



Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Σπουδών

Τμήμα Βαλκανικών, Σλαβικών και Ανατολικών Σπουδών

Ανώτατη Διακλαδική Σχολή Πολέμου

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στις Διεθνείς Σχέσεις και  
Ασφάλεια

Διπλωματική Εργασία **«Η κατασκευή του Άκουγιου και οι συνέπειες για την  
Τουρκία και την περιοχή»**

Επιβλέπων: Καθηγητής Ηλίας Ι. Κουσκουβέλης

Σύνταξη: Νικόλαος Τσόδουλος

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2021

*Σελίδα σκόπιμα κενή*

Αφιερώνεται στην σύζυγό μου Μαίρη, που είναι πάντα εκεί...

...για να μου δείχνει το δρόμο προς τα εμπρός.

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι όλα τα στοιχεία σε αυτή την εργασία τα απέκτησα, τα επεξεργάστηκα και τα παρουσιάζω, σύμφωνα με τους κανόνες και τις αρχές της ακαδημαϊκής δεοντολογίας, καθώς και τους νόμους που διέπουν την έρευνα και την πνευματική ιδιοκτησία. Δηλώνω επίσης υπευθύνως ότι, όπως απαιτείται από αυτούς τους κανόνες, αναφέρομαι και παραπέμπω στις πηγές όλων των στοιχείων που χρησιμοποιώ και τα οποία δεν συνιστούν πρωτότυπη δημιουργία μου.»

Νικόλαος Τσόδουλος

## ***Ευχαριστίες***

Ολοκληρώνοντας τον κύκλο σπουδών μου σπουδές στις Διεθνείς Σχέσεις και Ασφάλεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο των καθηγητών του Πανεπιστημίου Μακεδονίας για το όραμα, τις γνώσεις και τις απόψεις τους οι οποίες στάθηκαν ικανές να διευρύνουν τον τρόπο σκέψης μου σε θέματα διεθνών σχέσεων, στρατηγικής και ασφάλειας.

Ιδιαίτερως δε, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στο Γενικό Επιτελείο Εθνικής Άμυνας, που μου έδωσε την δυνατότητα να σπουδάσω στο μεταπτυχιακό αυτό πρόγραμμα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή μου κ. Ηλία Κουσκουβέλη, ο οποίος, πέραν ότι υπήρξε ο άνθρωπος που μου υπενθύμισε το πόσο σημαντικό είναι να μην λησμονούμε τους θεμελιωτές των σημερινών επιστημών, όπως τον Θουκυδίδη, με την διδασκαλία του έγινε ο λόγος να μελετήσω ένα αντικείμενο σχετικό με την πυρηνική ενέργεια το οποίο θα μου είναι χρήσιμο στην επαγγελματική μου πορεία.

*Σελίδα σκόπιμα κενή*

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πίνακας Περιεχομένων .....	I
Εισαγωγή .....	1
Γενικά .....	1
Σκοπός .....	5
Κεφάλαιο 1 .....	7
Η Πυρηνική Ενέργεια ως Ηλεκτροπαραγωγική Πηγή.....	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Ιστορική Αναδρομή .....	7
1.3 Ορισμοί.....	10
1.4 Απο το Ορυκτό Ουράνιο στον Ηλεκτρισμό: Τεχνολογία και Βασικά Στοιχεία του Κλάδου της Πυρηνικής Ηλεκτροπαραγωγής.....	15
Κεφάλαιο 2.....	27
Το Μέλλον της Πυρηνικής Ενέργειας στην Ηλεκτροπαραγωγή.....	27
2.1 Γενικά.....	27
2.2 Οι Παράγοντες που Διαμορφώνουν το Μέλλον της Πυρηνικής Ενέργειας στην Ηλεκτροπαραγωγή .....	27
2.3 Η Πυρηνική Στρατηγική των Κρατών Σήμερα .....	37
Κεφάλαιο 3.....	41
Οι Επιπτώσεις της Πυρηνικής Ηλεκτροπαραγωγής.....	41
3.1 Γενικά.....	41
3.2 Οικονομία.....	43
3.3 Φυσικό Περιβάλλον.....	50
3.4 Ενεργειακή Ασφάλεια.....	53
3.5 Ασφάλεια .....	56
3.6 Οι Κοινωνικές Επιπτώσεις.....	60
3.7 Οι Γεωπολιτικές Επιπτώσεις.....	64
Κεφάλαιο 4.....	73
Το Πυρηνικό Πρόγραμμα Της Τουρκίας.....	73
4.1 Γενικά.....	73
4.2 Ο Σχεδιασμός μιας Πυρηνικής Τουρκίας.....	76
4.3 Η Υλοποίηση του Τουρκικού Πυρηνικού Προγράμματος .....	78
4.4 Ένα Κρυφό Πρόγραμμα Απόκτησης Πυρηνικών Όπλων.....	80
Κεφάλαιο 5.....	87
Το Εργοστάσιο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας του Άκουγιου.....	87
5.1 Γενικά.....	87
5.2 Η Περιοχή της Εγκατάστασης.....	89
5.3 Το Εργοστάσιο του Άκουγιου και η Τεχνολογία του.....	90
5.4 Το Προσδοκώμενο Οικονομικό Ωφελος.....	94

5.5 Ασφάλεια και Περιβάλλον.....	95
5.6 Κοινωνία .....	96
Κεφάλαιο 6.....	99
Οι Επιπτώσεις του Εργοστασίου Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας του Άκουγιου – Συμπεράσματα .....	99
Επίλογος.....	105
Βιβλιογραφία.....	107

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

1. Συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ποσόστωση ανά ενεργειακή πηγή .....	3
2. Εξέλιξη των γενεών των Πυρηνικών Αντιδραστήρων.....	10
3. Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας σχάσης.....	10
4. Σχηματική αναπαράσταση του κύκλου πυρηνικού καυσίμου.....	14
5. Κατανομή γνωστών αποθεμάτων ουρανίου.....	16
6. Σχηματική απεικόνιση παραγωγής UF6 και πυρηνικών καυσίμων.....	19
7. Χάρτης σεισμικότητας της Τουρκίας, στον οποίο αποτυπώνεται η θέση του Άκουγιου.....	88
8. Σχεδιάγραμμα του Πυρηνικού Εργοστασίου Άκουγιου.....	89

## ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

1. Σχέση Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης με Κατά Κεφαλήν Χρήση Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	2
2. Πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή 2018/2019 και αντίστοιχο παραγωγικό υψηλό, ανά χώρα.....	39
3. Κόστος παραγωγής ανά είδος ηλεκτροπαραγωγικής πηγής.....	47
4. Επιπεδοποιημένο κόστος παραγωγής ανά είδος ηλεκτροπαραγωγικής πηγής.....	48
5. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίων ανά είδος ενεργειακής πηγής.....	51
6. Δείκτες καταστροφικών ατυχημάτων ανά είδος ηλεκτροπαραγωγικής πηγής.....	58
7. Κατανομή συνολικής ενέργειας ανά ενεργειακή πηγή .....	72
8. Εισαγωγές αργού πετρελαίου ανά χώρα προέλευσης .....	72
9. Εισαγωγές φυσικού αερίου ανά χώρα προέλευσης .....	72
10. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά ενεργειακή πηγή.....	73
11. Επιμερισμός του προϋπολογισμού κατασκευής του Άκουγιου.....	86



**ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ**

1. Εν λειτουργία πυρηνικοί αντιδραστήρες ηλεκτροπαραγωγής, ανά είδος.....	20
2. Υλικά που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των πυρηνικών αντιδραστήρων.....	21
3. Υπό κατασκευή πυρηνικοί αντιδραστήρες .....	38
4. Διαστάσεις, παράμετροι της ηλεκτροπαραγωγής και οι αντίστοιχοι δείκτες που εξετάστηκαν .....	43
5. Στοιχεία κόστους πυρηνικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής.....	45

*Σελίδα σκόπιμα κενή*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### ΓΕΝΙΚΑ

Τον αιώνα που διανύουμε όροι όπως ποιότητα ζωής, ανάπτυξη, επίπεδο διαβίωσης, είναι συχνά αντικείμενο συζητήσεων σε μέσα μαζικής ενημέρωσης και επιστημονικά συνέδρια. Είναι επίσης αντικείμενο προεκλογικών δεσμεύσεων και διαφημιστικών εκστρατειών ιδιωτικών επιχειρήσεων. Είναι επόμενο λοιπόν οργανισμοί και ερευνητές να επιχειρούν να αξιολογήσουν ποσοτικά και ποιοτικά το επίπεδο αυτών των ιδιοτήτων, σε ομάδες πληθυσμού, είτε οι τελευταίες αφορούν σε κοινωνικές ομάδες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, είτε περιφέρειες ή κράτη. Ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος τέτοιος δείκτης είναι ο Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης – Human Development Index (HDI), ο οποίος αναπτύχθηκε από τους οικονομολόγους Mahbub ul Haq και Amartya Sen και ο οποίος χρησιμοποιείται από τον Ο.Η.Ε. για την εκπόνηση των προγραμμάτων του<sup>1</sup>. Ο δείκτης αυτός είναι ένας σύνθετος δείκτης που λαμβάνει υπόψη του το κατά κεφαλήν εισόδημα, το προσδόκιμο ζωής και την εκπαίδευση. Σύμφωνα με μια μελέτη του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT), η πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι ζωτικής σημασίας για την βελτίωση των παραγόντων που εξετάζει ο δείκτης HDI<sup>2</sup>. Η σχέση των οποίων φαίνεται στο διάγραμμα 1.

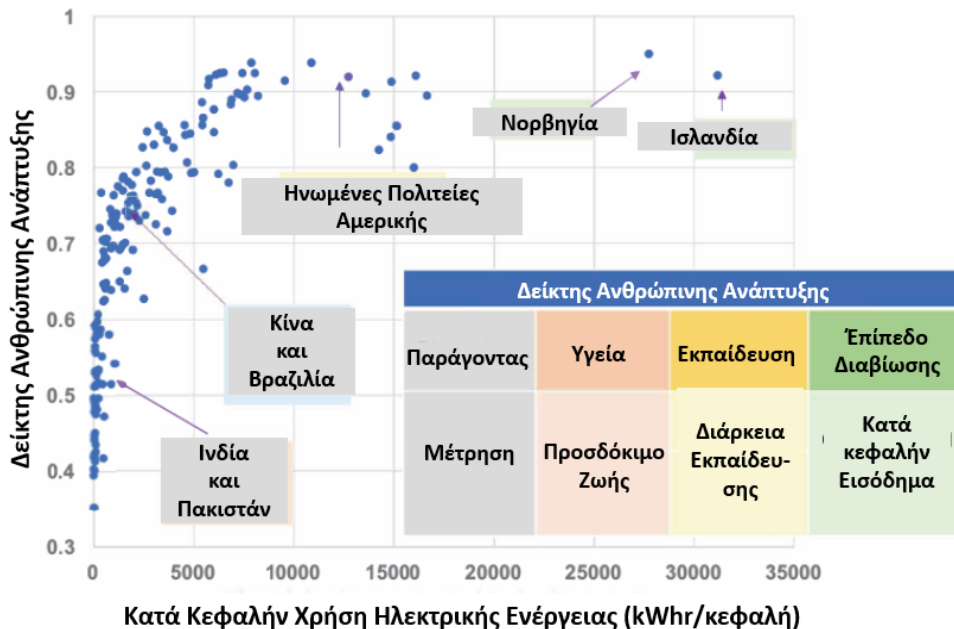
Είναι λοιπόν φανερό ότι η επάρκεια ηλεκτρικής ενέργειας και η ποιότητα ζωής είναι άρρηκτα συνδεδεμένες. Ο ηλεκτρισμός είναι ένα αγαθό για τον πολίτη ο οποίος δαπανά χρήματα για να τον χρησιμοποιεί στην καθημερινότητά του. Είναι επίσης ένα αγαθό για τις επιχειρήσεις οι οποίες είτε τον χρησιμοποιούν για να παράγουν, είτε επενδύουν σε αυτόν προκειμένου να τον εμπορεύονται. Τέλος τα κράτη, ως η επικρατέστερη μορφή κοινωνικής οργάνωσης, πέραν του ότι χρησιμοποιούν τον ηλεκτρισμό για την λειτουργία τους, σχεδιάζουν πολιτικές ώστε να εξασφαλίσουν την πρόσβαση των προηγούμενων σε αυτά. Οι πολιτικές αυτές αποσκοπούν στην

---

<sup>1</sup> B. Zohuri, και P.J. McDaniel, *Introduction to Energy Essentials: Insight into Nuclear, Renewable, and Non-Renewable Energies*, London: Elsevier Academic Press, 2021, σ.2.

<sup>2</sup> Massachusetts Institute of Technology, *The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Department of Nuclear Science and Engineering, 2020, σ. xv.

επάρκεια του ηλεκτρισμού προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες πολιτών και επιχειρήσεων, έτσι ώστε να επιτυγχάνουν την ανάπτυξη τους και κατ' επέκταση επιβίωση του ίδιου κράτους, στο ανταγωνιστικό περιβάλλον στο οποίο πορεύεται.

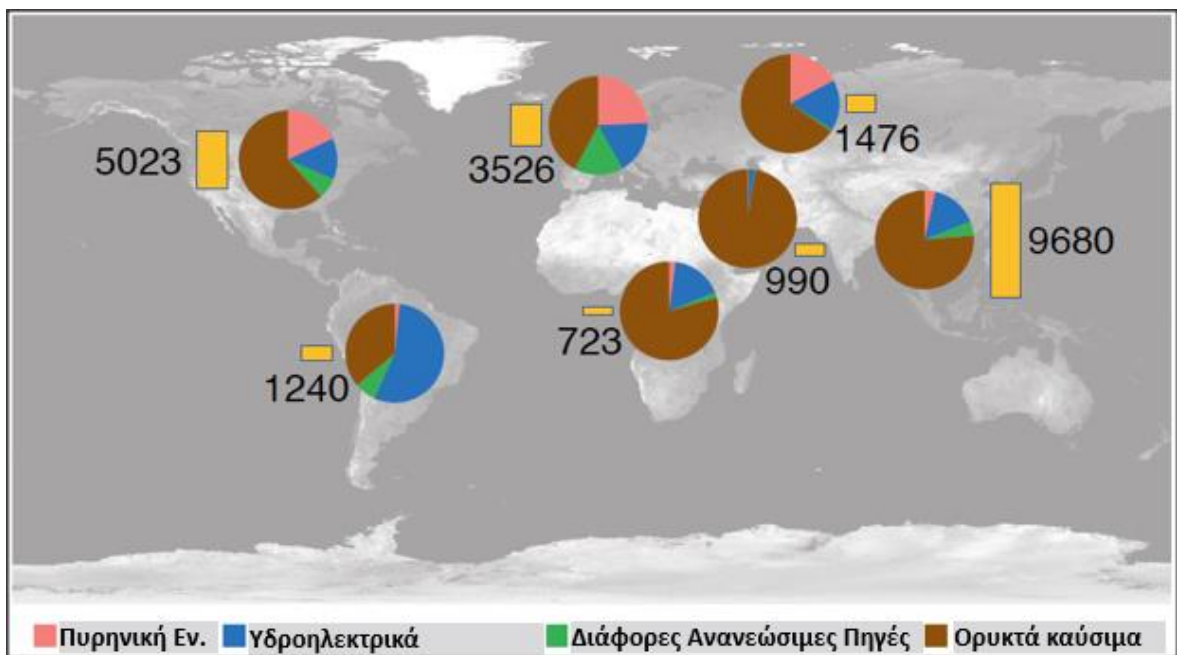


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1:** Σχέση Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης με Κατά Κεφαλήν Χρήση Ηλεκτρικής Ενέργειας<sup>3</sup>.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται πολλών ειδών μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούν και αντίστοιχες πρώτες ύλες. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, επί το πλείστον, είναι οι γαιάνθρακες, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, η πυρηνική ενέργεια, η ηλιακή ακτινοβολία, η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια. Κάθε μία από τις παραπάνω μεθόδους έχει διαφορετικό κόστος και απόδοση, αλλά και διαφορετικές επιπτώσεις στην ζωή των μελών της κοινωνίας που τροφοδοτούν. Επηρεάζουν το φυσικό περιβάλλον στο οποίο η κοινωνία διαβιώνει, την ασφάλεια και την υγεία του πληθυσμού, την κοινωνική του δομή και λειτουργία. Η επιλογή από τα κράτη της μεθόδου που θα χρησιμοποιήσουν για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, στηρίζεται σε παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα πρώτων υλών, η στάση του πληθυσμού και των ηγετών του απέναντι στο περιβάλλον, ο διαθέσιμος πλούτος και η γεωπολιτική κατάσταση. Εξετάζοντας

<sup>3</sup> Massachusetts Institute of Technology, The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Department of Nuclear Science and Engineering, 2020, σ. Xv.

την εικόνα 1, γίνεται κατανοητό ότι τελικά οι επιλογές των κρατών μεταξύ των διαφορετικών λύσεων, ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA) μας πληροφορεί ότι, η παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στο τέλος της 2<sup>ης</sup> δεκαετίας του 21<sup>ου</sup> αιώνα βασιζόταν κατά 36,7% στον άνθρακα, το 23,5% στο φυσικό αέριο, το 16% στις υδροηλεκτρικές μονάδες, το 10,3% στην πυρηνική ενέργεια, το 2,8% στο πετρέλαιο και το υπόλοιπο 12,5% σε διάφορες ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας<sup>4</sup>.



**ΕΙΚΟΝΑ 1:** Συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (σε TWh, κίτρινη στήλη) και ποσόστωση ανά ενεργειακή πηγή (Στοιχεία του 2014).<sup>5</sup>

Ένας από τους παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω, το φυσικό περιβάλλον, αξίζει ίσως μια ιδιαίτερη αναφορά καθώς, λόγω της κλιματικής αλλαγής, επηρεάζει σημαντικά τις αποφάσεις που λαμβάνονται σχετικά με τις εφαρμοζόμενες πολιτικές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας<sup>6</sup>. Σύμφωνα με αυτή τη δημοσίευση, το

<sup>4</sup> IEA, Electricity Information: Overview, IEA, Paris, 2021, διαθέσιμο στο <https://www.iea.org/reports/electricity-information-overview>.

<sup>5</sup> K. L. Smith και R. Gieré, Why Some Nations Choose Nuclear Power, Kleinman Center for Energy Policy, University of Pennsylvania, 2017, σ. 1.

<sup>6</sup> Στο ίδιο, σ. 3.

70% των εκπεμπόμενων ρύπων από την ανθρώπινη δραστηριότητα σχετίζεται με την παραγωγή, μετασχηματισμό και κατανάλωση της ενέργειας<sup>7</sup>.

Η ανησυχία για την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις που αυτή ήδη έχει ή θα έχει στο μέλλον για την ανθρώπινη διαβίωση, έχει οδηγήσει κυβερνήσεις και επιστήμονες στην αναζήτηση μεθόδων για αποδοτικότερη και μεγαλύτερη εκμετάλλευση μη ρυπογόνων πηγών ενέργειας. Μία από τις τεχνολογίες που θεωρείται ότι μπορεί να διαδραματίσει μεγαλύτερο ρόλο στην εξασφάλιση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, επιβαρύνοντας λιγότερο το περιβάλλον σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, είναι η πυρηνική ενέργεια.

Όπως αναφέρει ο Findlay, από την αυγή του 21<sup>ου</sup> αιώνα το παγκόσμιο ενδιαφέρον για την παραγωγή ηλεκτρισμού με χρήση της πυρηνικής ενέργειας αυξήθηκε δραματικά και πολλοί πίστεψαν ότι θα υπάρξει στον κόσμο μια «πυρηνική αναγέννηση»<sup>8</sup>. Ένας επιπλέον λόγος ύπαρξης αυτού του ενδιαφέροντος είναι και οι προβλέψεις για τις μελλοντικές ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι εκτιμήσεις που υπάρχουν, προβλέπουν ότι το 2040, η απαίτηση για ηλεκτρική ενέργεια θα είναι μιάμιση φορά μεγαλύτερη από την σημερινή<sup>9</sup>.

Είναι γεγονός ότι πολλές χώρες, όπως η Κίνα και η Ινδία, έχουν στρέψει την προσοχή τους στην πυρηνική ενέργεια<sup>10</sup>. Είναι επίσης γεγονός πως πολλές χώρες αποστρέφονται από την χρήση της πυρηνικής ενέργειας, ιδίως μετά το ατύχημα στο πυρηνικό εργοστάσιο της Fukushima της Ιαπωνίας, το οποίο προκάλεσε ιδιαίτερη ανησυχία σε πολίτες και οργανισμούς, ενώ πυροδότησε και διαμαρτυρίες που εναντιωνόταν στην συνέχιση της λειτουργίας τέτοιων Μονάδων<sup>11</sup>.

---

<sup>7</sup> Στο ίδιο.

<sup>8</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation*, Part 1, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ.9.

<sup>9</sup> B. Zohuri, και P.J. McDaniel, *Introduction to Energy Essentials: Insight into Nuclear, Renewable, and Non-Renewable Energies*, London: Elsevier Academic Press, 2021, σ.6.

<sup>10</sup> Στο ίδιο, σ. 69.

<sup>11</sup> R. Haas, L.Meiz, και A. Ajanovic, *Introduction: Why Discuss Nuclear Power Today?* στο *The Technological and Economic Future of Nuclear Power* επιμ. R. Haas, L. Mez, και A. Ajanovic, Fachmedien Wiesbaden: Springer, 2019, σ. 3.

Μία από τις χώρες, που τουλάχιστον η ηγεσία της, δεν συµμερίζεται ανησυχίες σχετικές µε την επικινδυνότητα λειτουργίας πυρηνικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι και η Τουρκία, η οποία την τρέχουσα περίοδο υλοποιεί ένα φιλόδοξο πρόγραµµα κατασκευής και λειτουργίας τέτοιων μονάδων. Το φιλόδοξο αυτό πρόγραµµα σκοπεύει η εξασφάλιση του ενός σηµαντικού ποσοστού της απαιτούµενης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, να πραγµατοποιείται από την εκµετάλλευση της πυρηνικής ενέργειας<sup>12</sup>.

Ο πρώτος σηµαντικός σταθµός αυτής της πορείας προς την πυρηνικοποίηση της χώρας, αποτελεί η κατασκευή του πυρηνικού σταθµού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του Άκουγιου. Ο σταθµός του Άκουγιου θα ψύχεται από τα νερά της Ανατολικής Μεσογείου, προκαλώντας έτσι ανησυχίες πολιτών, επιστηµόνων και αξιωµατούχων για τις επιπτώσεις που η λειτουργία του µπορεί να έχει στις γειτονικές χώρες, Ελλάδα και Κύπρο. Αντίστοιχες ανησυχίες προκαλεί η κατασκευή του πυρηνικού σταθµού σε ανθρώπους, είτε πολίτες, είτε λήπτες αποφάσεων, που βρίσκονται σε άλλες χώρες, καθώς είτε δεν εµπιστεύονται τις προθέσεις της Τουρκίας, είτε την ικανότητα της στην διαχείριση ενός πυρηνικού εργοστασίου. Τέλος, η λειτουργία ενός πυρηνικού εργοστασίου, δίπλα στο σπίτι τους, προκαλεί ιδιαίτερη ανησυχία σε πολίτες της ίδιας της Τουρκίας. Οι Τούρκοι αξιωµατούχοι, αλλά ίσως και πολλοί από τους απλούς πολίτες, επικεντρώνουν την προσοχή τους στις θετικές επιπτώσεις που θα έχει για την Τουρκία το όλο εγχείρηµα.

## **ΣΚΟΠΟΣ**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση των επιπτώσεων που θα έχει η κατασκευή του πυρηνικού σταθµού παραγωγής ενέργειας του Άκουγιου, για την ίδια την Τουρκία αλλά και για την περιοχή. Επιδίωξη αποτελεί για τον γράφοντα, ο αναγνώστης αυτής της εργασίας να αποκτήσει µια σφαιρική και τεκµηριωµένη γνώση για τις πιθανές επιπτώσεις της κατασκευής του Άκουγιου. Έτσι η ανάλυση µας δεν θα περιοριστεί απλά στις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις αυτού του εγχειρήµατος ή στις επιπτώσεις ενός πυρηνικού ατυχήµατος. Θα παρουσιαστεί στα

---

<sup>12</sup> C. I.Aydin, *Nuclear Energy In Turkey: Past, Present, And Future*. Yeditepe University, Department of Economics, Notes on Economy, No:2018-03, σ. 3.

επόμενα κεφάλαια μια ανάλυση των κοινωνικών, οικονομικών, γεωπολιτικών επιπτώσεων της κατασκευής του Άκουγιου, ως το πρώτο βήμα της απόπειρας της Τουρκίας για πυρηνικοποίηση, σύμφωνα με το πρόγραμμα που η ίδια η Τουρκία έχει ανακοινώσει. Επιπλέον, θα εξετασθεί η πιθανότητα να υπάρχει από την Τουρκία μία μη ανακοινώσιμη ατζέντα κατεύθυνσης της χώρας προς τα πυρηνικά όπλα, δεδομένης της εξωτερικής πολιτικής που αυτή διεξάγει, προβάλλοντας τον εαυτό της ως μια περιφερειακή δύναμη, ικανή να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό και την τύχη των λαών της γειτονιάς της.

Για την επίτευξη του σκοπού της, η εργασία αυτή θα παρουσιάσει στο πρώτο της κεφάλαιο, τη φύση και τη τεχνολογία της πυρηνικής ενέργειας, καθώς και τον ρόλο της στην παραγωγή ηλεκτρικής. Για την σφαιρική πλαισίωση των περιεχομένων του κεφαλαίου, θα παρουσιαστεί επίσης ένα ιστορικό της ανακάλυψης της πυρηνικής ενέργειας, ως μέσου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα μιλήσουμε για το μέλλον της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, καθώς αυτό θα μας βοηθήσει πιθανώς να κατανοήσουμε τους λόγους για τους οποίους η Τουρκία επέλεξε τον δρόμο της χρήσης πυρηνικής ενέργειας για την εξασφάλιση της ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται. Στο τρίτο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί μια σύντομη βιβλιογραφική αναζήτηση των απόψεων που κυριαρχούν σχετικά με τις επιπτώσεις της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας ως μέσου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μια συζήτηση για το πυρηνικό πρόγραμμα της Τουρκίας και στο πως έχει αυτό εξελιχθεί από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, όπου η ιδέα για μια πυρηνική Τουρκία γεννήθηκε, θα πραγματοποιηθεί στο τέταρτο κεφάλαιο. Τα βασικά στοιχεία για το συγκεκριμένο έργο του Άκουγιου και την τεχνολογία που θα χρησιμοποιεί, θα παρουσιαστούν στο πέμπτο κεφάλαιο. Παράλληλα, στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει και αναφορά σε κάποιες απόψεις που έχουν δημοσιευτεί που αφορούν στο συγκεκριμένο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος τα παραγόμενα από τη μελέτη μας συμπεράσματα σχετικά με τις επιπτώσεις κατασκευής του πυρηνικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής του Άκουγιου θα παρουσιαστούν στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Η ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΠΗΓΗ

#### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια, όπως είδαμε και στην εισαγωγή αυτής της εργασίας, είναι αδιαμφισβήτητη. Ο Gellings υποστηρίζει μεταφορικά ότι «ο ηλεκτρισμός είναι υφασμένος στο ύφασμα της μοντέρνας κοινωνίας»<sup>13</sup>. Η πυρηνική ενέργεια αποτελεί μία από τις πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αρχικά φάνηκε πολύ υποσχόμενη τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρισμού. Ο Ναύαρχος Lewis Strauss, ένας από τους πέντε πρώτους επιτρόπους της αμερικανικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας, η οποία ιδρύθηκε το 1947, δήλωσε ότι η πυρηνική ενέργεια θα παρέχει τόσο πολύ φτηνό ηλεκτρισμό, ώστε να μην χρειάζεται καν να μετριέται<sup>14</sup>. Παρά του ότι, η μέχρι τώρα εξέλιξη της πυρηνικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν δικαιώνει τον Ναύαρχο Strauss, επτά δεκαετίες μετά, η πυρηνική ενέργεια παραμένει μία από τις επιλογές των Κυβερνήσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ για πολλούς υποστηρικτές της θεωρείται ως η τεχνολογία η οποία αποτελεί την λύση στο πρόβλημα της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Στο κεφάλαιο αυτό θα αποπειραθούμε να παρουσιάσουμε τη φύση της πυρηνικής ενέργειας και τη χρήση της στην ηλεκτροπαραγωγή.

#### 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ιστορία της πυρηνικής ενέργειας ξεκινά στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα με τα πειράματα επιστημόνων πάνω στην δομή του ατόμου και του πυρήνα<sup>15</sup>. Σημαντικοί σταθμοί σε αυτή την πορεία μπορεί να θεωρηθεί η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου από τον Thomson το 1897, η ανακάλυψη των ακτίνων «Χ» και «γ» από τους Roentgen

---

<sup>13</sup> C. W. Gellings, *Exploring the Value of Electricity*, Gistrup: River Publishers, 2020, σ. 1.

<sup>14</sup> D. P. McCaffrey, *The Politics of Nuclear Power: A History of the Shoreham Nuclear Power Plant*, Dordrecht: Springer Netherlands, 1991, σ. 1.

<sup>15</sup> Μία χρήσιμη εκλαϊκευμένη αφήγηση της ιστορίας της ανακάλυψης της πυρηνικής ενέργειας μπορεί να βρεθεί στο έργο του I. Asimov, *Πως Βρήκαμε την Πυρηνική Ενέργεια*, Αθήνα: Πανεπιστημιακός Τύπος, 1982.

και Becquerel και η απομόνωση του ραδιενεργού στοιχείου ράδιου από την Curie το 1898. Τα πειράματα στον τομέα συνεχίστηκαν κατά το πρώτο τρίτο του 20 αιώνα, οπότε και το 1919, ο Rutherford πέτυχε την πρώτη τεχνητή πυρηνική αντίδραση, με τον βομβαρδισμό του πυρήνα του στοιχείου αζώτου με ένα σωματίο «α»<sup>16</sup>. Βασισμένοι στα πειράματα του Rutherford, οι Hahn και Strassmann, το 1939, πέτυχαν την δημιουργία του στοιχείου βάριο, με τον βομβαρδισμό του ατόμου του ουρανίου με νετρόνια, φαινόμενο το οποίο οι Meitner και Frisch το απέδωσαν στην σχάση του πυρήνα του ουρανίου. Η εξέλιξη αυτή πυροδότησε μια παράλληλη έρευνα του φαινομένου σε πολλά εργαστήρια και εκατοντάδες σχετικές δημοσιεύσεις<sup>17</sup>.

Δεν άργησε πάρα μερικά χρόνια το φαινόμενο της σχάσης, το οποίο απελευθέρωνε μεγάλο ποσό ενέργειας, να συνδεθεί με την ιδέα της αλυσιδωτής αντίδρασης, δηλαδή της πρόκλησης σχάσης από τα παράγωγα νετρόνια της προηγούμενης σχάσης, ώστε εν μέσω του Παγκοσμίου Πολέμου, να γεννηθεί η ιδέα της χρήσης της αλυσιδωτής αντίδρασης ως όπλο για την καταστροφή του εχθρού<sup>18</sup>. Η αμερικανική ηγεσία, έδωσε ιδιαίτερη βαρύτητα και χρηματοδότηση, στην σχετική έρευνα, ονομάζοντας το όλο εγχείρημα με τον κωδικό «Manhattan Project». Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού ένα πείραμα του Πανεπιστημίου του Σικάγου, υπό τον επιστήμονα Enrico Fermi κατάφερε στις 2 Δεκεμβρίου 1942, την πρώτη ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση και ουσιαστικά στην θεμελίωση της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας είτε για στρατιωτικούς, είτε για πολιτικούς σκοπούς<sup>19</sup>.

Δεδομένου του εν εξελίξει πολέμου, η Αμερικανική ηγεσία έδωσε προτεραιότητα στη χρήση της πυρηνικής ενέργειας για στρατιωτικούς σκοπούς, παρ' όλα αυτά, αρκετοί νέοι πυρηνικού αντιδραστήρες δοκιμάστηκαν προκειμένου

---

<sup>16</sup> I. Asimov, *Πως Βρήκαμε την Πυρηνική Ενέργεια*, Αθήνα: Πανεπιστημιακός Τύπος, 1982, σ.47.

<sup>17</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert. *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 127.

<sup>18</sup> Στο ίδιο, σ. 128.

<sup>19</sup> Μια αναλυτική παρουσίαση του αντιδραστήρα που χρησιμοποίησε η ομάδα του Fermi για να επιτύχει την πρώτη ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση, παρέχεται στο U.S. Dept. of Energy, *The First Reactor*, Washington, D.C.: U.S. Dept. of Energy, 1982.

να βελτιωθεί η τεχνολογία και να καταστεί η λειτουργία τους κατά το δυνατό ασφαλής<sup>20</sup>.

Η λήξη του Πολέμου, οδήγησε στη στροφή της προσοχής στις ειρηνικές εφαρμογές της πυρηνικής ενέργειας, όπως στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το 1951, στον Εθνικό Πειραματικό Πυρηνικό Σταθμό στο Άινταχο, παράχθηκε, για πρώτη φορά, ηλεκτρισμός από πυρηνική ενέργεια από τον αντιδραστήρα EBR-I<sup>21</sup>. Ο αγώνας προς την εφαρμογή της ιδέας της ηλεκτροπαραγωγής από πυρηνική ενέργεια είχε ξεκινήσει. Η τότε Σοβιετική Ένωση ήταν η πρώτη που συνέδεσε έναν πυρηνικό σταθμό σε δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, όταν στις 27 Ιουνίου 1954, λειτούργησε τον πυρηνικό σταθμό του Obnisk, ο οποίος είχε δυνατότητα παραγωγής 5 MWe, διαχέοντας ενθουσιασμό ανά την υφήλιο για την νέα αυτή τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας<sup>22</sup>. Δυτικές χώρες όπως η Γαλλία, τον Σεπτέμβριο του 1956, με τον πυρηνικό σταθμό της Marcoule, απόδοσης 5 MWe, το Ηνωμένο Βασίλειο, τον Οκτώβριο του 1956, με την μονάδα του Calder Hall, ηλεκτροπαραγωγικής δυνατότητας ισχύος 55 MWe. Η Αμερική αν και άργησε να τερματίσει σε αυτόν τον αγώνα δρόμου, συνδέοντας τον πρώτο της πυρηνικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής στο δίκτυο το 1957, με την μονάδα του ShippingPort, δυνατότητας 60 MWe, πήρε γρήγορα τα ινία και έφτασε μόλις το 1972 να παράγει από πυρηνική ενέργεια ηλεκτρισμό ισχύος 10040 MW.

Έκτοτε, η έρευνα για την βελτίωση της τεχνολογίας πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής συνεχίζεται, ώστε να βελτιωθεί η απόδοσή τους αλλά και να καταστούν πιο ασφαλείς. Στην εικ. 3, παρουσιάζεται μια συνοπτική εικόνα των διαφορετικών γενεών των αντιδραστήρων, όπως αυτοί εξελίχθηκαν στο πέρασμα του χρόνου. Για τους τύπους των αντιδραστήρων που χρησιμοποιούνται σήμερα θα μιλήσουμε σε επόμενη ενότητα και αφού δώσουμε μερικούς χρήσιμους ορισμούς,

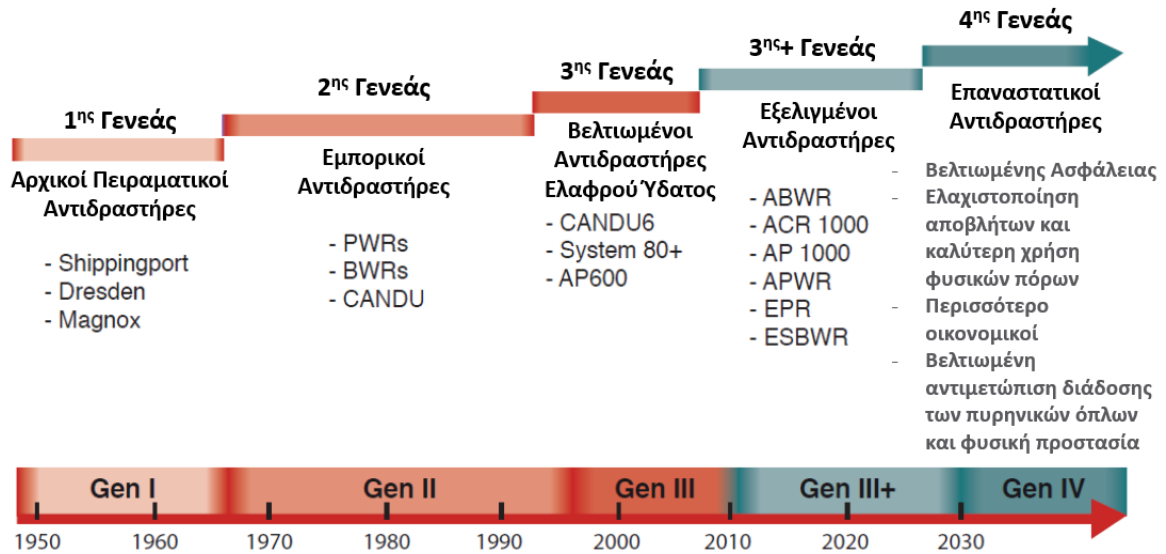
---

<sup>20</sup> Ένας συνοπτικός πίνακας με τους αντιδραστήρες που δοκιμάστηκαν στην Αμερική μεταξύ των ετών 1942-1959 και τα χαρακτηριστικά τους, παρέχεται στο έργο των R. L. Murray, και K. E. Holbert. *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 135.

<sup>21</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert. *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 135.

<sup>22</sup> A.M. Petros'yants, *A pioneer of nuclear power*, IAEA Bulletin VOL.26, No.4 Vienna: International Atomic Energy Agency, 1984, σ. 42.

οι οποίοι θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε την περιγραφή της τεχνολογίας παραγωγής πυρηνικής ενέργειας.



ΕΙΚΟΝΑ 2: Εξέλιξη των γενεών των Πυρηνικών Αντιδραστήρων<sup>23</sup>.

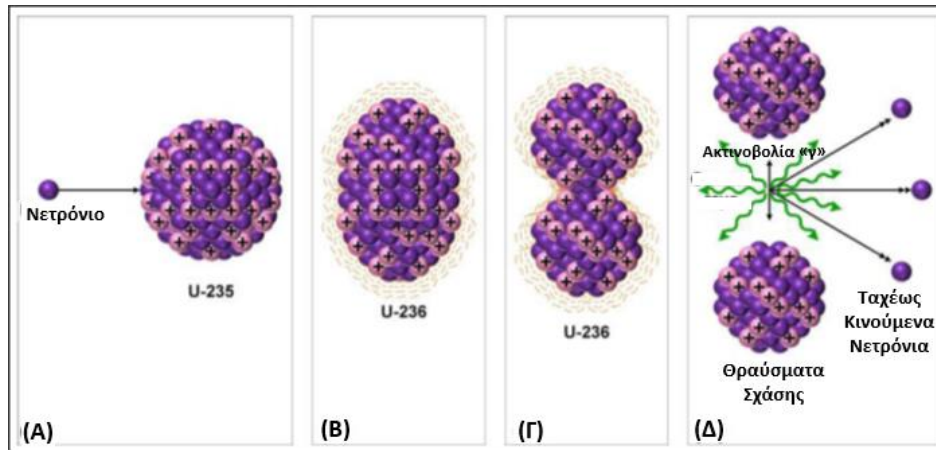
### 1.3 ΟΡΙΣΜΟΙ

#### Πυρηνική Σχάση

Ως σχάση, ορίζεται ο διαχωρισμός ενός πυρήνα σε δύο μέρη, με ταυτόχρονη έκλυση ενέργειας. Όπως περιγράφουν οι Murray, και Holbert, ένας τέτοιος διαχωρισμός συμβαίνει με την σύγκρουση ενός νετρονίου με ένα πυρήνα U-235. Αποτέλεσμα του βομβαρδισμού, είναι η δημιουργία ενός ισότοπου U-236 του οποίου ο πυρήνας βρίσκεται σε κατάσταση διέγερσης, οπότε και διαχωρίζεται απελευθερώνοντας ταυτόχρονα, εκτός από ενέργεια, και 2 με 3 ταχέως κινούμενα νετρόνια<sup>24</sup>. Η γραφική απεικόνιση που δίνεται στο έργο των Murray, και Holbert, παρουσιάζεται στην εικόνα 3.

<sup>23</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation*, Part 1, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ.26.

<sup>24</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 101.



**ΕΙΚΟΝΑ 3:** Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας σχάσης <sup>25</sup>.

Ο ανωτέρω περιγραφόμενη διαδικασία είναι φυσικά περισσότερο περίπλοκη, καθώς η σχάση προϋποθέτει, ανάλογα το ισότοπο στόχος, να χρησιμοποιούνται νετρόνια διαφορετικής ενέργειας. Σχάση μπορεί επίσης να προκληθεί και σε τεχνητά ισότοπα, όπως το Pu-239 ή το U-233, ενώ η σχάση του U-238 και του Th-232 προϋποθέτει την σύγκρουση με νετρόνια μεγαλύτερης ενέργειας (ενεργειακά νετρόνια). Τέλος υπάρχουν τεχνητά ισότοπα όπως τα Cf-252 και Pu-240 τα οποία υπόκεινται σε αυθόρμητη σχάση. Το U-235 είναι το μόνο ισότοπο που υπάρχει στην φύση το οποίο υπόκειται σε σχάση με σύγκρουση τους με νετρόνια χαμηλής ενέργειας (θερμικά νετρόνια)<sup>26</sup>.

### Αλυσιδωτή Αντίδραση

Όπως ήδη ειπώθηκε παραπάνω, με την σχάση εκπέμπονται νέα ταχέως κινούμενα νετρόνια. Τα παραγόμενα αυτά νετρόνια, όπως μας περιγράφει ο Hore-Lacy, σε ορισμένους τύπους αντιδραστήρων επιβραδύνονται, ώστε να είναι ικανά να προκαλέσουν νέα σχάση σε ισότοπα U-235, ενώ σε άλλους τύπους χρησιμοποιούνται ταχέως κινούμενα νετρόνια, όπως του U-238 για την σύγκρουση με κατάλληλα ισότοπα<sup>27</sup>. Έτσι η αρχική σχάση, προκαλεί νέες σχάσεις, οι οποίες με την σειρά τους προκαλούν επιπλέον σχάσεις, διαδικασία η οποία ονομάζεται

<sup>25</sup> Στο ίδιο, σ. 102.

