

Το Μέλλον της Βιομηχανίας Πυρηνικής Ενέργειας.

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών :
Ενέργεια: Στρατηγική, Δίκαιο και Οικονομία

Νίκος Ζαρίφης

Ο κάτωθι υπογραφόμενος, Νικόλαος Ζαρίφης του Αντωνίου, βεβαιώνω ότι το έργο που εκπονήθηκε και παρουσιάζεται στην υποβαλλόμενη διπλωματική εργασία είναι αποκλειστικά ατομικό δικό μου. Όποιες πληροφορίες και υλικό που περιέχονται και έχουν αντληθεί από άλλες πηγές, έχουν καταλλήλως αναφερθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επιπλέον, τελώ εν γνώσει ότι σε περίπτωση διαπίστωσης ότι δεν συντρέχουν όσα βεβαιώνονται από μέρους μου, μου αφαιρείται ανά πάσα στιγμή αμέσως ο τίτλος.

Ημερομηνία 22/6/2019

Νικόλαος Α. Ζαρίφης

Πίνακας Περιεχομένων

1. Σύνοψη

2. Εισαγωγή

2.1 Σχετικά με την πυρηνική ενέργεια

2.2 Οι Παγκόσμιες ανάγκες σε ηλεκτρισμό και η συμβολή της Πυρηνικής Ενέργειας.

2.3 Κόστος Παραγωγής

2.4 Τα οικονομικά των Πυρηνικών Εργοστασίων

2.5 Πυρηνική Ασφάλεια και Διαδικασία Αδειοδότησης

3. Κύριο Μέρος

3.1 Η περίπτωση της Γαλλίας

- Γαλλική Ενεργειακή Πολιτική
- Areva & EDF
- Ανανέωση αδειών και αναβαθμίσεις
- Νέες Κατασκευές
- Παροπλισμός Αντιδραστήρων
- Εξαγωγές Πυρηνικής ενέργειας και τεχνολογίας

3.2 Η περίπτωση της Βραζιλίας

- Ιστορική Αναδρομή
- Διαμόρφωση ενεργειακής πολιτικής

3.3 Η περίπτωση των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων

3.4 Η περίπτωση της Ρωσίας

- Ιστορική Αναδρομή
- Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ρωσία
- Μετάβαση στους ταχυαντιδραστήρες
- Εξαγωγές ενέργειας και τεχνολογίας

3.5 Η περίπτωση της Κίνας

4. Επίλογος

5. Βιβλιογραφία

Σύνοψη

Το σύγχρονο διεθνές περιβάλλον βρίσκεται αναμφίβολα αντιμέτωπο με έναν μεγάλο αριθμό προκλήσεων, όπως η πολιτική αστάθεια, η διεθνής οικονομική κρίση και η συνεπακόλουθη επανεμφάνιση ακραίων πολιτικών απόψεων. Ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης είναι χωρίς αμφιβολία το περιβαλλοντικό ζήτημα και κατ' επέκταση το ενεργειακό. Η συμφωνία του Παρισιού, που υπογράφηκε στις 22 Απριλίου 2016 και κυρώθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση στις 5 Οκτωβρίου 2016, για την κλιματική αλλαγή και η προσπάθεια επίτευξης των υψηλών στόχων που έχουν τεθεί έχει εγείρει το ενεργειακό ζήτημα ως μείζονος σημασίας. Τα συμβεβλημένα κράτη καλούνται να πάρουν σημαντικές και ενδεχομένως δύσκολες αποφάσεις και να λάβουν τα αντίστοιχα μέτρα προκειμένου να επιτύχουν τους στόχους για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η σταδιακή απεξάρτηση από τις παραδοσιακές μορφές ενέργειας (πετρέλαιο, λιγνίτης κλπ.) φαντάζουν ως μονόδρομος. Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω υπόψη, με την παρούσα εργασία, θα επιχειρήσω να αναλύσω τον ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει η, κατά πολλούς, αμφιλεγόμενη Πυρηνική Ενέργεια στο εγχείρημα αυτό καθώς και την πορεία που θα ακολουθήσει η πυρηνική βιομηχανία σε αυτό το απαιτητικό διεθνές περιβάλλον που διαμορφώνεται.

Στην εισαγωγή θα καλύψω μερικά βασικά ενεργειακά ζητήματα, όπως οι παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες και οι προβλέψεις για το μέλλον. Στην συνέχεια, θα αναφερθώ συνοπτικά σε ζητήματα που άπτονται της πυρηνικής ενέργειας, όπως στις ευκαιρίες, τους κινδύνους καθώς και την παρούσα κατάσταση. Τέλος, θα γίνει μια μνεία στις μεγαλύτερες εταιρείες του κλάδου και στην δράση τους.

Στο κύριο μέρος της εργασίας, θα εξετάσω πέντε (5) case studies, και συγκεκριμένα τις περιπτώσεις της Βραζιλίας, της Κίνας, της Ρωσίας, της Γαλλίας και των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων. Έχω επιλέξει να εξετάσω τα πυρηνικά προγράμματα των συγκεκριμένων χωρών, καθώς η Βραζιλία και η Κίνα αποτελούν αναδυόμενες οικονομίες με τεράστιες προοπτικές, οι οποίες στρέφονται στην πυρηνική ενέργεια προκειμένου να καλύψουν τις εσωτερικές ενεργειακές τους ανάγκες. Η Γαλλία και η Ρωσία αποτελούν δύο χώρες, οι οποίες παραδοσιακά στηρίζονται στην πυρηνική ενέργεια προκειμένου να είναι ενεργειακά αυτάρκεις. Τέλος, θα εξετάσω την περίπτωση των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων, καθώς παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον το γεγονός ότι μια χώρα με τεράστια αποθέματα σε πετρέλαιο στρέφεται στην πυρηνική ενέργεια προκειμένου να καλύψει τις ενεργειακές τις ανάγκες, ή έστω μέρος αυτών.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τα ευρήματα των case studies, θα καταλήξω στα συμπεράσματα μου για τις προοπτικές της πυρηνικής ενέργειας καθώς και για το μέλλον της πυρηνικής βιομηχανίας.

Εισαγωγή

1: Σχετικά με την Πυρηνική Ενέργεια

Η πυρηνική ενέργεια εμφανίστηκε για πρώτη φορά κατά τα πρώτα στάδια του Ψυχρού Πολέμου. Συγκεκριμένα, η Σοβιετική Ένωση ήταν η πρώτη χώρα που παρήγαγε ηλεκτρισμό με βάση την πυρηνική ενέργεια το 1954. Στις 27 Ιουνίου 1954, ο πυρηνικός σταθμός του Όμπνινσκ ήταν ο πρώτος που συνδέθηκε με το δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΣΣΔ με δυνατότητα παραγωγής 5 Megawatt. Η απάντηση των Η.Π.Α ήρθε το 1957, όταν η πυρηνική μονάδα SM-1 στην Βιρτζίνια συνδέθηκε για πρώτη φορά με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας VEPCO. Το 1957 είχαμε επιπλέον την ίδρυση της EURATOM στην Ευρώπη, με σκοπό την δημιουργία ενός δικτύου παραγωγής και διανομής πυρηνικής ενέργειας μεταξύ των συμβεβλημένων κρατών, καθώς και της Διεθνούς Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΙΑΕΑ).

Το βασικό στοιχείο για την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας είναι το εμπλουτισμένο Ουράνιο και πιο συγκεκριμένα το ισότοπο 235. Ορυχεία εξόρυξης ουρανίου λειτουργούν αυτή την στιγμή σε είκοσι χώρες, με το 50% της παγκόσμιας παραγωγής να προέρχεται από μόλις δέκα ορυχεία σε έξι χώρες (Καναδάς, Αυστραλία, Νίγηρας, Καζακστάν, Ρωσία και Νάμπια). Ένας πυρηνικός αντιδραστήρας της τάξης των 1000 Megawatt καταναλώνει ετησίως περίπου 27 τόνους καθαρού πυρηνικού καυσίμου, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά λιγνιτικά εργοστάσια, τα οποία χρειάζονται περισσότερους από 2,5 εκατομμύρια τόνους καυσίμου προκειμένου να παράγουν ανάλογη ποσότητα ηλεκτρισμού. Αξίζει να αναφερθεί, ότι ελάχιστοι αντιδραστήρες δεν χρειάζονται εμπλουτισμένο Ουράνιο προκειμένου να λειτουργήσουν, με βασικότερο παράδειγμα τον Καναδικό CANDU.

Η διαδικασία εμπλουτισμού του Ουρανίου είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Αρχικά, το ισότοπο 235 του Ουρανίου πρέπει να αυξηθεί από το 0,7% που συναντάται κατά την εξόρυξη, σε ένα ποσοστό που κυμαίνεται από 3,5% έως 5%. Για να συμβεί αυτό, το Ουράνιο πρέπει να βρίσκεται σε αέρια μορφή. Έτσι, κατά την μεταφορά του από το ορυχείο, λαμβάνει χώρα μια διαδικασία που μετατρέπει το οξείδιο του Ουρανίου σε εξαφθοριούχο Ουράνιο. Προκειμένου να εμπλουτιστεί το εξαφθοριούχο Ουράνιο, ακολουθείται κατά κύριο λόγο η διαδικασία της φυγοκέντρισης, μέσα από χιλιάδες ταχέως περιστρεφόμενες σωλήνες. Επιπλέον, σε πιλοτικό στάδιο, έχει αρχίσει να εφαρμόζεται η διαδικασία του εμπλουτισμού μέσω ακτίνων laser, η οποία φαίνεται πολλά υποσχόμενη.

Μόλις ολοκληρωθεί ο εμπλουτισμός, το ουράνιο μεταφέρεται στα εργοστάσια παραγωγής καυσίμου. Εκεί, μετατρέπεται σε μια σκόνη διοξειδίου του ουρανίου, η

οποία συμπιέζεται προκειμένου να σχηματιστούν σωματίδια καυσίμου. Εν συνεχεία, τα σωματίδια αυτά συμπιέζονται και στοιβάζονται με σκοπό την δημιουργία μιας ενιαίας μάζας. Ανάλογα με τον τύπο του αντιδραστήρα, ποικίλει τόσο το μέγεθος όσο και η ποσότητα της μάζας που θα χρησιμοποιηθεί.

Όταν το καύσιμο οδηγηθεί στην μονάδα παραγωγής, ο πυρηνικός αντιδραστήρας παράγει και ελέγχει την ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τον διαχωρισμό των ατόμων του Ουρανίου. Μόλις ολοκληρωθεί η χρήση του καυσίμου, σε πρώτη φάση αποθηκεύεται στις εγκαταστάσεις της μονάδας παραγωγής. Σε αυτό το στάδιο, εξειδικευμένες εταιρείες που διαθέτουν την αντίστοιχη τεχνολογική-μηχανολογική βάση αναλαμβάνουν την διαχείριση, την διάθεση και την πιθανή εκ νέου επεξεργασία των πυρηνικών αποβλήτων.

Η κατασκευή ενός πυρηνικού εργοστασίου απαιτεί τεράστιες κεφαλαιακές επενδύσεις, με αποτέλεσμα στην διαδικασία να εμπλέκεται και ο χρηματοπιστωτικός κλάδος. Επιπλέον, εξίσου σημαντικό ζήτημα είναι αυτό της ασφάλισης των εγκαταστάσεων. Τα έσοδα του κλάδου προέρχονται από την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα πυρηνικά εργοστάσια.

Η πυρηνική βιομηχανία, όπως συμβαίνει και με τις υπόλοιπες βιομηχανίες που συμμετέχουν στην παραγωγή ενέργειας, υπάγεται σε Ρυθμιστικό Καθεστώς, το οποίο διαμορφώνεται από την εκάστοτε Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. Εξίσου σημαντικός είναι ο ρόλος που διαδραματίζει η ΙΑΕΑ, η οποία είναι αρμόδια για την εφαρμογή των διεθνών συμφωνιών και πιο συγκεκριμένα για την εφαρμογή της συμφωνίας περί της μη διασποράς της πυρηνικής ενέργειας, στόχος της οποίας είναι η διεθνής συνεργασία για την ειρηνική εφαρμογή της πυρηνικής ενέργειας.

Η πυρηνική ενέργεια συμβάλλει σε ποσοστό 11% στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, πυρηνικοί αντιδραστήρες λειτουργούν σε 31 χώρες, ενώ από την δεκαετία του 1950 μέχρι και τις μέρες μας έχουν λειτουργήσει ανά τον κόσμο 440 αντιδραστήρες.

2: Οι Παγκόσμιες ανάγκες σε ηλεκτρισμό και η συμβολή της Πυρηνικής Ενέργειας.

Οι ανάγκες σε ηλεκτρισμό αναμένεται να αυξηθούν κατακόρυφα στο άμεσο μέλλον. Το 2013 η παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρισμού ανήλθε σύμφωνα με τις εκτιμήσεις σε 157,481 TWh. Μέχρι το 2035, οι εκτιμήσεις αναφέρουν ότι ο αριθμός αυτός θα έχει αυξηθεί κατά 65%. Η πυρηνική ενέργεια συνδράμει σε ποσοστό 11% στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σε ποσοστό 21% στις χώρες του ΟΟΣΑ. Ωστόσο, όλες οι πλευρές υποδεικνύουν μια αύξηση του μεριδίου συμμετοχής της πυρηνικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρισμού.

Το γεγονός αυτό οφείλεται σε μια σειρά παραγόντων. Αρχικά, πρέπει να ληφθεί υπόψη το περιβαλλοντικό ζήτημα και η μόλυνση του περιβάλλοντος, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας προέρχεται από βιομηχανική δραστηριότητα. Επιπλέον, η πυρηνική ενέργεια είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστική απέναντι στις άλλες μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εκτός βέβαια από τις περιπτώσεις που υπάρχει άμεση πρόσβαση σε φθηνά ορυκτά καύσιμα. Τα έξοδα καυσίμων για τα πυρηνικά εργοστάσια αποτελούν μόλις ένα μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους παραγωγής. Η πυρηνική ενέργεια αποτελεί μια οικονομική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, που συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της ασφάλειας, της αξιοπιστίας και των εξαιρετικά χαμηλών ποσοστών εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα. Οι υπάρχουσες μονάδες παραγωγής λειτουργούν αποτελεσματικά, ενώ διατηρούν και ένα υψηλό ποσοστό προβλεψιμότητας στην παραγόμενη ποσότητα ενέργειας. Το κόστος λειτουργίας αυτών των μονάδων είναι χαμηλότερο σχεδόν από όλους τους ανταγωνιστές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με βάση το κάρβουνο, με ένα ιδιαίτερα χαμηλό ρίσκο πληθωριστικών τάσεων στο κόστος παραγωγής. Οι σημερινές μονάδες έχουν προσδόκιμο ζωής τα 60 χρόνια, ωστόσο, οι διαδικασίες συντήρησης και ανακαίνισης των αντιδραστήρων μπορεί να αυξήσει το προσδόκιμο αυτό. Το κυριότερο οικονομικό ρίσκο αναφορικά με τα υπάρχοντα εργοστάσια έγκειται στις επιπτώσεις από την επιδοτούμενη ανανεώσιμη ενέργεια, σε συνδυασμό με το εξαιρετικά χαμηλό κόστος παραγωγής της.

Τα πυρηνικά εργοστάσια είναι ιδιαίτερα ακριβά στην κατασκευή τους, αλλά οικονομικά στην λειτουργία τους. Σε πολλές περιοχές, η πυρηνική ενέργεια ανταγωνίζεται τα ορυκτά καύσιμα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην περίπτωση που λάβουμε υπόψη τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά κόστη των ορυκτών καυσίμων, η ανταγωνιστικότητα της πυρηνικής ενέργειας αυξάνεται ακόμα περισσότερο. Η κατασκευή πυρηνικών εργοστασίων ανά τον κόσμο αποτελούν τυπικό παράδειγμα μεγάλων κατασκευαστικών project, των οποίων τόσο το κόστος παραγωγής όσο και οι δυσκολίες διεκπεραίωσης υποεκτιμούνται. Η εκτίμηση του σχετικού κόστους για νέες μονάδες παραγωγής που χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες αποτελεί ένα περίπλοκο ζήτημα και τα αποτελέσματα που προκύπτουν εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την εκάστοτε τοποθεσία. Το κάρβουνο

εξακολουθεί να παραμένει ελκυστικό σε χώρες όπως η Κίνα, οι Η.Π.Α και η Αυστραλία, υπό την προϋπόθεση ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα δεν θα επιφέρουν πρόστιμα και στο μέλλον.

Η πρόσβαση σε φθηνό ηλεκτρισμό έχει αποτελέσει βασικό παράγοντα οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης. Η πυρηνική ενέργεια παρέχει αυτή την δυνατότητα επί δεκαετίες σε αρκετές χώρες. Τα οικονομικά της πυρηνικής ενέργειας χαρακτηρίζονται από χαμηλές και συνάμα σταθερές λειτουργικές δαπάνες, που προέρχονται από τα χαμηλά έξοδα για καύσιμα. Αυτό έχει επιτρέψει στα πυρηνικά εργοστάσια να αποτελούν μια αξιόπιστη, ανταγωνιστική και χαμηλή σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πηγή ενέργειας.

Με την αυξανόμενη ζήτηση σε ηλεκτρισμό, ο συντελεστής παραγωγικής ικανότητας (Capacity Factor) των πυρηνικών εργοστασίων έχει αυξηθεί κατά 10% (από 70% σε 80%) από το 1990. Σε ορισμένες χώρες, η αύξηση είναι ακόμα πιο δραματική, όπως για παράδειγμα στις ΗΠΑ αυξήθηκε από 66% σε 90%. Επίπεδα άνω του 90% έχουν επιτευχθεί από μονάδες στην Ευρώπη και την Ασία επί σειρά ετών. Χαμηλότερα επίπεδα από τα παραπάνω, όπως στην Γαλλία, μπορούν να αποδοθούν στην υψηλή συμμετοχή της πυρηνικής ενέργειας στην παροχή ηλεκτρισμού.

Ο αντίκτυπος του υψηλού συντελεστή παραγωγικής ικανότητας μπορεί να φανεί στην σταθερή συμμετοχή της πυρηνικής ενέργειας στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρισμού ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Το μερίδιο της πυρηνικής ενέργειας κυμαινόταν στο 16-17% μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 2000, αλλά η ραγδαία αύξηση σε ζήτηση ηλεκτρισμού στον αναπτυσσόμενο κόσμο έχει ρίξει το μερίδιο αυτό στο 11%.

3: Κόστος Παραγωγής

Αν και υπάρχει μια σειρά τοπικών παραγόντων, μπορούμε να προχωρήσουμε σε μερικές γενικές παραδοχές αναφορικά με το κόστος λειτουργίας και διαχείρισης των πυρηνικών μονάδων. Ενώ το κόστος των πυρηνικών καυσίμων έχει μειωθεί με την πάροδο του χρόνου εξαιτίας της μείωσης της τιμής του ουρανίου καθώς και του εμπλουτισμού του, σε συνδυασμό με νέα καύσιμα που επιτυγχάνουν υψηλότερες αποδόσεις, εντούτοις το κόστος λειτουργίας και διαχείρισης φαίνεται να είναι κάπως υψηλότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες θερμικές μονάδες παραγωγής. Παρά το γεγονός ότι η τιμή του ουρανίου παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, η επίδραση του στην τελική τιμή του ηλεκτρισμού είναι μικρή, καθώς η τιμή του ουρανίου αποτελεί μόλις ένα μικρό ποσοστό (14%) του συνολικού λειτουργικού κόστους.

Τα έξοδα σε καύσιμα για τα πυρηνικά εργοστάσια είναι ιδιαίτερα χαμηλά και μπορούν να τα συναγωνιστούν μόνο μονάδες που παράγουν ηλεκτρισμό χωρίς την χρήση καυσίμων, όπως οι υδροηλεκτρικές και οι ανανεώσιμες. Στις ΗΠΑ, το μέσο κόστος παραγωγής ήταν 2,4 cents ανά KWh το 2014, το χαμηλότερο που σημειώθηκε από οποιαδήποτε μονάδα θερμικής παραγωγής στην χώρα. Ωστόσο, τα λειτουργικά έξοδα μιας πυρηνικής μονάδας ποικίλουν, με αποτέλεσμα ορισμένες μονάδες στις ΗΠΑ να μην μπορέσουν να συμβαδίσουν στις μειώσεις της τιμής του ηλεκτρισμού που επήλθε από την πτώση της τιμής του πετρελαίου σε συνδυασμό με την συνεισφορά των ΑΠΕ. Η διαρκώς αυξανόμενη συμμετοχή των ΑΠΕ στο Ευρωπαϊκό ενεργειακό μείγμα ενδέχεται να επηρεάσει την χρήση των πυρηνικών μονάδων και στην Ευρώπη.

Στην Ευρώπη οι τιμές έχουν κυμανθεί ακόμα και στα επίπεδα του 1 ευρώ/KWh, τόσο στην Φινλανδία όσο και στην Σουηδία.

Τα λειτουργικά έξοδα επηρεάζονται και από την ηλικία μιας μονάδας παραγωγής. Ενδεικτικά, αυξάνονται όσο μεγαλύτερη σε ηλικία είναι μια μονάδα παραγωγής. Στην Γερμανία το κόστος παραγωγής κυμαίνεται στο 1,3 ευρώ/KWh

Τα λειτουργικά έξοδα μπορούν να μεταβληθούν ακόμη περαιτέρω χάρη στους ακόλουθους παράγοντες: 1) Η μείωση της τιμής του οξειδίου του Ουρανίου (U3O8) πιθανότατα θα αντιστραφεί στο μέλλον εξαιτίας της αυξανόμενης ζήτησης, γεγονός που θα ενθαρρύνει τις επενδύσεις σε νέα ορυχεία. 2) Τα κόστη διύλισης των καυσίμων, που αποτελούν περισσότερο από το 50% του συνολικού κόστους για καύσιμα, μπορούν να μειωθούν ακόμα περαιτέρω χάρη στις τεχνολογικές εξελίξεις (Καύσιμα Υψηλότερης Απόδοσης) και τις καινοτομίες. 3) Τα λειτουργικά έξοδα διαμορφώνονται σε μεγάλο βαθμό από τις ρυθμιστικές διατάξεις, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν από ενισχυμένες διαδικασίες εποπτείας και πυρασφάλειας μέχρι ενισχυμένα μέτρα ασφαλείας. Οι απαιτήσεις για μέτρα ασφαλείας έχουν αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό μετά το ατύχημα

στην Φουκουσίμα το 2011. Περαιτέρω επιβάρυνση στα λειτουργικά έξοδα των πυρηνικών μονάδων μπορεί να επιφέρει η αύξηση των φορολογικών συντελεστών

για την πυρηνική ενέργεια (σε μερικές χώρες), ως απάντηση στην μεγάλη κερδοφορία των ιδιοκτητών τους. Συνοπτικά αναφέρουμε, ότι το 2012 υπήρχαν πυρηνικοί φόροι της τάξης των 5 ευρώ/MWh στο Βέλγιο, 6,7 ευρώ/MWh στη Σουηδία, 15 ευρώ/MWh στη Γερμανία. Οι φορολογικές αυτές επιβαρύνσεις είχαν ως αποτέλεσμα την επίσπευση της διακοπής λειτουργίας πυρηνικών αντιδραστήρων στην Γερμανία (Grafenrheinfeld), στην Ισπανία (Garona) και στην Σουηδία (Oskarshamn 1&2 and Ringhals 1&2). Στις χώρες που υπάρχει το ενδεχόμενο επιβολής τέτοιων επιβαρύνσεων, η επενδυτική δραστηριότητα γύρω από τον συγκεκριμένο κλάδο αναμένεται να υποχωρήσει

Το πολιτικό ρίσκο μπορεί να εκλάβει πολλές μορφές, πέρα από την φορολογία. Στην Ιαπωνία η επανεκκίνηση των αντιδραστήρων που τέθηκαν εκτός λειτουργίας το 2011 μετά το ατύχημα της Φουκουσίμα υπόκειται σε σχετική απόφαση των ιαπωνικών δικαστηρίων. Στην Γαλλία η πρόωρη απόσυρση που προγραμματιζόταν για τους Fessenheim προήλθε κατόπιν διαπραγματεύσεων ανάμεσα στα πολιτικά κόμματα, ενώ στην Γερμανία η σταδιακή απαγκίστρωση από την πυρηνική ενέργεια κατόπιν του ατυχήματος της Φουκουσίμα το 2011 ήταν αποτέλεσμα εσωκομματικών εκλογών από το κυβερνόν κόμμα.

Βασικό στοιχείο στα οικονομικά της πυρηνικής αποτελεί το κόστος κεφαλαίου. Κατά την εκτίμηση για την κατασκευή μιας νέας μονάδας, έρευνες δείχνουν ότι το κόστος κεφαλαίου, συμπεριλαμβανόμενων των παραγόμενων τόκων αποτελούν το 65-85% του επίπεδου κόστους μιας νέας πυρηνικής μονάδας. Η σημασία του παραπάνω έγκειται στο επίπεδο των τόκων που επιβάλλονται. Όταν οι τόκοι είναι υψηλοί, projects με υψηλό αρχικό κόστος κεφαλαίου, όπως τα πυρηνικά, μειονεκτούν σε συγκριτικές οικονομικές αξιολογήσεις. Ωστόσο, οι τόκοι στις χώρες του ΟΟΣΑ βρίσκονται σε καθοδική τάση από την δεκαετία του 1980 και οι σημερινοί ιδιαίτερα χαμηλοί τόκοι αναμένεται να διατηρηθούν σε αυτό το επίπεδο για το προσεχές μέλλον.

Μόλις η κατασκευή μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας, η οποία είναι εντάσεως κεφαλαίου, ολοκληρωθεί, το κόστος κεφαλαίου και οι παραγόμενοι τόκοι πρέπει να αναπληρωθούν μέσα από μια μακρά περίοδο λειτουργίας, με τα έξοδα για το καύσιμο και την συντήρηση να κυμαίνονται αρκετά χαμηλότερα από την προσφερόμενη τιμή για τον ηλεκτρισμό. Αυτός είναι μέχρι στιγμής ο γενικός κανόνας με τις πυρηνικές μονάδες.

Το κόστος κεφαλαίου υφίσταται όσο η μονάδα παραγωγής βρίσκεται υπό κατασκευή και συμπεριλαμβάνει τα έξοδα για τον αναγκαίο εξοπλισμό, τις μηχανές και την εργασία. Αυτά συχνά αναφέρονται ως «κόστος της μιας ημέρας», και δεν συμπεριλαμβάνονται στους παραγόμενους τόκους κατά την περίοδο της κατασκευής.

Μόλις η κατασκευή ολοκληρωθεί και ξεκινήσει η παραγωγή και η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, ο ιδιοκτήτης της μονάδας ξεκινά να αποπληρώνει το πλήρες κόστος της επένδυσης, που περιλαμβάνει το «κόστος της μιας ημέρας» καθώς και

τους παραγόμενους τόκους. Η τιμή χρέωσης δεν πρέπει απλά να υπερκαλύπτει αυτά τα κόστη, αλλά και τα ετήσια έξοδα για καύσιμα και το κόστος συντήρησης και διαχείρισης της μονάδας. Μια περιοδική χρέωση για το ενδεχόμενο παροπλισμού πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη, αν και αυτό είναι πιθανότερο να συμβεί 40 με 60 χρόνια μετά την κατασκευή της μονάδας.

4: Τα οικονομικά των πυρηνικών εργοστασίων

Η πυρηνική ενέργεια έχει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε σχέση με άλλες μορφές ενέργειας, με την εξαίρεση των περιπτώσεων ύπαρξης άμεσης πρόσβασης σε φθηνά ορυκτά καύσιμα. Το κόστος των καυσίμων των πυρηνικών εργοστασίων αποτελεί ένα μικρό κομμάτι του συνολικού κόστους παραγωγής, ωστόσο, το κόστος κεφαλαίου είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των λιγνιτικών μονάδων καθώς και τον μονάδων που λειτουργούν με βάση το αέριο.

Κατά την εκτίμηση των οικονομικών της πυρηνικής ενέργειας τόσο το κόστος παροπλισμού όσο και το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων λαμβάνονται πλήρως υπόψη. Η κατασκευή πυρηνικών μονάδων ανά τον κόσμο αποτελεί τυπικό παράδειγμα μεγάλων κατασκευαστικών έργων, των οποίων τόσο το κόστος όσο και οι προκλήσεις που προκύπτουν τείνουν να υποτιμώνται.

Οι πυρηνικές μονάδες είναι ακριβές ως προς την κατασκευή τους αλλά οικονομικές ως προς την λειτουργία τους. Σε πολλές περιπτώσεις, η πυρηνική ενέργεια είναι ανταγωνιστική απέναντι στα ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η διαχείριση των αποβλήτων και το κόστος παροπλισμού συνήθως συμπεριλαμβάνονται στα λειτουργικά έξοδα. Λαμβάνοντας κατά νου τα κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κόστη των ορυκτών καυσίμων, ο βαθμός του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος της πυρηνικής ενέργειας αυξάνεται σε σημαντικό βαθμό.

Η πυρηνική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει μια οικονομική πηγή ηλεκτρισμού που συνδυάζει τα οφέλη της ασφάλειας, της αξιοπιστίας και των ιδιαίτερα χαμηλών εκπομπών περιβαλλοντικών ρύπων. Οι υπάρχουσες μονάδες λειτουργούν αποτελεσματικά ενώ διατηρούν και έναν υψηλό βαθμό προβλεψιμότητας. Το λειτουργικό κόστος αυτών των μονάδων είναι χαμηλότερο από αυτό των ανταγωνιστικών λιγνιτικών μονάδων, ενώ το ρίσκο να επηρεαστεί το κόστος αυτό από πληθωριστικές τάσεις είναι εξίσου χαμηλό. Επί του παρόντος, οι πυρηνικές μονάδες έχουν προσδόκιμο λειτουργίας που ανέρχεται στα 60 έτη. Επιπλέον, εμφανίζονται σημαντικές διακυμάνσεις στο κόστος κεφαλαίου ανά χώρα, ιδιαίτερα ανάμεσα σε χώρες των αναδυόμενων οικονομιών της ανατολικής Ασίας καθώς και εκείνων των ώριμων αγορών της Ευρώπης και της Βορείου Αμερικής. Οι διακυμάνσεις αυτές οφείλονται σε μια σειρά παραγόντων: Το εργατικό κόστος, η

ύπαρξη σχετικής τεχνογνωσίας και η διαδικασία αδειοδότησης είναι μόλις μερικοί από αυτούς.

Κατά την εκτίμηση των οικονομικών της πυρηνικής ενέργειας πρέπει να ληφθεί υπόψη ένα σύνολο παραγόντων:

1. Το κόστος κεφαλαίου, το οποίο περιλαμβάνει το κόστος εύρεσης και προετοιμασίας της τοποθεσίας, της κατασκευής της μονάδας καθώς και της εισόδου στο δίκτυο. Η δημιουργία ενός πυρηνικού αντιδραστήρα χρειάζεται την συνδρομή χιλιάδων εργατών, τεράστιες ποσότητες από ατσάλι και τσιμέντο, χιλιάδες διαφορετικά εξαρτήματα καθώς και τον συντονισμό πολλών διαφορετικών συστημάτων προκειμένου να εξασφαλιστεί η παραγωγή ηλεκτρισμού, η ψύξη των μονάδων, ο εξαερισμός, η πληροφόρηση, ο έλεγχος και η επικοινωνία στο εσωτερικό της μονάδας, ούτως ώστε να συγκρίνουμε τις διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος κεφαλαίου μπορεί να υπολογιστεί είτε λαμβάνοντας υπόψη το κόστος χρηματοδότησης είτε όχι. Εφόσον το κόστος χρηματοδότησης περιλαμβάνεται, τότε το κόστος κεφαλαίου μεταβάλλεται υλικά σε σχέση με το διάστημα κατασκευής της μονάδας, των τόκων που προκύπτουν καθώς και του οικονομικού μοντέλου που έχει υιοθετηθεί.

Το συνολικό κόστος υπολογίζεται κατά το διάστημα της κατασκευής της μονάδας και περιλαμβάνει την αγορά του απαραίτητου εξοπλισμού, την πληρωμή του εργατικού δυναμικού καθώς και την χρηματοδότηση της επένδυσης .

2. Το κόστος λειτουργίας, το οποίο περιλαμβάνει το κόστος για τα καύσιμα, την διαχείριση και την συντήρηση, μια πρόβλεψη για το κόστος παροπλισμού της μονάδας καθώς και τα έξοδα για την διαχείριση των αποβλήτων. Τα λειτουργικά έξοδα μπορούν να χωριστούν στα “σταθερά έξοδα” τα οποία υφίστανται ανεξάρτητα από το εάν η μονάδα παράγει ηλεκτρισμό ή όχι και στα “μεταβλητά έξοδα” τα οποία κυμαίνονται σε σχέση με την παραγόμενη ενέργεια. Κατά κανόνα, τα έξοδα αυτά εκφράζονται σε συνάρτηση με μια μονάδα ηλεκτρισμού (π.χ cents/KWh) προκειμένου να εξασφαλιστεί ένα σταθερό μέτρο σύγκρισης με τους υπόλοιπους τρόπους παραγωγής.

3. Τα εξωτερικά κόστη από την λειτουργία της μονάδας, τα οποία στην περίπτωση της πυρηνικής ενέργειας συνήθως είναι μηδενικά. Παρόλα αυτά, ενδέχεται να συμπεριλάβουν τα έξοδα από ένα πιθανό ατύχημα, το οποίο ενδέχεται να υπερβεί τις ασφαλιστικές δικλίδες. Το κανονιστικό πλαίσιο που ρυθμίζει την πυρηνική ενέργεια προβλέπει την διαχείριση και την εναπόθεση των αποβλήτων, αν και τα έξοδα αυτά θεωρούνται ως “εσωτερικά”. Η παραγωγή από ορυκτά καύσιμα τυγχάνει διαφορετικού κανονιστικού πλαισίου και ως εκ τούτου οι διαχειριστές αυτών των μονάδων δεν “εσωτερικοποιούν” τα έξοδα για τις εκπομπές περιβαλλοντικών ρύπων στην ατμόσφαιρα. Το ενδεχόμενο να συμπεριληφθούν τα κόστη αυτά στα εξωτερικά κόστη βελτιώνει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των πυρηνικών μονάδων σε σχέση με τις λιγνιτικές μονάδες σε σημαντικό βαθμό.

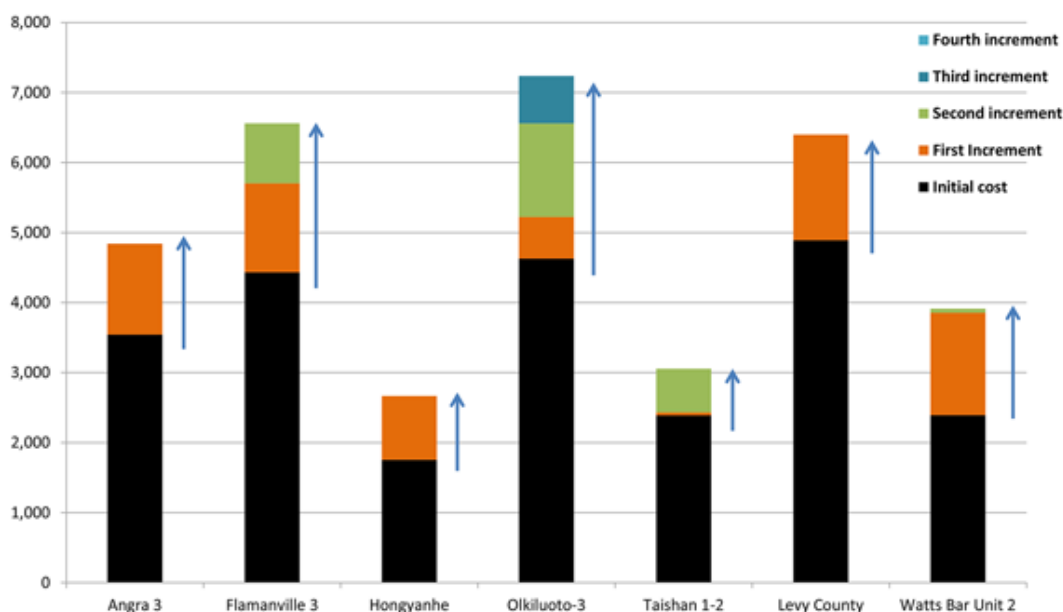
Ο σχετικά χαμηλός αριθμός πυρηνικών μονάδων που κατασκευάστηκαν τις τελευταίες 2 δεκαετίες τόσο στην Βόρειο Αμερική όσο και στην Δυτική Ευρώπη έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη πληροφόρησης αναφορικά με το κόστος κατασκευής σύγχρονων πυρηνικών μονάδων. Η μετάβαση στην Τρίτη Γενιά αντιδραστήρων συμβάλλει στην διαμόρφωση αυτής της ασάφειας.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Επιτροπής Πυρηνικής Ενέργειας του ΟΟΣΑ το κόστος κατασκευής μιας πυρηνικής μονάδας έχει διπλασιαστεί σε σχέση με τα τέλη της δεκαετίας του 1990. Ωστόσο, πρέπει και πάλι να επισημάνουμε ότι το κόστος κατασκευής παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις ανάλογα με την τοποθεσία και την εκάστοτε νομοθεσία.

