



**ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ**  
**ΓΙΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**  
**ΚΑΙ ΣΠΑΝΙΩΝ ΓΑΙΩΝ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:**

**ΒΟΛΕΛΗ ΙΩΣΗΦ**  
**ΦΩΚΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Δρ. ΜΑΝΟΥΣΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία εκπονήθηκε από τους σπουδαστές του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ **Βολέλη Ιωσήφ και Φώκο Αλέξανδρο** ύστερα από εισήγηση του **Δρ. Νικόλαου Μανουσάκη**.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη και η κατανόηση της ανακύκλωσης λαμπτήρων καθώς και της ανάκτησης πολύτιμων υλικών και σπάνιων γαιών από αυτούς με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους.

Θα ήταν παράλειψη η μη αναφορά μας στη συμβολή του εισηγητή και καθηγητή του τμήματος Ηλεκτρολογίας του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ Δρ. Νικόλαου Μανουσάκη για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Επίσης, θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε αναθέτοντάς μας την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους φίλους μας και τις οικογένειες μας για την στήριξη που μας έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μας εργασίας.

## ΣΥΝΟΨΗ

- **Στο πρώτο κεφάλαιο** της πτυχιακής μας εργασίας κάνουμε μια γενική αναφορά στους λαμπτήρες και τις σπάνιες γαίες.
- **Το δεύτερο κεφάλαιο** αναφέρεται στα διάφορα είδη λαμπτήρων που υπάρχουν στο εμπόριο εστιάζοντας στη δομή τους.
- **Στο τρίτο κεφάλαιο** αναφερόμαστε στις σπάνιες γαίες και σε διάφορα χαρακτηριστικά τους.
- **Το τέταρτο κεφάλαιο** αναφέρεται στις σπάνιες γαίες, τις οποίες συναντάμε στους διάφορους λαμπτήρες.
- **Στο πέμπτο κεφάλαιο** ασχολούμαστε με τις διαδικασίες ανακύκλωσης των λαμπτήρων και παραθέτουμε στατιστικά στοιχεία για την ανακύκλωση στην Ελλάδα.
- **Το έκτο κεφάλαιο** αναφέρεται στο νομοθετικό πλαίσιο που αφορά την ανακύκλωση.
- **Το έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο** της εργασίας περιλαμβάνει τα συμπεράσματα που εξαγάγαμε από την πτυχιακή μας εργασία καθώς και αναφορά στις προοπτικές που υπάρχουν για το μέλλον της ανακύκλωσης στην Ελλάδα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ : ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ, ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ, ΣΠΑΝΙΕΣ ΓΑΙΕΣ, ΕΞΑΓΩΓΗ.

## **ABSTRACT**

- **In the first chapter** of our thesis we make a general reference to lamps and rare earths.
- **The second chapter** deals with the different types of light bulbs in the market focusing on their structure.
- **In the third chapter** we refer to rare earths and their various characteristics.
- **The fourth chapter** refers to the rare earths we encounter in the various existing lamps.
- **In the fifth chapter** we deal with the recycling processes of the lamps as we also provide statistics on recycling in Greece.
- **The sixth chapter** refers to the legislative framework that includes recycling.
- **The seventh** and final chapter of our thesis deals with the conclusions that we have drawn from our graduate work as well as the prospects for the future of recycling in Greece.

**KEYWORDS:** RECYCLING, LAMPS, RARE EARTHS, EXTRACTION.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b><u>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</u></b> .....	2
<b><u>ΣΥΝΟΨΗ</u></b> .....	3-4
<b><u>Κεφάλαιο 1:</u></b> Λαμπτήρες και σπάνιες γαίες.....	6
1.1: Η ιστορία του φωτισμού και του λαμπτήρα.....	7
1.2: Σπάνιες γαίες.....	9
<b><u>Κεφάλαιο 2:</u></b> Είδη λαμπτήρων.....	11
2.1: Λαμπτήρες πυρακτώσεως.....	12
2.2: Λαμπτήρες αλογόνου.....	15
2.3: Λαμπτήρες μαγνητικής επαγωγής.....	16
2.4: Λαμπτήρες εκκενώσεως.....	17
2.5: Λαμπτήρες νέον.....	18
2.6: Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης.....	19
2.7: Λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων.....	20
2.8: Λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης.....	21
2.9: Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης.....	22
2.10: Λαμπτήρες φθορισμού.....	23
2.11: Οπτικές ίνες.....	25
2.12: L.E.D.....	28
<b><u>Κεφάλαιο 3:</u></b> Σπάνιες Γαίες.....	31
3.1: Τα στοιχεία των σπάνιων γαιών.....	32
3.2: Φυσικές και χημικές ιδιότητες.....	33
3.3: Μαγνητικές ιδιότητες.....	33
3.4: Ηλεκτρικές ιδιότητες.....	34
3.5: Πυρηνικές ιδιότητες.....	34
3.6: Μεταλλεύματα και μεταλλουργία των λανθανιδών.....	34
3.7: Μέθοδοι χημικού διαχωρισμού και καθαρισμού.....	35
3.8: Κύριες βιομηχανικές χρήσεις.....	36
3.9: Αποθέματα.....	43
3.10: Παραγωγή.....	44
<b><u>Κεφάλαιο 4:</u></b> Οι Σπάνιες γαίες στους λαμπτήρες.....	46
4.1: Οι Σπάνιες γαίες στους λαμπτήρες.....	47
<b><u>Κεφάλαιο 5:</u></b> Διαδικασίες ανακύκλωσης στους λαμπτήρες και εξαγωγή σπάνιων γαιών.....	50
5.1: Ανακύκλωση A.E.....	51
5.2: Φωτοκύκλωση A.E.....	55
5.3: Ανακύκλωση Αιγαίου – Χυτήρια A.B.E.....	59
5.4: Διαδικασία ανακύκλωσης – μηχανήματα ανακύκλωσης.....	60
<b><u>Κεφάλαιο 6:</u></b> Νομοθετικό πλαίσιο για την ανακύκλωση.....	70
6.1: Υποχρεώσεις παραγωγών A.H.H.E.....	71
6.2: Διακινητές – Διανομείς.....	72
<b><u>Κεφάλαιο 7:</u></b> Συμπεράσματα – Προοπτικές (Future Works).....	73
7.1: Πλεονεκτήματα-συμπεράσματα της ανακύκλωσης.....	74
7.2: Προοπτικές της εξαγωγής σπάνιων γαιών από τους λαμπτήρες.....	74
7.3. Προοπτικές ανακύκλωσης.....	75

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**  
**ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΚΑΙ**  
**ΣΠΑΝΙΕΣ ΓΑΙΕΣ**

## 1.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΛΑΜΠΗΤΗΡΑ



**Εικόνα 1.1.1:** Κοχύλι με ξερά χόρτα    **Εικόνα 1.1.2:** Λαμπτήρας πυρακτώσεως

Η πρώτη λάμπα εφευρέθηκε περίπου το 70.000 π.Χ., όταν χρησιμοποιήθηκε ένας κοίλος βράχος ή ένα κοχύλι γεμισμένο με ξερά χόρτα ή βρύα εμποτισμένα με ζωικό ή φυτικό λίπος. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται ακόμα και στις μέρες μας σε λυχνάρια ή καντήλια, συνήθως στις θρησκευτικές μας τελετές. Οι άνθρωποι άρχισαν να μιμούνται τα φυσικά σχήματα και να τα μετατρέπουν σε έργα τέχνης αλλάζοντας τα υλικά που χρησιμοποιούσαν, κεραμικά, μάρμαρο και μεταλλικές λάμπες. Αργότερα προστέθηκαν φτιλία για τον έλεγχο του ρυθμού της καύσης. Γύρω στον 7ο αιώνα π.Χ. οι Έλληνες άρχισαν να κατασκευάζουν λάμπες από πηλό για να αντικαταστήσουν τις δάδες χειρός. **Η λέξη λάμπα, που χρησιμοποιείται διεθνώς (lamp), έχει ελληνική ρίζα.**

### 1.1.1 Λάμπες Λαδιού

Τον 18ο αιώνα εφευρέθηκε ο καυστήρας, μια σημαντική βελτίωση στο σχεδιασμό του λαμπτήρα. Η πηγή καυσίμου ήταν τώρα κλεισμένη σε σφικτά μεταλλικά δοχεία και ο έλεγχος της έντασης της καύσεως του καυσίμου και της έντασης του φωτός γινόταν πλέον με ένα ρυθμιζόμενο μεταλλικό σωλήνα. Επίσης, μικρές γυάλινες καμινάδες προστέθηκαν σε λαμπτήρες τόσο για την προστασία της φλόγας όσο και για τον έλεγχο της ροής του αέρα σε αυτή. Ο Φρανσουά Πιέρ Αμί Αργκάν (Francois Pierre Ami Argand), ένας Ελβετός φυσικός και χημικός είναι υπεύθυνος για την εφεύρεση **λάμπας λαδιού** με κοίλο κυκλικό φτιλί που περιβαλλόταν από γυάλινη καμινάδα το 1783.



**Εικόνα 1.1.3:** Λάμπες λαδιού



**Εικόνα 1.1.4:** Λάμπα λαδιού

### 1.1.2 Λάμπες αερίου

Το 1792 έγινε η πρώτη εμπορική χρήση του φυσικού αερίου για φωτισμό από τον Γουίλιαμ Μέρντοχ (William Murdoch), που χρησιμοποίησε *φωταέριο* για τον φωτισμό στο σπίτι του. Ο Γερμανός εφευρέτης Φρίντριχ Γουίντσερ (Freidrich Winzer) πήρε το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για φωτισμό αερίου άνθρακα το 1804 με χρήση φυσικού αερίου που αποστάζεται από ξύλο. Κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1799.



Εικόνα 1.1.5: Λάμπα αερίου.

### 1.1.3 Ηλεκτρικές Λάμπες

Ο πρώτος ηλεκτρικός *λαμπτήρας τόξου* άνθρακα εφευρέθηκε το 1801 από τον Άγγλο χημικό Χάμφρεϊ Ντέιβι (Sir Humphrey Davy). Στο συγκεκριμένο λαμπτήρα στηρίχτηκαν όλοι τους λαμπτήρες τόξου που χρησιμοποιούν την τρέχουσα λειτουργία μέσω διαφόρων ειδών πλάσματος αερίου, π.χ. λάμπες φθορίου.



Εικόνα 1.1.6 : Λαμπτήρας πυρακτώσεως

Τη δεκαετία του 1860 ο Βρετανός φυσικός και χημικός Σερ Τζόζεφ Σουάν (Sir Joseph Swan) ξεκίνησε να πειραματίζεται στην κατασκευή λάμπας πυρακτώσεως με νήμα άνθρακα με επιτυχία αλλά το νήμα καταστρεφόταν. Τη δεκαετία του 1870 ξαναδοκίμασε αφαιρώντας τον αέρα, με τον οποίο ερχόταν σε επαφή το νήμα άνθρακα, και αντικαθιστώντας το με σκληρές ίνες γιαπωνέζικου μπαμπού. Δυστυχώς για αυτόν, ο Τόμας Έντισον είχε υποβάλει ήδη αίτηση ευρεσιτεχνίας για έναν όμοιο λαμπτήρα κενού.

Ο Φρίντριχ Μέιερ (Friedrich Meyer), ο Χανς Σπέινερ (Hans Spanner) και ο Έντμουντ Γκέρμερ (Edmund Germer) κατοχύρωσαν με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ένα *λαμπτήρα φθορισμού* το 1927. Εφαρμόζοντας διαφορά δυναμικού μεταξύ ατμών υδραργύρου και με επικάλυψη βηρυλλίου στο εσωτερικό, πέτυχαν την κατασκευή του λαμπτήρα φθορισμού. Η επικάλυψη βηρυλλίου αντικαταστάθηκε, λόγω της τοξικότητάς του, από άλλες χημικές ουσίες φθορισμού που ήταν ασφαλέστερες.



Ο λαμπτήρας αλογόνου βολφραμίου, ένας βελτιωμένος τύπος του λαμπτήρα πυρακτώσεως, εφευρέθηκε από τους Έλμερ Φρίντριχ (Elmer Fridrich) και Έμμετ Γουάιλνι (Emmett Wiley). Το 1960 ένας καλύτερος λαμπτήρας αλογόνου εφευρέθηκε από τον Φρίντριχ Μόμπυ (Fredrick Moby), μηχανικό της General Electric.

Όλοι οι παραπάνω τύποι λαμπτήρα αλλά και οι εφευρέτες τους ικανοποίησαν την ίδια ανθρώπινη ανάγκη ανά τους αιώνες, την ανάγκη να ενισχύεται μία από τις πέντε μας αισθήσεις, η όραση. Ο σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική συνέβαλαν στην εξέλιξη του λαμπτήρα ως έργου τέχνης εξυπηρετώντας την εκάστοτε τεχνοτροπία διακόσμησης και αισθητικής του χώρου.

## 1.2 ΣΠΑΝΙΕΣ ΓΑΙΕΣ

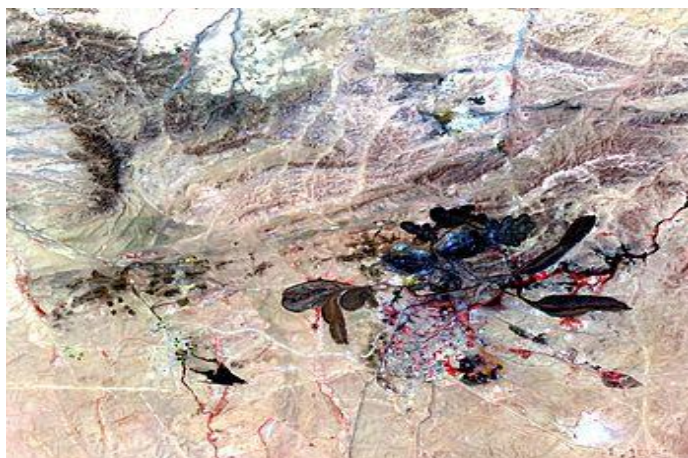
Στη Χημεία **Σπάνιες Γαίες** καλούνται τα μέταλλα (χημικά στοιχεία), τα οξείδια των οποίων είναι γαιώδους μορφής και ονομάστηκαν έτσι λόγω της εξαιρετικής σπανιότητάς τους. Αυτά τα μέταλλα λέγονται και **λανθανίδες** από το όνομα του πρώτου στοιχείου της κατηγορίας τους στον περιοδικό πίνακα. Παρουσιάζουν σχεδόν τις ίδιες φυσικές και χημικές ιδιότητες.

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα ακόλουθα χημικά στοιχεία, που μόνο για λόγους ευκολίας υποδιαιρούνται σε τρεις υποομάδες:

- **1η Υποομάδα:** Λανθάνιο, Δημήτριο, Πρασεοδύμιο, Νεοδύμιο, Προμήθειο και Σαμάριο. Κύριες πηγές των στοιχείων αυτής της υποομάδας είναι τα ορυκτά μοναζίτης, τσερίτης και αλλανίτης.
- **2η Υποομάδα:** Ευρώπιο, Γαδολίνιο και Τέρβιο. Κύριες πηγές των στοιχείων αυτής της υποομάδας είναι τα ορυκτά σαμαρσκίτης και μερικά είδη ξενότιμου.
- **3η Υποομάδα:** Δυσπρόσιο, Όλμιο, Ύττριο, Έρβιο, Θούλιο, Υτέρβιο και Λουτέτσιο. Κύριες πηγές των στοιχείων αυτής της υποομάδας είναι τα ορυκτά γαδολινίτης, ξενότιμος, ευξενίτης και φεργκιουσονίτης.

Από τα παραπάνω μέταλλα το λανθάνιο, το δημήτριο και το νεοδύμιο δεν είναι σχετικά τόσο σπάνια σε αντίθεση με το ευρώπιο, το τέρβιο και το θούλιο που είναι εξαιρετικά σπάνια.

Τα ορυκτά, στα οποία απαντώνται οι σπάνιες γαίες ή λανθανίδες, εντοπίζονται κυρίως στην Κίνα, την Νορβηγία, τις ΗΠΑ, τη Βραζιλία, την Ινδία και την Αυστραλία.



Εικόνα 1.2.1 : Σπάνιες γαίες

Το μεγαλύτερο παγκοσμίως ορυχείο εξόρυξης σπάνιων γαιών βρίσκεται στο Bayan-Obo, Μπαοτού, εσωτερική Μογγολία, Κίνα.

Εξαιτίας της βιομηχανικής τους μοναδικότητας σε εφαρμογές και χρήσεις προϊόντων υψηλής τεχνολογίας (λείζερ, κινητά τηλέφωνα, οθόνες υγρών κρυστάλλων κ.ά.) και στις λεγόμενες «πράσινες» τεχνολογίες (στις μπαταρίες των υβριδικών αυτοκινήτων, στα φωτοβολταϊκά, στους λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης, στις τουρμπίνες των ανεμογεννητριών), η ζήτηση των σπάνιων γαιών αυξάνεται συνεχώς.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκύπτει από την εξόρυξη και επεξεργασία των σπάνιων γαιών είναι η ραδιενέργεια, η οποία συνδέεται με την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων ουρανίου (U) και θορίου (Th) και άλλων ραδιενεργών στοιχείων, των οποίων η περιβαλλοντική διαχείριση έχει ειδικές απαιτήσεις αδειοδότησης (τουλάχιστον στη Β. Αμερική και την ΕΕ), ενώ ταυτόχρονα είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Το Bayan-Obo, το μεγαλύτερο κοιτάσμα σπάνιων γαιών του κόσμου που βρίσκεται στην εσωτερική Μογγολία της Κίνας (διαθέτει περισσότερα από 40 εκατ. τόνους REE ορυκτών και μετά από 40 και πλέον χρόνια εξόρυξης έχει αποληφθεί μόλις το 35%), περιέχει μοναζίτη - μπαστναζίτη (Bastnasite) και ελαφρές γαίες δημητρίου (Ce), υτρίου (Y) και λανθανίου (La). Ωστόσο, περιέχει και θόριο (Th), το οποίο ανιχνεύεται στα απορρίμματα (tailings) της εκμετάλλευσης, δημιουργώντας εστίες μόλυνσης του εδάφους και των νερών στην ευρύτερη περιοχή Baotou.

Στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής έρευνας για τις σπάνιες γαίες εντάσσεται το Πρόγραμμα EURARE (European Rare Earths Project), στο οποίο μετέχουν πλήθος γεωλογικών ιδρυμάτων, πανεπιστημίων και εταιρειών από ένδεκα ευρωπαϊκές χώρες (μεταξύ των οποίων το ΕΚΒΑΑ και το ΕΜΠ) και το οποίο χρηματοδοτείται από κοινοτικούς πόρους του 7ου Προγράμματος Πλαισίου.

Στην Ελλάδα έχουν εντοπισθεί «εμφανίσεις» σπανίων γαιών και πιθανολογούνται (αξιολογώντας γεωλογικά και κοιτασματολογικά δεδομένα) ότι υπάρχουν ενδεχομένως αξιοποιήσιμα κοιτάσματα. Τα πολυμεταλλικά κοιτάσματα επιθερμικού και πορφυριτικού τύπου της Σερβομακεδονικής μεταλλογενετικής ζώνης καθώς και της ζώνης Ροδόπης στη βορειοανατολική Ελλάδα είναι τα πλέον ελπιδοφόρα για μελλοντική παραγωγή σπανίων γαιών και μετάλλων. Επίσης, τα κοιτάσματα βωξιτών και λατεριτών της κεντρικής και βορείου Ελλάδας, τα οποία ήδη υφίστανται εκμετάλλευση για την παραγωγή Al και Ni, περιέχουν σημαντικές ποσότητες σπάνιων γαιών και μπορούν να ενταχθούν στα μελλοντικά σχέδια των μεταλλευτικών βιομηχανιών. Οι «εμφανίσεις» πιθανών κοιτασμάτων θα πρέπει να ερευνηθούν συστηματικά και να οριοθετηθούν ως προς το μέγεθος και τις περιεκτικότητες σε χρήσιμα μέταλλα και στη συνέχεια να συζητήσουμε για παραγωγικές δυνατότητες.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**  
**ΕΙΔΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ**

## 2.1 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ

Οι λαμπτήρες πυράκτωσης, με ή χωρίς αλογόνο, βασίζουν τη λειτουργία τους στην παραγωγή ακτινοβολίας μέρος της οποίας βρίσκεται εντός του ορατού φάσματος, εξαιτίας της υπερθέρμανσης ενός νήματος κατασκευασμένου από βολφράμιο. Το βολφράμιο είναι ένα μέταλλο που έχει πολύ υψηλό σημείο τήξης ( $3.400^{\circ}\text{C}$ ) και εξαχνώνεται επίσης σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Το εκπεμπόμενο φως από το νήμα αυξάνει και γίνεται πιο "λευκό" όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του.

Οι πιο σύγχρονοι λαμπτήρες πυρακτώσεως ιωδίνης έχουν υψηλή σταθερή φωτεινή ροή, μεγάλη διάρκεια ζωής και θερμοκρασία χρώματος κατάλληλη για την παρουσίαση αντικειμένων και τη διακόσμηση εσωτερικών χώρων. Η χρήση των κοινών αυτών λαμπτήρων σήμερα, μειώνεται συνεχώς, λόγω της απαγόρευσης διάθεσης τους από σχεδόν όλα τα σημεία πώλησης.

Τα κύρια εξαρτήματα των κλασικών λαμπτήρων πυράκτωσης είναι :

- το νήμα
- ο κώδωνας
- ο κάλυκας
- το αέριο πλήρωσης.

### 2.1.1 Νήμα

Οι πρώτοι λαμπτήρες πυράκτωσης υλοποιήθηκαν με τη χρήση νημάτων από άνθρακα, όσμιο και ταντάλιο αλλά το βολφράμιο είχε πολύ καλύτερες ιδιότητες, που ευνοούν τη χρήση του ως νήμα πυράκτωσης. Τα μίγματα βολφραμίου με άλλα μέταλλα, όπως το ρήνιο, είναι χρήσιμα σε συγκεκριμένους τύπους λαμπτήρων. Το μέταλλο αυτό περνάει από ειδικούς συρματοποιητές και αποκτά διάμετρο μικρότερη από  $10\mu\text{m}$ .

Οι επιθυμητές ιδιότητες του υλικού είναι :

- υψηλό σημείο τήξης
- χαμηλή πίεση ατμών
- μεγάλη αντοχή και ελατότητα
- κατάλληλη ακτινοβολία και ηλεκτρική αντίσταση

### 2.1.2 Κώδωνας

Το γυάλινο περίβλημα των λαμπτήρων πυράκτωσης χαρακτηρίζεται από τη διαμόρφωση του σχήματός του (σχήμα φλόγας κεριού, σφαιρικό, σπιράλ, σωληνωτό κ.λπ.), από το χρώμα του (διάφανο, γαλακτώδες, χρωματιστό) και από την πιθανή ύπαρξη ενσωματωμένου ανακλαστήρα που συγκεντρώνει τη δέσμη προς την πάνω ή την κάτω πλευρά του λαμπτήρα.

Τα είδη του γυαλιού είναι:

- από μόλυβδο
- από κανονικό ναντράσβεστο (μαλακό γυαλί)
- βοριοπυριτικό πυρίμαχο (σκληρό γυαλί).