<sup>26</sup> Στο ίδιο, σ. 103.

<sup>27</sup> I. Hore-Lacy, *Nuclear Energy in the 21st Century*, London: World Nuclear University Press, 2011, σ. 49

αλυσιδωτή αντίδραση. Όταν κάθε ένα από τα παραγόμενα νετρόνια προκαλεί μια νέα σχάση ενός άλλου πυρήνα, τότε ο αριθμός των σχάσεων θα αυξάνεται συνεχώς, δεδομένης της ύπαρξης πυρήνων οι οποίοι δεν έχουν ακόμη συγκρουσθεί. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται μη ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση και δεν είναι επιθυμητή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας<sup>28</sup>. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου χρησιμοποιούνται κατάλληλα σχεδιασμένοι πυρηνικοί αντιδραστήρες.

### Πυρηνικός Αντιδραστήρας

«Ένας πυρηνικός αντιδραστήρας, είναι ένα σύστημα στο οποίο επιτυγχάνεται ελεγχόμενη απελευθέρωση ενέργειας, η οποία παράγεται από τις σχάσεις των πυρήνων συγκεκριμένων βαρέων στοιχείων, αφού αυτά συγκρουσθούν με νετρόνια»<sup>29</sup>. Όπως εξηγούν οι De Sanctis κ.α., η κατάλληλη διάταξη του πυρηνικού καυσίμου, του επιβραδυντή, του ψυκτικού και των ράβδων ελέγχου, που περιέχονται στην «καρδιά» του αντιδραστήρα, επιτυγχάνει μια σταθερή ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση κατά την οποία, σε γενικές γραμμές, μόνο ένα από τα παραγόμενα νετρόνια προκαλεί σχάση ενός άλλου πυρήνα. Σε αυτήν την περίπτωση λέμε ότι ο αντιδραστήρας βρίσκεται σε «κρίσιμη κατάσταση», σε αντίθεση με την «υπο-κρίσιμη κατάσταση» κατά την οποία δεν παράγονται αρκετά νετρόνια ή αυτά δεν μπορούν να προκαλέσουν νέες σχάσεις, και την «υπερ-κρίσιμη κατάσταση» κατά την οποία περισσότερα από ένα από τα παραγόμενα νετρόνια κάθε σχάσης προκαλούν νέες σχάσεις. Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις δεν είναι αποδοτικές για την σταθερή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η δεύτερη δημιουργεί και προβλήματα ασφάλειας.

Ο έλεγχος του αριθμού των σχάσεων κατά την διάρκεια της αλυσιδωτής αντίδρασης επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση ράβδων ελέγχου που τοποθετούνται μέσα στην καρδιά του αντιδραστήρα. Οι ράβδοι ελέγχου οι οποίοι περιέχουν στοιχεία που απορροφούν νετρόνια όπως το βόριο ή το κάδμιο,

---

<sup>28</sup> E. De Sanctis, S. Monti, και M. Ripani, *Energy from Nuclear Fission: An Introduction*, Springer, 2016, σ. 113.

<sup>29</sup> Στο ίδιο, σ. 122.

εισέρχονται ελεγχόμενα μεταξύ των ράβδων πυρηνικού καυσίμου προκειμένου να δημιουργήσουν μια αυτοσυντηρούμενη αλυσιδωτή αντίδραση<sup>30</sup>.

Πέραν αυτού η ύπαρξη κάποιων επιβραδυνόμενων νετρονίων είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της αλυσιδωτής αντίδρασης. Για τον λόγο αυτό στους αντιδραστήρες οι ράβδοι καυσίμου περιβάλλονται από κάποιο επιβραδυντικό στοιχείο το οποίο μπορεί να είναι γραφίτης ή βαρύ ύδωρ στην περίπτωση που χρησιμοποιείται φυσικό – μη εμπλουτισμένο ουράνιο, ή ακόμη και κανονικό νερό (ελαφρύ ύδωρ) στην περίπτωση που το καύσιμο είναι εμπλουτισμένο ουράνιο. Το υλικό αυτό ονομάζεται επιβραδυντής<sup>31</sup>.

Ένα άλλο στοιχείο που βρίσκουμε στην καρδιά ενός πυρηνικού αντιδραστήρα είναι το ψυκτικό υγρό. Αυτό κυκλοφορεί στην καρδιά του αντιδραστήρα προκειμένου να τον ψύξει αλλά και για να μεταφέρει την παραγόμενη θερμική ενέργεια στην τουρμπίνα. Ως ψυκτικό υγρό συνήθως χρησιμοποιείται νερό, βαρύ ύδωρ, υγρό σόδιο, ήλιο και άλλα<sup>32</sup>. Σε ορισμένους αντιδραστήρες ο επιβραδυντής λειτουργεί και ως ψυκτικό μέσο.

### Πυρηνικό Καύσιμο

Ως πυρηνικό καύσιμο ονομάζεται ένα στοιχείο του οποίου περιέχει σχάσιμους πυρήνες, όπως το U-233, το U-235, το Pu-239 και το Pu-241. Πέραν αυτού πολλοί αντιδραστήρες χρησιμοποιούν το καύσιμο MOX το οποίο είναι μία μίξη διοξειδίου του ουρανίου και διοξειδίου του πλουτωνίου, το στοιχείο θόριο, άλατα του ουρανίου, νιτρίδια και καρβίδια του ουρανίου<sup>33</sup>. Το ουράνιο είναι το συχνότερα χρησιμοποιούμενο καύσιμο στους πυρηνικούς αντιδραστήρες σήμερα<sup>34</sup>. Το πυρηνικό καύσιμο συνήθως χρησιμοποιείται στον αντιδραστήρα με την μορφή

---

<sup>30</sup> . Hore-Lacy, Nuclear Energy in the 21st Century, London: World Nuclear University Press, 2011, σ. 49.

<sup>31</sup> Στο ίδιο.

<sup>32</sup> E. De Sanctis, S. Monti, και M. Ripani, Energy from Nuclear Fission: An Introduction, Springer, 2016, σ. 123.

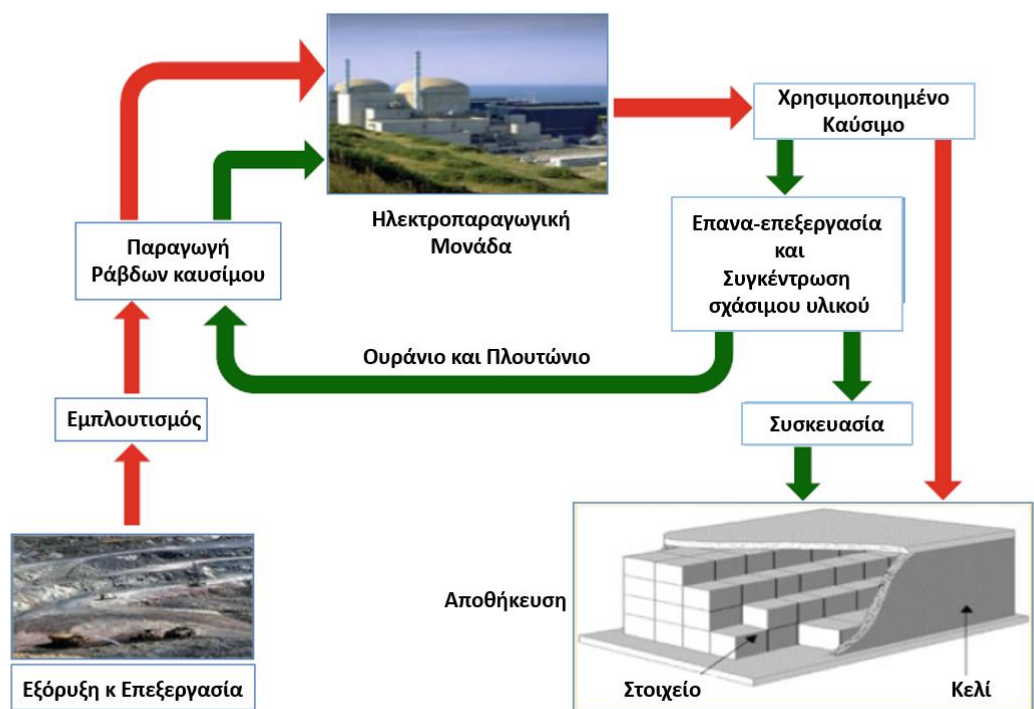
<sup>33</sup> Στο ίδιο, σ. 122.

<sup>34</sup> Στο ίδιο, σ. 97.

πέλλετ διαμέτρου 1 εκ. και ίδιου περίπου μήκους, τα οποία τοποθετούνται σε κυλινδρικές ράβδους<sup>35</sup>.

### Κύκλος πυρηνικού καυσίμου

«Ως κύκλο πυρηνικού καυσίμου ονομάζουμε, τη βιομηχανική διαδικασία η οποία περιλαμβάνει διάφορα στάδια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση πυρηνικού καυσίμου σε έναν αντιδραστήρα»<sup>36</sup>. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4, ο κύκλος ξεκινά από την εξόρυξη του σχάσιμου υλικού μέχρι και την αποθήκευσή του μετά την εκτέλεση της αποστολής του. Ο κύκλος χωρίζεται σε «ανοικτό» (κόκκινη γραμμή), σε περίπτωση που μετά την πρώτη χρήση του το χρησιμοποιημένο καύσιμο καταλήγει σε αποθήκευση και σε «κλειστό» στην περίπτωση που γίνεται σε αυτό επανα-επεξεργασία ώστε να ξαναχρησιμοποιηθεί.



**ΕΙΚΟΝΑ 4:** Ο κύκλος πυρηνικού καυσίμου<sup>37</sup>

<sup>35</sup> Στο ίδιο, σ. 173.

<sup>36</sup> Στο ίδιο, σ. 170.

<sup>37</sup> Στο ίδιο, σ. 179.



## 1.4 ΑΠΟ ΤΟ ΟΡΥΚΤΟ ΟΥΡΑΝΙΟ ΣΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Έχοντας παρουσιάσει ορισμένα στοιχεία της φύσης και της ιστορίας της πυρηνικής ενέργειας, και έχοντας δώσει μερικούς χρήσιμους ορισμούς που θα διευκολύνουν την κατανόηση της ανάλυσης που θα ακολουθήσει, θα παρουσιάσουμε σε αυτήν την ενότητα στοιχεία για την τεχνολογία κάθε τμήματος του κύκλου πυρηνικού καυσίμου. Η ανάλυσή μας θα περιοριστεί στην συνοπτική παρουσίαση των τεχνολογιών του σήμερα, ενώ θα προσπαθήσει να επικεντρωθεί περισσότερο σε στοιχεία της αγοράς της πυρηνικής ενέργειας στη σύγχρονη εποχή.

### Εξόρυξη και επεξεργασία

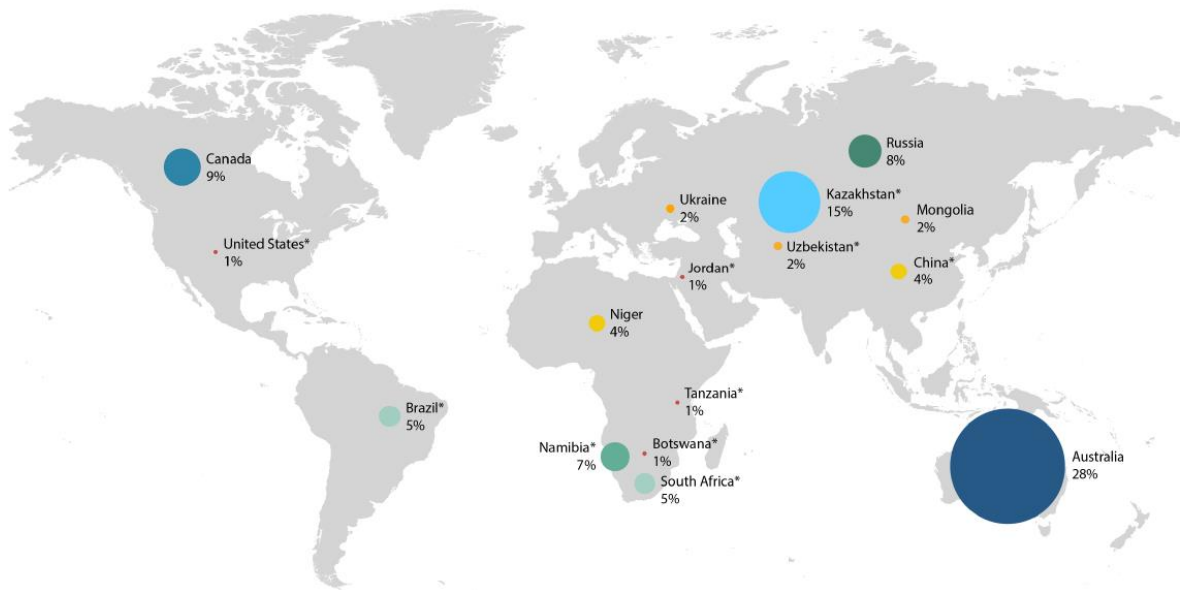
Ο κύκλος πυρηνικού καυσίμου ξεκινά με την εξόρυξη του ορυκτού καυσίμου και την αρχική του επεξεργασία. Η διαδικασία πραγματοποιείται είτε με ανοιχτή εξόρυξη, είτε με δημιουργώντας υπόγεια ορυχεία ή τέλος με την τεχνική της γεώτρησης και έκπλυσης με κατάλληλο διάλυμα αλκαλικό ή όξινο διάλυμα. Κατόπιν, πραγματοποιείται άλεση (τεμαχισμός) του ορυκτού, καθαρισμός και χημική επεξεργασία για την παραγωγή οξειδίου του ουρανίου, το οποίο είναι γνωστό ως «κίτρινο-κέικ». Στο επόμενο στάδιο, το «κίτρινο-κέικ» περνά από μία σειρά απαιτητικών χημικών διεργασιών με τις οποίες μετατρέπεται σε εξαφθωριούχο ουράνιο (UF<sub>6</sub>), δηλαδή σε τέτοια μορφή που είναι κατάλληλη για εμπλουτισμό<sup>38</sup>.

Η ετήσια εξόρυξη ουρανίου καλύπτει κατά 90% τις απαιτήσεις κατανάλωσης των εν λειτουργία πυρηνικών αντιδραστήρων, ενώ το υπόλοιπο 10% καλύπτεται από αποθέματα που τηρούν οι ίδιοι οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας ή από επανα-επεξεργασία χρησιμοποιημένου ουρανίου. Η λειτουργία των εν ενεργεία, κατά το 2019, 450 πυρηνικών αντιδραστήρων, απαιτούσε την κατανάλωση 59.200 τόνων ουρανίου<sup>39</sup>.

---

<sup>38</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020, σ. 46.

<sup>39</sup> Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) και Nuclear Energy Agency (NEA), *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*, 2021, σ.13.



**EIKONA 5:** Κατανομή γνωστών αποθεμάτων ουρανίου (Παρουσιάζονται οι χώρες που κατέχουν ποσοστό μεγαλύτερο του 1%, σε κοιτάσματα που μπορούν να εξορυχθούν με κόστος μικρότερο των 130\$/χλγρ)<sup>40</sup>.

Η παγκόσμια παραγωγή Ουρανίου το 2018 ήταν 53.516 τόνοι ουρανίου με την μεγαλύτερη μερίδα αυτής να κατέχει το Καζακστάν με 40% της παγκόσμιας παραγωγής, ενώ ακολούθησαν ο Καναδάς και η Αυστραλία με περίπου 13% και 11% αντίστοιχα. Τον κατάλογο των 8 μεγαλύτερων παραγωγών, από τις συνολικά 16 χώρες, συμπληρώνουν η Ναμίμπια, η Νιγηρία, η Κίνα, η Νότιος Αφρική και οι Η.Π.Α. <sup>41</sup>. Από την άλλη, οι χώρες οι οποίες απαρτίζουν τον κατάλογο των πέντε μεγαλύτερων καταναλωτριών, είναι οι Η.Π.Α, η Γαλλία, η Κίνα, η Ρωσία και η Νότια Κορέα<sup>42</sup>.

Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η μετατροπή του «κίτρινου-κέικ» σε μορφή κατάλληλη για εμπλουτισμό, είναι μια απαιτητική διεργασία. Μόνο πέντε εταιρείες στον κόσμο επεξεργάζονται όλο το παραγόμενο, για πολιτική χρήση, ουράνιο. Αυτές εδρεύουν σε Καναδά, Γαλλία, Αμερική, Ρωσία και Κίνα, και

<sup>40</sup> Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) και Nuclear Energy Agency (NEA), *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*, 2021, σ. 16.

<sup>41</sup> R. Vance, *Uranium resources* στο *Uranium for Nuclear Power Resources, Mining and Transformation to Fuel*, I. Hore-Lacy (επιμ.), Duxford, UK: Woodhead Publishing, 2016, σ. 54.

<sup>42</sup> Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) και Nuclear Energy Agency (NEA), *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*, 2021, σ. 69.

ικανοποιούν την παγκόσμια αγορά με δυνατότητα μετατροπής 62.000 τόνων ουρανίου ετησίως<sup>43</sup>.

### Εμπλουτισμός

Ο εμπλουτισμός αποτελεί μία βασική διεργασία του κύκλου πυρηνικού καυσίμου. Το U-235 το οποίο είναι σχάσιμο και από νετρόνια χαμηλής ενέργειας, αντιπροσωπεύει στην φύση μόνο το 0,72% του ουρανίου που υπάρχει στην φύση, με το υπόλοιπο μέρος του ορυκτού ουρανίου να αποτελείται από το ισότοπο U-238. Η περιεκτικότητα αυτή είναι απαγορευτική για την διατήρηση μιας αυτοσυντηρούμενης αλυσιδωτής αντίδρασης. Ο εμπλουτισμός του πυρηνικού καυσίμου ουσιαστικά πρόκειται για την επεξεργασία του ώστε αυτό να φτάσει σε περιεκτικότητα U-235 της τάξεως του 3 – 5%<sup>44</sup>.

Η παραγωγή εμπλουτισμένου ουρανίου, απαιτεί ιστοπικό διαχωρισμό ο οποίος πραγματοποιείται με φυγοκέντρηση αερίου ή αέρια διάχυση<sup>45</sup>. Κατά τη φυγοκέντρηση αερίου το αέριο UF<sub>6</sub> το οποίο τοποθετείται σε κατακόρυφους κυλίνδρους υφίσταται ταχύτατη περιστροφή και έτσι υπό την επίδραση της φυγοκέντρου δύναμης τα βαρύτερα μόρια UF<sub>6</sub>-238 κινούνται προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου και έτσι διαχωρίζονται από τα ελαφρύτερα μόρια UF<sub>6</sub>-235. Είναι μια μέθοδος που είναι ιδιαίτερα απαιτητική τεχνολογικά. Η αέρια διάχυση βασίζεται στην επαναλαμβανομένη διάχυση του αερίου UF<sub>6</sub> σε κυλίνδρους, οι οποίοι διαχωρίζονται με πορώδες υλικό. Η διαφορετική ταχύτητα με τα οποία κουνούνται τα δύο ισότοπα κατά την διάχυση, έχει ως αποτέλεσμα να περνάνε από την μεμβράνη περισσότερα μόρια του γρηγορότερου ισότοπου και εν κατακλείδι να διαχωρίζονται. Η μέθοδος αυτή, όπως μας πληροφορούν οι Murray και Holbert, είναι αντιοικονομική καθώς

---

<sup>43</sup> Στο ίδιο, σ. 80.

<sup>44</sup> Hore-Lacy, *Nuclear Energy in the 21st Century*, London: World Nuclear University Press, 2011, σ. 59.

<sup>45</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 274.

απαιτεί πανάκριβες υποδομές και καταναλώνει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας<sup>46</sup>.

Από τα παραπάνω, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο εμπλουτισμός, είναι μια διαδικασία που έχει αυξημένες απαιτήσεις και έτσι, σύμφωνα με έκθεση της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη των Η.Ε (United Nations Economic Commission for Europe - UNECE), μόνο τέσσερις εταιρείες παράγουν το συντριπτικό ποσοστό του εμπλουτισμένου ουράνιου που χρησιμοποιείται για μη στρατιωτική χρήση παγκοσμίως, με τη μερίδα του λέοντος να παράγεται από την ρωσική Rosatom η οποία το 2019 παράγαγε περίπου το 46% του συνολικού εμπλουτισμένου ουρανίου<sup>47</sup>.

#### Παραγωγή ράβδων καυσίμου

Το εμπλουτισμένο εξαφθοριούχο ουράνιο μετατρέπεται χημικά σε εμπλουτισμένο UO<sub>2</sub>, προ της συμπίεσής του σε πέλλετ. Τα πέλλετ αυτά τοποθετούνται τελικά σε ραβδους κράματος ζιρκονίου και οι οποίες χρησιμοποιούνται στον αντιδραστήρα σε στοιβάδες. Η διαδικασία παραγωγής του τελικού προϊόντος από εμπλουτισμένο εξαφθοριούχο ουράνιο δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις και συνεπώς υπάρχουν αρκετές εταιρείες που ασχολούνται με την παραγωγή του<sup>48</sup>.

Όλη η ανωτέρω περιγραφόμενη επεξεργασία, παρουσιάζεται σχηματικά στη εικόνα 6.

#### Εργοστάσια Ηλεκτροπαραγωγής

Ο Cadenas μας εξηγεί ότι η λειτουργία ενός πυρηνικού εργοστασίου είναι παρόμοια με αυτή ενός εργοστασίου ηλεκτροπαραγωγής άνθρακα. Και στις δύο περιπτώσεις η επεξεργασία του καυσίμου παράγει θερμότητα, η οποία κινεί μια ηλεκτρογεννήτρια, η οποία με την σειρά της μετατρέπει την κινητική σε ηλεκτρική

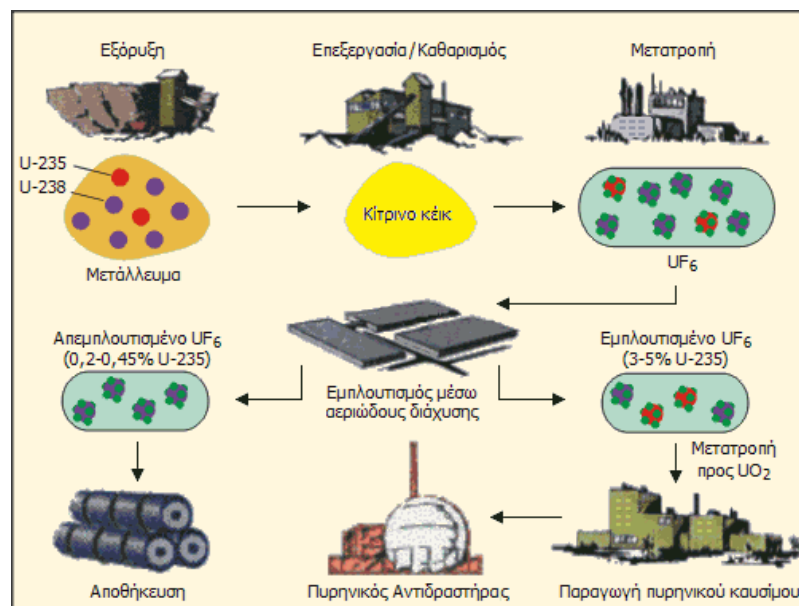
---

<sup>46</sup> Στο ίδιο, σ. 278.

<sup>47</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020, σ. 81.

<sup>48</sup> Στο ίδιο, σ. 82-83.

ενέργεια. Η βασική διαφορά έγκειται στο καύσιμο και στον τρόπο επεξεργασίας του, η οποία στην περίπτωση των πυρηνικών μονάδων είναι το σχάσιμο υλικό και η πυρηνική αντίδραση. Όλοι οι τύποι πυρηνικών εργοστασίων ακολουθούν αυτήν, την ίδια, βασική αρχή και οι κυριότερες διαφορές τους έγκεινται στον συγκεκριμένο τρόπο λειτουργίας των πυρηνικών αντιδραστήρων τους, δηλαδή στην ακριβή σύσταση του πυρηνικού καυσίμου, στο είδος του επιβραδυντή που χρησιμοποιούν, το ψυκτικό μέσο και τη διάταξη του αντιδραστήρα. Φυσικά, ο κάθε αντιδραστήρας έχει συγκεκριμένες προδιαγραφές ασφαλείας και διαφορετικά υποσυστήματα που υποστηρίζουν την λειτουργία του<sup>49</sup>.



**Εικόνα 6:** Σχηματική απεικόνιση παραγωγής UF<sub>6</sub> και πυρηνικών καυσίμων<sup>50</sup>.

Στην εικόνα 2, είδαμε συνοπτικά τις γενεές των αντιδραστήρων. Στα εν λειτουργία πυρηνικά εργοστάσια δεν θα βρούμε πλέον αντιδραστήρες 1<sup>ης</sup> γενεάς, καθώς αυτοί οι αντιδραστήρες, ξεκίνησαν την λειτουργία τους λίγο μετά τα μέσα του 20 αιώνα, δεν είναι αποδοτικοί και πλέον δεν τηρούν τις προδιαγραφές ασφαλείας<sup>51</sup>.

<sup>49</sup> G. J. J. Cadenas, *The Nuclear Environmentalist Is There a Green Road to Nuclear Energy?* Milano: Springer Milan, 2012, σ. 86-89.

<sup>50</sup> Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Τμήμα Χημείας, διαθέσιμο στο [http://195.134.76.37/chemicals/chem\\_uf6.htm?fbclid=IwAR0hJET9YcwGnEG11OLvaR4XIT\\_gkBg91jaeqACASdBLasfDx7bzd\\_tunZc](http://195.134.76.37/chemicals/chem_uf6.htm?fbclid=IwAR0hJET9YcwGnEG11OLvaR4XIT_gkBg91jaeqACASdBLasfDx7bzd_tunZc).

<sup>51</sup> E. De Sanctis, S. Monti, και M. Ripani, *Energy from Nuclear Fission: An Introduction*, Springer, 2016, σ. 168.

Οι 2<sup>ης</sup> γενεάς αντιδραστήρες σχεδιασμένοι περίπου στα τέλη της δεκαετίας του 60 – αρχές 70, είναι αυτοί που σήμερα διεκπεραιώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό πυρηνικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα. Οι προδιαγραφές του ορίου ζωής αυτών των αντιδραστήρων ήταν τα 40 έτη, παρόλα αυτά πολλοί συνεχίζουν να λειτουργούν περνώντας βέβαια εντατικούς τεχνικούς ελέγχους ασφαλείας<sup>52</sup>. Πέραν αυτών, σε λειτουργία έχουν τεθεί και αντιδραστήρες τρίτης γενεάς οι οποίοι γενικά έχουν βελτιωμένη αποδοτικότητα<sup>53</sup>. Στον πίνακα 1 μπορούμε να δούμε τα είδη των πυρηνικών αντιδραστήρων που βρίσκονται σε λειτουργία στις μέρες μας. Σε αυτήν την ενότητα θα αρκεστούμε στην συνοπτική περιγραφή της λειτουργίας των κυριότερων από αυτούς, επικεντρώνοντας κυρίως στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε μίας τεχνολογίας. Στην επόμενη ενότητα θα παρουσιαστούν και τεχνολογίες οι οποίες θα απασχολήσουν τον τομέα μελλοντικά.

Reactor Type	In Operation		Forthcoming	
	No. of Units	Net MWe	No. of Units	Net MWe
Pressurized light water	291	274,975	79	86,951
Boiling light water	75	73,816	6	7950
Gas cooled	14	7685	1	200
Heavy water	49	24,596	8	5240
Graphite moderated	15	10,219	0	0
Liquid metal cooled	2	1349	3	590
Total	446	392,640	97	100,931

*Data from American Nuclear Society (ANS), 2018. 20th annual reference issue. Nucl. News 61(3), 39–61.*

**Πίνακας 1:** Εν λειτουργία πυρηνικοί αντιδραστήρες ηλεκτροπαραγωγής, ανά είδος (Στοιχεία 2018)<sup>54</sup>.

Παρατηρώντας των παραπάνω πίνακα, διαπιστώνουμε ότι η μεγάλη πλειοψηφία των εν ενεργεία πυρηνικών αντιδραστήρων είναι της κατηγορίας Ελαφρού Ύδατος, και συγκεκριμένα οι αντιδραστήρες Πεπιεσμένου Ελαφρού Ύδατος (Pressurized

<sup>52</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation*, Part 1, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ.24.

<sup>53</sup> E. De Sanctis, S. Monti, και M. Ripani, *Energy from Nuclear Fission: An Introduction*, Springer, 2016, σ. 168.

<sup>54</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 329.

Water Reactors – PWR). Οι αντιδραστήρες αυτού του τύπου, όπως βλέπουμε στον πίνακα 2, χρησιμοποιούν ως καύσιμο οξειδίο του ουρανίου που είναι εμπλουτισμένο σε U-235 κατά 3%. Χρησιμοποιούν το νερό ως επιβραδυντή και ψυκτικό υγρό. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι διαθέτουν δύο ξεχωριστά κυκλώματα νερού. Το πρωτεύον κύκλωμα νερού είναι αυτό που εισέρχεται στην καρδιά του αντιδραστήρα ο οποίος διατηρείται υπό πίεση. Το νερό θερμαίνεται, ως αποτέλεσμα την πυρηνικής αντίδρασης, αλλά λόγω της πίεσης δεν βράζει. Το θερμό νερό μεταφέρει τη θερμότητα στο δευτερεύον κύκλωμα νερού μέσω του εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος δημιουργεί ατμό, προκειμένου να οδηγηθεί στην ηλεκτρογεννήτρια<sup>55</sup>.

	Pressurized Water (PWR)	Boiling Water (BWR)	Natural U Heavy Water (CANDU)	High Temp. Gas-cooled (HTGR)	Liquid Metal Fast Breeder (LMFBR)
Fuel form	UO <sub>2</sub>	UO <sub>2</sub>	UO <sub>2</sub>	UC, ThC <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub> , UO <sub>2</sub>
Enrichment	3% U-235	2.5% U-235	0.7% U-235	~10% U-235	15 wt. % Pu-239
Moderator	Water	Water	Heavy water	Graphite	None
Coolant	Water	Water	Light water or heavy water	Helium gas	Liquid sodium
Cladding	Zircaloy	Zircaloy	Zircaloy	Graphite	Stainless steel
Control	B <sub>4</sub> C or Ag-In-Cd rods	B <sub>4</sub> C blades	Moderator level	B <sub>4</sub> C rods	Tantalum or B <sub>4</sub> C rods
Vessel	Steel	Steel	Steel	Prestressed concrete	Steel

**Πίνακας 2:** Υλικά που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των πυρηνικών αντιδραστήρων<sup>56</sup>.

Το κυριότερο πλεονέκτημα των αντιδραστήρων Πεπιεσμένου Ελαφρού Ύδατος, είναι η ασφάλεια που προσφέρουν, καθώς διαθέτοντας δύο ανεξάρτητα κυκλώματα νερού, τα οποία δεν έρχονται μεταξύ τους σε άμεση επαφή, σε περίπτωση διαρροής ραδιενέργειας, αυτή δεν μεταφέρεται εκτός του κτηρίου του αντιδραστήρα<sup>57</sup>.

Οι αντιδραστήρες Ζέοντος Ύδατος (Boiling Water Reactors – BWR), αποτελούν την επόμενη περισσότερο χρησιμοποιούμενη τεχνολογία στα πυρηνικά εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής. Ο σχεδιασμός τους δεν διαφέρει αρκετά από τους PWR, με

<sup>55</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 328.

<sup>56</sup> Στο ίδιο, σ.328.

<sup>57</sup> E. De Sanctis, S. Monti, και M. Ripani, *Energy from Nuclear Fission: An Introduction*, Springer, 2016, σ. 158.

κυριότερη διαφορά τους την χρησιμοποίηση μόνο ενός κυκλώματος νερού, το οποίο μετατρέπεται σε ατμό με τον βρασμό του κατευθείαν στην καρδιά του αντιδραστήρα. Σύμφωνα με τους De Sanctis κ.α. εκεί έγκειται και το μεγαλύτερο μειονέκτημά ασφαλείας αυτού του είδους των αντιδραστήρων, δηλαδή στη μεταφορά του νερού από την καρδιά του αντιδραστήρα εκτός του κτηρίου που αυτός φιλοξενείται. Από την άλλη, όπως μας εξηγούν οι συγγραφείς, η ύπαρξη του ατμού εντός της καρδιάς του αντιδραστήρα, μπορεί να λειτουργήσει ανασταλτικά στην συνέχιση της αλυσιδωτής αντίδρασης σε περίπτωση υπερθέρμανσης του αντιδραστήρα<sup>58</sup>.

Αρκετές δεκάδες πυρηνικές μονάδες στον κόσμο έχουν υιοθετήσει την επιλογή των αντιδραστήρων βαρέως ύδατος (Pressurized Heavy-Water Reactors – PHWR), οι οποίοι διαφέρουν αρκετά από τους αντιδραστήρες ελαφρού ύδατος. Κύριο χαρακτηριστικό τους, πέραν της διαφορετικής διάταξης της καρδιάς του αντιδραστήρα, είναι ότι χρησιμοποιούν φυσικό ουράνιο για την λειτουργία τους. Η μη ανάγκη εμπλουτισμού του φυσικού αερίου, έχει θετικό αποτύπωμα στο κόστος λειτουργίας των μονάδων αυτών, το οποίο όμως εξισορροπείται από το κόστος του βαρέως ύδατος. Ένα πλεονέκτημα των αντιδραστήρων αυτού τύπου είναι ότι, σε αντίθεση με τους αντιδραστήρες ελαφρού ύδατος, δεν απαιτείται η διακοπή της λειτουργίας τους για αντικατάσταση του πυρηνικού καυσίμου. Από την άλλη οι αντιδραστήρες PHWR έχουν χαμηλότερη αποδοτικότητα, της τάξεως του 28%. Κυριότερος εκπρόσωπος αυτής της κατηγορίας αντιδραστήρων είναι οι καναδικής προέλευσης αντιδραστήρες CANDU<sup>59</sup>.

Οι κατηγορίες των αντιδραστήρων που περιεγράφηκαν παραπάνω αποτελούν το 94% περίπου, σε σύνολο 442 αντιδραστήρων που είναι εν λειτουργία σήμερα<sup>60</sup>. Οι υπόλοιποι τύποι αντιδραστήρων, έχουν κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που αξίζει να αναφερθούν. Οι αντιδραστήρες Ύδατος-Γραφίτη (Light-Water Graphite-moderated Reactor – LWGR) έχουν διάταξη πολύ διαφορετική από υπολοίπους και χρησιμοποιούν τον γραφίτη ως επιβραδυντή. Γνωστοί σε αυτοί την κατηγορία είναι

---

<sup>58</sup> Στο ίδιο, σ. 159.

<sup>59</sup> Στο ίδιο, σ. 159.

<sup>60</sup> International Atomic Energy Agency (IAEA), *Nuclear Power Reactors In The World: 2021 Edition*. [S.l.]: IAEA, 2021, σ. 67.



οι ρωσικοί RBMK, ιδιαίτερα λόγω και του πυρηνικού ατυχήματος του Τσερνομπίλ, κατά οποίο ένας αντιδραστήρας αυτού του τύπου προκάλεσε μεγάλη διαρροή ραδιενέργειας. Αρχικά σχεδιάστηκαν από την τότε ΕΣΣΔ με στόχο, πέραν της παραγωγής ενέργειας, την παραγωγή πλουτωνίου. Αν και από την εποχή του ατυχήματος του Τσερνομπίλ, έχουν υποστεί βελτιώσεις, έχουν την φήμη ως μη ασφαλείς αντιδραστήρες. Οι Αερόψυκτοι αντιδραστήρες ισχύος (Gas-Cooled Reactors – GCR), χρησιμοποιούν γραφίτη ως επιβραδυντή και διοξείδιο του άνθρακα ως ψυκτικό μέσο. Θεωρητικά η οι εξελιγμένοι αντιδραστήρες του είδους, οι οποίοι είναι γνωστοί ως AGR (Advanced Gas-cooled Reactors), έχουν σχεδιάσει να φτάνουν σε απόδοση της τάξεως του 40%, σημαντικά ανώτερη από αυτή των PWR. Παρόλα αυτά έχουν τα δικά τους μειονεκτήματα, όπως οι απαιτούμενες διαστάσεις της καρδιάς του αντιδραστήρα<sup>61</sup>.

Τέλος, αξίζει να αναφερθούμε στους Αναπαραγωγικούς Αντιδραστήρες Ταχέων Νετρονίων (Fast Breeder Reactors – FBR) οι οποίοι θεωρούνται ενεργειακοί αντιδραστήρες και έχουν την ιδιότητα κατά την λειτουργία τους να δημιουργούν σχάσιμο υλικό. Κατά την λειτουργία αυτών των αντιδραστήρων, τα νετρόνια που απελευθερώνονται από την σχάση, δεν χρησιμοποιούνται μόνο για την διατήρηση της αλυσιδωτής ενέργειας, αλλά για να μετατρέψουν γόνιμα ισότοπα σε σχάσιμα όπως Pu-239 και U-233. Για να το επιτύχουν αυτό χρησιμοποιούν ως καύσιμο πλουτώνιο ή ουράνιο εμπλουτισμένο 20 – 30%. Οι αντιδραστήρες αυτού του τύπου, δημιουργώντας πυρηνικό καύσιμο κατά την λειτουργία τους, επιλύουν το πρόβλημα των περιορισμένων αποθεμάτων ουρανίου και έτσι μπορούν να θεωρηθούν ως «ενεργειακή πηγή η οποία θα διαρκέσει χιλιάδες χρόνια»<sup>62</sup>. Παρά την εκπληκτική αυτή προοπτική οι αντιδραστήρες αυτοί δεν έχουν κατακτήσει την αγορά της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής για μια σειρά από λόγους. Όπως αναφέρει ο von Hippel, οι αντιδραστήρες αυτοί είναι ακριβοί στην κατασκευή τους και με τις

---

<sup>61</sup> E. De Sanctis, S. Monti, και M. Ripani, *Energy from Nuclear Fission: An Introduction*, Springer, 2016, σ. 162.

<sup>62</sup> Στο ίδιο, σ. 167.

τρέχουσες τιμές και αποθέματα ουρανίου, θεωρούνται ασύμφοροι, καθώς επίσης είναι ασταθείς και επικίνδυνοι στην λειτουργία τους<sup>63</sup>.

### Επανα-επεξεργασία

Επόμενο στάδιο στον κύκλο πυρηνικών καυσίμων είναι η επανα-επεξεργασία των υπολειμμάτων πυρηνικού καυσίμου για δημιουργία νέου σχάσιμου υλικού. Η έκθεση της UNECE, τονίζει τις δυσκολίες που έχει αυτή η διαδικασία, καθώς η επανα-επεξεργασία ουσιαστικά σημαίνει τον χειρισμό επικίνδυνου ραδιενεργού υλικού. Οι υποδομές για την διεκπεραίωση αυτής της εργασίας είναι πανάκριβες στην κατασκευή τους. Έτσι, κάποιες χώρες έχουν επιλέξει να μην προχωρούν στην επανα-επεξεργασία των υπολειμμάτων καυσίμου, ενώ άλλες κάνουν μερική επανα-επεξεργασία και παράγουν συνήθως μεικτό οξειδίο πλουτωνίου και ουρανίου (MOX) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ορισμένους τύπους αντιδραστήρων. Παρότι η επιλογή της επανα-επεξεργασίας έχει αρκετά θετικά, όπως η μείωση των ραδιενεργών αποβλήτων και η συνεισφορά στην διατήρηση των αποθεμάτων ουρανίου, θα πρέπει να επισημανθεί ότι η επανα-επεξεργασία είναι μια ευαίσθητη διαδικασία όσον αφορά στη μη-διάδοση των πυρηνικών όπλων<sup>64</sup>.

### Αποθήκευση

Το πυρηνικό καύσιμο που βρίσκεται στην καρδιά του αντιδραστήρα, θα πρέπει να αντικατασταθεί καθώς κάποια στιγμή θα χάσει την ικανότητά του να διατηρεί την αλυσιδωτή αντίδραση. Έτσι, ένα τυπικό πυρηνικό εργοστάσιο εξάγει από τον αντιδραστήρα του μεσοσταθμικά 30 τόνους χρησιμοποιημένο καύσιμο, ο ένας τόνος εκ των οποίων αποτελεί απόβλητα υψηλής ραδιενέργειας (High Level Waste – HLW)<sup>65</sup>. Η διαχείριση αυτού του υλικού είναι ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο θέμα

---

<sup>63</sup> F. von Hippel, *Overview: The Rise and Fall of Plutonium Breeder Reactors* στο Fast Breeder Reactor Programs: History and Status, Research Report 8, International Panel on Fissile Materials, 2010.

<sup>64</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020, σ. 84-85.

<sup>65</sup> E. De Sanctis, S. Monti, και M. Ripani, *Energy from Nuclear Fission: An Introduction*, Springer, 2016, σ. 236.

για την ασφάλεια του πληθυσμού και το περιβάλλον, καθώς αυτό το υλικό περιέχει ραδιενεργά ισότοπα που είναι επικίνδυνα για χιλιάδες χρόνια. Πέραν της επιλογής της επανα-επεξεργασίας αυτού του υλικού για παραγωγή νέου καυσίμου, επιλογή η οποία μειώνει την ραδιενέργεια των απόβλητων υψηλής ραδιενέργειας στο 1/10 της αρχικής, συνήθης πρακτική είναι η προσωρινή αποθήκευση. Αυτή γίνεται αρχικά εγκαταστάσεις πλησίον της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής, ενώ έπεται η μόνιμη βαθιά γεωλογική απόθεση σε υπόγειες εγκαταστάσεις. Η τελευταία αποτελεί μια ιδιαίτερη πρόκληση, καθώς όπως θα δούμε σε επόμενη ενότητα απαιτεί την κατασκευή υπόγειων περίπλοκων κατασκευών οι οποίες θα εξασφαλίζουν την μη πρόσβαση για πολλούς αιώνες μετά<sup>66</sup>.