Ο παρακάτω πίνακας, που παρουσιάστηκε στο συμπόσιο της Παγκόσμιας Ένωσης Πυρηνικής Ενέργειας το 2014 από τον Dr N.Barkatullah μας δείχνει το ρίσκο που ενέχουν τα έργα κατασκευής πυρηνικών μονάδων, όπως αυτό προκύπτει από τις καθυστερήσεις που εμφανίζονται στις περισσότερες περιπτώσεις.

Challenge: Construction risk

Investment Cost over time by Site (\$/kW) - 2013 prices



Source: World Nuclear News, Nucleonics and Other publications, 2008-2014

Με βάση τα στοιχεία που προκύπτουν από έρευνα του Ινστιτούτου Breakthrough, παρατηρούμε την ύπαρξη σημαντικών διαφορών σε σχέση με την προϋπάρχουσα βιβλιογραφία. Ενώ σε αρκετές χώρες, και ειδικά στις Η.Π.Α, εμφανίζεται αύξηση του μακροπρόθεσμου κόστους, την στιγμή που σε άλλες το κόστος παραμένει σταθερό ή ακόμα και μειώνεται ως αποτέλεσμα τεχνολογικών εξελίξεων. Η Νότιος Κορέα επιδεικνύει σταθερές μειώσεις στο κόστος κατασκευής των πυρηνικών της μονάδων καθ' όλη την διάρκεια της πυρηνικής της πορείας. Το γεγονός αυτό έρχεται σε αντίθεση με την σταθερή αύξηση του κόστους σε χώρες πρωτοπόρους της πυρηνικής ενέργειας όπως οι Η.Π.Α και η Γαλλία. Αυτό μας οδηγεί και πάλι στο συμπέρασμα ότι η διαμόρφωση του κόστους εξαρτάται από σειρά διαφορετικών

παραγόντων. Η μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ χωρών, που ενδεχομένως διαθέτουν και παρόμοια τεχνογνωσία, υποδεικνύει ότι παράγοντες όπως το νομοθετικό πλαίσιο, η διεθνής συνεργασία και το μέγεθος των παραγόμενων μονάδων έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην διαμόρφωση του τελικού κόστους. Ως εκ τούτου, η προσπάθεια εξαγωγής ισχυρών συμπερασμάτων αναφορικά με το μελλοντικό κόστος κατασκευής πυρηνικών μονάδων είναι ιδιαίτερα αμφίβολη.

Το κόστος καυσίμου παρουσιάζει μια πτωτική τάση ως προς την τιμή, την στιγμή που η αποδοτικότητα του αυξάνεται. Παραδείγματος χάρη, στην Ισπανία το κόστος της πυρηνικής ενέργειας μειώθηκε κατά 29% το διάστημα 1995-2001. Μειώσεις της τάξης του 40% επιτεύχθηκαν από την αύξηση των επιπέδων εμπλουτισμού του ουρανίου. Το ουράνιο έχει το χαρακτηριστικό πλεονέκτημα ότι αποτελεί μια πηγή ενέργειας υψηλής συγκέντρωσης, που μπορεί να μεταφερθεί εύκολα και οικονομικά. Οι ποσότητες που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας είναι πολύ μικρότερες σε σύγκριση τόσο με το πετρέλαιο όσο και με το αέριο. Ένα κιλό ουρανίου θα παράξει περίπου 20000 φορές περισσότερη ενέργεια από την αντίστοιχη ποσότητα λιγνίτη. Συνεπώς, πρόκειται για μια εξαιρετικά πολύτιμη πηγή ενέργειας. Συν τοις άλλοις, το ουράνιο υπάρχει σε αφθονία και η πρόσβαση σε αυτό είναι σχετικά εύκολη.

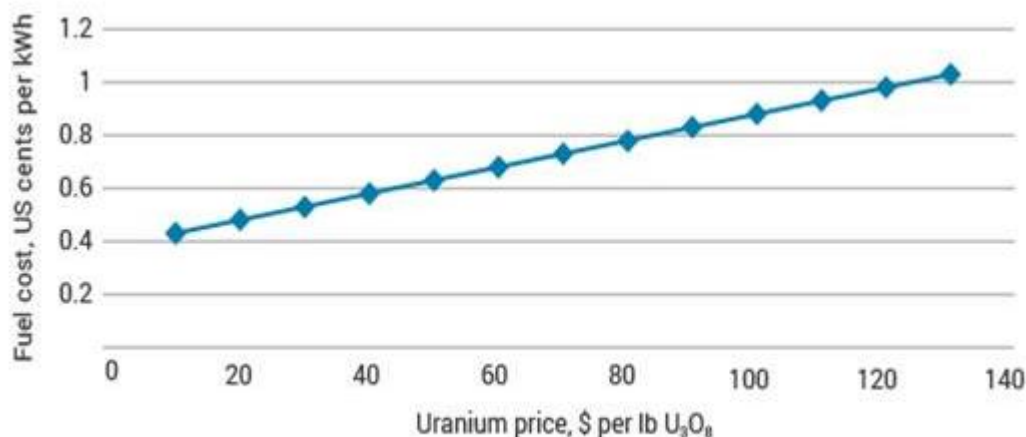
Το εξωτερικό κόστος δεν περιλαμβάνεται στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας των πυρηνικών μονάδων, και ως εκ τούτου δεν επιβαρύνει τον τελικό καταναλωτή. Το εξωτερικό κόστος ορίζεται ως αυτό που προκύπτει σε συνάρτηση με την υγεία και το περιβάλλον, το οποίο είναι μετρήσιμο -υπό ορισμένες συνθήκες- αλλά δεν ενσωματώνεται στην τελική τιμή του ηλεκτρισμού.

Η κοστολόγηση του εξωτερικού κόστους είναι περιορισμένη προς το παρόν. Με την προσθήκη νέων κοστών στις λιγνιτικές μονάδες παραγωγής που συνδέονται με την επίδραση τους στο περιβάλλον μέσω νέων φόρων και ρυθμιστικών πλαισίων, η ανταγωνιστικότητα της πυρηνικής ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί.

Μια μελέτη που εκπονήθηκε από τον όμιλο Brattle το 2016 δείχνει ότι οι μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των πυρηνικών μονάδων μπορούν να εξασφαλίσουν την οικονομική βιωσιμότητα των πυρηνικών μονάδων απέναντι στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημάνουμε την ύπαρξη σημαντικών διαφορών ανάμεσα σε πυρηνικές μονάδες που βρίσκονται ήδη σε λειτουργία και αυτών που βρίσκονται στο στάδιο του σχεδιασμού. Με την "έλευση" του κόστους κεφαλαίου, το λειτουργικό κόστος των υπαρχουσών μονάδων είναι ιδιαίτερα χαμηλό και τα εργοστάσια κρίνονται ως επικερδή. Η συντήρηση και λειτουργία τους είναι ιδιαίτερα οικονομικές, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα να θεωρούνται ως αξιόπιστες εναλλακτικές για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ή ακόμα και να λειτουργήσουν σαν βασικός παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας της υψηλής αξιοπιστίας και αποδοτικότητάς τους.

Στο γράφημα που ακολουθεί βλέπουμε την επίδραση της τιμής του ουρανίου στην τελική τιμή του καυσίμου:



Όπως φαίνεται, ο διπλασιασμός της τιμής του ουρανίου (από τα 25 στα 50 δολάρια) αυξάνει την τιμή του καυσίμου μόλις κατά 12 σεντς (από 50 σεντς/Kwh στα 62 σεντς ανά Kwh). Από την μία πλευρά, η τιμή φαίνεται να επηρεάζεται, ωστόσο, η επιρροή αυτή κρίνεται ως ελάχιστη, ειδικά αν λάβουμε κατά νου την επίδραση της τιμής του πετρελαίου στην τιμή του παραγόμενου καυσίμου. Η επίδραση της τιμής του ουρανίου σε αυτή του παραγόμενου καυσίμου μπορεί να θεωρηθεί ως σημαντική μόνο στην περίπτωση που η τιμή του ουρανίου ξεπεράσει τα 100 δολάρια και παραμένει σε αυτά τα επίπεδα για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα (γεγονός που εμφανίζει μειωμένες πιθανότητες). Εντούτοις, η λειτουργία πυρηνικών μονάδων σε ανταγωνιστικές αγορές, οι οποίες επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή του πετρελαίου, μια αύξηση στην τιμή του ουρανίου θα επηρεάσει σημαντικά την κερδοφορία της μονάδας.

Ο ανταγωνισμός με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε), οι οποίες σχεδόν στο σύνολο των περιπτώσεων τυγχάνουν πολιτικής προτίμησης και εύνοιας, αποτελεί ένα μεγάλο ζήτημα για την πυρηνική βιομηχανία. Ωστόσο, η βασική ύλη των Α.Π.Ε είναι η ίδια η φύση, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα οι Α.Π.Ε να μην είναι πάντοτε ικανές να ανταποκριθούν στην ζήτηση της αγοράς.

Υπάρχουν αρκετά μοντέλα χρηματοδότησης τα οποία χρησιμοποιούνται ανά τον κόσμο:

- Κυβερνητική χρηματοδότηση και ιδιοκτησία
- Ιδιωτική χρηματοδότηση με την συνδρομή του δημοσίου
- Χρηματοδότηση των εγκαταστάσεων
- Το μοντέλο συνεργασίας

Με εξαίρεση τις κεντρικά ρυθμιζόμενες οικονομίες, στις περισσότερες περιπτώσεις υιοθετείται το μοντέλο της ιδιωτικής κατασκευής με την παροχή δημοσιονομικών κινήτρων από την εκάστοτε κυβέρνηση .

Από μόνη της, η παραγωγή ηλεκτρισμού από μια μονάδα εντάσεως κεφαλαίου με υψηλό προσδόκιμο ζωής δεν μπορεί να αποτελέσει κίνητρο προκειμένου να αναλάβει κάποια ιδιωτική πρωτοβουλία το κόστος της επένδυσης, εκτός και αν εξασφαλιστεί μια σταθερή τιμή σε βάθος χρόνου, μέσω της οποίας θα διασφαλιστεί η απόσβεση της επένδυσης. Η απελευθέρωση των ενεργειακών αγορών μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη μεταβλητότητα της τιμής του ηλεκτρισμού. Οι τιμές αυτές όμως είναι βραχυπρόθεσμες και δύσκολα μπορούν να αποτελέσουν έναν οδηγό για το μέλλον, και ως εκ τούτου δεν μπορούν να αποτελέσουν κίνητρο. Επιπλέον, πολλές απελευθερωμένες αγορές, έχοντας δείξει μια σαφή προτίμηση στις Α.Π.Ε ,έχουν οδηγήσει στην απώλεια της κερδοφορίας αρκετών πυρηνικών μονάδων, με αποτέλεσμα οι μονάδες αυτές να παροπλιστούν . Στις Η.Π.Α οι επενδύσεις σε πυρηνικές μονάδες προχωράνε μόνο στις πολιτείες στις οποίες υπάρχουν μέτρα που εξασφαλίζουν την απόσβεση της επένδυσης.

Εν κατακλείδι, εάν χρησιμοποιήσουμε τη βασική θεωρία κόστους- οφέλους της οικονομικής θεωρίας, προκύπτει το εξής: η πυρηνική ενέργεια έχει μεγαλύτερο όφελος απ' ότι κόστος. Το μέγεθος των κερδών που μπορούν να δημιουργηθούν από την χρήση των πυρηνικών εργοστασίων είναι σαφώς μεγαλύτερο από το μέγεθος των οποιωνδήποτε κοστών τους. Η πυρηνική ενέργεια είναι ο πιο καθαρός και ασφαλής τρόπος παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος σε μία εποχή ενεργειακής κρίσης και υπερθέρμανσης του πλανήτη.

5: Πυρηνική Ασφάλεια και Διαδικασία Αδειοδότησης

Η κατασκευή μιας νέας πυρηνικής μονάδας προϋποθέτει την αναγνώριση καθώς και την κατανόηση των διαφόρων κινδύνων που συνδέονται με ένα έργο τέτοιου μεγέθους και τέτοιας πολυπλοκότητας. Κάποιοι από αυτούς, είναι εφάμιλλοι με τους κινδύνους που συναντώνται σε οποιοδήποτε έργο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, ορισμένοι εμφανίζονται μόνο στην περίπτωση των πυρηνικών μονάδων.

Κατά την ανάπτυξη του σχεδιασμού, η εγκατάσταση θα υπαχθεί σε μια αξιολόγηση ρίσκου, η οποία θα ανανεώνεται κατά την διάρκεια της εξέλιξης και της κατασκευής της μονάδας. Τα πυρηνικά έργα είναι εντάσεως κεφαλαίου, με μακροπρόθεσμους ορίζοντες και την ανάμειξη εκατοντάδων διαφορετικών προμηθευτών και εργολάβων. Τα πάγια κόστη συντήρησης και λειτουργίας δεν είναι διόλου ευκαταφρόνητα. Επιπλέον, λειτουργούν σε αυστηρά ρυθμιστικά περιβάλλοντα, όπου ο ρυθμιστής πρακτικά επιθεωρεί την λειτουργία των μονάδων και έχει την εξουσία να επηρεάσει την κατασκευή και την λειτουργία μιας μονάδας. Επιπρόσθετα, τα πυρηνικά εργοστάσια έρχονται αντιμέτωπα με την κοινωνική κατακραυγή. Υπό συνθήκες κανονικής λειτουργίας, τα πυρηνικά εργοστάσια είναι φιλικά προς το περιβάλλον, αλλά η ανησυχία έγκειται στην μακροπρόθεσμη διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων και στο ενδεχόμενο ενός πυρηνικού ατυχήματος, παρόλο που αυτό εμφανίζει ελάχιστες πιθανότητες. Ο μεγάλος αριθμός εμπλεκομένων και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις δημιουργούν μια πολυπλοκότητα, η οποία αποτελεί πρόκληση για την όλη διεκπεραίωση του έργου.

Το ζήτημα της ασφάλειας είναι ύψιστης σημασίας. Οι ανησυχίες του ρυθμιστικού περιβάλλοντος μπορούν να καθυστερήσουν ή ακόμα και να σταματήσουν τόσο την κατασκευή όσο και την λειτουργία πυρηνικών μονάδων. Ο στόχος της προστασίας του κοινού από τους όποιους πιθανούς κινδύνους της πυρηνικής ενέργειας, πρέπει να επιτευχθεί μέσα από ένα Ρυθμιστικό Πλαίσιο, το οποίο θα εξασφαλίζει επαρκή επίπεδα προβλεψιμότητας προκειμένου να αντλήσει τις απαραίτητες επενδύσεις. Η πυρηνική βιομηχανία έχει αποδείξει ότι μπορεί να συνεισφέρει στην σταθερότητα και ομαλή λειτουργία του ρυθμιστικού πλαισίου, μέσω της τεχνολογικής προόδου και της κατασκευής σταθερότερων πυρηνικών αντιδραστήρων. Σε τελική ανάλυση, το κοινό επωφελείται από τον συνδυασμό της Ρυθμιστικής Σταθερότητας και της ομαλής λειτουργίας του κλάδου.

Η Ρυθμιστική Διαδικασία αδειοδότησης μπορεί να χωριστεί σε πολλά επιμέρους στάδια. Το πρώτο είναι η πιστοποίηση του σχεδιασμού του αντιδραστήρα. Το δεύτερο στάδιο αποτελείται από την έγκριση του σημείου κατασκευής, διαδικασία η οποία είναι αρκετά ευκολότερη, αν στο ίδιο σημείο υπήρχαν και παλαιότερα αντιδραστήρες. Έπειτα, ακολουθεί η αδειοδότηση για την κατασκευή και την λειτουργία του αντιδραστήρα. Επιπροσθέτως να σημειωθεί ότι στις περισσότερες

χώρες απαιτούνται τοπικές εγκρίσεις και περιβαλλοντικές εκθέσεις, τόσο ως μέσο αδειοδότησης όσο και ως μέσο κοινωνικής αποδοχής.

Η περίπτωση των ΗΠΑ αποτελεί καλό παράδειγμα ενίσχυσης της ρυθμιστικής βεβαιότητας στην διαδικασία κατασκευής νέων αντιδραστήρων. Η Ρυθμιστική Επιτροπή Πυρηνικής Ενέργειας έχει δημιουργήσει ένα πλαίσιο αδειοδότησης που δίνει την δυνατότητα προέγκρισης μιας πιθανής τοποθεσίας κατασκευής του αντιδραστήρα. Έτσι, η πιστοποίηση των σχεδίων των αντιδραστήρων λαμβάνουν χώρα πολύ πριν το στάδιο της κατασκευής, καθώς και την έκδοση άδειας κατασκευής και λειτουργίας ενός νέου πυρηνικού αντιδραστήρα με την χρήση μιας προεγκεκριμένης τοποθεσίας κατασκευής και ενός πιστοποιημένου σχεδίου του αντιδραστήρα.

Η νέα αυτή προσέγγιση μεταφέρει όλα τα ζητήματα σχεδιασμού, αδειοδότησης, ρυθμιστικά και τεχνικά στο πρώιμο στάδιο της διαδικασίας αδειοδότησης, με σκοπό να έχουν αντιμετωπισθεί προτού ξεκινήσει η κατασκευή και οι συνεπαγόμενες κεφαλαιακές επενδύσεις. Στόχος της είναι η διαβεβαίωση των πιθανών επενδυτών.

Η νέα διαδικασία αδειοδότησης επιπλέον στοχεύει στο να διαβεβαιώσει τους πιθανούς επενδυτές, ότι η επένδυση τους σε μια πυρηνική μονάδα δεν θα τεθεί σε κίνδυνο, υπό την προϋπόθεση ότι η κατασκευή είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί από την εκάστοτε ΡΑΕ.

Κύριο Μέρος

Το ερώτημα που θα προσπαθήσει να απαντήσει η εν λόγω εργασία, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι να αναλύσει την αντιμετώπιση που έχουν απέναντι στην πυρηνική ενέργεια ένα σύνολο χωρών. Συγκεκριμένα, θα ασχοληθώ με τις περιπτώσεις της Γαλλίας, της Βραζιλίας, των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων, της Κίνας και της Ρωσίας. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα ανομοιόμορφο σύνολο τόσο από άποψης τοποθεσίας, οικονομίας, βιομηχανίας, ιστορίας και κοινωνίας. Ωστόσο, το ετερόκλητο αυτό σύνολο παρουσιάζει μια σύγκλιση στην στάση του απέναντι στην πυρηνική ενέργεια καθώς και στις προοπτικές της. Στόχος μου είναι να εξετάσω ποια είναι αυτή στάση και κατ' επέκταση ποιο είναι το μέλλον της βιομηχανίας πυρηνικής ενέργειας.

Η περίπτωση της Γαλλίας

1.1 Γαλλική Ενεργειακή Πολιτική

Το παρόν μείγμα ενεργειακής παραγωγής της Γαλλίας προκύπτει από τις αποφάσεις που έλαβε η Γαλλική Κυβέρνηση το 1974, μετά την 1^η πετρελαϊκή κρίση, σχετικά με την αύξηση της πυρηνικής παραγωγής της χώρας, με την χρήση της τεχνολογίας της Westinghouse. Η πλαίσια αυτή πάρηκε με το σκεπτικό ότι παρά την υψηλή τεχνική εξειδίκευση στο εσωτερικό της χώρας, οι πηγές ενέργειας ήταν ελάχιστες. Η πυρηνική ενέργεια, με το κόστος του πυρηνικού καυσίμου να αποτελεί ένα σχετικά χαμηλό ποσοστό του συνολικού κόστους, φάνταζε ως η σωστή επιλογή στην προσπάθεια μείωσης των εισαγωγών και μεγιστοποίησης της ενεργειακής ασφάλειας της χώρας. Ως αποτέλεσμα, το 75% του ηλεκτρισμού στην Γαλλία είναι πυρηνικής προέλευσης. Το 2015, η μεικτή παραγωγή ηλεκτρισμού άγγιξε τις 568 TWh, από τις οποίες οι 437 προέρχονταν από την πυρηνική ενέργεια, οι 59 από την υδροηλεκτρική ενέργεια και μόλις οι 32 από ορυκτά καύσιμα και φυσικό αέριο. Έπειτα από καθαρές εξαγωγές ύψους 64 TWh, η συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού ανήλθε στις 422 TWh, με την κατά κεφαλή κατανάλωση να κυμαίνεται κατά μέσο όρο στις 6300 kWh.

Το 1999 η πολιτική αντιπαράθεση επανάφερε στο προσκήνιο τους 3 πυλώνες της Γαλλικής Ενεργειακής Πολιτικής: ενεργειακή ασφάλεια, σεβασμός στο περιβάλλον και διαχείριση των ραδιενεργών αποβλήτων. Παρατηρήθηκε ότι το φυσικό αέριο δεν είχε κάποιο σαφές πλεονέκτημα έναντι της πυρηνικής ενέργειας, πέρα από το γεγονός ότι οι τιμές του ήταν ιδιαίτερα ευμετάβλητες. Έτσι, έγινε αποδεκτό ότι η χρήση της πυρηνικής ενέργειας δεν επρόκειτο να υποκατασταθεί στο άμεσο μέλλον.

Στις αρχές του 2003 ανακοινώθηκε η πρώτη δημόσια συζήτηση για το ζήτημα της ενέργειας, ως απάντηση στο «αίτημα του Γαλλικού Λαού», 70% του οποίου είχε δηλώσει ότι ήταν

ελλιπώς ενημερωμένο για τα ενεργειακά ζητήματα. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε, 67% των ερωτηθέντων δήλωσε πως θεωρούσε την προστασία του περιβάλλοντος ως τον πιο σημαντικό άξονα της ενεργειακής πολιτικής (Ωστόσο, το 58% θεωρούσε ότι η πυρηνική ενέργεια συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή, ενώ μόλις το 46% πίστευε πως τα ορυκτά καύσιμα συνέβαλαν στην κλιματική αλλαγή). Αντικείμενο της συζήτησης ήταν η προετοιμασία του εδάφους για την διαμόρφωση του ενεργειακού μείγματος για τα επόμενα 30 χρόνια, στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε Παγκόσμιο επίπεδο.

Το 2005 θεσπίστηκαν οι κατευθυντήριες για την ενεργειακή πολιτική και την ενεργειακή ασφάλεια. Ο ρόλος της πυρηνικής ενέργειας βρέθηκε στο επίκεντρο αυτών, μαζί με μια σειρά αποφάσεων αναφορικά με τον αντιδραστήρα τρίτης γενιάς EPR (European Pressurised Water Reactor), και πιο συγκεκριμένα για την κατασκευή μιας πρώτης μονάδας ώστε να αποφασισθεί μέχρι το 2015 η ενδεχόμενη κατασκευή 40 ακόμα αντιδραστήρων. Επιπλέον, έθεσε στόχους ερευνητικής φύσης, για την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών, εναρμονισμένων με την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ενώ καθόρισε και τον ρόλο των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στις αρχές του 2008, συστάθηκε το Συμβούλιο για την Πυρηνική Ενέργεια (Conseil Politique Nucleaire – CPN), υπενθυμίζοντας την σημασία της πυρηνικής τεχνολογίας για την Γαλλία στους τομείς της οικονομικής ανάπτυξης και της ενεργειακής ασφάλειας. Στο Συμβούλιο συμμετέχουν ο Πρόεδρος της Γαλλίας, καθώς και ο Πρωθυπουργός και τα αρμόδια υπουργεία για τα ζητήματα της ενέργειας, της εξωτερικής πολιτικής, της οικονομίας, της βιομηχανίας, του διεθνούς εμπορίου και της έρευνας. Ο επικεφαλής της Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (CEA), ο υπουργός Εθνικής Άμυνας καθώς και ο αρχηγός των ενόπλων δυνάμεων συμμετέχουν επίσης.

Η εκλογή του Francois Hollande το 2012 και η επιθυμία του να μειωθεί το ποσοστό της συμμετοχής της Πυρηνικής Ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της χώρας, έφερε εκ νέου στο προσκήνιο την δημόσια συζήτηση για την ενεργειακή μετάβαση της χώρας. Μια έκθεση που εκδόθηκε τον Σεπτέμβριο του 2013 από την OPECST, μια επιστημονική επιτροπή της Βουλής, αναφέρει ότι η Γαλλία εκτίθεται στον κίνδυνο ενός ενεργειακού σοκ, στην περίπτωση που επιδιώξει μια ταχεία απαγκίστρωση από την πυρηνική ενέργεια.

Τον Οκτώβριο του 2014 εγκρίθηκε ο νόμος για την Ενεργειακή Μετάβαση για την Πράσινη Ανάπτυξη. Έτσι, τέθηκε ο στόχος για 50% συμμετοχή της πυρηνικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρισμού μέχρι το 2025. Ο νόμος θέτει επίσης μακροπρόθεσμους στόχους:

- μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% μέχρι το 2030 σε σχέση με τα επίπεδα της δεκαετίας του 1990 και κατά 75% μέχρι το 2050
- Η μείωση κατά το ήμισυ της ενεργειακής κατανάλωσης μέχρι το 2050 σε σχέση με το 2012
- Η μείωση χρήσης ορυκτών καυσίμων κατά 30% μέχρι το 2030 σε σχέση με το 2012
- Η αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ κατά 32% μέχρι το 2030

Οποιαδήποτε απόφαση σχετικά με το ενδεχόμενο τερματισμού της λειτουργίας κάποιων αντιδραστήρων προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του 50% αναβλήθηκε για μετά τις Προεδρικές Εκλογές του 2017. Ωστόσο, το 2017 η Γαλλία ανέστειλε τον στόχο του 50% με

τον Γάλλο Πρόεδρο να δηλώνει ότι «ο συνδυασμός πυρηνικής ενέργειας και ΑΠΕ είναι ο πλέον φιλικός προς το περιβάλλον για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.».

Ο τελικός νόμος για την Πράσινη Ανάπτυξη περιλάμβανε και ένα σύνολο μακροπρόθεσμων στόχων για την επιβολή φόρου στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα: Από €14,50/τόνο CO₂, θα αυξανόταν στα €22 το 2016, στα €56 το 2020 και στα €100 το 2030. Η κίνηση αυτή αναμένεται να αυξήσει το κόστος παραγωγής κατά €5/MWh, με αποτέλεσμα η Areva να εξετάζει το ενδεχόμενο τερματισμού λειτουργίας των μονάδων της που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα μέχρι το 2022.

Τον Μάρτιο του 2016, η Areva, η EDF και η Επιτροπή Ατομικής και Εναλλακτικής Ενέργειας της Γαλλίας (CEA, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) ανακοίνωσαν τον σχηματισμό της «Γαλλικής Πυρηνικής Πλατφόρμας» (PFN) ώστε να διαμορφώσουν ένα κοινό όραμα για το μέλλον της βιομηχανίας, υποστηρίζοντας το CPN. Η αρχική ατζέντα της Πλατφόρμας θα περιλαμβάνει την επαναξιολόγηση των τεχνολογικών επιλογών για τον EPR και θα καθορίσει την στάση που θα ακολουθήσουν οι εταιρείες στις Ρυθμιστικές αλλαγές, και συγκεκριμένα σε αυτές που άπτονται των ζητημάτων ασφαλείας.

Αρμόδια Ρυθμιστική Αρχή για τα ζητήματα της πυρηνικής Ενέργειας είναι η ASN ((Autorite de Surete Nucleaire – ASN), μια ανεξάρτητη αρχή, υπεύθυνη για την πυρηνική ασφάλεια και την προστασία από την ραδιενέργεια. Μέχρι και σήμερα έχουν σημειωθεί 2 πυρηνικά ατυχήματα στην Γαλλία, το 1969 και το 1980. Η CEA διαθέτει 14 ερευνητικούς αντιδραστήρες διαφόρων τύπων, μεγεθών, η λειτουργία των οποίων ξεκίνησε το διάστημα 1959-1980. Ο μεγαλύτερός τους είναι ο μεγέθους 70 MWt Osiris στο Saclay, που ξεκίνησε την λειτουργία του το 1966 και αυτό το διάστημα βρίσκεται σε διαδικασία παροπλισμού.

Το 2010, κατά την διάρκεια μιας τυπικής αξιολόγησης από την Διεθνή Επιτροπή Ενέργειας ζητήθηκε από την Γαλλία να λάβει έναν στρατηγικό ρόλο ως προμηθευτής φθηνής και περιβαλλοντικά φιλικής ενέργειας για όλη την Ευρώπη, εγκαταλείποντας την επικέντρωσή της στην ενεργειακή της αυτάρκεια, η οποία καθορίζει τις πολιτικές της αποφάσεις για πάνω από 3 δεκαετίες.

Το χαμηλό κόστος παραγωγής υποδεικνύεται από τον Εθνική Ενεργειακή Ρυθμιστική Αρχή της Γαλλίας (CRE), η οποία θέτει την τιμή πώλησης του ηλεκτρισμού που παράγει η EDF προς τους ανταγωνιστές. Το 2014, η τιμή κυμαινόταν στα (ευρώ) €42/MWh, αλλά η CRE πρότεινε την αύξηση της τιμής στα €44 το 2015, €46 το 2016 και στα €48 το 2017 ώστε να επιτρέψει στην EDF να καλύψει το κόστος της αναβάθμισης των αντιδραστήρων, η οποία επένδυσε €55 δις προκειμένου να αυξήσει το προσδόκιμο ζωής και των 58 αντιδραστήρων κατά 10 χρόνια.

1.2 Areva & EDF

Η Areva συστάθηκε το 2001 από την συγχώνευση της Framatome, του πυρηνικού τμήματος της Siemens και της Cogema. Η Areva ήταν η μοναδική εταιρεία με πλήρη παρουσία σε όλα τα στάδια του πυρηνικού κύκλου. Τον Φεβρουάριο του 2011, το CPN εξέτασε την αντιπαλότητα ανάμεσα στην Areva και την EDF, που θεωρήθηκε ως βασικός παράγοντας στην απώλεια ενός σημαντικού συμβολαίου στην Μέση Ανατολή 14 μήνες πριν. Η Areva αποτελούσε την μεγαλύτερη εταιρεία πυρηνικών παγκοσμίως, ενώ η EDF τον μεγαλύτερο προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την πυρηνική ενέργεια. Το CPN

συνέστησε στις 2 εταιρείες την υπογραφή μιας τεχνικής-εμπορικής συμφωνίας για την δημιουργία μιας στρατηγικής συμμαχίας με στόχο την βελτίωση του EPR καθώς και την συνεργασία τους σε διάφορα αντικείμενα στο εσωτερικό της Γαλλίας. Η συμφωνία υπογράφηκε τον Ιούλιο του 2011 και κάλυπτε την βελτιστοποίηση του αντιδραστήρα της Areva που κατασκευάζεται από την EDF στο Flamanville 3. Επιπροσθέτως, η συμφωνία αφορούσε την βελτίωση της συντήρησης και της διαχείρισης του υπάρχοντος στόλου της EDF καθώς και ζητήματα βελτίωσης του πυρηνικού κύκλου, όπως η διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων. Επιπλέον, η CPN υπέδειξε στην Areva να αναθέσει την εξόρυξη του ουρανίου σε μια θυγατρική εταιρεία, προκειμένου να εξετάσει στρατηγικά και οικονομικά σενάρια που θα εξασφάλιζαν την ανάπτυξη της εταιρείας.

Τον Μάρτιο του 2015, η Areva ανακοίνωσε την πρόθεση της να εστιάσει εκ νέου στο κομμάτι της πυρηνικής ενέργειας και να επιστρέψει στον ανταγωνισμό, έχοντας ως στόχο την αποταμίευση €1 δις μέσα στα επόμενα χρόνια, έχοντας καταγράψει ζημίες ύψους €83 δις το 2014. Η Areva ανήκε σε ποσοστό 86,52% στην κυβέρνηση, με την επίσης κρατική EDF να διατηρεί το 2,24% και το επενδυτικό ταμείο του Κουβέιτ να κατέχει 4,82% (το οποίο εξαγόρασε έναντι €600 εκατομμυρίων το 2010). Τον Φεβρουάριο του 2017 η Areva προχώρησε σε αύξηση του μετοχικού της κεφαλαίου κατά €2 δις προκειμένου να χρηματοδοτήσει την ολοκλήρωση της κατασκευής του Olkiluoto 3. Η αύξηση ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 2017 και είχε ως αποτέλεσμα η συμμετοχή του δημοσίου στην Areva να ανέλθει στο 92%.

Τον Ιούλιο του 2015 η EDF συμφώνησε να συμμετάσχει στην Areva NP, με ποσοστό που κυμαίνεται από 51% έως και 75%. Τον Νοέμβριο του 2016, η Areva και η EDF υπέγραψαν συμβόλαιο για την πώληση της New NP, μιας θυγατρικής της Areva NP. Η EDF ανακοίνωσε ότι η εξαγορά ολοκληρώθηκε στις 2 Ιανουαρίου 2018, με την EDF να αποκτά ένα ποσοστό της τάξης του 75,5%. Δυο μέρες αργότερα, η Areva ανακοίνωσε την μετονομασία της New NP σε Framatome, όπως η εταιρεία που είχε συμμετάσχει στον αρχικό σχηματισμό της Areva.

Η Framatome διαθέτει το σύνολο των περιουσιακών στοιχείων της Areva που σχετίζονται με τον σχεδιασμό και την κατασκευή πυρηνικών αντιδραστήρων και εξοπλισμού, με την προμήθεια του πυρηνικού καυσίμου και την παροχή υπηρεσιών για τους ήδη υπάρχοντες αντιδραστήρες. Ωστόσο, η εταιρεία δεν εμπλέκεται σε κανένα σημείο στην ολοκλήρωση του Olkiluoto 3 στην Φινλανδία, η ευθύνη του οποίου παραμένει στην Areva. Η Framatome θα απεμπλακεί από τον σχεδιασμό επιμέρους αντιδραστήρων και θα εστιάσει στην μακροπρόθεσμη διαχείριση όλων των ειδών των αντιδραστήρων. Τα ετήσια έσοδα της αναμένεται να αγγίξουν τα €3,5 δις

Τον Μάρτιο του 2017 το ποσοστό συμμετοχής του Γαλλικού Δημοσίου στην EDF έπεσε στο 83%, κατόπιν πώλησης μετοχών αξίας €3 δις, ποσό με το οποίο θα χρηματοδοτήσει επενδύσεις μέχρι το 2020.

Κατά την διάρκεια της πώλησης της New NP στην EDF, σκοπός ήταν να μεταφερθεί το 15% της κεφαλαιακής βάσης της New NP στην Areva NewCo (πλέον Orano), η οποία θα αναλάμβανε τα ζητήματα που άπτονται του πυρηνικού κύκλου, αποσκοπώντας στην διατήρηση ενός «στρατηγικού μεριδίου» στον κλάδο των πυρηνικών αντιδραστήρων. Ωστόσο, η EDF τον Ιούλιο του 2017 γνωστοποίησε ότι είχε εισέλθει σε διαπραγματεύσεις με

την Areva, που αποσκοπούσαν στην εφαρμογή της απόφασης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που υποδείκνυε την πλήρη έξοδο της Areva από τη New NP, στα πλαίσια της αναδιοργάνωσης της Areva.