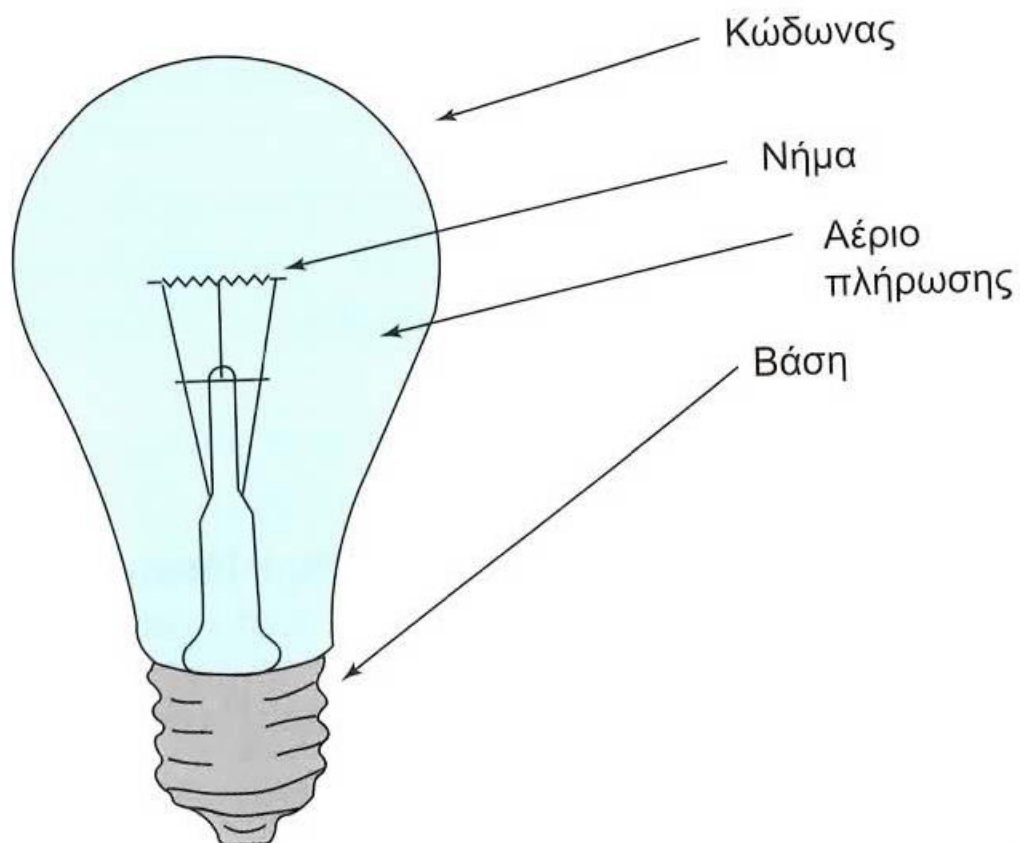
### **2.1.3 Κάλυκας**

Ο κάλυκας ενός λαμπτήρα έχει σαν σκοπό αφενός τη στήριξη του λαμπτήρα στη λυχνιολαβή (ντουί) και αφετέρου την τροφοδότησή του με ηλεκτρική ενέργεια. Για τους λαμπτήρες γενικής χρήσης χρησιμοποιούνται συνήθως κάλυκες βιδωτοί ή μπαγιονέτ.

Οι περισσότερες βάσεις προσκολλώνται στον κώδωνα κατά την κατασκευή με τσιμέντο και θερμότητα. Το τσιμέντο με την πάροδο του χρόνου, και ιδιαίτερα αν εκτεθεί σε υψηλές θερμοκρασίες, γίνεται ασθενέστερο. Για λαμπτήρες που προορίζονται για λειτουργία υψηλών θερμοκρασιών χρησιμοποιείται θερμοανθεκτική βάση τσιμέντου ή βάσεις που στερεώνονται μηχανικά χωρίς τη χρήση τσιμέντου.

### **2.1.4 Αέριο πλήρωσης**

Στους πρώτους λαμπτήρες πυράκτωσης, δημιουργούνταν κενό στο εσωτερικό του γυάλινου περιβλήματος, έτσι ώστε να αποφεύγεται η γρήγορη φθορά (η ανάφλεξη) του νήματος εξαιτίας της παρουσίας οξυγόνου. Στους νεότερους λαμπτήρες εκκένωσης, το γυάλινο περίβλημα πληρώνεται με κάποιο ευγενές αέριο ή και αλογόνο (π.χ. ιώδιο), καθώς παρατηρήθηκε ότι η ύπαρξη του αερίου καθυστερεί τη διαδικασία εξάχνωσης του βολφραμίου, με αποτέλεσμα να μπορούν να επιτευχθούν υψηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας και συνεπώς και μεγαλύτερο φάσμα χρωματισμών για το εκπεμπόμενο φως.



**Εικόνα 2.1.1 :** Δομή λαμπτήρα πυρακτώσεως



**Εικόνα 2.1.2 :** Διάφορα σχέδια-μεγέθη λαμπτήρων πυρακτώσεως

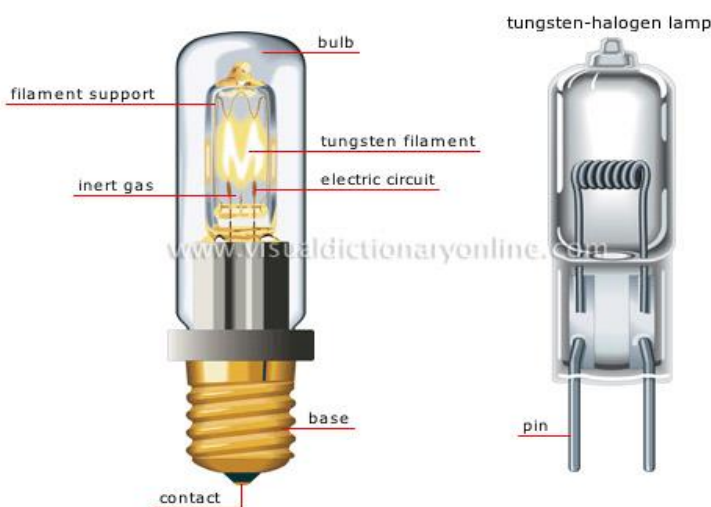
## 2.2 ΛΑΜΠΙΤΗΡΕΣ ΑΛΟΓΟΝΟΥ

Στην προσπάθειά τους για αύξηση της απόδοσης αλλά και της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων πυρακτώσεως, οι ερευνητές κατασκεύασαν τους λαμπτήρες χαλαζία - ιωδίου, γνωστούς ως **λαμπτήρες αλογόνου**, καθώς ένας τυπικός λαμπτήρας αλογόνου έχει διάρκεια ζωής περίπου 2000 ώρες, σχεδόν διπλάσια από έναν τυπικό λαμπτήρα πυρακτώσεως.

Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στους συνήθεις αυτούς λαμπτήρες είναι της τάξεως των  $2.800^{\circ}\text{K}$ , με φωτεινή απόδοση περίπου  $12\text{ lm/W}$ . Υπάρχουν όμως και λαμπτήρες πυρακτώσεως με απόδοση  $25\text{ lm/W}$  και θερμοκρασία νήματος στους  $3.100^{\circ}\text{K}$ . Έχουν σχήμα σωλήνα μικρής διαμέτρου με αξονική διαμήκη διάταξη του νήματος βολφραμίου. Το γυαλί είναι χαλαζιακό και όταν λειτουργεί ο λαμπτήρας, η θερμοκρασία του φθάνει στους  $600^{\circ}\text{C}$ .

Με τη διαδικασία αυτή, εκτός του ότι «αναζωογονείται» το νήμα, με αποτέλεσμα την αύξηση της ζωής του λαμπτήρα, αποφεύγεται και το μαύρισμα του περιβλήματος, που παρατηρείται στους κοινούς λαμπτήρες, από την προσκόλληση βολφραμίου στο εσωτερικό του. Δηλαδή, έχουμε καταλυτική δράση του ιωδίου στην επανασύσταση του νήματος.

Στους λαμπτήρες αλογόνου η ζωή μειώνεται όταν τους πιάνουμε με γυμνό χέρι, π.χ. κατά την τοποθέτηση. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, αναπόφευκτα αφήνουμε λάδι από το σώμα μας πάνω στο γυαλί, το οποίο απορροφά (και κατακρατά) πιο πολλή θερμότητα, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες και να μειώνεται η ζωή του λαμπτήρα. Στους κοινούς λαμπτήρες το γυαλί βρίσκεται μακριά από το νήμα πυράκτωσης και δεν προκαλείται σοβαρό πρόβλημα όταν τους τοποθετούμε με γυμνό χέρι.

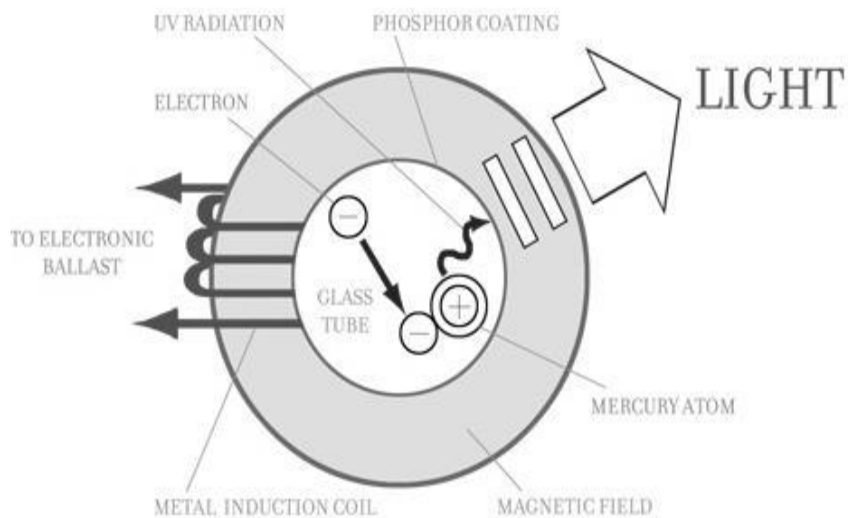


Εικόνα 2.2.1 : Δομή λαμπτήρα αλογόνου

### 2.3 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

Η λειτουργία των λαμπτήρων μαγνητικής επαγωγής στηρίζεται στις θεωρίες της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και της εκκένωσης αερίων.

Η γεννήτρια υψηλών συχνοτήτων παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα, το οποίο διαρρέει το επαγωγικό πηνίο και έτσι επάγεται ισχυρό εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο. Αυτό το μαγνητικό πεδίο επάγει ένα στρεφόμενο ηλεκτρικό πεδίο, το οποίο ευθύνεται για τον ιονισμό του αερίου στο εσωτερικό του λαμπτήρα, δηλαδή για τη δημιουργία πλάσματος. Έτσι, επάγεται εναλλασσόμενο ρεύμα στο εσωτερικό του λαμπτήρα, το οποίο ρέει μεταξύ των ατμών του αερίου και επιταχύνει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, που συγκρούονται με τα άτομα του υδραργύρου και φέρνουν τα ηλεκτρόνια τους σε υψηλότερη ενεργειακά στάθμη. Τα ηλεκτρόνια αυτά, όταν επανέρχονται στη χαμηλότερη ενεργειακά κατάσταση, εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία. Η υπεριώδης ακτινοβολία προσκρούει στα τοιχώματα του λαμπτήρα, αλληλεπιδρά με τη σκόνη φωσφόρου που καλύπτει το λαμπτήρα εσωτερικά και μετατρέπεται σε ορατό φως.



Εικόνα 2.3.1 : Δομή λαμπτήρα μαγνητικής επαγωγής



Εικόνα 2.3.2 : Λαμπτήρας μαγνητικής επαγωγής



## 2.4 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΣ

Οι λαμπτήρες υψηλής πίεσης χωρίζονται σε έξι κατηγορίες:

- Λαμπτήρες νέον
- Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης
- Λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων
- Λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης
- Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης
- Λαμπτήρες φθορισμού (ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης).

Κατά τη λειτουργία των λαμπτήρων εκκένωσης, η ορατή ακτινοβολία που παράγεται είναι αποτέλεσμα της ηλεκτρικής εκκένωσης μέσα στο αέριο ή στους ατμούς υδραργύρου ή νατρίου, με τα οποία έχει πληρωθεί ο λαμπτήρας.

Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει μέσα από το χαμηλής πίεσης αέριο, τα ηλεκτρόνια που κινούνται ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια συγκρούονται με άτομα του αερίου και αυξάνουν προσωρινά την ενέργειά τους. Αυτά τα άτομα γρήγορα διασπώνται στη σταθερή τους κατάσταση, απελευθερώνοντας φωτόνια της υπεριώδους ακτινοβολίας. Οι επιστρώσεις του φώσφορου στο εσωτερικό της λυχνίας απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενέργειας και την εκπέμπουν ξανά ως ορατό φως.

Οι λαμπτήρες εκκενώσεως παράγουν φως με τη βοήθεια της εκκένωσης ενός ηλεκτρικού τόξου στο εσωτερικό του κώδωνα. Ο σωλήνας, μέσα στον οποίο εκδηλώνεται το τόξο, περιέχει ηλεκτρόδια βολφραμίου σε κάθε άκρη του, στα οποία τερματίζεται η εκκένωση. Ο σωλήνας εκκένωσης περιλαμβάνει αέριο έναυσης, που είναι συνήθως αργό ή ξένο ή ένα μείγμα τους. Επίσης περιέχει μέταλλα ή ενώσεις μετάλλων με αλογόνα.

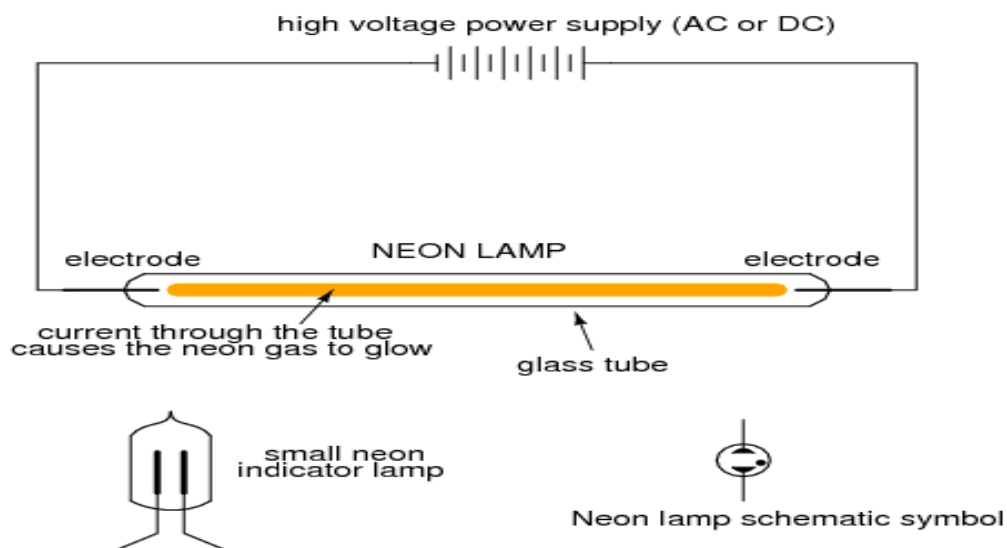
Ο σωλήνας περιέχεται μέσα σε ένα μαλακό ή σκληρό εξωτερικό περίβλημα, το οποίο στοχεύει να προστατεύει το τόξο και τις εσωτερικές ηλεκτρικές συνδέσεις από το περιβάλλον. Το γυάλινο αυτό κάλυμμα μπορεί να καλυφθεί με κάποιο υλικό ώστε να μειωθεί η θάμβωση του λαμπτήρα. Μέσα στο εξωτερικό κάλυμμα υπάρχουν καλώδια κατάλληλα για λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες, που άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα στο σωλήνα εκκένωσης και στα άλλα δομικά στοιχεία του λαμπτήρα.

## 2.5 ΛΑΜΠΙΤΗΡΕΣ ΝΕΟΝ

Οι λαμπτήρες νέον ή αλλιώς σωλήνες νέον, λόγω μη ύπαρξης εκκινητών και ηλεκτροδίων πυρακτώσεως, λειτουργούν μόνο με υψηλές τάσεις που λαμβάνουν από μετασχηματιστές σκεδαζόμενου μαγνητικού πεδίου. Εκτός από νέον χρησιμοποιούνται και άλλα αέρια για διάφορους χρωματισμούς, όπως αργό, ήλιο, άζωτο, ατμοί υδρογόνου.

Σε αυτούς τους λαμπτήρες υπάρχουν περιορισμοί για τη μέγιστη επιτρεπόμενη τάση τροφοδοσίας. Η τυπική τάση τροφοδοσίας είναι από 6KV- 15KV για τους λόγους που εξηγήσαμε πιο πάνω. Η υψηλή τάση λειτουργίας απαιτεί προσοχή, γιατί υπάρχει κίνδυνος, ιδίως με τις υγρές καιρικές συνθήκες.

Η φωτιστική απόδοση των λαμπτήρων αυτών είναι περίπου 20-30 Lm και η διάρκεια ζωής 5-7 χιλιάδες ώρες. Οι λαμπτήρες νέον χρησιμοποιούνται για διαφημιστικούς σκοπούς σε φωτεινές επιγραφές. Αυτός είναι και ο λόγος που ονομάζονται φωτεινοί σωλήνες.



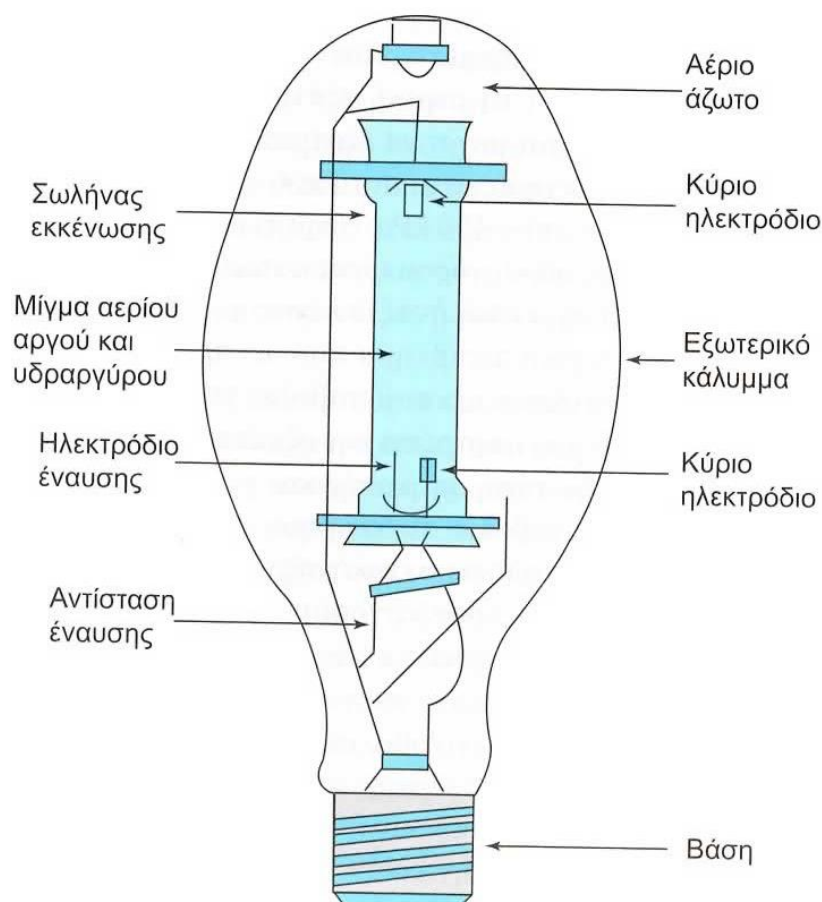
Εικόνα 2.5.1 : Δομή λαμπτήρα νέον

## 2.6 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου αποτελούνται από ένα σωλήνα εκκένωσης από γυαλί χαλαζία. Ο σωλήνας περιέχει ευγενές αέριο (αργό) μαζί με υδράργυρο σε υγρή μορφή. Όταν προθερμανθεί ο λαμπτήρας, δημιουργείται εκκένωση τόξου που παράγει υπεριώδη και ορατή ακτινοβολία. Η εκπομπή που παράγουν οι λαμπτήρες αυτοί είναι χρώματος μπλε - άσπρου. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε φθορίζουσες ουσίες, ώστε η ακτινοβολία να βρίσκεται στο ορατό φάσμα, δίνοντας ένα φυσικό λευκό χρώμα και παράλληλα να αυξηθεί η φωτιστική απόδοση του λαμπτήρα.

Όπως και οι υπόλοιποι λαμπτήρες εκκένωσης, οι λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης χρειάζονται μια αντίσταση (ballast) για τη σταθεροποίηση της εκκένωσης. Για τον εμπλουτισμό του φάσματος εκπομπής της εκκένωσης των ατμών υδραργύρου χρησιμοποιούνται και μεταλλικά ιωδία που συμμετέχουν στην εκκένωση στις περιοχές μήκους κύματος, όπου το φάσμα του υδραργύρου είναι φτωχό ή κενό. Παράλληλα αυξάνεται ακόμα περισσότερο η φωτιστική απόδοση των λαμπτήρων.

Οι πιο συνηθισμένοι συνδυασμοί ιωδιδίων είναι το ιωδίδιο νατρίου και το ιωδίδιο σκανδίου.



**Εικόνα 2.6.1 :** Δομή λαμπτήρα υδραργύρου υψηλής πίεσης

## 2.7 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΛΟΓΟΝΙΔΙΩΝ

Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων είναι παρόμοιοι στην κατασκευή με τους λαμπτήρες υδραργύρου. Η βασική διαφορά είναι ότι ο σωλήνας εκκένωσης περιέχει διάφορα μεταλλικά αλογονίδια επιπρόσθετα με τον υδράργυρο και το αργό.

Προκειμένου να επιτευχθεί ένα πλήρες και ισορροπημένο φάσμα χρησιμοποιούνται μίγματα μεταλλικών αλογονιδίων.

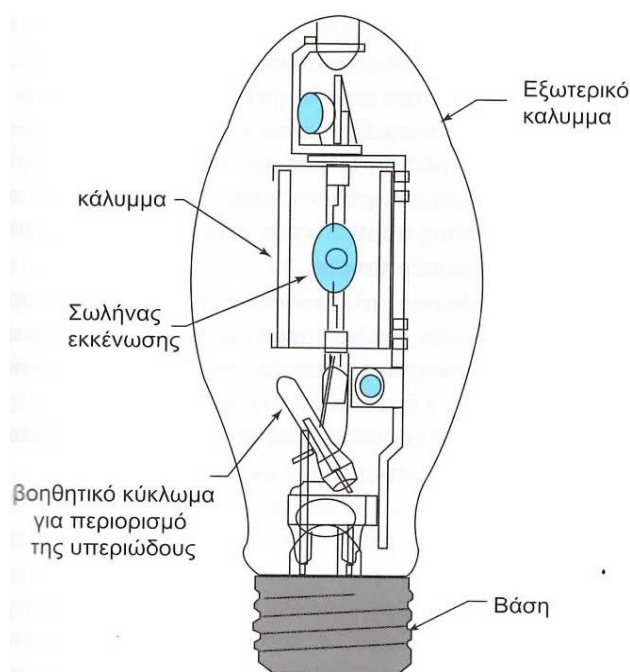
Υπάρχουν δύο σημαντικοί συνδυασμοί αλογόνων:

- σκάνδιου και νατρίου
- δυσπρόσιου, ολμίου και θαλλίου

Κατασκευαστικές διαφορές λαμπτήρων μεταλλικών αλογονιδίων - υδραργύρου:

- Οι σωλήνες εκκένωσης είναι συνήθως μικρότεροι για ίδια ηλεκτρική ισχύ και μπορεί να είναι ειδικά σχηματισμένοι με ένα λευκό κάλυμμα στο ένα ή και στα δύο άκρα του σωλήνα.
- Σε μερικούς λαμπτήρες υπάρχει ένα σύστημα, το οποίο είτε κλείνει το ηλεκτρόδιο έναυσης είτε το ανοιχτοκυκλώνει. Είναι υποχρεωτικό για να αποτραπεί η ηλεκτρόλυση στο λιωμένο πυρίτιο μεταξύ ηλεκτροδίου έναυσης και ηλεκτροδίου λειτουργίας.
- Σε μερικούς λαμπτήρες η ηλεκτρική σύνδεση του ηλεκτροδίου με το σώμα της λάμπας γίνεται με ένα μικρό μη μαγνητικό καλώδιο απομακρυσμένο από το σωλήνα. Επίσης, απαιτούνται ειδικά σχεδιασμένα στραγγαλιστικά πηνία.

Να σημειωθεί πως υπάρχουν λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων που δεν έχουν καθόλου εξωτερικό κάλυμμα. Αυτοί λειτουργούν μόνο σε φωτιστικά που παρέχουν επαρκές φιλτράρισμα των υπεριώδων ακτίνων.