---

<sup>66</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020, σ. 87.

*Σελίδα σκόπιμα κενή*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

#### 2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Έχοντας περιγράψει συνοπτικά τα στάδια του κύκλου πυρηνικού καυσίμου και έχοντας παρουσιάσει, για κάθε ένα στάδιο αυτού του κύκλου, βασικά στοιχεία της σύγχρονης αγοράς της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, είναι χρήσιμο να εξετάσουμε και το μέλλον αυτού του τομέα. Θα δούμε αναλυτικά ποιοι είναι οι παράγοντες που διαμορφώνουν το μέλλον της πυρηνικής παραγωγής ενέργειας και πως αυτοί επιδρούν στις αποφάσεις των χωρών για την χρήση της.

#### 2.2 ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΜΟΡΦΩΝΟΥΝ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

Ο Findlay, στο έργο του στο οποίο συζητά το μέλλον της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, παρουσιάζει τους παράγοντες εκείνους που εκτιμά ότι θα διαδραματίσουν πρωτεύοντα ρόλο στην ανάπτυξη του κλάδου, αλλά και τους περιορισμούς που θα λειτουργήσουν αρνητικά σε αυτή. Αναφέρει πως η μελλοντική ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, η διαρκής αναζήτηση των χωρών για τρόπους εξασφάλισης ενεργειακής επάρκειας και αυτονομίας, και η κλιματική αλλαγή, είναι παράγοντες που συνεισφέρουν στην ανάπτυξη του κλάδου της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής. Παράλληλα η βελτίωση της τεχνολογίας των πυρηνικών αντιδραστήρων, με την αυξημένη αποδοτικότητά τους και την βελτιωμένη ασφάλεια λειτουργίας τους, θα αυξήσει την εμπιστοσύνη πολιτών, επενδυτών και κυβερνήσεων στην πυρηνική ενέργεια. Από την άλλη, ως ανασταλτικούς στην ανάπτυξη της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, αναγνωρίζει την οικονομική παράμετρο της αγοράς, τις βιομηχανικές δυνατότητες, την έλλειψη εξειδικευμένου

προσωπικού, την διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων και τέλος το θέμα της ασφάλειας και της διάδοσης των πυρηνικών όπλων<sup>67</sup>.

Το γεγονός της αύξησης της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια, ίσως είναι αυταπόδεικτο αν κάποιος σκεφτεί την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, την ανάπτυξη που παρουσιάζουν χώρες - πληθυσμιακά μεγαθήρια, όπως η Κίνα και η Ινδία. Οι Zohuri και McDaniel υποστηρίζουν ότι η οικονομικά μεσαία τάξη θα αυξηθεί από τα 3 στα 5 δισεκατομμύρια, μέχρι το 2030. Εκτιμούν επίσης ότι η παγκόσμια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί κατά 60% μέχρι το 2040, οδηγούμενη κυρίως από τη ζήτηση κρατών εκτός του Οργανισμού για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη (Organization for Economic Co-operation and Development – OECD), η οποία θα έχει διαπλαστεί<sup>68</sup>.

Η ενεργειακή επάρκεια και η αυτονομία σχετίζεται με έναν όρο που ακούγεται συχνά στα διεθνή φόρουμ, την ενεργειακή ασφάλεια. Όπως αναφέρουν οι Mouraviev και Koulouri, η Παγκόσμια Τράπεζα όρισε την ενεργειακή ασφάλεια ως, την εξασφάλιση ότι οι χώρες μπορούν να παράγουν και να χρησιμοποιούν ενέργεια, σε λογικό κόστος, ώστε να διευκολύνουν την ανάπτυξη και έτσι την μείωση της φτώχειας και να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, διευρύνοντας την πρόσβαση σε σύγχρονες υπηρεσίες ενέργειας<sup>69</sup>. Έτσι, όπως τονίζουν οι συγγραφείς, η ενεργειακή ασφάλεια αποτελεί για τις κυβερνήσεις ως ένα αναπόσπαστο τμήμα της εθνικής ενεργειακής πολιτικής<sup>70</sup>.

Η κλιματική αλλαγή, είναι κάτι που επίσης συνυπολογίζεται από κυβερνήσεις στην διαμόρφωση της ενεργειακής τους πολιτικής, ώστε να καταφέρουν να εξασφαλίσουν την αναγκαία προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ παράλληλα να προστατεύουν τη ζωή των πολιτών. Στην κατεύθυνση αυτή άλλωστε, ωθεί τις

---

<sup>67</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation*, Part 1, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ.10.

<sup>68</sup> B. Zohuri, και P.J. McDaniel, *Introduction to Energy Essentials: Insight into Nuclear, Renewable, and Non-Renewable Energies*, London: Elsevier Academic Press, 2021, σ.6.

<sup>69</sup> N. Mouraviev, και A. Koulouri, *Introduction: Towards a Novel Conceptualisation of Energy Security* στο *Energy Security: Policy Challenges and Solutions for Resource Efficiency*, (επιμ.) N. Mouraviev, και A. Koulouri, Palgrave Macmillan. Cham, Switzerland, 2019, σ. 14.

<sup>70</sup> Στο ίδιο, σ. 1.

κυβερνήσεις και η Συμφωνία του Παρισιού για την Κλιματική Αλλαγή, του 2015, κατά την οποία οι κυβερνήσεις των χωρών του Ο.Η.Ε, δεσμευτήκαν για περιορισμό εκπομπής αέριων ρύπων<sup>71</sup>. Υπάρχει μια έντονη συζήτηση μεταξύ ερευνητών αν η εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα όντως συμβάλει στην κλιματική αλλαγή. Ο Fleming, μεταξύ άλλων, υποστηρίζει ότι η άνοδος της θερμοκρασίας στον πλανήτη δεν σχετίζεται με την συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα<sup>72</sup>. Παρόλο που αυτή η συζήτηση είναι ακόμη ανοιχτή, δεν μπορεί να αμφισβητηθεί ότι η μόλυνση της ατμόσφαιρας επιβαρύνει την υγεία του ανθρώπου και δημιουργεί κυρίως ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος<sup>73</sup>. Η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα αυξήθηκε παγκοσμίως την πρώτη δεκαπενταετία του 21<sup>ου</sup> αιώνα κατά περίπου 40%<sup>74</sup>. Ο Hore-Lacy για να κάνει κατανοητή την προσφορά της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής στη μείωση της μόλυνσης της ατμόσφαιρας, τονίζει ότι για κάθε 22 τόνων ουρανίου που χρησιμοποιούνται για ηλεκτροπαραγωγή, 1 τόνος διοξειδίου του άνθρακα δεν διοχετεύεται ατμόσφαιρα, ποσότητα η οποία θα προστίθετο από την παραγωγή ίδιας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας από τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια άνθρακα<sup>75</sup>.

Η βελτίωση της τεχνολογίας των αντιδραστήρων αναμένεται να οδηγήσει τους λήπτες αποφάσεων να στραφούν προς την πυρηνική ενέργεια, αλλά και να τους διευκολύνει ώστε να πείσουν τους πολίτες για τα προτερήματά της. Οι κατασκευαστές αντιδραστήρων έχουν διαφημίσει αρκετά τα βελτιωμένα χαρακτηριστικά των αντιδραστήρων III και III+ γενεάς<sup>76</sup>. Σύμφωνα με τους

---

<sup>71</sup> L.Reins and G.Van Calster. *Introduction –The Paris Agreement on Climate Change* στο *The Paris Agreement on Climate Change: A Commentary* (επιμ.) L.Reins and G.Van Calster, Cheltenham:Edward Elgar Publishing, 2021, σ. 1.

<sup>72</sup> R. J. Fleming, *The Rise and Fall of the Carbon Dioxide Theory of Climate Change*. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2020.

<sup>73</sup> G. D. Thurston και M. L. Bell, *The Human Health Co-benefits of Air Quality Improvements Associated with Climate Change Mitigation*, στο *Climate Change and Global Public Health*, (επιμ.) Pinkerton, Kent Ed, and William N. Rom, 2021, σ. 181-202.

<sup>74</sup> B. Zohuri, και P.J. McDaniel, *Introduction to Energy Essentials: Insight into Nuclear, Renewable, and Non-Renewable Energies*, London: Elsevier Academic Press, 2021, σ. 39.

<sup>75</sup> I. Hore-Lacy, *Nuclear Energy in the 21st Century*, London: World Nuclear University Press, 2011, σ. 113.

<sup>76</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation, Part 1*, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ. 25.

κατασκευαστές οι αντιδραστήρες αυτοί θα έχουν μειωμένο κόστος λειτουργίας και μεγαλύτερη απόδοση, θα έχουν διάρκεια ζωής που θα φτάνει τα 60 χρόνια, ενώ θα προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια αφού θα ενσωματώνουν συστήματα ασφαλείας που δεν θα βασίζονται στην ανθρώπινη επέμβαση, αλλά στους νόμους της φύσης. Ο Findlay θεωρεί ότι η διαφορά μεταξύ της γενεάς III και της III+, έχει επέλθει κυρίως για λόγους μάρκετινγκ και πιθανώς δεν δικαιολογείται τεχνολογικά. Σύμφωνα με τον συγγραφέα, Η Γαλλία, η Ιαπωνία, η Αμερική, η Κίνα, η Ρωσία και η Νότια Κορέα, είτε έχουν κατασκευάσει ή κατασκευάζουν τέτοιους αντιδραστήρες, είτε έχουν παρουσιάσει σχέδια αντιδραστήρων γενεάς III και III+, τα οποία αφορούν σε αντιδραστήρες τεχνολογίας κυρίως ελαφρού ύδατος<sup>77</sup>.

Οι αντιδραστήρες του μέλλοντος, που βρίσκονται αυτή τη στιγμή μόνο σε σχέδια και μοντέλα, και οι οποίοι θα αρχίσουν να κατασκευάζονται την επόμενη δεκαετία συγκαταλέγονται στην κατηγορία αντιδραστήρων IV γενεάς. Όπως περιγράφουν οι Zohuri και McDaniel, οι ειδικοί και οι εταιρείες ενός συνασπισμού κρατών, στις αρχές της τρέχουσας χιλιετίας, ξεκίνησαν να συνεργάζονται προκειμένου να αναπτύξουν τα μελλοντικά συστήματα πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής. Ο συνασπισμός, ο οποίος ονομάστηκε Gen IV International Forum (GIF), ξεκίνησε τις εργασίες του τον Ιούλιο του 2001, θέτοντας οκτώ στόχους, που αφορούν σε τέσσερις γενικές κατηγορίες. Βιωσιμότητα, οικονομία, ασφάλεια και αντίσταση στην διάδοση των πυρηνικών όπλων<sup>78</sup>. Η επίτευξη των στόχων που έθεσε η GIF για τους αντιδραστήρες του μέλλοντος, πιθανώς να επηρεάσει πολλές ακόμη χώρες στο να υιοθετήσουν την πυρηνική τεχνολογία για την εξασφάλιση των ενεργειακών τους απαιτήσεων.

Πέραν των τεχνολογικών αλμάτων που επιδιώκονται στην κατασκευή αντιδραστήρων σχάσης, άλλη μια εκδοχή της πυρηνικής τεχνολογίας που βρίσκεται υπό διερεύνηση εδώ και δεκαετίες, όπως σημειώνει ο Asimov, χωρίς ιδιαίτερη επιτυχία, είναι αυτή της πυρηνικής σύντηξης<sup>79</sup>. Η πυρηνική σύντηξη στηρίζεται στο

---

<sup>77</sup> Στο ίδιο.

<sup>78</sup> B. Zohuri, και P.J. McDaniel, *Introduction to Energy Essentials: Insight into Nuclear, Renewable, and Non-Renewable Energies*, London: Elsevier Academic Press, 2021, σ. 91.

<sup>79</sup> I. Asimov, *Πως Βρήκαμε την Πυρηνική Ενέργεια*, Αθينا: Πανεπιστημιακός Τύπος, 1982, σ. 68.



φαινόμενο της ένωσης ελαφρών πυρήνων σε μεγαλύτερο, η οποία απελευθερώνει τεράστια ποσά ενέργειας. Το φαινόμενο αυτό, έχει γίνει ως τώρα εκμεταλλεύσιμο, μόνο στον τομέα της άμυνας, όταν από πολύ νωρίς, μετά τον 2<sup>ο</sup> ΠΠ, κατασκευάστηκε από τις Η.Π.Α μια βόμβα υδρογόνου η οποία και δοκιμάστηκε, το 1952, προκαλώντας έκρηξη πολλαπλάσιας ισχύος από τις πυρηνικές βόμβες που είχαν χρησιμοποιηθεί κατά τον πόλεμο. Η προοπτική της εκμετάλλευσης του φαινομένου της πυρηνικής σύντηξης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τεράστιας σημασίας και οι Murray και Holbert υποστηρίζουν ότι, η πρόοδος που σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια, στον τομέα αυτό, καλλιεργεί την ελπίδα ότι εντός του 21<sup>ου</sup> αιώνα μπορεί να γίνει εφικτή<sup>80</sup>.

Έχοντας αναλύσει αυτούς τους παράγοντες που ο Findlay θεωρεί ότι θα προσδώσουν ώθηση στην ανάπτυξη του τομέα της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, θα ήταν ωφέλιμο να αναφερθούμε και στους ανασταλτικούς παράγοντες που ο ίδιος αναφέρει<sup>81</sup>.

Η οικονομική παράμετρος είναι ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την εξέταση της προοπτικής εξέλιξης ενός ενεργειακού κλάδου καθώς, όπως αναφέρουν οι Murray και Holbert, η παράμετρος αυτή αποτελεί την «κινητήριου δύναμη» για την επιλογή μιας ενεργειακής πηγής<sup>82</sup>. Η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα δύσκολο να εξετασθεί συνολικά, καθώς το τελικό κόστος της κατασκευής, λειτουργίας και διάλυσης ενός πυρηνικού εργοστασίου διαφέρει αρκετά σε κάθε χώρα και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες<sup>83</sup>. Σύμφωνα με τα στοιχεία μιας έκθεσης της UNECE, το επιπεδοποιημένο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού (Levelized Cost of Electricity - LCOE) στις Η.Π.Α κυμαίνεται στα 105 δολ./MWh, στην Ευρώπη στα 150 δολ./MWh, ενώ στην Κίνα και στην Ινδία στα 60 – 70

---

<sup>80</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 525.

<sup>81</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation, Part 1*, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ.9.

<sup>82</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 477.

<sup>83</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways. Draft*, UNECE, 2020, σ. 60-61.

δολ./MWh. Τα παραπάνω στοιχεία όμως δεν φανερώνουν τίποτα σχετικά με το μέλλον της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, εκτός αν συγκριθούν με το κόστος άλλων μεθόδων. Έτσι, ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί ότι το κόστος LCOE για τα εργοστάσια άνθρακα στις ΗΠΑ, είναι περίπου στα 75 δολ./MWh, ενώ το αντίστοιχο κόστος για ηλεκτροπαραγωγή με χρήση φυσικού αερίου στα 50 δολ./MWh. Για την Ευρώπη τα αντίστοιχα κόστη είναι στα 120 και 90 δολ./MWh. Ενδιαφέρον επίσης είναι ότι στην Ινδία και Κίνα το κόστος πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής είναι ανάλογο του κόστους παραγωγής με χρήση άνθρακα και μικρότερο του κόστους παραγωγής με χρήση φυσικού αερίου. Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή είναι κοστοβόρα, αλλά παράλληλα μπορεί υπό συγκεκριμένες συνθήκες να είναι ανταγωνιστική<sup>84</sup>.

Ένας από τους παράγοντες που έχουν επίδραση στην οικονομική παράμετρο και αξίζει ιδιαίτερης αναφοράς, όσον αφορά στο μέλλον της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, είναι και αυτό του κόστους του πυρηνικού καυσίμου. Τα γνωστά υπάρχοντα κοιτάσματα ουρανίου, αυτά σύμφωνα με την τελευταία έκθεση της IAEA-NEA, εκτιμώνται να είναι της τάξης των 6.147.800 τόνων με τιμή εξόρυξης κάτω των 130 \$/χλγρ. και 8.070.400 τόνων με τιμή εξόρυξης έως 260 \$/χλγρ<sup>85</sup>. Παρατηρώντας την εικ. 2 (σελ. 3), που παρουσιάστηκε σε προηγούμενη ενότητα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το 95% των γνωστών, οικονομικά εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων, κατέχεται από 16 χώρες, με κυριότερες την Αυστραλία όπου κατέχει το 28% των κοιτασμάτων, το Καζακστάν κατέχοντας το 15% και τον Καναδά που ακολουθεί με 9%. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι η κατάσταση που παρουσιάζει ο χάρτης θα ήταν διαφορετική αν προσθέσουμε στην συζήτησή την παράμετρό του κόστους εξόρυξης που είναι ανάλογο του είδους των υπάρχοντων κοιτασμάτων. Λαμβάνοντας αυτή την παράμετρο υπόψη θα πρέπει να αναφερθεί ότι το Καζακστάν μπορεί να κατέχει λιγότερα γνωστά κοιτάσματα, αλλά

---

<sup>84</sup> Στο ίδιο.

<sup>85</sup> Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) και Nuclear Energy Agency (NEA), Uranium 2020: Resources, Production and Demand, 2021, σ. 16.

κατέχει το 49% του ουρανίου που μπορεί να εξορισθεί με κόστος μικρότερο του 80\$/χλγρ<sup>86</sup>.

Τα αποθέματα ουρανίου που υπάρχουν στον πλανήτη, σύμφωνα με την μελέτη του IAEA-NEA είναι αρκετά για περισσότερα από 135 χρόνια, αν θεωρήσουμε σταθερή την απαίτηση για ουράνιο, όπως αυτή καταγράφηκε το 2019, στους 59.000 τόνους ουρανίου ετησίως<sup>87</sup>. Όμως η παραδοχή αυτή δεν βοηθά ιδιαίτερα στο να καταλήξει κάποιος σε συμπεράσματα για την μελλοντική εξέλιξη του τομέα της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, καθώς πρωτεύοντα ρόλο στην ανάπτυξη ή συρρίκνωση του τομέα θα διαδραματίσει και η τιμή που αυτό θα διατίθενται στους καταναλωτές. Η τιμή του ουρανίου, ενός ορυκτού που αποτελεί σπάνιο πόρο, θα επιδράσει είτε θετικά, είτε αρνητικά, στην υιοθέτηση της πυρηνικής τεχνολογίας ως πηγής ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη, η ανάπτυξη του τομέα της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής θα επηρεάσει την τιμή του ουρανίου, καθώς θα αυξηθεί η ζήτησή του. Όπως τονίζει η έκθεση του IAEA-NEA, μέχρι το 2040, 20 περίπου χρόνια από σήμερα, θα έχει καταναλωθεί το από 64% μέχρι 86% του ουρανίου που έχει μικρό κόστος εξόρυξης, δηλαδή κόστος μικρότερο των 80 \$/χλγρ.<sup>88</sup> Η πρώτη τιμή, εξάγεται με δεδομένο το δυσμενέστερο σενάριο του IAEA-NEA για την ανάπτυξη του τομέα, ενώ η δεύτερη λαμβάνοντας υπόψη την καλύτερη εκδοχή ανάπτυξής του. Όπως είναι φυσικό, η ανακάλυψη νέων, εύκολα εξορύσιμων κοιτασμάτων, η ανάπτυξη της τεχνολογίας των πυρηνικών αντιδραστήρων, καθώς ακόμη και πιο απρόβλεπτοι παράγοντες όπως ένα πυρηνικό ατύχημα, θα επηρεάσει δραστικά τις παραπάνω ποσοτικές προβλέψεις.

Η ανάπτυξη του κλάδου της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής συνδέεται άρρηκτα με τις δυνατότητες που προσφέρει η βιομηχανική υποδομή. Η εισαγωγή και άλλων εταιρειών που να δραστηριοποιούνται έστω σε συγκεκριμένα τμήματα του κύκλου πυρηνικού καυσίμου, αλλά η αύξηση των δυνατοτήτων παραγωγής τμημάτων των εγκαταστάσεων των πυρηνικών εργοστασίων που παρουσιάζουν

---

<sup>86</sup> Στο ίδιο.

<sup>87</sup> Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) και Nuclear Energy Agency (NEA), *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*, 2021, σ. 113.

<sup>88</sup> Στο ίδιο, σ. 113.

ιδιαίτερες δυσκολίες κατασκευής, λόγω των ιδιαίτερων αυστηρών προδιαγραφών που θα πρέπει αυτά να τηρούν, θα προσέδιδε μία ώθηση στην αγορά της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής κάνοντάς της περισσότερο ανταγωνιστική. Αναφερθήκαμε ήδη σε προηγούμενη ενότητα στις περιορισμένες βιομηχανικές δυνατότητες, που συναντώνται στους τομείς της μετατροπής του ουρανίου σε «κίτρινο κείκ» αλλά και του εμπλουτισμού του ουρανίου. Ένα παράδειγμα των περιορισμένων δυνατοτήτων της βιομηχανικής υποδομής, που παρουσιάζεται από τον Findlay<sup>89</sup>, συναντούμε σε μελέτη του 2007 ενός αμερικανικού κέντρου ερευνάς του κλάδου της πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, στην οποία παρουσιαζόταν η ανάγκη προσθήκης στις υπάρχουσες 17, 11 – 22 νέων εγκαταστάσεων εμπλουτισμού ουρανίου, προκειμένου να καλυφθούν οι πιθανές μελλοντικές απαιτήσεις σε πυρηνικό καύσιμο. Ένα ενδεικτικό επίσης παράδειγμα των περιορισμένων δυνατοτήτων στην πυρηνική βιομηχανία μας δίνεται από τον Findlay, στον οποίο γίνεται αναφορά στην μη δυνατότητα της αμερικανικής σιδηρουργίας να κατασκευάσει σφυρηλατημένα δοχεία που χρησιμοποιούνται για την φιλοξενία του πυρήνα του αντιδραστήρα<sup>90</sup>. Η παγκόσμια απαίτηση για αυτό του τμήμα του αντιδραστήρα, το 2009, καλυπτόταν κατά 80% από μία και μόνη ιαπωνική εταιρεία<sup>91</sup>.

Η περιορισμένη βιομηχανική δυνατότητα συνδέεται και με μια άλλη παράμετρο που αποτελεί τροχοπέδη στην ανάπτυξη της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, αυτή της έλλειψης εξειδικευμένου προσωπικού. Η κατάσταση περιγράφεται χαρακτηριστικά σε μια έκθεση της ΙΑΕΑ στην οποία καταγράφεται ο κίνδυνος να καταστεί η πυρηνική βιομηχανία αναξιόπιστη, επικίνδυνη και μη βιώσιμη λόγω της έλλειψης εκπαιδευμένου και εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού σε ειδικότητες σχετικές με την λειτουργία μονάδων πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής. Συγκεκριμένα, στο κείμενο γίνεται αναφορά στην γήρανση του υπάρχοντος προσωπικού το οποίο οδηγείται προς συνταξιοδότηση, σε συνδυασμό

---

<sup>89</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation, Part 1*, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ.58.

<sup>90</sup> Στο ίδιο, σ. 60.

<sup>91</sup> P. B. Alpern, U.S. Cedes Capability for Largest Nuclear Forgings, *Forgingmagazine.com*, 16 Ιουνίου 2009.

με την έλλειψη σχετικών πανεπιστημιακών τμημάτων που παράγουν επιστημονικό προσωπικό με εξειδίκευση στην πυρηνική τεχνολογία<sup>92</sup>.

Η διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων είναι μία επιπλέον παράμετρος η οποία, σύμφωνα με τον Findlay, θα επηρεάσει το μέλλον την πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής<sup>93</sup>. Ένας ορισμός για τα ραδιενεργά απόβλητα δίνεται σε κείμενο της Ε.Ε, σύμφωνα με το οποίο «είναι ραδιενεργά υλικά σε αέρια, υγρή ή στερεά μορφή, για τα οποία δεν προβλέπεται ή δεν εξετάζεται περαιτέρω χρήση, και έχουν ταξινομηθεί ως ραδιενεργά απόβλητα»<sup>94</sup>. Στο ίδιο κείμενο παρέχεται μια ταξινόμηση για τα απόβλητα αυτά, η οποία αποσκοπεί στο να τα κατηγοριοποιήσει ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς τους, με βάση τα ραδιολογικά τους χαρακτηριστικά. Τα υλικά αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε απόβλητα «πολύ χαμηλής ραδιενέργειας», «χαμηλής ραδιενέργειας», «μέσης ραδιενέργειας» ή «υψηλής ραδιενέργειας. Μεγάλο προβληματισμό και προκαλεί η διαχείριση των αποβλήτων υψηλής ραδιενέργειας που ναι μεν αποτελεί το 3% του όγκου των ραδιενεργών αποβλήτων αλλά περιέχουν το 95% του συνολικής ραδιενέργειας που δύναται να βλάψει τον άνθρωπο και το περιβάλλον<sup>95</sup>. Η δυσκολία στην διαχείρισή τους γίνεται εύκολα κατανοητή αν αναφερθεί ότι κάποια από τα ισότοπα που περιέχονται στα απόβλητα αυτά έχουν χρόνο ημίσειας ζωής της τάξεως των δισεκατομμυρίων χρόνων. Η διαχείριση των αποβλήτων υψηλής ραδιενέργειας είναι κάτι το οποίο αν και συζητείται εδώ και πολλές δεκαετίες, δεν υπάρχει μέχρι σήμερα μία ευρέως αποδεκτή στρατηγική για την εκτέλεσή της. Αναφερθήκαμε ήδη, σε προηγούμενη ενότητα, στην βαθιά γεωλογική αποθήκευση η οποία αποτελεί την στρατηγική που κατευθύνονται οι περισσότερες χώρες. Παρόλα αυτά, στις μέρες μας μόνο η Αμερική λειτουργεί, από το 1999, μια τέτοια εγκατάσταση στο Νέο Μεξικό, έχοντας δαπανήσει 25 χρόνια για την κατασκευή θαλάμων αποθήκευσης που βρίσκονται

---

<sup>92</sup> OECD Nuclear Energy Agency, *Risks and Benefits of Nuclear Energy*, Paris: Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2007.

<sup>93</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation, Part 1*, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ. 60.

<sup>94</sup> Ευρωπαϊκή Επιτροπή, *Έκθεση Της Επιτροπής Προς Το Συμβούλιο Και Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο COM(2017) 236*, Βρυξέλλες, 15.5.2017, σ. 3.

<sup>95</sup> I. Hore-Lacy, *Nuclear Energy in the 21st Century*, London: World Nuclear University Press, 2011, σ. 77.

700 μ. κάτω από την επιφάνεια της γης, η οποία όμως χρησιμοποιείται για ραδιενεργά απόβλητα που παράγονται από στρατιωτικές δραστηριότητες<sup>96</sup>.

Τέλος, ένας άλλος παράγοντας που θα επηρεάσει το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας ως πηγή ηλεκτρισμού, είναι αυτός της ασφάλειας και της μη διάδοσης των πυρηνικών όπλων. Είναι σχετική η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή με την διάδοση των πυρηνικών όπλων; Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα δεν είναι απλή. Το σκεπτικό όσων υποστηρίζουν ότι υπάρχει άμεση σχέση είναι ότι μία χώρα, η οποία αποσκοπεί στο να αποκτήσει πυρηνικό οπλοστάσιο, «προσποιείται» ότι ο μόνος της σκοπός της ασχολίας της με την πυρηνική τεχνολογία είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά ουσιαστικά εργάζεται προς την ανάπτυξη πυρηνικών όπλων<sup>97</sup>. Είναι γεγονός ότι η κατοχή και λειτουργία ενός πυρηνικού εργοστασίου παραγωγής ενέργειας, δίνει ως ένα βαθμό τεχνογνωσία χειρισμού πυρηνικού υλικού και επιπλέον παρέχει πρόσβαση σε υλικό που μπορεί δυνητικά να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πυρηνικών όπλων. Ο Futter αναφέρεται στις χώρες που είναι ικανές να αποκτήσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα πυρηνικά όπλα, ή όπως τις χαρακτηρίζει στις «εικονικές πυρηνικές δυνάμεις» και τους προσδίδει δύο γενικά χαρακτηριστικά<sup>98</sup>. Το πρώτο χαρακτηριστικό τους είναι ότι κατέχουν ένα δικό τους πρόγραμμα ειρηνικής χρήσης της πυρηνικής ενέργειας, ενώ το δεύτερο ότι έχουν μια προηγμένη στρατιωτική υποδομή ικανή να παραγάγει ένα πυρηνικό όπλο. Συνεπώς μπορούμε να πούμε ότι, όντως η ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας μπορεί να αποτελέσει βάση για την απόκτηση πυρηνικών όπλων, αλλά αυτή από μόνη της δεν είναι αρκετή. Η διεθνής κοινότητα, προκειμένου να περιορίσει την εξάπλωση των πυρηνικών όπλων έχει, μέσω διεθνών συμφωνιών, διαμορφώσει κανόνες ελέγχου της χρήσης και διακίνησης της πυρηνικής τεχνολογίας αλλά και των ευαίσθητων υλικών συμπεριλαμβανομένου και του ουρανίου, αναγνωρίζοντας ότι δεν πρόκειται για ένα σύνηθες ορυκτό. Ο έλεγχος τήρησης των κανόνων αυτών, έχει ανατεθεί στην Διεθνή Υπηρεσία Ατομικής Ενέργειας (IAEA), η οποία, μεταξύ

---

<sup>96</sup> E. De Sanctis, S. Monti, και M. Ripani, *Energy from Nuclear Fission: An Introduction*, Springer, 2016, σ. 245.

<sup>97</sup> G. J. J. Cadenas, *The Nuclear Environmentalist: Is There a Green Road to Nuclear Energy?* Milano: Springer Milan, 2012, σ. 94.

<sup>98</sup> A. Futter, *The Politics of Nuclear Weapons*, Cham:Palgrave Macmillan, 2021, σ. 76.

άλλων, εφαρμόζοντας ένα σύστημα επιτήρησης, ελέγχων και επιτόπιων επιθεωρήσεων φροντίζει για την αποτροπή κρατών να καταστούν ικανά να αποκτήσουν πυρηνικά όπλα.

Η ασφάλεια των πυρηνικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, είναι κάτι που έχει επηρεάσει στο παρελθόν την ανάπτυξη της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, αλλά θα παίξει σημαντικό ρόλο και στο μέλλον της. Η παγκόσμια πυρηνική ιστορία έχει καταγράψει μικρό αριθμό πυρηνικών ατυχημάτων, αλλά αποτελεί μια σημαντική παράμετρο που διαμορφώνει τις εξελίξεις στον τομέα. Ένα σχετικά πρόσφατο παράδειγμα αυτού αποτελεί και το ατύχημα στο πυρηνικό αντιδραστήρα της Fukushima στην Ιαπωνία, που συνέβη το 2011. Το ατύχημα αυτό και ο θόρυβος που προκλήθηκε οδήγησε όχι μόνο την ίδια την Ιαπωνία στην απομάκρυνσή της από την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, αλλά και χώρες της Ευρώπης, όπως την Γερμανία, το Βέλγιο και την Ελβετία και άλλες<sup>99</sup>. Είναι χαρακτηριστικό ότι ενώ το 2010, ξεκίνησε η κατασκευή σε δεκαπέντε μονάδες πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής σε όλον τον κόσμο, το 2013 ο αντίστοιχος αριθμός ήταν δέκα, οκτώ το 2015 και πέντε το 2017. Παρατηρούμε λοιπόν ότι ένα πυρηνικό ατύχημα οπουδήποτε στον κόσμο, είναι ικανό να κάνει χώρες που ήταν παραδοσιακά πυρηνικές, να αποστραφούν την πυρηνική ενέργεια και επίσης είναι ικανό να επιβραδύνει την ανάπτυξη του κλάδου γενικότερα.

### **2.3 Η ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΣΗΜΕΡΑ**

Έχοντας δει τους παράγοντες, που θα διαμορφώσουν το μέγεθος του κλάδου της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής στο μέλλον, θα ήταν χρήσιμο να δούμε κάποια συνοπτικά στοιχεία σχετικά με τα τρέχοντα πυρηνικά προγράμματα των κρατών που διαμορφώνουν τις εξελίξεις στον τομέα. Έτσι θα διαμορφώσουμε μια άποψη, τόσο για το άμεσο μέλλον της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, όσο και για το πώς οι χώρες, λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν στην

---

<sup>99</sup> R. Haas, L. Mez, και A. Ajanovic, *Introduction: Why Discuss Nuclear Power Today?*, στο *The Technological and Economic Future of Nuclear Power* (επιμ.) R. Haas, L. Mez, και A. Ajanovic, Fachmedien Wiesbaden: Springer, 2019 σ. 3.

προηγούμενη ενότητα, διαμορφώνουν την ενεργειακή τους πολιτική εντάσσοντας σε αυτήν, σε διαφορετικό βαθμό, την πυρηνική ενέργεια.

Μια συνοπτική εικόνα για το ποιες χώρες επενδύουν στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή δίνεται στον πίνακα 3 και στο διάγραμμα 1. Ο πρώτος οποίος παρουσιάζει τους υπό κατασκευή πυρηνικούς αντιδραστήρες στον κόσμο, ενώ ο δεύτερος την πυρηνική παραγωγή κάθε χώρας και το αντίστοιχο ιστορικό υψηλό.

Country	Units	Capacity (MW net)	Construction Start	Grid Connection	Units Behind Schedule
China	15	13 842	2012 - 2019	2020 - 2025	6
India	7	4 824	2004 - 2017	2020 - 2023	5
South Korea	4	5 360	2012 - 2018	2020 - 2024	4
UAE	4	5 380	2012 - 2015	2020 - 2023	4
Russia	3	3 315	2010 - 2019	2021 - 2023	1
Bangladesh	2	2 160	2017 - 2018	2023 - 2024	0
Belarus	2	2 218	2013 - 2014	2020 - 2021	2
Pakistan	2	2 028	2015 - 2016	2021	1
Slovakia	2	880	1985 - 1985	2020 - 2021	2
Turkey	2	2 228	2018 - 2020	2024 - 2025	1
UK	2	3 260	2018 - 2019	2025 - 2026	0
USA	2	2 234	2013	2021 - 2022	2
Argentina	1	25	2014	2021	1
Finland	1	1 600	2005	2021	1
France	1	1 600	2007	2022	1
Iran	1	1 196	1976	2024	1
Japan	1	1 325	2007	?	1
Total	52	53 475	1976 - 2020	2020 - 2026	33

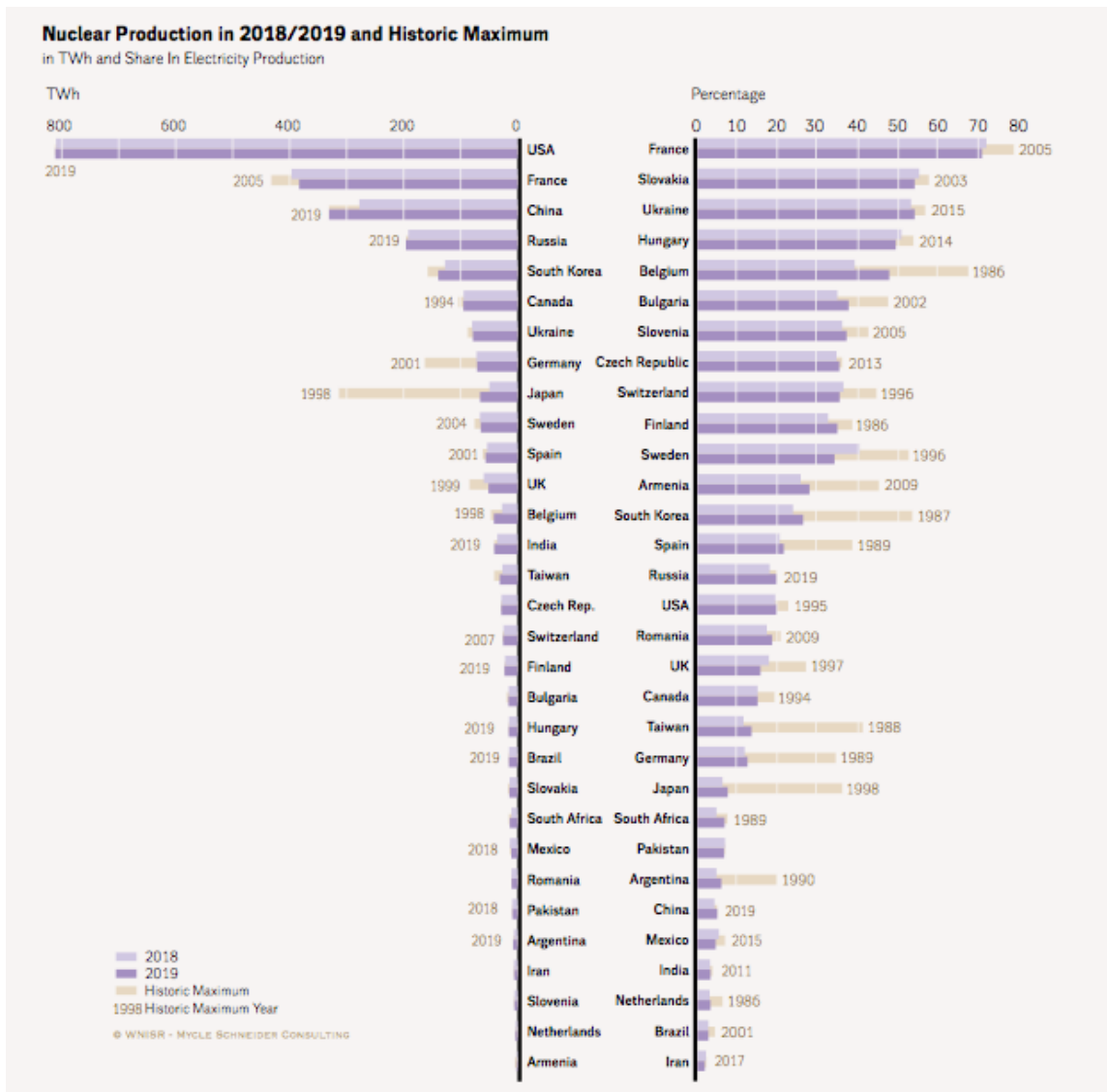
**Πίνακας 3:** Υπό κατασκευή πυρηνικοί αντιδραστήρες (Στοιχεία: 2020)<sup>100</sup>.

Ο πίνακας 3 και το διάγραμμα 2, να μεν παρέχουν μια συνοπτική εικόνα για τις ενεργειακές επιλογές της κάθε χώρας, αλλά δεν δίνουν την πλήρη εικόνα. Η περίπτωση της κάθε χώρας θα πρέπει να εξεταστεί μεμονωμένα και αφού ληφθούν υπόψη και άλλες παράμετροι, ώστε να εξαχθούν σαφή συμπεράσματα. Για παράδειγμα, εξετάζοντας τον πίνακα 3, είναι θα μπορούσε να πει κάποιος ότι η Κίνα έχει κάνει μια σαφή στρατηγική επιλογή, αυτή της πυρηνικής ενέργειας. Παρόλα αυτά, οι Schneider και Froggatt αναφέρουν ότι το πυρηνικό μέλλον της Κίνας είναι

<sup>100</sup> M. Schneider, και A. Froggatt, *The World Nuclear Industry Status Report 2020*, Paris, 2020, σ. 47.



αβέβαιο. Όπως περιγράφουν, η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή συμμετείχε μόνο κατά περίπου 5% στην κάλυψη της απαίτησης για ηλεκτρική ενέργεια, ενώ παράλληλα το πυρηνικό πρόγραμμα της χώρας, ναι με μεγαθύνεται, αλλά με επιβραδυνόμενο ρυθμό. Ταυτόχρονα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Κίνα αυξάνονται με ταχύτερο ρυθμό, με την αιολική ενέργεια να ξεπερνά την πυρηνική και την ηλιακή να φτάνει στα 2/3 της πυρηνικής<sup>101</sup>.



**Διάγραμμα 2:** Πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή 2018/2019 και αντίστοιχο παραγωγικό υψηλό, ανά χώρα<sup>102</sup>.

<sup>101</sup> Στο ίδιο, σ. 47.

<sup>102</sup> Στο ίδιο, σ. 41.

Σκοπός της παρούσας μελέτης δεν είναι να εξετάσει την περίπτωση κάθε χώρας ξεχωριστά. Γενικά, η συνεξέταση των παραπάνω στοιχείων μας δίνει την ευκαιρία να καταλήξουμε σε σχετικά ασφαλή συμπεράσματα για την αντιμετώπιση της πυρηνικής ενέργειας από κάθε χώρα. Για παράδειγμα, παρατηρώντας το διάγραμμα 2, θα δούμε ότι χώρες που παραδοσιακά έδιδαν βαρύτητα στην πυρηνική ενέργεια, όπως η Γερμανία, το Βέλγιο, η Ταϊβάν και η Νότια Κορέα, έχουν μειώσει αρκετά το μερίδιο της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό τους καλάθι και ταυτόχρονα δεν συμπεριλαμβάνονται στον πίνακα 3, γεγονός που δηλώνει μια αποστροφή από την πυρηνική ενέργεια. Θα μπορούσε επίσης ως συμπέρασμα να αναφερθεί ότι, χώρες της Ασίας και της Αφρικής αναμένεται να στρέψουν την προσοχή τους περισσότερο στην πυρηνική ενέργεια αυξάνοντας το μερίδιό της στο ενεργειακό ισοζύγιο, ενώ οι ευρωπαϊκές χώρες οδηγούνται στην αποστροφή από αυτήν.

Μια συνοπτική εικόνα για το μέλλον της πυρηνική ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το 2035, στα πλαίσια του παγκόσμιου ενεργειακού τοπίου δίνεται από τους Karatayev κ.α.<sup>103</sup>. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που αναφέρονται στο έργο αυτό, αν και η χρήση των ορυκτών καυσίμων θα μειωθεί κατά 10%, αυτά θα κατέχουν το 60% του ενεργειακού ισοζυγίου, η πυρηνική ενέργεια θα συμβάλει κατά 12 με 13%, κοντά στα σημερινά της επίπεδα, ενώ η αιολική ενέργεια κατά περίπου 8%. Τέλος, το υπόλοιπο μοιράζεται στην υδροηλεκτρική κατά το μεγαλύτερο μέρος του, στην ηλιακή και στην βιομάζα.

