία της Κίνας και δύο εκπροσώπους της μεταλλουργικής εταιρείας China Minmetals, επισκέφθηκε στην Ελλάδα τις εγκαταστάσεις της Αλουμίνιον της Ελλάδος¹⁰ και την Μήλο [14]. Αμέσως μετά, ο Υπουργός Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), Γιάννης Μανιάτης, είχε

¹⁰ Όπου γίνονται έρευνες με θετικά αποτελέσματα για σπάνιες γαίες στα μεταλλευτικά απόβλητα που ονομάζονται «κόκκινη λάσπη», από την επεξεργασία του βωξίτη κατά την μεταλλουργία αλουμινίου.

συνάντηση με τον Πρέσβη της Λαϊκής Δημοκρατίας της Κίνας στην Ελλάδα, Ζου Χιαολί, ο οποίος συνοδευόταν από την εν λόγω αντιπροσωπεία, στο πλαίσιο της στρατηγικής της Ε.Ε. για την έρευνα και ανάπτυξη των σπανίων γαιών¹¹.

Σε εκείνη τη συνάντηση, ο Υπουργός Γιάννης Μανιάτης, σε δηλώσεις του προς τους εκπροσώπους του Τύπου ανέφερε:[15]

«Ο ορυκτός πλούτος αποτελεί ένα σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα της χώρας. Ιδιαίτερα οι σπάνιες γαίες που αποτελούν ένα ανεκτίμητης αξίας τμήμα του ορυκτού πλούτου, έχουν αποκτήσει τα τελευταία χρόνια πολύ μεγάλη γεωπολιτική, αλλά και οικονομική αξία. Η Ελλάδα είναι και σε αυτόν τον τομέα προικισμένη με σπάνιες γαίες. Όλες οι ενδείξεις είναι ενθαρρυντικές.

Ανήκουμε στις μόλις πέντε ή έξι ευρωπαϊκές χώρες όπου οι ενδείξεις, πράγματι, δίνουν θετικά αποτελέσματα. Ελλάδα, Νορβηγία, Σουηδία, Φινλανδία και Γροιλανδία είναι οι χώρες που μπορεί να στηριχτεί η ευρωπαϊκή βιομηχανία για να παράξει σπάνιες γαίες.

Σήμερα, με την παρουσία του κ. Πρέσβη, ανοίξαμε έναν πολύ σημαντικό δρόμο συνεργασίας ανάμεσα στην Ελλάδα και την Κίνα και σε αυτόν τον τομέα. Χαίρομαι γιατί συμμετέχουν και Πανεπιστήμια και Ινστιτούτα αλλά και ο ιδιωτικός τομέας, γεγονός που θα μας βοηθήσει αναμφισβήτητα να ανταλλάξουμε επιστημονικές γνώσεις, τεχνογνωσία και ασφαλώς να δούμε πως μπορούμε να συνεργαστούμε, στο πλαίσιο πάντα της Ευρωπαϊκής πολιτικής που προτείνει συγκεκριμένες δράσεις για την αξιοποίηση των σπανίων γαιών σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.»

Τα τελευταία 10 χρόνια υπάρχει μια κινητικότητα για έρευνες σχετικά με την ύπαρξη ή όχι των μοναδικών αυτών μετάλλων σε διάφορα μέρη της Ελλάδας. Το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) σε συνεργασία με το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), καθώς και τα Ελληνικά Πανεπιστήμια, διενεργούν αυτές τις έρευνες, μερικές από τις οποίες διεξάγονται στα πλαίσια Ευρωπαϊκών Προγραμμάτων, όπως το EURARE. Στην Βόρεια Ελλάδα, και κυρίως στην περιοχή από το Κιλκίς και την Χαλκιδική έως τον Έβρο,

¹¹ Το έργο EURARE διήρκησε 5 έτη: από το 2013 έως το 2017

εντοπίζεται μεγάλος αριθμός γρανιτικών και ηφαιστειακών πετρωμάτων, τα οποία περιέχουν ορυκτά που είναι εμπλουτισμένα σε σπάνιες γαίες¹². Με την διάβρωση τα ορυκτά αυτά απομακρύνονται από τα πετρώματα και μεταφέρονται με τα ποτάμια και τους χείμαρρους στις προσχώσεις κατά μήκος των ακτών. Αν και είναι πολύ νωρίς ακόμη, τα αποτελέσματα των ερευνών του ΙΓΜΕ στα ιζήματα της υφαλοκρηπίδας του Βορείου Αιγαίου για σπάνιες γαίες (εικόνα 10) είναι ενθαρρυντικά.[1]