Τον Μάιο του 2017, η EDF ανακοίνωσε την δημιουργία της Edvance σε συνεργασία με την Apeva NP, για τον σχεδιασμό και την κατασκευή πυρηνικών νήσων και την δημιουργία συστημάτων ελέγχου για πυρηνικούς αντιδραστήρες ανά τον κόσμο. Η EDF θα κατέχει το 80% και η Areva NP το 20%. Η εξέλιξη αυτή είναι αποτέλεσμα της συμφωνίας του Ιουλίου του 2015 για την δημιουργία μιας εταιρείας αφοσιωμένης στον σχεδιασμό και την προώθηση νέων αντιδραστήρων.

Τον Ιούνιο του 2016, η Areva ανακοίνωσε την αναδιαμόρφωσή της, μέσα από την δημιουργία μιας νέας εταιρείας (NewCo) που θα εστίαζε στον πυρηνικό κύκλο. Η εταιρεία που αρχικά ονομάστηκε New Areva Holding Co, στην συνέχεια μετονομάστηκε σε Orano, τον Ιανουάριο του 2018. Η εταιρεία κατέχει τις Areva Mines, Areva NC, Areva Projects και Areva Business Support, καθώς και όλες τις θυγατρικές τους. Το Νοέμβριο του 2016 οι μέτοχοι της Areva ενέκριναν την μεταφορά των εργασιών του πυρηνικού κύκλου καθώς και μέρος των χρεών της Areva στην Orano, μέσα από μια αύξηση μετοχικού κεφαλαίου ύψους €3 δις .

Τον Ιούλιο του 2017, €2,5 δις από την επανακεφαλαιοποίηση της Areva, που είχαν εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μεταφέρθηκαν στην Orano. Σε συνέχεια της κίνησης αυτής, το Γαλλικό Δημόσιο θα διατηρούσε είτε άμεσα είτε έμμεσα, τουλάχιστον τα 2/3 του κεφαλαίου της νέα επιχείρησης, με το υπολειπόμενο 1/3 να βρίσκεται στα χέρια στρατηγικών επενδυτών. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το 15% του κεφαλαίου της New NP επρόκειτο να μεταφερθεί από την Areva στην Orano, αποσκοπώντας στην διατήρηση μιας ισχυρής στρατηγικής θέσης στον κλάδο, ωστόσο, η κίνηση δεν ολοκληρώθηκε μετά την εναντίωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Τον Ιανουάριο του 2017, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξουσιοδότησε πλάνο διάσωσης ύψους €1,3 δις για την διάσωση της Orano. Τον Φεβρουάριο του 2017, η Areva ανακοίνωσε ότι η Japan Nuclear Fuel Ltd (JNFL) και η MHI θα επένδυαν από €250 εκατομμύρια για το 5% των μετοχών της Orano. Η Areva δήλωσε ότι διατηρεί μακροχρόνιες σχέσεις με τις δυο Ιαπωνικές εταιρείες στον τομέα του πυρηνικού κύκλου και ότι υπήρχε ακόμα ανοιχτή η ευκαιρία για άλλους στρατηγικούς επενδυτές. Η MHI επιβεβαίωσε ότι θα έκανε ανάλογη κίνηση για την απόκτηση μειοψηφικού πακέτου μετοχών της Areva NP.

Τον Φεβρουάριο του 2018, ανακοινώθηκε ότι τόσο η JNFL όσο και η MHI είχαν ολοκληρώσει τις επενδύσεις τους , παραχωρώντας και στις 2 εταιρείες ένα ποσοστό της τάξης του 5%. Η ανακοίνωση αυτή σήμανε το τέλος του πλάνου αναδιοργάνωσης της εταιρείας. Οι υπόλοιπες μετοχές της εταιρείας ανήκουν στο Γαλλικό Δημόσιο, 45,8% άμεσα, 4,2% μέσω της CEA και 40% μέσω της Areva. Η Areva βλέπει τη νέα εταιρεία ως επικεντρωμένη σε λιγότερο επίφοβες οικονομικά δραστηριότητες και ως ελπιδοφόρα για να αναπτυχθεί.

Το στρατηγικό πλάνο της Orano εστιάζει σε 3 στόχους:

1. Την αύξηση κατά 30% των εσόδων από την Ασία
2. Την σημείωση κερδών μέσα στο 2018

3. Την εξασφάλιση ότι το 50% του προσωπικού της θα συμμετάσχει στην παροχή υπηρεσιών μέχρι το 2020

Επιπλέον, η Orano στοχεύει στην επένδυση €1,8 δις για την ανακαίνιση των αντιδραστήρων της μέχρι και το 2025. Ενδιαφέρον για συμμετοχή στην Orano έχει εκφραστεί τόσο από την Rosatom όσο και από την CNNC.

Οι πρώτοι 9 αντιδραστήρες ήταν οι UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz). Ήταν παρόμοιοι με τους Βρετανικούς Magnox αλλά αναπτύχθηκαν ξεχωριστά από αυτούς. Στη συνέχεια, η EDF αποφάσισε να στραφεί στους PRW, σε συνδυασμό με νέες εγκαταστάσεις εμπλουτισμού του ουρανίου και εξ ολοκλήρου ανάπτυξη τους στο εσωτερικό της χώρας.

Όλες οι Γαλλικές μονάδες (με τις δυο πρώτες να προέρχονται από την Westinghouse) είναι PWR, σχεδιασμού της Framatome (πλέον Areva). Οι αντιδραστήρες χωρίζονται σε 3 επιμέρους κατηγορίες:

1. 900 MWe (34)
2. 1300 MWe (20)
3. 1450 MWe (4)

Class	Reactor	MWe net, each	Commercial operation	
900 MWe	Blayais 1-4	910	12/81, 2/83, 11/83, 10/83	
	Bugey 2-3	910	3/79, 3/79	
	Bugey 4-5	880	7/79-1/80	
	Chinon B 1-4	905	2/84, 8/84, 3/87, 4/88	
	Cruas 1-4	915	4/84, 4/85, 9/84, 2/85	
	Dampierre 1-4	890	9/80, 2/81, 5/81, 11/81	
	Fessenheim 1-2	880	12/77, 3/78	
	Gravelines B 1-4	910	11/80, 12/80, 6/81, 10/81	
	Gravelines C 5-6	910	1/85, 10/85	
	Saint-Laurent B 1-2	915	8/83, 8/83	
	Tricastin 1-4	915	12/80, 12/80, 5/81, 11/81	
	1300 MWe	Belleville 1 & 2	1310	6/88, 1/89
		Cattenom 1-4	1300	4/87, 2/88, 2/91, 1/92
Flamanville 1-2		1330	12/86, 3/87	
Golfech 1-2		1310	2/91, 3/94	
Nogent s/Seine 1-2		1310	2/88, 5/89	
Paluel 1-4		1330	12/85, 12/85, 2/86, 6/86	
Penly 1-2		1330	12/90, 11/92	
Saint-Alban 1-2		1335	5/86, 3/87	
N4 – 1450 MWe	Chooz B 1-2	1500	12/96, 1999	
	Civaux 1-2	1495	1999, 2000	
Total (58)		63,130		

Οι μικρές διαφορές στην παραγωγή που απεικονίζονται παραπάνω, συνήθως οφείλονται σε διαφορές στην διαδικασία ψύξης

Η Framatome, με την συνδρομή της Siemens, ανέπτυξε τον EPR (European Pressurized Water Reactor), η κατασκευή του οποίου βασίστηκε στον Γαλλικό N4 και στους Γερμανικούς Κορνοι, ώστε να έρθουν σε συμφωνία με τις Ευρωπαϊκές καθώς και τις Αμερικάνικες απαιτήσεις χρησιμότητας. Το 1995 καθιερώθηκαν ως το βασικό Γαλλικό μοντέλο, ενώ έλαβαν την σχετική έγκριση το 2004. Η Areva πούλησε 4 EPR το 2007 στην Φινλανδία, την EDF και την Κίνα. Έκτοτε δεν έχει προχωρήσει σε κάποια πώληση, αν και φημολογείται ότι υπάρχουν σχέδια κατασκευής στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Η Areva NP συνεργάζεται με την EDF για την ανάπτυξη ενός νέου μοντέλου EPR, του EPR NM, ο οποίος θα χαρακτηρίζεται από πιο απλουστευμένη κατασκευή καθώς και μειωμένο κόστος. Ο βασικός σχεδιασμός ήταν ολοκληρωμένος κατά 30% το 2016 με προοπτική να έχει ολοκληρωθεί το 2020, με την EDF να δηλώνει ότι αυτό θα ήταν το μοντέλο που θα αντικαταστήσει τον Γαλλικό στόλο στα τέλη της δεκαετίας του 2020.

Στον απόηχο του ατυχήματος στην Φουκουσίμα, η IRSN προχώρησε σε μια εξάμηνη αξιολόγηση της ασφάλειας των αντιδραστήρων. Η αναφορά που εξέδωσε προτείνει ένα νέο σύνολο κανόνων ασφαλείας, που θα σκοπεύουν στο να εξασφαλίσουν ότι οι ζωτικές λειτουργίες του αντιδραστήρα θα συνεχίσουν κανονικά την λειτουργία τους σε περίπτωση εξωτερικών γεγονότων, όπως σεισμοί, πυρκαγιές κλπ.

1.3 Ανανέωση Αδειών και αναβαθμίσεις.

Σε όλους τους αντιδραστήρες των 900 MWe έγιναν εργασίες συντήρησης που αύξησαν το προσδόκιμο ζωής τους κατά 10 χρόνια το 2002. Οι περισσότεροι ξεκίνησαν την λειτουργία τους στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Η διαδικασία αξιολόγησης της κάθε μονάδας διαρκεί συνήθως 4 μήνες. Κατόπιν αξιολόγησης των αντιδραστήρων των 1300 MWe, η ρυθμιστική αρχή ενέκρινε εργασίες συντήρησης που θα αύξαναν το προσδόκιμό τους κατά 10 χρόνια. Η αξιολόγηση των αντιδραστήρων των 1300 MWe ξεκίνησε το 2015 και αναμένεται να ολοκληρωθεί μέχρι το 2024.

Τον Ιούλιο του 2009 η Αρχή Πυρηνικής Ασφάλειας (ASN) ενέκρινε το πλάνο ασφαλείας της EDF για την 40ετή λειτουργία των αντιδραστήρων των 900 MWe, απόφαση που βασίστηκε σε μια γενική αξιολόγηση των 34 μονάδων. Κάθε μονάδα θα περάσει από διαδικασία επιθεώρησης κατά την διάρκεια της διακοπής λειτουργίας τους για την συντήρηση μετά τα 30 χρόνια λειτουργίας, ξεκινώντας με τον Tricastin 1. Τον Δεκέμβριο του 2010, η ASN επέκτεινε την άδεια της κατά 10 χρόνια, μέχρι το 2020, και τον Φεβρουάριο του 2015 έκανε το ίδιο για την μονάδα 2, μέχρι το 2021, απόφαση που υπόκειται σε πιθανές αλλαγές στο σύστημα ασφαλείας λόγω του ατυχήματος στην Φουκουσίμα. Το 2016, ο Gravelines B1 ήταν ο δέκατος αντιδραστήρας των 900 MWe που επεκτάθηκε η άδεια λειτουργίας του στα 40 χρόνια, όπως έχει γίνει και για τους Bugey 2, 4 και 5, τον Fessenheim 1 και 2, τον Dampierre 1 και τον Tricastin 1-3.

Τον Ιούλιο του 2011, η ASN ενέκρινε την 10ετή επέκταση της άδειας λειτουργίας του Fessenheim 1, του παλαιότερου λειτουργικού αντιδραστήρα (ξεκίνησε την λειτουργία του το 1977). Ο Fessenheim 1 υπόκειται σε αλλαγές, οι οποίες πρόκειται να αυξήσουν το πάχος της τσιμεντένιας βάσης του κατά μισό μέτρο, καθιστώντας τον πιο ανθεκτικό στα πυρηνικά απόβλητα. Επιπλέον, υπάρχει πρόβλεψη για την διαδικασία επείγουσας ψύξης του ραδιενεργού υλικού, σε περίπτωση δυσλειτουργίας του μετατροπέα θερμότητας. Οι εργασίες ολοκληρώθηκαν στα μέσα του 2013. Ανάλογες εργασίες θα πραγματοποιηθούν και στον Fessenheim 2, για τις οποίες δεσμεύτηκε η EDF μετά την ολοκλήρωση των εργασιών στην 1^η μονάδα. Η ASN ενέκρινε την 10ετή επέκταση της άδειας λειτουργίας για τον Bugey 2 τον Ιούλιο του 2012 και για τον Bugey 4 τον Ιούλιο του 2013.

Τον Ιούλιο του 2010, η EDF δήλωσε ότι εξέταζε το ενδεχόμενο της 60ετούς λειτουργίας όλου του υπάρχοντος στόλου της. Αυτό θα περιλάμβανε την αντικατάσταση όλων των γεννήτριων ατμού (3 σε κάθε αντιδραστήρα των 900 MWe και 4 σε κάθε αντιδραστήρα των 1300 MWe) καθώς και άλλες εργασίες συντήρησης, συνολικού κόστους 400-600 εκατομμυρίων για κάθε αντιδραστήρα προκειμένου η λειτουργία τους να υπερβεί τα 40 χρόνια. Μέχρι στιγμής η EDF έχει αντικαταστήσει τις γεννήτριες ατμού σε 22 αντιδραστήρες, ενώ το 2011 παρήγγειλε 44 γεννήτριες για 11 αντιδραστήρες των 1300 MWe, έναντι €1,5 δις

Το 2012, η κυβέρνηση ανακοίνωσε τον τερματισμό της λειτουργίας των Fessenheim1 και 2 μέχρι το 2017 για πολιτικούς λόγους, ανεξάρτητα από τις αναφορές ασφαλείας. Η κίνηση αυτή απαιτούσε την αποζημίωση των κατόχων μειοψηφικών πακέτων μετοχών, όπως η Γερμανική EnBW (17,5%) και των Alpiq, Axpo και BKW στην Ελβετία που διατηρούν συνδυαστικά το 15%. Τον Σεπτέμβριο του 2014, έκθεση που παρουσιάστηκε στην Βουλή επιβεβαίωσε ότι δεν υπήρχαν τεχνικά ζητήματα πίσω από την απόφαση για τον τερματισμό της λειτουργίας των 2 αντιδραστήρων, απόφαση η οποία θα κόστιζε στο κράτος €5 δις, στα οποία περιλαμβάνονταν €4 δις ως αποζημίωση προς την EDF. Οι δυο αντιδραστήρες είχαν ετήσια κέρδη της τάξης των €200 εκατομμυρίων, και η επέκταση της λειτουργίας τους μετά το 2016, μέχρι το 2040 θα οδηγούσε σε κέρδη της τάξης των €4,7 δις. Η αναφορά κατέληγε ότι «ανεξάρτητα από την πολιτική που θα ακολουθηθεί, θα ήταν λογικό, από οικονομικής και δημοσιονομικής απόψεως, να διατηρηθεί το όφελος από το πυρηνικό πλεόνασμα με την συνέχιση της λειτουργίας των δυο μονάδων». Ο υπουργός ενέργειας δήλωσε ότι υπό το πρίσμα της πρόσφατης επένδυσης στον Fessenheim, ενδεχομένως θα έπρεπε να τερματιστεί η λειτουργία κάποιων άλλων μονάδων. Τότε, το Νοέμβριο του 2015, η κυβέρνηση συμφώνησε με την πρόταση της EDF για τον τερματισμό της λειτουργίας του Fessenheim μόνο μετά την ολοκλήρωση και πλήρη λειτουργία του Flamanville 3 το 2019. Τον Αύγουστο του 2016, η κυβέρνηση συμφώνησε στην καταβολή αποζημίωσης στην EDF για τον τερματισμό της λειτουργίας 2 μονάδων, το ποσό της οποίας θα καθοριζόταν από τις συνολικές τιμές πώλησης του ηλεκτρισμού μέχρι το 2041. Τον Ιανουάριο του 2017, η EDF συμφώνησε στο πρωτόκολλο για την αποζημίωση, το οποίο θα τεθεί σε λειτουργία, όταν η EDF αιτηθεί επισήμως τον τερματισμό της λειτουργίας των μονάδων. Το αρχικά συμφωνηθέν ποσό των €490 εκατομμυρίων θα κάλυπτε τα αναμενόμενα έσοδα που σχετίζονται με τον τερματισμό της λειτουργίας του Fessenheim. Σε αυτά περιλαμβάνονται: επανεκπαίδευση του προσωπικού, παροπλισμό της μονάδας και ζητήματα φορολογίας. Το 20% της αρχικής πληρωμής θα καταβληθεί μέσα στο 2019, με το υπολειπόμενο ποσό να καταβάλλεται μέχρι το 2021. Επιπλέον, θα λάμβαναν χώρες διάφορες επιπρόσθετες πληρωμές για να καλύψουν την απώλεια κερδών της EDF μέχρι το 2041.

Τον Απρίλιο του 2017, το ΔΣ της EDF αποφάσισε να ενημερώσει για τον τερματισμό της λειτουργίας του Fessenheim 6 μήνες προτού τεθεί σε λειτουργία ο Flamanville 3. Ωστόσο, η ενημέρωση θα λάβει χώρα μόνο «αν ο τερματισμός της λειτουργίας του Fessenheim είναι απαραίτητος για την συμμόρφωση με το νομικό όριο των 63,2 GW τόσο κατά την ημερομηνία υποβολής της αίτησης όσο και κατά την ημερομηνία εκκίνησης της λειτουργίας του Flamanville 3». Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η λειτουργία του Fessenheim θα συνεχιστεί τουλάχιστον μέχρι το τέλος του 2018.

Τον Φεβρουάριο του 2014, η EDF παρουσίασε στην Βουλή το πρόγραμμα επέκτασης του προσδόκιμου ζωής των αντιδραστήρων ύψους €55 δις, με ορίζοντα ολοκλήρωσης μέχρι το 2025. Αυτό περιλαμβάνει €15 δις για την αντικατάσταση εξαρτημάτων στους 58 αντιδραστήρες της, €10 δις για τροποποιήσεις μετά το ατύχημα στην Φουκουσίμα και €10 δις για την μεγιστοποίηση της ασφάλειας από εξωτερικούς κινδύνους. Υποδείκνυε ότι υπήρχαν μόνο 2 μέρη που δεν μπορούσαν να αντικατασταθούν. Αυτά ήταν:

- Ο αγωγός πίεσης του αντιδραστήρα
- Το κτίριο ανάσχεσης του αντιδραστήρα

Τα υπόλοιπα εξαρτήματα έχουν ένα προσδόκιμο ζωής 25-35 χρόνων και απαιτούν ανακαίνιση ή αντικατάσταση. Η ASN ανακοίνωσε ότι θα εξέταζε το προσδόκιμο ζωής των αντιδραστήρων στηριζόμενοι σε κριτήρια από την 3^η γενιά αντιδραστήρων, ανεξάρτητα από την χρονολογία κατασκευής των αντιδραστήρων. Το 2017, η EDF ανακοίνωσε μείωση του κόστους του προγράμματος στα €48 δις.

Τον Μάρτιο του 2015, η ASN ανακοίνωσε ότι δεν υπήρχαν στοιχεία που να υποδεικνύουν πρόβλημα με την ασφαλή λειτουργία των αντιδραστήρων των 1400 MWe για 40 χρόνια. Θεωρεί τα μέτρα που έχουν σχεδιαστεί ή παρθεί αναφορικά με την εκτίμηση της κατάστασης των αντιδραστήρων και την σχετική ανακαίνισή τους ως επαρκή. Ωστόσο, το πόρισμα τους δεν λαμβάνει υπόψη την κατάσταση των αγωγών πίεσης μετά το πέρας των 30 ετών λειτουργίας, ούτε και τα ευρήματα που ενδεχομένως να προκύψουν κατά την διάρκεια της τρίτης δεκαετούς αξιολόγησης της περιόδου 2015-2024.

Τον Φεβρουάριο του 2016, το Ελεγκτικό Συνέδριο της χώρας δήλωσε ότι σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του το πρόγραμμα επέκτασης ζωής των αντιδραστήρων της EDF, θα ολοκληρωνόταν το 2030 και θα συμπεριλάμβανε επιπλέον €25 δις σε λειτουργικά έξοδα. Επιπλέον, δήλωσε ότι παρά τις όποιες αβεβαιότητες, το πρόγραμμα αυτό δεν αναμένεται να επηρεάσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, σύμφωνα πάντα με την άποψη του Ελεγκτικού Συνεδρίου οι επιπτώσεις από το νόμο για την ενεργειακή μετάβαση που απαιτούσε την μείωση της συμμετοχής των πυρηνικών αντιδραστήρων θα ήταν πολύ μεγαλύτερες, ενώ δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια αξιολόγηση των πιθανών οικονομικών επιπτώσεων πριν την δημοσίευση του νόμου.

1.4 Νέες Κατασκευές

Τον Φεβρουάριο του 2004 το ΔΣ της EDF αποφάσισε την κατασκευή του πρώτου αντιδραστήρα από την νέα γενιά EPR της Areva, απόφαση η οποία επιβεβαιώθηκε τον Μάιο του 2006, μετά από Δημόσια Συζήτηση, όταν ενέκρινε την κατασκευή την κατασκευή μιας νέας μονάδας EPR παραγωγικής ικανότητας 1650 MWe στο Flamanville, στη Νορμανδία,

στην ίδια τοποθεσία που βρίσκονται δυο δυο αντιδραστήρες παραγωγικής ικανότητας 1300 Mwe. Η απόφαση θεωρήθηκε ως ένα ουσιώδες βήμα στην προσπάθεια ανανέωσης το μείγμα παραγωγής της EDF.

Το κόστος κεφαλαίου της κατασκευής εκτιμήθηκε στα €3,3 δις, με την ισοτιμία του 2005 και η τιμή του παραγόμενου ηλεκτρισμού στα 4,6 cents/Kwh. Η καθαρή παραγωγική ικανότητα του Flamanville 3 υπολογίζεται στα 1630 MWe

Κατόπιν συμφωνίας του 2005 με την EDF, η Ιταλική ENEL επρόκειτο να συμμετάσχει σε ποσοστό 12,5% στον Flamanville 3, που αντιστοιχεί σε 200 MWe της παραγωγικής του ικανότητας. Επιπλέον, θα συμμετάσχει στον σχεδιασμό, την κατασκευή και την λειτουργία του. Ωστόσο, στις αρχές του 2007 η EDF υπαναχώρησε από την συμφωνία, και δήλωσε ότι θα κατασκεύαζε τον αντιδραστήρα χωρίς την συνδρομή της ENEL, διατηρώντας πλήρη δικαιώματα επί της παραγωγικής του δραστηριότητας. Εντούτοις, τον Νοέμβριο του ίδιου έτους η αρχική συμφωνία επιβεβαιώθηκε, με το κόστος για την ENEL να ανέρχεται στα €450 εκατομμύρια, ενώ θα διατηρούσε το αντίστοιχο ποσοστό και σε πέντε ακόμα μονάδες. Από την πλευρά της, η EDF αποκτούσε το δικαίωμα να συμμετάσχει στην κατασκευή και την διαχείριση μελλοντικών αντιδραστήρων της ENEL τόσο στην Ιταλία όσο και στην υπόλοιπη Ευρώπη. Ωστόσο, τον Δεκέμβριο του 2012 η ENEL αποσύρθηκε οριστικά από το έργο, δηλώνοντας ότι θα επιδιώξει την επέκτασή της στην Γαλλική αγορά με διαφορετικά μέσα.

Οι εργασίες προετοιμασίας στο Flamanville στην ακτή της Νορμανδίας καθώς και η έγχυση του πρώτου τσιμέντου ολοκληρώθηκε τον Δεκέμβριο του 2007, με την κατασκευή να αναμένεται να διαρκέσει 54 μήνες και την εμπορική λειτουργία του αντιδραστήρα να αναμένεται για τον Μάιο του 2012. Τον Ιανουάριο του 2007 η EDF προχώρησε σε παραγγελία του συστήματος παραγωγής ατμού για τον αντιδραστήρα από την Areva. Η παραγγελία για την τουρμπίνα του αντιδραστήρα έγινε το 2006 από την Alstom. Αυτό αποσκοπούσε ότι θα «κλείδωνε» το 85% του εκτιμώμενου κόστους του αντιδραστήρα. Μετά από μια σειρά αναθεωρήσεων αναφορικά με το αναγκαίο κόστος κεφαλαίου, η EDF ανακοίνωσε ότι το συνολικό έργο αναμένεται να κοστίσει €10,5 δις, ενώ η ημερομηνία ολοκλήρωσης μετατέθηκε για τον Μάιο του 2019, 7 χρόνια μετά τις αρχικές εκτιμήσεις. Τον Ιούλιο του 2017, η EDF ανακοίνωσε ότι το 98% των εργασιών είχε ολοκληρωθεί.

Λοιπά Projects

	Type	MWe gross	Construction start	Grid connection	Commercial operation
Flamanville 3	EPR	1750	12/07	May 2019	2019
Penly 3	EPR	1750	cancelled		

Τον Ιανουάριο του 2006, ο Πρόεδρος της Γαλλίας ανακοίνωσε ότι η CEA θα ξεκίναγε την έρευνα και τον σχεδιασμό για έναν αντιδραστήρα 4^{ης} γενιάς, με προοπτική να τεθεί σε λειτουργία το 2020. Η Γαλλία επιδιώκει την ανάπτυξη 3 νέων τεχνολογιών για τους αντιδραστήρες 4^{ης} γενιάς:

- Ταχυαντιδραστήρα με σύστημα ψύξης μέσω αερίων
- Ταχυαντιδραστήρα με σύστημα ψύξης που θα στηρίζεται στο νάτριο

- Αντιδραστήρα καύσης σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες

Η CEA δείχνει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην ανάπτυξη των ταχυαντιδραστήρων, καθώς θεωρεί ότι θα παράγουν μικρότερες ποσότητες πυρηνικών αποβλήτων, ενώ ταυτόχρονα θα εκμεταλλεύονται σε μεγαλύτερο βαθμό τα αποθέματα Ουρανίου της χώρας

Τον Δεκέμβριο του 2006, η Επιτροπή Ατομικές Ενέργειας αποφάσισε να προχωρήσει με την ανάπτυξη των ταχυαντιδραστήρων 4^{ης} γενιάς, των οποίων το σύστημα ψύξης θα στηρίζεται στην χρήση νατρίου. Οι λεπτομέρειες του σχεδιασμού αποφασίστηκαν το 2012, ενώ η λειτουργία του πρωτότυπου μοντέλου αναμένεται να ξεκινήσει το 2020. Η επιτροπή στοχεύει στην ανάπτυξη ενός ταχυαντιδραστήρα, ο οποίος θα είναι περισσότερο ανταγωνιστικός και ταυτόχρονα ασφαλής. Επιπλέον, ο νέος ταχυαντιδραστήρας θα διαθέτει αναβαθμισμένες λειτουργίες ανακύκλωσης του καυσίμου που αποσκοπούν στην καλύτερη διαχείριση της σύστασης αλλά και της ποσότητας των πυρηνικών αποβλήτων. Ο στόχος είναι να έχει αναπτυχθεί πλήρως η τεχνολογία για έναν τέτοιο αντιδραστήρα, ο οποίος θα είναι έτοιμος για εμπορική χρήση το διάστημα 2035-2040. Το πρωτότυπο, που πιθανότατα θα κατασκευαστεί δίπλα στο Phenix, θα έχει παραγωγική ικανότητα 250-800 MWe και αναμένεται να κοστίσει από €1,5 έως €2 δις

1.5 Παροπλισμός Αντιδραστήρων

Δεκατρείς πειραματικοί και εμπορικοί αντιδραστήρες πρόκειται να παροπλιστούν στην Γαλλία., εννέα εξ αυτών πρώτης γενιάς, ενώ οι έξι φέρουν αρκετές ομοιότητες με τον αγγλικό αντιδραστήρα τύπου Magnox. Η λειτουργία των αντιδραστήρων έχει σταματήσει από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 και υπάρχει ανεπτυγμένο πλάνο για τον πλήρη παροπλισμό τους. Ωστόσο, η διαδικασία δεν έχει ολοκληρωθεί καθώς εκκρεμεί η διαθεσιμότητα των σημείων για την εναπόθεση των αποβλήτων των αντιδραστήρων. Μέχρι στιγμής έχει ολοκληρωθεί ο παροπλισμός του Marcoule G2. Επιπλέον, άδεια παροπλισμού εκδόθηκε το 2006 για τον Brennilis και για τον Chooz A το 2007. Η EDF υποδεικνύει τον Chooz A ως την πιο χαρακτηριστική περίπτωση παροπλισμού, η ολοκλήρωση του οποίου έχει προγραμματιστεί για το 2022

Παροπλισμός αντιδραστήρων

Reactor	Type	MWe	operational
Chooz A	PWR	300	1967-91
Brennilis	GCHWR	70	1967-85
Marcoule G1	UNGG/GCR	2	1956-68
Marcoule G2	UNGG/GCR	40	1959-80
Marcoule G3	UNGG/GCR	40	1960-84
Chinon A1	UNGG/GCR	70	1963-73
Chinon A2	UNGG/GCR	200	1965-85
Chinon A3	UNGG/GCR	480	1966-90
Saint-Laurent A1	UNGG/GCR	480	1969-90
Saint-Laurent A2	UNGG/GCR	515	1971-92
Bugey 1	UNGG/GCR	540	1972-94
Creys-Malville	FNR	1240	1986-97
Phénix	FNR	233	1973-2009

Τον Απρίλιο του 2008 η ASN εξέδωσε ένα υπόμνημα για τον παροπλισμό, μέσω του οποίου προτείνει ότι οι Γαλλικές μονάδες να υιοθετήσουν μια στρατηγική «άμεσου παροπλισμού» έναντι της τακτικής για την ασφαλή τους φύλαξη και τον μετέπειτα παροπλισμό τους. Επιπλέον, το υπόμνημα προβλέπει ευρεία ενημέρωση του κοινού γύρω από την διαδικασία του παροπλισμού.

Τον Ιούνιο του 2016, η EDF δήλωσε στην ASN ότι θα υιοθετούσε μια νέα στρατηγική παροπλισμού για τους έξι αντιδραστήρες στο Bugey, το Chinon και το Saint-Laurent. Η απόφαση αυτή θα πάει την διαδικασία παροπλισμού πίσω κατά αρκετά χρόνια. Από την διαδικασία παροπλισμού που θα ακολουθήσει η EDF θα προκύψουν:

- 500 τόνοι παλαιών ενδιάμεσων αποβλήτων (Intermediate Level Waste)
- 18000 τόνοι γραφίτη
- 41000 τόνοι νέων ενδιάμεσων αποβλήτων (Intermediate Level Waste)
- 105000 τόνοι αποβλήτων χαμηλού επιπέδου (Low Level Waste)

Τον Ιανουάριο του 2012, το Ελεγκτικό Συνέδριο της Γαλλίας εξέδωσε μια αναφορά σχετικά με το πόσο κοστίζει η πυρηνική ενέργεια στην Γαλλία. Συμπεριλάμβανε ένα κομμάτι που αφορά τον παροπλισμό και εκτιμά ότι τα μελλοντικά κόστη της Γαλλίας για τον παροπλισμό όλων των πυρηνικών της εγκαταστάσεων (Αντιδραστήρες, ερευνητικές εγκαταστάσεις και εγκαταστάσεις που άπτονται του πυρηνικού κύκλου) καθώς και την διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων ανέρχονται στα €79,4 δις. Το κόστος κατεδάφισης των εγκαταστάσεων ανέρχεται στα €31,9 δις, στα οποία περιλαμβάνονται €18,4 δις για την αποσύνθεση των 58 αντιδραστήρων της EDF. Το κόστος διαχείρισης των πυρηνικών καυσίμων υπολογίζεται στα €14,8 δις, ενώ αυτής των αποβλήτων θα κοστίσει €28,4 δις. Ωστόσο, επεσήμανε το Ελεγκτικό Συνέδριο ότι τα νούμερα είναι ενδεικτικά, καθώς δεν υπάρχουν απτά στοιχεία μέχρι στιγμής γύρω από το κόστος του παροπλισμού. Επιπλέον, μια ενδεχόμενη αύξηση των μελλοντικών εξόδων θα είχε μια αξιοσημείωτη επίπτωση στο ετήσιο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού.

Τον Ιανουάριο του 2017, μια επιτροπή της Βουλής δήλωσε: « Το Κόστος του παροπλισμού θα είναι μεγαλύτερο από τις εκτιμήσεις, ενώ η περίοδος διεκπεραίωσης θα είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη.» Επιπλέον, αμφισβήτησε ευθέως τα πορίσματα της EDF, που αποτιμούν τα συνολικά κόστη σε €75 δις. Η EDF απάντησε ότι πρόκειται να αναλάβει την πλήρη ευθύνη, τεχνική και οικονομική, για τον παροπλισμό των πυρηνικών μονάδων της, ενώ το γεγονός ότι βρίσκεται σε διαδικασία παροπλισμού 9 μονάδων, της παρέχει μια ικανοποιητική βάση προκειμένου να εκτιμήσει τα μελλοντικά έξοδα για τον παροπλισμό των υπόλοιπων μονάδων. Τέλος, επεσήμανε ότι οι πόροι για την διεκπεραίωση του παροπλισμού ελέγχονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος της χώρας.

1.6 Εξαγωγές πυρηνικής ενέργειας και τεχνολογίας

Η Γαλλία διατηρεί τα πρωτεία στην εξαγωγή ηλεκτρισμού παγκοσμίως χάρη στο εξαιρετικά χαμηλό κόστος παραγωγής, κερδίζοντας παραπάνω από €3 δις δολάρια ετησίως. Επιπλέον, έχει υπάρξει ιδιαίτερα ενεργή στην ανάπτυξη πυρηνικής τεχνολογίας. Οι αντιδραστήρες, η παροχή υπηρεσιών και ακόμη περισσότερο τα παράγωγα των πυρηνικών καυσίμων αποτελούν σημαντικό κομμάτι των εξαγωγών της χώρας. Περίπου το 17% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Γαλλία προέρχεται από ανακυκλωμένα πυρηνικά καύσιμα. Κατά την τελευταία δεκαετία, η Γαλλία έχει καθαρές εξαγωγές ύψους 70 Twh ανά έτος, ενώ η

Electricité de France (EDF) εκτιμά ότι οι εξαγωγές θα παραμείνουν στα ίδια επίπεδα και τα επόμενα χρόνια. Το 2014, οι εξαγωγές ηλεκτρισμού έχουν ως κύριους παραλήπτες την Ιταλία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ελβετία, το Βέλγιο, την Ισπανία και την Γερμανία.

Ο καθιερωμένος πλέον PWR των 900 MWe έχει πωληθεί σε σημαντικό αριθμό χωρών:

- 2 στο Ιράν
- 2 στη Νότιο Αφρική
- 2 στη Νότιο Κορέα
- 4 στην Κίνα

Η αρχική συμφωνία με το Ιράν κατέρρευσε πολιτικά το 1979 και τα μηχανολογικά τμήματα που είχαν παραμείνει στην Γαλλία χρησιμοποιήθηκαν στον Gravelines. Το μοντέλο CPR-1000 της Κίνας στηρίζεται στον Γαλλικό M310

Η Framatome σε συνεργασία με την Γερμανική Siemens ανέπτυξαν τον EPR (European Pressurised Water Reactor), ο οποίος στηρίχτηκε στον Γαλλικό N4 και στον Γερμανικό Konvoi. Η Areva NP πούλησε 4 EPR το 2007, στην Κίνα (2), την Γαλλία και την Φινλανδία. Το 2009, η Areva με την GDF-Suez και την Total κατέθεσαν πρόταση για την κατασκευή τεσσάρων ERP στα ΗΑΕ, χωρίς όμως επιτυχία. Η Areva δεν έχει προχωρήσει στην πώληση κάποιου EPR από το 2007, αν και φημολογείται ότι υπάρχουν σχέδια για την κατασκευή τους στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Export sales and prospects for French nuclear power plants

Country	Plant	Type	Est. cost	Company	Status, financing
Iran	Darkhovin 1&2	M310	\$2 billion	Framatome	Cancelled in 1979
South Africa	Koeberg 1&2	M310		Framatome	Commissioned 1984-85
South Korea	Hanul/ Ulchin 1&2	M310		Framatome	Commercial operation 1988-89
China	Daya Bay	M310		Framatome	Commercial operation 1994
China	Ling Ao	M310		Framatome	Commercial operation 2002
Finland	Olkiluoto 3	EPR		Areva NP	Construction delayed and over budget
China	Taishan 1&2	EPR		Areva NP	Construction delayed and over budget
Turkey	Sinop 1-4	Atmea1	\$22 billion	MHI-Areva	Planned
UK	Hinkley Point C 1&2	EPR	£19.6 billion	Areva NP	Planned, construction start 2019
UK	Sizewell C 1&2	EPR		Areva NP	Planned

Μετά την απώλεια του συμβολαίου στα ΗΑΕ, το CPN το 2011 ζήτησε από την Areva, την EDF και την GDF-Suez (πλέον Engie) να ενισχύσουν την συνεργασία τους στα πλαίσια της ανάπτυξης του Atmea 1. Πρόκειται για έναν μεσαίο αντιδραστήρα 1100 MWe τρίτης γενιάς, ο οποίος αναπτύσσεται στα πλαίσια μιας συμφωνίας του 2006 ανάμεσα στην Areva NP και την Mitsubishi Heavy Industries. Ο αντιδραστήρας αυτός απευθύνεται κυρίως σε χώρες που δεν διαθέτουν μονάδες παραγωγής πυρηνικής ενέργειας, αν και το CPN δήλωσε ότι εξετάζει το ενδεχόμενο ανάπτυξης μιας αρχικής μονάδας στην Γαλλία, κατόπιν προτάσεως της GDF-Suez. Τον Μάιο του 2013, η Τουρκική κυβέρνηση αποδέχτηκε την πρόταση της Κοινοπραξίας της Mitsubishi με την Areva και την Itochu, για την κατασκευή 4 αντιδραστήρων Atmea 1 στην Σινώπη, έναντι \$22 δις.