---

<sup>103</sup> M. Karatayev, G. Movkebayeva και Z. Bimagambetova. Increasing Utilisation of Renewable Energy Sources: Comparative Analysis of Scenarios Until 2050, στο Energy Security: Policy Challenges and Solutions for Resource Efficiency, (επιμ.) N. Mouraviev, και A. Koulouri, Cham: Palgrave Macmillan, 2019, σ. 52.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στα προηγούμενα κεφάλαια, αναφερθήκαμε στη φύση της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής και στον τρόπο λειτουργίας του τομέα, ενώ επίσης παρουσιάστηκε η τρέχουσα κατάσταση της αγοράς πυρηνικής ενέργειας αλλά και κάποια στοιχεία για τον μέλλον της. Στο πλαίσιο των παραπάνω, αναφέρθηκαν κάποια γενικά στοιχεία για τον ρόλο που διαδραματίζει η ενέργεια γενικότερα και εν προκειμένω η πυρηνική ενέργεια, για την πρόοδο και την ποιότητα ζωής μιας κοινωνίας. Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε ποιες είναι οι επιπτώσεις αυτής, για την χώρα η οποία την υιοθετεί. Μέσω αυτής της ανάλυσης, θα επιδιώξουμε, σε επόμενο κεφάλαιο, να εξετάσουμε τις επιπτώσεις που έχει για την Τουρκία και για τις γειτονικές χώρες αυτής, η κατασκευή του πυρηνικού εργοστασίου παραγωγής ενέργειας του Άκουγιου.

Μια ενδιαφέρουσα, σχετική με το θέμα μας, ανάλυση παρέχεται από τους Smith και Gieré, οι οποίοι εξετάζουν τους λόγους για τους οποίους μια χώρα επιλέγει την ένταξή στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή. Στο έργο τους, οι συγγραφείς καταλήγουν σε οκτώ τέτοιους λόγους. Ο πρώτος δεν θα μπορούσε παρά να αφορά στις οικονομικές παραμέτρους που διαμορφώνονται από το είδος της εγχώριας ενεργειακής αγοράς, καθώς και από τις δυνατότητες που αυτή διαθέτει. Ο δεύτερος λόγος σχετίζεται με το περιβάλλον και με τις δεσμεύσεις μιας χώρας στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Η αναγκαιότητα της ικανοποίησης των αυξημένων απαιτήσεων για ηλεκτρισμό που έχει ο πληθυσμός, είναι σύμφωνα με τον ερευνητή, ένας λόγος επίσης που οδηγεί τις χώρες στην πυρηνική ενέργεια. Η ανάγκη για ενεργειακή ασφάλεια μέσω της διαφοροποίησης των πηγών ενέργειας, παρουσιάζεται ως ένας επιπλέον λόγος. Πολιτικοί παράγοντες, όπως η επιθυμία μιας χώρας να συνάψει εμπορικούς δεσμούς με κάποια άλλη ή να γίνει ανταγωνιστική στον πυρηνικό τομέα, ή τέλος ακόμη και η αναζήτηση μιας χώρας τρόπου πρόσβασης σε πυρηνικό υλικό για ανάπτυξη στρατιωτικών πυρηνικών δυνατοτήτων, μπορεί να επηρεάσουν την ενεργειακή

στρατηγική μιας χώρας υπέρ της πυρηνικής ενέργειας. Τέλος, η προοπτική βελτίωσης των οικονομικών των νοικοκυριών και ως εκ τούτου του επιπέδου διαβίωσης τους, καθώς και η ίδια η στάση του πληθυσμού έναντι της τεχνολογίας, της πυρηνικής ενέργειας και του ρίσκου, είναι επίσης λόγοι που ενθαρρύνουν μια χώρα στην αποδοχή της πυρηνικής ενέργειας ως ενεργειακή πηγή<sup>104</sup>.

Μία ακόμη εργασία η οποία μπορεί να μας παρέχει χρήσιμα στοιχεία για τις επιπτώσεις της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής είναι αυτή του Οργανισμού Πυρηνικής Ενέργειας, στην οποία γίνεται μια απόπειρα να καταγραφούν, ποσοτικά και ποιοτικά, οι επιπτώσεις κάθε ηλεκτροπαραγωγικής μεθόδου σε μια χώρα, φιλοδοξώντας να χρησιμεύσει ως οδηγός στους λήπτες αποφάσεων για μια συνειδητή τεκμηριωμένη επιλογή, υπέρ ή κατά της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής. Η ανάλυση του οργανισμού βασίζεται στις τρεις διαστάσεις της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης, την οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνία. Για κάθε έναν από αυτούς τους παράγοντες η μελέτη προσδιορίζει τις επιμέρους παραμέτρους της πυρηνικής ενέργειας από τις οποίες δύνανται να επηρεαστούν. Για παράδειγμα, η παράμετρος «εργασία» στην οποία έχει αντίκτυπο η υιοθέτηση της πυρηνικής ενέργειας, επηρεάζει τον παράγοντα «κοινωνία». Η μελέτη αυτή δεν αρκείται στην περιγραφή όμως των παραμέτρων αυτών, αλλά προσδιορίζει συγκεκριμένους δείκτες για κάθε παράμετρο, τους οποίους εξετάζει ποιοτικά και ποσοτικά<sup>105</sup>. Ο πίνακας 9, παρουσιάζει συνοπτικά τις παραμέτρους και τους δείκτες που εξετάστηκαν για στην μελέτη αυτή. Οι δύο παραπάνω μελέτες, δεν διαφοροποιούνται αρκετά στην ουσία των παραγόντων που εξετάζουν και μας παρέχουν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο ανάλυσης των επιπτώσεων της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής. Υπό αυτό το πλαίσιο θα εξετάσουμε παρακάτω πως επηρεάζει η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή μια χώρα, στους επιμέρους τομείς της οικονομίας, του φυσικού περιβάλλοντος, της ενεργειακής ασφάλειας, της ασφάλειας, της κοινωνίας και τέλος της γεωπολιτικής.

---

<sup>104</sup> Κ. L. Smith και R. Gieré, *Why Some Nations Choose Nuclear Power*, Kleinman Center for Energy Policy, University of Pennsylvania, 2017.

<sup>105</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, NEA , 2007.

Dimension	Impact area	Indicator	Unit
Economy	Financial requirements	Production cost	<i>c/kWh</i>
		Fuel price increase sensitivity	<i>Factor<sup>a</sup></i>
	Resources	Availability (load factor)	%
		Geopolitical factors	<i>Relative scale</i>
		Long-term sustainability: Energetic resource lifetime	Years
		Long-term sustainability: Non-energetic resource consumption	<i>kg/GWh</i>
		Peak load response	<i>Relative scale</i>
Environment	Global warming	CO <sub>2</sub> -equivalents	<i>tons/GWh</i>
	Regional environmental impact	Change in unprotected ecosystem area	<i>km<sup>2</sup>/GWh</i>
	Non-pollutant effects	Land use	<i>m<sup>2</sup>/GWh</i>
	Severe accidents	Fatalities <sup>b</sup>	<i>Fatalities/GWh</i>
	Total waste	Weight	<i>tons/GWh</i>
Social	Employment	Technology-specific job opportunities	<i>Person-years/GWh</i>
	Proliferation	Potential	<i>Relative scale</i>
	Human health impacts (normal operation)	Mortality (reduced life-expectancy)	<i>Years of life lost/GWh</i>
	Local disturbance	Noise, visual amenity	<i>Relative scale</i>
	Critical waste confinement	"Necessary" confinement time	<i>Thousand of years</i>
	Risk aversion	Maximum credible number of fatalities per accident	<i>Max fatalities/accident</i>

**Πίνακας 4:** Διαστάσεις, παράμετροι της ηλεκτροπαραγωγής και οι αντίστοιχοι δείκτες που εξετάστηκαν από τον Οργανισμό Πυρηνικής Ενέργειας<sup>106</sup>.

### 3.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Μια απόπειρα εξέτασης των οικονομικών παραμέτρων της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, στο επίπεδο μιας χώρας, θα οδηγούσε κάποιον να αναζητήσει μια απάντηση στο ερώτημα «ωφελεί την οικονομία μια χώρας η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή; Και αν ναι, πόσο;». Το ερώτημα αυτό δεν μπορεί να απαντηθεί αν το αντικείμενο της εξέτασης δεν είναι μια συγκεκριμένη χώρα, σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και με δεδομένο το επίπεδο τεχνολογικής προόδου που έχει επιτευχθεί σε αυτή τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, σε όλες τις εκφάνσεις του ενεργειακού κλάδου. Θέτοντάς το διαφορετικά, μπορεί να ειπωθεί ότι για κάθε χώρα το κόστος της παραγωγής ενέργειας για κάθε μία από τις διαφορετικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας είναι διαφορετικό. Διαφορετικό, όπως είναι φυσικό, είναι το

<sup>106</sup> Στο ίδιο, σ. 34.

κόστος ηλεκτροπαραγωγής, μέσω εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, σε μια χώρα που έχει ηλιοφάνεια 200 ημέρες τον χρόνο, από μια χώρα που η μέση ηλιοφάνεια της είναι 100 ημέρες. Επιπλέον, για την ίδια χώρα, σε μια συγκεκριμένη περίοδο, μπορεί το κόστος της ηλιακής ηλεκτροπαραγωγής να είναι μεγαλύτερο από το κόστος ηλεκτροπαραγωγής με φυσικό αέριο, αλλά αυτό μετά από μια δεκαετία να αντιστραφεί, λόγω της ανακάλυψης νέων κοιτασμάτων ή λόγω της πτώσης της τιμής εισαγωγής φυσικού αερίου. Κατά συνέπεια, το ερώτημα αυτό δεν μπορεί να απαντηθεί μονολεκτικά, καθώς το κόστος του αγαθού που λέγεται ενέργεια είναι ένα στοιχείο σχεσιακό και πολύ-παραγοντικό. Έτσι, η ανάλυσή μας εδώ, θα περιοριστεί στο να τεκμηριώσει μέσω βιβλιογραφικών αναφορών τα οικονομικά πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα που έχει η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή σε σχέση με τις λοιπές τεχνολογίες και επιπλέον, στο να παρουσιάσει σχετικά οικονομικά μεγέθη των διαφορετικών τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής για την σύγχρονη εποχή.

Μια πρόσφατη αναφορά για το κόστος της πυρηνικής ενέργειας μπορούμε να βρούμε στο έργο των Gamboa Palacios και Jansen, οι οποίοι παρουσιάζουν στοιχεία κόστους πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, τεκμηριώνοντας την αύξηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας των σύγχρονων αντιδραστήρων IIIης γενεάς. Στην έρευνά τους, συμπεριέλαβαν τα στοιχεία από διάφορες μελέτες κόστους των πυρηνικών μονάδων, σε διαφορετικές χώρες και για διάφορα είδη αντιδραστήρων<sup>107</sup>. Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται συνοπτικά τα στοιχεία κόστους τα οποία συγκεντρώθηκαν κατά την έρευνά τους.

Παρατηρώντας τα στοιχεία του πίνακα, η βασικότερη ίσως εκ των διαπιστώσεων που μπορούμε να εξάγουμε, αφορά στο κόστος κεφαλαίου. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει το κόστος διαμόρφωσης του χώρου κατασκευής, την κατασκευή των εγκαταστάσεων και την προμήθεια του τεχνολογικού εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένου του κόστους εργασίας των παραπάνω

---

<sup>107</sup> S. Gamboa Palacios, και J. Jansen, *Nuclear energy economics: An update to Fact Finding Nuclear Energy*, Amsterdam:TNO, 2018.

APPENDIX A: NUCLEAR ENERGY COSTS FROM DIFFERENT LITERATURE SOURCES € <sub>2017</sub> <sup>11</sup>										
Source		MIT, 2018 <sup>1</sup>	MIT, 2018 <sup>2</sup>	MIT, 2018 <sup>3</sup>	EIA, 2018 <sup>4</sup>	EC, 2016 <sup>5</sup>	IEA/NEA, 2015 <sup>6</sup>	IEA/NEA, 2015 <sup>7</sup>	JRC, 2014 <sup>8</sup>	D'haeseleer, W. D., 2013 <sup>9</sup>
Country		United States	UK	France	United States	Finland / France	OECD and China	Belgium	EU	EU
Reactor Type		PWR or BWR			Advanced LWR	EPR	LWR	PWR or BWR	LWR	LWR
Reference year (currency)		2017	2017	2017	2017	2016	2013	2013	2013	2012
Capacity	[MWe]	1000	1000	1000	2234	1670	1300 (535-3300)	1000-1600	1420	
Investment costs <sup>12</sup>	[€/kW]	4867 (3628-6088)	7204	6018	5262	4654 / 5737	3753	3894	4434 (3925-5916)	4443 (3555-5776)
Operation & Maintenance (O&M)										
Fixed	[€/kW/year]	84	160	102	90		53 (33-157)		93	
Variable	[€/kWh]	0,61	1,16	0,74	0,21		0,53 (0,07-1,12)	1,04	0,25	1,05 (0,68-1,41)
Fuel cycle costs	[€/kWh]	0,95 (fuel cost)					0,54 (fuel cost)			0,63 (0,55-0,71)
Decommissioning costs	[€/kWh]					0,1823				
Cost of radioactive waste	[€/kWh]					0,3	0,18			0,16

**Πίνακας 5:** Στοιχεία κόστους από διάφορες μελέτες (€ του 2017)<sup>108</sup>

Το κόστος κεφαλαίου, όπως παρατηρούμε, κυμαίνεται περίπου από 3600 έως 7200 €/Kw. Τα υπόλοιπα κόστη που αναφέρονται στον πίνακα, αφορούν στο κόστος λειτουργίας της μονάδας και επιμερίζονται στο κόστος του πυρηνικού καυσίμου, το κόστος εργασίας, τα λειτουργικά κόστη, το κόστος διαχείρισης των ραδιενεργών αποβλήτων, καθώς επίσης και το κόστος παροπλισμού της μονάδας παραγωγής στο τέλος του κύκλου ζωής της. Τα μεγέθη του πίνακα, δείχνουν να συμφωνούν με την επισήμανση των Basu και Miroshnik, οι οποίοι υποστηρίζουν ότι το κόστος κεφαλαίου αποτελεί το 70 – 80% της δαπάνης για όλον τον κύκλο ζωής του πυρηνικού εργοστασίου ηλεκτροπαραγωγής, ενώ τα υπόλοιπα κόστη, συμπεριλαμβανομένου του κόστους καυσίμου είναι ελάχιστα<sup>109</sup>.

Η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, όπως προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση, είναι μια επιχειρηματική δραστηριότητα η οποία είναι έντασης κεφαλαίου. Το κέρδος για μια δημόσια ή ιδιωτική επιχείρηση που θα προκύψει, θα έρθει από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Δεν θα πρέπει να αποτελεί έκπληξη, ότι η επένδυση στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, ως μια επένδυση έντασης κεφαλαίου, συνήθως υποστηρίζεται οικονομικά με χρηματοδοτικά

<sup>108</sup> Στο ίδιο, σ. 11.

<sup>109</sup> D. Basu, και V. W. Miroshnik. *The Political Economy of Nuclear Energy: Prospects and Retrospect*. Cham: Springer International Publishing, 2019, σ. 40.

πακέτα από τις κυβερνήσεις οι οποίες επιλέγουν την πυρηνική ενέργεια ως τμήμα της ενεργειακής τους στρατηγικής.

Άλλο ένα χρήσιμο συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω στοιχεία, είναι ότι μια φυσιολογική διακύμανση του κόστους του πυρηνικού καυσίμου, επηρεάζει ίσως ελάχιστα τα οικονομικά μεγέθη μιας τέτοιας επένδυσης. Αυτό έχει αντίκτυπο και στο κόστος της ενέργειας που θα πληρώσει ο καταναλωτής, που σε αντίθεση με τους γαιάνθρακες οι τιμές των οποίων είναι ρευστές, η ενέργεια από την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να προσφέρεται σε ένα σταθερό κόστος για τον καταναλωτή<sup>110</sup>.

Η υποστήριξη των κυβερνήσεων για την κατασκευή των πυρηνικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής είναι όπως είδαμε ίσως αναγκαίες. Υπάρχουν όμως μελετητές που υποστηρίζουν, ότι η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή δεν μπορεί να σταθεί ως επικερδής επιχείρηση, χωρίς την επιδότηση των κυβερνήσεων. Οι Wealer κ.α εξέτασαν την δυνατότητα κερδοφορίας μιας πυρηνικής μονάδας ηλεκτροπαραγωγής, υπό το πλαίσιο μιας ποικιλίας συνθηκών της ενεργειακής αγοράς και άλλων βασικών παραμέτρων, προκειμένου να καταλήξουν σε ασφαλή συμπεράσματα. Το αναλυτικό τους μοντέλο, βασιζόμενο σε κάποιες ρεαλιστικές παραδοχές, έδειξε ότι μια πυρηνική ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ισχύος 1000 MW η οποία λειτουργεί για 40 έτη, δεν μπορεί να είναι ποτέ επικερδής, αν η τιμή που αγοράζει ο καταναλωτής την ηλεκτρική ενέργεια είναι μικρότερη από 80 ευρώ ανά MWh. Σύμφωνα με τους συγγραφείς της εν λόγω μελέτης, οι επιχειρήσεις που επενδύουν στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή βασίζονται στην κερδοφορία τους στις κυβερνητικές επιδοτήσεις<sup>111</sup>.

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα αναγκαίο αγαθό το οποίο έχει σίγουρα κόστος για τον καταναλωτή της, επιχειρήσεις ή νοικοκυριά, ο οποίος θα πρέπει να καλύψει το κόστος παραγωγής και να παρέχει στον επιχειρηματία το απαραίτητο κέρδος. Μια κυβέρνηση ενδιαφέρεται, πέραν της εξασφάλισης της επάρκειας του αγαθού, να κρατήσει την τιμή αυτή χαμηλή, έτσι ώστε να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των

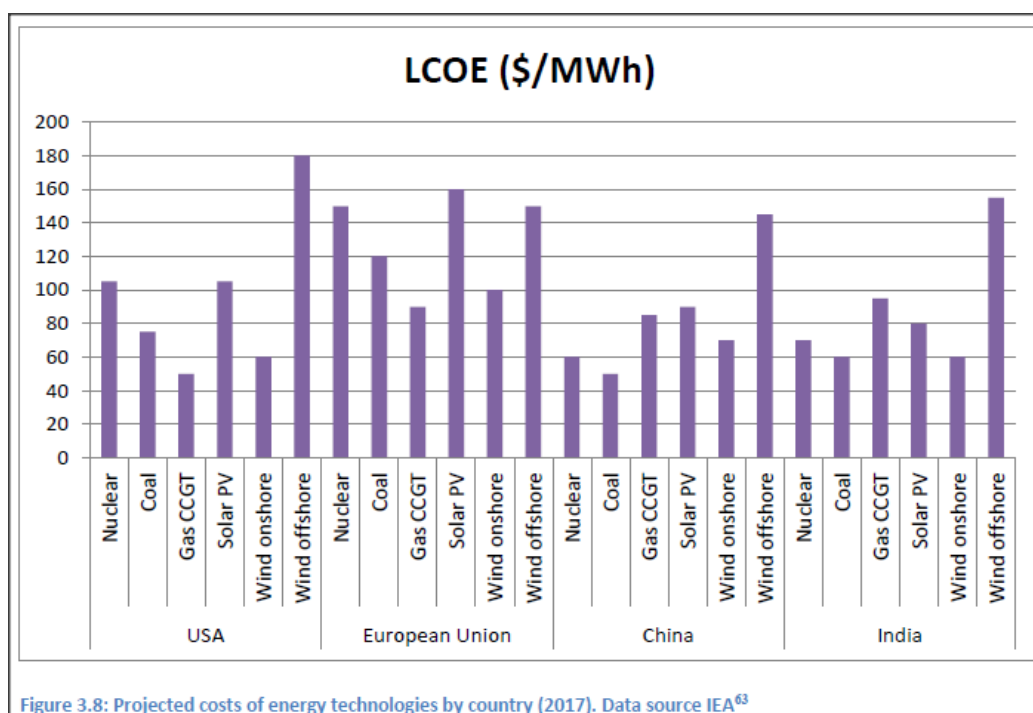
---

<sup>110</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Society and Nuclear Energy: Towards a Better Understanding*. OECD Pub, 2002. σ. 26.

<sup>111</sup> B. Wealer, S. Bauer, L. Göke, C. von Hirschhausen και C. Kemfert. *High-priced and dangerous: nuclear power is not an option for the climate-friendly energy mix*, Berlin:DIW Berlin, 2019.



πολιτών, αλλά και να τροφοδοτήσει την ανάπτυξη. Έχει λοιπόν μια κυβέρνηση τη δυνατότητα, πέραν από την πυρηνική ενέργεια, να στραφεί και σε άλλες μορφές ηλεκτροπαραγωγής, προκειμένου να κρατήσει αυτό το κόστος χαμηλά. Αξίζει λοιπόν να εξετάσουμε, πέραν της ακριβής, όπως φάνηκε παραπάνω, πυρηνικής ενέργειας, το κόστος των εναλλακτικών λύσεων που μπορεί να στραφεί μια χώρα. Αναφερθήκαμε ήδη σε προηγούμενο κεφάλαιο ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση στο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ανά τον κόσμο, παρ' όλα αυτά εδώ θα αναφερθούμε σε κάποια σχετικά στοιχεία προκειμένου να αποκομίσουμε μια γενική εικόνα, σχετικά με την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής. Στον διάγραμμα 3, παρουσιάζεται μια συνοπτική εικόνα αυτής της διακύμανσης, στις ΗΠΑ, ΕΕ, Κίνα και Ινδία.

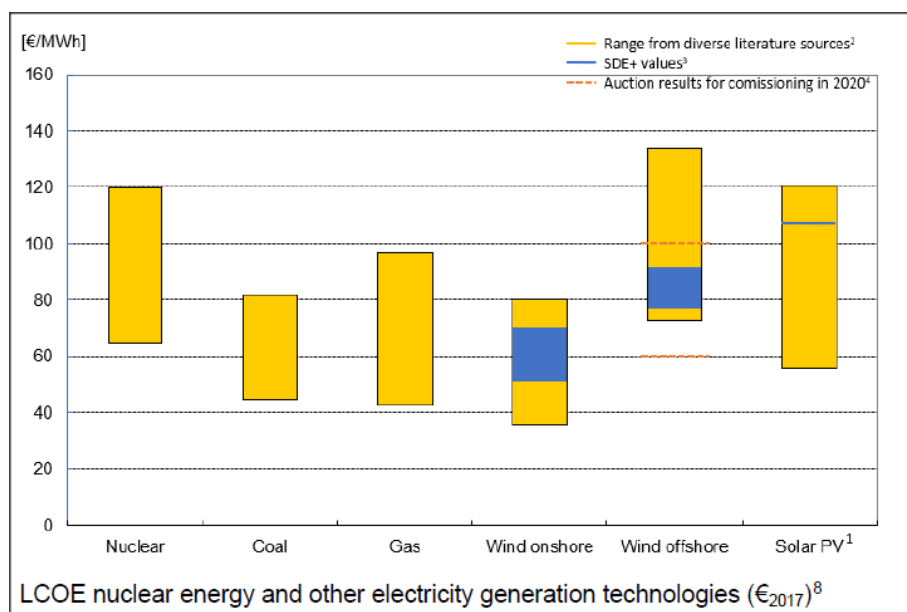


### Διάγραμμα 3: Κόστος παραγωγής ανά είδος ηλεκτροπαραγωγικής πηγής (Στοιχεία 2017)<sup>112</sup>

Οι Gamboa Palacios και Jansen παρουσιάζουν στοιχεία, από διάφορες μελέτες, για το επιπεδοποιημένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τις

<sup>112</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020, σ. 61.

υπάρχουσες τεχνολογίες<sup>113</sup>. Από την εξέταση του διαγράμματος 4 που περιλαμβάνεται στην έκθεση αυτή, προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από καύση άνθρακα, το πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενο καύσιμο για ηλεκτροπαραγωγή, έχει κόστος περίπου από 45 έως 80 €/MWh, ενώ αυτή του φυσικού αερίου, έχει περίπου ανάλογο κόστος, στα περίπου στο 42 έως 98 €/MWh. Παρατηρούμε επίσης στο διάγραμμα ότι, οι ανώτατες τιμές κόστους ηλεκτροπαραγωγής με άνθρακα ή φυσικό αέριο, είναι υψηλότερες από την κατώτατη τιμή κόστους της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής. Μπορούμε συνεπώς να υποθέσουμε, ότι για κάποια χώρα η οποία έχει την δική της τεχνογνωσία κατασκευής πυρηνικών αντιδραστήρων και έχει δικές της υποδομές όλου του κύκλου πυρηνικού καυσίμου, η πυρηνική παραγωγή μπορεί υπό προϋποθέσεις να είναι περισσότερο οικονομική.



**Διάγραμμα 4:** Επιπεδοποιημένο κόστος παραγωγής ανά είδος ηλεκτροπαραγωγικής πηγής (Στοιχεία 2017)<sup>114</sup>

Ένα χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί οικονομικά αυτές τις δύο τεχνολογίες, είναι ότι σε αντίθεση με τις πυρηνικές μονάδες, που όπως είδαμε είναι επενδύσεις

<sup>113</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020.

<sup>114</sup> S. Gamboa Palacios, και J. Jansen, *Nuclear energy economics: An update to Fact Finding Nuclear Energy*, Amsterdam:TNO, 2018, σ. 6.

έντασης κεφαλαίου, οι μονάδες καύσης γαιάνθρακα δεν απαιτούν ιδιαίτερα μεγάλη αρχική επένδυση, καθώς το 50 – 60% του συνολικού κόστους ζωής μιας τέτοιας μονάδας, είναι το κόστος του ίδιου του καυσίμου, που όπως είναι ευνόητο επιμερίζεται σε όλα τα χρόνια ζωής της μονάδας <sup>115</sup>.

Έντασης κεφαλαίου επενδύσεις απαιτούνται και για τις ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, τεχνολογίες που στην σύγχρονη εποχή γίνεται αρκετή συζήτηση, ως λύση απέναντι στην κλιματική αλλαγή, την ηλιακή και την αιολική. Οι ανανεώσιμες πηγές, πλεονεκτούν οικονομικά στο ότι δεν υπάρχει κόστος αγοράς καυσίμου, καθώς αυτό προσφέρεται από την φύση. Η εξέταση του διαγράμματος 3, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ηλεκτροπαραγωγή με χρήση της ηλιακής ενέργειας και της αιολικής στην θάλασσα, έχουν κόστος ανάλογο της πυρηνικής, ενώ η αιολική ενέργεια στην ξηρά, ίσως αποτελεί ανταγωνιστική λύση έναντι της χρήσης γαιάνθρακα, υπό προϋποθέσεις. Οι Smith και Gieré αναφέρονται σε έκθεση του IAEA, στην οποία η αιολική και ηλιακή ενέργεια, μειονέκτούν έναντι της πυρηνικής, καθώς χαρακτηρίζονται ακριβότερες κατά 33 – 40%<sup>116</sup>.

Καταλήγοντας, μπορούμε να πούμε συμπερασματικά, ότι η πυρηνική ενέργεια δεν έχει ένα σαφές οικονομικό απόλυτο πλεονέκτημα ή μειονέκτημα έναντι των άλλων μορφών ηλεκτροπαραγωγής. Γενικά θεωρείται ότι δεν αποτελεί μια φθηνή μέθοδο σχετικά με τις υπόλοιπες και ότι έχει κάποια χαρακτηριστικά που ίσως δυσκολεύουν την υιοθέτηση της, όπως το γεγονός ότι αποτελεί δραστηριότητα που απαιτεί μεγάλο αρχικό κεφάλαιο. Η υιοθέτηση της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής από μια χώρα, ίσως να έχει ένα θετικό οικονομικό αντίκτυπο, αν αντικαταστήσει άλλες μορφές ηλεκτροπαραγωγής που υφίστανται στην χώρα και είναι πιο δαπανηρές, ή αν αντικαταστήσει την εισαγωγή ακριβότερης ηλεκτρικής ενέργειας από γειτονικές χώρες.

Στην παρούσα ενότητα δεν θα αναφερθούμε για τις δευτερεύουσες ή έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις που έχει η στροφή την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, όπως

---

<sup>115</sup> D. Basu, και V. W. Miroshnik. *The Political Economy of Nuclear Energy: Prospects and Retrospect*. Cham: Springer International Publishing, 2019, σ. 41.

<sup>116</sup> K. L. Smith και R. Gieré, *Why Some Nations Choose Nuclear Power*, Kleinman Center for Energy Policy, University of Pennsylvania, 2017, σ. 2.

για παράδειγμα την προσφορά εργασίας που αυτή συνεπάγεται, καθώς θεωρούμε πως αυτές οι οικονομικές πτυχές αγγίζουν περισσότερο το κοινωνική πτυχή μιας χώρας.

### 3.3 ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

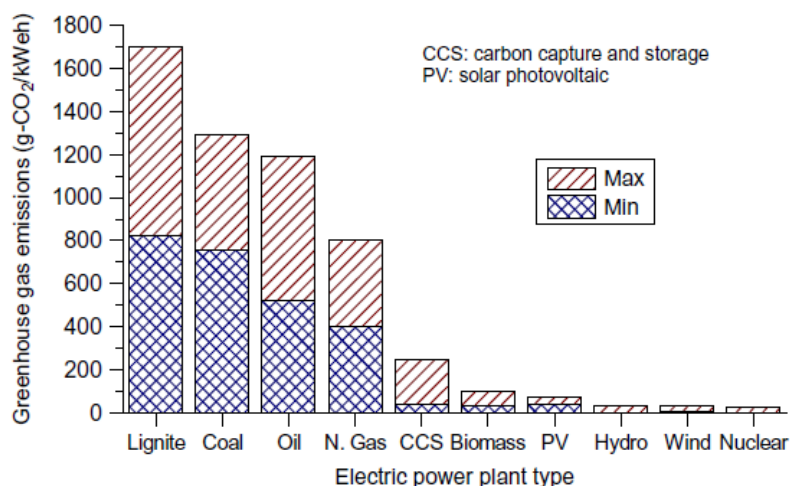
Οι επιπτώσεις της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής στο περιβάλλον, αποτελεί μια συζήτηση που διεξάγεται εδώ και δεκαετίες. Και όντως, όπως θα περιγραφεί παρακάτω, η πυρηνική ενέργεια έχει ένα διφορούμενο πρόσωπο απέναντι στην φύση και κατά συνέπεια στην υγεία του ανθρώπου.

Οι Murray και Holbert υποστηρίζουν πως η πυρηνική ενέργεια, τα τελευταία 50 χρόνια, είναι ο λόγος που η ατμόσφαιρα επιβαρύνθηκε με 63 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα λιγότερο. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στην ποσότητα του επικίνδυνου αυτού αερίου που θα εκπεμπόταν για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που έχει παραχθεί από τις πυρηνικές μονάδες, από μονάδες καύσης γαιανθράκων. Η επίδραση που είχε αυτή αυτό το γεγονός εκτιμάται ότι οδήγησε σε 1,84 εκατομμύρια λιγότερους θανάτους που θα προερχόταν από αυτήν την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας<sup>117</sup>. Η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, είναι αναμφισβήτητα μια μέθοδος παραγωγής που δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με καυσαέρια και αυτός είναι ο λόγος που αρκετοί υποστηρίζουν ότι θα έπρεπε να ενταχθεί στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Όπως παρουσιάζεται και στο διάγραμμα 5, εμφανίζει τις λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ίσως από όλες τις άλλες ενεργειακές πηγές. Αναλυτικότερα συγκριτικά στοιχεία ανά είδος καυσαερίου, μπορούν να βρεθούν στο έργο του, στο οποίο τεκμηριώνεται ότι η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή αποτελεί μια καθαρή και πράσινη δραστηριότητα, αν δεν λάβουμε υπόψη μας τα ραδιενεργά απόβλητα και τις ιδιαιτερότητες που αυτά παρουσιάζουν<sup>118</sup>.

---

<sup>117</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 487.

<sup>118</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*. Paris: Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, 2007, σ. 50.



**Διάγραμμα 5:** Εκπομπές αερίων θερμοκηπίων ανά είδος ενεργειακής πηγής<sup>119</sup>.

Έτσι, διαπιστώνουμε ότι η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να είναι σύμμαχος των χωρών που αποσκοπούν στην επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί διεθνώς, για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Η επίτευξη των σχετικών στόχων επιβάλλει ότι μέχρι το 2040, το 85% της ηλεκτροπαραγωγής να προέρχεται από καθαρές πηγές ενέργειας, είτε δηλαδή ανανεώσιμες, είτε την πυρηνική ενέργεια<sup>120</sup>.

Παρόλες τις θετικές διαπιστώσεις για την ουδετερότητα που δείχνει η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή έναντι της ατμόσφαιρας, η ανακοίνωση κατασκευής ενός νέου πυρηνικού εργοστασίου, συνήθως συνοδεύεται και από έντονες διαμαρτυρίες περιβαλλοντολογικών οργανώσεων που ανησυχούν για το αποτύπωμα αυτού στο περιβάλλον. Η πυρηνική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, κατά την συνήθη λειτουργία της, δεν παρουσιάζει εκπομπές ραδιενέργειας, ικανές να προκαλέσουν μόλυνση στο περιβάλλον και στον άνθρωπο, καθώς όπως τονίζει ο Cadenas, αυτές είναι μικρότερες και από τις αντίστοιχες ενός εργοστασίου γαιάνθρακα<sup>121</sup>. Η διαμαρτυρία των περιβαλλοντολογικών οργανώσεων δεν υπάρχει άνευ λόγου, καθώς υπάρχει το ζήτημα των πυρηνικών αποβλήτων. Πέραν του δύσκολα διαχειρίσιμου προβλήματος

<sup>119</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 488.

<sup>120</sup> Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) και Nuclear Energy Agency (NEA), *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*, 2021, σ. 90.

<sup>121</sup> G. J. J. Cadenas, *The Nuclear Environmentalist Is There a Green Road to Nuclear Energy?* Milano: Springer Milan, 2012, σ. 110.

των αποβλήτων υψηλής ραδιενέργειας, στο οποίο έχουμε ήδη αναφερθεί, τίθεται το θέμα της διαχείρισης και της επικινδυνότητας των αποβλήτων χαμηλής και μέσης ραδιενέργειας. Αυτά συνήθως παραμένουν στις εγκαταστάσεις της μονάδας ώστε να απωλέσουν μεγάλο ποσοστό της ραδιενέργειας τους και κατόπιν μεταφέρονται, είτε για επανα-επεξεργασία είτε για αποθήκευση. Τα μη χρήσιμα πλέον απόβλητα, τα οποία κατά την αποθήκευση έχουν απωλέσει την ραδιενεργή τοξικότητά τους, συνήθως θα θαφτούν<sup>122</sup>. Ειδικά στην φάση αποθήκευσης, αλλά και μεταφοράς, αυτά τα απόβλητα αποτελούν έναν πιθανό κίνδυνο για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Θα πρέπει εδώ να τονίσουμε, επίσης, ότι ο κίνδυνος των αποβλήτων χαμηλής και μέσης ραδιενέργειας, όπως και αυτός της λειτουργίας του πυρηνικού αντιδραστήρα, καταβάλλεται προσπάθεια να καταστεί διαχειρίσιμος, μέσω μιας σειράς αυστηρών κανόνων που τίθενται από τα ίδια τα κράτη προς τις εταιρείες που εμπλέκονται στον κύκλο καυσίμου, καθώς και από τους διεθνείς οργανισμούς.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, θα λέγαμε ότι η πυρηνική ενέργεια, έχει σίγουρα σημαντικές επιπτώσεις σε μια χώρα που θα την υιοθετήσει, ως αντικατάσταση συμβατικών μεθόδων ηλεκτροπαραγωγής, όπως της καύσης γαιανθράκων. Από την μία, η ατμόσφαιρα θα σταματήσει να επιβαρύνεται από επικίνδυνα για την υγεία των ανθρώπων καυσαέρια, αλλά από την άλλη το φυσικό περιβάλλον θα επιβαρυνθεί με ραδιενεργά απόβλητα, που μόνο με ορθή διαχείριση θα παραμείνουν μη απειλητικά για αυτό και για την ανθρώπινη ύπαρξη. Υπάρχει φυσικά και η απειλή για το περιβάλλον και τους ανθρώπους ενός πυρηνικού ατυχήματος. Η αποτελεσματική διαχείριση κάποιου πυρηνικού ατυχήματος που θα προκύψει από αστάθμητους παράγοντες, όπως από κάποιον σεισμό, τσουνάμι ή τρομοκρατική ενέργεια δεν έχει καταστεί ακόμη εφικτή. Για τον κίνδυνο όμως αυτό θα αναφερθούμε σε επόμενη ενότητα.

---

<sup>122</sup> R. Haas, L.Mez, και A. Ajanovic, Introduction: Why Discuss Nuclear Power Today?, στο The Technological and Economic Future of Nuclear Power (επιμ.) R. Haas, L. Mez, και A.Ajanovic, Fachmedien Wiesbaden: Springer, 2019 σ. 289.

### 3.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Στην προηγούμενη ενότητα αναφερθήκαμε στην σημασία της ηλεκτρικής ενέργειας στην ανάπτυξη μιας χώρας. Τονίσαμε το ότι οι χώρες μέσω των κυβερνήσεων τους επιδιώκουν την επάρκεια αυτής για τους καταναλωτές, στη μικρότερη δυνατή τιμή προκειμένου να εξασφαλίσουν αναπτυξιακούς όρους για τις επιχειρήσεις αλλά και καλύτερη ποιότητα ζωής για τα νοικοκυριά. Όλα τα παραπάνω σχετίζονται με αυτό που είχαμε περιγράψει σε προηγούμενο κεφάλαιο ως ενεργειακή ασφάλεια. Το ερώτημα που καλούμαστε να εξετάσουμε στην ενότητα αυτή, είναι το κατά πόσο και για ποιους λόγους συμβάλει η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή στην ενεργειακή ασφάλεια ενός κράτους. Σε αυτή την προσπάθεια μας δυσκολεύει το ότι δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι ευρέως αποδεκτοί δείκτες μέτρησης της ενεργειακής ασφάλειας<sup>123</sup>.

Οι Mouraviev και Koulouri προσφέρουν στο έργο τους<sup>124</sup> μια πρόσφατη ενδιαφέρουσα βιβλιογραφική επισκόπηση της προσπάθειας των μελετητών να θεωρητικοποιήσουν την έννοια της ενεργειακής ασφάλειας, από την οποία χρήσιμη θα ήταν για την μελέτη μας, η αναφορά στους Kruyt κ.α οι οποίοι προτείνουν ότι η ενεργειακή ασφάλεια αναφέρεται στην διαθεσιμότητα, στην προσβασιμότητα, στην οικονομική προσιτότητα και στην δυνατότητα αποδοχής<sup>125</sup>. Οι Kruyt κ.α, με τον όρο διαθεσιμότητα προσδιορίζουν την φυσική ύπαρξη των ενεργειακών πηγών, με τον όρο προσβασιμότητα, τις συνθήκες γεωπολιτικής που επηρεάζουν την πρόσβαση σε αυτές τις πηγές, ενώ τέλος με τους όρους δυνατότητα αποδοχής εκφράζουν τις επιπτώσεις των ενεργειακών πηγών στο περιβάλλον, στα ανθρώπινα δικαιώματα και στην πολιτική σταθερότητα. Οι Mouraviev και Koulouri συμπληρώνουν την πρόταση των Kruyt κ.α, με τα, σύμφωνα με το ίδιους «στοιχεία κλειδιά κρίσιμης σημασίας για

---

<sup>123</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*. Paris: Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, 2007, σ. 42.

<sup>124</sup> N. Mouraviev, και A. Koulouri, *Energy Security Through the Lens of Renewable Energy Sources and Resource Efficiency* στο *Energy Security: Policy Challenges and Solutions for Resource Efficiency*, (επιμ.) N. Mouraviev, και A. Koulouri, Palgrave Macmillan. Cham, Switzerland, 2019, σ. 9-33.

<sup>125</sup> B. Kruyt, D. P. van Vuuren, H. J. de Vries, και H. Groenenberg, *Indicators for energy security*. Energy Policy, 37(6), 2166–2181, 2009.

την ασφάλεια ενός ενεργειακού συστήματος», τις υποδομές και την ρευστότητα της ενεργειακής αγοράς<sup>126</sup>.

Για την πληρέστερη κατανόηση της έννοιας της ενεργειακής ασφάλειας, χρήσιμη είναι η αναφορά του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (International Energy Agency - IEA), όπου τονίζει τις δύο διαστάσεις της. Η μακροπρόθεσμη ενεργειακή ασφάλεια αναφέρεται στις επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα οι οποίες θα πρέπει να είναι ανάλογες των οικονομικών δυνατοτήτων και των περιβαλλοντολογικών απαιτήσεων. Από την άλλη η βραχυπρόθεσμη ενεργειακή ασφάλεια, αναφέρεται κυρίως στην ικανότητα ενός ενεργειακού συστήματος να προσαρμοστεί και να ανταποκριθεί σε ξαφνικές διαταραχές είτε όσον αφορά στις προμήθειες, είτε όσο αφορά στις ενεργειακές απαιτήσεις<sup>127</sup>.

Ένας από τους παράγοντες της ενεργειακής ασφάλειας που αναφέρεται σε δημοσίευση του Οργανισμού Πυρηνικής Ενέργειας (NEA) του OECD, είναι αυτός της γεωπολιτικής κατανομής των πηγών καυσίμου και των δυνατοτήτων παραγωγής. Όπως αναφέρει αυτή η δημοσίευση, η ύπαρξη μεγάλου αριθμού πιθανών προμηθευτών καυσίμου, περιορίζει τους κινδύνους κάποιας διαταραχής, η οποία να έχει επιπτώσεις στην επάρκεια της ηλεκτρικής ενέργειας. Μια τέτοια διαταραχή, θα μπορούσε να είναι η διακοπή των εξαγωγών ουρανίου από μία χώρα παραγωγό σε μια χώρα καταναλωτή λόγω διαφορών σε διεθνοπολιτικό επίπεδο. Συναφώς, ρόλο σε αυτό, όπως επισημαίνεται στη δημοσίευση, διαδραματίζει και το πόσο αξιόπιστη είναι η χώρα παραγωγός, με την οποία η χώρα καταναλωτής έχει συνάψει εμπορικές ενεργειακές σχέσεις<sup>128</sup>.