Εικόνα 10: Η περιοχή των ερευνών για σπάνιες γαίες στο Β. Αιγαίο. [1]

Έτσι το ενδιαφέρον έχει επικεντρωθεί σε μια μεγάλη έκταση του Βορείου Αιγαίου και συγκεκριμένα στα ιζήματα της υφαλοκρηπίδας με πλάτος έως τρία ναυτικά μίλια από την ακτή. Η έρευνα αφορά κυρίως στην αναζήτηση τέτοιων ορυκτών με μεγάλο ειδικό βάρος.

Οι γεωχημικές έρευνες αποκάλυψαν έως και 1 γραμμάριο ανά τόνο ιζημάτων σε σπάνιες γαίες, κυρίως σε ελαφριές (LREE). Η αναζήτηση δεν περιορίζεται μόνο στον βυθό, αλλά επεκτείνεται και σε βάθος 5-7 μέτρων με γεωτρήσεις. Τα πρώτα αποτελέσματα έδειξαν σχετικά υψηλές περιεκτικότητες σε σπάνιες γαίες στον Στρυμονικό κόλπο, στην υφαλοκρηπίδα από τον ποταμό Στρυμόνα έως την Καβάλα, περιμετρικά της Σαμοθράκης και στα Δέλτα των ποταμών Νέστου και Έβρου.[1]

Αν και τα πρώτα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, απαιτούνται περισσότερες έρευνες προκειμένου να διαπιστωθεί

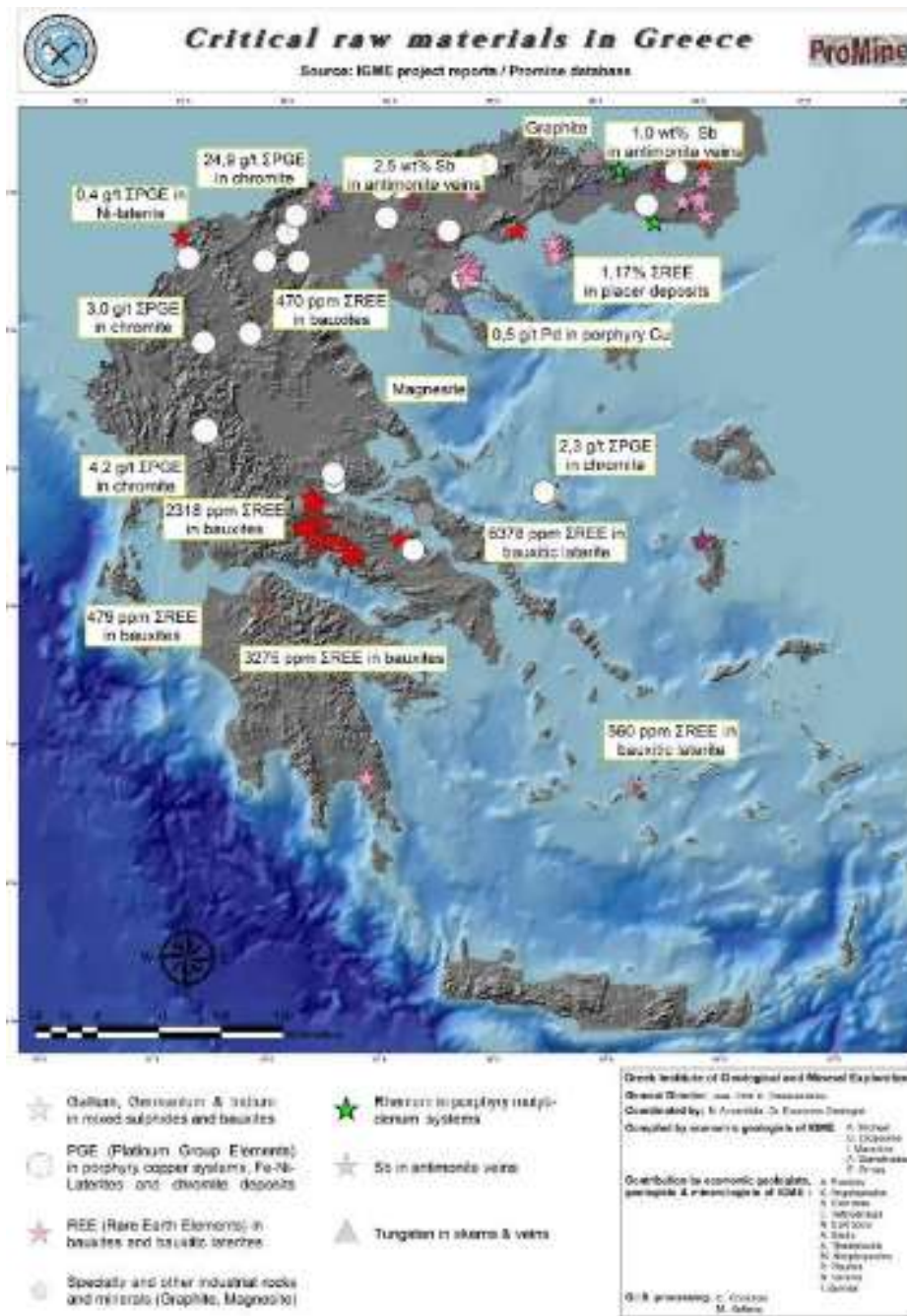
¹² όπως τα ορυκτά αλλανίτης, μοναζίτης, ζirkονίτης και απατίτης