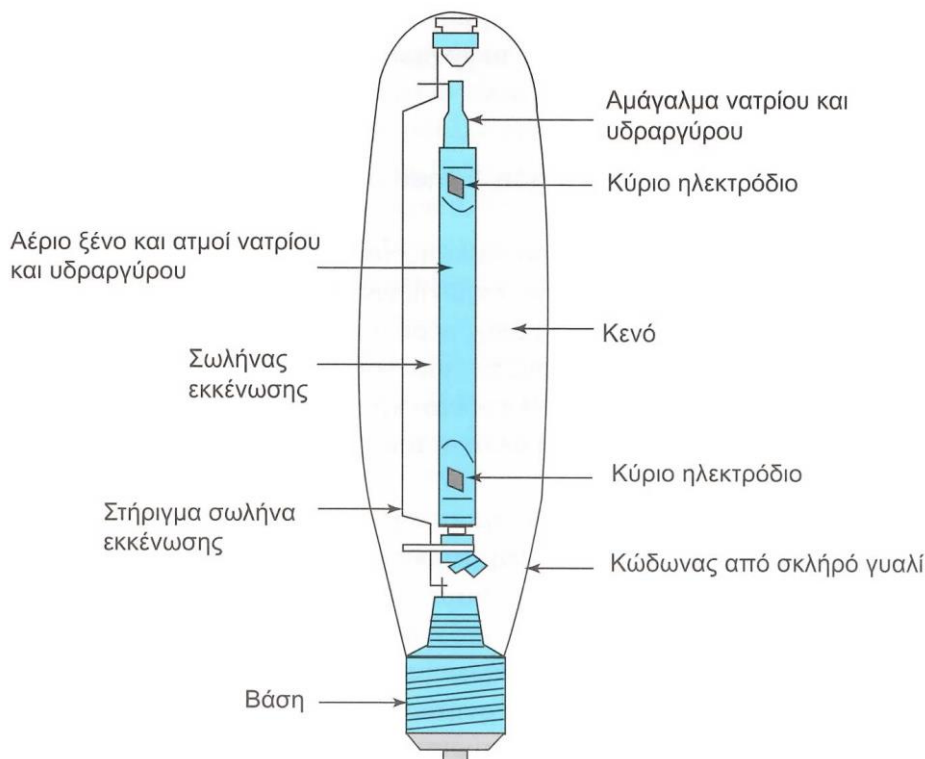
Εικόνα 2.7.1 : Δομή λαμπτήρα μεταλλικών αλογονιδίων

## 2.8 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΑΤΜΩΝ ΝΑΤΡΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Ο λαμπτήρας ατμών νατρίου υψηλής πίεσης είναι κατασκευασμένος με δύο σωλήνες τον ένα μέσα στον άλλο. Ο σωλήνας εκκένωσης περιέχει στερεό νάτριο μαζί με λίγο υδραργύρο μέσα σε αέριο (αργό, νέο ή ξένο). Η λειτουργία του είναι ίδια με των λαμπτήρων υδραργύρου, όμως η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι μονοχρωματική κίτρινου χρώματος.

Τα δομικά συστατικά ενός λαμπτήρα ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης είναι τα εξής:

- **Σωλήνας εκκένωσης** (ή σωλήνας τόξου): Πρόκειται για τον κύριο σωλήνα του λαμπτήρα, στον οποίο λαμβάνει χώρα η δημιουργία τόξου και είναι κατασκευασμένος από πολυκρυσταλλική αλουμίνα, που είναι ανθεκτική στο νάτριο σε υψηλές θερμοκρασίες και έχει υψηλό σημείο τήξης. Αξίζει να αναφέρουμε ότι το υλικό κατασκευής της αλουμίνας μπορεί να είναι από γυαλί ή ατσάλι.
- **Βοηθητικός σωλήνας:** Περιλαμβάνει τον πρώτο σωλήνα και είναι επιστρωμένος με φθοριούχες ουσίες
- **Ηλεκτρόδια:** Κύρια και βοηθητικά ηλεκτρόδια
- **Γυάλινο περίβλημα:** συνήθως οβάλ σχήματος
- **Βάση**
- **Αέριο ξένο** και ατμοί νατρίου και υδραργύρου, των οποίων οι ιδιότητες εξυπηρετούν τη διαδικασία της εκκένωσης.



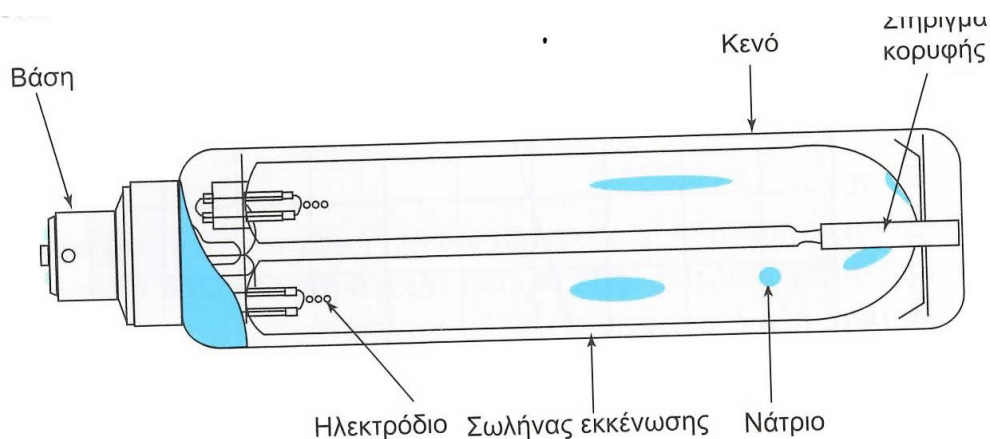
- **Εικόνα 2.8.1 :** Δομή λαμπτήρα ατμών νατρίου υψηλής πίεσης

## 2.9 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΑΤΜΩΝ ΝΑΤΡΙΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Ένας τυπικός λαμπτήρας νατρίου χαμηλής πίεσης αποτελείται από τα εξής μέρη :

- **Σωλήνα εκκένωσης σχήματος U.** Είναι κατασκευασμένος από ειδικό γυαλί, ανθεκτικό στο νάτριο, και είναι καλυμμένος από ένα εξωτερικό περίβλημα, μέσα στο οποίο υπάρχει κενό. Οι μικρές χαρακτηριστικές οπές κατά μήκος του σωλήνα χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση του νατρίου κατά την κατασκευή του λαμπτήρα.
- **Αέρια στο εσωτερικό του σωλήνα:** Νάτριο και νέον με αργό.
- **Ηλεκτρόδια:** Αποτελούνται από ένα τριπλό σύρμα βολφραμίου ώστε να διατηρούνται μεγάλες ποσότητες εκπεμπόμενου υλικού.
- **Περίβλημα κενού:** Περιλαμβάνει το σωλήνα εκκένωσης. Είναι επιστρωμένο εσωτερικά με οξείδιο του ινδίου, για ανάκλαση ορισμένων εκπεμπόμενων σε αυτό ακτινοβολιών και διατήρηση της θερμοκρασίας λειτουργίας του εσωτερικού σωλήνα τόξου.
- **Βάση** τύπου μπαγιονέτ.
- **Ballast:** Αναφέρεται στα δομικά χαρακτηριστικά ενός λαμπτήρα νατρίου χαμηλής πίεσης, καθώς είναι απαραίτητο για τον περιορισμό του αναπτυσσόμενου ρεύματος. Σε αυτό το είδος λαμπτήρα το χρησιμοποιούμενο ballast είναι τύπου αυτομετασχηματιστή.
- **Πυκνωτής** διόρθωσης συνημιτόνου.

Τα βασικά συστατικά μέρη ενός τυπικού λαμπτήρα ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης εικονίζονται παρακάτω:



**Εικόνα 2.9.1 :** Δομή λάμπηρα ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης

## **2.10 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ**

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι λαμπτήρες υδράργυρου χαμηλής πίεσης, στους οποίους το φως παράγεται από φθορίζουσες επιστρώσεις που ενεργοποιούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία που παράγεται από ένα τόξο υδραργύρου.

Τα κύρια εξαρτήματα των λαμπτήρων φθορισμού είναι :

- Τα ηλεκτρόδια
- Το αέριο πλήρωσης
- Φώσφοροι και κάλυκες.

### **2.10.1 Τα ηλεκτρόδια**

Τα ηλεκτρόδια είναι συσκευές εκπομπής ηλεκτρονίων κατασκευασμένα από βολφράμιο. Τα ηλεκτρόδια αυτά καλύπτονται από ένα μίγμα οξειδίου αλκαλικής γαίας για να ενισχυθεί η εκπομπή ηλεκτρονίων.

### **2.10.2 Το αέριο πλήρωσης**

Η λειτουργία του λαμπτήρα φθορισμού εξαρτάται από την πορεία της εκκένωσης ανάμεσα στα δυο ηλεκτρόδια. Η εκκένωση αυτή οφείλεται στον ιονισμό των ατμών υδραργύρου που περιέχονται στο λαμπτήρα. Μαζί με τον υδράργυρο, προστίθεται κάποιο άλλο αέριο ή ένας συνδυασμός αερίων σε χαμηλή πίεση για να διευκολυνθεί η ανάπτυξη της εκκένωσης. Τα αέρια περιέχουν μικρή ποσότητα σταγονιδίων υδραργύρου και μικρή ποσότητα υψηλής καθαρότητας σπάνιου αερίου (αργό, μείγμα αργού-νέον, κρυπτό).

### **2.10.3 Φθορίζουσες επιστρώσεις**

Οι φώσφοροι είναι η χημική επίστρωση που καλύπτει το εσωτερικό τοίχωμα του σωλήνα. Το χρώμα του φωτός που παράγεται από κάθε λαμπτήρα φθορισμού εξαρτάται από το μίγμα των φθορίζουσών ουσιών που χρησιμοποιούνται σε αυτό το εσωτερικό τοίχωμα.

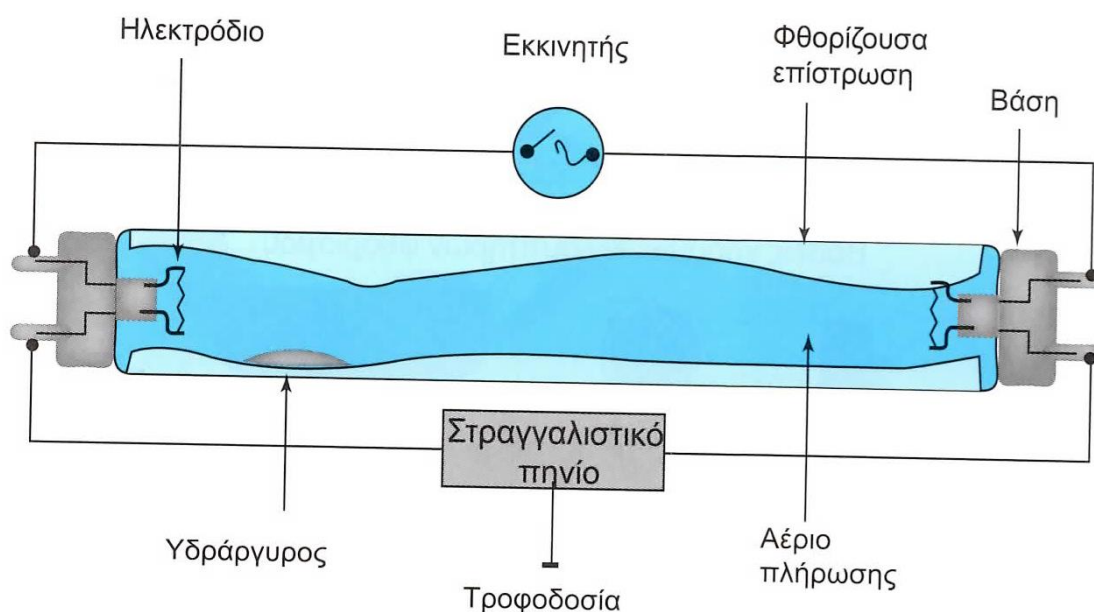
### **2.10.4 Κάλυκες**

Οι κάλυκες, εκτός από μηχανική στήριξη, εξασφαλίζουν και την ηλεκτρική σύνδεση. Κάποιες κατηγορίες καλύκων εσωκλείουν τα απαραίτητα βοηθητικά κυκλώματα για την έναυση και τη λειτουργία του λαμπτήρα, ενώ σε κάποιες άλλες απαιτείται η εξωτερική τοποθέτηση των κυκλωμάτων αυτών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο λαμπτήρας φθορισμού θα πρέπει να λειτουργεί σε οριζόντια θέση. Η λειτουργία σε κατακόρυφη θέση προκαλεί μια μη ομοιόμορφη κατανομή των αερίων του λαμπτήρα, με αποτέλεσμα τη μείωση του φωτός και της ομοιομορφίας του. Σε κάθετη θέση, τα σταγονίδια του υδραργύρου συγκεντρώνονται κοντά στην κάτω κάθοδο, με αποτέλεσμα την αυξανόμενη επιδείνωσή της, που συνεπάγεται μείωση της ζωής της λάμπας.

Τα βασικότερα είδη των λαμπτήρων φθορισμού είναι:

- **Λαμπτήρες φθορισμού T-12:** Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος λαμπτήρας φθορισμού στις Η.Π.Α και στον Καναδά έως το 1992. Το 1995 απαγορεύτηκε η παραγωγή των εν λόγω λαμπτήρων.
- **Λαμπτήρες φθορισμού εξοικονόμησης ενέργειας:** Σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σαν λύση στην ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του 1970. Σε αυτούς τους λαμπτήρες εφαρμόζεται μια διάφανη αγωγίμη επικάλυψη, με αποτέλεσμα χαμηλότερη απαιτούμενη τάση εκκίνησης και λιγότερα παραγόμενα Lumen.
- **Λαμπτήρες φθορισμού T-8:** Είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να έχουν μεγαλύτερη απόδοση και για το λόγο αυτό έχουν αντικαταστήσει τους συμβατικούς λαμπτήρες T-12 σε πολλές εφαρμογές.
- **Λαμπτήρες φθορισμού T-5:** Αυτοί οι λαμπτήρες έχουν μεγαλύτερη φωτεινότητα από τους T-8 και καλύτερο οπτικό έλεγχο, καθώς παρέχουν άριστο φωτεινό αποτέλεσμα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος  $35^{\circ}\text{C}$  και όχι στους  $25^{\circ}\text{C}$ . Είναι σχεδιασμένοι για να λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία.



**Εικόνα 2.10.1:** Δομή λαμπτήρα φθορισμού



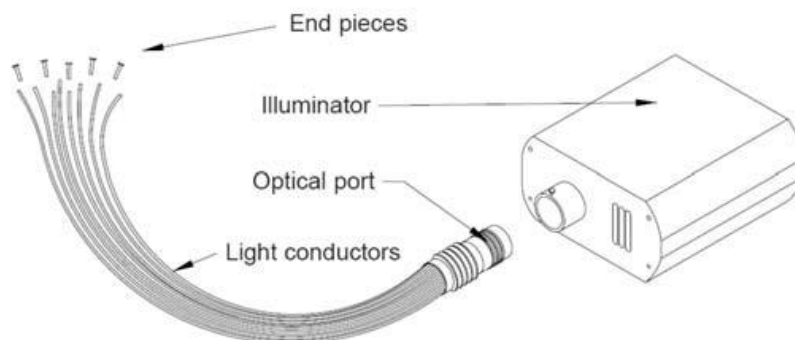
## 2.11: ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Η χρήση οπτικών ινών για το φωτισμό ενός χώρου δεν είναι μια επαναστατική μέθοδος ή μια νέα τεχνολογία. Στην ουσία οι οπτικές ίνες μεταφέρουν ακτινοβολία ορατού φάσματος (φως) από ένα σημείο σε ένα άλλο μέσω ευλύγιστων και στενόμακρων φακών. Το φως, καθώς μπαίνει στην ίνα κτυπά στο εξωτερικό περιτύλιγμα και ανακλάται προς το πυρήνα και από το πυρήνα ανακλάται προς το εξωτερικό περιτύλιγμα όπου και γίνεται διαδοχικά η ίδια διαδικασία. Με το τρόπο αυτό μεταδίδονται οι ακτίνες φωτός μέσα στην οπτική ίνα μέχρι να φτάσουν στο τέλος της και να ακτινοβοληθούν.

### 2.11.1 Το λειτουργικό σύστημα των οπτικών ινών

Ανεξάρτητα με το είδος της λειτουργίας όλα τα συστήματα οπτικών ινών για το φωτισμό είναι τα ίδια. Βασικά εξαρτήματα είναι:

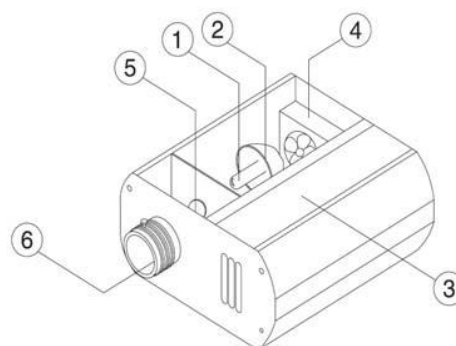
- Φωτιστικό (illuminators)
- Είσοδος της οπτικής ίνας (optical port)
- Αγωγοί φωτός (light conductors)
- Τερματικό εξόδου (end pieces)



Εικόνα 2.11.1: Λειτουργικό σύστημα οπτικών ινών

### 2.11.2 Φωτιστικό

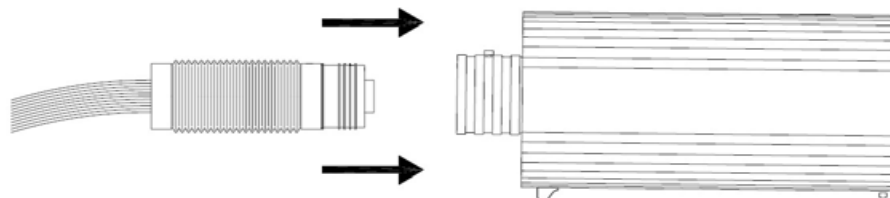
Είναι το μόνο εξάρτημα με βασική μορφή ενός κουτιού που περιέχει ένα λαμπτήρα (lamp 1), ένα ανακλαστήρα (reflector 2), μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος (ballast, power source 3), ένα ανεμιστήρα (fan 4), εξαρτήματα ασφαλείας και προστασίας όπως φίλτρα, ηλεκτρική ασφάλεια, φακούς (5) και μια είσοδο για την οπτική ίνα (optical port dock 6)



Εικόνα 2.11.2 : Δομή φωτιστικού οπτικής ίνας.

### 2.11.3 Είσοδος οπτικής ίνας

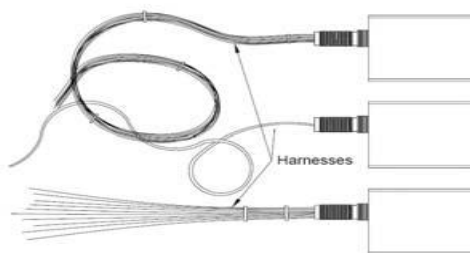
Αποτελείται από μηχανικά εξαρτήματα που είναι τοποθετημένα να κρατούν σταθερά και ασφαλή τις οπτικές ίνες στο κέντρο του προβολέα. Πρέπει να διασφαλίζουν σταθερή είσοδο και τοποθέτηση των οπτικών ινών, γεωμετρική ακρίβεια και ικανότητα υποδοχής οπτικών ινών με διαφορετική διάμετρο. Στα συστήματα φωτισμού με οπτική ίνα η υποδοχή είναι το πλέον σημαντικό κομμάτι του συστήματος για μια σωστή, χωρίς προβλήματα λειτουργία και πρέπει να ταιριάζει απόλυτα με το όλο σύστημα δηλαδή να έχει καλή εφαρμογή.



**Εικόνα 2.11.3 :** Είσοδος αγωγού οπτικής ίνας στο φωτιστικό

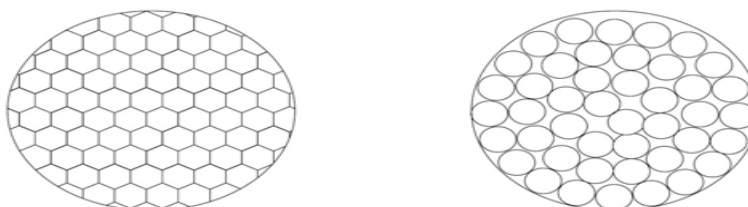
### 2.11.4 Αγωγοί

Είναι η οπτική ίνα ή μια ομάδα οπτικών ινών που λαμβάνουν ακτίνες φωτός από τον ίδιο προβολέα – φωτιστικό.



**Εικόνα 2.11.4 :** Αγωγοί οπτικών ινών

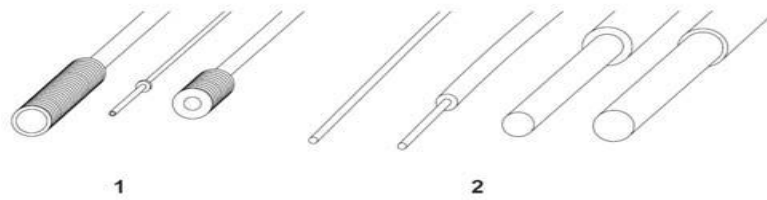
Το κοινό άκρο των οπτικών ινών είναι σημαντικό αφού τελικό αποτέλεσμα της εγκατάστασης εξαρτάται από την ποιότητα και τον τύπο της σύνδεσης του κοινού άκρου. Το κοινό άκρο είναι ευαίσθητο στις υψηλές θερμοκρασίες και στα ψηλά επίπεδα ακτινοβολίας. Για το λόγο αυτό τα εξωτερικά στοιχεία μέχρι και ο αέρας δεν μπορούν να βρίσκονται μεταξύ των οπτικών ινών αφού μπορεί να δημιουργήσουν υπερθέρμανση και το σύστημα να καταστραφεί.



**Εικόνα 2.11.5 :** Τομή αγωγού οπτικής ίνας.

### 2.11.5 ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

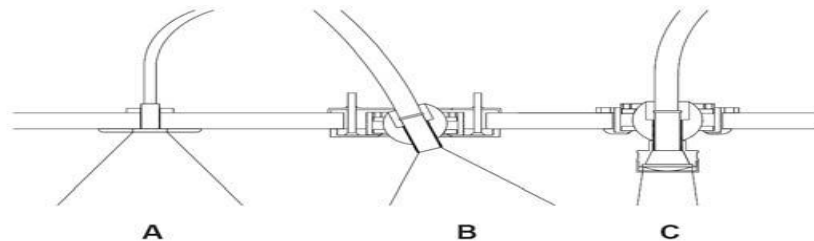
Τα μονά άκρα μπορούν να χρησιμοποιήσουν μηχανολογικές συνδέσεις, όπως τα εξαρτήματα 1 και 2.



Εικόνα 2.11.6 : Συνδεσμολογίες οπτικών ινών.

### 2.11.6 ΤΕΡΜΑΤΙΚΑ ΕΞΟΔΟΥ

Η επιλογή των τερματικών εξαρτάται από τη λειτουργία του συστήματος, την τοποθέτησή τους και την άποψη του ιδιοκτήτη για την εγκατάσταση. Για το λόγο αυτό υπάρχουν στην αγορά διάφορων ειδών τερματικά. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι τα τερματικά ενός κατασκευαστή πιθανόν να μην ταιριάζουν με τα εξαρτήματα ενός άλλου κατασκευαστή και ταυτόχρονα να μην πληρούν τις ίδιες προδιαγραφές, με αποτέλεσμα την καταστροφή του συστήματος.



Εικόνα 2.11.7 : Διάφορα τερματικά εξόδου οπτικών ινών.

## 2.12 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ L.E.D (Light Emitting Diode)

Τα **LED** είναι ημιαγωγοί **p-n**, οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν ηλεκτρική ενέργεια απευθείας σε φως, με την εφαρμογή τάσης στους δύο ημιαγωγούς.

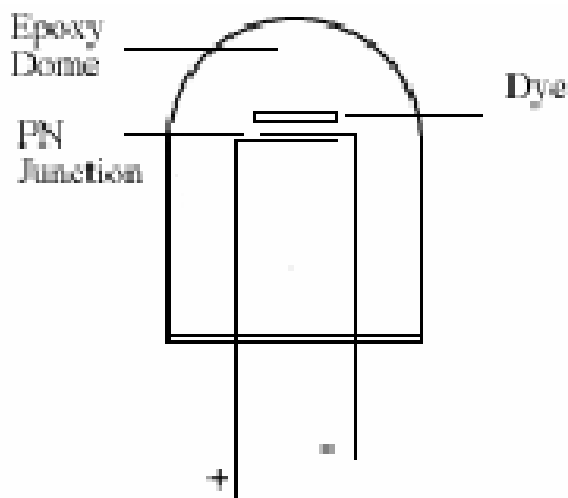
Μεγάλο τους πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι μπορούν να παράγουν ένα μεγάλο εύρος φωτεινής ακτινοβολίας, δηλαδή διάφορα χρώματα, ανάλογα με το συνδυασμό των ημιαγωγικών υλικών που τα συνιστούν. Ειδικότερα οι δίοδοι παραγωγής λευκού φωτός αποτελούν το πιο πρόσφατο τεχνολογικό επίτευγμα σε σχέση με τα υπόλοιπα χρώματα και ταυτόχρονα ένα πολλά υποσχόμενο μέσο φωτισμού.

Όπως στους περισσότερους λαμπτήρες εκκένωσης, έτσι και στις φωτοεκπέμπουσες δίοδους το λευκό φως παράγεται με τη χρήση φθοριούχου επίστρωσης, η οποία στην προκειμένη περίπτωση εφαρμόζεται σε **LED** παραγωγής ιώδους χρώματος. Σε αντίθεση με τις περισσότερες τεχνητές πηγές παραγωγής φωτός, τα **LED** δεν παράγουν υπεριώδη ή υπέρυθη ακτινοβολία. Η φασματική κατανομή του παραγόμενου φωτός εξαρτάται από το μέγεθος της χαμηλής τάσης που θα εφαρμοστεί στις δίοδους.