Στην βιβλιογραφία, αναφέρονται περιπτώσεις χωρών που στράφηκαν στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, είτε με την διεύρυνσή της, είτε με την εισαγωγή της στο

---

<sup>126</sup> N. Mouraviev, και A. Koulouri, *Energy Security Through the Lens of Renewable Energy Sources and Resource Efficiency* στο *Energy Security: Policy Challenges and Solutions for Resource Efficiency*, (επιμ.) N. Mouraviev, και A. Koulouri, Palgrave Macmillan. Cham, Switzerland, 2019, σ. 23.

<sup>127</sup> International Energy Agency (IEA), *Energy Supply Security: Emergency Response of IEA Countries 2014*, Paris: International Energy Agency, 2014, σ. 13.

<sup>128</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*. Paris: Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, 2007, σ. 42.



ενεργειακό τους καλάθι, για να εξασφαλίσουν την ενεργειακή τους ασφάλεια. όπως για παράδειγμα η Φιλανδία και τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα<sup>129</sup>. Στην περίπτωση των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων θα μπορούσαμε να πούμε ότι και μόνο η ποικιλία στις μεθόδους ενεργειακής παραγωγής που εισάγεται με την ένταξη στο ενεργειακό ισοζύγιο μιας διαφορετικής πηγής, προσφέρει ενεργειακή ασφάλεια, καθώς καθίσταται περισσότερο ανεκτική σε διαταραχές του ενεργειακού συστήματος. Στην περίπτωση της Φιλανδίας, που είχε ήδη πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή και απλώς την διεύρυνε, μπορούμε να υποθέσουμε ότι αύξησε την ενεργειακή της ασφάλεια εκμεταλλευόμενη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που έχει η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή και σχετίζονται με την ενεργειακή ασφάλεια. Αξίζει λοιπόν να εξετάσουμε ποια είναι αυτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Ξεκινώντας, από την αρχή του κύκλου πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, μιλήσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο για την διαθεσιμότητα και την κατανομή των αποθεμάτων ουρανίου. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η επάρκεια που υπάρχει στα αποθέματα για τις επόμενες δεκαετίες, είναι για μια χώρα που στοχεύει στην ενεργειακή της ασφάλεια ένα θετικό στοιχείο. Από την άλλη οι χώρες που μπορούν να εξορύξουν βιώσιμα ουράνιο είναι μετρημένες, ενώ ακόμη λιγότερες είναι αυτές που μπορούν να το επεξεργαστούν και να το εμπλουτίσουν και αυτό είναι ένα αρνητικό στοιχείο για την ενεργειακή ασφάλεια. Μια βασική όμως, για την ενεργειακή ασφάλεια, παράμετρο που δεν αναφερθήκαμε, είναι η γεωπολιτική κατανομή αυτών των δυνατοτήτων. Αυτή η γεωπολιτική κατανομή στην περίπτωση της εξόρυξης ουρανίου η οποία, περιλαμβάνοντας την Αυστραλία, τον Καναδά, τις ΗΠΑ, τη Ρωσία, καθώς και χώρες όπως η Νιγηρία και η Νότιως Αφρική, «προσφέρει εγγυήσεις έναντι του κινδύνου κάποιας διαταραχής»<sup>130</sup>.

Ένα άλλο στοιχείο που σχετίζεται με την ενεργειακή ασφάλεια είναι η αποθήκευση καυσίμου. Οι χώρες προκειμένου να ενισχύσουν την ενεργειακή τους ασφάλεια, διατηρούν σε αποθήκευση ποσότητες, ανάλογα με τις δυνατότητές τους,

---

<sup>129</sup> Κ. L. Smith και R. Gieré, *Why Some Nations Choose Nuclear Power*, Kleinman Center for Energy Policy, University of Pennsylvania, 2017, σ. 3.

<sup>130</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*. Paris: Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, 2007, σ. 42.

προκειμένου να ανταποκρίνονται, έστω για κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, σε περιπτώσεις ανατιμήσεων των τιμών των καυσίμων. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA) υποχρεώνει τα κράτη-μέλη του να διατηρούν μια ποσότητα καυσίμων για τέτοιες περιπτώσεις<sup>131</sup>. Η περίπτωση του ουρανίου είναι ιδανική για αποθήκευση, λόγω της μικρής ποσότητας που απαιτείται, για την λειτουργία μιας πυρηνικής μονάδας.

### 3.5 ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Θα ήταν παράλειψη να μην εξετάσουμε στο κεφάλαιο αυτό που αφορά στις επιπτώσεις της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, την παράμετρο που είναι άμεσα συνδεδεμένη με την πυρηνική τεχνολογία γενικότερα, αυτήν των πυρηνικών ατυχημάτων. Η ανθρωπότητα γνώρισε την δύναμη της πυρηνικής ενέργειας μέσω των καταστροφικών αποτελεσμάτων που αυτή έφερε στον Β' ΠΠ. Έκτοτε, η ύπαρξη των πυρηνικών όπλων, περιορίζεται στον ρόλο της αποτροπής. Όπως παραστατικά γράφει ο Κουσκουβέλης στον προοίμιο του έργου του «μπροστά στην καταστροφικότητα της πιθανής χρήσης τους, όλοι διστάζουν»<sup>132</sup>. Την καταστροφική δύναμη της πυρηνικής ενέργειας, όμως δεν κατάφερε η ανθρωπότητα να αποφύγει να δοκιμάσει, ούτε από την ειρηνική χρήση της.

Τα ατυχήματα που έχουν καταγραφεί από σε πυρηνικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, είναι μετρημένα. Ένα από τα πρώτα ατυχήματα που είναι γνωστά, είναι αυτό στον πυρηνικό εργοστάσιο του Three Miles Island στις Η.Π.Α., το 1979. Μία σειρά λόγων όπως η κακή κατασκευή, μια βλάβη σε μια βαλβίδα, σε συνδυασμό με ένα ανθρώπινο λάθος, προκάλεσε την διαφυγή ραδιενέργειας εκτός της εγκατάστασης<sup>133</sup>. Σύμφωνα με τους Murray και Holbert, η μέση ραδιενέργεια που

---

<sup>131</sup> International Energy Agency (IEA), *Energy Supply Security: Emergency Response of IEA Countries 2014*, Paris: International Energy Agency, 2014.

<sup>132</sup> Η. Ι. Κουσκουβέλης, *Θεωρία διεθνών σχέσεων: Αποτροπή και πυρηνική στρατηγική στον ψυχρό πόλεμο*. Αθήνα: Ποιότητα, 2007, σ. 15.

<sup>133</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 400 - 401.

δέχθηκε ο πληθυσμός σε ακτίνα 80 χλμ. από το εργοστάσιο, ήταν μικρότερη από την ραδιενέργεια που δέχεται κάποιος όταν κάνει ακτινογραφία.

Το πλέον ευρέως γνωστό, είναι αυτό που πραγματοποιήθηκε το 1986 στην πόλη Chernobyl της σημερινής Ουκρανίας. Όπως παραστατικά περιγράφει ο Cadenas, το ατύχημα συνέβη κατά την διάρκεια μίας δοκιμής η οποία δεν αφορούσε άμεσα στον αντιδραστήρα. Παρόλα αυτά, μια σειρά ανθρώπινων λαθών κατά την διάρκεια της δοκιμής, προκάλεσε την απώλεια του ελέγχου της αλυσιδωτής αντίδρασης, την άνοδο της θερμοκρασίας μέσα στον αντιδραστήρα και την πρόκληση χημικής έκρηξης<sup>134</sup>. Οι άμεσες ανθρώπινες απώλειες από την ραδιενέργεια ήταν 47 άνθρωποι. Πάνω από 115.000 άνθρωποι έπρεπε να απομακρυνθούν από τις εστίες τους προκειμένου να αποφύγουν την έκθεσή τους στην ραδιενέργεια, ενώ η περιοχή μολύνθηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τέλος, εκτιμάται ότι περίπου 6000 περιπτώσεις καρκίνου του θυροειδή, προκαλέστηκαν λόγω της έκθεσης του πληθυσμού στην ραδιενέργεια που διέφυγε από τον αντιδραστήρα, εκ των οποίων μερικές δεκάδες κατέληξαν<sup>135</sup>.

Το ατύχημα του Chernobyl, έγινε πολύ γνωστό καθώς τα δίκτυα ειδήσεων σε όλο τον κόσμο μετέδιδαν εικόνες καταστροφής και ερήμωσης. Το ατύχημα του Chernobyl, ξαναήρθε στην μνήμη πολλών, σχετικά πρόσφατα, το 2011, όταν ένα νέο ατύχημα προκλήθηκε σε πυρηνική Μονάδα στη Fukushima της Ιαπωνίας. Το ατύχημα αυτό, όπως περιγράφουν οι Murray και Holbert, ήταν αποτέλεσμα φυσικών φαινομένων και συγκεκριμένα μια σεισμικής δόνησης και ενός επακόλουθου τσουνάμι. Από το ατύχημα προκλήθηκε διαφυγή ραδιενέργειας και έτσι ο πληθυσμός σε ακτίνα 20 χλμ., περισσότεροι από 80.000 κάτοικοι, απομακρύνθηκε από τις εστίες του. Σύμφωνα με την Επιστημονική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών, δεν υπήρχαν άμεσοι θάνατοι από το ατύχημα αυτό, ενώ ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας,

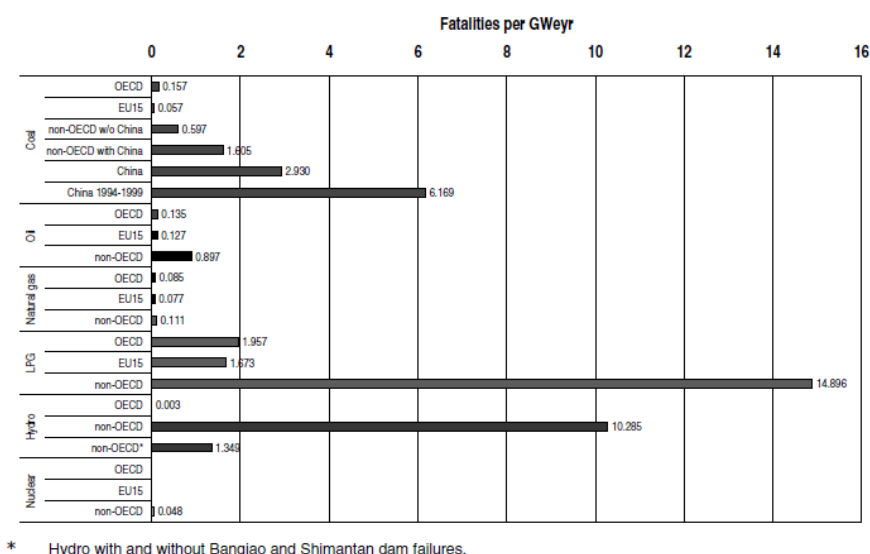
---

<sup>134</sup> G. J. J. Cadenas, *The Nuclear Environmentalist Is There a Green Road to Nuclear Energy?* Milano: Springer Milan, 2012, σ. 112.

<sup>135</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020, σ. 36.

εκτίμησε ότι συγκεκριμένες ομάδες πληθυσμού της περιοχής πιθανώς να βιώσουν ελαφρώς αυξημένα ποσοστά καρκίνου<sup>136</sup>.

Οι θάνατοι που προκλήθηκαν μέχρι σήμερα από την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή σε σύγκριση με τις λοιπές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, είναι ελάχιστοι και ίσως να μην αποτελεί υπερβολή η αναφορά σε κείμενο του UNECE, ότι αυτά τα στοιχεία κάνουν την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή την ασφαλέστερη μέθοδο ηλεκτροπαραγωγής<sup>137</sup>. Η επικινδυνότητα των πυρηνικών εργοστασίων ηλεκτροπαραγωγής σε σχέση με τις λοιπές τεχνολογίες, εξετάζονται με στατιστικές μεθόδους στο έργο των Sornette κ.α., οι οποίοι αναφερόμενοι και σε άλλες σχετικές μελέτες, καταλήγουν ότι η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή είναι πολύ πιο ασφαλής για τη σε σχέση με την καύση γαιανθράκων<sup>138</sup>. Στο διάγραμμα 6, μπορούμε να δούμε ακριβώς αυτό, με την επισήμανση όμως, ότι το γράφημα αφορά τους άμεσους θανάτους και όχι τους θανάτους που προκύπτουν σε μεταγενέστερο χρόνο.



\* Hydro with and without Banqiao and Shimantan dam failures.

**Διάγραμμα 6:** Δείκτες καταστροφικών ατυχημάτων ανά είδος ηλεκτροπαραγωγικής πηγής <sup>139</sup>.

<sup>136</sup> R. L. Murray, και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020, σ. 409.

<sup>137</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020, σ. 36.

<sup>138</sup> D. Sornette, W. Kröger, και S. Wheatley, *New Ways and Needs for Exploiting Nuclear Energy*, Springer EBooks, 2019, σ. 199.

<sup>139</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*. Paris: Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, 2007, σ. 55.

Το ζήτημα της ασφάλειας των πυρηνικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής έχει και άλλες διαστάσεις, στις οποίες δεν έχουμε ως τώρα αναφερθεί. Οι χώρες που έχουν τέτοιες εγκαταστάσεις θα πρέπει να λαμβάνουν κάθε μέτρο κατά των περιπτώσεων να γίνουν στόχος τρομοκρατικής επίθεσης ή εχθρικής ενέργειας, που θα αποσκοπεί στη πρόκληση απώλειών μέσω της διασποράς της ραδιενέργειας που βρίσκεται στα καύσιμα της ηλεκτροπαραγωγικής πυρηνικής μονάδας. Όπως έγραψε παραστατικά ένας μελετητής της διάδοσης των πυρηνικών όπλων, «τα πυρηνικά εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής, μετατρέπουν συμβατικούς εχθρούς σε πυρηνικούς»<sup>140</sup>. Το 2001, η τρομοκρατική ενέργεια στις Η.Π.Α, κατά τις οποίες οι τρομοκράτες χρησιμοποίησαν αεροσκάφη πολιτικών αερογραμμών ως βλήματα κατά πολιτικών στόχων, έκανε πολλούς να αναρωτηθούν για το ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα αν ο στόχος αυτών των ενεργειών ήταν κάποιο πυρηνικό εργοστάσιο. Οι Pomper και Tarini αναφέρουν περιστατικά στο Βέλγιο το 2012 και 2014, τα οποία ίσως δεν είναι ίσως γνωστά στο ευρύ κοινό, όπου έχουν μια υποψία τρομοκρατίας, υποστηρίζοντας ότι η στόχευση τέτοιων εγκαταστάσεων από τρομοκράτες, είναι ένα υπαρκτό σενάριο. Δίνουν επίσης, κάποια πιθανά σενάρια για τον τρόπο που μια τέτοια επίθεση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί και στα οποία περιλαμβάνεται και η απειλή των κυβερνοεπιθέσεων<sup>141</sup>. Οι κυβερνοεπιθέσεις είναι στην εποχή μας μια απειλή η οποία συμβαίνει καθημερινά καθώς, δεν απαιτεί ιδιαίτερα μέσα και δεν κρύβει για το επιτιθέμενο ιδιαίτερο ρίσκο.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε ότι, η ασφάλεια των πυρηνικών εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής δεν θα μπορούσε παρά να είναι αντικείμενο πολλών συζητήσεων, πολλών ρυθμιστικών και κανονιστικών κειμένων κυβερνητικών οργάνων και διεθνών οργανισμών. Τα ατυχήματα που συνέβησαν στις Η.Π.Α και στην Ουκρανία, προκάλεσαν την συνεργασία της διεθνούς κοινότητας, προκειμένου να καθοριστούν αυστηρές προδιαγραφές ασφαλείας. Άξια αναφοράς, είναι η Διάσκεψη για την Πυρηνική Ασφάλεια που πραγματοποιήθηκε το 1994 και στην

---

<sup>140</sup> M. A. Pomper, και G.Tarini, *Nuclear terrorism – Threat or not?* AIP Conference Proceedings 1898, 050001, 2017, σ. 3.

<sup>141</sup> Στο ίδιο, σ. 1.

οποία οι συμμετέχοντες δεσμευτήκαν, μεταξύ άλλων, να τηρούν τις αυστηρές προδιαγραφές που θέτει ο Διεθνής Οργανισμός Ατομικής Ενέργειας<sup>142</sup>.

### 3.6 ΟΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Οι κοινωνίες, τουλάχιστον στα δημοκρατικά κράτη, λαμβάνει έμμεσα σημαντικές αποφάσεις για το μέλλον της ηλεκτροπαραγωγής, καθώς είναι αυτές που τελικά βιώνουν τις επιπτώσεις της. Είναι τα σχετικά βιώματα που δέχεται η κοινωνία αυτά που θα προσδιορίσουν την σχέση της με την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή και που θα καθορίσουν τον βαθμό αποδοχής της.

Η κοινωνία δείχνει προβληματισμό για επιμέρους ζητήματα που σχετίζονται με την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, όπως τα ραδιενεργά απόβλητα, η ασφάλεια και η διάδοση των πυρηνικών όπλων<sup>143</sup>. Από την άλλη, υπάρχουν έρευνες που δείχνουν ότι αυτές οι ανησυχίες δεν καταφέρνουν να λειτουργήσουν κατά της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής σε ορισμένες κοινωνίες. Όπως αναφέρουν οι Smith και Gieré, το 2016, λίγα χρόνια μετά το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima, ένα σχετικό δημοψήφισμα στην Ελβετία με το ερώτημα της πρόωρης απενεργοποίησης των πυρηνικών αντιδραστήρων της χώρας, καταψηφίστηκε με ποσοστό 54%, με τον πληθυσμό που ζούσε κοντά στις πυρηνικές μονάδες να ψηφίζει κατά 89,7%, φοβούμενο, όπως εξηγεί η έρευνα, ότι θα χάσουν ευκαιρίες για εργασία, αλλά και φορολογικά προνόμια<sup>144</sup>. Συνεπώς, η οικονομική διάσταση της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής έχει και θετικές επιπτώσεις στην κοινωνία, καθώς προάγει, την οικονομική της ευημερία, έστω σε μια μερίδα του πληθυσμού.

Ο Οργανισμός Ατομικής Ενέργειας (NEA), στη δημοσίευσή του παρουσιάζει την ποικιλία της αντιμετώπισης της πυρηνικής ενέργειας από διαφορετικές κοινωνίες. Στις δυτικές κοινωνίες, όπως αναφέρει, η κοινωνία είναι διστακτική απέναντί της για

---

<sup>142</sup> Massachusetts Institute of Technology, *The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Department of Nuclear Science and Engineering, 2020, σ. 123.

<sup>143</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Society and Nuclear Energy: Towards a Better Understanding*. OECD Pub, 2002. σ. 29.

<sup>144</sup> K. L. Smith και R. Gieré, *Why Some Nations Choose Nuclear Power*, Kleinman Center for Energy Policy, University of Pennsylvania, 2017, σ. 4.

του λόγους που προαναφέρθηκαν. Στην ανατολή, η κοινωνία τηρεί μια απαθή ή κουρασμένη στάση απέναντι στην πυρηνική ενέργεια, ενώ στον νότο, στις αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζεται με μια θετική προαίρεση. Αποδίδει αυτήν την αντίφαση στην στάση των διαφορετικών κοινωνιών, στην μη κατανόηση της πυρηνικής τεχνολογίας και στα ατυχήματα που έχουν συμβεί από τη μία, αλλά και στην εμπιστοσύνη που υπάρχει στην τεχνολογική πρόοδο από την άλλη<sup>145</sup>. Ο Carpintero-Santamarsia υποστηρίζει ότι, η αρνητική άποψη της κοινωνία απέναντι στην πυρηνική ενέργεια πηγάζει από ποικίλους παράγοντες. Αρχικά από το γεγονός ότι η πυρηνική ενέργεια πρώτο-χρησιμοποιήθηκε ως όπλο για την καταστροφή του εχθρού κατά τον Β ΠΠ, ενώ ταυτόχρονα στην εποχή μας η διάδοση των πυρηνικών όπλων σχετίζεται με την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, καθώς αποτελούν δύο διαφορετικές εφαρμογές της ίδιας επιστήμης. Το ατύχημα του Chernobil και τα ραδιενεργά απόβλητα είναι επίσης, σύμφωνα με τον ερευνητή, δυο ακόμη λόγοι για την αρνητική διάσταση που έχει η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή στην αντίληψη της κοινωνίας<sup>146</sup>. Βλέπουμε λοιπόν, ότι αν θελήσουμε να εξετάσουμε το ζήτημα των επιπτώσεων της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής στην κοινωνία, θα πρέπει να αναζητήσουμε και να αναλύσουμε, ίσως σε ένα διαφορετικό επίπεδο, τα θέματα που ήδη παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο αυτό, την ασφάλεια, το περιβάλλον και την οικονομία.

Ξεκινώντας με το ζήτημα της ασφάλειας, η λέξη που μάλλον προσδιορίζει περισσότερο την σχέση της πυρηνικής ενέργειας και της κοινωνίας, είναι η λέξη ανησυχία. Παρά τα όποια μέτρα, που όπως αναφέραμε έχουν ληφθεί από τις κυβερνήσεις ή τους διεθνείς οργανισμούς, τα βιώματα της κοινωνίας από τα πυρηνικά ατυχήματα, όπως υποστηρίζουν οι Schneider και Froggatt, είναι «εντόνως τραυματικά», παρότι δεν ήταν το ίδιο καταστροφικά όπως η χρήση της πυρηνικής ενέργειας κατά τον Β΄ΠΠ<sup>147</sup>. Δεν μπορεί κάποιος να αμφισβητήσει ότι υπάρχει μια λογική πίσω από τον φόβο ενός ανθρώπου, ότι μπορεί ένα ατύχημα, που ίσως να

---

<sup>145</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Society and Nuclear Energy: Towards a Better Understanding*. OECD Pub, 2002. σ. 18.

<sup>146</sup> N. Carpintero-Santamarsia, *Nuclear Energy and Social Impact*, στο *Nuclear Power and Energy Security*, (επιμ.) S. A. Apikyan και D. J. Diamond, Dordrecht: Springer, 2010, σ. 76.

<sup>147</sup> M. Schneider, και A. Froggatt, *The World Nuclear Industry Status Report 2020*, Paris, 2020, σ. 17.

συμβεί εξαιτίας ενός ανθρώπινου λάθους σε ένα εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής που έστω και αν βρίσκεται δεκάδες χιλιόμετρα μακριά, μπορεί να είναι αιτία εμφάνισης καρκίνου. Η ψυχολογική επίπτωση των πυρηνικών ατυχημάτων είναι κάτι που υποστηρίζεται και από άλλους ερευνητές όπως ο Carpintero-Santamarsia, ο οποίος αναφέρει ότι οι ψυχογενείς και ψυχολογικές επιδράσεις που προκαλούνται από ένα πυρηνικό ατύχημα, κάνει πιο δύσκολη την υπέρβαση των δυσκολιών ενός τέτοιου γεγονότος<sup>148</sup>.

Το θέμα της ασφάλειας, που για την κοινωνία έχει άμεση σχέση με την υγεία και το περιβάλλον, αφορά και στο δύσκολο ζήτημα των πυρηνικών αποβλήτων. Παρόλες τις ευεργετικές επιπτώσεις που έχει για το περιβάλλον οι πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή όταν αντικαθιστά τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής καύσης γαιανθράκων, η φύση των αποβλήτων, όντας ραδιενεργά κάνει δύσκολη την αποδοχή της από την κοινωνία. Ένας ενισχυτικός λόγος της ανασφάλειας που διακατέχει την κοινωνία έναντι στην πυρηνική ενέργεια, όπως αναφέρει ο Cadenas, είναι και η παρουσίαση της ραδιενέργειας ως κάτι καταστροφικό, που γίνεται από τους αντιπάλους της πυρηνικής τεχνολογίας, εκμεταλλευόμενοι την φύση της<sup>149</sup>. Υπεισέρχεται και εδώ, όπως και στην περίπτωση των πυρηνικών ατυχημάτων η ψυχολογική διάσταση της αντιμετώπισης του ζητήματος.

Μια άλλη σίγουρα σημαντική για την κοινωνία επίπτωση της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, είναι η οικονομική της συνεισφορά. Μια επένδυση στην πυρηνική ενέργεια συνεπάγεται μια σειρά οικονομικών δραστηριοτήτων, όπως των κατασκευών, υπηρεσιών, τεχνολογίας και άλλων, που έχουν θετική επίδραση στην ανάπτυξη ενός τόπου<sup>150</sup>. Το αμερικανικό Ινστιτούτο Πυρηνικής Ενέργειας υποστηρίζει, ότι ένα πυρηνικό εργοστάσιο δυναμικότητας 1000MW δημιουργεί εργατικό εισόδημα της τάξεως των 40 εκατομμύριων δολαρίων το έτος. Τα αντίστοιχα

---

<sup>148</sup> Natividad Carpintero-Santamarsia, *Nuclear Energy and Social Impact*, στο Nuclear Power and Energy Security, (επιμ.) Samuel A. Apikyan και David J. Diamond, Dordrecht: Springer, 2010, σ. 74.

<sup>149</sup> G. J. J. Cadenas, *The Nuclear Environmentalist Is There a Green Road to Nuclear Energy?* Milano: Springer Milan, 2012, σ. 103.

<sup>150</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020, σ. 38.



μεγέθη για τον άνθρακα και τις υδροηλεκτρικές μονάδες είναι στα 11 εκατομμύρια δολάρια περίπου, ενώ για τις λοιπές ενεργειακές πηγές είναι κάτω των 5 εκατομμυρίων δολαρίων<sup>151</sup>. Τα παραπάνω στοιχεία περιέχουν και τα εισοδήματα που δημιουργούνται από τις δευτερογενείς οικονομικές δραστηριότητες που συνεπάγεται η λειτουργία μιας πυρηνικής μονάδας. Από την δημοσίευση του ΝΕΑ πληροφορούμαστε ότι όσον αφορά στις πρωτογενείς οικονομικές δραστηριότητες, αυτές που έχουν άμεση σχέση με την τεχνολογία παραγωγής, η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή και ο λιγνίτης δημιουργούν τις λιγότερες εργασιακές ευκαιρίες σε σχέση με τις λοιπές πηγές ηλεκτροπαραγωγής<sup>152</sup>. Και οι δύο παραπάνω θέσεις, αν και ακούγονται ίσως αντιφατικές, μπορούν να ισχύουν ταυτόχρονα, καθώς έχουν διαφορετικό αντικείμενο. Είναι ευνόητο ότι για την λειτουργία του και την κατασκευή του, ένα πυρηνικό εργοστάσιο δεν χρειάζεται μεγάλο αριθμό πυρηνικών επιστημόνων, παρ' όλα αυτά δημιουργεί πολλές θέσεις άσχετες με το κάθε αυτό αντικείμενο του, όπως για παράδειγμα προσωπικό ασφαλείας ή καθηγητές πυρηνικής φυσικής σε πανεπιστήμια μια χώρας που φροντίζει να εκπαιδεύει το προσωπικό που θα λειτουργεί τις πυρηνικές μονάδες της στο μέλλον. Η εγκατάσταση και η συντήρηση ενός δικτύου ανεμογεννητριών από την άλλη, ίσης παραγωγικής δυνατότητας με αυτή του πυρηνικού εργοστασίου, είναι ευνόητο ότι απασχολεί περισσότερο προσωπικό εξειδικευμένο με την τεχνολογία των ανεμογεννητριών. Πέραν της συζήτησης για τις εργασιακές ευκαιρίες που δημιουργεί η πυρηνική ενέργεια, αναφερθήκαμε ήδη σε ιδιότητες της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής που έχουν αντίκτυπο στην οικονομική ευημερία της κοινωνίας, όπως η σταθερότητα του κόστους που προσφέρει.

Τέλος, αξίζει να δούμε λίγο βαθύτερα την αντίφαση των αντιλήψεων της κοινωνίας για την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή. Οι δύο πρώτες κοινωνικές επιπτώσεις που εξετάσαμε, η ανησυχία ενός πυρηνικού ατυχήματος και ο φόβος για την μόλυνση του περιβάλλοντος από τα ραδιενεργά απόβλητα, έρχονται σε αντίθεση με τα οικονομικά οφέλη που μπορεί να έχει η υιοθέτηση της πυρηνικής

---

<sup>151</sup> Nuclear Energy Institute (NEI), *Nuclear Energy's Economic Benefits — Current and Future*, White Paper, Washington DC:NEI, 2012, σ. 1.

<sup>152</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*. Paris: Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, 2007, σ. 57.

ηλεκτροπαραγωγής για τα μέλη της κοινωνίας. Έτσι, οι κοινωνίες όπως ήδη αναφέρθηκε έχουν διαφορετική αντιμετώπιση στην πυρηνική ενέργεια. Αυτή η διαφορετικότητα των θέσεων, εκτιμάται ότι οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αντίληψη των μελών της κοινωνία για τη σχέση κόστους – οφέλους. Η δημοσίευση του ΝΕΑ προχωρά την ανάλυση του φαινομένου ένα βήμα παραπέρα, προτείνοντας ότι η αντιμετώπιση του παράγοντα του ρίσκου είναι αυτό που καθορίζει την στάση του πληθυσμού απέναντι σε φαινόμενα όπως η πυρηνική ενέργεια<sup>153</sup>.

### 3.7 ΟΙ ΓΕΩΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

«Το πυρηνικό εμπόριο είναι στη φύση του γεωπολιτικό»<sup>154</sup>. Αυτό είναι ένα από τα συμπεράσματα του Nakano, σε εργασία του που δημοσιεύτηκε από το αμερικανικό Κέντρο Στρατηγικών και Διεθνών Σπουδών, σε μια πρόσφατη έκδοση του σχετικά με την ενεργειακή ασφάλεια και την κλιματική αλλαγή. Αν θέλαμε να εξετάσουμε ευρύτερα το ζήτημα της ενέργειας γενικότερα δεν θα μπορούσαμε παρά να αναφέρουμε ότι, ιδίως στην εποχή της παγκοσμιοποίησης, η ενέργεια έχει μια διάσταση βαθιά γεωπολιτική. Όπως αναφέρει ο Hogselius στον πρόλογο του έργου του, η εξωτερική πολιτική και τα παγκόσμια πολιτικά δρώμενα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις ενεργειακές προμήθειες, καθώς η ενέργεια είναι στις μέρες μας στρατηγικής σημασίας. Σύμφωνα με τον συγγραφέα, δεν είναι δυνατό να συζητάς ζητήματα της σύγχρονης γεωπολιτικής, χωρίς να κάνεις συνεχώς αναφορές σε ενεργειακά ζητήματα. Χρήσιμη είναι και η πρόταση του συγγραφέα, που αφορά στα ενεργειακά συστήματα. Όπως προτείνει, τα σχετικά θέματα θα πρέπει να εξετάζονται στα πλαίσια ενός συστήματος, δηλαδή ενός συνόλου που περιέχει τεχνικά και μη τεχνικά μέρη, αλλά και τους συνδέσμους μεταξύ αυτών. Τα ζητήματα αυτά θα πρέπει να εξετάζονται αναλόγως του επιπέδου ανάλυσης, είτε σαν ένα παγκόσμιο σύστημα, είτε σε επιμέρους υπο-τμήματα<sup>155</sup>.

---

<sup>153</sup> Nuclear Energy Agency (NEA), *Society and Nuclear Energy: Towards a Better Understanding*. OECD Pub, 2002. σ. 54.

<sup>154</sup> J. Nakano, *The Changing Geopolitics of Nuclear Energy: A Look at the United States, Russia, and China*, Washington, D.C.:Center for Strategic & International Studies, 2020, σ. 3.

<sup>155</sup> P. Hogselius, *Energy and geopolitics*, London: Routledge, 2019.

Αν θεωρήσουμε τις χώρες ως τις μονάδες ενός παγκόσμιου ενεργειακού συστήματος, θα διαπιστώσουμε ότι είναι λίγες οι χώρες που μπορούν να στηριχτούν σε απόλυτα δικά τους μέσα ώστε να ικανοποιήσουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την ανάγκη των χωρών να συνεργαστούν. Στο έργο του Hogselius αναφέρονται τρεις λόγοι, που οδηγούν τις χώρες να διεθνοποιούν τον ζήτημα της ενέργειας. Ο πρώτος είναι ο εντοπισμός ευκαιρίας για προμήθεια, στην περίπτωση που δεν δύναται αυτή η ανάγκη να καλυφθεί εσωτερικά. Ο δεύτερος είναι η εκμετάλλευση ευκαιρίας για οικονομικό όφελος ή έστω για περιορισμό δαπανών. Τέλος, ως τρίτος λόγος αναφέρεται ότι κάποια χώρα μπορεί να διεθνοποιήσει το ενεργειακό της ισοζύγιο ως τρόπο επίλυσης περιβαλλοντολογικών ζητημάτων.

Η ενέργεια όχι μόνο αποτελεί αντικείμενο γεωπολιτικής, αλλά και πολλές φορές γίνεται εργαλείο εξωτερικής πολιτικής. Ο Hogselius, περιγράφει τους τρόπους που η ενέργεια εργαλειοποιείται από τις κυβερνήσεις χωρών προκειμένου να επιτύχουν τους σκοπούς της εξωτερικής τους πολιτικής. Ένας από τους τρόπους, που συχνά ακούγεται στα δελτία ειδήσεων είναι ο έλεγχος των ροών ενέργειας στο πλαίσιο μιας πολιτικής κυρώσεων που εκφράζεται είτε ως περιορισμό των εξαγωγών προς μια χώρα όταν αυτή θα πρέπει να «τιμωρηθεί», είτε με την μορφή απελευθέρωσης των ροών ενέργειας, όταν αυτή «επανέλθει στην τάξη». Το ίδιο μπορεί να γίνει έμμεσα, προσαρμόζοντας την τιμολογιακή πολιτική των εξαγωγών ενέργειας, επιβάλλοντας εξαγωγικούς δασμούς προς συγκεκριμένες χώρες. Ένας τρίτος τρόπος που δύναται να αποτελέσει βέλος στην φαρέτρα της εξωτερικής πολιτικής μια χώρας, είναι ο περιορισμός της εξαγωγής τεχνολογίας προς συγκεκριμένες χώρες. Κάτι που πολύ συχνά συναντάμε στον αμυντικό τομέα, μπορεί να συμβεί και με στον ενεργειακό τομέα, ιδιαίτερα σε μορφές αυτής που απαιτείται η χρησιμοποίηση τεχνολογίας αιχμής, όπως η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή. Η ιδιοκτησία μονάδων παραγωγής ενέργειας στην επικράτεια μιας άλλης χώρας, ακόμη και αν η επένδυση είναι μίας ιδιωτικής εταιρείας θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο πίεσης προς επίτευξη στόχων εξωτερικής πολιτικής. Τέλος, αποφασιστικής σημασίας, είναι στην σύγχρονη εποχή και οι κυβερνητικές ανακοινώσεις που

αφορούν στον ενεργειακό τομέα οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν από μόνες τους, ένα μέσο πίεσης προς άλλες χώρες<sup>156</sup>.

Ως ένα από τα συναλλασσόμενα αντικείμενα αυτού του παγκόσμιου ενεργειακού συστήματος η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, δεν θα μπορούσε να είναι άμοιρη γεωπολιτικών επιπτώσεων για το κράτος που την υιοθετεί και κατά συνέπεια και για αυτόν που την εξάγει, είτε ως τεχνολογία, είτε ως πυρηνικό καύσιμο, είτε, στην περίπτωση του εμπλουτισμού, ως υπηρεσία. Η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, λόγω της ιδιαιτερότητας της τεχνολογίας της, έχει μια σημαντική γεωπολιτική διάσταση. Σύμφωνα με τους Blasio και Nephew, η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή πέραν από τις δικές της τεχνολογικές προκλήσεις που την εμπόδισαν να γίνει η κυρίαρχη μορφή ηλεκτροπαραγωγής, αντιμετωπίζει και γεωπολιτικές προκλήσεις<sup>157</sup>.

Μια χώρα συνεπώς όταν καταφεύγει στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή πιθανώς να εξυπηρετεί και κάποιους στόχους εξωτερικής πολιτικής. Ο Findlay υποστηρίζει ότι, μια χώρα μπορεί να στραφεί στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή σε αναζήτηση εθνικού κύρους ή έχοντας ως σκοπό την προβολή ενός προφίλ χώρας η οποία είναι ανεπτυγμένη στους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας. Επίσης λόγοι, σύμφωνα με τον συγγραφέα, μπορεί να είναι η προδιάθεση μιας χώρας για πραγματοποίηση έργων υψηλού προφίλ, η επιθυμία της για κατοχή προηγμένης τεχνολογίας και τέλος, η πυρηνική αντιστάθμιση, δηλαδή η κοινοποίηση της ικανότητας της κατασκευής πυρηνικών όπλων, σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, αν υπάρξει ανάγκη, ή αλλιώς όπως έχει καθιερωθεί να ονομάζεται η<sup>158</sup>.

Ο τελευταίος από τους παραπάνω αναφερόμενους λόγους που θέτει ο Findlay, η προοπτική της στρατιωτικής πυρηνικοποίησης από την έναρξη ενός ειρηνικού πυρηνικού προγράμματος, είναι ένα ζήτημα που έχει απασχολήσει ιδιαίτερα ερευνητές, πολιτικούς αλλά και διεθνείς οργανισμούς, καθώς η μη διάδοση των πυρηνικών όπλων ίσως στο μέλλον αποδειχθεί ως ιδιαίτερα σημαντική για το

---

<sup>156</sup> Στο ίδιο, σ. 132.

<sup>157</sup> N. de Blasio, και R. Nephew, *The Geopolitics Of Nuclear Power And Technology*, Columbia SIPA, Center On Global Energy Policy, 2017. σ. 7.

<sup>158</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation*, Part 1, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ.32.

μέλλον της ανθρωπότητας. Το ερώτημα που τίθεται εδώ είναι, το αν και κατά πόσο η πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή αποτελεί ένα σκαλοπάτι, προς την στρατιωτική πυρηνικοποίηση. Η ιστορία έχει καταγράψει χώρες που κατάφεραν από την χρήση της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, να περάσουν στην ανάπτυξη πυρηνικών όπλων, όπως η Γαλλία, το Ισραήλ, η Νότιος Αφρική, η Ινδία και η Βόρεια Κορέα<sup>159</sup>.

Θα πρέπει αρχικά να ξεκαθαριστεί, ότι το ζήτημα αυτό έχει πολλές πτυχές και δεν περιορίζεται μόνο στην τεχνογνωσία και τεχνολογία της πυρηνικής ενέργειας. Πέραν της κατασκευής του πυρηνικού όπλου, που προϋποθέτει και την ικανότητα της αμυντικής εγχώριας βιομηχανίας, θα πρέπει μια χώρα για να έχει τη δυνατότητα να το χρησιμοποιήσει να διαθέτει και τα κατάλληλα μέσα για να το χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά εναντίον ενός στόχου. Επιπλέον, η ανάπτυξη πυρηνικών όπλων περιορίζεται από το διεθνές νομικό πλαίσιο και κάθε σχετική δραστηριότητα παρακολουθείται στενά από διεθνούς οργανισμούς. Εδώ, θα περιοριστούμε στην ανάλυση του κατά πόσο η ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας παρέχει την τεχνογνωσία ανάπτυξης ενός πυρηνικού όπλου και το κατά πόσο αυτή παρακολουθείται από τους διεθνές σύστημα προκειμένου να αποτραπεί κάθε φιλοδοξία προς αυτή την κατεύθυνση.

Για να εξετάσουμε την σχέση πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής και πυρηνικών όπλων, απαιτείται να αναφερθούμε επιγραμματικά στην φύση του πυρηνικού όπλου. Ο Κουσκουβέλης αναφέρει ότι, «Πυρηνικά όπλα είναι ο γενικός όρος που προσδιορίζει και περιγράφει κάθε όπλο που χρησιμοποιεί την πυρηνική ενέργεια». Σύμφωνα με τον συγγραφέα, υπάρχουν δύο τύποι πυρηνικών όπλων, ο πρώτος εκ των οποίων χρησιμοποιεί για την δημιουργία έκρηξης την σχάση πλουτωνίου ή εμπλουτισμένου ουρανίου, ενώ ο δεύτερος εκμεταλλεύεται το φαινόμενο της σύντηξης πυρήνων. Στην πρώτη περίπτωση μιλάμε για τις ατομικές βόμβες, ενώ στην δεύτερη για την θερμοπυρηνικές ή αλλιώς βόμβες υδρογόνου<sup>160</sup>. Οι τελευταίες δεν θα μας απασχολήσουν καθώς η τεχνολογία της σύντηξης που χρησιμοποιούν δεν σχετίζεται άμεσα με την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή.

---

<sup>159</sup> A. Futter, *The Politics of Nuclear Weapons*, Cham:Palgrave Macmillan, 2021, σ. 250.

<sup>160</sup> Η. Ι. Κουσκουβέλης, *Θεωρία διεθνών σχέσεων: Αποτροπή και πυρηνική στρατηγική στον ψυχρό πόλεμο*. Αθήνα: Ποιότητα, 2007, σ. 48.

Υπάρχουν δύο αρχές σχεδίασης, όσο αφορά στη διάταξη των τμημάτων, που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ενός πυρηνικού όπλου. Η πρώτη περιγράφεται ως «gun type», κατά την οποία δύο μη κρίσιμες μάζες πυροδοτούνται ταυτόχρονα για να σχηματίσουν μια κρίσιμη μάζα η οποία και δημιουργεί την έκρηξη. Η δεύτερη σχεδίαση, χρησιμοποιεί την αρχή της συγκέντρωσης, όπου με την χρήση συμβατικών εκρηκτικών σε κατάλληλη διάταξη, συμπιέζεται μια υποκρίσιμη μάζα, ώστε να γίνει υπερκρίσιμη και να δημιουργηθεί έτσι η έκρηξη. Ως κρίσιμη μάζα θεωρείται η ελάχιστη ποσότητα σχάσιμου υλικού που απαιτείται για την κατασκευή ενός πυρηνικού όπλου. Η πρώτη μέθοδος θεωρείται πιο απλή και απαιτεί την χρήση μόνο εμπλουτισμένου ουρανίου<sup>161</sup>.