εάν αυτές οι συγκεντρώσεις είναι οικονομικά βιώσιμες σε πιθανή μελλοντική εξόρυξη.[1]

Είναι πολύ πιθανό οι πρωτογενείς πηγές των σπανίων γαιών να σχετίζονται με τους γρανίτες της Καβάλας και του Παγγαίου. Πρόσφατα, σε μεταλλουργική σκωρία από παλιούς φούρνους τήξης, πιθανώς από την οθωμανική περίοδο, στο όρος Παγγαίο, βρέθηκε τεράστια ποσότητα σε σπάνιες γαίες με 2 γραμμάρια ανά τόνο σε λανθάνιο, δημήτριο (σέριο), πρασεοδύμιο, νεοδύμιο, σαμάριο και ευρώπιο. Περαιτέρω γεωλογική και γεωχημική έρευνα θα μπορούσε να βοηθήσει στον εντοπισμό της πηγής των εξαιρετικά υψηλών ποσοτήτων στους γρανίτες αυτούς.[1]

Μεγάλης σημασίας για την αναζήτηση στην Ελλάδα των μοναδικών αυτών πρώτων υλών με τις εξαιρετικές ιδιότητες, είναι και τα κοιτάσματα βωξίτη στον Παρνασσό με σπάνιες γαίες συνολικά έως 0,6 γραμμάρια ανά τόνο, οι αποφύσεις του γρανίτη της Πλάκας στο Λαύριο με περιεκτικότητες έως 1,5 γραμμάρια ανά τόνο, και το πορφυριτικό πέτρωμα χαλκού και χρυσού [25] στην Βάθη Κιλκίς του οποίου οι περιεκτικότητες φθάνουν έως 0,2 γραμμάρια ανά τόνο.[1] Έρευνες γίνονται επίσης στα μεταλλευτικά απόβλητα που ονομάζονται «κόκκινη λάσπη» από την επεξεργασία του βωξίτη κατά την μεταλλουργία αλουμινίου, λόγω των θετικών αποτελεσμάτων μέχρι σήμερα.[1] Στον χάρτη της εικόνας 11 φαίνονται οι περιοχές με τις κρίσιμες ορυκτές πρώτες ύλες (ΚΟΠΥ) όπου μεταξύ άλλων έχουν μέταλλα της ομάδας πλατίνας (ΣΡΓΕ) και σπάνιες γαίες (ΣΡΕΕ).