Η Επιτροπή Πυρηνικής Στρατηγικής (CSFN) συστάθηκε τον Φεβρουάριο του 2011 από την CPN και αποτελείται από αντιπροσώπους 80 εταιρειών και επιχειρήσεων του κλάδου. Η Διεύθυνση της έχει ανατεθεί στην EDF. Το αποθεματικό της CFSN για τον εκσυγχρονισμό των Πυρηνικών Επιχειρήσεων διαθέτει κεφάλαιο ύψους €133 εκατομμυρίων, με τα €50 εκατομμύρια να προέρχονται από την Τράπεζα Επενδύσεων της Γαλλίας. Η Areva θα συνεισφέρει €13 εκατομμύρια, η Alstom €10, ενώ τα υπόλοιπα θα προέρχονταν από τις τρεις μεγαλύτερες κατασκευαστικές, την Bouygues, την Vinci και την Eiffage. Η κίνηση αυτή αποτυπώνει την επιθυμία της Γαλλίας να διατηρήσει έναν σημαντικό ρόλο στις πυρηνικές εξαγωγές μέσω μιας «πατριωτικής αλληλεγγύης»

Η CPN πρότεινε στην CEA, η οποία διαμορφώνει την πυρηνική πολιτική της Γαλλίας, την διαπραγμάτευση με τις Κινεζικές αρχές για την ανάπτυξη μιας συνεργασίας μεταξύ των δύο χωρών σε όλο το φάσμα του πυρηνικού κλάδου. Η συνεργασία αυτή θα μπορούσε να οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων τύπων αντιδραστήρων μέσω της ανταλλαγής τεχνογνωσίας, ωστόσο, η ASN επεσήμανε ότι δεν πρέπει να υπάρξει καμία Γαλλική συμμετοχή σε ανάπτυξη αντιδραστήρων, οι οποίοι δεν είναι αδειοδοτημένοι στην Γαλλία. Οι εξελίξεις αυτές ανέδειξαν την σημασία του ρόλου της AFNI (Agence France Nucleaire International), που συστάθηκε το 2008 από την CEA, για να λειτουργήσει ως αρωγός της διεθνούς συνεργασίας στα ζητήματα πυρηνικής φύσης. Στόχος της είναι η δημιουργία δομών και συστημάτων που θα επιτρέπουν την δημιουργία ειρηνικών πυρηνικών προγραμμάτων σε χώρες που θέλουν να τα αναπτύξουν, ενώ θα παρέχει και σχετική τεχνογνωσία

Η περίπτωση της Βραζιλίας

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η Βραζιλία ξεκίνησε την ανάπτυξη πυρηνικής τεχνολογίας το 1951, με την ερευνητική διαδικασία να εντείνεται κατά την περίοδο του στρατιωτικού καθεστώτος το διάστημα 1964-1985. Το 1970, η κυβέρνηση αποφάσισε να δεχθεί προσφορές για την κατασκευή του πρώτου πυρηνικού αντιδραστήρα της χώρας. Η Westinghouse εξασφάλισε το συμβόλαιο για την ανέγερση του αντιδραστήρα Angra1, με την κατασκευή να ξεκινάει το 1971 σε μια παράκτια περιοχή μεταξύ του Ρίο Ντε Τζανέιρο και του Σάο Πάολο. Η αρχική κατασκευή έχει μετεξελιχθεί στον Κεντρικό Πυρηνικό αντιδραστήρα Almirante Alvaro Alberto (CNAAA) στην πολιτεία του Ρίο Ντε Τζανέιρο, 130 χιλιόμετρα δυτικά του Ρίο.

Το 1975, η κυβέρνηση της χώρας αποφάσισε να γίνει πυρηνικά αυτόρκτης και υπέγραψε συμφωνητικό με την Δυτική Γερμανία για την προμήθεια 8 πυρηνικών αντιδραστήρων 1300 MWh έκαστος σε βάθος 15 χρόνων. Οι δύο πρώτοι, οι Angra 2 και 3, θα κατασκευάζονταν άμεσα με την Kraftwerk Union να έχει αναλάβει τον εξοπλισμό τους. Ο εξοπλισμός των υπόλοιπων θα προερχόταν από την Βραζιλία σε ποσοστό 90%, σύμφωνα με τους όρους του συμφωνητικού. Προκειμένου να συμβεί αυτό, συστάθηκε η κρατική Empresas Nucleares Brasileiras S.A.(Nuclebrás), καθώς και ένας αριθμός θυγατρικών για να αναλάβουν κομμάτια του πυρηνικού κύκλου.

Ωστόσο, τα οικονομικά προβλήματα της χώρας οδήγησαν στην αναστολή της κατασκευής των 2 πρώτων Βραζιλο-Γερμανικών, και στην συνολική αναδιοργάνωση του του προγράμματος στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Το 1988, μια νέα εταιρεία, η Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB), πήρε την θέση των θυγατρικών της Nuclebras. Η ευθύνη για την κατασκευή των Angra 2 και 3 ανατέθηκε στην Furnas Centrais Elétricas S.A. (Furnas), μια θυγατρική της Eletrobras. Η κατασκευή του Angra 2 ξεκίνησε και πάλι το 1995, με \$1,3 δις δολάρια επιπλέον επενδύσεις από Γερμανικές Τράπεζες, την Furnas και την Eletrobras. Το 1997, η Furnas συγχωνεύτηκε με την Nuclen και σχημάτισαν την Eletrobrás Termonuclear S.A.(Eletronuclear), μια νέα θυγατρική της Eletrobras, που θα λειτουργούσε ως υπεύθυνη για όλες τις κατασκευαστικές και λειτουργικές διαδικασίες του συνόλου των πυρηνικών αντιδραστήρων. Τον Μάιο του 2015, η κυβέρνηση της Βραζιλίας ανακοίνωσε ότι η κατασκευή του Angra 3 θα ήταν η τελευταία που θα λάμβανε χώρα υπό την αιγίδα του δημοσίου, ανοίγοντας κατ' αυτό τον τρόπο τον δρόμο για ιδιωτικές επενδύσεις στις επόμενες 4 κατασκευές.

Ακόμα και σήμερα εξακολουθεί να υφίσταται μια σαφής επίδραση του στρατού πάνω στο πυρηνικό πρόγραμμα της χώρας, καθώς η Βραζιλία είναι η μόνη χώρα χωρίς πυρηνικό οπλοστάσιο, στην οποία ο στρατός παραχωρεί την τεχνογνωσία του για τον εμπλουτισμό του Ουρανίου για εμπορική χρήση, ενώ το ναυτικό της χώρας σημειώνει σημαντική πρόοδο στον τομέα της πυρηνικής ενέργειας, καθώς η Βραζιλία κατασκευάζει πυρηνικό υποβρύχιο, χωρίς να διαθέτει πυρηνικό οπλοστάσιο, όπως αναφέραμε και παραπάνω.

Η πυρηνική ενέργεια προσφέρει το 3% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Βραζιλία. Το 2015, η μεικτή παραγωγή στην χώρα άγγιξε τις 582 TWh, από τις οποίες το μεγαλύτερο ποσοστό προήλθε από υδροηλεκτρικά εργοστάσια (360 TWh), φυσικό αέριο (79 TWh) και βιομάζα (49 TWh). Από την πυρηνική ενέργεια προήλθαν 15 TWh. Οι καθαρές εισαγωγές ενέργειας άγγιξαν τις 34 TWh. Ωστόσο, οι σημαντικές απώλειες στο στάδιο της

μεταφοράς (93 TWh) είχε ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθούν οι 492 TWh. Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Βραζιλία έχει αυξηθεί σημαντικά από μόλις 1500 KWh/έτος το 1990 σε 2400 KWh/έτος το 2015.

Ο μεγάλος βαθμός εξάρτησης στην υδροηλεκτρική ενέργεια καθιστά την χώρα ευάλωτη στις κλιματικές αλλαγές, γεγονός που έχει οδηγήσει τις αρχές στην αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Η ξηρασία του 2001 είχε ως αποτέλεσμα έντονες ελλείψεις σε ενέργεια, ενώ η ξηρασία του 2015 είχε ακόμα μεγαλύτερο αντίκτυπο.

Περίπου το 40% της ενέργειας παράγεται από την κρατική Eletrobras, ενώ το 20% προέρχεται από κρατικές εγκαταστάσεις. Το υπόλοιπο προέρχεται από ιδιωτικές επιχειρήσεις. Μέχρι στιγμής, οι ιδιωτικές επενδύσεις σε μονάδες παραγωγής πυρηνικής ενέργειας δεν επιτρέπονται, ωστόσο, το ζήτημα έχει τεθεί προς επανεξέταση.

Τον Νοέμβριο του 2006, η κυβέρνηση ανακοίνωσε σχέδια για την ολοκλήρωση του Angra 3 καθώς και για την κατασκευή 4 ακόμα μονάδων 1000 MWe μετά το 2015 σε ένα αποκλειστικά σημείο. Η έγκριση για την κατασκευή του Angra 3 δόθηκε τον Ιούνιο του 2007 από το Εθνικό Συμβούλιο Ενεργειακής Πολιτικής της χώρας, με την προεδρική έγκριση να έρχεται τον Ιούλιο. Η περιβαλλοντική έγκριση δόθηκε τον Μάρτιο του 2009, ενώ όλες οι υπόλοιπες εγκρίσεις είχαν δοθεί μέχρι τον Ιούλιο του ίδιου έτους. Επί της ουσίας, θα αποτελεί την ίδια μονάδα με τον Angra 2, με μοναδική διαφορά την ύπαρξη ψηφιακών οργάνων και συστημάτων. Τον Δεκέμβριο του 2008, η Eletronuclear υπέγραψε σύμφωνο συνεργασίας με την Areva, επιβεβαιώνοντας ότι η Areva θα ολοκληρώσει την κατασκευή του Angra 3, και ενδεχομένως θα συμμετάσχει στην κατασκευή των μελλοντικών μονάδων. Επιπλέον, η Areva θα παρέχει τις υπηρεσίες της και για τον Angra 1.

Η πρώτη έγχυση τσιμέντου για τον Angra 3 πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2010, ακολουθώντας την έκδοση της κατασκευαστικής άδειας από την Εθνική Επιτροπή Πυρηνικής Ενέργειας. Ο αντιδραστήρας αναμενόταν να τεθεί σε λειτουργία προς τα τέλη του 2015, μετά από 66 μήνες. Το Νοέμβριο του 2013, σε συνέχεια του συμφώνου του 2008, εξασφάλισε στην Areva ένα συμβόλαιο ύψους \$1,7 δις, για παροχή εξοπλισμού, μηχανολογικών υπηρεσιών, ψηφιακών οργάνων και συστημάτων και επιτήρηση των εργασιών εγκατάστασης.

Δυο κοινοπραξίες από την Βραζιλία έκαναν προσφορά για τα συμβόλαια εγκατάστασης. Το ένα αφορούσε στις ηλεκτρομηχανολογικές συνδεσμολογίες των βασικών συστημάτων του αντιδραστήρα, που ανήλθε στα \$640 εκατομμύρια, και το άλλο για δευτερεύοντες εργασίες ύψους \$826 εκατομμυρίων. Τα συμβόλαια έχουν τεθεί σε ισχύ από τον Φεβρουάριο του 2014.

Προς το παρόν η κατασκευή του Angra 3 έχει τεθεί σε αναστολή. Τον Μάρτιο του 2017, η κυβέρνηση ανακοίνωσε ότι σκόπευε να προχωρήσει σε πώληση του αντιδραστήρα μέσα στο 2018. Τον Ιούλιο του ίδιου έτους φαίνεται πως εκφράστηκε ενδιαφέρον από την πλευρά της Κίνας, της Rosatom, της Kerco και της κοινοπραξίας Mitsubishi-Areva. Τον Σεπτέμβριο, η Κίνα υπέγραψε συμφωνία με την Βραζιλία για την ανάπτυξη του Angra 3 καθώς και μελλοντικών έργων. Επιπλέον, ανάλογες συμφωνίες υπεγράφησαν με την Rosatom τον Νοέμβριο του 2017 και την EDF τον Ιούνιο του 2018.

Από οικονομικής απόψεως, ο ηλεκτρισμός που παράγεται από τους πυρηνικούς αντιδραστήρες κοστολογείται στα \$75/MWh. Η τιμή αυτή είναι περίπου 2 φορές ακριβότερη από την τιμή της ενέργειας που παράγεται από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, ενώ η τιμή παραγωγής από τον Angra 3 αναμένεται να είναι ακόμα πιο ακριβή από τις τιμές των υδροηλεκτρικών εργοστασίων, ανάλογη με τις τιμές παραγωγής του άνθρακα και φθηνότερη από την παραγωγή με πετρέλαιο. Σε γενικές γραμμές, ο Angra 3 αναμένεται να οδηγήσει σε μια μικρή μείωση των τιμών του δικτύου.

Η Eletronuclear έχει προτείνει την κατασκευή δυο νέων αντιδραστήρων στα Βορειοανατολικά της χώρας και δυο ακόμα στην ευρύτερη περιοχή του Angra στα νοτιοανατολικά. Στα τέλη του 2009, ξεκίνησε τις πρώτες μελέτες για την τοποθεσία των αντιδραστήρων. Στις αρχές του 2013, δυο τοποθεσίες βρέθηκαν στο στάδιο της τελικής αξιολόγησης: μια στα βορειοανατολικά για έναν αντιδραστήρα απόδοσης 6600 MWe, και μια στα νοτιοανατολικά για έναν αντιδραστήρα απόδοσης 4000-6000 MWe. Κάθε μια από τις 8 μονάδες που σχεδιάζει η Eletronuclear, θα χρειαστεί την έγκριση του Κογκρέσου, γεγονός που σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνουν σημαντικές προεργασίες με τις τοπικές κοινότητες προτού γίνει κάποια ανακοίνωση.

Η Eletronuclear ενδιαφέρεται για τον Westinghouse AP1000 (ο οποίος φαίνεται και ως επικρατέστερος), τον Atmea-1 της κοινοπραξίας Areva-Mitsubishi και τον VVER-1000 της Atomstroyexport. Ωστόσο, το ζήτημα της χρηματοδότησης ενδέχεται να προκαλέσει καθυστερήσεις. Τον Μάιο του 2012, η κυβέρνηση δήλωσε πως η κατασκευή οποιουδήποτε νέου αντιδραστήρα θα ξεκινούσε μετά το 2020. Η Rosatom έχει κάνει προσφορά για ένα μοντέλο Build-Own- Operate όπως στην Τουρκία, ενώ τον Ιούνιο του 2014 η Rosatom Overseas και η Camargo Correa υπέγραψαν συμφωνία για την κατασκευή διαφόρων εγκαταστάσεων στην τοποθεσία του Angra, και για πιθανή συνεργασία για την κατασκευή πυρηνικών μονάδων στο μέλλον. Τον Ιούνιο του 2015, η Westinghouse υπέγραψε συμφωνία με την Nuclebras Equipamentos Pesados (NUCLEP), για την κατασκευή κομματιών του AP1000 στην Βραζιλία.

1.2 Διαμόρφωση Ενεργειακής Πολιτικής

Οι εμπειρίες του παρελθόντος μας βοηθούν στην κατανόηση των λόγων που κρύβονται πίσω από την απόφαση της Βραζιλίας να καταστεί πυρηνικά αυτάρκης. Η πυρηνική βιομηχανία της χώρας είναι ιδιαίτερα φιλόδοξη, ειδικά σε σχέση με την κυβέρνηση. Οι εκπρόσωποι του κλάδου θεωρούν ότι η Βραζιλία θα μπορούσε να εκβιομηχανήσει την διαδικασία εμπλουτισμού ουρανίου, αν τεθεί ως προτεραιότητα από την κυβέρνηση.

Τα κίνητρα πίσω από την διαμόρφωση της ενεργειακής πολιτικής της χώρας είναι πολύπλοκα και κατά περιπτώσεις αντιφατικά. Για μια χώρα με σημαντική θέση στην παγκόσμια πυρηνική τάξη, ελάχιστα γνωρίζουμε για τα βαθύτερα κίνητρα της Βραζιλίας σε αυτόν τον τομέα. Αν και υπάρχουν πολλές σταθερές παράμετροι, εντούτοις η μεταξύ τους αλληλεπίδραση και σημασία μεταβάλλεται διαρκώς. Τα στοιχεία περιλαμβάνουν ένα ναυτικό πυρηνικό πρόγραμμα, επιδίωξη αυτάρκειας, διεθνούς αναγνώρισης και οικονομικής ανάπτυξης. Τα συστατικά αυτά αντανακλούν την μεταβολή στην ταυτότητα της χώρας, τόσο από ιστορικής όσο και από κοινωνικοοικονομικής άποψης. Σήμερα, η Βραζιλία ασχολείται ενεργά με τα πυρηνικά ζητήματα και κινείται σε μια κατεύθυνση εκβιομηχάνισης του κλάδου. Η χώρα παράγει σημαντική ποσότητα ουρανίου, ικανή να

συνεισφέρει τόσο στον εσωτερικό πυρηνικό κύκλο της χώρας όσο και στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Στην Βραζιλία λειτουργούν ήδη πυρηνικοί αντιδραστήρες, ενώ υπάρχουν σχέδια για την ανάπτυξη περισσότερων, ενώ αποτελεί την πρώτη χώρα που διαθέτει πυρηνικό υποβρύχιο χωρίς να διαθέτει πυρηνικό οπλοστάσιο.

Η Βραζιλία βρίσκεται ακόμα στην διαδικασία προσαρμογής στον νέο της ρόλο, ως μια αναδυόμενη δύναμη. Η χώρα ψάχνει για την θέση της μέσα στην πυρηνική τάξη πραγμάτων. Επιθυμεί να καθιερωθεί στον βαθμό του δυνατού ως μια ανεξάρτητη και πυρηνικά αυτάρκης χώρα, δεδομένων των περιορισμών που υφίστανται στο πλαίσιο γύρω από τα πυρηνικά προγράμματα. Τα κίνητρα της Βραζιλίας, ενδεχομένως, μπορούν να εντοπιστούν στην επιθυμία των ηγετών της να την καθιερώσουν ως έναν παγκόσμιο παίκτη, επιθυμία η οποία κρύβεται πίσω από πολλές αποφάσεις της χώρας γύρω από τα πυρηνικά.

Ο αναδυόμενος ρόλος της χώρας στη Νότια Αμερική της παρέχει την απαραίτητη αυτοπεποίθηση για να αυξήσει την επιρροή της στην διεθνή σκηνή. Ο σημαντικότερος γείτονας της είναι η Αργεντινή, η μόνη άλλη χώρα της Λατινικής Αμερικής που παράγει πυρηνική ενέργεια. Στον χώρο των πυρηνικών, τόσο το παρελθόν όσο και το μέλλον των δύο χωρών είναι αλληλοσυνδεόμενο. Πχ, οι δυο χώρες θέσπισαν την ABBAC (Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials) για να επιβεβαιώσει την ειρηνική φύση των πυρηνικών τους προγραμμάτων. Επιπλέον, η λειτουργία της ABBAC δεν επηρεάζει μόνο τις διμερείς τους σχέσεις, αλλά και την ασφάλεια της ευρύτερης περιοχής.

Επιπλέον, πίσω από την επιθυμία της Βραζιλίας για ενεργειακή αυτάρκεια, που φιλοδοξεί να εξασφαλίσει μέσω της πυρηνικής ενέργειας, κρύβονται οι αρνητικές εμπειρίες του παρελθόντος από την εξάρτηση σε ξένους προμηθευτές για καύσιμα και τεχνολογία. Η χώρα ξεκίνησε την ανάπτυξη του πυρηνικού της κλάδου την δεκαετία του 1950, υπό την εξουσία μιας δημοκρατικής κυβέρνησης, ωστόσο, τα πρώτα ουσιαστικά βήματα σημειώθηκαν κάτω από το στρατιωτικό καθεστώς της περιόδου 1964-1985. Αυτές οι στρατιωτικές ρίζες έχουν μια σαφή επίδραση στο σημερινό πυρηνικό πρόγραμμα. Η Βραζιλία είναι η μοναδική χώρα χωρίς δικό της πυρηνικό οπλοστάσιο, στην οποία ο στρατός δανείζει στο κράτος τεχνολογία για τον εμπλουτισμό του ουρανίου, ενώ το ναυτικό σημειώνει σημαντικές προόδους στον τομέα της πυρηνικής τεχνολογίας. Και καθώς αποτελεί την μοναδική χώρα που επιθυμεί να κατασκευάσει το δικό της πυρηνικό υποβρύχιο χωρίς να διαθέτει πυρηνικό οπλοστάσιο, οι επιλογές της χώρας θα έχουν αυξημένη βαρύτητα για την παγκόσμια πυρηνική τάξη πραγμάτων και την ασφάλεια της περιοχής, αφού θα καθορίσουν την ισορροπία ισχύος της περιοχής.

Η χώρα προσπαθεί να εκβιομηχανήσει στο εσωτερικό της τις διαδικασίες μετατροπής και εμπλουτισμού του ουρανίου, το οποίο πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε αέρια μορφή και ύστερα να εμπλουτιστεί σε πυρηνικό καύσιμο. Η Βραζιλία φιλοδοξεί να αυξήσει την συμμετοχή της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό της μείγμα. Ωστόσο, αυτά τα φιλόδοξα σχέδια ενδέχεται να μην ευοδωθούν, καθώς οι Βραζιλιάνοι προσπαθούν να κατασταλάξουν τόσο ως προς την επιθυμία τους όσο και ως προς την σκοπιμότητα της πυρηνικής τους επέκτασης. Η Βραζιλία επιθυμεί να αναδιαμορφώσει το πυρηνικό τοπίο, το οποίο θεωρεί ως άδικο, αφού ευνοεί μόνο τις χώρες που διαθέτουν το δικό τους πυρηνικό οπλοστάσιο. Η Βραζιλία θα προτιμούσε την αναμόρφωση της πυρηνικής τάξης πραγμάτων, αλλά σε περίπτωση που αυτό δεν είναι εφικτό, τότε θα θελήσει να βρίσκεται στο τραπέζι των «μεγάλων». Αποζητά να αποκτήσει έναν πιο σημαντικό ρόλο, ανεξάρτητα από το αν το σύστημα που θα προκύψει θα είναι δίκαιο. Η χώρα διαθέτει αυτή την προοπτική. Εντούτοις, το αν θα καταφέρει να ανταποκριθεί, θα κριθεί εκ των πραγμάτων.

Κατά το παρελθόν, η Βραζιλία είχε αντιμετωπίσει σειρά εμποδίων, στην προσπάθειά της να αναπτύξει πυρηνική τεχνολογία: Πολιτικές αναταραχές στο εσωτερικό, οικονομική δυσχέρεια καθώς και παρεμβάσεις των ΗΠΑ, οι οποίες εξέφραζαν ανησυχίες αναφορικά με την φύση της χρήσης της πυρηνικής τεχνολογίας. Έτσι, το 1955 η χώρα στράφηκε στις ΗΠΑ και το πρόγραμμα «Atoms for Peace», με βάση το οποίο οι ΗΠΑ μπορούσαν να εξαγάγουν πυρηνική τεχνολογία και υλικό σε τρίτες χώρες. Το 1955, οι δυο χώρες υπέγραψαν συμφωνητικό για την ανάπτυξη ενός ερευνητικού αντιδραστήρα στην Βραζιλία, ο οποίος θα ήταν ο πρώτος στην Λατινική Αμερική.

Το 1967, η στρατιωτική κυβέρνηση του Marshal Artur da Costa e Silva πήρε την επίσημη απόφαση να αναπτύξει η χώρα τον δικό της πυρηνικό κύκλο. Η Βραζιλία ενδιαφερόταν για την ανάπτυξη του πυρηνικού κλάδου για να εξυπηρετήσει ζητήματα ενεργειακής, βιομηχανικής και επιστημονικής φύσης. Η κυβέρνηση θεώρησε ότι η αύξηση των τιμών του πετρελαίου στις αρχές της δεκαετίας τους 1970, ωθούσε την χώρα στην αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Ένας άλλος παράγοντας υπήρξε η πρόσδοος που σημείωνε η Αργεντινή στον τομέα των πυρηνικών, γεγονός που από μόνο του αποτελούσε κίνητρο για την χώρα. Αλλά πάνω από όλα, η Βραζιλία αντιμετώπισε την πυρηνική ενέργεια ως ένα σύμβολο εκμοντερνισμού της χώρας, που θα της προσέφερε διεθνή αναγνώριση και αυτοπεποίθηση. Το 1971, η Βραζιλιάνικη Εθνική Επιτροπή Πυρηνικής Ενέργειας (Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN) ήρθε σε συμφωνία με την αμερικανική Westinghouse και την Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας των ΗΠΑ για την κατασκευή του πρώτου πυρηνικού αντιδραστήρα στην Βραζιλία, του Angra 1. Σύμφωνα με τους όρους της συμφωνίας, οι ΗΠΑ δεσμεύονταν για την προμήθεια πυρηνικών καυσίμων στον αντιδραστήρα. Η κυβέρνηση της Βραζιλίας επεδίωξε την ανανέωση του συμβολαίου το 1973, αλλά με την προοπτική να περάσει όλος ο πυρηνικός κύκλος, καθώς και ο εμπλουτισμός του ουρανίου στα δικά της χέρια. Ωστόσο, καθώς η Βραζιλία δεν είχε υπογράψει την Συμφωνία για την Μη Διασπορά των Πυρηνικών Όπλων, οι ΗΠΑ αντιμετώπισαν με καχυποψία την κίνηση αυτή. Ως αποτέλεσμα, η Westinghouse απέρριψε την πρόταση της Βραζιλίας, αλλά αντιπρότεινε την ανάπτυξη νέων αντιδραστήρων, υπό την προϋπόθεση ότι η διαχείριση του πυρηνικού κύκλου θα παρέμενε στις ΗΠΑ.

Τον Μάιο του 1974 η Ινδία πραγματοποίησε μια πυρηνική δοκιμή, γεγονός που ώθησε τις ΗΠΑ σε αναπροσαρμογή της πυρηνικής πολιτικής τους. Στα πλαίσια του περιορισμού της διασποράς των πυρηνικών όπλων, οι ΗΠΑ αποφάσισαν ότι θα έπρεπε να περιορίσουν την μετάδοση της τεχνολογίας που παρείχαν σε τρίτες χώρες. Παράλληλα, οι ΗΠΑ αποφάσισαν να ιδιωτικοποιήσουν την διαδικασία εμπλουτισμού, προκειμένου να απαλλαχθεί η κυβέρνηση από αυτό το βάρος. Ωστόσο, για να συμβεί αυτό ο Λευκός Οίκος ζήτησε από την Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας να προχωρήσει σε αλλαγές, ώστε ο εμπλουτισμός να καταστεί εμπορικά βιώσιμος και ελκυστικός. Έτσι, προωθήθηκε η εφαρμογή νέων κανόνων. Αν οι ΗΠΑ είχαν δεσμευτεί για ισόβια προμήθεια καυσίμων απέναντι σε μια χώρα, τώρα η χώρα αυτή θα έπρεπε να αγοράζει εμπλουτισμένο ουράνιο σε προκαθορισμένες ημερομηνίες. Ωστόσο, η αυξημένη ζήτηση σε συνδυασμό με το στενό χρονικό περιθώριο δημιούργησε πρόβλημα στις ΗΠΑ, καθώς αδυνατούσαν να ανταποκριθούν στην ζήτηση, με αποτέλεσμα να επηρεαστούν 2 συμβόλαια που είχαν συναφθεί με την Βραζιλία. Η αδυναμία αυτή των ΗΠΑ οδήγησε τις χώρες στο να επιδιώξουν να γίνουν πυρηνικά αυτόνομα και να μειώσουν τον βαθμό της εξάρτησής τους από τις ΗΠΑ αναφορικά με τα πυρηνικά. Στο πλαίσιο των ριζικών αλλαγών που σημειώθηκαν, οι ΗΠΑ ακύρωσαν την δέσμευση τους για την προμήθεια καυσίμων στον Angra 1, εξέλιξη με τεράστιες συνέπειες για την Βραζιλία, αν λάβουμε υπόψη το συμβόλαιο ύψους \$10 δις με

την Westinghouse για την κατασκευή 12 πυρηνικών αντιδραστήρων. Η κρίση αυτή είχε διττή σημασία για την Βραζιλία. Από την μία πλευρά, η χώρα συνειδητοποίησε την ανάγκη για αυτονομία και την απόκτηση του δικού της πυρηνικού κύκλου, και έτσι στράφηκε σε άλλες χώρες όπως την Γαλλία και την Δυτική Γερμανία. Το 1975, η Βραζιλία σύνηψε συμφωνία με την Δυτική Γερμανία για την κατασκευή 8 αντιδραστήρων και την πλήρη μεταφορά του πυρηνικού κύκλου στην Βραζιλία. Στα πλαίσια της συμφωνίας, Βραζιλιάνοι ειδικοί θα εκπαιδεύονταν στην Δυτική Γερμανία. Οι ΗΠΑ αντιμετώπισαν με καχυποψία την συγκεκριμένη συμφωνία και άσκησαν έντονες πιέσεις στην Βόννη για ακύρωσή της.

Η Βόννη δεν υπέκυψε πλήρως στις πιέσεις των ΗΠΑ, ωστόσο, η μοναδική τεχνολογία που παρείχε γύρω από τον πυρηνικό κύκλο ήταν σε εξαιρετικά πρώιμο στάδιο και απείχε κατά πολύ από την βιομηχανική εφαρμογή της. Παρομοίως, η Βραζιλία συμφώνησε όλες οι εγκαταστάσεις να ακολουθούν τα διεθνή πρότυπα ασφαλείας. Παραδόξως και η ΕΣΣΔ δεν επιθυμούσε την ολοκλήρωση της συμφωνίας της Βραζιλίας με την Δυτική Γερμανία. Η Βραζιλία είχε μεγάλες προσδοκίες από αυτή την συμφωνία, καθώς θεωρούσε ότι θα ενίσχυε την αυτονομία της χώρας. Ως αποτέλεσμα, η Βραζιλία επεδίωξε την ολοκλήρωση της συμφωνίας με την Δυτική Γερμανία. Κυβερνητικοί κύκλοι δήλωναν ότι «Το Πυρηνικό Πρόγραμμα της χώρας θα συνεχιστεί στον βαθμό του δυνατού από την Βραζιλία, απέναντι σε όλες τις πιέσεις, εσωτερικές και εξωτερικές. Επιθυμία της χώρας δεν είναι η ανάπτυξη ατομικής βόμβας, αλλά η δυνατότητα να οικοδομήσουμε το μέλλον μας και να αποτρέψουμε τις επιπτώσεις μιας πιθανής μελλοντικής ενεργειακής κρίσης»

Οι φιλοδοξίες της χώρας που περιλαμβάνουν την εκβιομηχάνιση του πυρηνικού κύκλου, την επιδίωξη ανάπτυξης πυρηνικού υποβρυχίου και την επέκταση του πυρηνικού της προγράμματος, την καθιστούν ως μια υπολογίσιμη δύναμη στην πυρηνική σκηνή. Η Βραζιλία θεωρεί την Συμφωνία περί μη διασποράς των πυρηνικών όπλων άδικη και μη βιώσιμη. Ο Antonio Guerreiro, πρόεδρος της Βραζιλίας στην Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, δήλωσε πως «είναι απαράδεκτο 20 χρόνια μετά το τέλος του Ψυχρού Πολέμου, τα πυρηνικά όπλα να εξακολουθούν να λειτουργούν ως βασικό στοιχείο του δόγματος για την διεθνή ασφάλεια.»

Η Συμφωνία για την απαγόρευση των Πυρηνικών Όπλων στην Λατινική Αμερική και την Καραϊβική (Tlatelolco Treaty) δημιούργησε μια ζώνη στην Λατινική Αμερική και την Καραϊβική απαλλαγμένη από την ύπαρξη πυρηνικών όπλων. Η πλήρης συμμόρφωση της Βραζιλίας με την εν λόγω Συμφωνία αποτελεί μια ιδιαίτερη περίπτωση. Η δυνατότητα διεξαγωγής ειρηνικών πυρηνικών εκρήξεων υπήρξε σημείο τριβής της χώρας με την Συμφωνία, και η στάση της σε αυτό το ζήτημα καθόρισε εν πολλοίς τις διαπραγματεύσεις για την ένταξη της Βραζιλίας στην Συμφωνία. Η στάση της Αργεντινής στο ζήτημα υπήρξε ανάλογη, και έτσι οι δυο χώρες πέτυχαν την πρόβλεψη σχετικής ρήτρας στην συμφωνία, η οποία επέτρεπε την διεξαγωγή ειρηνικών πυρηνικών εκρήξεων. Η στάση των δυο χωρών στο ζήτημα δημιούργησε μια αμφίδρομη καχυποψία, αναφορικά με την πραγματική επιθυμία διεξαγωγής «ειρηνικών» πυρηνικών εκρήξεων, όπως το παράδειγμα της Ινδίας το 1974. Έτσι, οι δυο χώρες σύνηψαν μεταξύ τους συμφωνία, το 1991, που απαγόρευε την πραγματοποίηση πυρηνικών εκρήξεων, ωστόσο, η ρήτρα που τις επιτρέπει στην Tlatelolco εξακολουθεί να υφίσταται. Αν και η Βραζιλία υπέγραψε την Συμφωνία κατά την δεκαετία του 1960, εντούτοις η Βραζιλία έθεσε σε ισχύ την Συμφωνία μόλις το 1994, εξαιτίας συνθηκών που έπρεπε να ικανοποιηθούν καθώς και της καχυποψίας της χώρας απέναντι στην πραγματική σκοπιμότητα μιας τέτοιας Συμφωνίας.