Τα στοιχεία LED χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- LED Ετεροεπαφής Υψηλής Εντάσεως
- LED Εκπομπής Άκρου
- LED Εκπομπής Επιφάνειας.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως ημιαγωγοί είναι συνήθως ενώσεις **φωσφόρου, αργιλίου, γαλλίου και ινδίου** ή ενώσεις **αργιλίου, γαλλίου και αρσενίου**.



**Εικόνα 2.12.1 : Δομή L.E.D**

### **2.12.1 Κώδωνας**

Το σχήμα και η μορφολογία του κάθε λαμπτήρα LED διαφέρει ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή στην οποία θα χρησιμοποιηθεί ο λαμπτήρας. Το υλικό κατασκευής μπορεί να είναι είτε κάποιο γυαλί, κατά κύριο λόγο μαλακό, είτε πλαστικό σε γαλακτερές ή διαφανείς αποχρώσεις είτε κάποια κεραμική πλάκα, που λειτουργεί ως ψύκτρα με απαγωγή θερμότητας.

Ο κώδωνας παρουσιάζει ιδιομορφίες ανάλογα με την εφαρμογή της χρήσης του κάθε λαμπτήρα LED. Συνήθως συναντάμε αεραγωγούς και φύλλα αλουμινίου για την απαγωγή θερμότητας καθώς και κάποιους μικρούς ανεμιστήρες για την επίτευξη χαμηλών επιπέδων θερμοκρασίας στο εσωτερικό του λαμπτήρα.

### **2.12.2 Ανακλαστήρας**

Στο εσωτερικό του κώδωνα συνήθως εμπεριέχεται κάποιος ανακλαστήρας για μεγαλύτερη και ακριβέστερη εκπομπή της δέσμης φωτός, ενώ ο φωτισμός διακρίνεται σε έμμεσο και άμεσο ανάλογα με τον τύπο. Το υλικό κατασκευής του ποικίλλει από κάτοπτρα αλουμινίου έως πλαστικούς φακούς συγκεντρωτικής δέσμης.

### **2.12.3 Στοιχείο LED**

Το στοιχείο LED που περιλαμβάνει ο κάθε λαμπτήρας διαφέρει ανάλογα με τον προορισμό χρήσης του.

- High Power Chip
- SMD Chip
- COB Chip
- DIP Chip

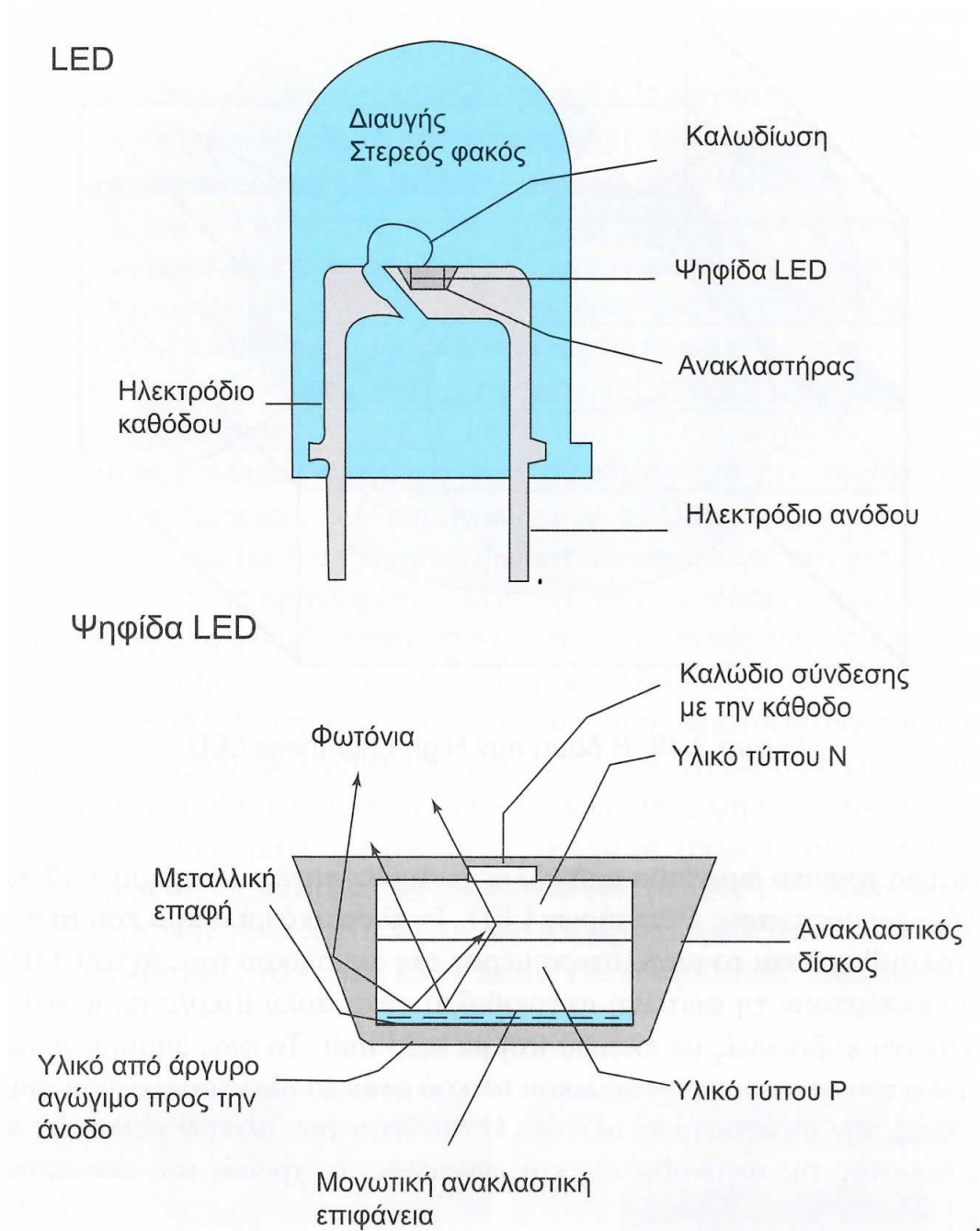
### **2.12.4 Ηλεκτρονική πλακέτα**

Τα πιο συνήθη στοιχεία πλακέτας είναι:

- Πλαστικό
- Δίοδοι
- Αντιστάσεις
- Πυκνωτές
- Διαδρομές χαλκού

### 2.12.5 Κάλυκας

Οι λαμπτήρες LED συναντώνται με διάφορους τύπους καλύκων, όπως βιδωτοί, τύπου μπαγιονέτ, τύπου στάρτερ, δύο ακίδων κ.λπ.



**Εικόνα 2.12.2 :** Δομή L.E.D και ψηφίδας L.E.D

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**  
**ΣΠΑΝΙΕΣ ΓΑΙΕΣ**

Ο όρος σπάνιες γαίες αφορά σε συγκεκριμένα ευγενή μέταλλα (χημικά στοιχεία). Συγκεκριμένα, στην ομάδα των σπάνιων γαιών ανήκουν 15 στοιχεία της ομάδας των λανθανιδών με ατομικούς αριθμούς μεταξύ 57 και 71, που συχνά αντιπροσωπεύονται από το κοινό σύμβολο Ln και ανήκουν στην ομάδα IIIb του περιοδικού συστήματος. Στις σπάνιες γαίες εντάσσονται και τα στοιχεία σκάνδιο και ύτριο με ατομικούς αριθμούς 21 και 39, ομόλογα του λανθανίου.

### 3.1 ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΣΠΑΝΙΩΝ ΓΑΙΩΝ

Όνομασία	Σύμβολο	Ατομικός αριθμός
Σκάνδιο	Sc	21
Ύτριο	Y	39
Λανθάνιο	La	57
Δημήτριο	Ce	58
Πρασεοδύμιο	Pr	59
Νεοδύμιο	Nd	60
Προμήθειο	Pm	61
Σαμάριο	Sm	62
Ευρώπιο	Eu	63
Γαδολίνιο	Gd	64
Τέρβιο	Tb	65
Δυσπρόσιο	Dy	66
Όλμιο	Ho	67
Έρβιο	Er	68
Θούλιο	Tm	69
Υττέρβιο	Yb	70
Λουτέτσιο	Lu	71

**Πίνακας 3.1 :** Τα στοιχεία των σπάνιων γαιών

Η ονομασία **σπάνιες γαίες** έχει δοθεί λόγω της γαιώδους μορφής που εμφανίζουν τα οξειδία τους αλλά και της εξαιρετικής σπανιότητάς τους. Στην πραγματικότητα, οι σπάνιες γαίες είναι σχετικά άφθονες στο φλοιό της Γης. Για παράδειγμα, το δημήτριο, το περισσότερο άφθονο, απαντά σε τριπλάσια σχεδόν αναλογία σε σύγκριση με τον μόλυβδο. Το θούλιο, το περισσότερο σπάνιο (με εξαίρεση το προμήθειο, που δεν απαντά στη φύση αλλά παράγεται μόνο τεχνητός), είναι αφθονότερο από τον άργυρο, τον χρυσό και τον λευκόχρυσο. Ακόμη, αρκετά από τα στοιχεία των σπάνιων γαιών απαντούν σε μετεωρίτες, στη Σελήνη και στον Ήλιο. Ακόμα και το σχετικά σπάνιο λουτέτσιο θεωρείται ότι είναι περισσότερο διαδεδομένο στη φύση από τον υδράργυρο και το ιώδιο. Ωστόσο, εκείνο που είναι σπάνιο είναι τα μέταλλα αυτά να ανιχνευτούν μέσα στα αντίστοιχα ορυκτά σε συγκεντρώσεις αρκετά υψηλές ώστε να δικαιολογείται η εξόρυξή τους με οικονομικό αλλά και περιβαλλοντικά ασφαλή τρόπο.



Τα στοιχεία των σπανίων γαιών δεν βρίσκονται σε ελεύθερη κατάσταση στο στερεό φλοιό της γης αλλά σε μίγματά τους σε όλους σχεδόν τους συμπαγείς σχηματισμούς πετρωμάτων και σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από μερικές δεκάδες μέχρι μερικές εκατοντάδες μέρη στο εκατομμύριο κατά βάρος. Το γεγονός ότι τα στοιχεία αυτά δεν διαχωρίστηκαν μεταξύ τους, ώστε να σχηματίσουν ανεξάρτητα ορυκτά σε κάποια δεδομένη εποχή της γεωλογικής ιστορίας της γης, φανερώνει την αξιοσημείωτη ομοιότητα των ιδιοτήτων τους. Όμως, ορισμένοι σχηματισμοί πετρωμάτων, που προήλθαν μετά από διάφορες γεωλογικές εργασίες, εμπλουτίστηκαν ή έγιναν φτωχότεροι ως προς τα ελαφρότερα ή τα βαρύτερα στοιχεία της σειράς των λανθανιδών. Έτσι, οι χημικές αναλύσεις των σχετικών αναλογιών των λανθανιδών στα διάφορα πετρώματα δεν δίνουν ποτέ ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα, ακόμα και αν πρόκειται για όμοια πετρώματα, προερχόμενα όμως από διαφορετικές τοποθεσίες. Γενικά, έχει διαπιστωθεί ότι τα αλκαλικότερα πετρώματα είναι φτωχότερα σε σπάνιες γαίες σε σχέση με τα περισσότερα όξινα πετρώματα.

### **3.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**

Τα μέταλλα των λανθανιδών χαρακτηρίζονται από λαμπρό αργυρόλευκο χρώμα σε πρόσφατη τομή τους. Το ευρώπιο, το λανθάνιο, το δημήτριο, το πρασεοδύμιο και το νεοδύμιο διαβρώνονται πολύ εύκολα κατά την παραμονή τους στον αέρα και σχηματίζεται ένα παχύ στρώμα οξειδίου στην επιφάνειά τους. Αντίθετα, το γαδολίνιο, το λουτέτσιο και το ύτριο διατηρούν τη στιλπνότητά τους για πολλά χρόνια. Οι ιδιότητες των λανθανιδών επηρεάζονται συχνά σε μεγάλο βαθμό και από την παρουσία προσμίξεων σε αυτά. Τα ελαφρότερα από τα μέταλλα της σειράς των λανθανιδών διαβρώνονται ταχύτερα αν υπάρχει παρουσία ιχνών μαγνησίου ή ασβεστίου. Τα στοιχεία των λανθανιδών, στην πραγματικότητα, δεν μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, όπως είχε γίνει γενικά παραδεκτό κατά τις αρχές του αιώνα μας. Π.χ. το σημείο τήξης του λουτετσίου είναι σχεδόν διπλάσιο από εκείνο του λανθανίου, ενώ οι τάσεις ατμών στους 1000° C του ευρωπαϊού και του υττερβίου είναι εκατομμύρια φορές μεγαλύτερες από εκείνες του λανθανίου και του δημητρίου. Το λανθάνιο είναι υπεραγωγός στη θερμοκρασία των 6 K, ενώ το γαδολίνιο στην θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός είναι ισχυρότερο σιδηρομαγνητικό υλικό και από τον ίδιο τον σίδηρο. Όλα τα μέταλλα των λανθανιδών συνδυάζονται πολύ εύκολα με όλα σχεδόν τα μεταλλικά χημικά στοιχεία, σχηματίζοντας κράματα που παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ιδιοτήτων: μπορεί να είναι σκληρά ή μαλακά, εύθραυστα ή ευκατέργαστα, εύτηκτα ή δύστηκτα. Ορισμένα είναι εξαιρετικά πυροφορικά (σε κατάσταση λεπτής σκόνης αναφλέγονται αυθόρμητα παρουσία οξυγόνου), ενώ άλλα σχηματίζουν στην επιφάνειά τους λεπτά στρώματα οξειδίων, που τα προστατεύουν από τη διάβρωση σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα στοιχεία των λανθανιδών απορροφούν υδρογόνο, σχηματίζοντας υδρογονούχες ενώσεις, με μεταλλική όψη, εύθραυστες και με κυανίζουσα απόχρωση.

### **3.3 ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**

Οι λανθανίδες έχουν ενδιαφέρουσες μαγνητικές ιδιότητες. Σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες όλα τα μέταλλα των λανθανιδών, εκτός από το λουτέτσιο, είναι παραμαγνητικά υλικά. Καθώς ψύχονται, πολλά από αυτά εμφανίζουν μια θερμοκρασία όπου μετατρέπονται σε αντισιδηρομαγνητικά υλικά. Καθώς η θερμοκρασία ελαττώνεται ακόμα περισσότερο, πολλά από τα μέταλλα των λανθανιδών υφίστανται μια σειρά από ανακατατάξεις της περιστροφής των ηλεκτρονίων τους, οι οποίες μπορεί να είναι ή και να μην είναι σύμφωνες με την κανονική διάταξη των ατόμων στο κρυσταλλικό πλέγμα. Τέλος, σε ακόμα χαμηλότερες θερμοκρασίες, ορισμένα από αυτά τα μέταλλα μετατρέπονται σε σιδηρομαγνητικά υλικά.

Μερικά από τα στοιχεία των λανθανιδών παρουσιάζουν επίσης και ανισοτροπία ως προς τη μαγνητική τους συμπεριφορά, η οποία εξαρτάται από τη συμπεριφορά των κρυσταλλιτών. Η μελέτη των μαγνητικών ιδιοτήτων των λανθανιδών έχει επηρεάσει σημαντικά τις σύγχρονες θεωρίες σχετικά με τη φύση του μαγνητισμού.

### **3.4 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**

Τα άτομα των μετάλλων των λανθανιδών, με εξαίρεση το δημήτριο, το ευρώπιο και το υτέρβιο, διαθέτουν στην εξώτατη στιβάδα τους τρία ηλεκτρόνια σθένους, τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε ελεύθερα ηλεκτρόνια. Ο χώρος που καταλαμβάνεται από αυτά τα ηλεκτρόνια αντιπροσωπεύει φαινομενικά περισσότερο από το 85% του όγκου του αντίστοιχου ατόμου. Το δημήτριο θεωρείται ότι διαθέτει 3,1 ηλεκτρόνια αγωγιμότητας κατά άτομο, προφανώς επειδή μερικά από τα άτομά του παρέχουν 4, αντί 3, ηλεκτρόνια αγωγιμότητας. Το χημικά καθαρό δημήτριο σε συνθήκες υψηλής πίεσης ή πολύ χαμηλής θερμοκρασίας περιέχεται σε κατάσταση υψηλής πυκνότητας, η οποία συνδέεται με μεγαλύτερο αριθμό ατόμων που παρέχουν 4 ελεύθερα ηλεκτρόνια. Το ευρώπιο και το υτέρβιο χαρακτηρίζονται από μικρότερες πυκνότητες σε σχέση με γειτονικά τους στοιχεία των λανθανιδών, ενώ διαθέτουν 2 μόνο ηλεκτρόνια αγωγιμότητας. Οι ηλεκτρικές και οι χημικές ιδιότητές τους μοιάζουν περισσότερο με αυτές των αλκαλικών γαιών παρά με εκείνες των άλλων σπάνιων γαιών.

### **3.5 ΠΥΡΗΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**

Τα στοιχεία των λανθανιδών περιλαμβάνουν σημαντικό αριθμό σταθερών και ραδιενεργών ισοτόπων, που συνολικά είναι κατά μέσο όρο 20 ανά στοιχείο. Οι λανθανίδες με περιττούς ατομικούς αριθμούς διαθέτουν 1 ή το πολύ 2 σταθερά ισότοπα, με εξαίρεση το προμύθιο που δεν διαθέτει κανένα. Αντίθετα, οι λανθανίδες με άρτιους ατομικούς αριθμούς διαθέτουν 4 έως 7 σταθερά ισότοπα. Ορισμένα από τα ραδιενεργά ισότοπα των λανθανιδών είναι ελάχιστα ασταθή και χαρακτηρίζονται από χρόνους υποδιπλασιασμού εξαιρετικά υψηλούς. Τα ραδιενεργά ισότοπα των λανθανιδών παράγονται με διάφορες τεχνικές και η μελέτη τους παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους πυρηνικούς επιστήμονες, επειδή τους προσφέρει πλούσιο υλικό για την εφαρμογή των διαφόρων θεωριών που αφορούν στον ατομικό πυρήνα, δεδομένου μάλιστα ότι πολλοί από τους πυρήνες των ατόμων των λανθανιδών δεν είναι σφαιρικοί, γεγονός που επηρεάζει αποφασιστικά την πυρηνική σταθερότητά τους.

### **3.6 ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΛΑΝΘΑΝΙΔΩΝ**

Παρόλο που αναφέρονται πολλά ορυκτά πλούσια σε λανθανίδες, πολλά από αυτά είναι εξαιρετικά σπάνια, ενώ ακόμα περισσότερα βρίσκονται σε πολύ μικρούς θυλάκους μέσα σε συμπαγή πετρώματα. Παρά το θεωρητικό επιστημονικό ενδιαφέρον τους, τα ορυκτά αυτά δεν είναι από εμπορικής πλευράς εκμεταλλεύσιμα. Ο μοναζίτης, μικτό φωσφορικό ορυκτό του ασβεστίου, του δημητρίου, του υτρίου και πολλών άλλων μετάλλων της σειράς των λανθανιδών, απαντά σε εκτεταμένα αποθέματα στη φύση και αποτελεί μια από τις κύριες εκμεταλλεύσιμες πηγές για τη βιομηχανική παραγωγή των ελαφρότερων λανθανιδών. Περιέχει γύρω στα 50% κ.β. σπάνιες γαίες, οι αναλογίες των οποίων είναι κατά προσέγγιση:

50% δημήτριο, 20% λανθάνιο, 20% νεοδύμιο, 5% πρασεοδύμιο, ενώ περιέχονται και μικρότερες ποσότητες σαμαρίου, γαδολινίου και υτρίου. Περιέχει ακόμα και ίχνη βαρύτερων λανθανιδών. Το ορυκτό σχηματίστηκε πιθανότατα με τη μορφή μικρών κρυστάλλων κατά την ψύξη των πετρωμάτων. Λόγω, όμως, της διάβρωσης των ορέων από τη δράση του νερού, ο μοναζίτης παρασύρθηκε προς τη θάλασσα μαζί με τα άλλα φερτά υλικά, αλλά καθώς το ειδικό βάρος του είναι μεγαλύτερο, υπέστη πρώτος καθίζηση, ενώ τα ελαφρότερα υλικά μεταφέρθηκαν σε μεγαλύτερες αποστάσεις μέσα στη θάλασσα. Φαίνεται πως οι μεταλλοφόροι άμμοι, πλούσιες σε μοναζίτη, που αφθονούν κατά μήκος των ακτών της Βραζιλίας και της νοτιοδυτικής Ινδίας, δημιουργήθηκαν ως αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας. Πυκνά αποθέματα μοναζίτη βρίσκονται επίσης και σε ορισμένα υψίπεδα, τα οποία υποτίθεται ότι αποτελούσαν σε παρωχημένες γεωλογικές περιόδους βυθούς θαλασσών και ωκεανών και αργότερα ανυψώθηκαν. Τέτοια αποθέματα βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στην Αυστραλία, τη νότια Αφρική, τη Νότια Καρολίνα και τη Φλόριντα των ΗΠΑ, καθώς και σε πολλές άλλες περιοχές του πλανήτη μας. Το μέταλλευμα συλλέγεται, κονιορτοποιείται, αν είναι αναγκαίο, και υποβάλλεται σε εμπλουτισμό με την τεχνική της επίπλευσης. Συχνά εφαρμόζονται και τεχνικές μαγνητικού διαχωρισμού για τον αποχωρισμό του περισσότερο μαγνητικού μοναζίτη από τα μη μαγνητικά υλικά. Μετά τον εμπλουτισμό του το μέταλλευμα αποστέλλεται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραλαβής των σπανίων γαιών.

Ο ξενότιμος είναι άλλο φωσφορικό ορυκτό του υτρίου και των λανθανιδών, που συχνά συνυπάρχει με τον μοναζίτη. Είναι ανάλογος με αυτόν, με τη διαφορά ότι το 50-60% των μεταλλικών του συστατικών είναι ύτριο, ενώ είναι πλουσιότερος στα βαρύτερα παρά στα ελαφρύτερα στοιχεία των λανθανιδών. Ο ξενότιμος αποτελεί μια από τις κυριότερες πηγές των βαρέων λανθανιδών και αποχωρίζεται από τον μοναζίτη με μαγνητικές τεχνικές, αφού είναι περισσότερο μαγνητικός από αυτόν. Άλλη σημαντική πηγή ελαφρών σπάνιων γαιών και ευρωπαϊού είναι ο βαστνεσίτης, ένα φθοριοανθρακικό ορυκτό του λανθανίου και του δημητρίου που περιέχει και μικρότερες ποσότητες νεοδυμίου και πρασεοδυμίου. Βρίσκεται σε εκτεταμένα κοιτάσματα στην ανατολική Καλιφόρνια και σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής. Δεν περιέχει βαριές σπάνιες γαίες, αλλά η περιεκτικότητά του σε ευρώπιο (0,1%) είναι αρκετή για να καλύπτει την παγκόσμια ζήτηση του μετάλλου αυτού. Μετά τη συλλογή του, το μέταλλευμα κονιορτοποιείται, εμπλουτίζεται με την τεχνική της επίπλευσης και, τελικά, διαχωρίζονται τα επί μέρους συστατικά του με εκχύλιση.

Τα τιτανικά ορυκτά του νιοβίου, όπως ο φεργκουσονίτης, ο ευξενίτης, ο σαμαρσκίτης και ο μπομστρανίτης, καθώς και τα πυριτικά ορυκτά γαδολινίτης και αλλανίτης, είναι πλούσια σε βαριές σπάνιες γαίες, αλλά δεν έχουν μεγάλη εμπορική σημασία. Άλλες εκμεταλλεύσιμες πηγές οξειδίων των λανθανιδών προκύπτουν ως παραπροϊόντα από ορισμένες μεταλλουργικές διεργασίες παραγωγής ουρανίου.

### 3.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΗΜΙΚΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

**Οξειδοαναγωγή:** Το στοιχείο μπορεί να οξειδωθεί (προς τετρασθενές) ή να αναχθεί (προς δισθενές) και έτσι διαχωρίζεται από τις υπόλοιπες σπάνιες γαίες, με τις οποίες τυχόν συνυπάρχει.

**Κλασμάτωση:** Εφαρμοζόταν κατά το παρελθόν, είναι μέθοδος εξαιρετικά πολύπλοκη, χρονοβόρα, επίπονη και αναποτελεσματική (λόγω της μεγάλης ομοιότητας στα χαρακτηριστικά των ιόντων των σπανίων γαιών στα υδατικά τους διαλύματα και του γεγονότος ότι μπορεί πολύ εύκολα να υποκαθιστά το ένα στοιχείο το άλλο στα κρυσταλλικά πλέγματα των ενώσεών τους).