Όλα τα παραπάνω απλά αποτελούν ενθαρρυντικές ενδείξεις. Θα πρέπει με βάση τις έρευνες που διεξάγονται να διαπιστωθεί αν οι ποσότητες που υπάρχουν σε σπάνιες γαίες είναι αξιοποιήσιμες. Παρά την αξία που μπορεί να έχουν οι σπάνιες γαίες που βρίσκονται στην ελληνική επικράτεια – κάποιοι τις ανεβάζουν στα 40 δισ. Ευρώ – η εξόρυξη και η επεξεργασία τους είναι ιδιαίτερα δαπανηρή και ενέχει τεράστιους περιβαλλοντικούς κινδύνους. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να ολοκληρωθούν οι ειδικές μελέτες και επιπλέον να εξακριβωθούν οι συγκεντρώσεις θορίου και άλλων ραδιενεργών στοιχείων που ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, όταν περιέχονται σε ορυκτά σπανίων γαιών.[1]



Εικόνα 11: Χάρτης με ΚΟΠΥ όπως μέταλλα της ομάδας πλατίνας (ΣΡΓΕ) και σπάνιες γαίες (ΣΡΕΕ). [18]

6. Επίλογος

Όσο τα προϊόντα προηγμένης τεχνολογίας και η «πράσινη» ενέργεια εξαρτώνται από τις σπάνιες γαίες, τόσο οι τιμές τους θα αυξάνονται και ο δυτικός κόσμος θα αναζητεί διέξοδο από το μονοπώλιο της Κίνας. Η συστηματική έρευνα θα οδηγήσει στην ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων που αν είναι οικονομικά βιώσιμα, θα αποτελέσουν το αντίβαρο στην παντοκρατορία της Κίνας.

Είναι δεδομένη η ισχυρή γεωπολιτική θέση στην οποία θα βρεθεί όποια ευρωπαϊκή χώρα στο υπέδαφος της οποίας θα εντοπιστούν και αξιοποιηθούν κοιτάσματα σπανίων γαιών.

Οι Βρυξέλλες δεν πέτυχαν απεξάρτηση από την Κίνα, με παράδειγμα τη Γροιλανδία [21], στην έως τώρα προσπάθεια ανάπτυξης των ορυκτών πόρων σπανίων γαιών, εντός της ΕΕ. Αναμένεται να φανούν τα αποτελέσματα και στο θέμα των ελληνικών σπανίων γαιών, με ίσως αναπόφευκτη ανάμειξη της Κίνας σε εξορυκτικές δραστηριότητες στη χώρα μας.

Η Ελλάδα θα μπορούσε να παίξει έναν στρατηγικό ρόλο, λόγω των θετικών ενδείξεων που υπάρχουν από τις μέχρι τώρα έρευνες. Όμως ακόμη και αν καλύπτονται οι συνθήκες αξιοποίησης των ελληνικών σπάνιων γαιών, το ζήτημα με την υφαλοκρηπίδα μπορεί να δημιουργήσει πρόσθετα προβλήματα είτε λόγω των ειδικών περιβαλλοντικών ζητημάτων είτε λόγω διεκδικήσεων από την γειτονική Τουρκία.

Ο ανταγωνισμός για σπάνιες γαίες μεταξύ των προηγμένων οικονομιών των βιομηχανικών χωρών είναι γεωστρατηγικός [22] και η Ελλάδα θα κληθεί να παίξει σημαντικό ρόλο. Γι' αυτό, η χώρα μας δεν πρέπει να παραμείνει στο περιθώριο των εξελίξεων, αλλά να επιλύσει τυχόν γραφειοκρατικά ή/και γεωπολιτικά προβλήματα για το εθνικό της συμφέρον.

ΠΗΓΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

- [1] Μέλφος Β., «Οι σπάνιες γαίες και η γεωπολιτική θέση της Ελλάδας», Περιοδικό ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΑΝΟΡΑΜΑ, Τεύχος 124^ο, Φθινόπωρο 2020, σ. 4 - 13
- [2]. Melfos V., Voudouris C.P., “*Geological, Moneralogical and Geochemical Aspects for Critical and Rare Metals in Greece*”, Minerals 2012, 2, 300-317
- [3]. Eliopoulos D., Economou G., Tzifas I., Papatrechas C., “*The potential of rare earth elements in Greece*”, ERES 2014: 1st European Rare Earth Resources Conference, Milos, Greece, 04-07 September 2014. 308 – 316
- [4]. Stergiou C.L., Melfos V., Voudouris P., “*A review on the critical and rare metals distribution throughout the Vertiskos Unit, N. Greece*”, IECMS 2018: 1st International Electronic Conference on Mineral Science, 16-31 July 2018, 1-8
- [5]. Alves Dias P., Bobba S., Carrara S., Plazzotta B., “*The Role of Rare Earth in Wind Energy and Electric Mobility – An analysis of future supply/demand balances*”, JRC Science for Policy Report, European Union 2020