Η Βραζιλία επίσης εισήλθε αργά στην Συμφωνία της Διεθνούς Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας για την μη διασπορά των πυρηνικών όπλων. Αν και δεν διαθέτει πυρηνικό οπλοστάσιο, η Βραζιλία εισήλθε στην Συμφωνία το 1998, καθώς είχε έντονες ενστάσεις απέναντι στο κείμενο που είχε συνταχθεί από τις ΗΠΑ και την ΕΣΣΔ. Θεωρούσε ότι παραβίαζε το δικαίωμα των χωρών στην άμυνα της Εθνικής τους κυριαρχίας, καθώς η προστασία των χωρών που δεν κατείχαν πυρηνικό οπλοστάσιο, εναπόκειτο στις πυρηνικές δυνάμεις. Επιπλέον, η χώρα θεωρούσε ότι η άνιση κατανομή των υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη με και χωρίς δικό τους πυρηνικό οπλοστάσιο, οφειλόταν αποκλειστικά στο γεγονός ότι το κείμενο συντάχθηκε από τις 2 υπερδυνάμεις χωρίς καμία ανάμειξη τρίτων χωρών. Εντούτοις, η Βραζιλία δεν αντιμετώπισε σημαντικές συνέπειες από την μη είσοδο της στην Συμφωνία. Επιπλέον, η Βραζιλία επιθυμούσε να ενσωματωθεί στην Συμφωνία ανάλογη ρήτρα με αυτή της Tlatelolco, σχετικά με την διεξαγωγή ειρηνικών πυρηνικών εκρήξεων. Ωστόσο, το βασικό πρόβλημα της Βραζιλίας αναφορικά με την Συμφωνία δεν ήταν αυτό. Ήταν το γεγονός ότι δεν υπήρχε ρητή πρόβλεψη και δέσμευση για τον πυρηνικό αφοπλισμό σε παγκόσμιο επίπεδο. Από την στιγμή της εισόδου της Βραζιλίας στην Συμφωνία, η χώρα έχει καταγράψει μια σειρά πραγμάτων για την πρόοδο στο ζήτημα του πυρηνικού αφοπλισμού, έχοντας εξασφαλίσει την στήριξη όλων των μελών. Τα κράτη, τόσο αυτά που διαθέτουν πυρηνικό οπλοστάσιο όσο και αυτά που δεν διαθέτουν, έχουν συμφωνήσει σε μια σειρά στόχων, όπως η δημιουργία μιας Συμφωνίας που θα απαγόρευε τις πυρηνικές δοκιμές καθώς και η λήψη μη αναστρέψιμων βημάτων στην κατεύθυνση του αφοπλισμού. Η σημασία της εξέλιξης αυτής έγκειται σύμφωνα με τους Βραζιλιάνους στο ότι πλέον δεν είναι αναγκαίο να «χτυπήσεις αποκλειστικά μια πόρτα» προκειμένου να υπάρξει πρόοδος στο ζήτημα του αφοπλισμού. Ωστόσο, η έλλειψη ουσιαστικής προόδου στην εφαρμογή των μέτρων έχει ανακόψει την αισιοδοξία που είχε αναπτυχθεί. Η εφαρμογή της Συμφωνίας για την απαγόρευση των πυρηνικών δοκιμών παραμένει ακόμα αμφίβολη. Σε περίπτωση που χώρες όπως η Κίνα, η Αίγυπτος, η Ινδία, το Ιράν, το Ισραήλ και η Βόρεια Κορέα δεν συμμορφωθούν, η Συμφωνία δεν θα τεθεί σε εφαρμογή. Από την στιγμή που δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι οι ΗΠΑ θα συμμορφωθούν, αυτό σημαίνει πρακτικά ότι και η Κίνα με την σειρά της θα αναβάλει την δική της συμμόρφωση. Επιπλέον, καμία από τις χώρες που διαθέτουν πυρηνικό οπλοστάσιο, δεν έχει αναφερθεί ακόμα στο ενδεχόμενο του πλήρους αφοπλισμού της. Ακόμα και οι εξαγγελίες της διακυβέρνησης Ομπάμα για έναν κόσμο απαλλαγμένο από τα πυρηνικά όπλα, αντιμετωπίστηκαν με δυσπιστία, καθώς ο πήχης τέθηκε πολύ ψηλά σύμφωνα με την Βραζιλιάνικη πλευρά. Η Βραζιλία δηλώνει ότι δεν τρέφει αυταπάτες, θεωρώντας ότι ο αφοπλισμός θα ολοκληρωθεί εν μια νυκτί, ωστόσο, επιθυμεί να δει να σημειώνεται πρόοδος σε αυτή την κατεύθυνση. Ακόμα και το να τεθούν χρονοδιαγράμματα, ανεξάρτητα από το πόσο ελαστικά θα είναι, είναι μια κίνηση προς την σωστή κατεύθυνση.

Στο εσωτερικό της Βραζιλίας υπάρχουν φωνές που υποστηρίζουν ότι η παρούσα κατάσταση εξυπηρετεί την Βραζιλία. Οι απαιτήσεις για τον πυρηνικό αφοπλισμό και η έλλειψη σχετικής προόδου επιτρέπει στην Βραζιλία να αρνείται οποιαδήποτε περαιτέρω δέσμευση αναφορικά με τον περιορισμό του πυρηνικού της προγράμματος. Οι Βραζιλιάνοι θεωρούν τους εαυτούς τους ως πρωτεργάτες του Πυρηνικού Αφοπλισμού και θα εξακολουθήσουν να το κάνουν, όσο η χώρα δεν αναπτύσσει το δικό της πυρηνικό οπλοστάσιο, σε έναν κόσμο που όλοι επιδιώκουν τον αφοπλισμό των άλλων, όχι όμως και τον δικό τους (όπως κάνουν οι ΗΠΑ).

Ουσιαστικά, η Βραζιλία βρίσκεται σε μια αποστολή με αντικείμενο την αυτονομία, την ενεργειακή της αυτάρκεια, την τεχνολογική πρόοδο και την διεθνή αναγνώριση. Οι

επιδιώξεις αυτές αντανακλούν την έντονη επιθυμία της χώρας να αναπτύξει τον δικό της πυρηνικό κύκλο, να κατασκευάσει το δικό της πυρηνικό υποβρύχιο και να αυξήσει την συμμετοχή της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό της μείγμα. Όταν η πρώτη απόφαση για την ανάπτυξη πυρηνικού προγράμματος πάρθηκε κατά την δεκαετία του 1950, ήταν προφανές ότι θα ήταν ένας δρόμος χωρίς γυρισμό. Το παρελθόν της χώρας μπορεί να εξηγήσει την θέρμη με την οποία η Βραζιλία κυνηγάει τους στόχους της στο πυρηνικό πεδίο. Τα προβλήματα που αντιμετώπισε στην ανάπτυξη της δικής της πυρηνικής τεχνολογίας αντικατοπτρίζονται στις θέσεις που υιοθετεί μέχρι και σήμερα. Το πυρηνικό υποβρύχιο τέθηκε σαν στόχος, με απώτερο σκοπό να αποτελέσει το όχημα για την ανάπτυξη του πυρηνικού της κύκλου. Οι δυνάμεις στο εσωτερικό της χώρας, πολιτικές, στρατιωτικές και επιστημονικές, έχουν συνασπισθεί πίσω από αυτή την προσπάθεια.

Η Βραζιλία επιθυμεί την διαφοροποίηση του ενεργειακού της μείγματος υπό τον φόβο ενδεχομένων ενεργειακών κρίσεων που θα βυθίσουν την χώρα στο σκοτάδι. Τον ρόλο αυτό αναμένεται να διαδραματίσει η πυρηνική ενέργεια, παρά τις πολιτικές ενστάσεις που την συνοδεύουν. Στην εποχή μετά το ατύχημα της Φουκουσίμα, η Βραζιλία στρέφεται στην πυρηνική ενέργεια για να εξυπηρετήσει τον σκοπό αυτό. Τα τελευταία χρόνια, η Βραζιλία έχει αναπτύξει μια πιο σθεναρή στάση απέναντι στις εξωτερικές πιέσεις στο ζήτημα του πυρηνικού της προγράμματος. Η αλλαγή αυτή αντικατοπτρίζεται και στην προσπάθεια της Βραζιλίας να λειτουργήσει ως μεσάζων μαζί με την Τουρκία για το πυρηνικό πρόγραμμα του Ιράν. Από την μια πλευρά, η προσπάθεια αυτή ανάγκασε τα υπόλοιπα κράτη να εξετάσουν τις προοπτικές της Βραζιλίας. Από την άλλη πλευρά, η Βραζιλία αποκόμισε από την εμπειρία της αυτή, την εντύπωση ότι οι τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες είναι τουλάχιστον διστακτικές στο να μεταδώσουν την τεχνογνωσία τους σε χώρες που προσπαθούν να αναπτυχθούν τώρα στον τομέα των πυρηνικών. Η Βραζιλία θα συνεχίσει να υπερασπίζεται τις θέσεις και τις επιδιώξεις της γύρω από το πυρηνικό της πρόγραμμα.

Η Βραζιλία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα των εντάσεων που αναπτύσσονται μέσα στην παγκόσμια πυρηνική τάξη πραγμάτων: αυτές ανάμεσα στα κράτη που διαθέτουν πυρηνικό οπλοστάσιο και σε αυτά που δεν διαθέτουν. Ανάμεσα στον περιορισμό της διασποράς και στον αφοπλισμό και ανάμεσα στον περιορισμό της διασποράς και στην ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας. Οι εντάσεις αυτές δεν είναι κάτι το πρωτόγνωρο, αλλά οι χώρες όπως η Βραζιλία έχουν γίνει περισσότερο ενεργές και προωθούν τις αξιώσεις τους για το ζήτημα του αφοπλισμού. Στην περίπτωση που η Βραζιλία αποκτήσει τον δικό της πυρηνικό κύκλο, το δικό της πυρηνικό υποβρύχιο και συνεχίσει την επέκταση του πυρηνικού της προγράμματος, οι εξελίξεις αυτές δύσκολα θα περάσουν απαρατήρητες από την διεθνή σκηνή. Χώρες όπως η Βραζιλία, είναι εξαιρετικά σημαντικές για την βιωσιμότητα της πυρηνικής τάξης πραγμάτων. Ο τρόπος με τον οποίο η Βραζιλία επιδιώκει την επίτευξη των στόχων της αντικατοπτρίζει την ριζική μεταβολή στην ταυτότητα της χώρας τις τελευταίες δεκαετίες: η επαναφορά της δημοκρατίας, η ανάπτυξη της οικονομίας και η μεταβολή από την εσωστρέφεια στην ενεργό συμμετοχή στα διεθνή ζητήματα. Η χώρα επιδιώκει τον σεβασμό στην διεθνή σκηνή, αλλά απεύχεται τον χαρακτηρισμό της ως «αγαθής», λόγω των επιδιώξεων της στο ζήτημα του αφοπλισμού. Αυτή η δυαδικότητα υποδεικνύει μια χώρα που προσπαθεί ακόμα να καταλάβει την θέση της στην παγκόσμια σκηνή. Η Βραζιλία στο άμεσο μέλλον θα κληθεί να αντιμετωπίσει το εξής παράδοξο: την ρητορική απέναντι στην αδικία της πυρηνικής τάξης πραγμάτων, την στιγμή που προσπαθεί να καθιερωθεί ως βασικό μέλος αυτής.

Η περίπτωση των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2015 άγγιξε τις 127 TWh, προερχόμενη αποκλειστικά από ορυκτά καύσιμα. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από το φυσικό αέριο, μέρος του οποίου αντλείται από εισαγωγές. Η ζήτηση σε ηλεκτρισμό αυξάνεται ετησίως κατά 9% και αναμένεται να φτάσει στα επίπεδα των 40 GWe το 2020. Η χώρα στηρίζεται αποκλειστικά στον ηλεκτρισμό για την παραγωγή πόσιμου νερού, μέσω της αφαλάτωσης

Τον Απρίλιο του 2008 ΗΑΕ δημοσίευσαν την πολιτική τους γύρω από την πυρηνική ενέργεια. Αυτή περιλάμβανε την πρόβλεψη για αύξηση της ζήτησης σε ηλεκτρισμό από 15,5 GWe το 2008 σε πάνω από 40 GWe το 2020, με την προμήθεια σε φυσικό αέριο να αρκεί μόνο για το μισό της συνολικής αυτής παραγωγής. Η εισαγωγή άνθρακα απορρίφθηκε σαν εναλλακτική, εξαιτίας περιβαλλοντικών ζητημάτων και παραμέτρων ενεργειακής ασφάλειας. Η πυρηνική ενέργεια αναδύθηκε ως μια «αποδεδειγμένη, περιβαλλοντικά υποσχόμενη και εμπορικά ανταγωνιστική επιλογή, η οποία θα μπορούσε να έχει σημαντική συνεισφορά στην οικονομία της χώρας καθώς στην μακροπρόθεσμη ενεργειακή της ασφάλεια. Ως εκ τούτου, έχει προβλεφθεί η παραγωγή 20 GWe από περίπου 14 μονάδες, με το ¼ εξ αυτών να τίθενται σε λειτουργία μέχρι το 2020. Δυο από τις πιθανές τοποθεσίες βρίσκονται μεταξύ Άμπου Ντάμπι και Κατάρ, καθώς και στην Αλ Φουγιαρά, στις ακτές του Ινδικού Ωκεανού.

Σύμφωνα με τις υποδείξεις της Διεθνούς Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας, τα ΗΑΕ θέσπισαν την Εταιρεία Πυρηνικής Ενέργειας των Εμιράτων, με αρχικό της κεφάλαιο τα \$100 εκατομμύρια, προκειμένου να αξιολογήσει και να προωθήσει την κατασκευή πυρηνικών αντιδραστήρων εντός των ΗΑΕ.

Τον Οκτώβριο του 2009, ο Ομοσπονδιακός Νόμος αναφορικά με την ειρηνική χρήση της Πυρηνικής Ενέργειας υπεγράφη, θέτοντας το έδαφος για την ανάπτυξη ενός συστήματος για την αδειοδότηση και τον έλεγχο του πυρηνικού υλικού. Επιπλέον, ανατέθηκε στην ανεξάρτητη Ομοσπονδιακή Επιτροπή για την Πυρηνική Ενέργεια η επίβλεψη του πυρηνικού τομέα των ΗΑΕ, ενώ στο διοικητικό συμβούλιο διορίστηκε ένας Ρυθμιστής από τις ΗΠΑ. Επιπλέον, βάσει νόμου απαγορεύεται η ανάπτυξη, κατασκευή και λειτουργία εγκαταστάσεων εμπλουτισμού του Ουρανίου ή επεξεργασίας των πυρηνικών καυσίμων, εντός των συνόρων της χώρας.

Τα ΗΑΕ έλαβαν εκδήλωση ενδιαφέροντος για την ανάπτυξη του πρώτου τους πυρηνικού αντιδραστήρα από εννέα εταιρείες. Η Εταιρεία Πυρηνικής Ενέργειας των Εμιράτων τις περιόρισε σε 3, από τις οποίες ζήτησε να προχωρήσουν σε κατάθεση προσφοράς. Οι 3 εταιρείες περιλαμβάνουν την Areva με την Suez και την Total να προτείνουν τον EPR*, την GE-Hitachi, να προτείνουν τον ABWR* και μια κοινοπραξία από την Κορέα να προτείνει τον APR-1400 τεχνολογίας PRW*. Τα ΗΑΕ έχουν εκφράσει την επιθυμία τους να εστιάσουν σε μια τεχνολογία.

Τον Δεκέμβριο του 2009, η Εταιρεία Πυρηνικής Ενέργειας των Εμιράτων ανακοίνωσε ότι επέλεξε την προσφορά της Κορεάτικης Κοινοπραξίας για την κατασκευή τεσσάρων πυρηνικών αντιδραστήρων APR-1400. Η αξία του συμβολαίου ανέρχεται στα \$20 δις, ενώ η Κοινοπραξία στοχεύει σε επιπλέον έσοδα \$20 δις από την συμμετοχή της στην λειτουργία των αντιδραστήρων για 60 χρόνια.

Μέχρι το 2020, τα ΗΑΕ ελπίζουν να έχουν θέσει σε λειτουργία 4 πυρηνικούς αντιδραστήρες 1400 MWe έκαστος και να παράγουν ηλεκτρισμό στο ¼ του κόστους παραγωγής από το αέριο. Η Εταιρεία Πυρηνικής Ενέργειας των Εμιράτων έχει αναθέσει την διαχείριση, την προώθηση και την ανάπτυξη του πυρηνικού προγράμματος της χώρας στην C2HM Hill

Το σημείο που έχει επιλεγεί βρίσκεται στο Μπακαρά, στην ακτογραμμή 53χμ δυτικά του Ρουβάι, σε μικρότερη απόσταση από το Κατάρ από ότι από το Άμπου Ντάμπι. Η Εταιρεία Πυρηνικής Ενέργειας των Εμιράτων υπέβαλε αίτηση για χορήγηση αδειοδότησης για την κατασκευή των μονάδων 1 και 2 το 2012, και προχώρησε άμεσα στην εκκίνηση των εργασιών για την μονάδα 1. Οι μονάδες αναμένεται να τεθούν σε εμπορική λειτουργία το διαδοχικά από το 2017 μέχρι το 2020. Αν και αποτελεί μέρος των ΗΑΕ, το Ντουμπάι εξετάζει τις πιθανότητες να αναπτύξει δικό του πυρηνικό πρόγραμμα, πέρα από τον αντιδραστήρα στο Μπακαρά του Άμπου Ντάμπι. Το 2009, θέσπισε το Ανώτατο Ενεργειακό Συμβούλιο, ως μια ανεξάρτητη οντότητα, με αρμοδιότητα την επίβλεψη όλων των ζητημάτων που άπτονται του ενεργειακού τομέα του Ντουμπάι. Σε αυτά περιλαμβάνεται και η πιθανή χρήση πυρηνικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού και αφαλάτωσης του νερού.

Τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα συστάθηκαν το 1971, αποτελούμενα από 7 εμιράτα, 2 από τα οποία είναι το Άμπου Ντάμπι και το Ντουμπάι. Η πόλη του Άμπου Ντάμπι είναι η 1την συνολικής έκτασης των ΗΑΕ, και το 95% της συνολικής παραγωγής πετρελαίου.

Τον Δεκέμβριο του 2006, τα 6 μέλη του Συμβουλίου για την Συνεργασία στον Κόλπο, το Κουβέιτ, η Σαουδική Αραβία, το Μπαχρέιν, τα ΗΑΕ, το Κατάρ και το Ομάν, ανακοίνωσαν ότι θα προωθούσαν την μελέτη για την ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας. Η Γαλλία συμφώνησε να συνεργαστεί μαζί τους πάνω στο ζήτημα, ενώ το Ιράν δεσμεύθηκε να συνεισφέρει σε ζητήματα πυρηνικής τεχνολογίας.

Τον Φεβρουάριο του 2017, τα έξι κράτη συμφώνησαν με την Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας για την συνεργασία σε μια μελέτη αναφορικά με την προοπτική λειτουργίας ενός περιφερειακού προγράμματος πυρηνικής ενέργειας και αφαλάτωσης.

Τον Οκτώβριο του 2016 η KEPCO και η Εταιρεία Πυρηνικής Ενέργειας των Εμιράτων υπέγραψαν κοινό συμφωνητικό «μακροπρόθεσμης συνεργασίας στα πλαίσια του ειρηνικού πυρηνικού προγράμματος των ΗΑΕ». Οι δυο εταιρείες ανακοίνωσαν επιπλέον την σύσταση της Barakah One PJSC, μιας ανεξάρτητης θυγατρικής και των δυο εταιρειών.

Η Barakah One PJSC θα αναλάβει την διαχείριση των οικονομικών στοιχείων του έργου, που ανέρχονται στα \$24,4 δις, ποσό το οποίο καλύπτει το αρχικό συμβόλαιο για την κατασκευή του αντιδραστήρα Barakah καθώς και το κόστος του αρχικού πυρηνικού κύκλου. Επιπλέον, καλύπτει προβλέψεις για πιθανές πληθωριστικές τάσεις που θα οδηγήσει σε άνοδο των τιμών στα κατασκευαστικά υλικά.

Από το 2010, η ENEC συνεχίζει τις διαπραγματεύσεις με την Areva και την GE-Hitachi αναφορικά με την συνεργασία σε διάφορους τομείς

Το Νοέμβριο του 2013, η Υπηρεσία Ύδρευσης και Ηλεκτρισμού του Ντουμπάι δήλωσε ότι στόχευε το 12% της προσφοράς σε ηλεκτρισμό το 2030 να είναι πυρηνικής προέλευσης, πρωτίστως από τον Barakah, αλλά ενδεχομένως και από έναν μελλοντικό αντιδραστήρα. Ο στόχος αυτός έχει τεθεί από το Ανώτατο Ενεργειακό Συμβούλιο του Ντουμπάι.

Προτού θεσπιστεί το πυρηνικό ενεργειακό πρόγραμμα των ΗΑΕ το 2008, υπήρχε η πεποίθηση ότι οποιαδήποτε κίνηση προς αυτή την κατεύθυνση θα ήταν σταδιακή και με

αργούς ρυθμούς. Τα ΗΑΕ απέδειξαν ότι είναι δυνατή η ταχύτερη πρόοδος, εκτελώντας έναν αριθμό διαδικασιών παράλληλα, χρησιμοποιώντας έμπειρους επαγγελματίες στα πρώτα στάδια και ερχόμενα σε συμφωνία με έναν πολύπειρο κατασκευαστή, με εξαιρετική προϋπηρεσία. Με την εξειδίκευση της KERCΟ θα έχουν τον πρώτο τους λειτουργικό πυρηνικό αντιδραστήρα μόλις σε δέκα χρόνια.

Το νέο ενεργειακό πλάνο των ΗΑΕ που ανακοινώθηκε τον Ιανουάριο του 2017 περιλαμβάνει επενδύσεις ύψους \$163 δις μέχρι το 2050, με στόχο το 50% της παραγόμενης ενέργειας να προέρχεται από τα πυρηνικά και τις ΑΠΕ.

Τον Απρίλιο του 2010 η ENEC υπέβαλε αίτηση για αδειοδότηση και για περιβαλλοντική αξιολόγηση για την περιοχή του Barakah. Η αξιολόγηση, μαζί με ένα πλάνο περιβαλλοντικής διαχείρισης, εξετάστηκε από την Περιβαλλοντική Αρχή του Άμπου Ντάμπι και εγκρίθηκε τον Ιούλιο του 2012.

Η διαδικασία αξιολόγησης των τοποθεσιών για τους 4 αντιδραστήρες περιλάμβανε 10 πιθανές τοποθεσίες και βασίστηκε μεταξύ άλλων σε υποδείξεις της Ρυθμιστικής Επιτροπής Πυρηνικής Ενέργειας των ΗΠΑ καθώς και της Διεθνούς Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας. Το θαλασσινό νερό στην περιοχή του Barakah βρίσκεται στους 35 βαθμούς Κελσίου, γεγονός που σημαίνει ότι απαιτούνται μεγαλύτεροι μετατροπείς θερμότητας και συμπυκνωτές

	Type	MWe gross	Construction start	Start up
Barakah 1	APR1400	1400	July 2012	End 2019/early 2020
Barakah 2	APR1400	1400	May 2013	2020?
Barakah 3	APR1400	1400	Sept 2014	2021?
Barakah 4	APR1400	1400	Sept 2015	2021?
Total (4)		5600 MWe		

Τον Ιούλιο του 2010 η ENEC έλαβε 2 αδειοδοτήσεις από την Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR) : Η πρώτη είχε να κάνει με τις προεργασίες στην τοποθεσία του Barakah ενώ η δεύτερη ήταν άδεια κατασκευής, η οποία επέτρεπε την κατασκευή σημαντικών εξαρτημάτων για 4 μονάδες. Ακολούθησε η έκδοση της περιβαλλοντικής άδειας από την περιβαλλοντική επιτροπή του Άμπου Ντάμπι, με τις εργασίες να ξεκινάνε τον Μάρτιο του 2011.

Οι αιτήσεις για την έκδοση των αδειών στηρίχτηκαν στις αναλύσεις ασφαλείας που είχαν πραγματοποιηθεί για τον Shin-Kori 3 και 4 της KERCΟ, στη Νότιο Κορέα. Οι αντιδραστήρες αυτοί αποτελούν το πρότυπο πάνω στο οποίο βασίστηκε η κατασκευή του Barakah. Οι ουσιαστικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στο κομμάτι της ψύξης του αντιδραστήρα.

Η ENEC υπέβαλε μια αίτηση 9000 σελίδων τον Δεκέμβριο του 2010 για την άδεια κατασκευής των μονάδων 1 και 2, προκειμένου να ξεκινήσουν οι διαδικασίες κατασκευής για τον 1ο αντιδραστήρα στα μέσα του 2012 και για τον 2 ένα χρόνο αργότερα. Η σχετική

άδεια εκδόθηκε από την FANR τον Ιούλιο του 2012. Η 18μηνη αξιολόγηση περιελάμβανε περισσότερους από 60 υπαλλήλους της FANR και 3 πολυεθνικές συμβουλευτικές εταιρείες, ενώ συμμετείχε και η Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, η οποία εισήγαγε αλλαγές μετά το ατύχημα στην Φουκουσίμα. Η κατασκευή της μονάδας 1 ξεκίνησε σχεδόν άμεσα, ενώ η κατασκευή της μονάδας 2 ξεκίνησε τον Μάιο του 2013.

Η εμπορική λειτουργία των μονάδων 1 και 2 αναμενόταν το 2017 και το 2018 αντίστοιχα, με τις μονάδες 3 και 4 να ακολουθούν το 2019 και το 2020. Τον Αύγουστο του 2017 είχε προγραμματιστεί να προμηθευτεί με καύσιμα η μονάδα 1, αλλά μετατέθηκε για το 2018. Η κατασκευή της μονάδας 1 ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2018, με την προμήθεια καυσίμων να προγραμματίζεται για τον Μάιο του ίδιου έτους. Ωστόσο, η Nawah την ανέβαλε εκ νέου για τα τέλη του 2019, σκοπεύοντας στην ολοκλήρωση της αναγκαίας εκπαίδευσης καθώς και σε απαραίτητες ρυθμιστικές εγκρίσεις για την λειτουργία του αντιδραστήρα.

Τον Μάρτιο του 2015, η ENEC υπέβαλε αίτηση για άδεια λειτουργίας για τις μονάδες 1 και 2. Η αίτηση μεγέθους 15000 σελίδων περιλαμβάνει

- μια τελική ανάλυση για την ασφάλεια των αντιδραστήρων
- μια βεβαίωση ασφάλειας από ανεξάρτητη αρχή
- λεπτομέρειες σχετικά με την οργάνωση της προστασίας του χώρου
- πρωτόκολλο σε περίπτωση ατυχήματος
- Εγχειρίδιο διασφάλισης ποιότητας λειτουργίας του αντιδραστήρα

Η προ-επιτροπή της Διεθνούς Επιτροπής για την Ατομική ενέργεια τάχθηκε υπέρ τον Οκτώβριο του 2017, ενώ η Nawah ζήτησε επαναξιολόγηση από την Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας μετά από 18 μήνες.

Η Nawah συστάθηκε τον Μάιο του 2016 προκειμένου να διαχειριστεί και να συντηρήσει τις 4 μονάδες του Barakah, με συμμετοχή της ENEC σε ποσοστό 82% και της KEPCO σε ποσοστό 18%. Κατόπιν μια συμφωνίας ύψους \$880 εκατομμυρίων τον Ιούλιο του 2017 ανάμεσα στην KHNP και την ENEC, η KHNP θα παράσχει εξειδικευμένο προσωπικό προκειμένου να συνδράμει την Nawah μέχρι το 2030. Το συμβόλαιο επιπλέον περιλαμβάνει συμφωνία για προμήθεια καυσίμου για 3 πυρηνικούς κύκλους και των 4 αντιδραστήρων.

Για τις μονάδες 3 και 4, η ENEC υπέβαλε μια αίτηση για κατασκευαστική άδεια, μεγέθους 10000 σελίδων, στην FANR τον Μάρτιο του 2013, βασισμένη στην αίτηση που υποβλήθηκε για τις μονάδες 1 και 2. Οι άδειες εκδόθηκαν τον Σεπτέμβριο του 2014. Η κατασκευή της μονάδας 3 ξεκίνησε μέσα στον ίδιο μήνα, ενώ η κατασκευή της μονάδας 4 ξεκίνησε έναν χρόνο αργότερα. Τον Μάρτιο του 2018, η μονάδα 3 ήταν ολοκληρωμένη σε ποσοστό 81% και η 4 σε ποσοστό 67%.

Τον Ιανουάριο του 2011, μια αποστολή της Διεθνούς Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας στα ΗΑΕ, αποφάνθηκε ότι τα ΗΑΕ είχαν τηρήσει τις υποσχέσεις τους αναφορικά με τις δεσμεύσεις που είχαν αναλάβει. Στα θετικά σημεία της αναφοράς συμπεριλαμβάνονταν η συνεργασία, χωρίς να περιορίζει την ανεξαρτησία είτε των ρυθμιστικών αρχών είτε των μονάδων, η ανάπτυξη του ανθρώπινου δυναμικού, ένα καλά δομημένο σύστημα διαχείρισης και μια σαφή έμφαση στα ζητήματα ασφαλείας. Επιπλέον, η ENEC εντάχθηκε

στον Παγκόσμιο Οργανισμό Διαχειριστών Πυρηνικών Αντιδραστήρων (WANO) προκειμένου να επωφεληθεί από την τεχνογνωσία του.

Τον Σεπτέμβριο του 2012, η Τράπεζα Εισαγωγών και Εξαγωγών των ΗΠΑ ενέκρινε χρηματοδότηση ύψους \$2 δις για την εγκατάσταση στον Barakah, για εξαρτήματα που θα προέρχονταν από την Westinghouse καθώς και σχετικές υπηρεσίες από την Westinghouse και 2 άλλες επιχειρήσεις. Κυρίως αφορούσε σε αντλίες ψύξης.

Μέχρι και τον Αύγουστο του 2012, η ENEC είχε συνάψει 6 συμβόλαια σχετικά με την προμήθεια, την μετατροπή και τον εμπλουτισμό του Ουρανίου καθώς και την αγορά ποσότητας εμπλουτισμένου ουρανίου. Ένα σύνολο προμηθευτών εμπλέκεται στο κάθε στάδιο του κύκλου. Η εταιρεία αποτιμά τα συμβόλαια στα \$3 δις και θεωρεί ότι θα δώσουν στον Barakah την δυνατότητα να παράξει 450 δις KWh ηλεκτρισμού σε μια περίοδο 15 ετών.

Τα συμβόλαια περιλαμβάνουν την Καναδική Uranium One, την Αγγλική Rio Tinto, την Γαλλική Areva και την Ρωσική Techsnabexport (Tenex) για την προμήθεια ουρανίου. Στις υπηρεσίες μετατροπής συμμετέχουν η Αμερικάνικη Converdyn, η Tenex και η Areva. Τέλος, για τον εμπλουτισμό συμμετέχουν η Urenco, η Tenex και η Areva.

Το εμπλουτισμένο ουράνιο θα δίνεται στην Kerco, η οποία θα είναι και η κατασκευάστρια των εγκαταστάσεων για τα καύσιμα.

Τα ΗΑΕ έχουν δεσμευθεί για ένα πρόγραμμα διαχείρισης των πυρηνικών αποβλήτων «δυσταχυτήτων», το οποίο περιλαμβάνει την κατασκευή ενός σημείου αποθήκευσης και την δημιουργία ενός προγράμματος απόρριψης των αποβλήτων. Μια άλλη επιλογή περιλαμβάνει την επιστροφή του καυσίμου στους προμηθευτές. Τα χρησιμοποιημένα καύσιμα θα αποθηκεύονται σε «πυρηνικές λίμνες» για έως και 20 χρόνια, ή θα μεταφέρονται σε άλλη μονάδα αποθήκευσης μετά από έξι χρόνια. Ανάλογα με τα οικονομικά, είναι δυνατή η εκ νέου επεξεργασία τόσο στην Γαλλία όσο και σε άλλες χώρες. Η ιδιοκτησία και η ευθύνη για τα χρησιμοποιημένα καύσιμα θα μεταφερθεί σε μια νέα οντότητα, κρατικής κυριότητας, που θα συσταθεί μετά από 20 χρόνια.

Τον Αύγουστο του 2009 τα ΗΑΕ δήλωσαν στην Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας ότι ήταν έτοιμα να συμμετάσχουν στην Σύνοδο για την Πυρηνική Ασφάλεια, την Σύνοδο για την Ασφάλεια και την Διαχείριση των Πυρηνικών Καυσίμων καθώς και την Σύνοδο για την Ασφάλεια των πυρηνικών αποβλήτων.

Τον Οκτώβριο του 2009, ο ομοσπονδιακός Νόμος για την πυρηνική χρήση της Πυρηνικής Ενέργειας τέθηκε σε ισχύ. Ο νόμος θέτει τις βάσεις για την δημιουργία ενός συστήματος αδειοδότησης και ελέγχου των πυρηνικών υλικών καθώς και την θέσπιση μιας ανεξάρτητης Ομοσπονδιακής Αρχής για την Πυρηνική Νομοθεσία (FANR) για να επιβλέπει το σύνολο του πυρηνικού κλάδου των ΗΑΕ

Τον Οκτώβριο του 2012 τα ΗΑΕ πέρασαν νομοθεσία, σύμφωνη με τις αποφάσεις του Συνεδρίου της Βιέννης, βάσει της οποίας η αστική ευθύνη βαραίνει αποκλειστικά και μόνο τον διαχειριστή του αντιδραστήρα. Θέτει ένα όριο \$694 εκατομμυρίων, 50% περισσότερο σε σχέση με το όριο που έχει τεθεί από το Συνέδριο της Βιέννης, έτσι ώστε ο διαχειριστής

να πρέπει να ασφαλιστεί για αυτό το ποσό. Το κράτος αναλαμβάνει την ευθύνη του ασφαλιστή, μόνο σε περίπτωση που δεν υπάρχει εναλλακτική. Τον Ιούλιο του 2014, τα ΗΑΕ εισήλθαν στο Συνέδριο για την Συμπληρωματική Αποζημίωση από Πυρηνική Καταστροφή, αν και ο σχετικός νόμος δεν έχει τεθεί ακόμα σε εφαρμογή.

Τον Σεπτέμβριο του 2017, η ENEC και η Kazatomprom υπέγραψαν συμφωνητικό πυρηνικής συνεργασίας σχετικά με την προμήθεια ουρανίου και την επεξεργασία των καυσίμων.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την Kantar TNS στις αρχές του 2017, το 83% των ερωτηθέντων τέθηκε υπέρ της πυρηνικής ενέργειας, σε σύγκριση με το 70% που απάντησε θετικά στην ίδια ερώτηση το 2013. Το 90% των ερωτηθέντων θεωρεί ότι η EneC κατασκευάζει τις εγκαταστάσεις στο Barakah σύμφωνα με τις υψηλότερες προδιαγραφές ασφαλείας και ποιότητας. Σε άλλα σημαντικά ευρήματα, το 92% θεωρεί ότι οι μονάδες στον Barakah είναι σημαντικές για την ανάπτυξη της χώρας. Η στήριξη στην κατασκευή πυρηνικών αντιδραστήρων έχει ανέβει στο 79% (αύξηση 11% σε σχέση με το 2013). Επιπλέον, το 69% θεωρεί ότι οι αντιδραστήρες είναι σημαντικοί για την παραγωγή ηλεκτρισμού στην χώρα, ενώ το 81% είναι γνώριμο με την ύπαρξη και την λειτουργία της EneC.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριο του 2012 από την ίδια εταιρεία, το 82% ήταν θετικό απέναντι στην πυρηνική ενέργεια, ενώ το 89% ήταν υπέρ της κατασκευής ενός πυρηνικού αντιδραστήρα μέσα στο εμιράτο τους. Επιπλέον, από την έρευνα προέκυψε ότι έχει αυξηθεί η ενημέρωση γύρω από την πυρηνική ενέργεια, με το 89% των ερωτηθέντων να την θεωρεί « εξαιρετικά σημαντική, πολύ σημαντική ή σημαντική για τα ΗΑΕ», ενώ το 55% την αντιμετωπίζει σαν μια κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, με μόνη σημαντικότερη τα ορυκτά καύσιμα. Η έρευνα επίσης κατέγραψε μια σημαντική πτώση στην ανησυχία του κοινού γύρω από την πυρηνική ενέργεια, που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις προσπάθειες της EneC και της κυβέρνησης των ΗΑΕ.

Η περίπτωση της Ρωσίας

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η πρώτη πυρηνική μονάδα στην Ρωσία, και πρώτη στον κόσμο που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ήταν ο αντιδραστήρας Obninsk το 1954. Οι πρώτες εμπορικές μονάδες της Ρωσίας ξεκίνησαν την λειτουργία τους το διάστημα 1963-1964, ενώ την διετία 1971-1973 τέθηκαν σε λειτουργία τα πρώτα μοντέλα που χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, η Ρωσία είχε 25 αντιδραστήρες σε λειτουργία, αλλά η βιομηχανία έμεινε στάσιμη εξαιτίας εσωτερικών προβλημάτων.