**Ιοντοεναλλαγή:** Η τεχνική αυτή βασίζεται στον διαφορετικό τρόπο απορρόφησης και έκλυσης των χημικών ειδών από ορισμένα στερεά σώματα, τους ιοντοεναλλάκτες, οι οποίοι είναι συνήθως τοποθετημένοι με τη μορφή λεπτής σκόνης μέσα σε κατάλληλους γυάλινους σωλήνες. Χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου για το διαχωρισμό των προϊόντων της πυρηνικής σχάσης και με τη βοήθεια οργανικής ιοντοεναλλακτικής ρητίνης επιτεύχθηκε ο διαχωρισμός του υτρίου και πέντε λανθανιδών στα προϊόντα της σχάσης.

**Εκχύλιση:** Με την τεχνική αυτή διαβιβάζεται κατάλληλος οργανικός καταλύτης κατ' αντιρροή ως προς ένα υδατικό διάλυμα του μίγματος αλάτων της σπάνιας γαίας που θα διαχωριστεί. Τα ιόντα των σπανίων γαιών μπορούν και σχηματίζουν σύμπλοκα με τα ίδια τους τα ανιόντα που περιέχονται στο διάλυμα, δημιουργώντας ουδέτερα μόρια διαλυτά στην οργανική φάση. Καθώς η υδατική φάση έρχεται σε επαφή με την οργανική φάση, με την οποία δεν αναμιγνύεται, τα βαρύτερα στοιχεία των λανθανιδών τείνουν να συγκεντρώνονται στη μια από αυτές, ενώ τα ελαφρύτερα στην άλλη.

### 3.8 ΚΥΡΙΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ

Οι σπάνιες γαίες έχουν μοναδικές ιδιότητες και γι' αυτό χρησιμοποιούνται με ολοένα μαζικότερο τρόπο στην καινοτόμο βιομηχανία της υψηλής τεχνολογίας. Τα λείζερ, τα κινητά τηλέφωνα και οι θόνοι υγρών κρυστάλλων περιέχουν σπάνιες γαίες, ενώ οι νέες επιδόσεις των τελευταίων γενεών τερματικών «μαζικής σύνδεσης», από το iPhone έως τα ηλεκτρονικά βιβλία, οφείλονται, εν μέρει, στις ιδιότητες αυτών των στοιχείων. Όμως, και οι νέες «πράσινες» βιομηχανίες εξαρτώνται από τις σπάνιες γαίες: οι μπαταρίες των υβριδικών αυτοκινήτων, τα φωτοβολταϊκά, οι λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης, οι τουρμπίνες των ανεμογεννητριών στηρίζονται στις σπάνιες γαίες, στο νεοδύμιο, στο λουτέσιο, στο δυσπρόσιο, στο ευρώπιο και στο τέρβιο. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν, επίσης, πολλά υποσχόμενους καταλύτες για τη δύλιση του πετρελαίου, ενώ η αμυντική βιομηχανία τα χρησιμοποιεί σε κρίσιμα οπλικά συστήματα, όπως οι πύραυλοι τύπου Κρουζ, τα τηλεκατευθυνόμενα πυρομαχικά, τα ραντάρ ή οι υψηλής τεχνολογίας θωρακίσεις.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι μαγνήτες σπανίων γαιών, οι οποίοι έχουν βελτιώσει τις ιδιότητες των μαγνητών σε τέτοιο βαθμό ώστε σήμερα χρησιμοποιούνται σε πάρα πολλές εφαρμογές, από παιδικά μαγνητικά παιχνίδια, κινητά, i-pad κλπ. μέχρι τις τουρμπίνες ανεμογεννητριών. Πράγματι, η προσθήκη νεοδυμίου (Nd) σε έναν κοινό μαγνήτη τον κάνει δέκα φορές ισχυρότερο (μαγνήτης NdFeB), ενώ η προσθήκη δυσπρωσίου (Dy) και σμαμπίου (Sm) του δίνει ακόμη πιο εξειδικευμένες δυνατότητες, όπως π.χ. αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, διευρύνοντας έτσι σημαντικά το πεδίο εφαρμογής του.

Στη συνέχεια παρατίθενται τα στοιχεία της ομάδας των σπανίων γαιών κατά αύξουσα σειρά Ατομικού Αριθμού και αναφέρονται οι κυριότερες χρήσεις για το κάθε ένα.

- **Σκάνδιο- Sc (21)**

Το σκάνδιο χρησιμοποιείται σε σειρά ευρείας χρήσης προϊόντων, όπως οι τηλεοράσεις και οι λαμπτήρες φθορισμού και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Στη βιομηχανία χρησιμοποιείται για τη στίλβωση μετάλλων ώστε να γίνουν ανθεκτικότερα. Η Σκανδιναβία και η Μαδαγασκάρη κατέχουν τα γνωστότερα ως σήμερα κοιτάσματα με υψηλές συγκεντρώσεις σκανδίου.



**Εικόνα 3.1 : Σκάνδιο**

- **Ύτριο- Y (39)**

Είναι συστατικό για δύστηκτα κράματα (superalloys), τα οποία χρησιμοποιούνται σε υψηλής θερμοκρασίας οξειδωτικά περιβάλλοντα όπως οι κινητήρες αεροστροβίλων. Χρησιμοποιείται επίσης σε φάρμακα (αντικαρκινικά και για τη ρευματοειδή αρθρίτιδα), σε χειρουργικά είδη και σε φακούς φωτογραφικών μηχανών



**Εικόνα 3.2 : Ύτριο**

- **Λανθάνιο- La (57)**

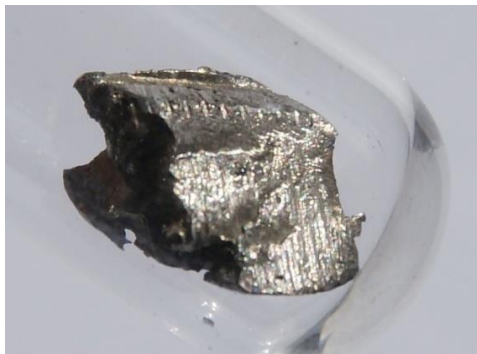
Αποτελεί ένα από τα περισσότερο ενεργά στοιχεία των σπάνιων γαιών. Βρίσκει εφαρμογή στην κατασκευή ειδικών οπτικών φακών, φακών κάμερας και τηλεσκοπίου, και κάνει το χάλυβα περισσότερο ελατό. Χρησιμοποιείται επίσης στην επεξεργασία λυμάτων και στη δύλιση πετρελαίου.



**Εικόνα 3.3 : Λανθάνιο**

- **Δημήτριο- Ce (58)**

Αποτελεί το συχνότερο στοιχείο από τις σπάνιες γαίες και έχει πολυάριθμες εφαρμογές, κυρίως στη βιομηχανία γυαλιού και κεραμικών, αλλά και σε κράματα σιδήρου, μαγνησίου και αλουμινίου και μαγνήτες.



**Εικόνα 3.4 : Δημήτριο**

- **Πρασεοδύμιο- Pr (59)**

Σε συνδυασμό με το νεοδύμιο (Nd) χρησιμοποιείται σε συσκευές ανάφλεξης και σε μαγνήτες.



**Εικόνα 3.5 : Πρασεοδύμιο**

- **Νεοδύμιο- Nd (60)**

Χρησιμοποιείται σε υψηλής αντοχής μόνιμους μαγνήτες, οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή στις «πράσινες τεχνολογίες», όπως στα υβριδικά αυτοκίνητα και στις ανεμογεννήτριες. Χρησιμοποιείται επίσης στην κατασκευή υπέρυθρων lasers για βιομηχανικές και αμυντικές χρήσεις.



**Εικόνα 3.6 : Νεοδύμιο**

- **Προμήθειο- Pm (61)**

Είναι το μόνο φυσικά ραδιενεργό στοιχείο των σπάνιων γαιών και πλέον δημιουργείται στο εργαστήριο και χρησιμοποιείται σε ρολόγια, βηματοδότες και για επιστημονική έρευνα.



**Εικόνα 3.7 :** Προμήθειο

- **Σαμάριο- Sm (62)**

Χρησιμοποιείται κυρίως στους πυκνωτές, αλλά και σε μαγνήτες και σε αντικαρκινικές θεραπείες με ακτινοβολία.



**Εικόνα 3.8 :** Σαμάριο

- **Ευρώπιο- Eu (63)**

Χρησιμοποιείται σαν φωσφορίζουσα ουσία, η οποία βρίσκει εφαρμογή στις οθόνες τηλεόρασης και υπολογιστών αλλά και στη δημιουργία των φωσφοριζόντων σχημάτων στα χαρτονομίσματα, ώστε να δυσχεραίνεται η πλαστογράφηση.



**Εικόνα 3.9 :** Ευρώπιο

- **Γαδολίνιο- Gd (64)**

Έχει πολυάριθμες εφαρμογές σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και στην ιατρική (μαγνητικές τομογραφίες, ακτίνες X και άλλες).



**Εικόνα 3.10 : Γαδολίνιο**

- **Τέρβιο- Tb (65)**

Καθιστά τους μόνιμους μαγνήτες σπάνιων γαιών αποδοτικούς σε υψηλές θερμοκρασίες, βρίσκει εφαρμογή σε λάμπες φθορίου, σε ραντάρ, σε αμυντικές τεχνολογίες.



**Εικόνα 3.11 : Τέρβιο**

- **Δυσπρόσιο- Dy (66)**

Καθιστά τους μόνιμους μαγνήτες σπάνιων γαιών αποδοτικούς σε υψηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιείται επίσης σε lasers, σε σκληρούς δίσκους υπολογιστών, πυρηνικούς αντιδραστήρες.



**Εικόνα 3.12 : Δυσπρόσιο**



- **Όλμιο- Ho (67)**

Μαζί με το δυσπρόσιο αποτελούν τα περισσότερο μαγνητικά στοιχεία των σπάνιων γαιών. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία κραμάτων με μαγνητικές ιδιότητες, στους πυρηνικούς αντιδραστήρες και σε εξοπλισμό τεχνολογίας μικροκυμάτων.



**Εικόνα 3.13 : Όλμιο**

- **Έρβιο- Er (68)**

Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές laser και σε οπτικές ίνες. Επίσης στη δημιουργία lasers και για ιατρικούς σκοπούς.



**Εικόνα 3.14 : Έρβιο**

- **Θούλιο- Tm (69)**

Το σπανιότερο από τα στοιχεία των σπάνιων γαιών. Τα ισότοπά του χρησιμοποιούνται στις ακτίνες X. Χρησιμοποιείται επίσης σε lasers με στρατιωτικές, ιατρικές και μετεωρολογικές εφαρμογές.



**Εικόνα 3.15 : Θούλιο**

- **Υπτέρβιο- Yb (70)**

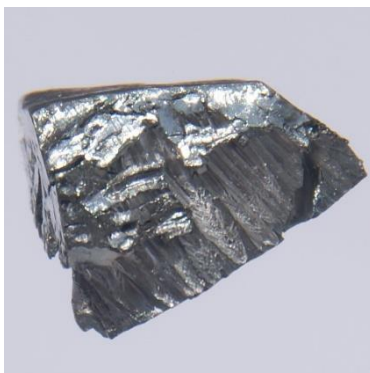
Βελτιώνει τον ανοξειδωτο χάλυβα και χρησιμοποιείται σε πολύ σημαντικές ιατρικές εφαρμογές, κυρίως αντικαρκινικές θεραπείες.



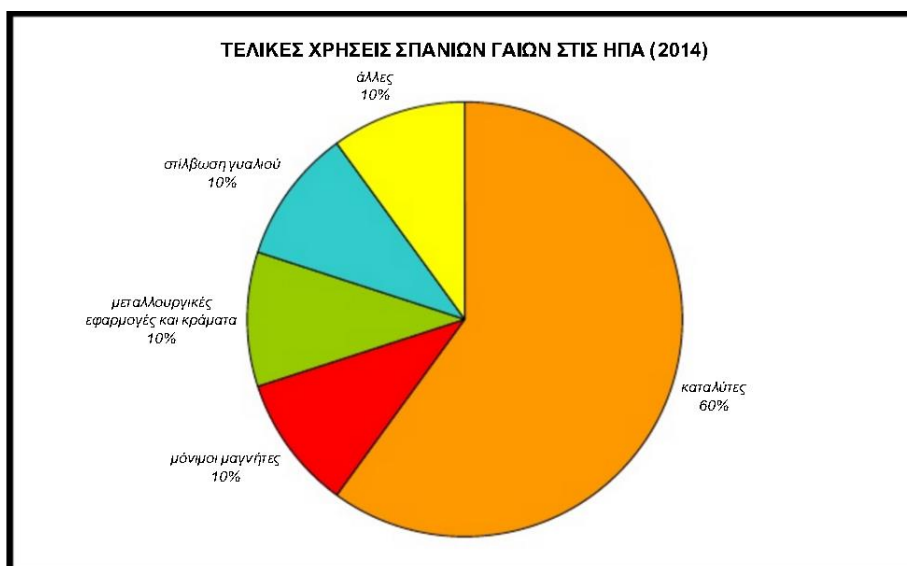
**Εικόνα 3.16 : Υπτέρβιο**

- **Λουτέτσιο- Lu (71)**

Το λουτέτσιο έχει πολλές ενδιαφέρουσες εφαρμογές, όπως στη ραδιοχρονολόγηση, στη δύλιση πετρελαίου και σε ιατρικές θεραπείες.



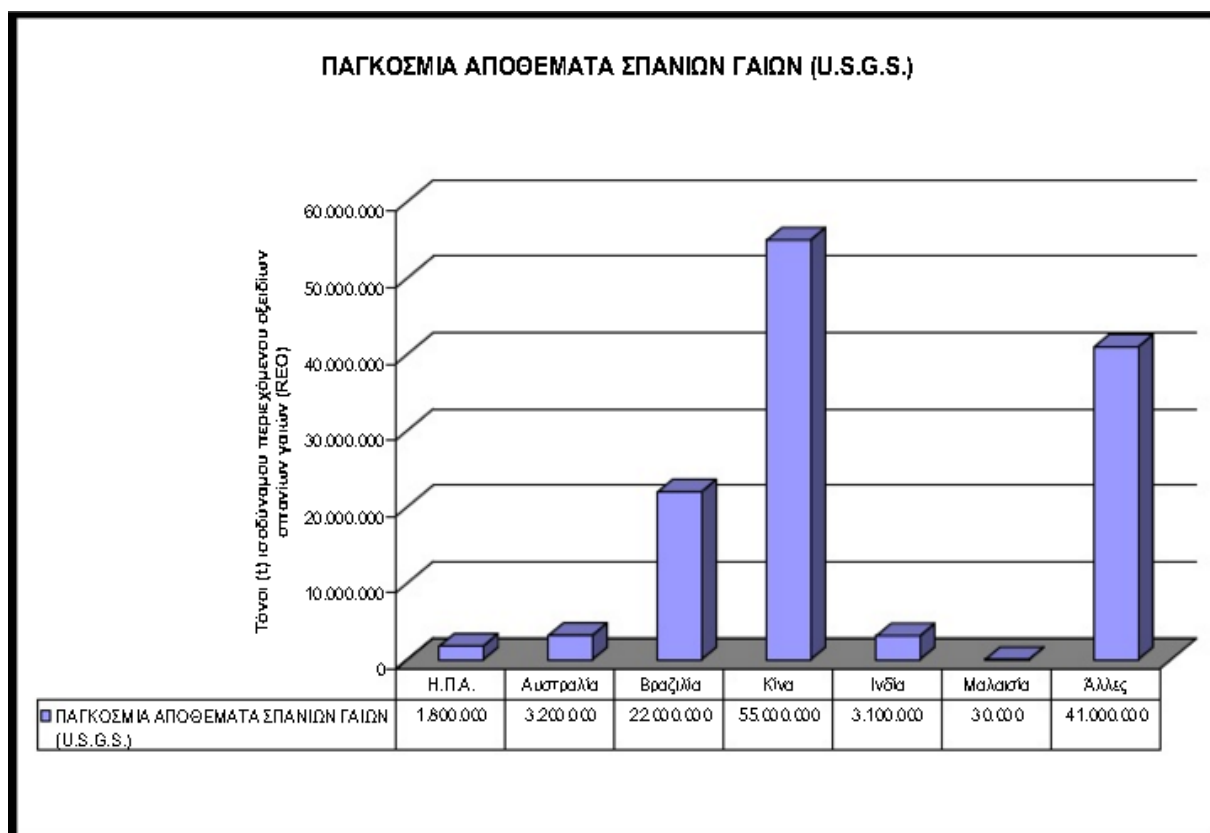
**Εικόνα 3.17 : Λουτέτσιο**



**Εικόνα 3.18 : Τελικές χρήσεις σπάνιων γαιών στις Η.Π.Α.**

### 3.9 ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

Στο σχήμα απεικονίζονται τα παγκόσμια αποθέματα σπάνιων γαιών, όπως αυτά καταγράφονται από το U.S.G.S. (U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2015). Η Κίνα, σύμφωνα με τα στοιχεία του U.S.G.S., κατέχει το 42% των αποθεμάτων παγκοσμίως.



**Εικόνα 3.19 :** Παγκόσμια αποθέματα σπάνιων γαιών

Όσον αφορά τη χώρα μας, τα πολυμεταλλικά κοιτάσματα επιθερμικού και πορφυριτικού τύπου της Σερβομακεδονικής μεταλλογενετικής ζώνης καθώς και της ζώνης Ροδόπης στη βορειοανατολική Ελλάδα είναι τα πλέον ελπιδοφόρα για μελλοντική παραγωγή σπάνιων γαιών και μετάλλων. Για παράδειγμα, στο μετάλλευμα των Σκουριών έχουν εντοπισθεί συγκεντρώσεις Pd 0,5 g/tn.

Επίσης, τα κοιτάσματα βωξιτών και λατεριτών της κεντρικής και βορείου Ελλάδας, τα οποία ήδη υφίστανται εκμετάλλευση για την παραγωγή Al και Ni, περιέχουν επίσης σημαντικές ποσότητες σπάνιων γαιών και μπορούν να ενταχθούν στα μελλοντικά σχέδια των μεταλλευτικών βιομηχανιών. Χαρακτηριστικά, οι περιεκτικότητες των βωξιτικών λατεριτών της Στερεάς Ελλάδας κυμαίνονται από 3,3 έως 6,4 Kg/tn σε σπάνιες γαίες, ενώ το ερευνητικό ενδιαφέρον περιλαμβάνει ακόμη και την κόκκινη λάσπη από τη μεταλλουργία αλουμινίου, η οποία περιέχει ραδιενεργά υλικά και σπάνιες γαίες σε ποσοστό 0,8%-1%.

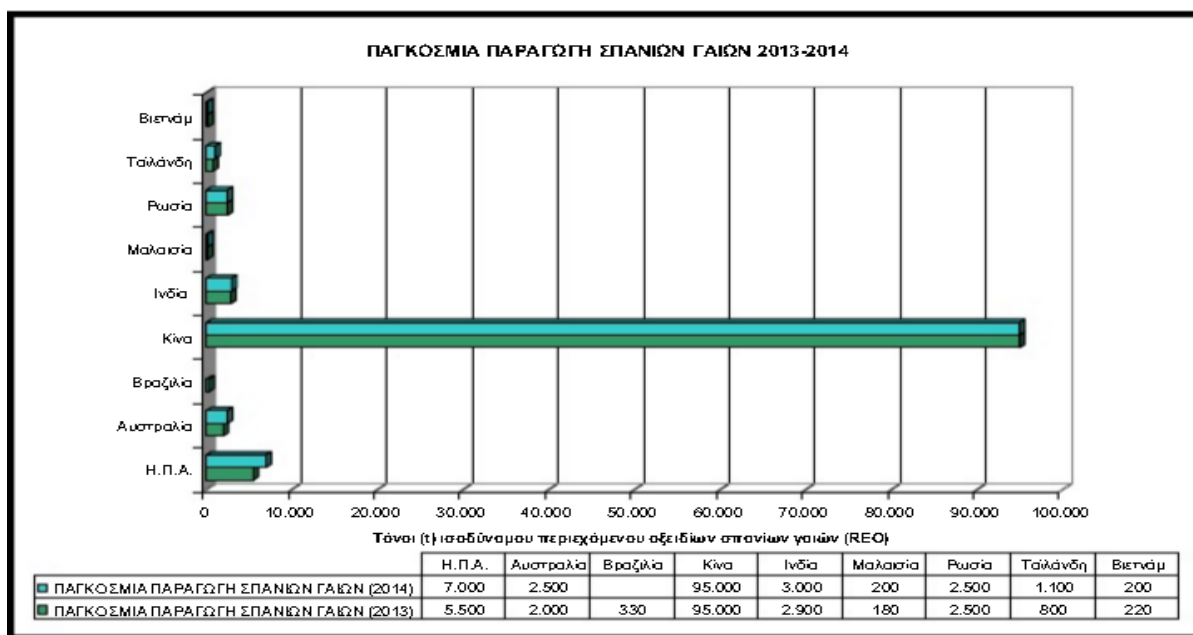
Υψηλή περιεκτικότητα σπάνιων γαιών ανιχνεύεται σε προσχλωσιγενείς αποθέσεις στο παράκτιο και υποθαλάσσιο περιβάλλον μεταξύ Χαλκιδικής και Αλεξανδρούπολης, κυρίως στις εκβολές των ποταμών Στρυμόνα, Νέστου και Έβρου. Κοιτασματολογικές έρευνες αλλά και αναλύσεις δειγμάτων που πραγματοποίησε το ΙΓΜΕ στο παρελθόν στις περιοχές αυτές ήταν αρκετά ενθαρρυντικές, εκτιμώντας αποθέματα 485 εκατ. τόνους με μέση περιεκτικότητα

σπάνιων γαιών 1,17% (κυρίως Ce, La και Nd) και, δυστυχώς, αρκετή περιεκτικότητα σε θόριο (Th, ραδιενεργό στοιχείο).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκύπτει από την εξόρυξη και επεξεργασία των σπάνιων γαιών είναι η ραδιενέργεια, η οποία συνδέεται με την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων ουρανίου και θορίου. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Μαλαισίας, όπου σημαντικά κοιτάσματα με κύριο ορυκτό τον ξενότιμο (xenotime, φωσφορικό ορυκτό του υτρίου) με μεγάλη περιεκτικότητα ουρανίου (2%) και θορίου (0,7%), εγκαταλείφθηκαν στο παρελθόν λόγω αντιδράσεων. Γι' αυτό επιβάλλεται αφενός η προστασία των εργαζομένων, αφετέρου η προσεκτική διάθεση των ραδιενεργών αποβλήτων που παράγονται. Το θετικό είναι ότι τα κατάλοιπα είναι πολύτιμα και έτσι πολλές εταιρείες τα συλλέγουν και τα επεξεργάζονται.

### 3.10 ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Η Κίνα είναι ο κυρίαρχος στην παγκόσμια παραγωγή σπάνιων γαιών (παρήγαγε 86% των σπάνιων γαιών παγκοσμίως για τα έτη 2013 και 2014 σύμφωνα με το U.S.G.S.), η οποία ανήλθε στους 110.000 τόνους για κάθε έτος (2013 και 2014). Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει την παγκόσμια παραγωγή σπάνιων γαιών για τα έτη 2013-2014.



**Εικόνα 3.20 :** Παγκόσμια παραγωγή σπάνιων γαιών για το έτος 2013-2014

Εκτός από την Κίνα, άλλες χώρες σημαντικοί παραγωγοί σπάνιων γαιών, σε πολύ μικρότερα, φυσικά, ποσοστά είναι: Η.Π.Α., Ινδία, Αυστραλία, Ρωσία, Ταϊλάνδη, Μαλαισία, Βιετνάμ.

Επιπλέον, στην Κίνα υπάρχει εκτεταμένη παράνομη εξόρυξη σπάνιων γαιών (περίπου το 1/3 της εξόρυξης γίνεται με τον τρόπο αυτό), η χειρότερη δηλαδή μορφή εξόρυξης τόσο για το περιβάλλον και την ασφάλεια όσο και για τα οικονομικά δεδομένα, των οποίων ο έλεγχος διαφεύγει πλήρως. Η προστασία του περιβάλλοντος ήταν το κυρίαρχο επιχείρημα της Κίνας, όταν επέβαλε τους περιορισμούς στις εξαγωγές (κυρίως εξαγωγικούς δασμούς ή ποσοστώσεις εξαγωγής, καθώς και πρόσθετες απαιτήσεις και διαδικασίες για τους εξαγωγείς), που προκαλούσαν σοβαρές δυσκολίες στις ξένες βιομηχανίες, αυξάνοντας με τεχνητό τρόπο τις τιμές εξαγωγής της Κίνας και προκαλώντας άνοδο των τιμών στην παγκόσμια αγορά. Μέσα στο 2014 η Κίνα συνέχισε τις προσπάθειες να περιορίσει την παράνομη παραγωγή και εξαγωγή σπάνιων γαιών.