- [6]. Schuler D., Buchert M., Liu R., Dittrich S., Merz C., “*Study on Rare Earths and Their Recycling*”, Oeko-Institut e.V., 1/2011
- [7]. “*Are Rare Earths and Precious Metals the Same Thing?*”, Specialty Metals – Smelters and Refiners, LLC
- [8]. Ider K., “*Recapture Strategic Value Chains In The Rare Earth Market : A contemporary market analysis of rare earths and their economic implications*”, Berlin School of Economics and Law, 6.06.2015
- [9] “*Rare earth elements and Chinese monopoly*”, mayankartoons.blogspot.com
- [10]. David Jolly, “*China Export Restrictions on Metals Violate Global Trade Law, Panel Finds*”, The New York Times, March 26, 2014.
- [11]. “*Opening speech by President von der Leyen at the EU Industry Days 2021*”, Brussels, 23 February 2021.
- [12] “*New Chinese JV for rare earth minerals from Greenland*”, World Nuclear News, 23 January 2019
- [13]. ERES 2014 – 1st Conference, 4-7 September 2014
- [14]. Λιάγου Χ., «*Που ψάχνουν για σπάνιες γαίες οι Κινέζοι στο ελληνικό υπέδαφος και για ποιο λόγο*», Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 14.09.2014
- [15]. «*Οι Σπάνιες Γαίες στο επίκεντρο της συνάντησης του Υπουργού ΠΕΚΑ, με υψηλόβαθμη αντιπροσωπεία της Κίνας*», ΕΠΙΧΕΙΡΩ, 10.09.2014
- [16]. Τζεφέρης Π., «*Οι σπάνιες γαίες, η Ευρώπη και η Ελλάδα! (Μέρη I & II)*», Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος, 23 & 24 Σεπτεμβρίου 2014.
- [17]. Τζεφέρης Π., «*Οι πέντε αλήθειες για τις σπάνιες γαίες*», EnergyPress, 27.10.2014
- [18]. Τζεφέρης Π., «*Γεωπολιτική και Σπάνιες Γαίες*», Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος, 10.07.2017
- [19]. Αρβανιτίδης Ν., «*Οι ορυκτές πρώτες ύλες της Ευρώπης και της Ελλάδας στην νέα ενεργειακή και ψηφιακή εποχή*», διαδικτυακή Ημερίδα, ΑΠΘ, Σχολή Γεωλογίας, 15.03.2021
- [10]. Τσιλιόπουλος Ε., «*Σπάνιες γαίες, το πετρέλαιο του 21^{ου} αιώνα – Κίνα, οι ΗΠΑ και η Ελλάδα*», SLpress, 10/03/3021
- [21]. Καμενόπουλος Σ., «*Πως η Κίνα με τις σπάνιες γαίες ακυρώνει την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία*», SLpress, 02/03/2021
- [22]. Καμενόπουλος Σ., «*Πως το κινήγι για σπάνιες γαίες προκαλεί ένοπλες συγκρούσεις*», SLpress, 29/10/2020
- [23]. Καμενόπουλος Σ., «*Πόσο “Βρώμικο” είναι το πράσινο life style των Βρυξελλών ;*», SLpress, 19/07/2019

[24].Πλακατούρας Χ.Ι., «Χημεία Λανθανιδίων και Ακτινιδίων με στοιχεία Πυρηνικής Χημείας – Ιδιότητες των Λανθανιδίων», Παν/ο Ιωαννίνων, 4/2020

[25]. Βαρδαρού Μ., «Σχεδιασμός μεθόδου κατακρήμνισης πατώματος για την εκμετάλλευση πορφυριτικού κοιτάσματος», Πολυτεχνείο Κρήτης, 9/2019

* Δρ. Χημικός, Αξιολογητής Συστημάτων Διαχείρισης Ποιότητας