Η Rosenergoatom, η οποία συστάθηκε το 1992 και από το 2001 λειτουργεί σαν παρακλάδι της Rosatom, είναι η μοναδική Ρωσική επιχείρηση που διαχειρίζεται πυρηνικές μονάδες.

Από το ατύχημα του 1986 στο Chernobyl μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας του 1990, η μόνη μονάδα παραγωγής που τέθηκε σε λειτουργία ήταν η Balakovo. Η οικονομική αναδιάρθρωση που ακολούθησε την πτώση της Σοβιετικής Ένωσης είχε ως αποτέλεσμα μια μεγάλη έλλειψη κεφαλαίων για την ανάπτυξη πυρηνικών αντιδραστήρων, γεγονός που οδήγησε στην αναβολή πολλών προγραμματισμένων κατασκευών. Ωστόσο, οι εξαγωγές αντιδραστήρων προς το Ιράν, την Κίνα και την Ινδία στα τέλη της δεκαετίας του 1990 οδήγησαν στην αναβίωση του κλάδου στο εσωτερικό της χώρας.

Το 2000, οι κατασκευές στο εξωτερικό ξεκίνησαν εκ νέου και ο Rostov 1, ο πρώτος από τους αντιδραστήρες των οποίων η κατασκευή είχε αναβληθεί, ξεκίνησε την λειτουργία του το 2001, καθώς συνδέθηκε στο ήδη υπάρχον δίκτυο των 21 GWe. Η εξέλιξη αυτή έδωσε ώθηση στην πυρηνική βιομηχανία της χώρας. Το 2004 ακολούθησε ο Kalinin 3, ο Rostov 2 το 2010 και ο Kalinin 4 το 2011.

Μέχρι το 2006, η κυβέρνηση είχε αποκαταστήσει την ηρεμία στον κλάδο και στόχευε στην αύξηση της παραγωγικής ικανότητας κατά 2-3 GWe ετησίως μέχρι το 2030, καθώς και την εξαγωγή σημαντικού αριθμού αντιδραστήρων αυτό το διάστημα. Στις αρχές του 2016, η Rosatom δήλωσε ότι οι επενδύσεις στις πυρηνικές μονάδες στο εξωτερικό έχουν προσφέρει απόδοση 3/1 καθώς και σημαντική οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη στο σύνολο της χώρας.

Ωστόσο, στις αρχές του 2017 ο Διευθύνων Σύμβουλος της Rosatom δήλωσε ότι η κυβέρνηση θα σταματούσε την χορήγηση κονδυλίων για νέες πυρηνικές μονάδες το 2020 και έτσι η Rosatom αναγκάστηκε να βρει τρόπο να εξασφαλίσει τα έσοδα της, κυρίως μέσω της ανάπτυξης πυρηνικών αντιδραστήρων για εμπορική χρήση στην διεθνή αγορά. Η πρόοδος της εταιρείας μέσα σε μόλις μια δεκαετία υπήρξε εντυπωσιακή, ωστόσο, έφτασε η στιγμή που η εταιρεία έπρεπε να σταθεί αποκλειστικά στα δικά της πόδια.

Τον Φεβρουάριο του 2010, η κυβέρνηση ενέκρινε το πρόγραμμα για την ανάπτυξη νέας τεχνολογικής βάσης για την πυρηνική βιομηχανία, που θα βασίζεται στους ταχυαντιδραστήρες. Τον Ιούνιο του 2010, η κυβέρνηση ενέκρινε αύξηση της παραγωγικής ικανότητας κατά 173 GWe μέχρι το 2030, τα 43,4 εκ των οποίων θα είναι πυρηνικής προέλευσης. Εντούτοις, τον Ιανουάριο του 2015 ο στόχος αυτός είχε πέσει στο μισό.

Επιπλέον, η Rosatom δήλωσε πως είχε μειώσει το κόστος παραγωγής στις πυρηνικές της μονάδες κατά 36% το διάστημα 2011-2017

Η παρούσα στρατηγική της Rosatom μέχρι το 2050 περιλαμβάνει την μετάβαση σε ασφαλέστερες πυρηνικές εγκαταστάσεις με την χρήση ταχυαντιδραστήρων, στα πλαίσια του προγράμματος “Ρρονγκν”, μέσω του οποίου η Ρωσία έχει αναδειχθεί σε παγκόσμιο πρωτοπόρο στο συγκεκριμένο τομέα. Η εταιρεία οραματίζεται να παρέχει το 45-50% της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2050, με την προοπτική το ποσοστό αυτό να αυξηθεί στο 70-80% μέχρι το τέλος του αιώνα. Ο απόλυτος στόχος της είναι η εξάλειψη της δημιουργίας πυρηνικών αποβλήτων κατά την διαδικασία παραγωγής. Στις αρχές του 2017, ο Διευθύνων Σύμβουλος της Rosatom δήλωσε ότι η εταιρεία οφείλει να εκμεταλλευτεί τα οφέλη που έχει αποκομίσει από το πρόγραμμα “Ρρονγκν” ώστε να καθιερωθεί ως η πρωτοπόρος δύναμη του κλάδου, ενώ παράλληλα θα πρέπει να μην αφήσει περιθώρια στους ανταγωνιστές της να αμφισβητήσουν την τεχνολογική της υπεροχή.

1.2 Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ρωσία

Η προσφορά του ηλεκτρικού ρεύματος στην Ρωσία, που ελέγχεται επίσημα από την RAO Unified Energy System (UES), αντιμετωπίζει μια σειρά από σημαντικούς περιορισμούς. Πρώτον, σημειώθηκε ραγδαία αύξηση στην ζήτηση από το 2010 ύστερα από μια δεκαετία στασιμότητας. Δεύτερον, παραγωγικές μονάδες συνολικής ικανότητας 50 GWe (πάνω από το 25% της συνολικής παραγωγής) στο ευρωπαϊκό κομμάτι της χώρας προσεγγίζουν το τέλος του κύκλου ζωής τους. Τρίτον, η Gazprom μείωσε σε μεγάλο βαθμό την παροχή φυσικού αερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα κέρδη της από τις εξαγωγές στο εξωτερικό είναι κατά πολύ μεγαλύτερα. Τα πυρηνικά προϊόντα και υπηρεσίες αποτελούν βασικό κλάδο των Ρωσικών εξαγωγών. Έχει ήδη συμφωνήσει για την εξαγωγή παραπάνω από 20 αντιδραστήρων, με τις παραγγελίες από το εξωτερικό να ανέρχονται στα τέλη του 2016 στα \$133 δις.

Οι μονάδες της UES (United Energy System of Russia) καταναλώνουν περίπου το 60% του αερίου που παρέχει η Gazprom στην Ρωσία. Το ποσοστό αυτό αναμένεται να μειωθεί στο 30% μέχρι το 2020. Επιπλέον, μέχρι το 2020, έτος κατά το οποίο αναμένεται να έχουν εξαντληθεί σε μεγάλο βαθμό και τα κοιτάσματα της Δυτικής Σιβηρίας.

Η παραγωγή ηλεκτρισμού το 2015 άγγιξε τις 1068 TWh, με τις 195 (18%) να προέρχονται από την πυρηνική ενέργεια, τις 530 από το αέριο, τις 159 από τον άνθρακα και τις 170 από υδροηλεκτρικές μονάδες. Οι καθαρές εξαγωγές ανήλθαν σε 12 TWh, ενώ η τελική κατανάλωση έφτασε τις 726 TWh. Η Rosenergoatom καταγράφει την παραγωγή για το 2016 στις 196 TWh, ενώ στοχεύει να φτάσει τις 200 TWh μέχρι το 2020.

Το Νοέμβριο του 2009, η «Ενεργειακή Στρατηγική 2030» εκδόθηκε από την κυβέρνηση, παρουσιάζοντας τις επενδύσεις που είχαν σχεδιαστεί για τις δυο επόμενες δεκαετίες. Η ανανεωμένη έκδοση του 2010 έκανε προβλέψεις για ζήτηση ύψους 1288 TWh το 2020 και 1553 TWh το 2030, γεγονός που προαπαιτεί νέες μονάδες παραγωγικής ικανότητας.

Το 2009 η πυρηνική παραγωγή άγγιξε τις 163,3 TWh, ενώ το διάστημα 2010-2012 ανήλθε στις 170-178 TWh. Η παραγωγή των πυρηνικών μονάδων αυξήθηκε σημαντικά τα τελευταία χρόνια, λόγω της αποτελεσματικότερης λειτουργίας των αντιδραστήρων. Η Rosenergoatom στόχευε σε παραγωγική ικανότητα που θα έφτανε το 90% μέχρι το 2015. Το 2006 είχε

ανακοινώσει πως στόχος της ήταν η ηλεκτρική ενέργεια της Ρωσίας να προέρχεται σε ποσοστό 23% μέχρι το 2020 και 25% μέχρι το 2030, ωστόσο, οι μονάδες που εγκρίθηκαν από την κυβέρνηση το 2007 και το 2009 έφεραν αρκετά πίσω τους συγκεκριμένους στόχους. Στα μέσα του 2013, η UES προέβλεψε μια μείωση της συνεισφοράς της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της χώρας στο 15,9% μέχρι το 2020, με μια παράλληλη αύξηση στην χρήση των ορυκτών καυσίμων.

Τον Μάιο του 2015, το Υπουργείο Οικονομικής ανάπτυξης ανακοίνωσε ότι θα υπήρχαν σημαντικές καθυστερήσεις στην κυκλοφορία των νέων πυρηνικών μονάδων, γεγονός που οφειλόταν στο ενεργειακό «πλεόνασμα» που είχε δημιουργηθεί. Η κυκλοφορία των δυο νέων μονάδων στο Leningrad και στο Nononogonezh καθυστέρησε ένα χρόνο, ενώ η κατασκευή του Smolensk II αναβλήθηκε για έξι χρόνια. Τον Σεπτέμβριο του 2015, η Rosatom δήλωσε ότι στόχευε στην δημιουργία 15 νέων αντιδραστήρων, παραγωγικής ικανότητας 18,6 GWe μέχρι το 2030, φτάνοντας σε συνολική ισχύ 44 GWe, υπό την προϋπόθεση ότι δεν θα προχωρήσει στην απόσυρση των παρόντων αντιδραστήρων.

Αυτή την στιγμή, η Ρωσία διατηρεί 37 λειτουργικούς πυρηνικούς αντιδραστήρες, συνολικής ισχύος 28.961 MWe

Reactor	Type V=PWR	MWe net, each	Commercial operation	Licensed to, or scheduled close
Balakovo 1	V-320	988	5/86	2043
Balakovo 2	V-320	988	1/88	2033
Balakovo 3	V-320	988	4/89	2049
Balakovo 4	V-320	988	12/93	2053
Beloyarsk 3	BN-600 FBR	560	11/81	2025
Beloyarsk 4	BN-800 FBR	789	10/16	2056
Bilibino 1-4	LWGR EGP-6	11	4/74-1/77	Dec 2018, Dec 2021
Kalinin 1	V-338	988	6/85	2045
Kalinin 2	V-338	988	3/87	2047
Kalinin 3	V-320	988	11/2005	2065
Kalinin 4	V-320	988	9/2012	2072
Kola 1	V-230	432	12/73	2028
Kola 2	V-230	411	2/75	2029
Kola 3	V-213	440	12/82	2027
Kola 4	V-213	440	12/84	2039
Kursk 1	RBMK	971	10/77	2022
Kursk 2	RBMK	971	8/79	2024
Kursk 3	RBMK	971	3/84	2029
Kursk 4	RBMK	925	2/86	2031
Leningrad 1	RBMK	925	11/74	2019
Leningrad 2	RBMK	971	2/76	2021

Leningrad 3	RBMK	971	6/80	2025
-------------	------	-----	------	------

Leningrad 4	RBMK	925	8/81	2026
Leningrad II-1	V-491	1085	3/2018	
Novovoronezh 4	V-179	385	3/73	2032
Novovoronezh 5	V-187	950	2/81	2035 potential
Novovoronezh 6	V-392M	1114	2/2017	2077
Smolensk 1	RBMK	925	9/83	2028
Smolensk 2	RBMK	925	7/85	2030
Smolensk 3	RBMK	925	1/90	2050
Rostov 1	V-320	990	3/2001	2030?
Rostov 2	V-320	990	10/2010	2040
Rostov 3	V-320	1011	9/2015	2045
Rostov 4	V-320	1011	(First power 2/2018)	
Total: 37		28,961 MWe		

Οι περισσότεροι αντιδραστήρες έχουν λάβει άδεια προκειμένου να πραγματοποιηθούν εργασίες για την αύξηση του προσδόκιμου ζωής τους. Πάνω από το 50% της πυρηνικής παραγωγής στην Ρωσία προέρχεται από μονάδες, οι οποίες είχαν αναβαθμιστεί για μακροπρόθεσμη λειτουργία και είχαν ξεπεράσει ήδη το αρχικό προσδόκιμο ζωής τους (30 χρόνια).

Σε γενικές γραμμές, οι Ρωσικοί αντιδραστήρες αρχικά είχαν λάβει άδεια λειτουργίας για 30 χρόνια. Στα τέλη του 2000, ανακοινώθηκαν σχέδια για την επέκταση ζωής των 12 πρώτων αντιδραστήρων, γεγονός που έκανε επιτακτική την ανάγκη για μεγάλες επενδύσεις στην ανακαίνισή τους. Ωστόσο, το κόστος αυτό αντιστοιχούσε μόλις στο 1/5 του συνολικού κόστους για την κατασκευή ενός νέου αντιδραστήρα. Το 2014 εγκρίθηκε ένα νέο πρόγραμμα, με βάση το οποίο οι προδιαγραφές των Ρωσικών αντιδραστήρων θα εναρμονίζονταν με τα διεθνή πρότυπα.

Στα τέλη του 2011, είχαν ολοκληρωθεί οι εργασίες 15ετούς επέκτασης ζωής για 17 αντιδραστήρες, συνολικής ισχύος 9.8 GWe. Στα μέσα του 2016, είχαν εκδοθεί άδειες επέκτασης λειτουργίας για 24 μονάδες συνολικής ισχύος 16.242 MWe.

Κατά κύριο λόγο, στις μονάδες VVER-440 επεκτάθηκε το προσδόκιμο ζωής τους κατά 15 χρόνια. Ο Kola 2 βρίσκεται στο στάδιο αξιολόγησης ασφαλείας υπό το πρίσμα της επέκτασης του προσδόκιμου του στα 60 χρόνια, ενώ ο Kola 1 αναμένεται να ξεπεράσει τα 45 χρόνια. Τον Φεβρουάριο του 2016 ανακοινώθηκε η επέκταση της άδειας του Kola 3 μέχρι το 2026 (45 χρόνια) μετά το πέρας των εργασιών αναβάθμισης. Ο Novovoronezh 4 αναμένεται να λάβει άδεια λειτουργίας για 60 χρόνια, χρησιμοποιώντας κομμάτια από τον Novovoronezh 3, του οποίου η λειτουργία τερματίστηκε στα τέλη του 2016.

Στις περισσότερες μονάδες VVER-1000 αναμένεται να δοθεί 30ετής επέκταση στην άδεια λειτουργία τους. Το 2015, ο Balakovo 1 αναβαθμίστηκε προκειμένου ο κύκλος ζωής του να φτάσει τα 60 χρόνια, ενώ υπάρχει η ίδια πρόθεση για τις μονάδες 2-4. Οι μονάδες Kalinin 2 και Smolensk 3 αναμένεται να έχουν λάβει επίσης 30ετή επέκταση στην άδεια λειτουργία τους μέχρι το 2025.

Το 2006, η Rosatom δήλωσε πως εξετάζει το ενδεχόμενο 15ετούς επέκτασης και αναβάθμισης και των 11 αντιδραστήρων της τύπου RBMK, οι δέκα εκ των οποίων είχαν λάβει την σχετική άδεια μέχρι το 2016. Έπειτα από σειρά αλλαγών στον σχεδιασμό, στον απόηχο του ατυχήματος στο Chernobyl, καθώς και εκτεταμένων εργασιών ανακαίνισης, η 45ετής επέκταση λειτουργίας λογίζεται ως ρεαλιστική για την πλειοψηφία των μονάδων, οι οποίες το 2011 παρείχαν το 47,5% της πυρηνικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ρωσία.

Η Rosenergoatom εξετάζει την εισαγωγή ενός κύκλου καυσίμου 2ετούς διάρκειας στις νέες πυρηνικές της μονάδες. Προηγουμένως, οι VVER-1000 λειτουργούσαν για διάστημα 12 μηνών χωρίς να χρειαστούν ανεφοδιασμό στα καύσιμα, ενώ από το 2008 ανεφοδιάζονται ανά 18 μήνες. Οι VVER-440 ακόμα λειτουργούν με βάση τον ετήσιο κύκλο. Προκειμένου να επιτευχθεί ο διετής κύκλος στις νέες μονάδες, θα χρειαστεί να υπάρξει αναπροσαρμογή στον σχεδιασμό των VVER καθώς και να αλλάξει η διαδικασία εμπλουτισμού του καυσίμου, αυξάνοντας το ποσοστό του U-235 από το 4-4,5% στο 6-7%.

Η Ρωσική Επιτροπή Ενέργειας έχει εγκρίνει την αύξηση της παραγωγής κατά 4% και στους 4 αντιδραστήρες Balakovo V-320, έχοντας προχωρήσει σε πληθώρα εργασιών από το 2012. Ο Balakovo 1 αναβαθμίστηκε έναντι \$130 εκατομμυρίων σε διάστημα 9 χρόνων, με την Επιτροπή Ενέργειας να εγκρίνει την 30ετή επέκταση της άδειας λειτουργίας του τον Δεκέμβριο του 2015, αποτελώντας την πρώτη μονάδα που απέκτησε σχετική άδεια. Η Rosatom έχει προχωρήσει σε αντίστοιχες ενέργειες για 3 ακόμα μονάδες, όλες εκ των οποίων βρίσκονται σε διαδικασία αναβάθμισης και μεταβολής του κύκλου καυσίμου στους 18 μήνες. Ωστόσο, κάποιοι βρίσκονται ακόμα σε στάδιο δοκιμαστικής λειτουργίας και δεν έχουν λάβει αδειοδότηση για την επέκταση της λειτουργίας τους. Και οι 4 μονάδες Balakovo προγραμματίζονται για 60ετή λειτουργία.

Ο ταχυαντιδραστήρας Beloyarsk 3 BN-600 στην περιοχή Zarechny έχει προγραμματιστεί για 15ετή επέκταση λειτουργίας μέχρι το 2025. Η Rosatom αναφέρει ότι εξετάζει το ενδεχόμενο για την πραγματοποίηση εργασιών αναβάθμισης που θα επεκτείνουν το προσδόκιμο ζωής του αντιδραστήρα πέραν των 45 χρόνων. Ο ταχυαντιδραστήρας Beloyarsk 4 BN-800 αντιμετώπισε σημαντικά ζητήματα με την χρηματοδότηση, τα οποία ανέβαλαν τις εργασίες κατασκευής, οι οποίες ξεκίνησαν το 2006. Ο αντιδραστήρας τέθηκε σε εμπορική λειτουργία τον Οκτώβριο του 2016, με το συνολικό κόστος κατασκευής να εκτιμάται στα \$2,3 δις Ο Beloyarsk 5 BN-1200 επιβεβαιώθηκε σε κυβερνητικό επίπεδο των Αύγουστο του 2016.

Ο BN-1200 αναπτύσσεται από την OKBM Afrikantov στο Zarechny, με μερική συμμετοχή στην χρηματοδότηση του Ομοσπονδιακού Πυρηνικού Προγράμματος. Ο BN-1200 θα παράγει 2900 MWt, έχει προσδόκιμο λειτουργίας τα 60 έτη, καθώς και απλουστευμένη διαδικασία ανεφοδιασμού.

Η OKBM δήλωσε ότι το κόστος κεφαλαίου αναμένεται να είναι το ίδιο με αυτό του VVER-TOI. Οι εκτιμήσεις αναφέρουν ότι η παραγόμενη ενέργεια θα ανέρχεται στα \$2,23 cents/kWh. Η επιστημονική και τεχνική επιτροπή της Rosatom προχώρησε σε αξιολόγηση του μέσα στο 2015, ενώ τον Μάιο του 2017 η OKBM ανακοίνωσε την ολοκλήρωση των εργασιών ανάπτυξης. Η Rosatom τον θεωρεί ως έναν «αντιδραστήρα 4^{ης} γενιάς με εξαιρετικές συνθήκες ασφαλείας». Η OKBM αναμένει την πρώτη μονάδα του BN-1200 να τεθεί σε λειτουργία το 2020, με 8 ακόμη αντιδραστήρες να ακολουθούν μέχρι το 2030. Η Rosatom σκοπεύει να παρουσιάσει τον BN-1200 στο Διεθνές Φόρουμ Αντιδραστήρων 4^{ης} Γενιάς.

Τον Μάιο του 2012 η Rosenergoatom ξεκίνησε την περιβαλλοντική αξιολόγηση του BN-1200. Τον Απρίλιο του 2015, δήλωσε πως η απόφαση για την κατασκευή θα αναβαλλόταν τουλάχιστον μέχρι το 2020, καθώς ήθελε να προχωρήσει σε βελτίωση του καυσίμου καθώς και σε επαναξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας του έργου. Στο κομμάτι της χρηματοδότησης, η Rosenergoatom επιδιώκει χρηματοδότηση ύψους \$3,3 δις από την Rosatom και από κρατικές επιχορηγήσεις.

Η περιφερειακή κυβέρνηση του Chelyabinsk έχει προγραμματίσει την κατασκευή 3 αντιδραστήρων BN-1200

Από το 2008, 4 αντιδραστήρες τύπου VVER τρίτης γενιάς βρίσκονται στο στάδιο της κατασκευής στο Leningrad και το Nononogonezh με αρχικό στόχο να τεθούν σε εμπορική λειτουργία το μέχρι το 2014. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, από το 2009 να αυξάνεται η παραγωγική ικανότητα της Ρωσίας κατά 2000 MWe ετησίως, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι αντιδραστήρες που εξάγονται.

Από το 2000, υπήρξε μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με την ολοκλήρωση του Kursk 5, μιας αναβαθμισμένης έκδοσης των αντιδραστήρων RBMK. Η Rosatom επεδίωκε την ολοκλήρωση του και τον Ιανουάριο του 2007 η Επιτροπή Ενέργειας της Ρωσικής Βουλής εισηγήθηκε την κρατική χρηματοδότηση για την ολοκλήρωση του έργου μέχρι το 2010. Ωστόσο, η εξεύρεση των πόρων αποδείχτηκε δύσκολη υπόθεση με το μέλλον του έργου να αποδεικνύεται δυσίωνο. Έτσι, τον Φεβρουάριο του 2012 η Rosatom επιβεβαίωσε την τερματισμό των εργασιών. Ωστόσο, ακολούθησε σειρά ανακοινώσεων σχετικά με τον Kursk II, μια σύγχρονη μονάδα τύπου VVER, οι εργασίες για την οποία θα ξεκινούσαν το 2015, με βασικό σκοπό να εξασφαλιστεί ότι το Kursk θα διατηρήσει τον πρωταγωνιστικό του ρόλο στην ευρύτερη περιοχή.

Τον Μάρτιο του 2007, το Υπουργείο Βιομηχανίας εισηγήθηκε στην κυβέρνηση την συνέχιση των εργασιών και η Rosenergoatom αιτήθηκε χρηματοδότηση ύψους \$1 δις από τον κρατικό προϋπολογισμό για την ολοκλήρωση των εργασιών. Η προσπάθεια αυτή δεν απέδωσε με αποτέλεσμα την αναζήτηση πόρων από εναλλακτικές πηγές. Συνακόλουθα, οι συζητήσεις με την Sberbank καθώς και ιδιώτες, όπως τους παραγωγούς αλουμινίου συνεχίστηκαν μέσα στο 2009.

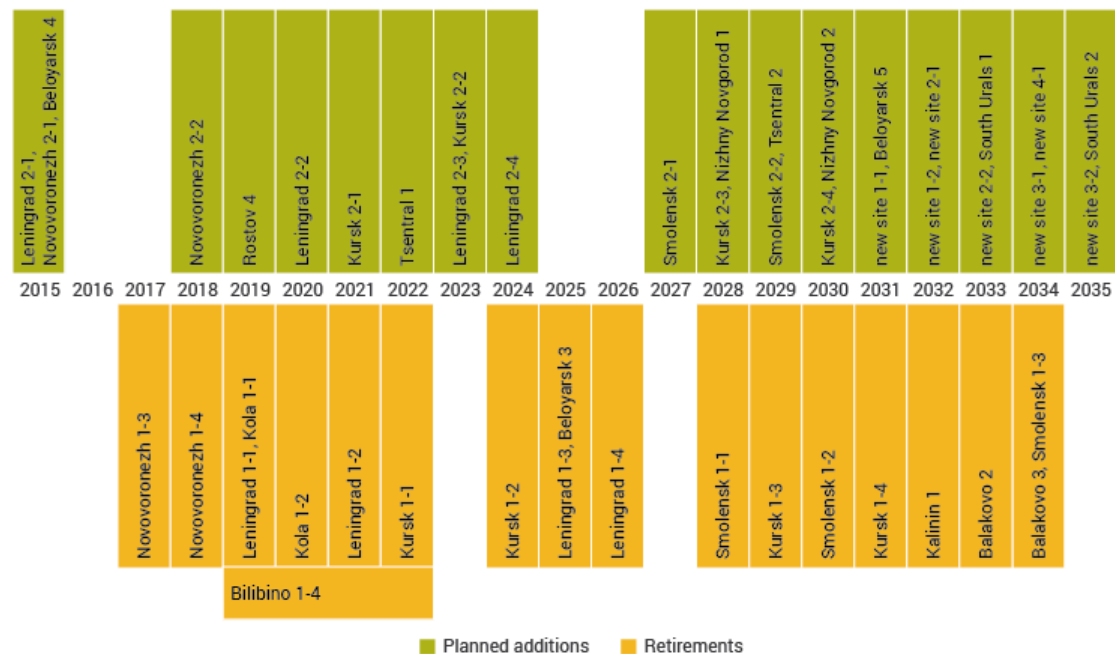
Μετά το ατύχημα της Fukushima πραγματοποιήθηκε σειρά ελέγχων στις Ρωσικές μονάδες παραγωγής. Σε συνέχεια αυτών, η Rosenergoatom ανακοίνωσε τον Ιούνιο του 2011 πρόγραμμα αναβάθμισης ύψους \$530 δις

Η αρχική πρόταση της Rosatom για την ραγδαία επέκταση της πυρηνικής παραγωγικής ικανότητας στηρίχθηκε στα οφέλη που προέκυψαν από την μερική ολοκλήρωση των μονάδων παραγωγικής ικανότητας 9 GWe το 2002. Προκειμένου να εξασφαλίσει τα απαραίτητα κεφάλαια, η Minatom έδωσε στην Gazprom την ευκαιρία να επενδύσει σε μερικές από τις ανολοκλήρωτες μονάδες της. Η λογική πίσω από αυτή την πρόταση ήταν ότι τα \$7,3 δις που χρειάζονταν για την ολοκλήρωση του έργου θα αντισταθμίζονταν άμεσα από τις εξαγωγές φυσικού αερίου, υπό την προϋπόθεση ότι η νέα μονάδα θα εξάλειφε την ανάγκη για την κατανάλωση αυτού του αερίου στο εσωτερικό.

Τον Σεπτέμβριο του 2006 η Rosatom ανακοίνωσε τον στόχο της προσφοράς του 23% του συνολικού ηλεκτρισμού από πυρηνικές μονάδες μέχρι το 2020, μέσω της ολοκλήρωσης 2 νέων μονάδων παραγωγής ετησίως συνολικής ισχύος 1200 MWe από το 2011 μέχρι το 2014 και στη συνέχεια 3 μονάδων ετησίως μέχρι το 2020, προσθέτοντας συνολικά 31 GWe

παραγωγικής ικανότητας. Ο υπουργός οικονομίας υποστήριξε ένθερμα το πρόγραμμα, μέσω του οποίου θα ενισχυόταν τόσο η ενεργειακή ασφάλεια της χώρας όσο και οι εξαγωγές πυρηνικής τεχνολογίας. Μετά το 2015, όλη η χρηματοδότηση θα προερχόταν από τα κέρδη της Rosatom.

Russian Nuclear Reactor Planned Additions and Retirements to 2035



Source: Rosatom, January 2015

Το 2008 το Υπουργείο Ενέργειας και η Rosatom επωμίστηκαν την ανάπτυξη ενός επενδυτικού πλάνου για την προσέλκυση επενδύσεων στον τομέα της ενέργειας. Στόχος ήταν μέχρι το 2020 η αγορά ενέργειας να είναι σε σημαντικό βαθμό ιδιωτική και ανταγωνιστική, ενώ το δημόσιο θα διατηρεί τον έλεγχο των τομέων φυσικού μονοπωλίου, όπως του δικτύου. Τον Μάρτιο του 2011 η ενεργειακή επιτροπή της Βουλής κατέθεσε πρόταση για την κατασκευή του Kursk II με αντιδραστήρες VVER-TOI και ταυτόχρονα την ανανέωση των κυβερνητικών προγραμμάτων, ώστε οι μονάδες 1 και 2 να ενταχθούν στο δίκτυο το 2020 και το 2023. Η μονάδα 1 πρέπει να είναι έτοιμη το διάστημα που θα σταματήσει η λειτουργία του πρώτου αντιδραστήρα τύπου RBMK προκειμένου να διασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρξουν ζητήματα με την ηλεκτροδότηση της Μόσχας.

Το Ομοσπονδιακό Πυρηνικό Πρόγραμμα στηρίζεται στην τεχνολογία VVER τουλάχιστον μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 2030, αλλά υπογραμμίζει τον στόχο της μετάβασης στους ταχυαντιδραστήρες και στον κλειστό κύκλο καυσίμου. Κατά το 1^ο στάδιο θα λάβει χώρα η κατασκευή ενός ταχυαντιδραστήρα 100 MWe, ενώ κατά το 2^ο στάδιο θα τεθεί σε λειτουργία το διάστημα 2015-2020 μια πιλοτική μονάδα που θα διαθέτει έναν αντιδραστήρα τύπου BREST 300 MWe και έναν ταχυαντιδραστήρα για ερευνητικούς σκοπούς.

Το 2009 η Siemens ανακοίνωσε ότι θα αποσυρόταν από την Arena και ότι θα ανέπτυξε σχέσεις με την Rosatom. Το Μνημόνιο Συμφωνίας που ακολούθησε μεταξύ των δυο εταιρειών επιβεβαίωσε την πρόθεση τους για την από κοινού δημιουργία μιας θυγατρικής με την Rosatom να διατηρεί το πλειοψηφικό πακέτο, στόχος της οποίας θα ήταν η ανάπτυξη αντιδραστήρων τύπου VVER, η κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής καθώς και η αναβάθμιση των παλαιότερων μονάδων. Η κίνηση αυτή χαιρέτιστηκε από τον πρόεδρο

Πούτιν ως μια στρατηγική συνεργασία. Ωστόσο, η οριστικοποίηση της συμφωνίας καθυστέρησε λόγω των εκκρεμοτήτων της Siemens με την Areva, και τον Σεπτέμβριο του 2011 η Siemens ανακοίνωσε ότι η συμφωνία δεν θα προχωρούσε. Σε κάθε περίπτωση όμως, η συνεισφορά της Siemens στο εγχείρημα αυτό θα ήταν ιδιαίτερα περιορισμένη, καθώς η Areva διατήρησε το μεγαλύτερο μέρος των σχεδίων και της τεχνογνωσίας της Siemens.

Τον Οκτώβριο του 2014, η Rosatom αποφάσισε σε πρώτο στάδιο να ασχοληθεί με την ανάπτυξη μικρών και μεσαίων αντιδραστήρων, αν και αρχικά δεν αναμενόταν να μπορέσουν να συγκριθούν σε οικονομικό επίπεδο με τις μεγαλύτερες μονάδες. Τον Μάιο του ίδιου έτους η Rosenergoatom ολοκλήρωσε την συγκριτική ανάλυση ανάμεσα στον VVER-600 και τον VBER-600. Το 2016 έγινε παραγγελία για την κατασκευή του VVER-600 στην μονάδα Kola.

Το τελευταίο Ομοσπονδιακό Πυρηνικό Πρόγραμμα στοχεύει σε συμμετοχή της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της Ρωσίας σε ποσοστό 25-30% μέχρι το 2030, 45-50% μέχρι το 2050 και 70-80% μέχρι το τέλος του αιώνα.

Τον Αύγουστο του 2016, τέθηκαν σχέδια για την κατασκευή 11 νέων αντιδραστήρων, πέραν του Kursk και όσων βρίσκονται ήδη υπό κατασκευή, με βάση κυβερνητικό διάταγμα. Επιπλέον, επισπεύσθηκε η ημερομηνία ολοκλήρωσης των 2 πρώτων BN-1200.

Στον πίνακα που ακολουθεί, οι 11 μονάδες εμφανίζονται ως “Προγραμματισμένες” μέχρι το 2030, μαζί με τις μονάδες στο Novovoronezh και το Leningrad. Ωστόσο, περικοπές στον προϋπολογισμό της Rosatom το 2017 ενδέχεται να καθυστερήσουν την ολοκλήρωση ορισμένων εξ αυτών

Power Reactors under Construction, Planned and officially Proposed

Plant	Reactor type	MWe gross (net expected)	Status, start construction	Start or commercial operation
FNPP 1 for Pevek	KLT-40S	35x2	Const. 5/09	2019
Novovoronezh II-2	VVER-1200/V-392M	1200	Const. 7/09	Comm. 1/2020
Leningrad II-2	VVER-1200/V-491	1170	Const. 4/10	Comm. 2/2022
Baltic 1 (Kaliningrad)	VVER-1200/V-491	1194	Const. 4/12, suspended 6/13	?
Kursk II-1	VVER TOI/V510	1255	Const. 04/18	04/2022
Subtotal of 6 under construction		4889 MWe gross		

Further Power Reactors Proposed, uncertain status

Unit	Type	MWe each gross	Start construction
Leningrad II 5&6	VVER-1200	1200	
North-west 1&2	BWR VK-300	300	
<i>Plants with low priority for UES:</i>			
Bashkira 1-4	PWR		
Far East 1-4	PWR, 1/3 for Rusal smelter	1000	

1.3 Μετάβαση στους ταχυαντιδραστήρες

Το διάστημα 2020-2025 οι ταχυαντιδραστήρες αναμένεται να ενισχύσουν την συμμετοχή τους στην πυρηνική παραγωγή της Ρωσίας, ενώ θα υπάρξει και ανακύκλωση των καυσίμων. Οι εκτιμήσεις θέλουν τους ταχυαντιδραστήρες να αναπτύσσουν παραγωγική ικανότητα ύψους 14 GWe μέχρι το 2030 και 34 GWe μέχρι το 2050. Το δόγμα για την καινοτομία στον χώρο της πυρηνικής ενέργειας που θα βασίζεται στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών οραματίζεται την πλήρη ανακύκλωση των καυσίμων, με στόχο 100 GWe συνολικής παραγωγικής ικανότητας να χρειάζονται μόλις 100 τόνους καυσίμου ετησίως προκειμένου να παραχθεί. Η σειρά ταχυαντιδραστήρων τύπου BN αποτελούν μέρος του Προγράμματος “Pronyn” της Rosatom για την ανάπτυξη ταχυαντιδραστήρων κλειστού κύκλου καυσίμων, των οποίων το καύσιμο θα ανακυκλώνεται. Ο αντιδραστήρας BN-600 στο Beloyarsk λειτουργεί με επιτυχία από το 1980, με την άδεια του να ισχύει μέχρι το 2020, ενώ η λειτουργία του είναι προγραμματισμένη μέχρι το 2025. Ο BN-800 στο Beloyarsk λειτουργεί από το 2014 και επί της ουσίας αποτελεί ένα ερευνητικό μοντέλο για τον σχεδιασμό του BN-1200

Η Rosatom στα πλαίσια του Ομοσπονδιακού Πυρηνικού Προγράμματος για την Προηγμένη Πυρηνική Τεχνολογία 2010-2020 έχει υποβάλει 2 σχέδια ταχυαντιδραστήρων προς έγκριση από την κυβέρνηση. Το πρώτο σχέδιο αφορά σε έναν ταχυαντιδραστήρα ψύξης με μόλυβδο, όπως ο BREST, με την χρηματοδότηση του να ανέρχεται στα \$3,1 δις. Το δεύτερο σχέδιο, που είναι και το επικρατέστερο, περιλαμβάνει λιγότερα ρίσκα συγκριτικά με το πρώτο. Επιπλέον, θα αποτελούσε το πρώτο βήμα για τους αντιδραστήρες 4^{ης} γενιάς αλλά και την βάση για την εφαρμογή των μελλοντικών τεχνολογιών στην πυρηνική ενέργεια, με την είσοδο του κλειστού κύκλου καυσίμου να αναμένεται μέχρι το 2020. Το σχέδιο αυτό στόχευε στην προσέλκυση χρηματοδότησης πέραν της κρατικής και ήταν τελικά αυτό που επιλέχθηκε το 2014.