Το σχάσιμο υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή όπλων είναι το πλουτώνιο Pu-239, ή το εμπλουτισμένο ουράνιο με συγκέντρωση 94% σε U-235, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όχι τόσο αποτελεσματικά, και πλουτώνιο Pu-240 ή ουράνιο χαμηλότερου βαθμού εμπλουτισμού<sup>162</sup>. Σύμφωνα με τον Cole, μια μη προηγμένης τεχνολογίας πυρηνική βόμβα απαιτεί τουλάχιστον 6 κιλά πλουτωνίου ή 16 κιλά εμπλουτισμένου ουρανίου, ενώ μια βόμβα υψηλής τεχνολογίας θα μπορούσε να λειτουργήσει με 3 κιλά πλουτωνίου ή 5 κιλά εμπλουτισμένου ουρανίου.

Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες όπως και τα πυρηνικά όπλα εκμεταλλεύονται τα αποτελέσματα της πυρηνικής σχάσης, αλλά με τελείως διαφορετικό τρόπο. Ο Findlay μας πληροφορεί ότι στην πρώτη περίπτωση, όπως είδαμε και εμείς σε προηγούμενο κεφάλαιο, επιδιώκεται ο έλεγχος της πυρηνικής αντίδρασης προκειμένου να διατηρηθεί η αλυσιδωτή αντίδραση, ενώ στη δεύτερη με την χρήση κατάλληλου πυρηνικού καυσίμου, υψηλής συγκέντρωσης σε συγκεκριμένα ισότοπα του ουρανίου ή του πλουτωνίου επιδιώκεται η στιγμιαία απελευθέρωση της ενέργειας που προκύπτει από την σχάση. Η διαφορά στον τρόπο που πραγματοποιείται στην κάθε μία περίπτωση η πυρηνική σχάση είναι, σύμφωνα με τον συγγραφέα, σημαντικό εμπόδιο για κάποιον που επιδιώκει την μετάβαση από την ειρηνική χρήση ενός πυρηνικού αντιδραστήρα, στην κατασκευή ενός πυρηνικού όπλου. Η τελευταία

---

<sup>161</sup> B. Cole, *The Changing Face of Terrorism: How Real Is the Threat from Biological, Chemical and Nuclear Weapons?* Νέα Υόρκη: I.B.Tauris & Co Ltd. 2011, σ. 36.

<sup>162</sup> Στο ίδιο.

απαιτεί διαφορετική επιστημονική και τεχνολογική γνώση, που δεν παρέχεται από την λειτουργία ενός αντιδραστήρα. Η είσοδος μιας χώρας στον τομέα της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, πραγματοποιείται με την προμήθεια μιας πυρηνικής μονάδας από κάποια χώρα η οποία διαθέτει εταιρεία με την απαραίτητη τεχνογνωσία κατασκευής και λειτουργίας πυρηνικών αντιδραστήρων. Υπάρχουν χώρες που κατάφεραν με αντίστροφο τεχνικό σχεδιασμό, όπως για παράδειγμα η Ινδία και η Νότια Κορέα, οι οποίες κατάφεραν να αποκτήσουν την τεχνογνωσία κατασκευής πυρηνικών αντιδραστήρων, αλλά αυτό από μόνο του απαιτεί μια μακρόχρονη και δαπανηρή διαδικασία και επιπλέον, όπως ήδη υπογραμμίστηκε δεν είναι αρκετό για την απόκτηση τεχνογνωσίας κατασκευής πυρηνικού όπλου<sup>163</sup>.

Αυτό που μπορεί να προσφέρει η ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή στις χώρες που αναζητούν την στρατιωτική πυρηνικοποίηση, όπως υποστηρίζει ο Findlay, είναι μια κάλυψη έναντι των άλλων χωρών, για ένα φάσμα δραστηριοτήτων που σχετίζεται με την έρευνα της πυρηνικής επιστήμης και τεχνολογίας και η οποία μπορεί μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα να φανεί χρήσιμη ως βάση ανάπτυξης σχετικών στρατιωτικών δυνατοτήτων. Επίσης, με την πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή αποκτά πρόσβαση σε σχάσιμο υλικό, καθώς έτσι θα μπορεί να δικαιολογήσει την προμήθειά τους στη διεθνή κοινότητα. Θα πρέπει να τονιστεί εδώ, ότι πλουτώνιο περιέχεται στο πυρηνικό καύσιμο μετά την χρήση του σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα ηλεκτροπαραγωγής, καθώς όσο παραμένει το καύσιμο σε έναν εν λειτουργία αντιδραστήρα, η περιεκτικότητά του καυσίμου σε ισότοπο Pu-240 αυξάνεται. Επίσης, αν ο λειτουργός μιας πυρηνικής μονάδας απομακρύνει το πυρηνικό καύσιμο από έναν αντιδραστήρα, νωρίτερα από τον προβλεπόμενο χρόνο, μπορεί να αποκομίσει Pu-239, το οποίο όπως προαναφέρθηκε είναι πιο αποτελεσματικό στην κατασκευή πυρηνικών όπλων<sup>164</sup>.

Ο Futter αναφέρει ότι, ο δρόμος προς την απόκτηση πυρηνικών όπλων περνάει μέσω ενός εκ των δύο υπάρχοντων σταθμών. Ο πρώτος είναι η δυνατότητα εμπλουτισμού ουρανίου σε ποσοστό μεγαλύτερο από αυτό που απαιτείται για την

---

<sup>163</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation*, Part 4, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ. 12.

<sup>164</sup> Στο ίδιο, σ. 16.

λειτουργία ενός αντιδραστήρα ηλεκτροπαραγωγής, ενώ ο δεύτερος η δυνατότητα επανα-επεξεργασίας των πυρηνικών αποβλήτων ώστε να αποκομιστεί ουράνιο. Ο πρώτος σταθμός είναι πιο εύκολα προσβάσιμος, καθώς ο δεύτερος απαιτεί υψηλή τεχνογνωσία<sup>165</sup>. Και οι δύο αυτές διαδικασίες είναι διαδικασίες διπλής μορφής. Είναι δηλαδή διαδικασίες οι οποίες εφαρμόζονται και στην παραγωγή πυρηνικού καυσίμου κατάλληλου για πυρηνικούς αντιδραστήρες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και για την παραγωγή υλικού κατασκευής πυρηνικών όπλων<sup>166</sup>. Η διαδικασία εμπλουτισμού ουρανίου είναι η ίδια, τόσο για την παραγωγή υλικού για χρήση σε πυρηνικούς αντιδραστήρες οι οποίοι χρησιμοποιούν ουράνιο χαμηλού εμπλουτισμού, όσο και για την παραγωγή ουρανίου υψηλού βαθμού εμπλουτισμού το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή πυρηνικών όπλων. Στην πρώτη περίπτωση το ποσοστό παρουσίας ουρανίου - 235, ουρανίου, δηλαδή το οποίο είναι χρήσιμο για την διαδικασία της πυρηνικής σχάσης είναι 3-5%. Το υλικό σχάσης που χρησιμοποιείται στα πυρηνικά όπλα, έχει περιεκτικότητα σε ουράνιο - 235 της τάξεως του 90% και πάνω. Η παραγωγή εμπλουτισμένου ουρανίου απαιτεί την κατεργασία του υλικού σε συσκευές φυγοκέντρισης. Στην δεύτερη περίπτωση η διαδικασία επανα-επεξεργασίας του ήδη χρησιμοποιημένου πυρηνικού καυσίμου αποσκοπεί στο να αποσπαστεί το πλουτώνιο που περιέχεται σε αυτό, υλικό που είναι επίσης κατάλληλο για την δημιουργία πυρηνικού όπλου<sup>167</sup>. Όπως σχολιάζει ο Findlay, οι δύο παραπάνω αναφερόμενες ευαίσθητες τεχνολογίες αποτελούν και το μεγαλύτερο εμπόδιο για την υλοποίηση ενός πυρηνικού στρατιωτικού προγράμματος<sup>168</sup>.

Όλα τα παραπάνω κάνουν την απόκτηση της ικανότητας παραγωγής πυρηνικών όπλων πολύ δύσκολη υπόθεση, που απαιτεί μεγάλο χρόνο και τεράστια δαπάνη. Παρόλα αυτά, όπως αναλύει ο Cole εξετάζοντας στο κείμενό του το φαινόμενο της πυρηνικής τρομοκρατίας, δεν είναι αδύνατη η απόκτηση κάποιας πυρηνικής στρατιωτικής δυνατότητας ακόμη και από τρομοκρατικές οργανώσεις,

---

<sup>165</sup> A. Futter, *The Politics of Nuclear Weapons*, Cham:Palgrave Macmillan, 2021, σ. 250.

<sup>166</sup> S. Ulgen, *Turkey and the Bomb*, Washington, D.C.: Carnegie Endowment for International Peace, 2012, σ. 15.

<sup>167</sup> Στο ίδιο.

<sup>168</sup> T. Findlay, *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation*, Part 4, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010, σ. 18.



πόσο μάλλον από οργανωμένα κράτη που έχουν κάποια επιστημονική και τεχνολογική υποδομή<sup>169</sup>. Για αυτόν ακριβώς το λόγο, έχουν δημιουργηθεί από την διεθνή κοινότητα δομές και εργαλεία, προκειμένου κάθε συναφής φιλοδοξία των κρατών, να καθίσταται ακόμη δυσκολότερη στην υλοποίησή της.

---

<sup>169</sup> B. Cole, *The Changing Face of Terrorism: How Real Is the Threat from Biological, Chemical and Nuclear Weapons?*, Νέα Υόρκη: I.B.Tauris & Co Ltd. 2011, σ. 38.

*Σελίδα σκόπιμα κενή*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΤΟ ΠΥΡΗΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΤΟΥΡΚΙΑΣ

#### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η Τουρκία, μια χώρα που κατέχει στρατηγική θέση ανάμεσα σε ανατολή και δύση, έχοντας στη φαρέτρα της, τις τελευταίες δεκαετίες, έναν αξιόμαχο στρατό και μια αξιοσημείωτη οικονομική ανάπτυξη, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στα περιφερειακά, αν όχι στα παγκόσμια ζητήματα<sup>170</sup>. Ο Arcuri, παρόλο που αναγνωρίζει ότι ο διεθνής ρόλος της Τουρκίας έχει ενισχυθεί από τις επιλογές της χώρας στον ενεργειακό τομέα, οι οποίες την έχουν κάνει να κατέχει μια θέση ενεργειακού κόμβου, παραδέχεται ότι υπάρχουν σημαντικές αδυναμίες, οι οποίες περιορίζουν το αποτύπωμα της χώρας, στην διεθνή σκακιέρα. Μία από τις αδυναμίες, που προκρίνει ο συγγραφέας, είναι η εξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα. Πράγματι, όπως βλέπουμε στο διάγραμμα 6, μπορούμε να διαπιστώσουμε, ότι διαχρονικά το ενεργειακό της πορτοφόλι αποτελείται κυρίως από τον άνθρακα, το πετρέλαιο, και από το 1985 και μετά από το φυσικό αέριο, ενώ μικρό κομμάτι αυτού κατέχουν η υδροηλεκτρική και οι λοιπές πηγές ενέργειας.

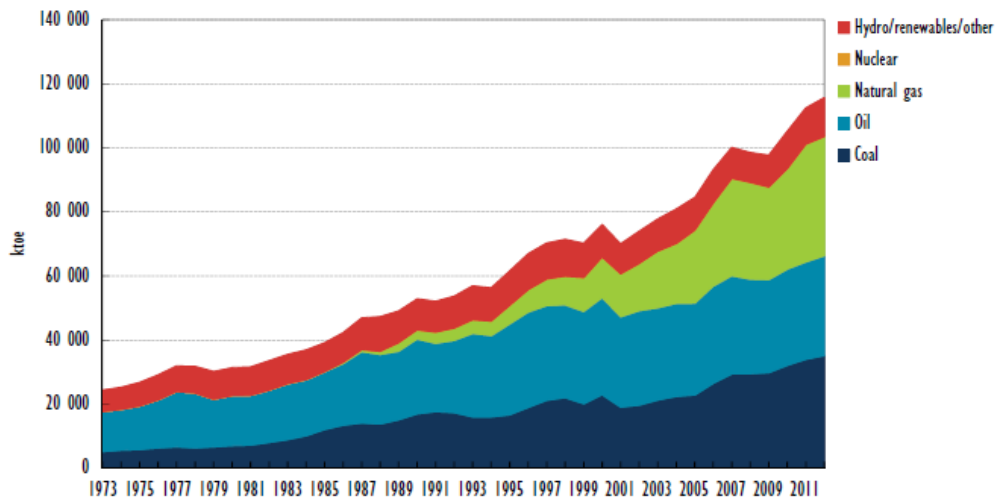
Λίγο πιο κοντά στην εποχή μας, το 2018, τα ορυκτά καύσιμα κατείχαν, το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας της Τουρκίας, με ποσοστό 73%, και τον βιομηχανικό τομέα να καταναλώνει περισσότερο από το 1/3 αυτής. Καθώς η χώρα δεν διαθέτει αρκετά δικά της αποθέματα, η εσωτερική ενεργειακή παραγωγή της χώρας, το 2018, κάλυψε μόνο το 31% των εσωτερικών της αναγκών, παρότι από το 2014 έως το 2019 κατάφερε να αυξηθεί κατά 54%. Έτσι για την κάλυψη αυτών των αναγκών η Τουρκία αναγκάστηκε στην εισαγωγή ενεργειακών πηγών, όπως διαχρονικά είναι αναγκασμένη<sup>171</sup>.

---

<sup>170</sup> A. Arcuri, *The Rise of a New Superpower Turkey's Key Role in the World Economy and Energy Market*, Heidelberg: Springer International Publishing, 2013.

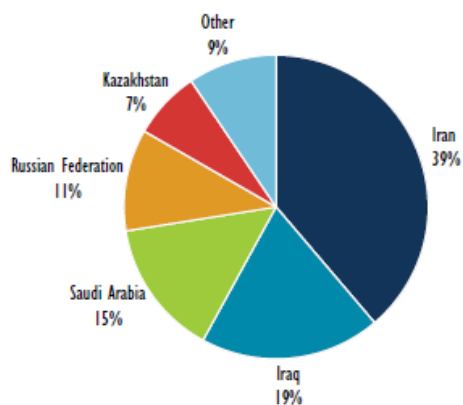
<sup>171</sup> International Energy Agency (IEA), *Turkey 2021 Energy Policy Review*, Paris, 2021.

Παρατηρώντας τα στοιχεία του 2012, στα σχεδιαγράμματα 7 και 8, θα παρατηρήσουμε ότι η εισαγωγή αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου, προέρχεται σε μεγάλο ποσοστό από την Ρωσία και το Ιράν. Αυτό καταδεικνύει μια άλλη παθολογία του ενεργειακού τομέα της χώρας, τη μη διαφοροποίηση των πηγών, η οποία όπως έχουμε ήδη αναφερθεί, λειτουργεί κατά της ενεργειακής ασφάλειας της χώρας.

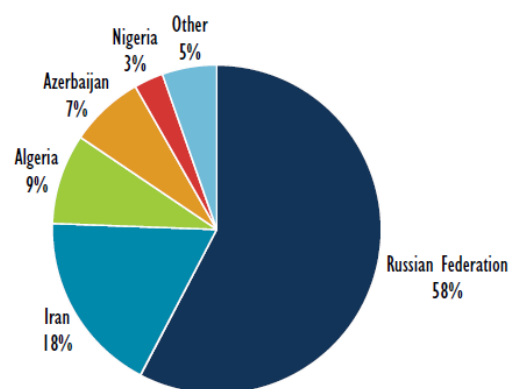


**Διάγραμμα 7:** Κατανομή συνολικής ενέργειας ανά ενεργειακή πηγή<sup>172</sup>

Crude oil imports by origin, 2012



Natural gas imports by source, 2012

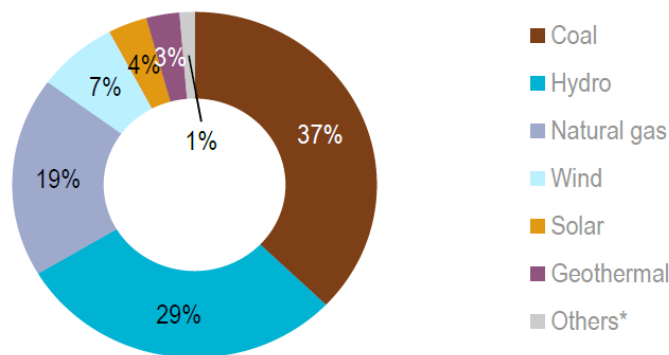


<sup>172</sup> International Energy Agency (IEA), Energy Supply Security: Emergency Response of IEA Countries 2014, Paris: International Energy Agency, 2014, σ. 448.

**Διάγραμμα 8:** Εισαγωγές αργού πετρελαίου ανά χώρα προέλευσης<sup>173</sup>

**Διάγραμμα 9:** Εισαγωγές φυσικού αερίου ανά χώρα προέλευσης<sup>174</sup>

Περιορίζοντας την ανάλυση μας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Τουρκία, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 9, είναι βασισμένη και αυτή στα ορυκτά καύσιμα, στα οποία οφείλεται το 56% της παραγωγής.



**Διάγραμμα 10:** Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Τουρκία, ανά ενεργειακή πηγή (Στοιχεία:2019)<sup>175</sup>

Τα επόμενα χρόνια, τα παραπάνω προβλήματα του τουρκικού ενεργειακού τομέα, εκτιμάται ότι θα μεγεθυνθούν, αν δεν ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις, καθώς ο πληθυσμός της χώρας, ο οποίος είναι τώρα περίπου 83 εκατομμύρια υπολογίζεται ότι το 2050 θα φτάσει στα 93 εκατομμύρια. Παράλληλα, παρά τα πρόσφατα προβλήματα, η χώρα έχει την 19η μεγαλύτερη οικονομία του κόσμου, με ποσοστό συμμετοχής της βιομηχανίας σε αυτή στο 18%<sup>176</sup>. Αν θέλει η Τουρκία να διατηρήσει αυτές τις επιδόσεις, θα πρέπει να βρει την κατάλληλη λύση για τις μελλοντικές αυξημένες ενεργειακές ανάγκες της, εξασφαλίζοντας την ενεργειακή της ασφάλεια και περιορίζοντας την εξάρτησή της, από το εξωτερικό.

<sup>173</sup> Στο ίδιο, σ. 453.

<sup>174</sup> Στο ίδιο, σ. 453.

<sup>175</sup> International Energy Agency (IEA), *Turkey 2021 Energy Policy Review*, Paris, 2021, σ. 95.

<sup>176</sup> Στο ίδιο.

Οι Mouraviev και Koulouri, υποστηρίζουν ότι, η ποσότητα της ενέργειας θα παραμένει τμήμα του προβλήματος της ενεργειακής ασφάλειας, όσο τα έθνη χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα και προτείνουν ότι, τα ορυκτά καύσιμα θα πρέπει να είναι ένα συνεχώς μειούμενο τμήμα των εθνικών ενεργειακών μειγμάτων<sup>177</sup>. Η τουρκική κυβέρνηση, έχει ανακοινώσει ένα πρόγραμμα το οποίο, φαίνεται να κινείται στην κατεύθυνση που προτείνουν οι δύο συγγραφείς, διαφοροποιώντας τις ενεργειακές της πηγές. Μεταξύ των αποφάσεων που έχει λάβει είναι η είσοδος της στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή, μια όχι και τόσο νέα ιδέα για την χώρα.

#### **4.2 Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΤΟΥΡΚΙΑΣ**

Όπως ειπώθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η ιδέα της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής στην Τουρκία, δεν είναι καινούργια, καθώς ξεκινάει σχεδόν μισό αιώνα πριν. Οι Bektur και Bezdegiimeli περιγράφουν, τις τέσσερις, μέχρι το 2004, προσπάθειες της χώρας για απόκτηση εργοστασίου πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής. Η πρώτη προσπάθεια εκδηλώθηκε το 1965 όταν η Τουρκία έθεσε ως σκοπό την εγκατάσταση μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής ισχύος 300-400 Mw, τεχνολογίας πετρελαιμένου βαρέως ύδατος. Η προσπάθεια αυτή, δεν ευοδώθηκε λόγω της δυσκολίας επιλογής κατάλληλης τοποθεσίας εγκατάστασης της μονάδας, καθώς και για οικονομικούς λόγους<sup>178</sup>.

Η δεύτερη προσπάθεια, στη δεκαετία του '70, προχώρησε στην επιλογή του Άκουγιου ως περιοχή εγκατάστασης, το 1976. Ένα έτος μετά ξεκίνησαν οι διαπραγματεύσεις με εταιρείες κατασκευής προκειμένου να εγκατασταθεί μια μονάδα ισχύος 600 Mw. Η απόπειρα αυτή έληξε άδοξα, το 1980<sup>179</sup>. Τρία χρόνια αργότερα προκηρύχθηκε ακόμη ένας διαγωνισμός για την κατασκευή ενός εργοστασίου στο Άκουγιου, ενώ για πρώτη φορά τέθηκε και η ιδέα της Σινώπης, η οποία όμως δεν

---

<sup>177</sup> N. Mouraviev, και A. Koulouri, *Introduction: Towards a Novel Conceptualisation of Energy Security στο Energy Security: Policy Challenges and Solutions for Resource Efficiency*, (επιμ.) N. Mouraviev, και A. Koulouri, Palgrave Macmillan. Cham, Switzerland, 2019, σ. 4.

<sup>178</sup> Y. Bektur και U. Bezdegiimeli, Nuclear Power Plant Attempts In Turkey And The First Licensed Site, Proceedings of the Third Eurasian Conference "Nuclear Science and its Application", October 5 - 8, 2004.

<sup>179</sup> Στο ίδιο.

προχώρησε καθώς η ενδιαφερόμενη κατασκευάστρια εταιρεία δεν ολοκλήρωσε την σχετική μελέτη. Μια καναδική και μια γερμανική εταιρεία κατέθεσαν προτάσεις για τη μονάδα του Άκουγιου. Προχώρησε η πρόταση της καναδικής εταιρείας, με την οποία η τουρκική κρατική εταιρεία ηλεκτρισμού, το 1985, υπέγραψε προκαταρκτική συμφωνία. Η παρέμβαση όμως της καναδικής κυβέρνησης η οποία απαίτησε εγγυήσεις και κατέθεσε σχετική πρόταση χρηματοδότησης με συγκεκριμένες παραμέτρους, δεν ικανοποίησε την Άγκυρα και έτσι και αυτή η προσπάθεια δεν ευοδώθηκε<sup>180</sup>.

Το 1996 ήταν η επόμενη φορά που η κατασκευή ενός πυρηνικού εργοστασίου στο Άκουγιου τέθηκε ως σχέδιο. Οι απαιτήσεις που τέθηκαν αυτή την φορά για την συμμετοχή εταιριών στον διεθνή διαγωνισμό περιλάμβαναν ως ελάχιστη αποδεκτή ισχύ τα 800 MW, με μέγιστη αυτή των 1400 MW με χρήση ενός ή δύο αντιδραστήρων. Ως απαίτηση για την χρονική έναρξη λειτουργίας του εργοστασίου τέθηκε το έτος 2005/2006. Οι προσφορές που υποβλήθηκαν από τρεις διαφορετικούς συνασπισμούς εταιριών περιλάμβαναν εταιρείες από τον Καναδά, την Γερμανία, την Αμερική και την Τουρκία. Μετά από αρκετές αναβολές της διαδικασίας του διαγωνισμού τελικά το 2000 ανακοινώθηκε ότι η διαδικασία και συνεπώς και η κατασκευή του πυρηνικού εργοστασίου αναβάλλεται επ' αόριστον<sup>181</sup>.

Μία ακόμη προσπάθεια κατά την πρώτη δεκαετία του 21<sup>ου</sup> αιώνα, και συγκεκριμένα το 2008, οπότε και πάλι προκηρύχθηκε διαγωνισμός για το Άκουγιου, έληξε το 2009, μετά την παρέμβαση του ανώτατου δικαστηρίου της χώρας. Στον διαγωνισμό αυτό είχε καταθέσει προσφορά η ρωσική ROSATOM<sup>182</sup>.

Η Τουρκία στο πλαίσιο του προγράμματός της υπό την ονομασία «Όραμα 2023», που εξέδωσε το 2010, έθεσε φιλόδοξους στόχους και για τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Όπως περιγράφει ο Aydın, το όραμα αυτό περιελάμβανε τον διπλασιασμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μέχρι το 2023, με παράλληλη αύξηση του μερίσματος παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές, κατά 30%, με

---

<sup>180</sup> Στο ίδιο.

<sup>181</sup> Στο ίδιο.

<sup>182</sup> C. İ. Aydın. *Nuclear Energy In Turkey: Past, Present, And Future*. Yeditepe University. Department of Economics, Notes on Economy, No:2018-03, σ. 12.

διπλασιασμό των δυνατοτήτων ηλεκτροπαραγωγής με καύση λιγνίτη, αλλά και την δυναμική είσοδο στον τομέα της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής. Το πρόγραμμα προέβλεπε, την λειτουργία δύο πυρηνικών εργοστασίων, συνολικής ισχύος 9200 Mw, στο Άκουγιου και στην Σινώπη, καθώς και ένα τρίτο, στο Igneada να βρίσκεται στο στάδιο της κατασκευής<sup>183</sup>.

#### **4.3 Η ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΤΟΥΡΚΙΚΟΥ ΠΥΡΗΝΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

Το φιλόδοξο πρόγραμμα του 2010, φάνηκε τα πρώτα χρόνια μετά την εκπόνησή του, ότι θα ήταν δύσκολο να υλοποιηθεί, με τις προϋποθέσεις που έθετε η Τουρκία. Συγκεκριμένα, ένας από τους όρους που έθετε στην εκπόνηση των διεθνών διαγωνισμών, ήταν η μεταφορά τεχνογνωσίας από την κατασκευάστρια εταιρεία προς την Τουρκία, ή αλλιώς, όπως το θέτει ο Aydin, ζητούσε η κατασκευή των πυρηνικών εργοστασίων να πραγματοποιηθεί με την μέθοδο Build – Operate – Transfer (Κατασκευή – Λειτουργία – Μεταφορά). Μετά από τέσσερις τουλάχιστον ανοικτούς διαγωνισμούς, στον τελευταίο εκ των οποίων προσφορά κατέθεσε μόνο η ρωσική ROSATOM, τροποποίησε αυτούς του όρους και κατέφυγε σε διμερές διακρατικές διαπραγματεύσεις, ώσπου και τελικά κατάφερε το 2010, να υπογράψει δύο συμφωνίες, με Ρωσία και Ιαπωνία, για την κατασκευή των εργοστασίων του Άκουγιου και της Σινώπη αντίστοιχα<sup>184</sup>.

Όσον αφορά στην υλοποίηση του έργου στο Άκουγιου, η διακρατική συμφωνία προέβλεπε την έναρξη των εργασιών κατασκευής για το 2015, αλλά για ποικίλους λόγους δεν κατάφερε να προχωρήσει σύμφωνα με το αρχικό χρονοδιάγραμμα. Λίγο πριν την έναρξη κατασκευής, οι τουρκικές εταιρείες που κατείχαν το 49% των μετοχών της κοινοπραξίας, αποχώρησαν από αυτή. Παρόλα αυτά η ROSATOM, ανακοίνωσε ότι το έργο θα υλοποιηθεί έστω και αν θα συνεχίσει μόνη της. Η τελετή θεμελίωσης πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τον αρχικό προγραμματισμό τον Απρίλιο του 2015. Τον Νοέμβριο του 2015, η κατάρριψη ενός ρωσικού μαχητικού, στα τουρκο-συριακά σύνορα, από την Τουρκία, ο πρόεδρος της ρωσικής δημοκρατίας, αποφάσισε να σταματήσουν όλα τα κοινά προγράμματα με την

---

<sup>183</sup> Στο ίδιο, σ. 3.

<sup>184</sup> Στο ίδιο.



Τουρκία<sup>185</sup>. Η ROSATOM, τέσσερις μήνες μετά το περιστατικό δήλωσε ότι προτίθεται να εγκαταλείψει το πρόγραμμα πουλώντας το πλειοψηφικό μερίδιο της<sup>186</sup>. Τελικά, μετά από διαπραγματεύσεις των δύο μερών, ο σκόπελος ξεπεράστηκε. Τον Φεβρουάριο του 2017 δόθηκε η έγκριση των σχεδίων κατασκευής του εργοστασίου και η τελική άδεια κατασκευής της πρώτης, εκ των τεσσάρων, μονάδας ισχύος, δόθηκε από την Τουρκική Αρχή Ατομικής Ενέργειας (ΤΑΕΚ) τρία χρόνια μετά, τον αρχικό προγραμματισμό. Τελικά, τον Απρίλιο του 2018, ουσιαστικά ξεκίνησε η κατασκευή των θεμελίων του πρώτου αντιδραστήρα<sup>187</sup>. Οι εργασίες μερικώς σταμάτησαν τον Μάρτιο του 2019 όταν, όπως ανακοινώθηκε, βρέθηκαν ρωγμές στα θεμέλια της εγκατάστασης του πρώτου αντιδραστήρα<sup>188</sup>. Μια επίσης ανησυχητική εξέλιξη, όχι μόνο για το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου αλλά και για την ασφάλεια του προσωπικού που εργάζεται στην κατασκευή αλλά και των κατοίκων της περιοχής, ήταν μια έκρηξη που συνέβη τον Ιανουάριο του 2021, στην τοποθεσία του έργου, η οποία αν και ανακοινώθηκε ότι ήταν προγραμματισμένη, προκάλεσε τον τραυματισμό δύο ανθρώπων, φθορές σε οικίες της περιοχής, αλλά και διαμαρτυρίες της αντιπολίτευσης της χώρας<sup>189</sup>. Το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου προβλέπει την έναρξη λειτουργίας του πρώτου αντιδραστήρα, το 2023, στην επέτειο 100 χρόνων της δημιουργίας του κράτους, και έπειτα ένας αντιδραστήρας θα τίθεται κάθε χρόνο σε λειτουργία<sup>190</sup>.

Η υλοποίηση του προγράμματος για την Σινώπη, είχε ατυχή κατάληξη για την Τουρκία. Το 2015, το κοινοβούλιο επικύρωσε την συμφωνία κατασκευής ενός

---

<sup>185</sup> M. Schneider, και A. Froggatt, *The World Nuclear Industry Status Report 2020*, Paris, 2020, σ. 108 -109.

<sup>186</sup> N. Goren, *Nuclear Energy Developments, Climate Change and Security in Turkey*, The Council on Strategic Risks, BRIEFER No. 7 April 27, 2020.

<sup>187</sup> AKKUYU NÜKLEER JSC, Project History, διαθέσιμο στο [www.akkuyu.com/project-history](http://www.akkuyu.com/project-history)

<sup>188</sup> M. Schneider, και A. Froggatt, *The World Nuclear Industry Status Report 2020*, Paris, 2020, σ. 108 -109.

<sup>189</sup> Hurriyet Daily News, Controlled blast at Akkuyu nuclear plant site creates political stir, 21 January 2021, διαθέσιμο στο <https://www.hurriyetaidailynews.com/controlled-blast-at-akkuyu-nuclear-plant-site-creates-political-stir-161810>

<sup>190</sup> World Nuclear News, Akkuyu construction to be completed by 2026, says project CE, 10 February 2021 διαθέσιμο στο <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Akkuyu-fully-operational-by-2026,-says-project>

εργοστασίου που θα λειτουργούσε τέσσερις αντιδραστήρες, συνολικής ισχύος 4,4 Gw και θα κατασκευαζόταν από μία κοινοπραξία της ιαπωνικής MITSUBISHI και της γαλλικής AREVA. Μια προσπάθεια επαναδιαπραγμάτευσης της συμφωνίας από την τουρκική κυβέρνηση, ως προς το χρονοδιάγραμμα και την τιμολόγηση οδήγησε το 2018, στην απόσυρση της MITSUBISHI και στην εγκατάλειψη του προγράμματος. Παρόλα αυτά, όπως τονίζουν οι Schneider και Froggatt, η Τουρκία δημοσιοποίησε, το 2020, μία μελέτη περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων κατασκευής εργοστασίου στην Σινώπη, η οποία προερχόταν από την εταιρεία Assystem ENVY Energy and Environmental Investment για λογαριασμό της EUAS International ICC Sinop Nuclear Power Plant. Ενώ η εν λόγω μελέτη αναφέρει ως αντιδραστήρα αναφοράς τον γαλλικό Flamanville-3 EPR, καμία γαλλική εταιρεία δεν έχει δημοσιοποιήσει κάτι για το ζήτημα<sup>191</sup>.

Η τουρκική κυβέρνηση ανακοίνωσε το 2015 την πρόθεσή της για την κατασκευή του εργοστασίου στην περιοχή Igneada. Οι φήμες ήθελαν να σχηματίζεται μια κοινοπραξία μεταξύ μιας κινεζικής και μια αμερικανικής εταιρείας, αλλά η κατάρρευση της τελευταίας, οδήγησε σε ναυάγηση του προγράμματος. Παρόλα αυτά, όπως αναφέρουν οι Schneider και Froggatt, κινεζικές εταιρείες δείχνουν μεγάλο ενδιαφέρον για το έργο και η Κίνα υπέγραψε μια συμφωνία πυρηνικής συνεργασίας με την Τουρκία.

#### **4.4 ΕΝΑ ΚΡΥΦΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΟΠΛΩΝ**

Ο Ulgen υποστηρίζει ότι, οι περισσότερες χώρες μπορούν να αποκτήσουν πυρηνικά όπλα εφόσον δείξουν την ανάλογη αποφασιστικότητα, παρ' όλα αυτά οι περισσότερες επιλέγουν να απέχουν από τέτοιες δραστηριότητες. Για τον συγγραφέα η Τουρκία έχει έναν επιπλέον λόγο να παραμένει εκτός της κούρσας του πυρηνικού εξοπλισμού μιας και φιλοξενεί συμμαχικά πυρηνικά όπλα και μπορεί αυτά να λειτουργήσουν αποτρεπτικά. Όπως τονίζει συγκεκριμένα, ακόμη και ένα πυρηνικά

---

<sup>191</sup> M. Schneider, και A. Froggatt, The World Nuclear Industry Status Report 2020, Paris, 2020, σ. 110.

εξοπλισμένο Ιράν δεν θα ήταν αρκετό να οδηγήσει την Τουρκία στην πυρηνικοποίηση<sup>192</sup>.

Η Τουρκία έχει δείξει, τουλάχιστον σε επίπεδο διεθνών συνθηκών και συμφωνιών, ότι υποστηρίζει την μη διάδοση των πυρηνικών και τον πυρηνικό αφοπλισμό. Όπως περιγράφει αναλυτικά ο Unal, είναι συμβαλλόμενο μέλος της Συνθήκης Μη Διάδοσης των Πυρηνικών, της περίφημης δηλαδή NPT από το 1969 και της Διεθνούς Συμφωνίας Διασφαλίσεων από το 1981. Επίσης έθεσε σε ισχύ, το 1997, τον Κανονισμό περί Λογιστικής Παρακολούθησης και Ελέγχου Πυρηνικών Υλικών, ο οποίος και προετοιμάστηκε μετά την υπογραφή συμφωνίας μεταξύ της Τουρκίας και της Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας (ΙΑΕΑ). Τέλος, η Τουρκία είναι από τις ιδρυτικές χώρες, μαζί με άλλες εννέα, στην Πρωτοβουλία για την Μη Διάδοση των Πυρηνικών Όπλων και του Αφοπλισμού (NPTDI) του 2010<sup>193</sup>. Παρά την προσχώρηση της χώρας σε συμφωνίες και συνθήκες σχετικές με τη μη διάδοση των πυρηνικών όπλων, η ίδια η Τουρκία έχει δείξει συμπεριφορές που κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση, όπως η υποστήριξη της παραμονής του αμερικανικού πυρηνικού οπλοστασίου στη χώρα, η απαίτηση για πρόσβαση σε ευαίσθητες τεχνολογίες, καθώς και η υποστήριξη στις ενέργειες του Ιράν που σχετίζονται με τον εμπλουτισμό ουρανίου<sup>194</sup>.

Αντίστοιχες συμπεριφορές, σε επίπεδο δηλώσεων τουλάχιστον, έχουν δείξει τούρκοι αξιωματούχοι, οι οποίοι έχουν, εδώ και δεκαετίες, άμεσα ή έμμεσα, μιλήσει για το δικαίωμα της χώρας να αποκτήσει πυρηνικά όπλα. Όπως για παράδειγμα, το 2006, ο τότε αρχηγός των τουρκικών ενόπλων δυνάμεων, υπονόησε ότι η Τουρκία θα πρέπει να λάβει σχετικές αποφάσεις περί των όπλων μαζικής καταστροφής, προκειμένου να μην απωλέσει το στρατηγικό της πλεονέκτημα στην περιοχή<sup>195</sup>.

---

<sup>192</sup> S. Ulgen, *Turkey and the Bomb*, Washington, D.C.: Carnegie Endowment for International Peace, 2012, σ. 15.

<sup>193</sup> G. Unal, *Turkey's Anomalies In The International Nuclear Nonproliferation Regime*, Master's Thesis, Hacettepe University, School Of Social Sciences, Department of International Relations, Ankara, 2019, σ.4.

<sup>194</sup> Στο ίδιο.

<sup>195</sup> E. Yazicioglu, *A Look Upon Turkey's Future Nuclear Weapons Policy*, Institut De Relations Internationales Et Stratégiques (IRIS), Paris, 2019, σ. 2.

Δηλώσεις σαν αυτή, ήταν αυτονόητο ότι θα οδηγήσουν την Τουρκία στο να περιλαμβάνεται στις λίστες χωρών που πιθανόν επιδιώκουν την στρατιωτική πυρηνικοποίηση τους<sup>196</sup>. Η πρόσφατη και πλέον ξεκάθαρη δήλωση του Προέδρου της Τουρκίας, τον Σεπτέμβριο του 2019, ο οποίος δήλωσε ότι δεν είναι αποδεκτό χώρες οι οποίες κατέχουν πυρηνικά όπλα, να απαγορεύουν στην Τουρκία να αποκτήσει τα δικά της, προκάλεσε ερωτηματικά σχετικά με τις προθέσεις της<sup>197</sup>.

Είναι όμως εφικτό η Τουρκία να γίνει μέλος της ελίτ των λίγων πυρηνικών χωρών; Καθώς η απάντηση του ερωτήματος αυτού, δεν το κύριο αντικείμενο αυτής της εργασίας, θα προσπαθήσουμε απλώς να κάνουμε για αναφορά στις απόψεις των μελετητών όπως αυτές συναντώνται στην βιβλιογραφία, καθώς επίσης και να αναφερθούμε σε κάποιες από τις παραμέτρους που καθιστούν την Τουρκία περισσότερο ικανή να αποκτήσει πυρηνικά όπλα, αλλά και σε αυτές που πιθανώς στέκονται εμπόδιο σε αυτό. Σκοπός της αναφοράς μας εδώ, είναι απλώς να καταδειχθεί ότι η εξέταση της όποιας πιθανής μελλοντικής συνεισφοράς της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής και του πυρηνικού εργοστασίου του Ακουγιου, στην στρατιωτική πυρηνικοποίηση της χώρας, είναι και σκόπιμη και χρήσιμη. Ένας επιπλέον λόγος που μια τέτοια συζήτηση είναι χρήσιμη, περιέχεται στην αναφορά του Mehmetcik, ο οποίος υποστηρίζει ότι μια χώρα που επιδιώκει να αποκτήσει πυρηνικά, μάλλον θα επέλεγε να το κάνει μυστικά, καθώς η πιθανότητα για έγκαιρη διαπίστωση των ενεργειών της από τη διεθνή κοινότητα είναι σχεδόν μηδενική<sup>198</sup>.

Ξεχωριστό ενδιαφέρον, για το υπό εξέταση ερώτημα, παρουσιάζει η εργασία ενός Αξιωματικού των Η.Π.Α., ο οποίος το 2011 εξέτασε την προοπτική στρατιωτικής πυρηνικοποίησης της Τουρκίας. Στην έρευνά του, χρησιμοποίησε επτά παραμέτρους, για να καταλήξει στο συμπέρασμά του. Συγκεκριμένα μελέτησε τις απειλές ασφαλείας που βίωνε η χώρα, το πολιτικό καθεστώς, την ρητορική των ηγετών της, την τεχνολογική και οικονομική επάρκεια, την πολιτική και διεθνή

---

<sup>196</sup> H. Mehmetcik, *Nuclear Latency: The Turkish Case*, Asian Journal of Peacebuilding, 6, no. 2: 247-265, 2018, σ. 247.

<sup>197</sup> E. Yazicioglu, *A Look Upon Turkey's Future Nuclear Weapons Policy*. Paris: Institut De Relations Internationales Et Stratégiques (IRIS), 2019, σ. 2.

<sup>198</sup> H. Mehmetcik, *Nuclear Latency: The Turkish Case*, Asian Journal of Peacebuilding, 6, no. 2: 247-265, 2018, σ. 249.