Μακροπρόθεσμα, η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού θα έχει κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές επιπτώσεις. Οι ανάγκες σε σπάνιες γαίες αναμένεται να αυξηθούν με την πάροδο των ετών. Η ανάπτυξη των φτωχών κρατών θα συμβάλει ακόμη περισσότερο στην αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης. Όσον αφορά την ανακύκλωση των σπάνιων γαιών, αυτή βρίσκεται σε εμβρυακά στάδια και δεν καλύπτει τη ζήτηση. Τα παραπάνω υπογραμμίζουν την αναγκαιότητα αύξησης της παγκόσμιας παραγωγής και ανεύρεσης νέων εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων.



**Εικόνα 3.21:** Εργάτης σε ορυχείο σπάνιων γαιών στην Κίνα

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**  
**ΟΙ ΣΠΑΝΙΕΣ ΓΑΙΕΣ ΣΤΟΥΣ**  
**ΛΑΜΠΗΡΕΣ**

**4.1 ΟΙ ΣΠΑΝΙΕΣ ΓΑΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΛΑΜΠΗΡΕΣ**

Οι σωλήνες στις λάμπες φθορισμού γεμίζονται με ένα αέριο που περιέχει χαμηλής πίεσης ατμό υδραργύρου και αργό, ξέnon, νέon ή κρυπτόn. Στα τοιχώματα της εσωτερικής επιφάνειας της λάμπας υπάρχει επίχρισμα θειούχων ενώσεων ψευδαργύρου και καδμίου. Δεδομένης της υψηλής τοξικότητας αυτών των υλικών, βρέθηκε ότι η προσθήκη αλογονιδίων των σπάνιων γαιών μπορεί και να βελτιώσει την απόδοση των λαμπών και να μας απαλλάξει από τη χρήση υδραργύρου και καδμίου.

Επενδύεται η εσωτερική επιφάνεια της λάμπας με ένα φθορίζον στρώμα που φτιάχνεται από διάφορα μείγματα μεταλλικών και φωσφορούχων αλάτων σπάνιων γαιών. Τα οργανικά διαλυτικά μέσα αφήνονται να εξατμιστούν, ο σωλήνας θερμαίνεται σχεδόν μέχρι το σημείο τήξης του γυαλιού για να εξουδετερωθούν οργανικά συστατικά και τήκεται η επίστρωση στη λάμπα. Η καλύτερη απόδοση των φωσφορίζουσών ουσιών επιτυγχάνεται σε μέγεθος σωματιδίων 10 micrometers. Το στρώμα πρέπει να είναι τόσο πυκνό, ώστε να συγκεντρώνει το υπεριώδες φως, αλλά όχι και πολύ παχύ ώστε να απορροφά πολύ ορατό φως.

Όταν λειτουργεί ο λαμπτήρας, δια μέσου της ατμόσφαιρας των ατμών υδραργύρου συμβαίνει εκκένωση τόξου και παράγεται αόρατη υπεριώδης ακτινοβολία. Οι φωσφορίζουσες ουσίες απορροφούν το υπεριώδες φως και επανεκπέμπουν ορατό φως.

Κάθε χρόνο καταναλώνονται πάνω από 1000 τόνοι οξειδίων από σπάνιες γαίες για την κατασκευή λαμπτήρων. Το Y χρησιμοποιείται πιο πολύ, μαζί με το Eu, Tb, Ce και La.

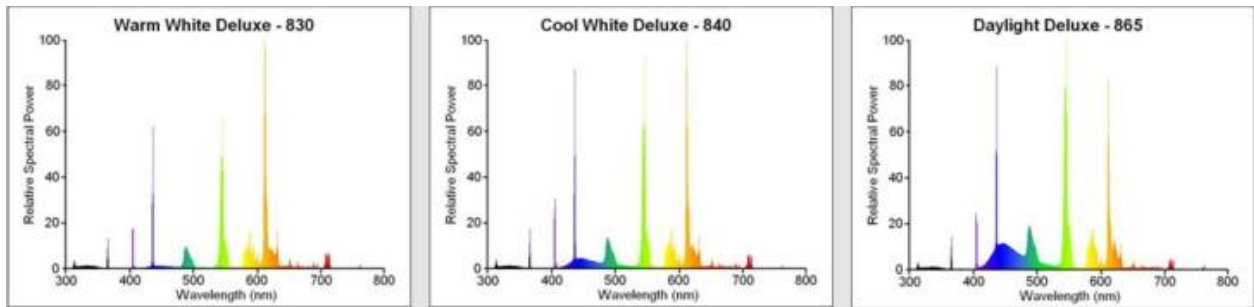
Χρώμα	Όνομα φωσφόρου	Χημικός τύπος	Μήκος κύματος
<b>Μπλε</b>	Barium Aluminate (BAM)	$BaMg_2Al_{16}O_{27} : Eu^{2+}$	450 nm
ή	SrCaBaMg Chloroapatite	$(Sr,Ca,Ba,Mg)_5(PO_4)_3Cl : Eu^{2+}$	453 nm
<b>Πράσινο</b>	Calcium Tungstate (CAT)	$Ce_{0.65}Tb_{0.35}MgAl_{11}O_{19}$	543 nm
ή	Lanthanum Phosphate (LAP)	$LaPO_4 : Ce^{3+}Tb^{3+}$	544 nm
<b>Κόκκινο</b>	Yttrium Oxide (YOX)	$Y_2O_3 : Eu^{3+}$	611 nm

**Πίνακας 4.1:** Σύνθεση των τριφωσφορικών υλικών.

Οι φθορίζουσες ουσίες προσφέρουν και καλύτερη χρωματική απόδοση. Παραδοσιακά πιστευόταν ότι για να αποκτηθεί μια καλή χρωματικά απόδοση, ήταν αναγκαίο η λάμπα να δημιουργεί ένα πλήρες φάσμα με όλα τα μήκη κύματος παρόντα. Όμως, το ανθρώπινο μάτι δεν είναι το ίδιο ευαίσθητο σε όλα τα χρώματα. Έτσι, αν η λάμπα εκπέμπει σε όλα τα μήκη κύματος, πολλά από αυτά είναι σε περιοχές που το μάτι είναι λιγότερο ευαίσθητο. Μελέτες στον τρόπο αντίληψης του χρώματος κατέληξαν στο ότι θα μπορούσαμε να έχουμε μια καλή

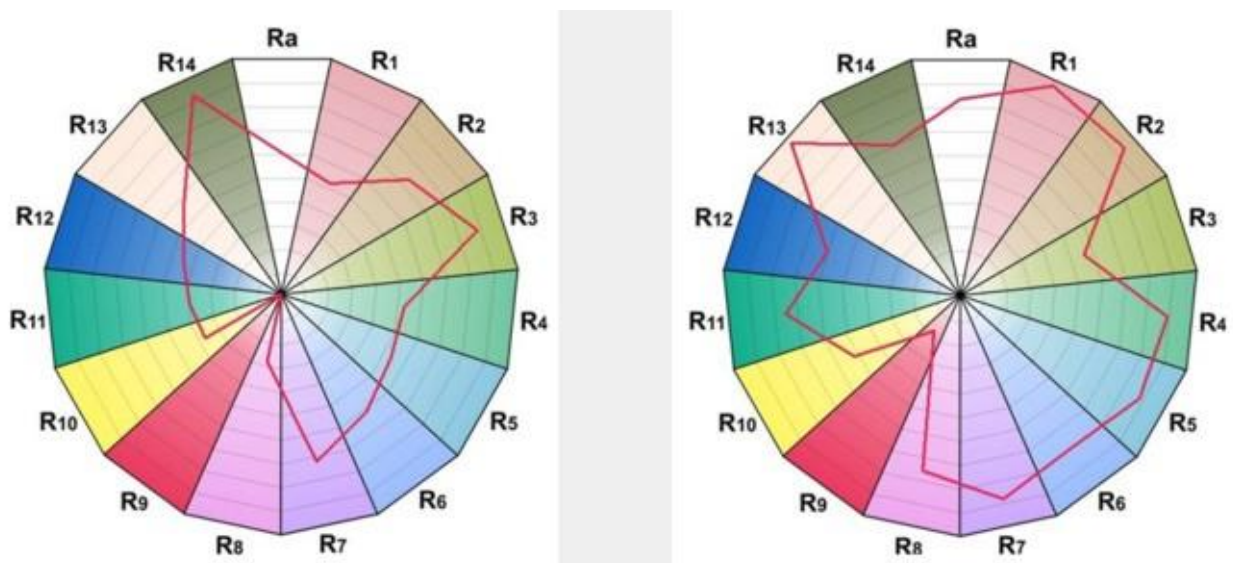
χρωματική απόδοση με ένα στενό φάσμα τριών ζωνών, οι οποίες αντιστοιχούν στο μπλε-πράσινο-κόκκινο των φωτοϋποδοχέων των ματιών.

Προτάθηκε από την εταιρεία Westinghouse να φτιαχτεί ένας σωλήνας με τρεις κορυφές στα 450 nm, στα 540 nm και στα 610 nm, για το μπλε, πράσινο και κόκκινο αντίστοιχα, για να συμπέσει με το μηχανισμό της ανθρώπινης όρασης. Νέα υλικά συντέθηκαν με εκπομπές κοντά σε αυτούς τους στόχους και γεννήθηκε η οικογένεια των τριφωσφορικών λαμπών. Αναμειγνύοντας τα τρία παραπάνω συστατικά στις σωστές αναλογίες, αποκτάται ένα καινούργιο λευκό αποτέλεσμα.



**Εικόνα 4.1:** Τυπικές κατανομές φάσματος για τα τριφωσφορικά χρώματα

Όσο πιο κρύα είναι η θερμοκρασία χρώματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία του μπλε φωτός στο φάσμα. Επειδή αυτές οι κορυφές πλησιάζουν πολύ τους φωτοϋποδοχείς του ανθρώπινου ματιού, έγινε κατορθωτός ένας πολύ μεγάλης απόδοσης χρωματικός πίνακας.



**Εικόνα 4.2:** Χάρτης χρωματικής απόδοσης μιας παλιάς τεχνολογίας λάμπας φθορισμού (αριστερά) και μιας τριφωσφορικής λάμπας (δεξιά) για θερμοκρασία χρώματος 4000° K.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, η τριφωσφορική τεχνολογία υπερέρχει κατά πολύ σε όλα σχεδόν τα τεστ χρωματικής απόδοσης. Ειδικά στον τομέα R9, που αντιπροσωπεύει το λαμπερό κόκκινο χρώμα, επιτυγχάνεται μια πολύ καλή χρωματική απόδοση. Οι τριφωσφορικές λάμπες προσφέρουν εξαιρετική προστιθέμενη αξία σε εφαρμογές όπου η χρωματική απόδοση είναι σημαντική, π.χ. σε σημεία πώλησης.



Εκτός από τη χρήση των πέντε σπάνιων γαιών που αναφέρθηκαν παραπάνω, σπάνιες γαίες χρησιμοποιούνται και σε άλλες εφαρμογές στον τομέα των λαμπτήρων. Το Δυσπρόσιο χρησιμοποιείται σε λαμπτήρες μεταλλο-αλογονιδίων, δηλαδή σε λαμπτήρες με υδράργυρο, όπου με τη βοήθεια μεταλλικών στοιχείων, όπως το ιωδίδιο του Δυσπροσίου ( $DyI_3$ ), που αποσπώνται από το αλογόνο μόλις ο υδράργυρος διεγερθεί, παράγουν ένα πολύ έντονο λευκό φως.

Το ιωδίδιο του Σκανδίου ( $ScI_3$ ) προστίθεται σε λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής πίεσης, που λειτουργούν με ατμούς υδραργύρου και φωτίζουν ανοιχτούς αθλητικούς χώρους ή χρησιμοποιούνται σε εξωτερικές λήψεις σκηνών για τον κινηματογράφο, χαρίζοντας μια ψευδαίσθηση ηλιακού φωτός.

Τέλος, το Λουτέτιο χρησιμοποιείται στους λαμπτήρες LED.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΛΑΜΠΗΡΕΣ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΠΑΝΙΩΝ ΓΑΙΩΝ**

Αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα υπάρχουν δυο εταιρείες ανακύκλωσης:

- **Η Ανακύκλωση Α.Ε.** και η
- **Φωτοκύκλωση Α.Ε.**

## **5.1 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ Α.Ε.**

Η εταιρεία ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ Α.Ε. αποτελεί τον υπεύθυνο φορέα για την οργάνωση και τη λειτουργία του Συλλογικού Συστήματος Εναλλακτικής Διαχείρισης των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (Α.Η.Η.Ε.) στην Ελλάδα.

Η ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ Α.Ε. έχει ως πρωταρχική επιδίωξη την επίτευξη των Εθνικών Στόχων, έτσι όπως αυτοί καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή και την Ελληνική νομοθεσία, καθώς και τον αποτελεσματικό έλεγχο του κόστους της Εναλλακτικής Διαχείρισης των Α.Η.Η.Ε.

Η συμμετοχή στην ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ Α.Ε. εξασφαλίζει στις επιχειρήσεις που παράγουν, εισάγουν και μεταπωλούν ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, την απαλλαγή τους από την εκπλήρωση των υποχρεώσεων σχετικά με την Εναλλακτική Διαχείριση των Α.Η.Η.Ε. που τους επιβάλλει ο Νόμος 2939/2001 και το Προεδρικό Διάταγμα 117/2004, εγκεκριμένο από το ΥΠΕΧΩΔΕ.

Στο σύστημα είναι εγγεγραμμένες οι μεγαλύτερες εταιρίες παραγωγής λαμπτήρων παγκοσμίως, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 90% του όγκου λαμπτήρων που διακινείται στην ελληνική αγορά. Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. διασφαλίζει ότι οι διαδικασίες συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας των λαμπτήρων γίνονται με ορθό περιβαλλοντικά τρόπο, ώστε να επιτευχθεί ο τελικός στόχος, η εισαγωγή των ανακτημένων υλικών τους σε ένα νέο κύκλο παραγωγής.

Η ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ Α.Ε. είναι πιστοποιημένη κατά ISO 9001:2008 και κατά ISO 14001:2004.

### **5.1.1 Διαχείριση Λαμπτήρων**

Τα φωτιστικά είδη που μπορεί να ανακυκλώσει η **ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ Α.Ε** είναι:

- Φωτιστικά για λαμπτήρες φθορισμού πλην των οικιακών φωτιστικών σωμάτων
- Ευθείς λαμπτήρες φθορισμού
- Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL)
- Λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής έντασης, συμπεριλαμβανομένων των λαμπτήρων νατρίου υψηλής πίεσης και των λαμπτήρων αλογονούχων μετάλλων
- Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης
- Άλλος φωτιστικός εξοπλισμός και εξοπλισμός προβολής ή ελέγχου του φωτός πλην των λαμπτήρων πυράκτωσης.

**ΔΕΝ ΣΥΛΛΕΓΟΝΤΑΙ ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΑΛΟΓΟΝΟΥ.**

### 5.1.2 Συλλογή

Οι λάμπες συλλέγονται σε ειδικούς κάδους ανακύκλωσης. Οι ειδικοί κάδοι είναι τοποθετημένοι στα ακόλουθα επιλεγμένα σημεία:

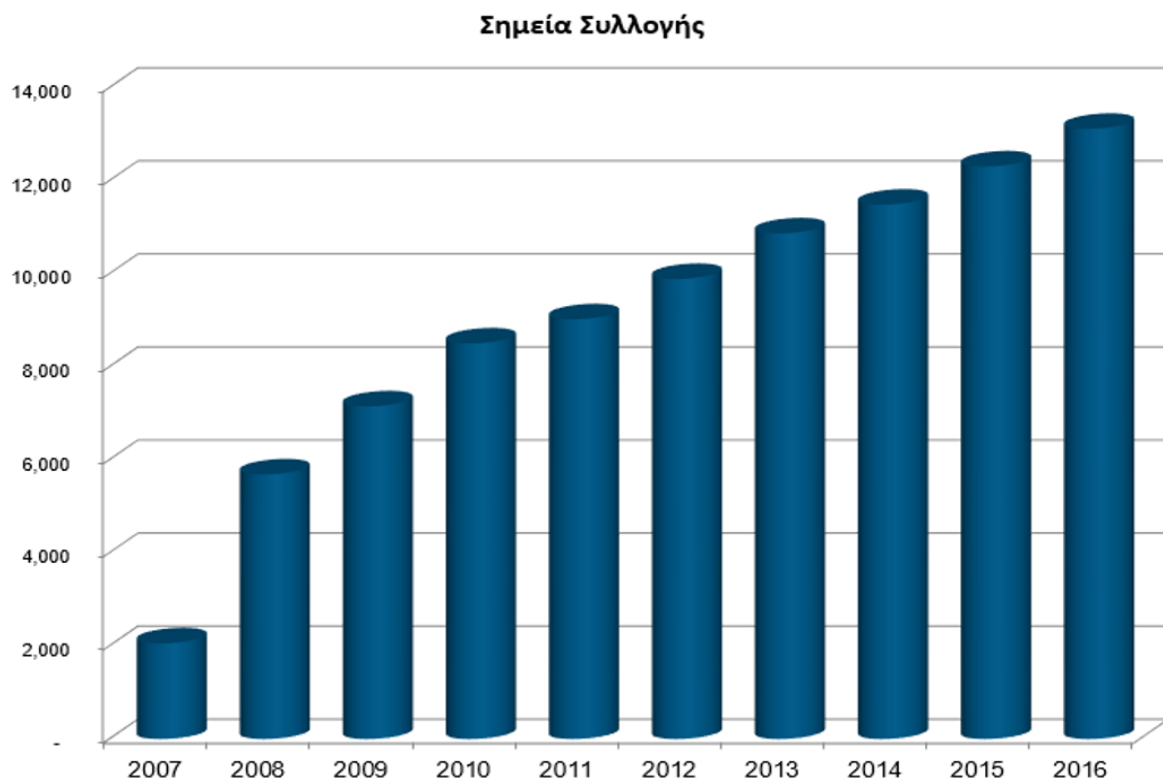
- σημεία συλλογής συμβεβλημένων δήμων
- καταστήματα πώλησης λαμπτήρων
- καταστήματα ηλεκτρολογικού εξοπλισμού
- super market.



**Εικόνα 5.1.1 :** Κάδος συλλογής ευθύγραμμων λαμπτήρων φθορισμού



**Εικόνα 5.1.2 :** Κάδος συλλογής ευθύγραμμων λαμπτήρων φθορισμού

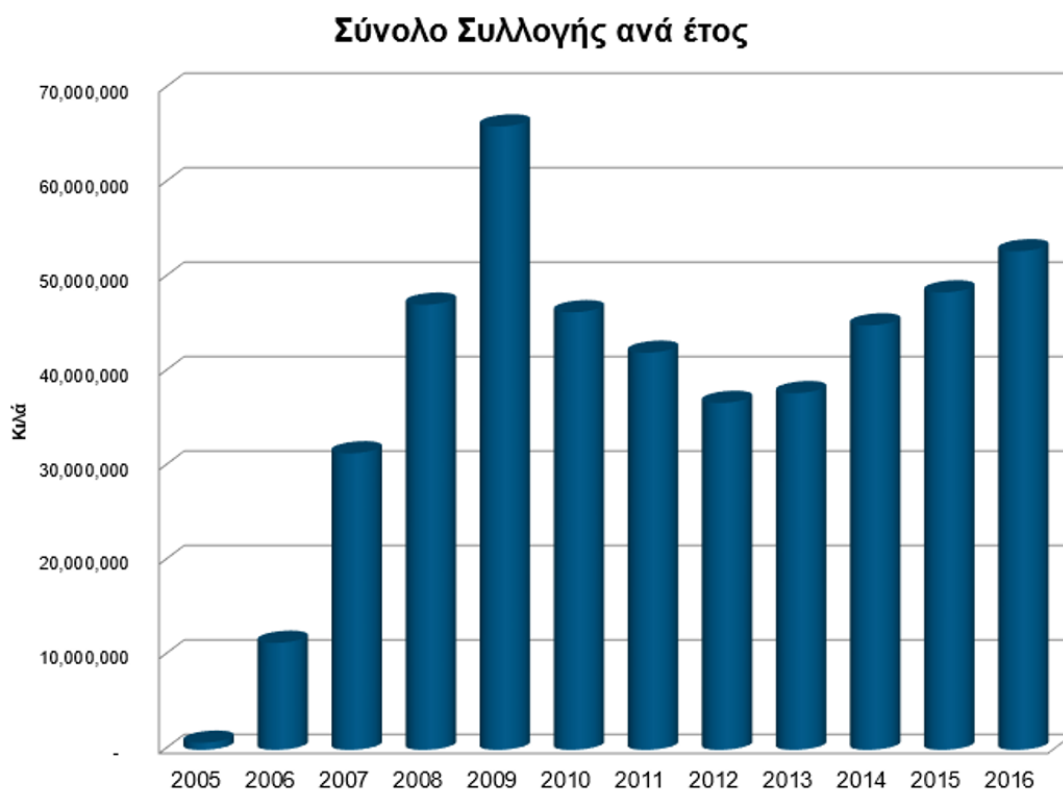


**Εικόνα 5.1.3 :** Αριθμός σημείων συλλογής λαμπτήρων στην Ελλάδα



**Εικόνα 5.1.4 :** Διάφοροι κάδοι συλλογής λαμπτήρων της εταιρίας **ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ Α.Ε.**

### 5.1.3 Στατιστικά Στοιχεία



Εικόνα 5.1.4: Στατιστικά στοιχεία για τη συλλογή λαμπτήρων

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΗΘΗΣ	2005 & 2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ & ΑΕΙΟΠΟΙΗΣΗΣ 2005-2014	ΚΑΤΩΤΑ ΟΡΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΕΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΚΥΑ 23615/651/ Ε.103	ΚΑΤΩΤΑ ΟΡΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΚΥΑ 23615/651/ Ε.103
ΚΑΤ. 1	97%	82,4%	81%	87,4%	88,1%	90,2%	90,23%	86,5%	84,3%	87%	80%	75%
ΚΑΤ. 2	92,4%	81,7%	81,3%	83,1%	81,7%	81,4%	79,34%	86,8%	87,8%	84%	70%	50%
ΚΑΤ. 3	88,6%	95,2%	93,8%	92,4%	94,7%	95,5%	95,95%	96,8%	96,7%	95%	75%	65%
ΚΑΤ. 4	89,2%	82,1%	82,2%	84,9%	87,1%	87,9%	91,81%	93,7%	94%	89%	75%	65%
ΚΑΤ. 5*	91,1%	88,6%	84,5%	96,4%	94,9%	95,7%	96,11%	97%	96,9%	95%	70%	50%
ΚΑΤ. 6	97,8%	99,2%	96,3%	96%	93,7%	96,4%	95,58%	97,3%	96,9%	97%	70%	50%
ΚΑΤ. 7	94,2%	53,5%	43,2%	61%	63,1%	59,9%	85,04%	74,8%	74,5%	65%	70%	50%
ΚΑΤ. 8	86,7%	91,7%	87,6%	93,2%	93,9%	90,4%	94,91%	92%	94,3%	92%	70%	50%
ΚΑΤ. 9		97,7%	92,3%	86,4%	91,8%	92,8%	99,32%	99,2%	96,1%	97%	70%	50%
ΚΑΤ. 10	99%	98,3%	92,8%	92,8%	90,8%	94,7%	95,81%	91,8%	94,4%	95%	80%	75%

Εικόνα 5.1.5: Στατιστικά στοιχεία για τη συλλογή λαμπτήρων

Από τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία λαμβάνουμε υπ' όψη μας μόνο τη γραμμή που αναφέρεται στα φωτιστικά είδη, τα οποία είναι η ΚΑΤ.5\*

## 5.2 ΦΩΤΟΚΥΚΛΩΣΗ Α.Ε

Η **ΦΩΤΟΚΥΚΛΩΣΗ Α.Ε.** είναι ένα σύγχρονο συλλογικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων φωτιστικών και λαμπτήρων, εγκεκριμένο από το Υ.ΠΕ.Κη ΑΑ. Στόχος της Φωτοκύκλωσης είναι η συνεισφορά στην Εθνική Ανακύκλωση και την προστασία του περιβάλλοντος στο γενικό πλαίσιο που καθορίζεται από την Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Παράλληλα, με το σύστημα της Φωτοκύκλωσης δημιουργούνται οι προϋποθέσεις εξοικονόμησης ενέργειας, μείωσης του όγκου των απορριμμάτων και, γενικότερα, καλύτερες και ποιοτικότερες συνθήκες διαβίωσης για όλους μας.