Τον Ιανουάριο του 2010, η κυβέρνηση στα πλαίσια του Ομοσπονδιακού Πυρηνικού Προγράμματος υιοθέτησε το πρόγραμμα «Νέα γενιά πυρηνικής τεχνολογίας 2010-2015 με ορίζοντα το 2020», στόχος του οποίου ήταν η δημιουργία μιας νέας τεχνολογικής πλατφόρμας για την πυρηνική βιομηχανία, που θα στηριζόταν στους ταχυαντιδραστήρες. Το πρόγραμμα προέβλεπε περί τα \$2 δις από τον κρατικό προϋπολογισμό μέχρι το 2020, καθώς και \$1 δις για την ανάπτυξη ταχυαντιδραστήρων, ενώ κατόπιν μεταγενέστερων ανακοινώσεων, η χρηματοδότηση άρχισε να διανέμεται μεταξύ τριών τύπων αντιδραστήρων: του BREST, του SVBR και στην συνέχιση της έρευνας για τους αντιδραστήρες ψύξης νατρίου.

Η εφαρμογή του προγράμματος στοχεύει στην επίτευξη αύξησης κατά 70% των εξαγωγών εξοπλισμού και υπηρεσιών υψηλής τεχνολογίας από την Ρωσική Πυρηνική Βιομηχανία μέχρι το 2020. Το 2012, ο επικεφαλής της Rosatom δήλωσε ότι επρόκειτο να επισπευσθούν οι ρυθμοί του προγράμματος προκειμένου να υπάρχουν πλήρως λειτουργικοί ταχυαντιδραστήρες μέχρι το 2020. Στα πλαίσια αυτής της επιδίωξης, ο προϋπολογισμός της Rosatom για έρευνα και ανάπτυξη σχεδόν διπλασιάστηκε. Επιπλέον, η εφαρμογή του προγράμματος θα επιτρέψει την εμπορική χρήση των ταχυαντιδραστήρων στην Ρωσία το διάστημα 2020-2030. Το στρατηγικό πλάνο της Rosatom περιλαμβάνει την πλήρη μετάβαση στην χρήση ταχυαντιδραστήρων σε απόλυτα ασφαλείς μονάδες παραγωγής μέχρι το 2050.

Τον Μάρτιο του 2017, η Rosatom και η Russian Venture Company (RVC) υπέγραψαν συμφωνητικό για να συνεργαστούν στην προώθηση προηγμένων τεχνολογιών στις θυγατρικές της Rosatom. Η RVC είναι ένα κρατικό ίδρυμα, υπεύθυνο για την χρηματοδότηση καινοτόμων τεχνολογιών.

cooling	Demonstration reactor	Construction RUR billion	R&D RUR billion	Total RUR billion
Pb-Bi cooled	SVBR 100 MWe	10.153	3.075	13.228
Na cooled	(BN-600, BN-800)	0	5.366	5.366
Pb cooled	BREST 300 MWe	15.555	10.143	25.698
multiple	MBIR 150 MWt	11.390	5.042	16.432
	Total:	37.1		60.7

Το 2014 ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός του ερευνητικού ταχυαντιδραστήρα 150 MWt MBIR από τη ΝΙΚΙΕΤ με την ανάθεση του εξοπλισμού να πηγαίνει στην Atomenergomash-Technologies. Η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Ενέργειας εξέδωσε το 2014 άδεια για την τοποθεσία, τον Μάιο του 2015 άδεια κατασκευής, με τις εργασίες να ξεκινάνε τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους. Το συνολικό κόστος του έργου εκτιμάται στα \$600 δις και η ολοκλήρωσή του αναμένεται το 2020. Ο MBIR θα αποτελέσει ένα πρότυπο αντιδραστήρα, ικανό να δοκιμάσει την εφαρμογή πολλαπλών μεθόδων ψύξης. Επισημώς, η Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας τον έχει καταχωρήσει ως ψύξης νατρίου. Ο MBIR πρόκειται να αντικαταστήσει τον ερευνητικό αντιδραστήρα BOR-600.

Από το 2007 η Rosatom και η Rusal, ο μεγαλύτερος πλέον παραγωγός αλουμινίου παγκοσμίως, πραγματοποιούν έρευνα βιωσιμότητας για την δημιουργία εγκαταστάσεων που θα φιλοξενούν τόσο πυρηνικές μονάδες παραγωγής όσο και χυτήρια αλουμινίου στο Primorye, το ανατολικότερο άκρο της Ρωσίας. Η πρόταση διαμορφώνεται σε ένα εγχείρημα ύψους \$10 δις, που θα περιλαμβάνει τέσσερις αντιδραστήρες συνολικής παραγωγικής ικανότητας 1000 MWe και ένα χυτήριο ικανό για παραγωγή 600.000 τόνων αλουμινίου ετησίως. Η λειτουργία του χυτηρίου θα απορροφάει το 1/3 της συνολικής παραγόμενης ενέργειας, ενώ υπάρχουν βλέψεις για εξαγωγή ηλεκτρισμού στην Κίνα καθώς και στη Νότιο και Βόρειο Κορέα.

Τον Σεπτέμβριο του 2016, το τεχνολογικό μέλλον της Ρωσίας εστίαζε σε 4 άξονες:

- Την κατασκευή των μονάδων AES-2006, με προσδόκιμο λειτουργίας τα 60 έτη
- Την ανάπτυξη του BN-800
- Την ανάπτυξη μικρών και μεσαίων αντιδραστήρων (KLT-40 και VBER-300)
- Την ανάπτυξη αντιδραστήρων υψηλής θερμοκρασίας (High Temperature Reactors, HTR)

1.4 Εξαγωγές Ενέργειας και Τεχνολογίας.

Το Ρωσικό Υπουργείο Εξωτερικών είναι υπεύθυνο για την προώθηση της πυρηνικής τεχνολογίας στο εξωτερικό. Στα πλαίσια της προώθησης αυτής, αντιπρόσωποι της Rosatom διορίζονται σε πρεσβείες της Ρωσίας ανά τον κόσμο. Η κίνηση αυτή στοχεύει στην ενεργή παρουσία της Ρωσικής πυρηνικής βιομηχανίας ανά τον κόσμο καθώς και στην άμεση ανταπόκριση σε ζητήματα ή ευκαιρίες που ενδέχεται να παρουσιαστούν, όπως στην

περίπτωση της Τουρκίας. Στην έκθεση Atomexpro του 2015 ανακοινώθηκε ότι στις αρχές του χρόνου, οι παραγγελίες της Rosatom από χώρες του εξωτερικού ανέρχονταν στα \$101,4 δις, τα οποία διανέμονταν ως εξής: \$66 δις για την κατασκευή αντιδραστήρων, \$21,8 δις από τις πωλήσεις των EUP και SWU, ενώ τα υπολειπόμενα \$13,8 αφορούν στην πώληση μονάδων επεξεργασίας καυσίμου και ουρανίου. Στα τέλη του 2016, το ποσό αυτό είχε υπερβεί τα \$133 δις. Τα κέρδη από τις εξαγωγές ανέρχονταν στα \$6,4 δις το 2015, σημειώνοντας 20% αύξηση σε σχέση με το 2014. Στόχος της Rosatom είναι το 60% των συνολικών κερδών της μέχρι το 2030 να προέρχεται από εξαγωγές προϊόντων και υπηρεσιών, και το 50% των κερδών από την κατασκευή αντιδραστήρων στο εξωτερικό. Το 2016 η Rosatom δήλωσε πως το ΑΕΠ της Ρωσίας αυξανόταν κατά 2 ρούβλια για κάθε ρούβλι που είχε επενδυθεί στην κατασκευή αντιδραστήρων στο εξωτερικό.

Από το 2020, η Rosatom εκτιμά ότι σε ετήσια βάση θα κατασκευάζονται 16 αντιδραστήρες παγκοσμίως, με την πιθανότητα 4-5 εξ αυτών να προέρχονται από την Rosatom. Η Rosatom θεωρεί ως συγκριτικό της πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών της, την ικανότητα της να παρέχει μια συνολική προσφορά, η οποία, πέρα από την κατασκευή του αντιδραστήρα, περιλαμβάνει ένα πακέτο υπηρεσιών (εκπαίδευση, υποστήριξη, νομικές συμβουλές κλπ). Η Rosatom σε δηλώσεις της το Νοέμβριο του 2015, υποστήριξε πως ως απόρροια του πλήρους πακέτου υπηρεσιών που προσφέρει, το επίπεδο κόστος ενέργειας των νέων VVER αντιδραστήρων ανέρχεται στα 50-60 \$/MWh στις περισσότερες χώρες.

Το 2016, η Rosatom και η Vnesheconombank (Τράπεζα Επενδύσεων και εξωτερικών οικονομικών σχέσεων) συμφώνησαν στην ενίσχυση της συνεργασίας τους, προκειμένου να στηρίξουν τις παράκτιες επενδύσεις της Rosatom. Η συμφωνία αυτή αντανακλά τις νέες «στρατηγικές προτεραιότητες» της τράπεζας. Η Rosatom από την πλευρά της δήλωσε ότι «η υλοποίηση των Project στα πλαίσια νέας συμφωνίας θα μας βοηθήσει να αντιμετωπίσουμε πολλές από τις αναδυόμενες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η βιομηχανία πυρηνικής ενέργειας, ενώ παράλληλα θα ενισχύσει την ενεργειακή ασφάλεια της Ρωσίας. Επιπλέον, θα συνδράμει στην ανάπτυξη της Ρωσικής οικονομίας και στην επέκταση της Ρωσικής παρουσίας στην παγκόσμια αγορά πυρηνικής ενέργειας».

Η Atomstroyexport (ASE) έχει ολοκληρώσει σε μεγάλο βαθμό την κατασκευή τριών αντιδραστήρων στο εξωτερικό, όλοι εκ των οποίων περιλαμβάνουν μονάδες VVER-1000. Πρώτα, ανέλαβε την κατασκευή ενός αντιδραστήρα στο Ιράν, ένα έργο που αρχικά είχε αναλάβει η Siemens-KWU, αλλά εγκατέλειψε στην πορεία. Ο συγκεκριμένος αντιδραστήρας βρίσκεται πλέον σε λειτουργία. Στη συνέχεια προχώρησε στην πώληση δυο μονάδων AES-91 στην Κίνα (βρίσκονται σε λειτουργία) και δυο μονάδων AES-92 στην Ινδία (επίσης σε λειτουργία). Είναι αρκετά πιθανό η ASE να κατασκευάσει μια ακόμη μονάδα στο Ιράν, ενώ έχει υπογράψει συμφωνητικά για κατασκευή περισσότερων αντιδραστήρων στην Κίνα. Το 2007 είχε υπογράψει μνημόνιο συνεργασίας για την κατασκευή 4 ακόμα μονάδων VVER στην Ινδία. Πλέον, η συμφωνία ανέρχεται στους 10 αντιδραστήρες, μεταξύ των οποίων θα υπάρχει και ο VVER-1200.

Η χρηματοδότηση των παράκτιων έργων διαφέρει ανά περίπτωση. Η Κίνα και το Ιράν πληρώνουν απευθείας, η Ινδία επωφελείται από την Ρωσική χρηματοδότηση, ενώ η Λευκορωσία, το Μπαγκλαντές και η Ουγγαρία στηρίζονται σε εξωτερικά δάνεια. Η Τουρκία θα εκχωρήσει την διαχείριση και λειτουργία των αντιδραστήρων της στην Ρωσία έχοντας συμφωνήσει σε μια εγγυημένη τιμή ηλεκτρισμού, ενώ στην περίπτωση της Φινλανδίας, η Ρωσία θα συμμετέχει σε ποσοστό 34%.

Τον Απρίλιο του 2015 η Rosatom δήλωσε πως διατηρούσε συμβόλαια για 19 μονάδες παραγωγής σε 9 διαφορετικές χώρες. Τον Δεκέμβριο του 2015 δήλωσε πως είχε παραγγελίες για 34 πυρηνικούς αντιδραστήρες σε 13 χώρες, με κάθε έναν να ανέρχεται στα \$5 δις, ενώ διαπραγματευόταν την κατασκευή ακόμα περισσότερων. Τον Σεπτέμβριο του 2017, η συνολική αξία όλων των παραγγελιών ανερχόταν στα \$300 δις

Country	Plant	Type	Est. cost	Status, financing
Ukraine	Khmelnitski 2 & Rovno 4	VVER-1000/V-320		Operating
Iran	Bushehr 1	VVER-1000/V-446		Operating
China	Tianwan 1&2	AES-91		Operating
	Tianwan 3	AES-91		Operating
India	Kudankulam 1&2	AES-92	\$3 billion	Operating

Operating: 8

Country	Plant	Type	Est. cost	Status, financing
China	Tianwan 4	AES-91	\$4 billion for two	Under construction from Dec 2012
Belarus	Ostrovets 1&2	AES-2006 (V-491)	\$10 billion	Loan organised for 90%, construction start 2013
India	Kudankulam 3	AES-92	\$5.8 billion for two	Construction start June 2017
Bangladesh	Rooppur 1	AES-2006 (V-392M)	\$6.5 billion	Construction start Nov 2017
Turkey	Akkuyu 1	VVER-1200 (V-509)	\$25 billion for four	Construction start April 2018, BOO

Construction: 6

Country	Plant	Type	Est. Cost	Status, financing
China	Tianwan 7&8	AES-2006		Contracted
China	Xudabao 3&4	AES-2006		Contracted
India	Kudankulam 4	AES-92	\$5.8 million for two	Confirmed, loan organised for 85%, construction start 2018?
Bangladesh	Rooppur 2	AES-2006 (V-392M)	\$6.5 billion	Confirmed, loan organised for 90%, construction start 2018?
Turkey	Akkuyu 2-4	VVER-1200 (V-509)	See construction table above	Confirmed, BOO, construction start 2018

Country	Plant	Type	Est. Cost	Status, financing
Finland	Hanhikivi 1	AES-2006 (V-491)	€6 billion	Contracted, Rosatom 34% equity, also arranging loan for 75% of capital cost, construction start 2018?
Iran	Bushehr 2&3	AES-92 (V-466B)		Construction contract Nov 2014, NIAEP-ASE, barter for oil or pay cash
Armenia	Metsamor 3	AES-92	\$5 billion	Contracted, loan for 50%
Contracted: 13				

Country	Plant	Type	Est. cost	Status, financing
Egypt	El Dabaa	4 x AES-2006	\$30 billion	Planned, state loan organised for 85%, repaid over 35 years from commissioning. Contract due 2018
Vietnam	Ninh Thuan 1, 1&2	2 x AES-2006/V-491	\$9 billion	Loan organised for 85%, on hold indefinitely
Vietnam	Ninh Thuan 1, 3&4	2 x AES-2006		On hold indefinitely
India	Kudankulam 5&6	2 x AES-92		Planned, framework agreement June 2017, component contracts July 2017
Hungary	Paks 5&6	2 x AES-2006	€12.5 billion	Planned, loan organised for 80%
Slovakia	Bohunice V3	1 x AES-2006		Planned, possible 51% Rosatom equity
Jordan	Al Amra	2 x AES-92	\$10 billion	Planned, BOO, finance organised for 49.9%
Ordered: 15				

Country	Plant	Type	Est. cost	Status, financing
India	Kudankulam 7&8	2 x AES-2006		
India	Andra Pradesh	6 x AES-2006		Negotiated in 2015
Bulgaria	Belene/Kozloduy 7	AES-92		Cancelled, but may be revived
Ukraine	Khmelnitski	completion of 2 x V-392 reactors	\$4.9 million	Was due to commence construction 2015, 85% financed by loan, but contract rescinded by Ukraine in 2015

Country	Plant	Type	Est. cost	Status, financing
South Africa	Thyspunt	up to 8 x AES-2006		Broad agreement signed, no specifics, Russia offers finance, prefers BOO
Nigeria		AES-2006?		Broad agreement signed, no specifics, Russia offers finance, BOO
Argentina	Atucha 5?	AES-2006		Broad agreement signed, no specifics, Russia offers finance, contract expected 2016.
Indonesia	Serpong	10 MWe HTR		Concept design by OKBM Afrikantov
Algeria	?	?		Agreement signed, no specifics
Proposals: up to 24				

Ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά τα εξαγωγικά σχέδια της Rosatom. Εστιάζει στους VVER αντιδραστήρες 1000 και 1200 MWe

Η πολιτική της Ρωσίας αναφορικά με την κατασκευή πυρηνικών μονάδων σε χώρες που δεν διαθέτουν πυρηνικό οπλοστάσιο, προβλέπει την εξ ολοκλήρου ανάληψη και ολοκλήρωση του έργου, συμπεριλαμβανόμενης της προμήθειας όλου του καυσίμου καθώς και του επαναπατρισμού του χρησιμοποιημένου καυσίμου. Τα καύσιμα αυτά θα υποστούν επεξεργασία στην Ρωσία και έπειτα θα επιστρέψουν στην χώρα από όπου προήλθαν. Ωστόσο, η Ινδία αντιμετωπίζεται σαν να διέθετε πυρηνικό οπλοστάσιο, καθώς η Ρωσία θα παράσχει το καύσιμο, αλλά η Ινδία θα είναι αυτή που θα το επανεπεξεργαστεί, διατηρώντας το πλουτώνιο που θα προκύψει. Η Rosatom αναμένει μέχρι το 2030 την ύπαρξη 24 μονάδων στο εξωτερικό, τις οποίες θα διαχειρίζεται εξ ολοκλήρου.

Η περίπτωση της Κίνας

Η πρόθεση της Κίνας είναι να επεκταθεί σε παγκόσμια κλίμακα, με την εξαγωγή τεχνολογίας καθώς και μηχανημάτων. Το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ηπειρωτική Κίνα παράγεται από ορυκτά καύσιμα, με το κάρβουνο να κυριαρχεί (73% το 2015). Δυο μεγάλα υδροηλεκτρικά εργοστάσια είναι οι πρόσφατες προσθήκες. Η αιολική ενέργεια παράγει μόλις το 4% του συνολικού ηλεκτρισμού, αν και οι ανεμογεννήτριες αποτελούν το 9,1% της παραγωγικής ικανότητας της χώρας. Η ραγδαία αύξηση της ζήτησης είχε ως επακόλουθο τις ελλείψεις, ενώ η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα έχει οδηγήσει σε τεράστια μόλυνση του περιβάλλοντος και ακόμα περισσότερο του αέρα. Οι οικονομικές απώλειες εξαιτίας της μόλυνσης, σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα, φτάνουν το 6% του ΑΕΠ. Η νέα κυβέρνηση που ανέλαβε χρέη το 2013 έχει θέσει την αντιμετώπιση της μόλυνσης ως υψηλή προτεραιότητα.

Η ανάγκη για πυρηνική ενέργεια στην Κίνα κρίνεται ως επιτακτική εξαιτίας της μόλυνσης του αέρα από τις μονάδες παραγωγής που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Η Ηπειρωτική Κίνα έχει περισσότερους από 40 πυρηνικούς αντιδραστήρες σε λειτουργία, 20 υπό κατασκευή και σχέδια για την ανάπτυξη ακόμα περισσότερων. Ο μακροπρόθεσμος στόχος της χώρας είναι να έχει παραγωγική ικανότητα που να ανέρχεται στα 58 GWe μέχρι το 2020, ενώ παράλληλα θα αναπτύσσει μονάδες συνολικής ισχύος 30 GWe. Η Κίνα έχει αναπτύξει σε μεγάλο βαθμό εξειδίκευση στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη αντιδραστήρων, καθώς και άλλων πτυχών του πυρηνικού κύκλου. Ωστόσο, για να το πετύχει αυτό χρησιμοποιεί σχεδόν αποκλειστικά Δυτική τεχνολογία, την οποία προσαρμόζει και εξελίσσει.

Η Διεθνής Επιτροπή Ενέργειας (IEA) σημειώνει ότι από το 2012, η Κίνα αποτελεί την χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγική ικανότητα παγκοσμίως, την οποία μάλιστα έχει αυξήσει κατά 14% από τότε, φτάνοντας τα 1245 GWe το 2014, ή αλλιώς το 21% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρισμού (οι ΗΠΑ αγγίζουν το 20%). Το αξιοσημείωτο είναι ότι σχεδόν το 70% των μονάδων παραγωγής στην Κίνα έχει κατασκευαστεί την τελευταία δεκαετία, την στιγμή που το 50% του αμερικάνικου στόλου είναι τουλάχιστον 30 ετών. Τον Αύγουστο του 2013, το Κρατικό Συμβούλιο δήλωσε ότι η Κίνα θα έπρεπε να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 40-45% μέχρι το 2020, σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, ενώ θα επεδίωκε την αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ σε ποσοστό 15% μέχρι το 2020. Το 2012 η Κίνα διατηρούσε τα πρωτεία στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως 2626 MtC (9.64 Gt CO₂). Το 2014 αξιωματικοί δήλωναν ότι η Κίνα «κηρύσσει πόλεμο στην ρύπανση του περιβάλλοντος» και θα επιτάχυνε τις διαδικασίες διακοπής της λειτουργίας των μονάδων που λειτουργούν με άνθρακα.

Το Νοέμβριο του 2014, ανακοινώθηκε ότι η Κίνα στόχευε να έχει αντικαταστήσει την ενέργεια που παράγεται από ορυκτά καύσιμα σε ποσοστό 20% μέχρι το 2030, διάστημα κατά το οποίο αναμένεται να κορυφωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ο στόχος του 20% είναι μέρος του 13^{ου} Πενταετούς Πλάνου και ανακοινώθηκε στο Συνέδριο των Παρισίων για την κλιματική αλλαγή τον Δεκέμβριο του 2015, σε συνδυασμό με μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 60-65% μέχρι το 2030 σε σχέση με τα επίπεδα του 2030. Με τον τρόπο αυτό, η Κίνα μπαίνει σε μια νέα περίοδο προστασίας του περιβάλλοντος, και προκειμένου να πετύχει τους στόχους της είναι αναγκαία η συμμετοχή της πυρηνικής ενέργειας. Μέχρι το 2030 η πυρηνική ικανότητα θα βρίσκεται μεταξύ 120 και 150 GWe, και θα παρέχει το 8-10% του συνολικού ηλεκτρισμού.

Μέχρι το 2020, η παραγωγή από κάρβουνο αναμένεται να μειωθεί στα 1100 GWe, μέσω της διακοπής της λειτουργίας περίπου 150 μονάδων. Οι εκτιμήσεις για το αέριο μέχρι το 2020 κυμαίνονται στα 110 GWe, για τις υδροηλεκτρικές μονάδες στα 340 GWe, για την αιολική στα 210 GWe και την ηλιακή στα 110 GWe. Η πυρηνική θα φτάσει στα 58 GWe. Ουσιαστικά πρόκειται για 770 GWe που θα προέρχονται από εναλλακτικές πηγές, που αντιστοιχούν στο 15% του ηλεκτρισμού.

Στο τεύχος του Φεβρουαρίου του 2015, το BP Energy Outlook 2035 εκτιμά ότι το 2035 η Κίνα θα έχει εξελιχθεί στον μεγαλύτερο εισαγωγέα ηλεκτρισμού παγκοσμίως, ξεπερνώντας την Ευρώπη, καθώς η εξάρτηση της Κίνας από τις εισαγωγές θα φτάσει το 23%. Η παραγωγή ενέργειας της Κίνας θα αυξηθεί κατά 47%, την στιγμή που η κατανάλωση θα έχει αυξηθεί κατά 60%. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα αυξηθούν κατά 37% και μέχρι το 2035 θα αποτελούν το 30% των συνολικών εκπομπών παγκοσμίως, με τις κατά κεφαλή εκπομπές να ξεπερνούν αυτές του ΟΟΣΑ. Η οικιακή κατανάλωση του ηλεκτρισμού θα κινείται στο 13% το 2020, σε σχέση με το 20% στην Ευρώπη και το 34% στις ΗΠΑ. Η κατά κεφαλή κατανάλωση ήταν 3510 kWh το 2012. Το 2030 εκτιμάται στις 5500 kWh/έτος και το 2050 στις 8500 kWh/έτος.

Η Κίνα είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη στην ανάπτυξη και κατασκευή μονάδων παραγωγής με κάρβουνο, ενώ διακρίνεται για την αυξημένη ταχύτητά της στον σχεδιασμό και την εφαρμογή νέων τεχνολογιών. Ωστόσο, το 2013 χρησιμοποιήθηκαν στην Κίνα 4,3 δις τόνοι κάρβουνου, περισσότερο από 50% της παγκόσμιας κατανάλωσης. Μέχρι το 2020, η χρήση κάρβουνου αναμένεται να έχει μειωθεί στους 3,5 δις τόνους ετησίως, με το κάρβουνο να αποτελεί το 55% της συνολικής παραγωγής ενέργειας. Ωστόσο, αφού η αρμοδιότητα για την έγκριση νέων λιγνιτικών μονάδων εκχωρήθηκε στις περιφερειακές κυβερνήσεις στα τέλη του 2014, οι κρατικές επιχειρήσεις έλαβαν το 2015 προκαταρκτική ή πλήρη αδειοδότηση για την κατασκευή μονάδων παραγωγικής ικανότητας 165 GWe, μερικές από τις οποίες θα αντισταθμίζονταν από την απόσυρση παλαιότερων μονάδων. Εντούτοις, η κατανάλωση σε κάρβουνο μειώθηκε κατά 3,7% εκείνη την χρονιά.

Η παραγωγή ηλεκτρισμού το 2016 αυξήθηκε κατά 4,9%, στις 6023 TWh, εκ των οποίων:

- 4327 TWh από ορυκτά καύσιμα
- 1175 TWh από υδροηλεκτρικά εργοστάσια
- 213 TWh από πυρηνικές μονάδες
- 241 TWh από ανεμογεννήτριες
- 66,5 TWh από ηλιακή ενέργεια.

Σύμφωνα με την Ένωση Πυρηνικής Ενέργειας της Κίνας, η παραγωγή από πυρηνική ενέργεια αυξήθηκε το 2017 στις 247,5 TWh, παρέχοντας το 4% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το Κρατικό Συμβούλιο της Κίνας δημοσίευσε το «Στρατηγικό Σχέδιο Ενεργειακής Ανάπτυξης 2014-2020» το Νοέμβριο του 2014. Βασικός του άξονας ήταν η απαγκίστρωση της Κίνας από τα ορυκτά καύσιμα και η προώθηση της καθαρής ενέργειας, επιβεβαιώνοντας τον στόχο που τέθηκε το 2012 για 58 GWe πυρηνικής ενέργειας μέχρι το 2020, με 30 ακόμα να βρίσκονται υπό κατασκευή. Το πλάνο ζητούσε την ταχεία ανάπτυξη νέων πυρηνικών μονάδων στην ανατολική ακτή καθώς και για ερευνητικές μελέτες για την ανάπτυξη μονάδων στο ηπειρωτικό κομμάτι της χώρας. Επιπλέον, ανέφερε ότι οι προσπάθειες πρέπει να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη μεγάλων αντιδραστήρων πεπιεσμένου νερού (όπως ο

AP1000 και ο CAP1400) και ταχυναντιδραστήρων. Τέλος, το πλάνο αναφέρεται στην έρευνα για την βελτίωση του πυρηνικού κύκλου καθώς και στην εκ νέου επεξεργασία των χρησιμοποιημένων καυσίμων.

Στο «13^ο Πενταετές Πλάνο» που έχει τεθεί σε ισχύ από το 2016, προβλέπεται η έγκριση για την κατασκευή 6-8 πυρηνικών αντιδραστήρων ετησίως. Η παραγωγή από εναλλακτικές πηγές ενέργειας πρέπει να έχει ανέλθει στο 20% μέχρι το 2030 (σε σχέση με το 9,8% του 2013). Το μερίδιο του λιγνίτη είχε μειωθεί στο 64,4% το 2015 σε σχέση με το 72,5% το 2007. Ο στόχος για το 2020 είναι το 62%.

Τον Ιούνιο του 2015, η Κίνα υπέβαλε στον ΟΗΕ την Εθνική Δέσμευση για την καταπολέμηση της μόλυνσης του περιβάλλοντος για το διάστημα 2020-2030. Η δέσμευση αυτή περιλάμβανε την αύξηση της συμμετοχής των εναλλακτικών πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα σε ποσοστό 20% καθώς και τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Η πυρηνική ενέργεια κατέχει έναν σημαντικό ρόλο, ειδικά στις παράκτιες περιοχές, που είναι απομακρυσμένες από τα ορυχεία λιγνίτη, και στις οποίες η οικονομία αναπτύσσεται ταχύτατα. Σε γενικές γραμμές, οι πυρηνικές μονάδες μπορούν να κατασκευαστούν κοντά στα κέντρα ζήτησης, την στιγμή που οι αιολικές και οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι απομακρυσμένες. Οι πρώτες κινήσεις για την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας έγιναν το 1970, ωστόσο, η βιομηχανία εισήλθε σε φάση ταχείας ανάπτυξης μόλις το 2005, κατά το «11^ο Πενταετές Πλάνο»

Τεχνολογία έχει αντληθεί από την Γαλλία, τον Καναδά και την Ρωσία, με τις τοπικές κατασκευές να στηρίζονται κατά κύριο λόγο στο Γαλλικό στοιχείο. Το τελευταίο τεχνολογικό απόκτημα προέρχεται από τις ΗΠΑ (μέσω της Westinghouse, που ανήκει στην Ιαπωνική Toshiba) και την Γαλλία. Η Κρατική Επιχείρηση Πυρηνικής Τεχνολογίας (SNPTC) έθεσε τον AP1000 της Westinghouse ως την βάση της τεχνολογικής ανάπτυξης στο άμεσο μέλλον, γεγονός που αποδεικνύεται από την κατασκευή του CAP1400 που στηρίχτηκε στον AP1000, και ακόμα περισσότερο από την ανάπτυξη του CAP1000.

Αυτό έχει οδηγήσει σε μια πολιτική εστιασμένη στην εξαγωγή πυρηνικής τεχνολογίας, που θα βασίζεται στην ανάπτυξη του CAP1400 από την Κίνα, ο οποίος συνοδεύεται από πλήρως κατοχυρωμένα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας και δυνατότητες πλήρους πυρηνικού κύκλου. Το 2015, ο αντιδραστήρας Hualong 1 έγινε το βασικό εξαγωγικό προϊόν. Η στρατηγική αυτή επιδιώκεται σε πολύ μεγάλο βαθμό, καθώς αποτελεί ένα από τα 16 επιστημονικά και τεχνολογικά προγράμματα της χώρας που πρόκειται να αυξήσει την οικονομική και διπλωματική ισχύ της Κίνας.

Μέχρι το 2040 οι PWR αναμένεται να έχουν παραγωγική ικανότητα ύψους 200 GWe ενώ οι ταχυναντιδραστήρες αναμένεται να φτάσουν τα 200 GWe το 2050 και τα 1400 GWe το 2100.

Πριν το 2008, η κυβέρνηση σχεδίαζε να αυξήσει την παραγωγική ικανότητα της πυρηνικής ενέργειας στα 40 GWe μέχρι το 2020, με 18 ακόμα GWe να βρίσκονται υπό κατασκευή. Ωστόσο, οι προβλέψεις για την πυρηνική ενέργεια αυξήθηκαν στα 70-80 GWe μέχρι το 2020, 200 GWe μέχρι το 2030 και 400-500 GWe μέχρι το 2050. Τον Απρίλιο του 2015 η CNEA δήλωσε ότι μέχρι το 2030 η κατά κεφαλή ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού εκτιμάται στις 5500 kWh, ενώ η παραγωγική ικανότητα της πυρηνικής ενέργειας θα βρίσκεται στα 160 GWe, παρέχοντας το 10% του συνολικά παραγόμενου ηλεκτρισμού. Μέχρι το 2050 η κατά

κεφαλή κατανάλωση ηλεκτρισμού θα έχει φτάσει τις 8500 kWh ετησίως, με την πυρηνική ενέργεια να βρίσκεται στα 240 GWe (15% του συνολικά παραγόμενου ηλεκτρισμού). Ωστόσο, οι εκτιμήσεις μετά το ατύχημα της Φουκουσίμα κάνουν λόγο για επιβράδυνση της ανάπτυξης της πυρηνικής ενέργειας, γεγονός που σημαίνει ότι η παραγωγική ικανότητα μέχρι το 2030 αποτιμάται στα 120 GWe.

Τα τελευταία χρόνια η εθνική γραμμή γύρω από την πυρηνική ενέργεια έχει επικεντρωθεί στον άξονα «σταθερή ανάπτυξη με γνώμονα την ασφάλεια». Ο στόχος για το 2020 είναι να βρίσκονται 58 GWe σε λειτουργία και 30 GWe υπο κατασκευή, αν και φαίνεται ότι οι αριθμοί δεν θα έχουν επιτευχθεί πριν το 2021.

Τον Δεκέμβριο του 2011, ο Εθνικός Διαχειριστής Ενέργειας (NEA) δήλωσε ότι η Κίνα θα καθιστούσε την πυρηνική ενέργεια ως τον «πυλώνα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού στα επόμενα 10-20 χρόνια», προσθέτοντας 300 GWe παραγωγικής ικανότητας κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου. Λίγο πριν, το NDRC είχε δηλώσει ότι η Κίνα δεν θα απέκλινε από τον στόχο της για την μεγαλύτερη συμμετοχή της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της χώρας. Τον Σεπτέμβριο του 2013, ο SNPTC εκτιμούσε ότι θα χρειαζόταν η έγκριση κατασκευής 4-6 μονάδων μέχρι το 2015, και 6-8 μονάδων κατά την διάρκεια του 13^{ου} πενταετούς πλάνου. Ο αριθμός αυτός αναμένεται να φτάσει στις 10 μονάδες ετησίως μετά το 2020. Ο NEA επιβεβαίωσε ότι η Κίνα μπορούσε να κατασκευάσει τον πλήρη εξοπλισμό για 8 μονάδες ετησίως, ενώ το 2014 δήλωσε ότι ο στόχος της Κίνας ήταν η παγκόσμια ηγεμονία στον τομέα της πυρηνικής τεχνολογίας

Το 13^ο πενταετές πλάνο περιλάμβανε τους εξής στόχους:

- Ολοκλήρωση των μονάδων AP1000 στην Sanmen και την Haiyang
- Κατασκευή των πειραματικών αντιδραστήρων Hualong 1 στην Fuging και την Fangchenggang
- Εκκίνηση των διαδικασιών κατασκευής του CAP1400 στην Rongcheng
- Επιτάχυνση της κατασκευής των μονάδων 5 και 6 στην Tianwan
- Κατασκευή ενός παράκτιου αντιδραστήρα
- Προπαρασκευαστικές διαδικασίες για την κατασκευή των αντιδραστήρων στην ενδοχώρα
- Επίτευξη του στόχου των 58 GWe μέχρι το 2020
- Ενίσχυση των συστημάτων ασφαλείας

Τον Ιούλιο του 2013, το NDRC έθεσε την τιμή πώλησης της ενέργειας στα 0,43 Γιεν/Κwh (\$0,07/kwh) για όλες τις πυρηνικές μονάδες, προκειμένου να προωθήσει την υγιή ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας και να προσελκύσει επενδύσεις στον κλάδο. Η τιμή αναμένεται να διατηρηθεί σχετικά σταθερή αλλά θα προσαρμόζετε με βάση τις τεχνολογικές εξελίξεις και τους παράγοντες της αγοράς, αν και υπάρχουν αυτοί που θεωρούν ότι η τιμή είναι εξαιρετικά χαμηλή προκειμένου να φέρει κέρδη. Πηγές αναφέρουν ότι η τιμή για την παραγόμενη ενέργεια από το Sanmen ενδέχεται να είναι κατά 5% υψηλότερη. Τον Μάρτιο του 2015, ξεκίνησε ένας νέος γύρος αναδιαμόρφωσης της αγοράς, που έθεσε σαν προτεραιότητα την παραγωγή καθαρής ενέργειας, γεγονός που επέτρεψε στις εταιρείες πυρηνικής ενέργειας την επαναδιαπραγμάτευση της τιμής με τους πελάτες. Η εξελιξη αυτή αναμένεται να συνδράμει στην πρόοδο των κατασκευών στην ενδοχώρα.