υποστήριξη σε ένα τέτοιο πρόγραμμα και την στρατιωτική δυνατότητα χρήσης τέτοιων όπλων. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε, είναι ότι η βραχυχρόνια πιθανότητα για στρατιωτική πυρηνικοποίηση της Τουρκίας, είναι μικρή, αλλά πρότεινε επιπλέον, ότι για να παραμείνει η Τουρκία μακριά από την επιδίωξη απόκτησης πυρηνικών, απαιτείται η ενεργή υποστήριξη της χώρας από την Η.Π.Α, τόσο σε οπλισμό, όσο και σε περιφερειακά ζητήματα ασφαλείας<sup>199</sup>. Ο Mehmetcik μελέτησε τις παραμέτρους που πιθανώς θα οδηγούσαν την Τουρκία σε ένα κρυφό πρόγραμμα απόκτησης πυρηνικών όπλων. Οι παράγοντες που εξέτασε αφορούσαν στην περιφερειακή ασφάλεια, στην αποδυνάμωση της αποτροπής που παρέχεται από το ΝΑΤΟ και τους δυτικούς συμμάχους της χώρας, στην ενεργειακή κατάσταση, στην εγχώρια πολιτική κατάσταση και τέλος στις τεχνολογικές επιταγές. Ο συγγραφέας καταλήγει στο συμπέρασμα ότι, η Τουρκία ενδιαφέρεται για την ειρηνική εκμετάλλευση της πυρηνικής ενέργειας και δεν είναι πιθανή, υπό τις τρέχουσες συνθήκες, η χώρα να επιδιώξει ένα κρυφό πρόγραμμα στρατιωτικής πυρηνικοποίησης<sup>200</sup>. Η ανάλυσή μας εδώ θα περιοριστεί, στην εξέταση κυρίως των πιο σημαντικών από τους παράγοντες που αναφέρθηκαν στις δύο παραπάνω εργασίες, καθώς και σε άλλους παράγοντες που αναφέρονται στην διεθνή βιβλιογραφία.

Ξεκινώντας από την εγχώρια πολιτική κατάσταση, θα μπορούσαμε να πούμε ότι, από το 2011 που ο Eldridge συνέταξε την μελέτη του, η κατάσταση της χώρας έχει τροποποιηθεί σημαντικά, παρόλο που το ίδιο κόμμα βρίσκεται στην εξουσία. Όπως σημειώνει ο Kutun, μετά από την προσωρινή απώλεια της κοινοβουλευτικής πλειοψηφίας το 2015, παρατηρήθηκε μία διολίσθηση όσον αφορά στα ανθρώπινα δικαιώματα και ελευθερίες, ενώ κυριάρχησε η καταπίεση προς τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και η καταδίωξη των πολιτικών αντιπάλων. Η κατάσταση αυτή, σύμφωνα με τον συγγραφέα, ενδυναμώθηκε περαιτέρω μετά το αποτυχημένο

---

<sup>199</sup> W. G. Eldridge, *The Credibility of America's Extended Nuclear Deterrent: The Case of the Republic of Turkey*, Maxwell Air Force Base, Alabama: Air Force Research Institute, 2011.

<sup>200</sup> H. Mehmetcik, *Nuclear Latency: The Turkish Case*, Asian Journal of Peacebuilding, 6, no. 2: 247-265, 2018, σ. 247.

πραξικόπημα του Ιουλίου του 2016<sup>201</sup>. Η Canan-Sokullu διακρίνει, ότι μετά το πραξικόπημα αυτό, υπήρξε μια στροφή στην εξωτερική πολιτική της χώρας η οποία πλέον κατευθυνόταν με βάση τους εσωτερικούς πολιτικούς στόχους της κυβέρνησης. Η συγγραφέας προσθέτει ότι, μετά την συνταγματική αναθεώρηση του 2017, όπου το πολίτευμα έδωσε εκτελεστική εξουσία στον πρόεδρο της χώρας, το προεδρικό γραφείο είναι αυτό που πλέον ασκεί την εξωτερική πολιτική, παραμερίζοντας τον υπουργό εξωτερικών, και εφαρμόζοντας μια πολιτική η οποία αποσκοπεί στην υλοποίηση του οράματος του Προέδρου Erdogan, της αναγέννησης της άλλοτε οθωμανικής αυτοκρατορίας η οποία κυριαρχούσε σε Μέση Ανατολή, Βόρειο Αφρική, αλλά και στη νότια και κεντρική Ευρώπη. Η πολιτική αυτή, οδήγησε την Τουρκία στην απομάκρυνση της από τους διατλαντικούς της συμμάχους<sup>202</sup>. Ταυτόχρονα, η εφαρμοζόμενη εξωτερική πολιτική, οδήγησε τις σχέσεις Τουρκίας και Ευρώπης, τα τελευταία χρόνια, σε μία κατάσταση «de facto στάσιμη»<sup>203</sup>.

Ένας άλλος παράγοντας ο οποίος περιλαμβάνεται και στις δύο μελέτες στις οποίες κάναμε αναφορά, είναι η περιφερειακή ασφάλεια. Κοινό σημείο στην μελέτη και τον δύο είναι ότι, η πυρηνικοποίηση του Ιράν θα είναι σημαντική παράμετρος για την πορεία που θα ακολουθήσει η Τουρκία σε σχέση με τον πυρηνικό εξοπλισμό. Οι σχέσεις Ιράν και Τουρκίας όπως μας πληροφορεί ο Ulgen, έχουν υπάρξει ιδιαίτερος φιλικές και υπήρξε αυξημένη διπλωματική συνεργασία αλλά και αμοιβαία οικονομική συνεργασία. Έχοντας αυτές τις βάσεις, η κυβέρνηση Erdogan διαφοροποιήθηκε από την πλειοψηφία των χωρών του δυτικού κόσμου ενώπιων της Διεθνούς Επιτροπής Ατομικής Ενέργεια, υποστηρίζοντας το δικαίωμα του Ιράν στον εμπλουτισμό ουρανίου. Παρόλα αυτά οι σχέσεις αυτές δεν είναι συνεχώς ρόδινες. Περιστατικά όπως, η εγκατάσταση ραντάρ έγκαιρης προειδοποίησης του NATO στην Τουρκία, το

---

<sup>201</sup> M. Kutun, *Making the new-neoliberal state in Turkey: Beyond the prevailing master narrative Regime*, στο *Change in Turkey: Neoliberal Authoritarianism, Islamism and Hegemony*, (επιμ.) B. Errol, M. Kutun, E. Pinar, και Z. Yilmaz, New York:Routledge, 2021, σ. 57.

<sup>202</sup> E. Canan-Sokullu, *Transformation of Foreign Policy in the AKP Era: Realpolitik Codes versus Instrumental*, στο *Soft-Power Turkey in Transition: Politics, Society and Foreign Policy*, (επιμ.) E. Canan-Sokullu, Berlin: Peter Lang GmbH, 2020.

<sup>203</sup> S. Oner, *Turkey and the European Union Relations in Transition: Challenges and Future Prospects*, στο *Soft-Power Turkey in Transition: Politics, Society and Foreign Policy*, (επιμ.) E. Canan-Sokullu, Berlin: Peter Lang GmbH, 2020.

2011, αλλά και η υποστήριξη της Ιρανικής κυβέρνησης στο καθεστώς του Bashar al-Assad στην Συρία έχουν διαταράξει τις σχέσεις των δύο χωρών<sup>204</sup>.

Η Τουρκία, υποστηρίζουν κάποιοι μελετητές, στηρίζει την αποτροπή της στην παρουσία των πυρηνικών όπλων των Η.Π.Α στην αεροπορική βάση του Ιντσιρλικ<sup>205</sup>. Όπως μας πληροφορεί ο Ulgen, περίπου 90 αμερικανικές πυρηνικές κεφαλές, εκτιμάται ότι το 2012 βρισκόταν στο έδαφος της Τουρκίας, οι 40 εκ των οποίων είχαν σχεδιαστεί, σε περίπτωση χρησιμοποίησής τους, να βληθούν από τουρκικά αεροσκάφη. Παρόλα αυτά η μη διατήρηση μόνιμης παρουσίας, κατάλληλων αεροσκαφών από τις ΗΠΑ στο έδαφος της Τουρκίας, σε συνδυασμό με την απουσία κατάλληλων αεροσκαφών για πυρηνική επίθεση στο δυναμικό της Τουρκίας, δημιουργεί ανασφάλεια στην Τουρκία για την επιχειρησιακή ετοιμότητα των όπλων αυτών, συνεπώς και ερωτήματα κατά πόσον αυτά τα όπλα επιτελούν το ρόλο τους στην αποτροπή<sup>206</sup>. Ο Kibaroglu συμφωνεί με την άποψη αυτή και υποστηρίζει ότι, ο παράγοντας αυτός δεν θα πρέπει να συσχετίζεται με την πιθανότητα να θελήσει η Τουρκία την απόκτηση πυρηνικών όπλων<sup>207</sup>.

Τέλος, σημαντικό είναι να αναφερθεί, η επιθυμία της Τουρκίας για απόκτηση δυνατοτήτων εμπλουτισμού. Ο Ulgen υποστηρίζει ότι, η επιτυχία του εθνικού προγράμματος πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής εξαρτάται από την απόκτηση αυτής της δυνατότητας αλλά και δυνατότητας επανεπεξεργασίας αναλώσιμου πυρηνικού καυσίμου<sup>208</sup>. Ο ίδιος ο Ulgen σε κείμενό του αναγνωρίζει ότι, η επιλογή για απόκτηση

---

<sup>204</sup> S. Ulgen, *Turkey and the Bomb*, Washington, D.C.: Carnegie Endowment for International Peace, 2012, σ. 6.

<sup>205</sup> M. Kibaroglu, *Turkey and the European Union Relations in Transition: Challenges and Future Prospects*, Proliferation Papers 49, Paris: IFRI Security Studies Center, 2014, σ. 26.

<sup>206</sup> S. Ulgen, *Turkey and the Bomb*, Washington, D.C.: Carnegie Endowment for International Peace, 2012, σ. 12.

<sup>207</sup> M. Kibaroglu, *Turkey and the European Union Relations in Transition: Challenges and Future Prospects*, Proliferation Papers 49, Paris: IFRI Security Studies Center, 2014, σ. 26.

<sup>208</sup> S. Ulgen, *Turkey and the Bomb*, Washington, D.C.: Carnegie Endowment for International Peace, 2012, σ. 58.

μονάδας εμπλουτισμού, είναι μη οικονομικά βιώσιμη, όταν η πυρηνική παραγωγή μιας χώρας δεν ξεπερνά τα 15.000 Mw<sup>209</sup>.

Όλα αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν είναι ικανά να καταδείξουν το αν η Τουρκία έχει ένα κρυφό πρόγραμμα ανάπτυξης πυρηνικών όπλων. Είναι όμως αρκετά να προβληματίσουν τον αναγνώστη. Καταρχάς οι ανοικτές δηλώσεις, οι οποίες γίνονται από έναν ηγέτη που είναι ικανός να υλοποιεί τις προσωπικές του βλέψεις στη χώρα, περί δικαιώματος της Τουρκίας, μιας χώρας που υποστηρίζει θεσμικά τη μη διάδοση των πυρηνικών όπλων, για απόκτηση πυρηνικών. Η στάση της Τουρκίας στο θέμα των πυρηνικών του Ιράν, η οποία από την μία υποστηρίζει το δικαίωμά του στον εμπλουτισμό, ενώ από την άλλη, πολιτικοί και ακαδημαϊκοί αυτής δηλώνουν ότι η πυρηνικοποίησή του Ιράν αναγκάζει την Τουρκία να σκεφτεί την επιλογή της απόκτησης πυρηνικών όπλων<sup>210</sup>. Τέλος, η δηλωμένη επιθυμία απόκτησης δυνατοτήτων εμπλουτισμού ουρανίου, όταν όχι μόνο δεν είναι απαραίτητη για την λειτουργία των πυρηνικών της υποδομών, αλλά είναι και μη βιώσιμη οικονομικά.

---

<sup>209</sup> S. Ulgen, Preventing the Proliferation of Weapons of Mass Destruction What Role for Turkey?, Discussion Paper Series -2010/2 Centre for Economics and Foreign Policy Studies, n.d., 2010, σ.7.

<sup>210</sup> M. Kibaroglu, *Turkey and the European Union Relations in Transition: Challenges and Future Prospects*, Proliferation Papers 49, Paris: IFRI Security Studies Center, 2014, σ. 17.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΚΟΥΓΙΟΥ

#### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο σχεδιασμός για την κατασκευή εργοστασίου πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής υπήρξε δεκαετίες πριν, δεδομένου του ότι μετά από σχετικές μελέτες, ήδη από τη δεκαετία του '70 η περιοχή θεωρήθηκε κατάλληλη για την φιλοξενία ενός πυρηνικού εργοστασίου. Μετά από πολλές αποτυχημένες απόπειρες, που έμειναν κυρίως στα χαρτιά, ο σχεδιασμός κατάφερε να αποκτήσει ένα συγκεκριμένο υλοποιήσιμο χρονοδιάγραμμα, μετά από την επιτυχία διμερών διαπραγματεύσεων μεταξύ των κυβερνήσεων Τουρκίας και Ρωσίας. Η συμφωνία, που υπεγράφη μεταξύ των δύο πλευρών, στις 12 Μαΐου 2010, προέβλεπε την εγκατάσταση τεσσάρων αντιδραστήρων σύγχρονης τεχνολογίας της ρωσικής εταιρείας ROSATOM, με προγραμματισμένη έναρξη εργασιών το 2015. Το όλο έργο θα υλοποιούνταν με το μοντέλο Build-Own-Operate (BOO)<sup>211</sup>. Με αυτή τη μέθοδο υλοποίησης ενός έργου, η χώρα-προμηθευτής της τεχνολογίας, χρηματοδοτεί το έργο, σχηματίζοντας μια κοινοπραξία από εγχώριες εταιρείες, η οποία θα κατασκευάσει και θα λειτουργήσει το έργο, το οποίο θα βρίσκεται υπό την ιδιοκτησία της. Η χώρα στο έδαφος της οποίας κατασκευάζεται το έργο, θα πληρώσει για τις υπηρεσίες που της παρέχονται από την λειτουργία του, μέσω μια συμφωνίας προμήθειας ισχύος. Υποστηρίζεται ότι, πρόκειται για ένα μοντέλο, που έχει πλεονεκτήματα για τις χώρες που εισέρχονται για πρώτη φορά στον τομέα της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής και αποσκοπούν να ενισχύσουν το ενεργειακό τους ισοζύγιο<sup>212</sup>.

Σύμφωνα με έκθεση του OECD, η διακρατική συμφωνία που υπεγράφη μεταξύ Ρωσίας και Τουρκίας, προέβλεπε ότι η ρωσική πλευρά θα ήταν υπεύθυνη για τον μηχανολογικό σχεδιασμό της εγκατάστασης, για την εξασφάλιση όλων των

---

<sup>211</sup> M. Schneider, και A. Froggatt, *The World Nuclear Industry Status Report 2020*, Paris, 2020, σ. 108.

<sup>212</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020, σ. 63.

αδειών, για τη χρηματοδότηση, την κατασκευή του εργοστασίου και την εκπαίδευση του προσωπικού της πυρηνικής Μονάδας. Κατά την λειτουργία του, η ρωσική πλευρά είναι υπεύθυνη για την λειτουργία και τη συντήρηση της Μονάδας, για την προμήθεια πυρηνικού καυσίμου, αλλά και τη διαχείριση των αποβλήτων. Τέλος, η ρωσική πλευρά είναι επίσης υπεύθυνη για την διάλυση της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής. Από την άλλη, με τη συμφωνία αυτή η τουρκική πλευρά αναλάμβανε την ευθύνη, για την διάθεση της περιοχής εγκατάστασης της μονάδας άνευ κόστους για όλη της διάρκεια ζωής του εργοστασίου, την σύνδεση του εργοστασίου στο ηλεκτρικό δίκτυο διανομής, καθώς και τη μέριμνα ώστε να υπάρχει κάθε διευκόλυνση στην λήψη των αδειών λειτουργίας. Για την υλοποίηση του όλου έργου συστάθηκε η εταιρία Akkuyu Nuclear JSC, οι μετοχές της οποίας επιμεριζόταν σε εταιρείες με το μεγαλύτερο μερίδιο των μετοχών να διατηρείται από την ρωσική Rusatom Overseas JSC με ποσοστό 64.96%. Η συμφωνία επίσης προέβλεπε ότι 15% των μετοχών θα διατίθεντο στην αγορά, αλλά σε καμμία περίπτωση το μερίδιο της Rusatom Overseas JSC, δεν θα μπορούσε να είναι μικρότερο από 51%<sup>213</sup>.

Κάποια βασικά οικονομικά στοιχεία του έργου που περιέχονται στην ίδια έκθεση του ΝΕΑ, είναι σημαντικά για να κατανοήσουμε τη σημασία του έργου, πριν αναφερθούμε στα αντίστοιχα τεχνικά. Ο προϋπολογισμός κεφαλαίου για την κατασκευή του εργοστασίου προβλεπόταν στα 20 δισεκατομμύρια δολάρια<sup>214</sup>. Η κατανομή του προϋπολογισμού, έχει όπως στο διάγραμμα 11.

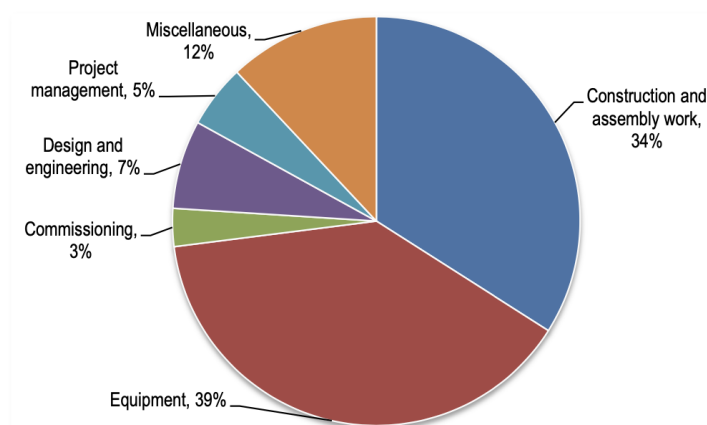
Η συμφωνημένη μέση τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, καθορίστηκε στο ύψος των 123,5 \$/MWh. Η διακρατική συμφωνία καθόριζε, πέραν από την τιμή, και άλλα σημαντικά ζητήματα σχετικά με την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα προέβλεπε ότι, μια Συμφωνία Αγοροπωλησίας Ισχύος (Power Purchase Agreement – PPA), ένα είδος συμβολαίου, θα υπογραφόταν μεταξύ της εταιρείας Akkuyu Nuclear JSC και της κρατικής εταιρείας ηλεκτρισμού της Τουρκίας TETAS. Τα κύρια σημεία του περιεχομένου της PPA περιεχόταν στην διακρατική συμφωνία. Ένα από αυτά ήταν η πρόβλεψη ότι με την

---

<sup>213</sup> OECD Staff, *Nuclear New Build: Insights into Financing and Project Management*, Paris: Organization for Economic Cooperation & Development, 2015, σ. 84 -87.

<sup>214</sup> Στο ίδιο.

PPA η TETAS θα συμφωνούσε στην αγορά του 70% της παραγωγής των δύο πρώτων αντιδραστήρων που θα κατασκευαζόταν και το 30% της παραγωγής των επόμενων δύο, για 15 χρόνια από την στιγμή που ο κάθε αντιδραστήρας θα τίθεται σε λειτουργία. Το υπόλοιπο της παραγόμενης ενέργειας η Akkuyu Nuclear JSC μπορούσε να το πουλήσει απ' ευθείας σε εταιρείες της τοπικής ενεργειακής αγοράς. Για τα 15 αυτά έτη, η τιμή θα μπορούσε να τροποποιηθεί, εφόσον κριθεί απαραίτητο, με έναν μηχανισμό ο οποίος δεν κοινοποιήθηκε στο ευρύ κοινό, αλλά σε καμία περίπτωση η τιμή πώλησης δεν θα μπορούσε να ξεπεράσει τα 153,3 δολάρια ανά μεγαβατώρα. Μετά το πέρας των 15 ετών και για όλο το υπόλοιπο λειτουργίας του εργοστασίου η Akkuyu Nuclear JSC θα διαθέτει το 20% των κερδών της στην τουρκική πλευρά<sup>215</sup>.



**Διάγραμμα 11 :** Επιμερισμός του προϋπολογισμού κατασκευής του Άκουγιου<sup>216</sup>.

## 5.2 Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

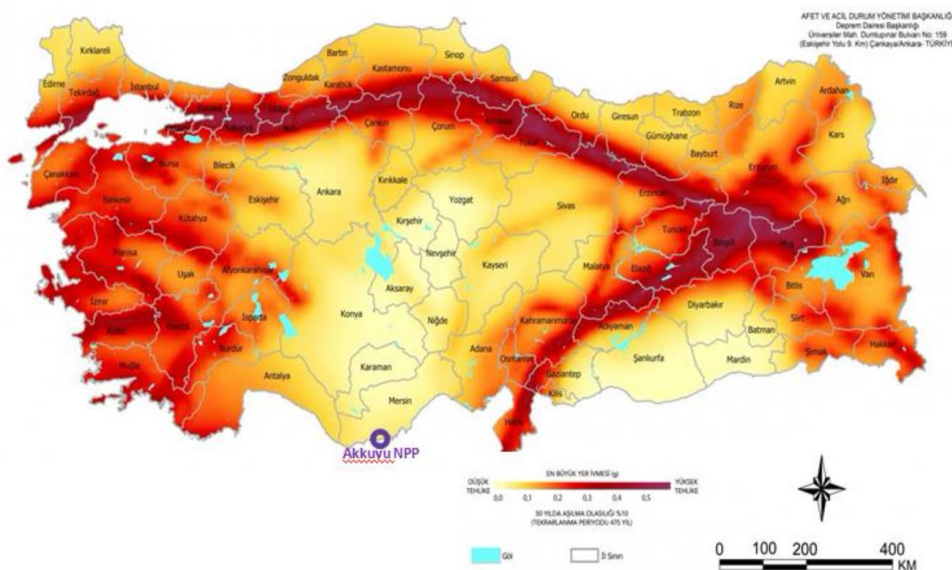
Η περιοχή εγκατάστασης της πυρηνικής μονάδας του Άκουγιου, ανήκει στην επαρχία Μερσίν. Πρόκειται για έναν κόλπο, που περιστοιχίζεται από λόφους και ο οποίος βρέχεται από τα νερά της Ανατολικής Μεσογείου. Απέχει από τις βόρειες ακτές της Κύπρου περίπου 85 χλμ., ενώ από το ανατολικότερο χερσαίο έδαφος της Ελλάδας, περίπου 350 χλμ. Το εργοστάσιο καταλαμβάνει έκταση 10 τετρ. χλμ. και απέχει 40 χλμ. από την κοντινότερη πόλη, τη Σελεύκεια και περίπου 130 χλμ. από

<sup>215</sup> Στο ίδιο, σ. 88-89.

<sup>216</sup> Στο ίδιο.

την πρωτεύουσα της επαρχίας, την ομώνυμη πόλη της Μερσίνης όπου βρίσκεται και ο πλησιέστερος εμπορικός λιμένας.

Αυτή η περιοχή επιλέγει, ήδη από το 1976, μεταξύ 25 υποψηφίων, ως η ιδανική επιλογή. Το σκεπτικό της επιλογής, στηριζόταν στο ότι η τοποθεσία συνορεύει με περιοχές που είχαν ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ παράλληλα ήταν μια από τις πλέον αραιοκατοικημένες περιοχές, το ότι η δομή του εδάφους ήταν κατάλληλη, και τέλος το ότι είναι μια από τις λιγότερο σεισμογενείς περιοχές της Τουρκίας<sup>217</sup>.



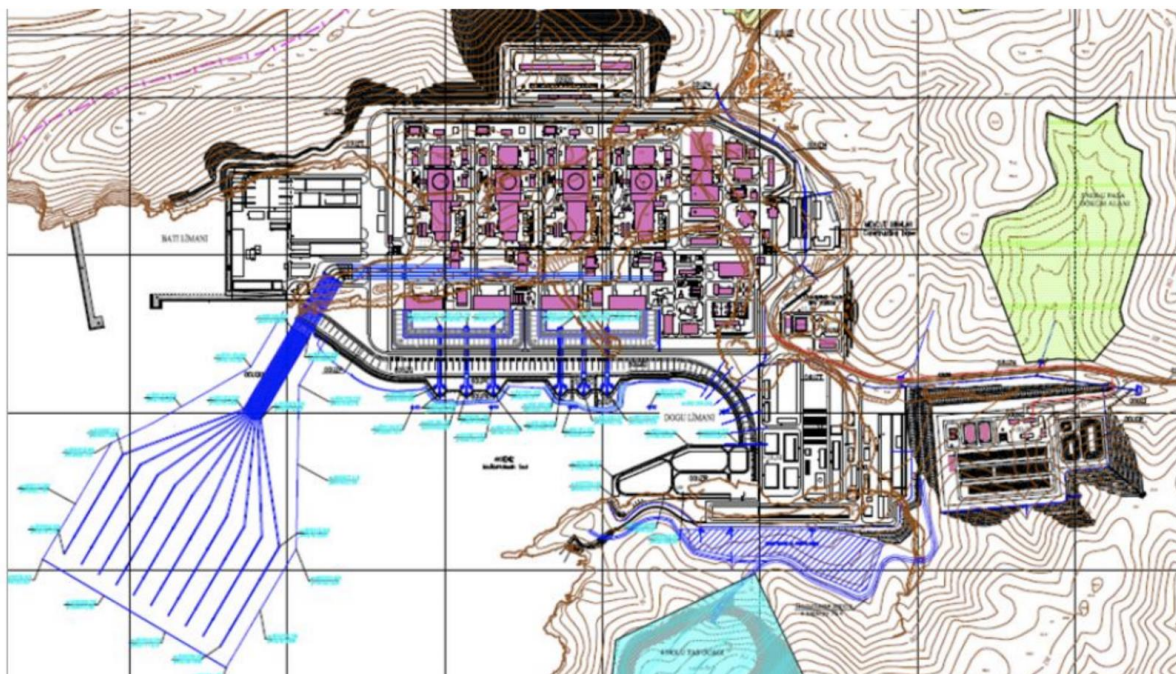
**EIKONA 8:** Χάρτης σεισμικότητας της Τουρκίας, στον οποίο αποτυπώνεται η θέση του Άκουγιου

### 5.3 ΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΤΟΥ ΑΚΟΥΓΙΟΥ ΚΑΙ Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ

Η σχεδίαση του εργοστάσιου ηλεκτροπαραγωγής του Άκουγιου, θα στηρίζεται στα εργοστάσια Novovoronezh NPP και Leningrad NPP-2 της Ρωσίας, που ήδη

<sup>217</sup> Y. Bektur και U. Bezdegiimeli, Nuclear Power Plant Attempts In Turkey And The First Licensed Site, Proceedings of the Third Eurasian Conference "Nuclear Science and its Application", October 5 - 8, 2004.

βρίσκονται εν λειτουργία<sup>218</sup>. Αναλυτικά τεχνικά στοιχεία για την εγκατάσταση, κάποια από τα οποία χρήσιμα για την ανάλυσή μας, περιέχει η σχετική έκθεση της Τουρκικής Αρχής Ατομικής Ενέργειας (ΤΑΕΚ), του 2018.



**Εικόνα 8:** Σχεδιάγραμμα του Πυρηνικού Εργοστασίου Άκουγιου<sup>219</sup>

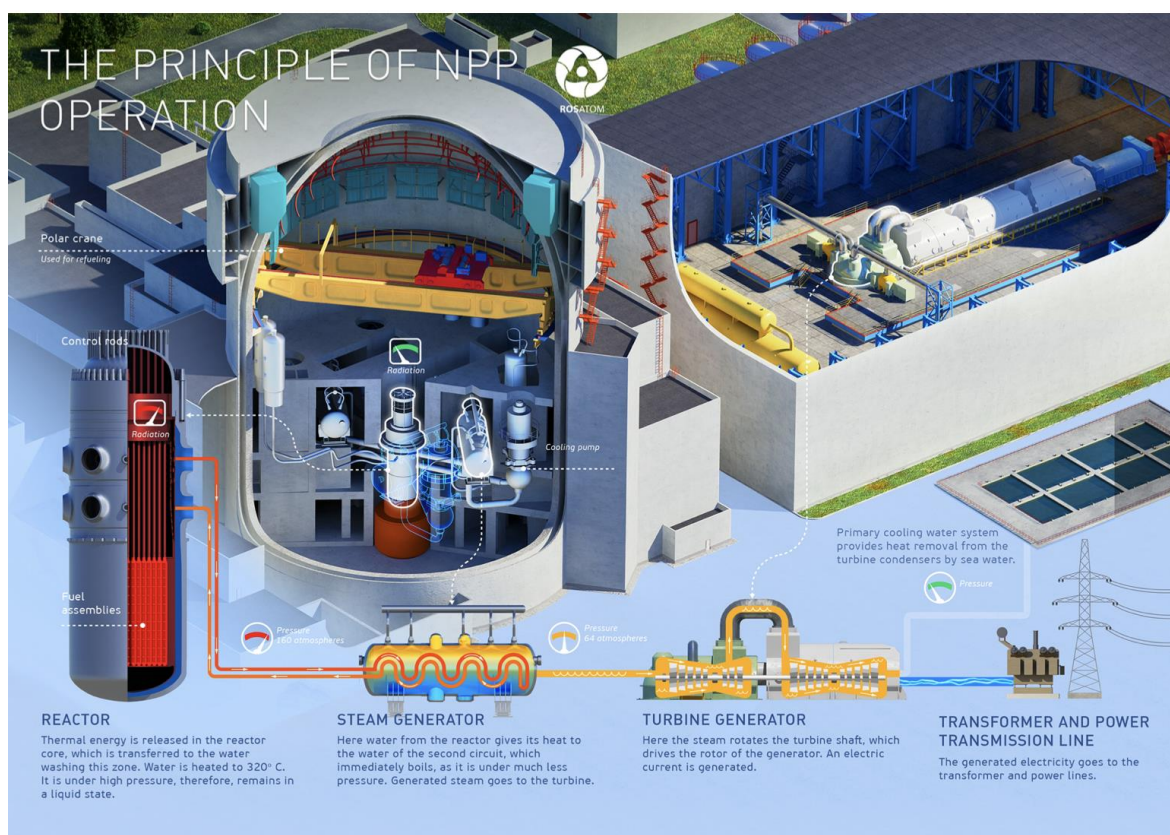
Σύμφωνα με αυτή, το εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής του Άκουγιου, θα αποτελείται από τέσσερις πανομοιότυπες μονάδες παραγωγής ισχύος τα βασικά μέρη των οποίων θα είναι ένας αντιδραστήρας τύπου VVER-1200/B-509, Πεπιεσμένου Ελαφρού Ύδατος (PWR), και ένας στρόβιλος χαμηλής ταχύτητας τύπου ARABELLE. Η δυναμικότητα παραγωγής κάθε μονάδας θα είναι όχι μικρότερη των 1200 MW. Οι αντιδραστήρες αυτού του τύπου, έχουν συντελεστή απόδοσης 35,9% και αναμενόμενη διάρκεια ζωής 60 ετών, ενώ χρησιμοποιούν φυσικό νερό υπό πίεση για την ψύξη τους αλλά και σαν επιβραδυντή. Για την λειτουργία τους χρησιμοποιούν ως πυρηνικό καύσιμο εμπλουτισμένο ουράνιο περιεκτικότητας σε

<sup>218</sup> AKKUYU NÜKLEER A.Ş., Technology and Safety, διαθέσιμο στο [www.akkuyu.com/technology-and-safety](http://www.akkuyu.com/technology-and-safety)

<sup>219</sup> Turkish Atomic Energy Authority, European “Stress Tests” For Nuclear Power Plants: National Report Of Turkey Revision 2, 2018, σ. 20.

ισότοπα U-235 της τάξεως του 4,95%<sup>220</sup>. Πρόκειται για αντιδραστήρες γενεάς III+, και ο σχεδιασμός τους βασίζεται στο πρότυπο AES-2006, της ρωσικής εταιρείας ROSATOM και η διαμόρφωση V-509, όπως γίνεται κατανοητό από την κωδικοποίησή της, είναι μια ενδιάμεση της V- 491 και της τελευταίας διαμόρφωσης που έχει φτάσει τεχνολογικά η οικογένεια αυτών των αντιδραστήρων, της V-510<sup>221</sup>

Η καρδιά του αντιδραστήρα VVER-1200/AES-2006 αποτελείται από 163 ράβδους καυσίμου, ύψους 3,73 μ. η κάθε μία, με συνολικό βάρος καυσίμου μέχρι 534 χλγρμ.<sup>222</sup> .



**Εικόνα 9:** Σχηματική αναπαράσταση των βασικών τμημάτων μιας μονάδας ισχύος του Άκουγιου.

<sup>220</sup> Turkish Atomic Energy Authority, European “Stress Tests” For Nuclear Power Plants: National Report Of Turkey Revision 2, 2018.

<sup>221</sup> Rosatom Overseas JSC, *The VVER Today: Evolution, Design, Safety*, σ. 13, διαθέσιμο στο <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/0be/0be1220af25741375138ecd1afb18743.pdf>

<sup>222</sup> Στο ίδιο.

Η διάρκεια παραμονής του πυρηνικού καυσίμου μέσα στην καρδιά του αντιδραστήρα, είναι 3 με 4,5 χρόνια, ενώ ο αντιδραστήρας προσφέρει δυνατότητα αντικατάστασης καυσίμου 18 μηνών<sup>223</sup>.

Η κάθε μονάδα ισχύος του εργοστασίου θα χρησιμοποιεί δύο ανεξάρτητα κυκλώματα. Το πρωτεύον κύκλωμα, το οποίο είναι θα είναι ραδιενεργό και θα βρίσκεται εντός διπλού περιβλήματος, θα αποτελείται από τον αντιδραστήρα, έναν συμπυκνωτή και τέσσερις βρόχους κυκλοφορίας. Ο κάθε βρόχος θα περιλαμβάνει ατμογεννήτρια, αντλία και σωληνώσεις ψυκτικού υγρού. Το δευτερεύον μη ραδιενεργό κύκλωμα θα αποτελείται από το τμήμα της ατμογεννητριας όπου υγραποποιείται το νερό, σωλήνες κυκλοφορίες υδρατμών, τον στροβιλοκινητήρα και συστήματα προθέρμανσης και τροφοδοσίας νερού. Η ψύξη και υγραποποίηση των υδρατμών του δευτερογενούς κυκλώματος θα πραγματοποιείται με νερό που αντλείται από την Μεσόγειο<sup>224</sup>.

Πέραν των λοιπών τεχνικών στοιχείων που περιγράφονται στην έκθεση της ΤΑΕΚ και των οποίων η αναφορά εδώ δεν θα συνέβαλε στον σκοπό της ανάλυσης μας, χρήσιμο θα ήταν να αναφερθούνε κάποια στοιχεία για τον χειρισμό του πυρηνικού καυσίμου που θα πραγματοποιείται στο εργοστάσιο. Καταρχάς, το φρέσκο πυρηνικό καύσιμο και μέχρι την χρησιμοποίησή του στον αντιδραστήρα, θα φυλάσσεται σε αυτόνομη εγκατάσταση η οποία επιτρέπει την φύλαξη 381 ράβδων. Στο εργοστάσιο θα κατασκευαστούν εγκαταστάσεις αποθήκευσης και του αναλωθέντος καυσίμου, σε ξηρά μορφή. Συγκεκριμένα, το αναλωθέν καύσιμο που μόλις εξέρχεται του αντιδραστήρα, θα τοποθετείται σε πισίνα διαλύματος βορικού οξέος, που θα κατασκευαστεί εντός του κτηρίου του αντιδραστήρα. Η πισίνα έχει τη χωρητικότητα για να φιλοξενήσει ποσότητα αναλωθέντος καυσίμου 10 χρόνων λειτουργίας του αντιδραστήρα. Σε αυτόνομο κτήριο και σε απευθείας σύνδεση με εξωτερικό δρόμο, θα δύναται να αποθηκευτεί ποσότητα 60 συσκευασιών αναλωθέν καυσίμου, που κάθε μία θα περιέχει 18 ράβδους καυσίμου. Η εγκατάσταση επιτρέπει να αποθηκευτούν τα απόβλητα χαμηλής και μέσης ραδιενέργειας 10 χρόνων

---

<sup>223</sup> Turkish Atomic Energy Authority, European “Stress Tests” For Nuclear Power Plants: National Report Of Turkey Revision 2, 2018, σ. 21.

<sup>224</sup> Στο ίδιο, σ. 23.

λειτουργίας του εργοστασίου και 60 χρόνων λειτουργίας όσον αφορά στα απόβλητα υψηλής ραδιενέργειας<sup>225</sup>. Θα πρέπει να τονιστεί εδώ, ότι σύμφωνα με τον Mehmetcik, η συμφωνία καθορίζει ότι η διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων, όπως και των καυσίμων, είναι αποκλειστική ευθύνη της ρωσικής πλευράς και κανένα δικαίωμα επί αυτών, δεν έχει η Τουρκία<sup>226</sup>.

Τέλος, επίσης ωφέλιμο για την ανάλυσή μας θα ήταν να αναφερθούν κάποιες από τις προδιαγραφές ασφαλείας του εργοστασίου. Αρχικά, εντός του κτηρίου που θα φιλοξενηθεί ο αντιδραστήρας, υπάρχουν τέσσερα εμπόδια που αποτρέπουν την διαφυγή ραδιενέργειας, τα τρία περιέχονται εντός της διάταξης του αντιδραστήρα και αφορούν στον τρόπο συσκευασίας του πυρηνικού καυσίμου και στο κύκλωμα του ψυκτικού, ενώ το τέταρτο εμπόδιο είναι το ίδιο το κτήριο που φιλοξενεί τον αντιδραστήρα, το οποίο έχει αντοχή σε σεισμό 8 βαθμών της κλίμακας ρίχτερ, δεν επηρεάζεται από πλημύρες και αντιστέκεται σε τυφώνες και κυκλώνες δυναμικότητας έως 56 μ/1". Αντέχει επίσης σε σύγκρουση αεροσκάφους 10 τόνων που κινείται με ταχύτητα 200 μ/1". Τέλος, είναι εξοπλισμένο με διάφορα συστήματα ασφαλείας, όπως σύστημα ψεκασμού, παθητικό σύστημα ρύθμισης θερμοκρασίας και άλλα. Ο κάθε αντιδραστήρας διαθέτει δύο αυτόνομες ηλεκτρογεννήτριες ασφαλείας, σε τέτοια απόσταση που τις προφυλάσσει από ταυτόχρονη καταστροφή σε περίπτωση που βληθεί η μία από τις δύο. Τέλος, οι προδιαγραφές ασφαλείας της εγκατάστασης φύλαξης του προς χρησιμοποίηση πυρηνικού καυσίμου είναι αντοχής σε σεισμό κατηγορίας I και ασφαλείας κατηγορίας 1, ενώ η εγκατάσταση φύλαξης αναλωσίμου καυσίμου είναι αντοχής I και 2N αντίστοιχα<sup>227</sup>.

#### **5.4 ΤΟ ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΩΦΕΛΟΣ**

Βασικά στοιχεία σχετικά με το αναμενόμενο όφελος της τουρκικής οικονομίας από την κατασκευή και λειτουργία του εργοστασίου περιέχονται στην ιστοσελίδα της

---

<sup>225</sup> Στο ίδιο, σ. 24-25.

<sup>226</sup> H. Mehmetcik, *Nuclear Latency: The Turkish Case*, Asian Journal of Peacebuilding, 6, no. 2: 247-265, 2018, σ. 259.

<sup>227</sup> Turkish Atomic Energy Authority, European "Stress Tests" For Nuclear Power Plants: National Report Of Turkey Revision 2, 2018.



εταιρείας. Σύμφωνα με αυτά, η κατασκευή του εργοστασίου προσφέρει την ευκαιρία νέων επενδύσεων αξίας 250 εκ. δολαρίων για κατοικίες, ξενοδοχεία και άλλα. Η αναμενόμενη συνεισφορά στο τουρκικό ΑΕΠ, από τις δραστηριότητες εταιρειών που θα δραστηριοποιηθούν σε επιχειρηματικές δραστηριότητες που θα προκύψουν από την κατασκευή του εργοστασίου, εκτιμάται σε 400 εκ. δολάρια, που συνεπάγεται φόρους για το κράτος της τάξεως των 50 εκατομμυρίων δολαρίων. Τέλος η συνολική επίδραση σε κοινωνία και οικονομία, που θα έχει η κατασκευή και λειτουργία του εργοστασίου, εκτιμάται σε 630 εκ. δολάρια<sup>228</sup>.

## 5.5 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Αναφερθήκαμε παραπάνω σε κάποια στοιχεία του πυρηνικού εργοστασίου του Άκουγιου, που αγγίζουν τους τομείς του περιβάλλοντος και της ασφάλειας. Η αναφορά όλων των παραμέτρων ασφάλειας κατασκευής και λειτουργίας του εργοστασίου, καθώς και όλων των στοιχείων της μελέτης περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων, εκτιμάται ότι δε θα ήταν ωφέλιμη εδώ και μάλλον θα αποπροσανατόλιζε από τον σκοπό της εργασίας. Περισσότερο ωφέλιμη εκτιμάται πως είναι η παράθεση κάποιων σχετικών προβληματισμών και απόψεων που μπορούν να βρεθούν στην βιβλιογραφία. Θα ήταν ίσως περιττό να τονισθεί, ότι όλοι οι παρακάτω προβληματισμοί, δεν υιοθετούνται από την τουρκική κυβέρνηση, δεδομένου ότι έχει αδειοδοτήσει την κατασκευή του έργου.

Κάποιες από τις πλέον ενδιαφέρουσες αναφορές σχετικά με την ασφάλεια και τα περιβαλλοντολογικά δεδομένα του εργοστασίου περιέχονται στη δημοσίευση του Bal. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο συγγραφέας, τα προβλήματα ασφαλείας του έργου είναι τόσο σοβαρά, που οδήγησαν, τον Ιούλιο του 2015, τον διευθυντή του Κέντρου Πληροφόρησης του εργοστασίου σε παραίτηση. Οι εξηγήσεις που δόθηκαν από τον ίδιο για την παραίτησή του, πέραν των καταγγελιών και των στοιχείων που κατέθεσε για πρακτικές διαφθοράς κατά την κατασκευή του έργου, περιλάμβαναν και προβληματισμούς για την ασφάλεια του έργου. Ο πρόεδρος του Συνδέσμου Περιβάλλοντος και Φύσης της επαρχίας της Μερσίνης, έχει σε άρθρα του αναφέρει

---

<sup>228</sup> AKKUYU NÜKLEER A.Ş., Economic Effect, διαθέσιμο στο [www.akkuu.com/economic-effect](http://www.akkuu.com/economic-effect).