Με τη Φωτοκύκλωση οι λαμπτήρες και τα φωτιστικά μας μπορούν να ανακυκλωθούν υπεύθυνα, συστηματικά και αποτελεσματικά, έως και 98%, εύκολα και δωρεάν.

### 5.2.1 Διαχείριση λαμπτήρων

Η Φωτοκύκλωση Α.Ε. έχει δικό της χώρο συλλογής λαμπτήρων, καθώς, εκτός από τις εξαγωγές σε Γερμανία, Βέλγιο και Ρουμανία, διαθέτει δική της εγκατάσταση, όπου και ανακυκλώνει μέρος των λαμπτήρων που συλλέγει.

Οι λαμπτήρες που ανακυκλώνει η **Φωτοκύκλωση Α.Ε.:**

- Ευθείς λαμπτήρες φθορισμού.
- Λαμπτήρες φθορισμού μικρών διαστάσεων
- Λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής πίεσης, συμπεριλαμβανομένων των λαμπτήρων νατρίου, υδραργύρου και των λαμπτήρων αλογονούχων μετάλλων
- Λαμπτήρες LED παντός τύπου και ισχύος ανεξαρτήτως κάλυκα
- ταινίες LED, γιρλάντες LED.

**Σημαντικό:** Κάποιοι απο τους λαμπτήρες επειδή περιέχουν υδράργυρο πρέπει να μπουν σε ειδικό κάδο καθώς χρειάζονται ειδική διαδικασία για ανακύκλωση. Είναι πολύ σημαντικό να μεταχειρίζονται προσεχτικά καθώς τυχόν σπάσιμο τους απελευθερώνει στο περιβάλλον υδράργυρο.

### 5.2.2 Εμβέλεια

Η εμβέλεια και δράση του συστήματος είναι πανελλαδική και καλύπτει τόσο την ηπειρωτική χώρα σε όλες τις περιφέρειες όσο καθώς και τη νησιωτική χώρα σε κύρια σημεία. Η συλλογή των λαμπτήρων και των φωτιστικών γίνεται μέσω 5.500 ειδικών κάδων, που είναι τοποθετημένοι στις 13 περιφέρειες της χώρας, με στόχο να βρίσκονται σε μικρότερες μεταξύ τους αποστάσεις για να διευκολύνουν όλους τους χρήστες, και ιδιαίτερα τους οικιακούς.

Οι κάδοι φωτιστικών έχουν διάσταση 1200 X 800 X 850 mm. Σε αυτούς τοποθετούνται όλα τα φωτιστικά ανεξαρτήτως υλικού. Οι ανωτέρω κάδοι χρησιμοποιούνται και για συλλογή λαμπτήρων από μεγάλους χρήστες, όπως δήμοι, βιομηχανίες, ΔΕΚΟ κτλ.

Ο κάδος συλλογής λαμπτήρων είναι εύχρηστος, σε δύο μεγέθη, για εύκολη τοποθέτηση και σε μικρούς χώρους, με ειδική θήκη ενημερωτικών φυλλαδίων για το κοινό και ειδικές χάρτινες θήκες για τους λαμπτήρες, σε διαστάσεις: 600 X 400 X 800 mm καθώς και 400 X 400 X 700 mm. Στις τέσσερις πλευρές του φέρει τη σήμανση του συστήματος και αφίσες με υποδείξεις της ανακύκλωσης λαμπτήρων. Για την εύκολη συλλογή τους, το εσωτερικό του κάδου διαχωρίζεται με δύο ορθογώνια χαρτοκιβώτια, για την τοποθέτηση μακρόστενων λαμπτήρων φθορισμού, και δύο τετράγωνα χαρτοκιβώτια, για την εισαγωγή των υπόλοιπων λαμπτήρων αερίων, όπως υδραργύρου - νατρίου - κυκλικές - συμπαγείς και πυρακτώσεως.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα γράφημα με τα ποσοστά τοποθετημένων κάδων μέχρι στιγμής αλλά και της προοπτικής της εταιρίας για την τοποθέτηση κάδων έως το έτος 2015.



Εικόνα 5.2.1 : Πλήθος κάδων συλλογής λαμπτήρων



Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες με τους κάδους ανακύκλωσης της εταιρίας που τοποθετούνται στα διάφορα σημεία:



#### Κάδος λαμπτήρων

Ο κάδος λαμπτήρων είναι ειδική μεταλλική κατασκευή διαστάσεων 600x400x800mm. Το εσωτερικό του κάδου διαχωρίζεται σε τρία τμήματα. Στα δύο τοποθετούνται μακρόστενα χαρτοκιβώτια διαστάσεων 190x190x1200mm για ευθύγραμμους λαμπτήρες και στο άλλο, δύο χαρτοκιβώτια διαστάσεων 380x380x380mm για όλους τους τύπους λαμπτήρων

Εικόνα 5.2.2 : Κάδος λαμπτήρων



#### Κάδος Φωτιστικών & μικροσυσκευών

Ο κάδος φωτιστικών είναι πλαστικός και έχει διαστάσεις :

Εξωτερικές διαστάσεις : 1200x800xh850mm

Εσωτερικές διαστάσεις : 1130x725xh690mm

Μέγιστη χωρητικότητα : 550dm<sup>3</sup>

Τοποθετούνται παντός είδους εξαρτήματα φωτιστικών/φωτιστικά & μικροσυσκευές

Εικόνα 5.2.3 : Κάδος φωτιστικών και μικροσυσκευών



**Νέος τροχήλατος κάδος μικροσυσκευών**

Ο κάδος μικροσυσκευών είναι πλαστικός και έχει διαστάσεις :

Εξωτερικές διαστάσεις : 73x58x107cm

Μέγιστη χωρητικότητα : 240lt

Τοποθετούνται παντός είδους μικρές οικιακές συσκευές και φωτιστικά.

**Εικόνα 5.2.4 :** Τροχήλατος κάδος μικροσυσκευών

**5.2.3 Στατιστικά στοιχεία**

Είδη	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	ΣΥΝΟΛΟ
Λαμπτήρες (tn)	9,38	30	80	225	189,856	224,466	247,031	1005,733
Οικιακά	80%	85%	85%	85%	85%	90%	95%	
Μη οικιακά	20%	15%	15%	15%	15%	10%	5%	

**Εικόνα 5.2.5 :** Στατιστικά στοιχεία συλλογής λαμπτήρων (Φωτοκύκλωση Α.Ε)

Από τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι κάθε χρόνο αυξάνεται η συλλογή λαμπτήρων.

### 5.3 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΙΓΑΙΟΥ – ΧΥΤΗΡΙΑ Α.Β.Ε.Ε.



Η εταιρεία ιδρύθηκε στις 4/12/2007 με την υπ' αριθμ. 64808/82/Β/07/13 απόφαση του Νομάρχη Λέσβου (Τεύχος Ανωνύμων Εταιρειών και Εταιρειών Περιορισμένης Ευθύνης-ΦΕΚ 13881/7.12.2007).

Τα πρώτα χρόνια (1997-2001) πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση και το στήσιμο του εργοστασίου. Την περίοδο αυτή ξεκίνησαν η δραστηριότητα στον τομέα της ανακύκλωσης μεταλλικών απορριμμάτων και η παραγωγή και εμπορία ειδών λαϊκής τέχνης, που διατηρήθηκε μέχρι το 2006. Από τη χρονιά εκείνη η εταιρία επιτάχυνε τους ρυθμούς ανάπτυξης με σκοπό να δραστηριοποιηθεί και σε άλλους τομείς της ανακύκλωσης. Οι εγκαταστάσεις της εταιρείας βρίσκονται σε μισθωμένο χώρο έκτασης 5,2 στρεμμάτων στη θέση Άγιος Ευστράτιος, στην περιοχή Μόρια του Δήμου Μυτιλήνης.

Σήμερα η ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΙΓΑΙΟΥ - ΧΥΤΗΡΙΑ Α.Β.Ε.Ε. έχει επεκταθεί στην ανακύκλωση και επεξεργασία αποβλήτων αστικού και βιομηχανικού τύπου και έχει συμβληθεί με όλα τα Συλλογικά Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης Αποβλήτων που είναι εγκεκριμένα στην Ελλάδα.

Συγκεκριμένα η ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΙΓΑΙΟΥ – ΧΥΤΗΡΙΑ Α.Β.Ε.Ε. έχει συμβληθεί με τα συστήματα:

- **Ε.Δ.Ο.Ε.** (εναλλακτική διαχείριση οχημάτων)
- **ΑΦΗΣ Α.Ε. & ΣΥΔΕΥΣ** (μπαταρίες και συσσωρευτές)
- **ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ Α.Ε.** (συλλογή, μεταφορά, διαχωρισμός και ανακύκλωση Α.Η.Η.Ε.)
- **ΕΚΟΕΛΑΣΤΙΚΑ Α.Ε.** (μεταχειρισμένα ελαστικά αυτοκινήτων)
- **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ Ε.Ε.Α.Α.** (συλλογή, διαχωρισμός και ανακύκλωση συσκευασιών και αποβλήτων συσκευασίας)



Εικόνα 5.3.1: Εγκαταστάσεις της εταιρείας

## 5.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ – ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

### 5.4.1 ΟΙΚΟ-ΚΥΚΛΙΟΣ Α.Β.Ε.Ε.



Εικόνα 5.4.1 : Εγκαταστάσεις της εταιρίας

Η ίδρυση της εταιρείας **Οικο-κύκλιος Α.Β.Ε.Ε.** πραγματοποιήθηκε το Μάρτιο του 2010 με σκοπό την εφαρμογή μεθόδων ανακύκλωσης στον κλάδο των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (Α.Η.Η.Ε.). Τον Ιούνιο του 2012 η εταιρεία μεταφέρθηκε σε ιδιόκτητο εργοστάσιο στο Βαρικό Ριτσώνας της κοινότητας παραλίας Αυλίδας, πρότυπη τεχνολογικά κατασκευής, με υλικά εξοικονόμησης ενέργειας που ανταποκρίνονται απόλυτα στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.

Η κεντρική αυτή εγκατάσταση της εταιρείας αποτελεί και το **μοναδικό ανακυκλωτήριο λαμπτήρων της Ελλάδας**. Η επιχείρηση συνεργάζεται με το συλλογικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης της εταιρείας **Φωτοκύκλωση Α.Ε.**, η οποία παρέχει την οργάνωση συλλογής, αποθήκευσης, μεταφοράς, επεξεργασίας των αποβλήτων ΑΗΗΕ, με τις βέλτιστες και ενδεδειγμένες μεθόδους.

Η μονάδα ανακύκλωσης της εταιρείας **Οικο-κύκλιος Α.Β.Ε.Ε.** είναι πιστοποιημένη με:

- Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας - **ISO: 9001**
- Σύστημα Περιβαλλοντικής διαχείρισης - **ISO:14001**
- Σύστημα Υγιεινής και Ασφάλειας - **ISO: 18001**
- Το Πανερωπαϊκό πρότυπο λειτουργίας **WEEELABEX**.

Παράλληλα διαθέτει αδειοδοτημένη αποθήκη των συλλεγόμενων αποβλήτων λαμπτήρων στη βόρεια Ελλάδα, έως ότου σταλούν στη μονάδα επεξεργασίας στο Βαρικό Ριτσώνας της Αυλίδας.

Η μέθοδος επεξεργασίας που χρησιμοποιεί το μηχάνημα της ανακύκλωσης είναι η εξής: σύνθλιψη και κοσκίνισμα με υποπίεση αέρα (vacuum). Τα μηχανήματα που χρησιμοποιεί η **ΟΙΚΟ-ΚΥΚΛΙΟΣ Α.Β.Ε.Ε.** είναι της εταιρίας **BALCAN**.

Οι ανακτώμενες ύλες που προκύπτουν από τη διαλογή-επεξεργασία και ανακύκλωση των λαμπτήρων είναι οι εξής:

- Γυαλί
- Πλαστικό
- Αλουμίνιο

- Ορείχαλκος – χαλκός
- Πούδρα
- Σίδηρος
- Υδράργυρος

Μετά τη διαλογή τους, υπάρχουν δύο ξεχωριστές γραμμές ανακύκλωσης για:

- Τους ευθύγραμμους λαμπτήρες φθορισμού ανεξαρτήτως μεγέθους και διατομής
- Τους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού **CFL**.



**Εικόνα 5.4.2:** Μηχανήματα ανακύκλωσης της Balcan



**Εικόνα 5.4.3:** Τοποθέτηση ευθύγραμμων λαμπτήρων φθορισμού στο μηχάνημα ανακύκλωσης.



**Εικόνα 5.4.4:** Συλλογή σκόνης φθορισμού

#### **5.4.2 Balcan Lamp Recycling Systems & Services**

Από το 1980, η Balcan έχει αναπτύξει και παράγει το ευρύτερο φάσμα μοντέλων και μεγεθών θραυστήρων λαμπτήρων. Σήμερα οι θραυστήρες λαμπτήρων Balcan χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλο τον κόσμο για τη διαχείριση λαμπτήρων φθορισμού και λαμπτήρων υδραργύρου. Τα σχέδια και οι προδιαγραφές των θραυστήρων λαμπτήρων ανταποκρίνονται πάντοτε στις συστάσεις για την ασφάλεια που έγιναν από την Υπηρεσία Υγείας και Ασφάλειας (HSE) στην Balcan και τώρα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις για χορήγηση αδειοδότησης απόβλητων της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (EA).

Από τα μέσα της δεκαετίας του '90, η Balcan έχει προσφέρει την υπηρεσία πλήρους θραύσης και διάθεσης λαμπτήρων (CompleteCrush) για λαμπτήρες φθορισμού και όλους τους άλλους τύπους λαμπτήρων που περιέχουν υδράργυρο και νάτριο. Το 2001 σχεδίασαν και δημιούργησαν το πρώτο σύστημα ανακύκλωσης λαμπτήρων Balcan για όλους τους τύπους λαμπτήρων αποβλήτων. Το σύστημα ανακύκλωσης λαμπτήρων Balcan παράγει μερικά από τα καθαρότερα διαθέσιμα γυαλιά από την ανακύκλωση των λαμπτήρων και διαθέτει αγορές για όλα τα υποπροϊόντα.

Οι εταιρείες που χρησιμοποιούν υγρό ή μερικώς υγρό σύστημα ανακύκλωσης των λαμπτήρων δημιουργούν ένα τεράστιο και πιθανό περιβαλλοντικό πρόβλημα εάν τα υγρά που διαρρέουν εισέρχονται στο οικοσύστημα. Τα ξηρά συστήματα αποτελούν τον βιομηχανικό κανόνα, καθώς μεγιστοποιούν την καθαρότητα του ανακυκλωμένου γυαλιού. Επίσης, πολλά συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι οικιακά συστήματα ανακύκλωσης λαμπτήρων και δεν έχουν το επίπεδο πολυπλοκότητας που διαθέτει το σύστημα ανακύκλωσης Balcan lamp. Τα συστήματα ανακύκλωσης λαμπτήρων Balcan είναι διαθέσιμα για αγορά και διατίθενται παγκοσμίως σε εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων, ανακυκλωτές λαμπτήρων καθώς και κατασκευαστές λαμπτήρων.

### 5.4.3 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

Όλα τα σχέδια των μηχανημάτων ανακύκλωσης λαμπτήρων της Balcan φέρουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ένα ντουλάπι ηλεκτρονικού ελέγχου μέσω του οποίου λειτουργεί το μηχάνημα. Αποτελείται από φως έκτακτης ανάγκης και μια σειρήνα, η οποία δείχνει στο προσωπικό τυχόν βλάβη λειτουργίας κάποιου τμήματος του μηχανήματος.
- Την μονάδα διπλού διαχωρισμού η οποία στο πρώτο της στάδιο διασπά μικρούς λαμπτήρες οι οποίοι τοποθετούνται μαζί με τα άλλα θραύσματα. Χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τα υαλοθραύσματα από τα διαχωρισμένα θραύσματα. Στο δεύτερο στάδιο ολοκληρώνεται το τελικό καθάρισμα των υαλοθραυσμάτων για να απομακρυνθεί το μεγαλύτερο μέρος του υδράργυρου με επίστρωση φωσφόρου, όσο είναι δυνατόν.
- Πρέπει να αναφερθεί ότι το αρχικό τμήμα της μονάδας διαχωρισμού έχει σχεδιαστεί για να δέχεται δοχεία 210 λίτρων τα οποία φορτώνονται μέσω ενός υδραυλικού συστήματος υπερύψωσης το οποίο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για να φορτώσει θραύσματα από κοντέινερ διαφόρων μεγεθών.
- Κάθε μηχάνημα λειτουργεί με αρνητική πίεση έτσι ώστε να μην ξεφύγει ο υδράργυρος αλλά και οι αναθυμιάσεις που μπορούν να μολύνουν το προσωπικό αλλά και τη γύρω περιοχή και γίνεται χρήση ειδικών μονάδων φίλτρων οι οποίες απορροφούν ως και τον παραμικρό κόκκο σκόνης καθώς και τις τυχόν αναθυμιάσεις. Η ψιλή σκόνη και οι αναθυμιάσεις περνούν μέσω του φίλτρου και ενός σωλήνα και καταλήγουν σε έναν αγωγό ο οποίος περιέχει ενεργό άνθρακα. Αυτή είναι η πιο γνωστή διεθνώς μέθοδος απομάκρυνσης του υδραργύρου από τον αέρα ώστε να μην μπορεί να διοχετευτεί στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 5.4.5 : Μηχάνημα ανακύκλωσης λαμπτήρων της Balcan

## 5.4.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ:

### 5.4.4.1 Λαμπτήρες Τεχνολογίας CFL

Οι λαμπτήρες **CFL** έρχονται σε πολλά σχήματα και μεγέθη. Τα βασικά προβλήματα ανακύκλωσης αυτών των τύπων λαμπτήρων είναι ότι τα τρέχοντα συστήματα ανακύκλωσης λαμπτήρων δεν είναι σε θέση να τους χειριστούν χωρίς δαπανηρές τροποποιήσεις. Αυτοί οι λαμπτήρες υδραργύρου μπορούν να βλάψουν σοβαρά μερικά από τα παλιά συστήματα ανακύκλωσης που χρησιμοποιούνται. Τα πλαστικά εξαρτήματα και τα εσωτερικά εξαρτήματα δεν μειώνονται σε όγκο κατά τη διαδικασία σύνθλιψης και συνεπώς δεν ρέουν και τα εναλλακτικά συστήματα συχνά περιλαμβάνουν την ανθρώπινη παρέμβαση για θραύση του γυαλιού με σφυρί για τον διαχωρισμό των εξαρτημάτων.

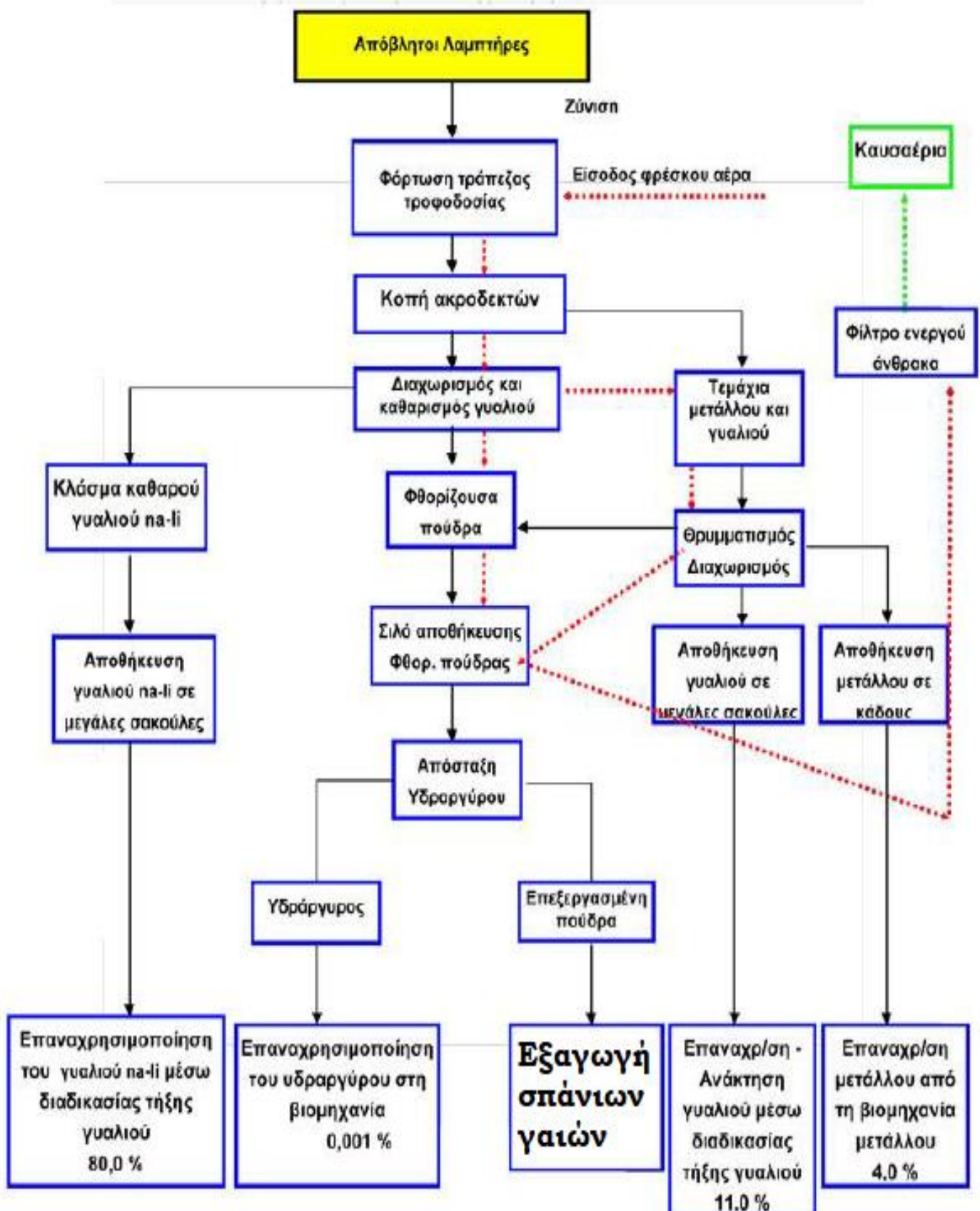
Όλα τα συστήματα ανακύκλωσης λαμπτήρων Balcan ενσωματώνουν τη μονάδα MP που καθιστά εύκολη την επεξεργασία αυτών των τύπων λαμπτήρων καθώς και πολλών άλλων τύπων λαμπτήρων.

Το σύστημα ανακύκλωσης λαμπτήρων φθορισμού της Balcan διαχωρίζει εύκολα τη γυάλινη επιφάνεια ,από την συχνά πλαστική βάση, πριν καθαρίσει το γυαλί με την επίστρωση σκόνης που περιέχει υδράργυρο. Τα σχέδια των ανακυκλωτήρων λαμπτήρων της Balcan κάνουν το γυαλί να δουλεύεται από μόνο του κατά τη διαδικασία του καθαρισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα λιγότερες απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας και καθαρότερα προϊόντα.

### 5.4.4.2 Ευθύγραμμοι λαμπτήρες φθορισμού

Η μέθοδος επεξεργασίας για τους ευθύγραμμους λαμπτήρες φθορισμού είναι η **κοπή άκρων/ώθησης αέρα-end-cut/air-push**. Κατά την είσοδο των λαμπτήρων στην γραμμή επεξεργασίας, ένας ανιχνευτής υπολογίζει την ποσότητα της φθορίζουσας πούδρας που περιέχει και καταγράφει τα τεχνικά στοιχεία της πούδρας στον υπολογιστή. Στη συνέχεια, αφαιρούνται τα άκρα των λαμπτήρων και με την βοήθεια της εισόδου αέρα υπο πίεση αφαιρείται από τον γυάλινο σωλήνα η πούδρα που περιέχει υδράργυρο και προωθείται στη διαδικασία απόσταξης στους **6000°C**. Τα άκρα των λαμπτήρων προωθούνται σε διαδικασία κοπής/κοσκινίσματος. Το κενό γυαλί περνάει από ανιχνευτή μετάλλων για να πιστοποιηθεί ότι είναι καθαρό , στη συνέχεια θρυμματίζεται και αποθηκεύεται σε μεγάλους σάκους, έτσι ώστε να είναι εύκολη η αποθήκευσή και η μεταφορά του.