προβληματισμούς για επιπτώσεις του εργοστασίου στο θαλάσσιο περιβάλλον, την γεωργία και το οικοσύστημα. Ο καθηγητής θαλάσσιων επιστημών του Τεχνικού Πανεπιστημίου Μέσης Ανατολής της Άγκυρας, σχολίασε την μελέτη περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων που έχει κατατεθεί η εταιρεία, αναφέροντας σε συνέντευξή του ότι είναι αδύνατο να υποστηρίξεις ότι θα απελευθερώνεις ένα εκατομμύριο κυβικά μέτρα νερό 35 βαθμών κελσίου στη θάλασσα για τα επόμενα εξήντα χρόνια, χωρίς αυτό να έχει επίπτωση στο περιβάλλον<sup>229</sup>.

Μια ακόμη αναφορά του Bal, σχετίζεται και αυτή με τα αναγραφόμενα στην μελέτη περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων. Η μελέτη, σύμφωνα με τους κάποιους επικριτές της είναι επιστημονικά αβάσιμη, καθώς όσον αφορά στην σεισμικότητα της περιοχής, λαμβάνει υπόψη της μόνο το ρήγμα Ecemis, ενώ άλλα τέσσερα ρήγμα έχουν ιστορικά επιδράσει στην σεισμικότητα της περιοχής<sup>230</sup>. Αναφορές για την σεισμικότητα της περιοχής, έχουν γίνει και από την Greenpeace, με τις οποίες ο οργανισμός εκφράζει την ανησυχία του για την κατασκευή πυρηνικού εργοστασίου μόλις 25 χιλιόμετρα μακριά από ίχνος του ρήγματος Ecemis<sup>231</sup>. Όπως τονίζει ο Temocin, ένας σεισμός στην περιοχή μπορεί να προκαλέσει τέτοια καταστροφή που θα επηρεάσει όλη την νότια Τουρκία, την Κύπρο και τη Μέση Ανατολή<sup>232</sup>.

## 5.6 ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Η κοινωνία, στο άκουσμα καταγγελιών σαν αυτών που περιεγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα, δεν ήταν δυνατό να μην αντιδράσει από την στιγμή ανακοίνωσης του έργου. Τέτοιες αντιδράσεις είχαν άλλωστε προκύψει στην Τουρκία ήδη από τη δεκαετία του 1970, όταν τέθηκε για πρώτη φορά το θέμα εισαγωγής της

---

<sup>229</sup> J. Bal, *Turkey's Pursuit Of Nuclear Energy: A Case Study Of The Akkuyu Nuclear Power Plant*, The George Washington University, The Institute For Middle East Studies, Imes Capstone Paper Series, 2015

<sup>230</sup> Στο ίδιο.

<sup>231</sup> P. Temocin, *Framing Opposition to Nuclear Power: The Case of Akkuyu in Southeast Turkey*, The Institute for Peace and Unification Studies, Seoul National University, Asian Journal of Peacebuilding Vol. 6 No. 2 (2018): 353-377.

<sup>232</sup> Στο ίδιο, σ. 360.

χώρας στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή<sup>233</sup>. Όπως περιγράφει όμως ο Temocin, η κοινωνία ανησύχησε και εξέφρασε την αντίθεσή της και για κάποιους επιπλέον λόγους πέραν των κινδύνων που δημιουργούνται από τους σεισμούς και από τις μολυσματικές για το οικοσύστημα δραστηριότητες του εργοστασίου. Για παράδειγμα, το ερώτημα πως το κράτος θα προστατεύσει τους πολίτες από μια τρομοκρατική επίθεση εναντίον του εργοστασίου, δεν μπόρεσε να απαντηθεί πειστικά από τους αρμόδιους. Επίσης ο, ίσως και όχι τόσο αναμενόμενος, προβληματισμός μερίδας της κοινωνίας για τη σχέση του εργοστασίου του Άκουγιου, με τη διάδοση των πυρηνικών όπλων, ήταν ένας από τους λόγους αντίδρασης αυτής στο έργο.

Πέραν των αντιδράσεων, θα είμαστε ελλιπείς αν δεν αναφερθούμε και στο κοινωνικό όφελος που θα προκύψει στην κοινωνία από μια επένδυση αξίας 20 εκ. δολαρίων. Η εταιρεία αναφέρει στην ιστοσελίδα της ότι κατά την κατασκευή του εργοστασίου θα εργαστούν σε αυτό πάνω από 10.000 άτομα. Επιπλέον, πάνω από 100 τούρκοι φοιτητές, μετέβηκαν στην Ρωσία για να εκπαιδευτούν στην πυρηνική τεχνολογία, ώστε να προσληφθούν αργότερα ως επιστημονικό προσωπικό για την λειτουργία του. Οι νέες επιχειρηματικές δραστηριότητες που θα προκύψουν με τη λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας στη περιοχή, θα απασχολήσουν επιπλέον προσωπικό κυρίως στον τομέα των υπηρεσιών<sup>234</sup>.

---

<sup>233</sup> P. Temocin, Framing Opposition to Nuclear Power: The Case of Akkuyu in Southeast Turkey, The Institute for Peace and Unification Studies, Seoul National University, Asian Journal of Peacebuilding Vol. 6 No. 2 (2018): 353-377, σ. 372.

<sup>234</sup> AKKUYU NÜKLEER A.Ş., *Economic Effect*, διαθέσιμο στο [www.akkuyu.com/economic-effect](http://www.akkuyu.com/economic-effect).

*Σελίδα σκόπιμα κενή*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΚΟΥΓΙΟΥ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχοντας πλέον οριοθετήσει ένα πλήρες πλαίσιο συζήτησης, θα αποπειραθούμε να στοιχειοθετήσουμε όσον το δυνατόν σαφέστερα συμπεράσματα για τις επιπτώσεις που θα έχει η κατασκευή και η λειτουργία τους εργοστασίου πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής του Άκουγιου για την ίδια την Τουρκία. Καθώς όμως η Τουρκία, τουλάχιστον για την περιφέρειά της, αποτελεί μία σημαντική χώρα και επιπλέον, καθώς η ίδια η φύση της πυρηνικής ενέργειας είναι εγγενώς γεωπολιτική, πολλές από τις επιπτώσεις θα συζητήσουμε, έχουν επίδραση και στους γείτονές της.

Ξεκινώντας από την ίδια την συμφωνία, η οποία έθεσε τις βάσεις για την κατασκευή του εργοστασίου του Άκουγιου, θα πρέπει καταρχάς να αναφερθούμε στο γεγονός ότι δεν ήταν μια συμφωνία που ικανοποιούσε πλήρως τις επιθυμίες της ηγεσίας της Τουρκίας. Η συμφωνία αυτή, δεν παρέχει, παρά ίσως μόνο ελάχιστη πυρηνική τεχνογνωσία στο προσωπικό της Τουρκίας. Ταυτόχρονα, το γεγονός της ιδιοκτησίας της εγκατάστασης, δεν επιτρέπει στην χώρα να κινηθεί με την μέθοδο της ανάστροφης μηχανικής, ώστε να αποκτήσει την τεχνογνωσία που επιθυμεί. Ήταν όμως η μόνη συμφωνία, όπως φάνηκε, που μπορούσε να έχει, ώστε να την κρατηθεί εντός των στόχων ηλεκτροπαραγωγής που είχε η ίδια θέσει. Τα επιμέρους σημεία της συμφωνίας, έχουν επίδραση στο αποτύπωμα που θα αφήσει το εργοστάσιο του Άκουγιου, στην οικονομία, στην ενεργειακή ασφάλεια, στο φυσικό περιβάλλον και την ασφάλεια, καθώς επίσης και στο γεωπολιτικό πεδίο, ζητήματα στα οποία θα αναφερθούμε στη συνέχεια.

Η συμφωνία στο οικονομικό πεδίο έχει χαρακτηριστεί από κάποιους αναλυτές και ειδικούς ως συμφέρουσα για την Τουρκία<sup>235</sup>. Το αν η επιλογή της Τουρκίας ήταν η καλύτερη δυνατή οικονομικά και το πόσο κέρδος θα της αποδώσει κατά την λειτουργία του το πυρηνικό εργοστάσιο, είναι ένα ερώτημα που δεν είναι εύκολο να απαντηθεί, καθώς οι αστάθμιστοι παράγοντες είναι πολλοί. Οι οικονομολόγοι και οι

---

<sup>235</sup> H. Mehmetcik, *Nuclear Latency: The Turkish Case*, Asian Journal of Peacebuilding, 6, no. 2: 247-265, 2018, σ. 256.

αναλυτές της αγοράς ενέργειας για τέτοιες μελέτες χρησιμοποιούν οικονομικά μοντέλα, τα οποία θα τροφοδοτηθούν με ορθές προβλέψεις όχι μόνο τους κόστους του κάθε τμήματος του κύκλου πυρηνικού καυσίμου, αλλά και του κόστους των λοιπών πηγών ενέργειας. Εδώ μπορούμε να αναφέρουμε κάποια γενικά στοιχεία που θα επηρεάσουν το πόσο επικερδής η όχι θα είναι τελικά η συμφωνία, καθώς και κάποια στοιχεία που παρουσιάζουν οι ίδιοι οι εμπλεκόμενοι.

Μία ίσως αστάθμητη παράμετρος που φυσικά επηρεάζει το κέρδος που θα έχει η χώρα είναι, όπως αναφέρει και οι Schneider και Froggatt, η τιμή της λίρας σε σχέση με το δολάριο, καθώς η τιμή που θα πουλάει η κοινοπραξία, ρωσικών συμφερόντων, την παραγόμενη ενέργεια ορίστηκε κατά την συμφωνία, σε δολαριά. Η συνεχής πτώση της τιμής της λίρας που σημειώνεται αυτή την περίοδο, κάνει την ενέργεια του Ακκουγιού ακριβότερη<sup>236</sup>. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι, όπως περιεγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η τουρκική εταιρεία διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας υποχρεωτικά θα πρέπει να αγοράζει για μια περίοδο συγκεκριμένο ποσοστό αυτής της ενέργειας. Η τιμή που καθορίστηκε με τη συμφωνία είναι 123,5 \$/MWh. Για να έχουμε κάποια μεγέθη αναφοράς, θα ήταν χρήσιμο να αναφέρουμε ότι επιπεδοποιημένο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού στην χώρα, για το 2020, με χρήση αιολικής και ηλιακής ενέργειας ήταν 41 \$/MWh και 52 \$/MWh αντίστοιχα, ενώ το κόστος παραγωγής με καύση εισαγόμενου άνθρακα από 62 έως 77 \$/MWh.<sup>237</sup> Από την άλλη, η Τουρκία έχει το πλεονέκτημα να απολαμβάνει για αυτήν την χρονική περίοδο ένα ποσό ενέργειας, με τιμή σταθερή και αυτό, ειδικά για τον ρευστό ενεργειακό τομέα. Η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας πάντως έχει προκαλέσει τις επικρίσεις του εγχώριου τύπου, ενώ σχετικά έχουν γραφεί και σε επιστημονικές δημοσιεύσεις<sup>238</sup>.

---

<sup>236</sup> M. Schneider, και A. Froggatt, *The World Nuclear Industry Status Report 2020*, Paris, 2020, σ. 109.

<sup>237</sup> Hurriyet Daily News, *Beloved Akkuyu, for the sake of what?*, διαθέσιμο στο <https://www.hurriyetdailynews.com/opinion/yalcin-dogan/beloved-akkuyu-for-the-sake-of-what-81055>

<sup>238</sup> P. Temocin, *Framing Opposition to Nuclear Power: The Case of Akkuyu in Southeast Turkey*, The Institute for Peace and Unification Studies, Seoul National University, *Asian Journal of Peacebuilding* Vol. 6 No. 2 (2018): 353-377

Ένας από τους στόχους της Τουρκίας που επιδίωκε να εκπληρώσει και μέσω της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, είναι και αυτός της ενεργειακής ασφάλειας. Η εισαγωγή μιας νέας πηγής στο ενεργειακό καλάθι της χώρας με την κατασκευή του Άκουγιου, είναι κάτι σίγουρα προσφέρει σε αυτό τον τομέα. Δεν προσφέρει όπως όσα πιθανόν θα μπορούσε, αν το εργοστάσιο κατασκευαζόταν για παράδειγμα από μία Ιαπωνική ή Κινεζική εταιρεία. Η λειτουργία και πολύ περισσότερο η ιδιοκτησία του πυρηνικού εργοστασίου από την ρωσική ROSATOM, κάνει το Ακκουγιού να μην είναι παράγοντας διαφοροποίησης των χωρών από τις οποίες η Τουρκία εισάγει ενέργεια, καθώς όπως είδαμε, η Ρωσία είναι ήδη ίσως ο μεγαλύτερος προμηθευτής της Τουρκίας σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Το καθεστώς με το οποίο θα λειτουργεί το εργοστάσιο το Άκουγιου λειτουργεί προς την αντίθετη κατεύθυνση καθώς, δεσμεύει ενεργειακά την Τουρκία έναντι στην Ρωσία για πολλές δεκαετίες.

Θα πρέπει να εδώ να αναφερθεί επίσης ότι το Άκουγιου θα προσθέτει στο ισοζύγιο της χώρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με 35 Twh, όταν η συνολική παραγωγή και η αντίστοιχη κατανάλωση του 2020, ήταν 290 Twh<sup>239</sup>. Σκοπός της Τουρκικής κυβέρνησης είναι το Άκουγιου να καλύπτει το 2030, ποσοστό 10% περίπου της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ένας τομέας που το εργοστάσιο του Άκουγιου θα μπορούσε να έχει θετική επίδραση, είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι αν δεν κατασκευαζόταν αυτό, η αντίστοιχη παραγωγή θα γινόταν με ορυκτά καύσιμα. Είδαμε όμως, ότι το πρόγραμμα της τουρκικής κυβέρνησης «Όραμα 2023», περιλαμβάνει τον σχεδόν διπλασιασμό της ηλεκτρικής παραγωγής από καύση άνθρακα. Μια άλλη σημαντική επίπτωση που ενδεχομένως να έχει το εργοστάσιο στο περιβάλλον και κατά συνέπεια στην υγεία των πολιτών είναι τα ραδιενεργά απόβλητα. Όπως είδαμε θα δημιουργηθεί χώρος αποθήκευσης για αυτά, στην έδρα του εργοστασίου, συμπεριλαμβανομένων και των αποβλήτων υψηλής ραδιενέργειας. Η διαχείρισή τους θα έχει καθοριστικό ρόλο, στο αποτύπωμα που αυτά θα έχουν στο περιβάλλον. Αν οι διαχειριστές του έργου, δεν λάβουν όλα τα

---

<sup>239</sup> Hurriyet Daily News, *Beloved Akkuyu, for the sake of what?*, διαθέσιμο στο <https://www.hurriyetaidailynews.com/opinion/yalcin-dogan/beloved-akkuyu-for-the-sake-of-what-81055>

απαραίτητα μέτρα προφύλαξης και προστασίας, τα πυρηνικά απόβλητα, για όσο καιρό αυτά βρίσκονται στο χώρο του εργοστασίου αποτελούν μια απειλή για την περιοχή.

Μία σωρεία πιθανών επιπτώσεων από την λειτουργία του πυρηνικού εργοστασίου του Ακκουγιού, συνδέεται με την περίπτωση πυρηνικού ατυχήματος. Είδαμε στην ανάλυσή μας, ότι ένα πυρηνικό ατύχημα, έχει μικρές πιθανότητες να συμβεί. Παρά την πρόοδο της πυρηνικής τεχνολογίας που έχει επιτευχθεί από την εποχή του Chernobyl, ένα τέτοιο ατύχημα, όπως απέδειξε η Fukushima το 2012, δεν μπορεί να αποκλειστεί. Ακόμη και αν η τεχνολογία ήταν τέλεια, το ανθρώπινο λάθος πάντα θα είναι ένας αστάθμιστος παράγοντας. Ο κίνδυνος, μεγαλώνει για την κοινωνία, όταν караδοκεί και η απειλή της τρομοκρατίας, ιδίως για μια χώρα σαν την Τουρκία, η οποία σε σχετικές μελέτες συγκαταλέγεται στις είκοσι πρώτες χώρες, σε τρομοκρατικές επιθέσεις<sup>240</sup>.

Μια μικρή μερίδα της κοινωνίας θα επωφεληθεί από την κατασκευή και λειτουργία του Ακκουγιού, καθώς θα δημιουργηθούν θέσεις εργασίας στο ίδιο το εργοστάσιο και σε επιχειρηματικές δραστηριότητες που θα προκύψουν γύρω από αυτό. Εκτιμάται όμως ότι η μερίδα αυτή είναι ελάχιστη μπροστά στο μέγεθος της χώρας. Οι αντιδράσεις που έχουν ως τώρα εκφραστεί, πιθανόν να κορυφωθούν μέχρι λίγο μετά την έναρξη λειτουργίας του πρώτου αντιδραστήρα. Μπορεί αυτές κάποια στιγμή να σταματήσουν να εκδηλώνονται τουλάχιστον στην ένταση που έχουν εκδηλωθεί μέχρι σήμερα, αλλά αυτό που δεν θα σταματήσει είναι η ανησυχία τουλάχιστον ενός τμήματος της κοινωνίας, για την πιθανότητα ενός ατυχήματος.

Στο γεωπολιτικό επίπεδο, το Άκουγιου θα έχει πιθανόν σημαντικές επιπτώσεις. Ο Telli υποστηρίζει ότι το εργοστάσιο του Άκουγιου θα καταστήσει την Ρωσία ακόμη πιο δυνατή στην μεταξύ των δύο κρατών σχέση αλληλεξάρτησης και ότι αυτό δημιουργεί σημαντικούς γεωπολιτικούς και γεω-οικονομικούς κινδύνους<sup>241</sup>. Η ενεργειακή εξάρτηση της Τουρκίας από την Ρωσία, που ενισχύεται από την

---

<sup>240</sup> Institute for Economics & Peace, *Global Terrorism Index 2020: Measuring the Impact of Terrorism*, Sydney, 2020, διαθέσιμο στο: <http://visionofhumanity.org/reports>

<sup>241</sup> A. Telli, *Akkuyu Nuclear Power Plant from the Perspective of Energy Security: A Solution or a Deadlock?*, Caucasus International. 6. 151-166, 2016, σ. 151.



ύπαρξη μιας ρωσικής ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας που θα παράγει το 10% της ενέργειας που καταναλώνει η χώρα, κατ

Από την άλλη οι Bacik, και Salur, θεωρούν ότι η λειτουργία του Άκουγιου και η συνεργασία αυτή της Τουρκίας με τη Ρωσία, θα απομακρύνει την Τουρκία από την Αμερική<sup>242</sup>. Η απόφαση κατασκευής του ήταν άλλωστε, ένα ακόμη σημείο τριβής μεταξύ Τουρκίας από την μία και Ελλάδος και Κύπρου, από την άλλη. Οι δύο χώρες, που γειτονεύουν με την Τουρκία είναι οι πρώτες που θα πρέπει να ανησυχούν για το ενδεχόμενο ενός πυρηνικού ατυχήματος ή ενός σεισμού. Ελλάδα και Κύπρος, έχουν και άλλους όμως λόγους να ανησυχούν. Η πιθανή αναζήτηση της Τουρκίας, μέσω αρχικά της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής, ευκαιρίας ανάπτυξης στρατιωτικών πυρηνικών δυνατοτήτων, προκαλεί μια δικαιολογημένη ανησυχία. Και πάλι θα πρέπει εδώ να ειπωθεί, ότι η διακρατική συμφωνία μεταξύ Ρωσίας και Τουρκίας για την κατασκευή και λειτουργία του Άκουγιου, δεν δίνει πολλά περιθώρια στην Τουρκία. Η ιδιοκτησία του εργοστασίου από τη ρωσική πλευρά συνεπάγεται, όπως έχει ξεκαθαρισθεί και στην ίδια την συμφωνία, και την ιδιοκτησία του πυρηνικού καυσίμου, στην όποια μορφή του. Έτσι, το Άκουγιου δεν δίνει στην Τουρκία, πρόσβαση σε πυρηνικό υλικό. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Mehmetcik, αν η Τουρκία έχει σκοπό την ανάπτυξη πυρηνικών όπλων, θα πρέπει να πετάξει την Ρωσία έξω από το Άκουγιου<sup>243</sup>. Τέλος, το ότι η παροχή πυρηνικού καυσίμου είναι ευθύνη της ρωσικής ROSATOM, δεν επιτρέπει στην Τουρκία, να χτίσει, προς την διεθνή κοινότητα, το αφήγημα της ανάγκης απόκτησης δυνατοτήτων εμπλουτισμού ουρανίου.

Καταλήγοντας στο θέμα της εν δυνάμει στρατιωτικής πυρηνικοποίησης της Τουρκίας, κάνοντας χρήση της ευκαιρίας που της δίνεται από την λειτουργία του Άκουγιου, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι, η οποιαδήποτε τριβή των επιστημόνων της Τουρκίας με την πυρηνική ενέργεια, φέρνει την χώρα ένα βήμα πιο κοντά στην απόκτηση πυρηνικών όπλων. Το βήμα αυτό όμως, είναι πολύ μικρό σε έναν

---

<sup>242</sup> G. Bacik, και S. Salur, "Turkey's Nuclear Agenda: Domestic and Regional Implications", *Uluslararası İlişkiler*, Volume 6, No 24, p. 99-116, 2010.

<sup>243</sup> H. Mehmetcik, *Nuclear Latency: The Turkish Case*, *Asian Journal of Peacebuilding*, 6, no. 2: 247-265, 2018, σ. 260.

μαραθώνιο που θα πρέπει να διανύσει για την ανάπτυξη αξιόπιστων τέτοιων δυνατοτήτων. Θα διαφωνήσουμε λοιπόν με τον Eldridge, ο οποίος ήδη από το 2011, υποστήριζε ότι η Τουρκία, σε επίπεδο τεχνικών δυνατοτήτων, μπορεί να αποκτήσει πυρηνικά όπλα σε διάστημα από δύο μέχρι έντεκα χρόνια, ενώ σε περίπτωση που έχει την υποστήριξη του Πακιστάν, μιας χώρας κατόχου πυρηνικών όπλων και της σχετικής τεχνογνωσίας, σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα<sup>244</sup>

---

<sup>244</sup> W. G. Eldridge, *The Credibility of America's Extended Nuclear Deterrent: The Case of the Republic of Turkey*, Maxwell Air Force Base, Alabama: Air Force Research Institute, 2011.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η Τουρκία είναι μια χώρα που μεγαλώνει και αλλάζει. Αλλάζει όμως ταυτόχρονα και ο κόσμος γύρω της. Οι στόχοι που έχει θέσει για το μέλλον της είναι ιδιαίτερα φιλόδοξοι, αλλά σημαντικές είναι και οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει. Με μια ταχεία πληθυσμιακή αύξηση και με μια εδραιωμένη βιομηχανική παραγωγή, χρειάζεται να λύσει ένα πρόβλημα που ταλανίζει λιγότερο ή περισσότερο όλες τις χώρες, αυτό της ενεργειακής ασφάλειας. Διαχρονική επιλογή και επιδίωξη της χώρας είναι η είσοδος της στην πυρηνική ηλεκτροπαραγωγή.

Διέξοδο σε αυτήν την αναζήτηση της έδωσε η Ρωσία με τη συμφωνία κατασκευής του εργοστασίου του Ακκουγιού. Με την συμφωνία αυτή, η Τουρκία δεν κατάφερε να ικανοποιήσει όλες τις επιδιώξεις της, παρά ταύτα θεωρείται ευρέως μια συμφέρουσα συμφωνία. Η συμφωνία αυτή όμως και όσα αυτή προέβλεπε για το μέλλον, έφερε διαμαρτυρίες στο εσωτερικό και εξωτερικό της χώρας. Πολίτες και γειτονικές χώρες ανησυχούν για ενδεχόμενη καταστροφή, ανάλογη ή και μεγαλύτερη από κάποια από αυτές που έχουν συμβεί στο παρελθόν. Οι χώρες ίσως έχουν να ανησυχούν περισσότερο, καθώς αυτή πολλαπλασιάζεται από την έλλειψη εμπιστοσύνης που έχουν απέναντι στην Τουρκία, αλλά και από την ίδια την ρητορική των ηγετών της.

Το εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής του Ακκουγιού, εισάγει την Τουρκία στον τομέα της ειρηνικής χρήσης της πυρηνικής ενέργειας, αποτελώντας έτσι μια πραγματικότητα η οποία δημιουργεί ευκαιρίες και προκλήσεις για την χώρα. Οι ευκαιρίες αλλά και οι προκλήσεις, όπως αναλυτικά τις είδαμε μιλώντας για την πυρηνική ενέργεια στα προηγούμενα κεφάλαια, συνδέονται με την φύση της πυρηνικής τεχνολογίας. Από την μία η ένταξη σε μια αγορά, που σε ορισμένα τμήματά της, όπως στην επεξεργασία καυσίμου και στον εμπλουτισμό ουρανίου, δραστηριοποιούνται λίγες χώρες, ενώ από την άλλη οι κίνδυνοι που δημιουργούν η ύπαρξη μιας τέτοιας εγκατάστασης στη χώρα αλλά και η διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων, είναι παράμετροι που ακολουθούν την κατασκευή και λειτουργία του Ακκουγιού. Επίσης, δεν θα μπορούσαμε να μην αναφερθούμε, τα οφέλη που προκύπτουν, από την δυνατότητα που παρέχει η τεχνολογία της πυρηνικής

ηλεκτροπαραγωγής για απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και κατ' επέκταση για την ελάφρυνση που περιβάλλοντος από τα παραγόμενα καυσαέρια.

Η κατασκευή του πυρηνικού εργοστασίου του Ακκουγιού, σηματοδοτεί μια μετάβαση για την Τουρκία. Μια μετάβαση που όμως δεν προδιαγράφει την μετέπειτα πορεία της. Το πώς η Τουρκία θα διαχειριστεί την λειτουργία του εργοστασίου, το πώς θα εκμεταλλευτεί όση από την τεχνολογική και επιστημονική γνώση θα λάβει από την κατασκευή και την λειτουργία της, πως επίσης θα εκμεταλλευτεί την όση πρόσβαση έχει σε πυρηνικό υλικό, είναι επιλογές που ίσως θα κρίνουν, όχι μόνο το μέλλον της Τουρκίας, αλλά της γειτονιάς της. Τα πρώτα δείγματα με μία, αναφερόμενη ως προγραμματισμένη, έκρηξη κατά την κατασκευή του εργοστασίου, που προκάλεσε φθορές και τραυματισμούς, αλλά και οι δηλώσεις προθέσεων των ηγετών της σχετικές με το δικαίωμα της χώρας στην κατοχή πυρηνικών όπλων, δεν μπορούν παρά να προκαλούν ανησυχία.

**ΛΕΞΕΙΣ: 23.643**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κουσκουβέλης, Η. Ι., *Θεωρία διεθνών σχέσεων: Αποτροπή και πυρηνική στρατηγική στον ψυχρό πόλεμο*. Αθήνα: Ποιότητα, 2007.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Έκθεση Της Επιτροπής Προς Το Συμβούλιο Και Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο COM(2017) 236, Βρυξέλλες, 15.5.2017. Διαθέσιμο στο <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2017:0236:FIN:EL:PDF> τελευταία πρόσβαση 13 Νοεμβρίου 2021.

Arcuri, A., *The Rise of a New Superpower Turkey's Key Role in the World Economy and Energy Market*, Heidelberg: Springer International Publishing, 2013.

AKKUYU NÜKLEER A.Ş. Economic Effect διαθέσιμο στο [www.akkuyu.com/economic-effect](http://www.akkuyu.com/economic-effect) τελευταία πρόσβαση 26 Δεκεμβρίου 2021.

AKKUYU NÜKLEER A.Ş. PROJECT HISTORY διαθέσιμο στο [www.akkuyu.com/project-history](http://www.akkuyu.com/project-history) τελευταία πρόσβαση 05 Δεκεμβρίου 2021.

AKKUYU NÜKLEER A.Ş. TECHNOLOGY AND SAFETY διαθέσιμο στο [www.akkuyu.com/technology-and-safety](http://www.akkuyu.com/technology-and-safety) τελευταία πρόσβαση 04 Δεκεμβρίου 2021.

Alpern, P. B., *U.S. Cedes Capability for Largest Nuclear Forgings*, Forgingmagazine.com, 16 Ιουνίου 2009. Διαθέσιμο στο <https://www.forgingmagazine.com/issues-and-ideas/article/21921859/us-cedes-capability-for-largest-nuclear-forgings> τελευταία πρόσβαση 11 Νοεμβρίου 2021.

Asimov, I., *Πως Βρήκαμε την Πυρηνική Ενέργεια*, Αθήνα: Πανεπιστημιακός Τύπος, 1982.

Aydın, C. İ., *Nuclear Energy In Turkey: Past, Present, And Future*. Yeditepe University. Department of Economics, Notes on Economy, No:2018-03.

Bal, J., *Turkey's Pursuit Of Nuclear Energy:A Case Study Of The Akkuyu Nuclear Power Plant*, The George Washington University, The Institute For Middle East Studies, Imes Capstone Paper Series, 2015.

Bacık, G. και S. Salur, "Turkey's Nuclear Agenda: Domestic and Regional Implications", *Uluslararası İlişkiler*, Volume 6, No 24, p. 99-116, 2010.

Basu, D. και V. W. Miroshnik. *The Political Economy of Nuclear Energy: Prospects and Retrospect*. Cham: Springer International Publishing, 2019.

Cadenas, G. J. J., *The Nuclear Environmentalist Is There a Green Road to Nuclear Energy?* Milano: Springer Milan, 2012.

Canan-Sokullu, E., *Transformation of Foreign Policy in the AKP Era: Realpolitik Codes versus Instrumental*, στο *Soft-Power Turkey in Transition: Politics, Society and Foreign Policy*, (επιμ.) E. Canan-Sokullu. Berlin: Peter Lang GmbH, 2020.

Carpintero-Santamarsia N., *Nuclear Energy and Social Impact*, στο *Nuclear Power and Energy Security*, (επιμ.) Samuel A. Apikyan και David J. Diamond, Dordrecht: Springer, 2010.

Cole, B., *The Changing Face of Terrorism: How Real Is the Threat from Biological, Chemical and Nuclear Weapons?* Νέα Υόρκη: I.B.Tauris & Co Ltd. 2011.

Collum, B., *Nuclear Facilities: A Designer's Guide*, Woodhead Publishing, 2017.

De Blasio, N. και R. Nephew, *The Geopolitics Of Nuclear Power And Technology*, Columbia SIPA, Center On Global Energy Policy, 2017. Διαθέσιμο στο <https://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/The%20Geopolitics%20of%20Nuclear%20Power%20and%20Technology%20033017.pdf> τελευταία πρόσβαση 22 Νοεμβρίου 2021.

De Sanctis, E., S. Monti και M. Ripani, *Energy from Nuclear Fission: An Introduction*, Springer, 2016.

Eldridge, W. G., *The Credibility of America's Extended Nuclear Deterrent: The Case of the Republic of Turkey*, Maxwell Air Force Base, Alabama: Air Force Research Institute, 2011.

Findlay, T., *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation*, Part 1, Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010.

Findlay, Trevor. *The Future of Nuclear Energy to 2030 and Its Implications for Safety, Security and Nonproliferation. Part 4*. Waterloo, Ont: Centre for International Governance Innovation, 2010.

Fleming, R. J., *The Rise and Fall of the Carbon Dioxide Theory of Climate Change*. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2020.

Futter, A., *The Politics of Nuclear Weapons*, Cham:Palgrave Macmillan, 2021.

Gamboa Palacios, S. και J. Jansen, *Nuclear energy economics: An update to Fact Finding Nuclear Energy*, Amsterdam:TNO, 2018.

Gellings, W., *Exploring the Value of Electricity*, Gistrup: River Publishers, 2020.

Goren, N., *Nuclear Energy Developments, Climate Change and Security in Turkey*, The Council on Strategic Risks, BRIEFER No. 7 April 27, 2020

Haas, R., L.Mez, και A. Ajanovic, *Introduction: Why Discuss Nuclear Power Today?*, στο *The Technological and Economic Future of Nuclear Power* (επιμ.) R. Haas, L. Mez, και A.Ajanovic, Fachmedien Wiesbaden: Springer, 2019.

Hogselius, P., *Energy and geopolitics*, London: Routledge, 2019.

Hore-Lacy, I., *Nuclear Energy in the 21st Century*, London: World Nuclear University Press, 2011.

Hurriyet Daily News, *Controlled blast at Akkuyu nuclear plant site creates political stir* 21 Ιανουαρίου 2021, διαθέσιμο στο <https://www.hurriyetaidailynews.com/controlled-blast-at-akkuyu-nuclear-plant-site-creates-political-stir-161810> τελευταία πρόσβαση 03 Δεκεμβρίου 2021.

Hurriyet Daily News, *Beloved Akkuyu, for the sake of what?*, διαθέσιμο στο <https://www.hurriyetaidailynews.com/opinion/yalcin-dogan/beloved-akkuyu-for-the-sake-of-what-81055> τελευταία πρόσβαση 07 Δεκεμβρίου 2021.

International Energy Agency (IEA), *Turkey 2021 Energy Policy Review*, Paris, 2021. Διαθέσιμο στο <https://www.iea.org/reports/turkey-2021> τελευταία πρόσβαση 26 Νοεμβρίου 2021.

IEA, *Electricity Information: Overview*, Paris: IEA, 2021. Διαθέσιμο στο <https://www.iea.org/reports/electricity-information-overview> τελευταία πρόσβαση 11 Νοεμβρίου 2021.

Institute for Economics & Peace, *Global Terrorism Index 2020: Measuring the Impact of Terrorism*, Sydney, 2020, διαθέσιμο στο: <http://visionofhumanity.org/reports> τελευταία πρόσβαση 04 Δεκεμβρίου 2021.

International Atomic Energy Agency (IAEA), *Nuclear Power Reactors In The World: 2021 Edition*. [S.l.]: IAEA, 2021.

International Atomic Energy Agency (IAEA), *Safeguards Glossary 2001 Edition*, INTERNATIONAL NUCLEAR VERIFICATION SERIES No. 3, Vienna: IAEA, 2002. Διαθέσιμο στο [https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea\\_safeguards\\_glossary.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea_safeguards_glossary.pdf) τελευταία πρόσβαση 22 Νοεμβρίου 2021.

International Energy Agency (IEA), *Energy Supply Security: Emergency Response of IEA Countries 2014*, Paris: International Energy Agency, 2014.

Karatayev, M., G. Movkebayeva και Z. Bimagambetova. *Increasing Utilisation of Renewable Energy Sources: Comparative Analysis of Scenarios Until 2050*, στο Energy Security: Policy Challenges and Solutions for Resource Efficiency, (επιμ.) N. Mouraviev, και A. Koulouri, Cham: Palgrave Macmillan, 2019.

Kibaroglu, M., *Turkey and the European Union Relations in Transition: Challenges and Future Prospects*, Proliferation Papers 49, Paris: IFRI Security Studies Center, 2014.

Kruyt, B., D. P. van Vuuren, H. J. de Vries, και H. Groenenberg, *Indicators for energy security*. Energy Policy, 37(6), 2166–2181, 2009.

Kutun, M., *Making the new-neoliberal state in Turkey: Beyond the prevailing master narrative Regime*, στο Change in Turkey: Neoliberal Authoritarianism, Islamism and Hegemony, (επιμ.) B. Errol, M. Kutun, E. Pinar, και Z. Yilmaz, New York: Routledge, 2021.

Macdonald, R., *More than We Need: Projected World Uranium Enrichment Capacity*, Occasional Paper 2106., Nonproliferation Policy Education Center, 2021.

Massachusetts Institute of Technology (MIT), *The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Department of Nuclear Science and Engineering, 2020.

McCaffrey, D. P., *The Politics of Nuclear Power: A History of the Shoreham Nuclear Power Plant*, Dordrecht: Springer Netherlands, 1991.

Mehmetcik, H., *Nuclear Latency: The Turkish Case*, Asian Journal of Peacebuilding, 6, no. 2: 247-265, 2018.

Mouraviev, N. και A. Koulouri. *Energy Security Through the Lens of Renewable Energy Sources and Resource Efficiency* στο Energy Security: Policy Challenges and Solutions for Resource Efficiency, (επιμ.) N. Mouraviev, και A. Koulouri, Palgrave Macmillan. Cham, Switzerland, 2019.

- Mouraviev, N. και A. Koulouri. *Introduction: Towards a Novel Conceptualisation of Energy Security* στο *Energy Security: Policy Challenges and Solutions for Resource Efficiency*, (επιμ.) N. Mouraviev, και A. Koulouri, Palgrave Macmillan. Cham, Switzerland, 2019.
- Murray, R. L. και K. E. Holbert, *Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes*, Butterworth-Heinemann, 2020.
- Nakano, J., *The Changing Geopolitics of Nuclear Energy: A Look at the United States, Russia, and China*, Washington, D.C.:Center for Strategic & International Studies, 2020.
- Nuclear Energy Agency (NEA), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*. Paris: Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, 2007.
- Nuclear Energy Agency (NEA), *Society and Nuclear Energy: Towards a Better Understanding*. OECD Pub, 2002. σ. 26. Διαθέσιμο στο [https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_29542/society-and-nuclear-energy-towards-a-better-understanding](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_29542/society-and-nuclear-energy-towards-a-better-understanding) τελευταία πρόσβαση 12 Νοεμβρίου 2021.
- Nuclear Energy Institute (NEI), *Nuclear Energy's Economic Benefits — Current and Future*, White Paper, Washington DC:NEI, 2012.
- OECD Staff, *Nuclear New Build: Insights into Financing and Project Management*, Paris: Organization for Economic Cooperation & Development, 2015.
- OECD Nuclear Energy Agency (NEA), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*, Paris: Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2007.
- Oner, S., *Turkey and the European Union Relations in Transition: Challenges and Future Prospects*, στο *Soft-Power Turkey in Transition: Politics, Society and Foreign Policy*, (επιμ.) E. Canan-Sokullu, Berlin: Peter Lang GmbH, 2020.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) και Nuclear Energy Agency (NEA), *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*, 2021.
- Pomper, M. A. και G. Tarini, *Nuclear terrorism – Threat or not?* AIP Conference Proceedings 1898, 050001 (2017); <https://doi.org/10.1063/1.5009230> Published Online: 15 November 2017.
- Reins, L. και G.Van Calster. *Introduction –The Paris Agreement on Climate Change* στο *The Paris Agreement on Climate Change: A Commentary* (επιμ.) L.Reins and G.Van Calster, Cheltenham:Edward Elgar Publishing, 2021.
- Rosatom Overseas JSC, *The VVER Today: Evolution, Design, Safety* διαθέσιμο στο <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/0be/0be1220af25741375138ecd1afb18743.pdf> τελευταία πρόσβαση 28 Νοεμβρίου 2021.
- Schneider, M. και A. Froggatt, *The World Nuclear Industry Status Report 2020*, Paris, 2020.
- Smith, K. L. και R. Gieré, *Why Some Nations Choose Nuclear Power*, Kleinman Center for Energy Policy, University of Pennsylvania, 2017.
- Sornette, D., W. Kröger, και S. Wheatley, *New Ways and Needs for Exploiting Nuclear Energy*, Springer EBooks, 2019.
- Telli,A., *Akkuyu Nuclear Power Plant from the Perspective of Energy Security: A Solution or a Deadlock?*, Caucasus International. 6. 151-166, 2016.



- Temocin, P., *Framing Opposition to Nuclear Power: The Case of Akkuyu in Southeast Turkey*, The Institute for Peace and Unification Studies, Seoul National University, *Asian Journal of Peacebuilding* Vol. 6 No. 2 (2018): 353-377
- Thurston, G. D. και Michelle L. Bell *The Human Health Co-benefits of Air Quality Improvements Associated with Climate Change Mitigation* επιμ. Pinkerton, Kent Ed, and William N. Rom. Climate Change and Global Public Health. 2021.
- Turkish Atomic Energy Authority, European “Stress Tests” For Nuclear Power Plants: National Report Of Turkey Revision 2, 2018.
- Ulgen, S., *Turkey and the Bomb*, Washington, D.C.: Carnegie Endowment for International Peace, 2012.
- Ulgen, S., Preventing the Proliferation of Weapons of Mass Destruction What Role for Turkey?, Discussion Paper Series -2010/2 Centre for Economics and Foreign Policy Studies, n.d., 2010.
- Unal, G., *Turkey’s Anomalies In The International Nuclear Nonproliferation Regime*, Master’s Thesis, Hacettepe University, School Of Social Sciences, Department of International Relations, Ankara, 2019.
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *The Role of Nuclear Energy in Sustainable Development - Entry Pathways*. Draft, UNECE, 2020.
- U.S. Dept. of Energy, *The First Reactor*, Washington, D.C.: U.S. Dept. of Energy, 1982.
- Vance, R., *Uranium resources στο Uranium for Nuclear Power Resources, Mining and Transformation to Fuel*, I. Hore-Lacy (επιμ.), Duxford, UK: Woodhead Publishing, 2016.
- Von Hippel, F., *Overview: The Rise and Fall of Plutonium Breeder Reactors στο Fast Breeder Reactor Programs: History and Status*, Research Report 8, International Panel on Fissile Materials, 2010.
- Wealer, B., S. Bauer, L. Göke, C. von Hirschhausen και C. Kemfert. *High-priced and dangerous: nuclear power is not an option for the climate-friendly energy mix*, Berlin:DIW Berlin, 2019.
- World Nuclear News, *Akkuyu construction to be completed by 2026, says project CE*. 10 Φεβρουαρίου 2021, διαθέσιμο στο <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Akkuyu-fully-operational-by-2026,-says-project> τελευταία πρόσβαση 14 Νοεμβρίου 2021.
- Yazicioglu, E., *A Look Upon Turkey’s Future Nuclear Weapons Policy*. Paris: Institut De Relations Internationales Et Stratégiques (IRIS), 2019, διαθέσιμο στο <https://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2019/10/Observatoire-Turquie-Turkey-Nuclear-Weapons-Policy-Sept-2019.pdf> τελευταία πρόσβαση 04 Δεκεμβρίου 2021.
- Zohuri, B. και P.J. McDaniel, *Introduction to Energy Essentials: Insight into Nuclear, Renewable, and Non-Renewable Energies*, London: Elsevier Academic Press, 2021.