Εικόνα 5.4.6: Διάγραμμα ανακύκλωσης λαμπτήρων

## 5.4.5 ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΠΑΝΙΩΝ ΓΑΙΩΝ

### 5.4.5.1 Εξαγωγή Ευρωπαϊού απο το Ύττριο

Τα μέταλλα **ευρωπαϊού και υττρίου** καθώς και μερικά πολύτιμα άλατα ανακτώνται από την επικάλυψη πούδρας στην εσωτερική επιφάνεια των γυάλινων σωλήνων των λαμπτήρων φθορισμού.

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι ανάκτησης της φθορίζουσας σκόνης:

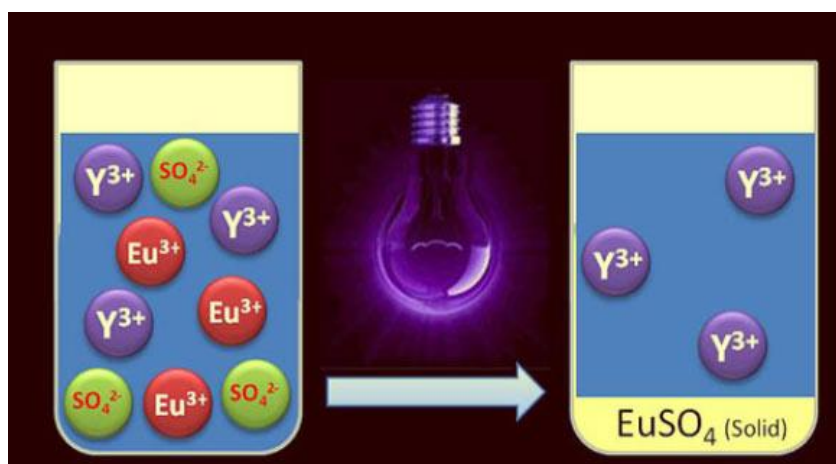
- **Η άμεση επαναχρησιμοποίηση της φθορίζουσας σκόνης.** Η σκόνη στους γραμμικούς λαμπτήρες ανακτάται με τη μέθοδο που περιγράφηκε στο **5.4.4.2** πιο πάνω, όμως σε όλα τα άλλα είδη λαμπτήρων δημιουργούνται πολλά προβλήματα, γιατί συλλέγεται συγχρόνως και η σκόνη που προέρχεται από τη σύνθλιψη των λαμπτήρων, η οποία δεν είναι καθαρή από πολύ λεπτά κομμάτια γυαλιού. Τα σπασμένα κομμάτια γυαλιού διαχωρίζονται από τη φθορίζουσα σκόνη με μια διαδικασία στερεού ή υγρού κοσκινίσματος. Πάλι, όμως, η σκόνη μπορεί να περιέχει έως και 50% λεπτότατα κομμάτια γυαλιού και έτσι μειώνεται η αξία της. Εξάλλου, διαφορετικοί τύποι λαμπτήρων περιέχουν διαφορετικά μείγματα φθορίζουσών ουσιών και δεν είναι δυνατή η κοινή επεξεργασία τους. Τέλος, η ποιότητα των φθορίζουσών ουσιών κατά την επαναχρησιμοποίησή τους μειώνεται δραστικά.
- **Απομάκρυνση των μειγμάτων της φθορίζουσας σκόνης με φυσικοχημικές μεθόδους.** Χρησιμοποιείται η εκπλυση, όπως και στη βιομηχανία μετάλλων στα ορυχεία για το διαχωρισμό πολύτιμων ορυκτών στοιχείων, που στηρίζεται στην ικανότητα των φυσαλίδων αέρα να προσκολλώνται σε συγκεκριμένες ορυκτές επιφάνειες. Όμως, ο διαχωρισμός των μορίων των φθορίζουσών ουσιών δεν είναι τόσο εύκολος όσο ο διαχωρισμός των μορίων των ορυκτών μεταλλευμάτων, γιατί όλα τα φθορίζοντα συστατικά είναι οξειδία, φωσφορικά ή βορικά ή αργιλικά άλατα και έτσι είναι πολύ όμοια στην υδροφοβικότητα. Με τις φυσικοχημικές μεθόδους είναι περιορισμένη η καθαρότητα των φθορίζουσών ουσιών και μπορεί να αλλάξει η δομή των μορίων τους, με αποτέλεσμα η ποιότητα των ανακυκλωμένων συστατικών να είναι κατώτερη από το αρχικό προϊόν.
- **Ανάκτηση των σπάνιων γαιών από το περιεχόμενο των λαμπτήρων.** Το περιεχόμενο των λαμπτήρων διαλύεται σε υδατική ακετόνη 30% για να αποφευχθεί η εκπομπή ατμών υδραργύρου στην ατμόσφαιρα και η σκόνη συλλέγεται. Τα μέταλλα που είναι διαθέσιμα στη σκόνη διαχωρίζονται υπό πίεση με τη χρήση μίγματος **θειικού οξέος / νιτρικού οξέος**. Το θειικό άλας του ευρωπαϊού και του υττρίου, που αποκτάται με τον τρόπο αυτό, μετατρέπεται σε θειοκυανικό. Διαλύτης χλωριούχου τριμεθυλοβενζυλαμμωνίου χρησιμοποιείται για την εκλεκτική εκχύλιση του Eu και του Y από το διάλυμα θειοκυανικού. Το μέταλλο που φορτώνεται στον οργανικό διαλύτη ανακτάται με φωσφορικό N-τριβουτυλεστέρα σε 1 M νιτρικό οξύ για να παραχθούν νιτρικά άλατα των Eu και Y. Το νιτρικό άλας του ευρωπαϊού διαχωρίζεται από το νιτρικό ύττριο με διάλυση σε αιθυλική αλκοόλη. Η απομονωθείσα σκόνη περιέχει οξείδιο του ευρωπαϊού 1,62%, οξείδιο του υττρίου 1,65%, θειικό ασβέστιο 34,48%, ορθοφωσφορικό ασβέστιο 61,52% και άλλα κατά βάρος μέταλλα πρόσμιξης 0,65%. Η αφομοίωση στο αυτόκαυστο της σκόνης στο μείγμα οξέων (θειικό / νιτρικό) για 4 ώρες σε

θερμοκρασία  $\approx 125^\circ\text{C}$  και πίεση 5 MPa διαλύει το 96,4% του υτρίου και το 92,8% του ευρώπιου. Η μετατροπή του θεικού σε θειοκυανιούχο ευνοείται σε χαμηλή θερμοκρασία. Η εκχύλιση των Eu και Y από το διάλυμα θειοκυανικού άλατος φθάνει στο μέγιστο στους  $\approx 80^\circ\text{C}$ .

Ο καθηγητής Van Gerven του Πανεπιστημίου της Luven στο Βέλγιο κατάφερε να αποσπάσει το ευρώπιο από το υγρό μείγμα χρησιμοποιώντας υπεριώδες φως αντί για διαλύτη. Το ευρώπιο και το ύτριο έχουν τρία θετικά φορτία σε κάθε ιόν και το υπεριώδες φως επηρεάζει τα ιόντα. Όταν ρίχνουμε υπεριώδες φως στο διάλυμα του ευρώπιου και του υτρίου, ένα θετικό φορτίο ανά ιόν του ευρώπιου εξουδετερώνεται. Όταν προσθέσουμε θείο, μόνο το ευρώπιο αντιδρά με αυτό. Το αποτέλεσμα είναι ένα ίζημα που εύκολα μπορεί να φιλτραριστεί, ενώ το ύτριο παραμένει μέσα στο διάλυμα.

Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι με το υπεριώδες φως δε γίνεται χρήση χημικών ουσιών και ότι η καθαρότητα στα μείγματα είναι πολύ υψηλή γιατί πάνω από το 95% του ευρώπιου ανακτάται από το μείγμα. Το ίζημα είναι σχεδόν κατά 98,5% καθαρό, περιέχει ελάχιστα ίχνη υτρίου. Μια παρόμοια καθαρότητα επιτεύχθηκε με βιομηχανικά μείγματα, όμως η διαδικασία του διαχωρισμού χρειάζεται περαιτέρω βελτίωση.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η παραπάνω μέθοδος διαχωρισμού του ευρώπιου από το ύτριο.



**Εικόνα 5.4.5.1 :** Διαχωρισμός Ευρώπιου από το Ύτριο.

#### 5.4.5.2 Διαδικασία εξαγωγής όλων των σπάνιων γαιών της OSRAM και της RHODIA

Η εταιρεία **OSRAM** (ιδιοκτησία της **Siemens**) ανέπτυξε μια διαδικασία για την ανάκτηση όλων σπάνιων γαιών από χρησιμοποιημένες φθορίζουσες ουσίες. (Otto και Wojtalewicz - Kasprzac, 2012).

Μετά από μηχανικό διαχωρισμό των χονδροειδών τμημάτων των λαμπτήρων φθορισμού, οι σκόνες φθορισμού κοσκινίζονται με πλέγμα πλάτους 20-25 μm. Τα διάφορα φθορίζοντα συστατικά αφαιρούνται με διάφορες επιλεκτικές μεθόδους έκπλυσης.

Ο αλογονοφωσφορικός φώσφορος διαλύεται σε αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος, σε θερμοκρασίες κάτω των 30°C. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το  $Y_2O_3:Eu^{3+}$  είναι το μόνο που δεν προσβάλλεται καθόλου ή προσβάλλεται ελάχιστα, ενώ οι άλλες φθορίζουσες ουσίες σπάνιων γαιών δεν προσβάλλονται καθόλου. Το  $Y_2O_3:Eu^{3+}$  μπορεί να διαλυθεί σε αραιωμένο υδροχλωρικό ή θειικό οξύ, σε θερμοκρασίες μεταξύ 60 - 90°C.

Το  $LaPO_4:Ce^{3+},Tb^{3+}$  μπορεί να διαλυθεί σε θερμό πυκνό θειικό οξύ, σε θερμοκρασίες μεταξύ 120 - 230°C. Οι φθορίζουσες ουσίες με αργιλικό άλας  $(Ce,Tb)MgAl_{11}O_{19}$  και  $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$  μπορούν να προσβληθούν από ένα διάλυμα 35% υδροξειδίου του νατρίου στους 150°C σε έναν κλίβανο αποστείρωσης.

Η **OSRAM** ακολουθεί διάφορες εναλλακτικές μεθόδους για να προσβάλει τα φθορίζοντα συστατικά και να διαχειριστεί τα υπολείμματα, όπως είναι οι μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων ασβεστίου.

Η εταιρεία **Rhodia** (του όμιλου Solvay) ανέπτυξε ένα φύλλο ροής για την ανάκτηση των σπάνιων γαιών από ένα μείγμα αλογονοφωσφορικών και φθορίζουσων ουσιών σπάνιων γαιών (Braconnier and Rollat, 2010). Οι φθορίζουσες ουσίες προσβάλλονται με θερμό νιτρικό οξύ (ή με υδροχλωρικό οξύ) και τέλος με ένα θερμό συμπυκνωμένο διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου ή τετηγμένου ανθρακικού νατρίου. Οι σπάνιες γαίες ανακτώνται από τα διαλύματα έκπλυσης για περαιτέρω διαχωρισμό τους σε μεμονωμένα στοιχεία με διαδικασία εκχύλισης με διαλύτη.

Η Rhodia έχει ανακοινώσει τη δημιουργία δύο ειδικών εγκαταστάσεων για την ανάκτηση σπάνιων γαιών από τους λαμπτήρες φθορισμού στη La Rochelle και στο Saint-Fons (Γαλλία). Η μέθοδος της Rhodia έχει βελτιστοποιηθεί για την ανακύκλωση των σπάνιων γαιών από λαμπτήρες φθορισμού στη Γαλλία, αλλά οι λαμπτήρες φωσφορικής σύνθεσης ποικίλλουν ευρέως σε όλη την Ευρώπη. Γι' αυτό απαιτείται ακόμα πολλή έρευνα σχετικά με την εμπορική ανακύκλωση των λαμπτήρων φθορισμού.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέθοδοι ανάκτησης των σπανίων γαιών, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους:

<b>Μέθοδος</b>	<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
Άμεση επαναχρησιμοποίηση των φθορίζουσών ουσιών	Πολύ απλή μέθοδος Δεν απαιτείται χημική διαδικασία	Εφαρμόσιμη μόνο σε ένα είδος λαμπτήρων Οι φθορίζουσες ουσίες φθίνουν κατά τη διάρκεια ζωής της λάμπας
Διαχωρισμός των φθορίζουσών ουσιών σε μεμονωμένα συστατικά	Σχετικά απλή μέθοδος Ελάχιστη ή μηδενική χρήση χημικών	Πολύ δύσκολη η ανάκτηση καθαρών ουσιών Οι φθορίζουσες ουσίες φθίνουν κατά τη διάρκεια ζωής της λάμπας
Επανάκτηση των σπάνιων γαιών	Εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους φθοριούχων μειγμάτων Εφαρμόζονται οι ίδιες διαδικασίες όπως και για την εξαγωγή σπανίων γαιών από τα μεταλλεύματα Παράγονται πολύ καθαρά οξείδια σπάνιων γαιών, που μπορούν να έχουν και άλλες εφαρμογές	Η διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές Καταναλώνεται μεγάλη ποσότητα χημικών και νερού

**Πίνακας 5.4.5.1 :** Μέθοδοι ανάκτησης σπάνιων γαιών / Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ**

Οι διατάξεις των ΠΔ 117/2004 (ΦΕΚ 82 Α) και ΠΔ 15/2006 (ΦΕΚ 12 Α), σε συμμόρφωση με τις διατάξεις των Οδηγιών 2002/96/ΕΚ (WEEE), 2002/95/ΕΚ (RoHS) και 108/2003/ΕΚ, επιβάλλουν τη χωριστή συλλογή των ΑΗΗΕ από τα οικιακά απόβλητα και την εξειδικευμένη επεξεργασία τους, με σκοπό την αξιοποίησή τους κατά την οποία θα πρέπει να επιτυγχάνεται υψηλό επίπεδο ανακύκλωσης.

Στο πεδίο εφαρμογής των νομοθετικών διατάξεων εμπίπτουν όλα τα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (**ΗΗΕ**) που χρησιμοποιούνται από τους καταναλωτές καθώς και τα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που προορίζονται για επαγγελματική χρήση.

Η ευθύνη για την οργάνωση της χωριστής συλλογής και αξιοποίησης των ΑΗΗΕ επιβάλλεται στους παραγωγούς ΗΗΕ, δηλ. σε κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο που διαθέτει για πρώτη φορά στην ελληνική αγορά προϊόντα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, ανεξάρτητα από τη χώρα προέλευσής τους, είτε αυτά προορίζονται για οικιακή (B2C) είτε για επαγγελματική χρήση (B2B).

## 6.1 ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΑΗΗΕ

Σύμφωνα με τις νέες νομοθετικές ρυθμίσεις:

Κάθε παραγωγός (ΑΗΗΕ) υποχρεούται από 5.3.2004:

- Να οργανώνει και να χρηματοδοτεί την εναλλακτική διαχείριση των ΑΗΗΕ από τα δικά του προϊόντα που διαθέτει στην ελληνική αγορά. Οι παραγωγοί ΑΗΗΕ μπορούν να επιλέγουν εάν θα εκπληρώνουν την υποχρέωση αυτή ατομικά, με την οργάνωση εγκεκριμένου συστήματος ατομικής εναλλακτικής διαχείρισης, ή συλλογικά, με την ένταξή τους σε εγκεκριμένο συλλογικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ, σύμφωνα με τους όρους και προϋποθέσεις του άρθρου 7 του ΠΔ 117/2004.
- Μετά τις 13 Αυγούστου 2005, να επισημαίνει με το σύμβολο του διαγραμμένου κάδου τα προϊόντα που διαθέτει στην ελληνική αγορά.
- Να είναι εγγεγραμμένος στο Μητρώο Παραγωγών του ΥΠΕΚΑ και από 1.1.2006 να εμφανίζει τον αριθμό Μητρώου του σε όλα τα νομιμοποιητικά και οικονομικά έγγραφα του (σφραγίδα της εταιρείας, Δελτία Αποστολής, Τιμολόγια κλπ.).

Οι υπόχρεοι παραγωγοί ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού για να λάβουν από το ΥΠΕΚΑ **Αριθμό Μητρώου Παραγωγού (ΑΜΠ)** θα πρέπει να καταθέτουν:

- Αίτηση χορήγησης ΑΜΠ πλήρως συμπληρωμένη και υπογεγραμμένη
- Βεβαίωση συμμετοχής σε εγκεκριμένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ.

Η βεβαίωση συμμετοχής σε εγκεκριμένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ χορηγείται από τα συστήματα εφόσον:

- Ο υπόχρεος παραγωγός έχει υπογράψει σύμβαση με εγκεκριμένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ και η εν λόγω σύμβαση είναι σε ισχύ, όταν ο παραγωγός υποβάλει αίτηση χορήγησης ΑΜΠ.
- Ο υπόχρεος παραγωγός έχει προσκομίσει στο εγκεκριμένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ τα αναγκαία νομιμοποιητικά έγγραφα (π.χ.

ΦΕΚ σύστασης εταιρείας, καταστατικό, πιστοποιητικό περί μη πτώχευσης κ.λπ).

- Ο υπόχρεος παραγωγός έχει στείλει στο σύστημα περιοδικές δηλώσεις με το σύνολο των τεμαχίων και βάρους των ΑΗΗΕ που διέθεσε στην ελληνική αγορά

## **6.2 ΔΙΑΚΙΝΗΤΕΣ – ΔΙΑΝΟΜΕΙΣ ΑΗΗΕ**

Οι διακινητές (διανομείς) υποχρεούνται από 5.3.2004:

- Να διακινούν στην ελληνική αγορά μόνο τα είδη ΑΗΗΕ που είναι ενταγμένα σε εγκεκριμένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης (ΠΔ 117/2004, άρθρο 4.7.α)
- Να προμηθεύονται τα είδη ΑΗΗΕ από παραγωγούς που είναι εγγεγραμμένοι στο Μητρώο Παραγωγών (ΠΔ 117/2004, άρθρο 4.7.β) κατά την παροχή νέου προϊόντος.
- Να παραλαμβάνουν χωρίς επιβάρυνση αποσυρόμενο εξοπλισμό, ο οποίος είναι ισοδύναμου τύπου και εκπληρώνει τις ίδιες λειτουργίες με τον παρεχόμενο εξοπλισμό (ΠΔ 117/2004, άρθρο 9.Β.2).



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ (FUTURE WORKS )**

## 7.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

Τα **πλεονεκτήματα - συμπεράσματα** της ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ είναι τα εξής:

- Η **μείωση του όγκου των απορριμμάτων** και της ανάγκης για τη δημιουργία νέων Χ.Υ.Τ.Α..
- Η **αποφυγή της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από επικίνδυνες ουσίες** που περιέχονται σε αυτά, όταν μετά το τέλος της χρήσιμης ζωής τους δε υποστούν ορθή περιβαλλοντική διαχείριση.
- Η συνεισφορά στον **περιορισμό της βιομηχανικής ρύπανσης**, καθώς μειώνεται η παραγωγή τοξικών αερίων και σωματιδίων που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα ή βιομηχανικών αποβλήτων που ρυπαίνουν το νερό και το υπέδαφος.
- Η **εξοικονόμηση ενέργειας** μέσω της μείωσης των παραγωγικών διαδικασιών, και ο περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.
- Η **μείωση της εξόρυξης** των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων, όπως είναι τα μεταλλεύματα και το πετρέλαιο, με αποτέλεσμα την αποφυγή της περιβαλλοντικής υποβάθμισης.
- Η **μείωση του κόστους αποκομιδής** και μεταφοράς προς τους Χ.Υ.Τ.Α.
- Η **αύξηση των θέσεων απασχόλησης**, που ειδικά για τον κλάδο της ανακύκλωσης ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στη χώρα μας είναι περισσότερες από 1.000.

## 7.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΣΠΑΝΙΩΝ ΓΑΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΛΑΜΠΗΤΡΕΣ

Τα στοιχεία των σπάνιων γαιών είναι κρίσιμα για τη λειτουργικότητα ενός πλήθους από σύγχρονες εμπορικές βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένης της αναδυόμενης τεχνολογίας πράσινης ενέργειας, των ηλεκτρονικών, των ιατρικών συσκευών και των εφαρμογών εθνικής άμυνας.

Παρά την καίρια σημασία τους σε πολλές βιομηχανίες, μέχρι σήμερα δεν δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής σπάνιων γαιών. Η ταχεία ανάπτυξη σε αυτούς τους βιομηχανικούς τομείς θα μπορούσε να οδηγήσει σε αυξημένη παγκόσμια ζήτηση για σπάνιες γαίες.

Σύμφωνα με αναλύσεις που έχουν γίνει, η εξόρυξη, καθώς και η φάση του ψησίματος, έχουν τη μεγαλύτερη συμβολή στις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επιπλέον, τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι η παραγωγή οξειδίων σπάνιων γαιών καταναλώνει πάνω από 20 φορές περισσότερη ενέργεια σε σύγκριση με το ατσάλι (ανά μονάδα μάζας).

Η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή οξειδίων σπάνιων γαιών επιβάλλουν την ανάπτυξη δραστηριοτήτων ανακύκλωσής τους για την επαναχρησιμοποίηση τους και την αποφυγή των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, την υγεία και την οικονομία.

### **7.3 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ** (σύμφωνα με την ιστοσελίδα της Ανακύκλωσης Α.Ε.)

Οι ενέργειες της **ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ Α.Ε.** αποσκοπούν στη διατήρηση και τη βελτίωση της ποιότητας του φυσικού μας περιβάλλοντος, τη συνετή και ορθολογική χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων και την προστασία της υγείας των ανθρώπων.

Πρωταρχική επιδίωξη της εταιρείας είναι η καθοριστική συμβολή στην επίτευξη των εθνικών στόχων, όπως αυτοί καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή και την Ελληνική νομοθεσία, καθώς και ο αποτελεσματικός έλεγχος του κόστους της Εναλλακτικής Διαχείρισης των ΑΗΗΕ.

Η ευρωπαϊκή οδηγία, που ενσωματώθηκε στο ελληνικό δίκαιο από το Μάιο του 2014, ορίζει ότι από το 2016 η ποσότητα που οφείλει να συγκεντρώνει και να ανακυκλώνει κάθε κράτος-μέλος ανέρχεται στο **45%** του μέσου όρου του βάρους των συσκευών που αγοράστηκαν την αμέσως προηγούμενη τριετία. Το 2019 το ποσοστό αυτό θα πρέπει να έχει φτάσει στο **65%**, ενώ αυξάνονται αντίστοιχα και κατά **5%** οι ποιοτικοί στόχοι. Μέχρι και το **2015** οι εθνικοί στόχοι περιελάμβαναν τη χωριστή συλλογή τουλάχιστον **4 kg ΑΗΗΕ** οικιακής προέλευσης κατά μέσο όρο ανά κάτοικο και ανά έτος.

Τίποτα από τα παραπάνω δε μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη **συστηματική συμμετοχή** των πολιτών.

Απώτερος στόχος επικοινωνίας της Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. είναι όλοι οι πολίτες να αναγνωρίσουν την περιβαλλοντική αξία της ανακύκλωσης ηλεκτρικών συσκευών και να αναλάβουν ατομική ευθύνη.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Φραγκίσκος Τοπάλης, *Φωτοτεχνία*, Εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
2. <http://technilampsi.eu/i-istoria-tou-fotismou-kai-tis-lampas/>
3. <http://sci-news.com/othersciences/chemistry/science-recovery-rare-earth-metals-fluorescent-lamps>
4. «Recycling of rare earths: a critical review», στο <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612006932>
5. B.M.J. Smets, «Phosphors based on rare-earths, a new era in fluorescent lighting», στο [https://www.researchgate.net/publication/222373383\\_Phosphors\\_based\\_on\\_rare-earths\\_a\\_new\\_era\\_in\\_fluorescent\\_lighting](https://www.researchgate.net/publication/222373383_Phosphors_based_on_rare-earths_a_new_era_in_fluorescent_lighting)
6. K. Binnemans - P.T. Jones, «Perspectives for the recovery of rare earths from end-of-life fluorescent lamps», στο <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S100207211460051X>
7. Εξαγωγή σπάνιων γαιών, [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)
8. [www.fotokiklosi.gr](http://www.fotokiklosi.gr)
9. <http://www.cfl-lamprecycling.com/>
10. <http://www.balcan.co.uk>
11. <http://minenv.gr/anakyklosi/v.menu/ahhe/ahhe.html>
12. <http://www.electrocycle.gr>
13. <http://www.ecodesign.gr>
14. <http://www.elvan.com.gr>
15. ΟΙΚΟ-ΚΥΚΛΙΟΣ Α.Ε.Β.Ε: <http://www.oikokiklios.gr/>