Η Κίνα έχει θέσει τους εξής άξονες ως βασικούς στην χάραξη της πυρηνικής της πολιτικής:

- ΟΙ PWR θα αποτελούν το βασικό, αλλά όχι το αποκλειστικό μοντέλο, που θα χρησιμοποιείται
- Η συναρμολόγηση και κατασκευή του εξοπλισμού των μονάδων θα γίνεται στο εσωτερικό της χώρας
- Ο σχεδιασμός και η διαχείριση του εξοπλισμού θα προκύπτει και πάλι από το εσωτερικό της χώρας
- Ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας

Η τεχνολογική βάση για τις μελλοντικούς αντιδραστήρες επισήμως παραμένει απροσδιόριστη, αν και δυο σχέδια κυριαρχούν αυτή την στιγμή: ο CAP1000 και ο Hualong 1. Πέραν αυτών, έμφαση φαίνεται να δίνεται στην ανάπτυξη ταχυαντιδραστήρων.

Το 2004 η αντιπαράθεση ανάμεσα στην CNNC, που επεδίωκε την εσωτερική ανάπτυξη της τεχνολογίας και της SNPTC (State Nuclear Power Technology Corp), που επιθυμεί την εισαγωγή της σχετικής τεχνολογίας, βρήκε νικήτρια την δεύτερη. Συγκεκριμένα, η SNPTC πρότεινε την χρήση γηγενών μονάδων 1000+ MWe με ανεπτυγμένη τεχνολογία τρίτης γενιάς, προερχόμενη από τον AP1000 της Westinghouse, στο Sanmen και το Haiyang. Η Westinghouse συμφώνησε στην μετάδοση τεχνογνωσίας στην SNPTC για τους 4 πρώτους AP1000, προκειμένου η SNPTC να μπορέσει να κατασκευάσει μόνη της τους υπόλοιπους. Το 2014μ η SNPTC υπέγραψε επέκταση της συμφωνίας με την Westinghouse, προκειμένου να ενισχυθεί η συνεργασία αναφορικά με την τεχνολογία γύρω από τον AP1000 και τον CAP1400 και να καθιερώσουν μια αμοιβαία και επικερδή συνεργασία.

Τον Φεβρουάριο του 2006, το Κρατικό Συμβούλιο ανακοίνωσε ότι η ανάπτυξη ενός PWR αποτελούσε μια από τις ύψιστες προτεραιότητες για την επόμενη 15ετία. Τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους, ο επικεφαλής της CAEA (China Atomic Energy Agency) δήλωσε πως αναμένει την κατασκευή μεγάλου αριθμού αντιδραστήρων 3^{ης} γενιάς από το 2016 και μετά, ως αποτέλεσμα την ξένης τεχνογνωσίας και της εμπειρίας που θα αποκτηθεί από την ανάπτυξη των πρώτων AP1000

Η Areva έχει κατασκευάσει έναν EPR και βρίσκεται σε διαδικασία ανάπτυξης ενός δεύτερου στο Taishan, ενώ υπάρχουν σχέδια για 2 ακόμα. Η Areva δηλώνει ότι η καθαρή παραγωγική ικανότητα των αντιδραστήρων ανέρχεται στα 1660 MWe.

Τον Οκτώβριο του 2008, η Areva μαζί με την CGN (τότε CGNPC) ανακοίνωσαν ένα κοινό εγχείρημα που θα λειτουργούσε ως αγωγός τεχνογνωσίας για την ανάπτυξη του EPR και ενδεχομένως και άλλων PWR στην Κίνα. Η Wecan JV, με 55% συμμετοχή της CGN και 45% της Areva, συστάθηκε τον Δεκέμβριο του 2009 στην Shenzhen. Στα μέσα του 2011, το ποσοστό της CGN διατηρούσε πλέον η CNPRI (China Nuclear Power Technology Research Institute), θυγατρική της CGN. Πλέον, η μόνη προοπτική για περαιτέρω συνεργασία της Areva με την Κίνα για περαιτέρω ανάπτυξη του EPR υπάρχει σε υπεράκτια προγράμματα.

Ο AP1000 θα αποτελούσε την βάση για την μετάβαση της Κίνας στην τεχνολογία 3^{ης} γενιάς και περιλάμβανε μια συμφωνία μετάδοσης τεχνογνωσίας. Πρόκειται για ένα αντιδραστήρα 1250 MWe. Οι 4 πρώτοι κατασκευάζονται στο Shanmen και το Haiyang, για λογαριασμό της CNNC και της China Power Investment Corp (CPI) αντιστοίχως, ενώ υπάρχουν σχέδια για την

κατασκευή έξι ακόμα στο Sanmen, το Haiyang και το Lufeng, για λογαριασμό της CGN. Σύμφωνα με μια αναφορά που εξέδωσε το Κρατικό Συμβούλιο τον Ιανουάριο του 2011, η έμφαση πρέπει να δοθεί στην ανάπτυξη των AP1000 έναντι εναλλακτικών, όπως ο CPR-1000, άποψη που ενισχύθηκε μετά το ατύχημα της Φουκουσίμα.

Οι αντιδραστήρες κατασκευάζονται με εξαρτήματα που παράγονται σε παρακείμενες των μονάδων τοποθεσίες. Το χρονοδιάγραμμα από την πρώτη έγχυση τσιμέντου μέχρι την προμήθεια καυσίμου είναι 50 μήνες, με έξι επιπλέον μήνες να προβλέπονται για την διασύνδεση με το δίκτυο. Ωστόσο, ο αριθμός αυτός πρόκειται να μειωθεί στις μελλοντικές μονάδες. Τον Οκτώβριο του 2009, η SNPTC και η CNNC υπέγραψαν μια συμφωνία για την από κοινού ανάπτυξη και επαναπροσδιορισμό του AP1000

Τον Μάιο του 2013, η CNEA εκτίμησε το κόστος κατασκευής των 2 AP1000 στο Sanmen στα \$6,12 δις. (\$2440/kwh). Η τιμή αυτή είναι κατά 19% υψηλότερη από τις εκτιμήσεις για τον CPR-1000 (\$2045/kwh), αλλά ενδέχεται να πέσει σε αυτό το επίπεδο.

Τα πλάνα για τους μελλοντικούς AP1000 πλέον αφορούν τον CAP1000, ο οποίος ουσιαστικά αποτελεί την Κινεζική εκδοχή του πρωτότυπου σχεδίου, που πρόκειται να μετεξελιχθεί στον CAP1400. Φημολογείται πως διακρίνεται για το χαμηλότερο κόστος του και την αποδοτικότερη λειτουργία του. Ο βασικός σχεδιασμός, που ξεκίνησε το 2008, έχει ολοκληρωθεί, ενώ η τελική διαμόρφωση του σχεδίου που ξεκίνησε το 2010, αναμενόταν να ολοκληρωθεί το 2013. Στις αρχές του 2012, η SNPTC ζήτησε την προσαρμογή του σχεδίου τόσο για τις ανάγκες της ενδοχώρας όσο και για τις ανάγκες των παράκτιων περιοχών, όπως στο Xianning, το Pengze και το Taohuajiang.

Η Westinghouse ανακοίνωσε το 2008 ότι δούλευε μαζί με την SNPTC και το SNERDI (Shanghai Nuclear Engineering Research & Design Institute) για την από κοινού ανάπτυξη ενός σχεδίου 1400-1500 MWe με βάση τους AP1000 και CAP1000. Η SNPTC αρχικά αποκάλυψε το νέο σχέδιο APWR (Large Advanced Passive PWR Nuclear Power Plant). Η ανάπτυξη του αποτελεί έναν από τους βασικούς στόχους της χώρας. Η εξέλιξη αυτή ανοίγει τον δρόμο στην Κίνα για την εξαγωγή του νέου μοντέλου, σε συνεργασία με την Westinghouse.

Τον Δεκέμβριο του 2009, η SNPDC (State Nuclear Plant Demonstration Company), μια εταιρεία με συμμετοχή της SNPTC σε ποσοστό 45% και της China Huaneng Group σε ποσοστό 55%, συστάθηκε με σκοπό την κατασκευή και λειτουργία του πρωτότυπου μοντέλου του CAP1400. Η νέα εταιρεία υπέγραψε μια σειρά συμφωνιών με το SNERDI και την SNPEC (State Nuclear Power Engineering Company) το Νοέμβριο του 2010 προκειμένου να προχωρήσει με την διεκπεραίωση του έργου. Το βασικό σχέδιο των 1500 MWe ολοκληρώθηκε το 2012 και εγκρίθηκε από τη NEA τον Ιανουάριο του 2014. Οι προετοιμασίες του σημείου κατασκευής ολοκληρώθηκαν τον Απρίλιο του 2014. Τον Δεκέμβριο του 2014, το SNPTC δήλωσε ότι ήταν έτοιμο να προχωρήσει στην έγχυση του πρώτου τσιμέντου, αλλά βρισκόταν σε αναμονή της έγκρισης από το Κρατικό Συμβούλιο. Το Νοέμβριο του 2015 δήλωσε ότι η κατασκευή θα ξεκινούσε τον Μάρτιο του 2016, με την καθυστέρηση να οφείλεται στην προσπάθεια επίλυσης διαφόρων τεχνικών ζητημάτων γύρω από την λειτουργία του AP1000. Η κατασκευή αναμένεται να διαρκέσει 56 μήνες, με τις μελλοντικές μονάδες να χρειάζονται 50. Η Westinghouse παρέχει συμβουλευτικές

υπηρεσίες στην SNPTC. Περίπου το 85% των μερών θα κατασκευαστεί στο εσωτερικό της Κίνας. Το κόστος κατασκευής αναμένεται να ανέλθει στα \$6,5 δις.

Η CNNC και η SNPTC έχουν εξετάσει το ενδεχόμενο εξαγωγών, με την SNPTC να δηλώνει ότι «η εξερεύνηση της παγκόσμιας αγοράς θα ξεκινήσει το 2013», με πρώτους στόχους την Λατινική Αμερική και την Ασία.

Τον Μάιο του 2016, το SNERDI δήλωσε ότι μια ενδεχόμενη θετική αξιολόγηση ασφαλείας από την Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας θα αποτελούσε «θεμέλιο λίθο για την συμμετοχή του CAP1400 στον Διεθνή Ανταγωνισμό». Μετά την ολοκλήρωση του Rongcheng, η SNPTC στοχεύει στην υλοποίηση περαιτέρω project στις επαρχίες Liaoning, Shandong, Fujian, Guandong και Guangxi

Τον CAP1400 ενδέχεται να διαδεχτεί ο CAP1700. Οι συμφωνίες με την Westinghouse κατοχυρώνουν τα πνευματικά δικαιώματα της SNPTC για οποιονδήποτε αντιδραστήρα άνω των 1350 MWe.

Ένα από τα βασικά προγράμματα στο 12^ο Πενταετές πλάνο ήταν ο ACP100 (Linglong One) της CNNC. Το προκαταρκτικό σχέδιο ολοκληρώθηκε το 2014, βασιζόμενο στον ACP1000, ενώ έχει ολοκληρωθεί και η προκαταρκτική αναφορά γύρω από την ασφάλεια του αντιδραστήρα. Το βασικό σχέδιο ολοκληρώθηκε το 2016 και η CNNC δήλωσε ότι η NDRC είχε εγκρίνει την χρήση του σχεδίου για ναυτική χρήση. Το σχέδιο χρειάστηκε 4 χρόνια για να αναπτυχθεί και κόστισε \$100 δις. Τον Απρίλιο του 2016 η Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας παρουσίασε στην CNNC την αναφορά της για την ασφάλεια του αντιδραστήρα, που προέκυψε από την δεκάμηνη αξιολόγηση που πραγματοποίησε. Ο αντιδραστήρας έχει παραγωγική ικανότητα 125 MWe με προσδόκιμο ζωής τα 60 έτη. Η China New Energy Corporation, θυγατρική των CNNC (51%) και China Guodian Corp (49%) σχεδίαζε την κατασκευή 2 ACP100. Η κατασκευή αυτή, κόστους \$788 δις, θα αποτελούσε την πρώτη φάση ενός μεγαλύτερου εγχειρήματος. Η περίοδος κατασκευής υπολογίστηκε στους 36-40 μήνες, ενώ η CNNC είχε υποβάλει αίτηση για χορήγηση αδειοδότησης από την NDRC. Ωστόσο, στις αρχές του 2017 αποφασίστηκε οι αντιδραστήρες να κατασκευαστούν στο Hainan. Η χορήγηση της σχετικής άδειας αναμενόταν στα μέσα του 2017.

Η υλοποίηση του προγράμματος περιλαμβάνει την σύσταση μιας κοινοπραξίας ανάμεσα στην CNNC (ιδιοκτησία και λειτουργία), στην NPIC (σχεδιασμός του αντιδραστήρα) και στην China Nuclear Engineering Group (κατασκευή). Η CNEC υπέγραψε μια δεύτερη συμφωνία για τους AP100 με την κομητεία Hengfeng, στο Shangrao της επαρχίας Jiangxi τον Ιούλιο του 2013, με το κόστος να εκτιμάται στα \$2,3 δις.

Η CNNC στοχεύει στην ανάπτυξη περαιτέρω CAP100 στις επαρχίες Hunan και Jilin, ενώ έχει υπογράψει συμφωνητικά με τις επαρχίες Zhejiang και Heilongjiang. Οι εξαγωγικές προοπτικές θεωρούνται υψηλές

Ο CPR-1000 αποτελεί μια βελτιωμένη έκδοση του Γαλλικού M-310 που χρησιμοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις στο Daya Bay, την δεκαετία του 1980. Ο νέος αντιδραστήρας περιλαμβάνει ψηφιακά όργανα και διαχείριση, ενώ έχει προσδόκιμο ζωής τα 60 έτη. Ο

χρόνος κατασκευής φτάνει τους 52 μήνες. Με καθαρή παραγωγική ικανότητα 1020 MWe, η φάση 2 του Ling Ao, είναι η πρώτη μονάδα που θα φέρει τον CPR-1000, με το κόστος να ανέρχεται στα \$4,1 δις. Ο CPR-1000 ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένος στο εσωτερικό της χώρας, με σχέδια για την ανάπτυξη 57 αντιδραστήρων. Ωστόσο, το ατύχημα της Φουκουσίμα είχε ως αποτέλεσμα ο αριθμός αυτός να πέσει στο 20, χωρίς να δίνεται καμία περαιτέρω έγκριση. Έξι αντιδραστήρες βρίσκονταν σε λειτουργία το 2015, ενώ έξι ακόμα ήταν υπό κατασκευή.

Η CGN (China Guangdong Nuclear Power Corporation) είχε αναλάβει την ανάπτυξη του CPR-1000. Εντούτοις, η Areva διατηρεί τα πνευματικά δικαιώματα, γεγονός που σημαίνει ότι η Areva πρέπει να δώσει την έγκριση της για όποια πιθανή πώληση του CPR-1000 στο εξωτερικό

Τον Μάιο του 2014, η CAEA (China Atomic Energy Authority) υπέγραψε συμφωνητικό με την Rusatom για την συνεργασία πάνω στην ανάπτυξη πλωτών αντιδραστήρων (FNPP) για τα παράκτια νησιά της Κίνας. Η κατασκευή θα γινόταν σε κινεζικό έδαφος, αλλά θα βασιζόταν σε Ρωσική τεχνολογία, με πιθανή την χρήση των Ρωσικών KLT-40S. Τον Ιούλιο του 2014, η Rusatom Overseas υπέγραψε μια ακόμα συμφωνία με την CNNC για την από κοινού ανάπτυξη FNPP από το 2019 και μετά

Από τότε όμως, τόσο η CNNC όσο και η CGN έχουν ανακοινώσει προτάσεις για κατασκευή γηγενών FNPP, οι οποίοι θα στηρίζονται στην τεχνολογία που οι ίδιες έχουν αναπτύξει. Οι FNPP αποτελούν κομμάτι του 13^{ου} Πενταετούς Πλάνου.

Τον Αύγουστο του 2017, η CNNC ίδρυσε μια εταιρεία με σκοπό την ανάπτυξη, κατασκευή, λειτουργία και διαχείριση των FNPP. Η China Nuclear Marine Nuclear Power Development Co αποτελεί μια κοινοπραξία 5 εταιρειών, με βασικό μέτοχο την CNNC με ποσοστό 51%.

Η CGN ανακοίνωσε τον Ιανουάριο του 2016 ότι η ανάπτυξη του σχεδίου για τον αντιδραστήρα ACPR50S είχε εγκριθεί από το NDRC στα πλαίσια του 13^{ου} πενταετούς πλάνου. Η κατασκευή του πρώτου πιλοτικού FNPP ξεκίνησε το 2017, με την παραγωγή ηλεκτρισμού να αναμένεται μέσα στο 2020.

Η CGN υπέγραψε συμφωνητικό με την China National Offshore Oil Corporation (CNOOC) με απώτερο σκοπό την σύγκλιση των σκοπών της βιομηχανίας πετρελαίου και της πυρηνικής βιομηχανίας της χώρας. Λίγο μετά, προχώρησε σε σύναψη συμφωνίας με την μεγαλύτερη ναυπηγική εταιρεία της Κίνας, την China Shipbuilding Industry Corporation (CSIC) για την προώθηση της συνεργασίας στους FNPP. Τον Απρίλιο του 2016, η CSIC επιβεβαίωσε ότι σε συνεργασία με την CGN θα κατασκεύαζε τον πρώτο FNPP στα Ναυπηγεία Bohai στο Liaoning, για δοκιμαστική λειτουργία το 2019, παροχή ενέργειας και αφαλάτωση. Υπάρχουν σχέδια για την κατασκευή 20 ακόμα FNPP, ενώ η CSIC έχει ήδη σχεδιάσει τον βασικό κορμό ενός υποβρύχιου αντιδραστήρα.

Οι πρώτες πυρηνικές εγκαταστάσεις στην ηπειρωτική Κίνα ήταν στο Daya Bay, κοντά στο Hong Kong, και στο Qinshan, νότια της Σανγκάης. Η κατασκευή τους ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Η συντονισμένη πυρηνική επέκταση της Κίνας ξεκίνησε μέσα από το 10ο οικονομικό πλάνο (2001-2005) της NDRC. Μεταξύ άλλων περιλάμβανε την κατασκευή 8 πυρηνικών μονάδων, αν και το χρονοδιάγραμμα έπρεπε να επεκταθεί, τοποθετώντας τους 2 τελευταίους αντιδραστήρες στο 11^ο πλάνο, μέσω του οποίου τέθηκαν ακόμα πιο αισιόδοξοι στόχοι, με την Κίνα να δείχνει την αφοσίωσή της στην ανάπτυξη αντιδραστήρων 3^{ης} γενιάς.

Το 2007, ανακοινώθηκε ότι 3 κρατικές εταιρείες είχαν εξουσιοδοτηθεί ως υπεύθυνες από την NNSA για την απόκτηση και την διαχείριση των πυρηνικών αντιδραστήρων:

- Η CNNC
- Η CGN
- Η SPIC (China Power Investment Corporation)

Οποιαδήποτε άλλη εταιρεία, κρατική ή ιδιωτική, θα είχε το δικαίωμα να διαθέτει μειοψηφικό πακέτο μετοχών (μέχρι 25%) σε μελλοντικά προγράμματα, γεγονός που αποδείχθηκε μεγάλο εμπόδιο στις φιλοδοξίες των μεγαλύτερων ενεργειακών εταιρειών της Κίνας, όλες εκ των οποίων διαθέτουν θυγατρικές που ασχολούνται με τον πυρηνικό κλάδο. Μετά το πέρας 8 ετών ως μικρομέτοχοι στην κατασκευή και την λειτουργία των πυρηνικών μονάδων, έχουν πλέον το δικαίωμα να αποκτήσουν ποσοστό μεγαλύτερο του 25%.

Περισσότερες από 16 επαρχίες ανακοίνωσαν την πρόθεση τους να αποκτήσουν πυρηνικές μονάδες στα πλαίσια του 12^{ου} πενταετούς πλάνου. Οι επαρχίες είχαν καταθέσει τις προτάσεις τους από το 2008 στην NDRC με την έγκριση να δίνεται μέσα στο 2009. Λόγω του μεγάλου όγκου προτάσεων που κατατέθηκαν, πολλές από αυτές μετατέθηκαν για το 13^ο πλάνο.

Η διαδικασία έγκρισης στην Κίνα αποτελείται από 3 στάδια:

- Τοπογραφική μελέτη, με την έγκριση να δίνεται από την NDRC
- Χορήγηση άδειας κατασκευής από την NNSA
- Χορήγηση άδειας λειτουργίας που δίνεται και πάλι από την NNSA

Η Κίνα διατηρεί ως γραμμή της εθνικής της πολιτικής την εξαγωγή πυρηνικής τεχνολογίας, που θα βασίζεται στην ανάπτυξη του CAP-1400 και κατ' επέκταση στην ανάπτυξη του Hualong One, για τον οποίο διαθέτει πλήρη πνευματικά δικαιώματα. Η επιδίωξη της παγκόσμιας επέκτασης επιδιώκεται και σε πολιτικό επίπεδο, μέσω της οικονομικής και διπλωματικής επιρροής της Κίνας. Τον Ιανουάριο του 2015, ανακοινώθηκαν νέα κίνητρα για επενδύσεις στον τομέα των εξαγωγών, και συγκεκριμένα στον τομέα των πυρηνικών και των σιδηροδρόμων, ως συνέχεια των \$103 δις από το εξαγωγικό εμπόριο του 2014.

Η CNNC και η SPIC εστιάζουν στην εξαγωγή μονάδων CAP-1400, με πρώτους στόχους την Ασία και την Λατινική Αμερική. Υπάρχουν σχέδια εξαγωγής και για τον Hualong One, με την CGN να εστιάζει στην Ευρώπη και την CNNC να στρέφεται στο Πακιστάν και στη Νότια Αμερική.

HUALONG ONE

Από το 2011 έχουν υπάρξει αρκετοί γύροι διαπραγματεύσεων ανάμεσα στην CNNC και την CGN με αντικείμενο την δυνατότητα «συγχώνευσης» των σχεδίων του ACP-1000 και του ACPR-1000, κατόπιν σχετικής υπόδειξης της NEA. Αμφότερα τα σχέδια βασίζονται ως ένα βαθμό στον Γαλλικό M310, ωστόσο, οι πυρήνες τους είναι κατά πολύ διαφορετικοί ως προς τις τεχνικές τους προδιαγραφές. Το αποτέλεσμα της συγχώνευσης αυτής είναι ο Hualong One ή HPR1000, ο οποίος έχει προσδόκιμο ζωής που φτάνει τα 60 έτη και δυνατότητα συνεχόμενης λειτουργίας για 72 ώρες. Η εκδοχή της CGN έχει καθαρή παραγωγική ικανότητα 1092 MWe ενώ της CNNC 1090 MWe. Σε ποσοστό 90% θα είναι αποτέλεσμα εγχώριας κατασκευής, με τα συστήματα ελέγχου να προέρχονται από την Areva-Siemens.

Οι εκδοχές των CNNC και CGN θα φέρουν αρκετές ομοιότητες μεταξύ τους, χωρίς όμως να είναι ίδιοι. Διαθέτουν διαφοροποιημένο σύστημα ασφαλείας, ενώ η κάθε εταιρεία ξεχωριστά θα είναι υπεύθυνη για την προμήθεια των αντιδραστήρων τους.

Η CNNC και η CGN τον Δεκέμβριο του 2015 προχώρησαν στην σύσταση μιας θυγατρικής τους εταιρείας, της Hualong International Nuclear Power Technology Co- για να προωθήσει τον Hualong One. Η εταιρεία είναι «αφοσιωμένη στην συνεχή προώθηση και ανάπτυξη του Hualong One, ως ενός ανεξάρτητου πυρηνικού αντιδραστήρα τρίτης γενιάς» Αν και ο Hualong One αρχικά είχε σχεδιαστεί με στόχο τις εξαγωγές στο εξωτερικό, οι δυσκολίες που έχουν προκύψει στην ανάπτυξη του AP1000 και του CAP1000, τον έχουν καταστήσει ως ανταγωνιστή τους και στο εσωτερικό της χώρας. Φαίνεται πως ο Hualong One της CNNC θα προωθηθεί ως το βασικό μοντέλο για την Κίνα, με βασικό στόχο την όσο το δυνατόν οικονομικότερη ανάπτυξη του προκειμένου να εξοπλιστεί ο στόλος της Κίνας. Μετά τους Fuging 5 & 6, η CNNC σχεδιάζει να κατασκευάσει τον επόμενο στο Zhangzhou, στην επαρχία της Fujian. Ο αντιδραστήρας αυτός θα εστιάσει στην εσωτερική αγορά και ενδεχομένως σε κάποιες διεθνείς αγορές, όπως το Πακιστάν, η Αργεντινή και ενδεχομένως η Ανατολική Ευρώπη.

Το μοντέλο του Hualong One που προωθείται στις διεθνείς αγορές ονομάζεται HPR1000 και απευθύνεται σε χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο και η Νότιος Αφρική. Τον Οκτώβριο του 2015, η CGN υπέβαλε τον HPR προς συμμόρφωση με τις Ευρωπαϊκές Προδιαγραφές, και τον Μάρτιο του 2016 η CGN υπέγραψε συμφωνητικό με την Skoda Praha για την επίτευξη αυτού του σκοπού. Η CGN αναμένεται να ενισχύσει τις προσπάθειές της για την προώθηση του αντιδραστήρα στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη, την Αφρική και τη Νοτιοανατολική Ασία.

Εξαγωγές πυρηνικών αντιδραστήρων και πιθανοί μελλοντικοί πελάτες

Country	Unit	Type	Estimated Cost	Manufacturer	Status
Pakistan	Chasma 3&4	CNP-300	\$2.37 billion	CNNC	Operating
	Karachi Coastal 1&2	Hualong One	\$9.6 billion	CNNC	Under Construction
Romania	Cernavoda 3&4	Candu 6	€7.7 billion	CGN	Scheduled
Argentina	Atucha 3	Candu 6	\$5.8 billion	CNNC	Scheduled
	5th Argentine reactor	Hualong One	\$7 billion	CNNC	Pending Funding
United Kingdom	Bradwell	Hualong One		CGN	Rumored Agreement
Iran	Makran coast	2 x 100 MWe		CNNC	Agreement July 2015

Country	Unit	Type	Estimated Cost	Manufacturer	Status
Turkey	Igneada	AP1000 and CAP1400		SNPTC	Exclusive Negotiations since 2014
South Africa	Thyspunt	CAP1400		SNPTC	Proposal Submitted
Kenya		Hualong 1		CGN	Agreement 2015
Egypt		Hualong 1		CNNC	Agreement 2015
Sudan		ACP600?		CNNC	Agreement 2016
Armenia	Metsamor	1 reactor		CNNC	In talks
		HTR600		CNEC	Export target
Kazakhstan		Fuel plant JV		CGN	Agreement

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Έχοντας εξετάσει την πορεία των χωρών καθώς και την στάση τους απέναντι στην πυρηνική ενέργεια μπορούμε να φτάσουμε σε μερικά εξαιρετικά χρήσιμα συμπεράσματα:

Αρχικά, η Γαλλία στράφηκε στην πυρηνική ενέργεια σε μια προσπάθεια να διατηρηθεί ενεργειακά αυτόνομη και να εγκαθιδρύσει την θέση της στο παγκόσμιο στερέωμα. Τότε, αφορμή υπήρξε η πετρελαϊκή κρίση και η εκτόξευση των τιμών των ορυκτών καυσίμων. Σήμερα, το ζήτημα που έχει ανακύψει είναι τόσο το περιβαλλοντικό όσο και η εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαίου. Ως αποτέλεσμα, οι χώρες ανά τον κόσμο είναι αναγκασμένες να εξετάσουν την υιοθέτηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Η Γαλλία, έχοντας στηριχτεί στην πυρηνική ενέργεια για περισσότερα από 40 χρόνια, φαίνεται να ενστερνίζεται την άποψη αυτή. Η αξιοπιστία στην λειτουργία των αντιδραστήρων, σε συνδυασμό με τον μηδενικό αριθμό ατυχημάτων, έχει διαμορφώσει μια ιδιαίτερα θετική άποψη στην Γαλλική κοινωνία σχετικά με το ζήτημα της πυρηνικής ενέργειας. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται τόσο στην πρόθεση για την επέκταση του προσδόκιμου ζωής των ήδη λειτουργικών αντιδραστήρων όσο και στα σχέδια για την κατασκευή καινούριων, με την χρήση των νέων τεχνολογικών εξελίξεων καθώς και την εφαρμογή των νέων προδιαγραφών ασφαλείας. Επιπλέον, οι εξαγωγές τόσο αντιδραστήρων όσο και πυρηνικής τεχνολογίας φαίνεται πως αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της Γαλλικής οικονομίας, τόσο ως μέσο οικονομικής μεγέθυνσης όσο και ως μέσο αύξησης πολιτικής επιρροής σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο.

Οι επιδιώξεις της Βραζιλίας από την χρήση της πυρηνικής ενέργειας διαφέρουν σε αρκετά σημεία. Πέρα από το προφανές ζητούμενο, αυτό δηλαδή της ενεργειακής αυτόνομης, η Βραζιλία φαίνεται να στηρίζει μεγάλο κομμάτι της εξωτερικής της πολιτικής στην πυρηνική ενέργεια. Η σχέση της χώρας με τα πυρηνικά έχει ξεκινήσει ήδη από το την δεκαετία του 1950. Ωστόσο, διάφοροι λόγοι στο πέρασμα του χρόνου, κυρίως οικονομικοί και πολιτικοί, δεν έχουν αφήσει τους Βραζιλιάνους να ενσαρκώσουν το όραμα της πυρηνικής αυτόνομης. Οι πολιτικές πιέσεις που δέχθηκαν κατά το παρελθόν από τις ΗΠΑ προκειμένου να μην κατασκευάσουν πυρηνικές μονάδες καθώς και οι κατά καιρούς οικονομικές αντιξοότητες που αντιμετώπιζε η χώρα έχουν ενισχύσει την πρόθεση των Βραζιλιάνων να στραφούν στην πυρηνική ενέργεια. Ωστόσο, πέρα από αυτό, η στροφή στα πυρηνικά εξυπηρετεί και άλλους σκοπούς για την Βραζιλία: Από την μία πλευρά, μέσω αυτών η Βραζιλία επιθυμεί να καθιερωθεί ως ισχυρός παίκτης στην περιοχή της Λατινικής Αμερικής καθώς και να εδραιώσει την θέση της απέναντι στον διαχρονικό της ανταγωνιστή για κυριαρχία στην περιοχή, την Αργεντινή. Από την άλλη, οι Βραζιλιάνοι αντιμετωπίζουν την πυρηνική ενέργεια ως ένα μέσο καθιέρωσης στο διεθνές στερέωμα, το οποίο επιθυμούν διακαώς να μεταβάλλουν προκειμένου να ανέλθουν στο προσκήνιο του.

Τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα φαίνεται να αποτελούν μια παράδοξη περίπτωση, καθώς αποτελούν ένα κράτος με τεράστια πετρελαϊκά αποθέματα καθώς και εξαιρετικά χαμηλές τιμές. Επομένως, φαντάζει ως λογικό, η χώρα να στηρίζεται αποκλειστικά στο πετρέλαιο προκειμένου να καλύψει μέρος των ενεργειακών της αναγκών. Ωστόσο, μια δεύτερη ανάγνωση της προσέγγισης των ΗΑΕ μπορεί να μας οδηγήσει σε μερικά σημαντικά συμπεράσματα αναφορικά με την πορεία στην οποία κατευθυνόμαστε. Η στροφή των Εμιράτων προς την κατασκευή πυρηνικών μονάδων δείχνει πως προσπαθούν να

διαμορφώσουν την επόμενη μέρα της χώρας. Τόσο οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί που έχουν τεθεί καθώς και έχουν προγραμματιστεί να υλοποιηθούν όσο και η επικείμενη εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαίου φαίνεται να έχουν συνδράμει στην διαμόρφωση της ενεργειακής πολιτικής των ΗΑΕ, τα οποία λειτουργούν προληπτικά. Με την επιλογή τους αυτή, τα ΗΑΕ επιθυμούν αφ' ενός να εξετάσουν την αξιοπιστία της πυρηνικής ενέργειας και κατά πόσο αυτή μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες τους και αφ' ετέρου να σχεδιάσουν το μέλλον της χώρας, το οποίο σε βάθος χρόνου μπορεί να τα φέρει μακριά από το πετρέλαιο και τα τεράστια αποθέματά τους.

Η σχέση της Ρωσίας με την πυρηνική ενέργεια καθώς και τα πυρηνικά όπλα έχει τις απαρχές της στον Ψυχρό Πόλεμο. Αν και η σχέση αυτή ξεκίνησε στα πλαίσια μιας κούρσας εξοπλισμών με αντίπαλο τις ΗΠΑ, στην συνέχεια μετεξελίχθηκε σε μια αναγκαία επιλογή. Η αχανής Ρωσία έχει επιτύχει χάρη στην πυρηνική ενέργεια την σταθερή και αξιόπιστη ηλεκτροδότηση ακόμα και των πιο απομακρυσμένων περιοχών της, εγχείρημα το οποίο γίνεται ακόμα πιο δυσχερές αν αναλογιστούμε και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά μήκος της χώρας. Οι Ρώσοι έχουν επωφεληθεί σε μεγάλο βαθμό από την πυρηνική ενέργεια και επιθυμούν να την εκμεταλλευτούν ακόμη περισσότερο. Απόδειξη αυτού είναι το πρόγραμμα «Ρογόν», με τους Ρώσους να επενδύουν τεράστια ποσά στην εξέλιξη της πυρηνικής τεχνολογίας. Με την ανάπτυξη των ταχυναντιδραστήρων 4^{ης} γενιάς, οι Ρώσοι επιδιώκουν να καθιερωθούν ως παγκόσμιοι πρωτοπόροι στον κλάδο. Η πρωτοκαθεδρία αυτή, πέρα από την ενεργειακή αυτάρκεια στο εσωτερικό, θα αποτελέσει και μια τεράστια πηγή εσόδων για το Ρωσικό κράτος και την ρωσική πυρηνική βιομηχανία, καθώς αμφότεροι επικεντρώνονται στην εξαγωγή τόσο της εξελιγμένης πυρηνικής τους τεχνολογίας όσο και των πυρηνικών τους αντιδραστήρων. Επιπλέον, μέσω αυτών οι Ρώσοι έχουν την δυνατότητα να μεγεθύνουν την πολιτική τους επιρροή στο εξωτερικό, ειδικά αν λάβουμε υπόψη ότι προωθούν το μοντέλο της «ανάπτυξης, λειτουργίας και διαχείρισης» σε διάφορες χώρες, με βασικό παράδειγμα την Τουρκία. Το μοντέλο αυτό ορίζει ότι οι Ρώσοι θα διατηρούν την λειτουργία και την διαχείριση των μονάδων που θα κατασκευάσουν στο Τουρκικό έδαφος έναντι μιας σταθερής τιμής αγοράς της παραγόμενης ενέργειας από το Τουρκικό κράτος.

Τέλος, έχουμε την περίπτωση της Κίνας, η οποία παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με αυτή της Ρωσίας. Ωστόσο, οι Κινέζοι έχουν να αντιμετωπίσουν το τεράστιο περιβαλλοντικό πρόβλημα που κατακλύζει την χώρα. Επιπλέον, η Κίνα στρέφεται στην πυρηνική ενέργεια προκειμένου να καλύψει τις τεράστιες ενεργειακές της ανάγκες, στην προσπάθεια που πραγματοποιεί τα τελευταία χρόνια και την έχουν οδηγήσει στην οικονομική της εκτόξευση. Η τεράστια κινεζική βιομηχανία απαιτεί ένα αξιόπιστο, σταθερό και ταυτόχρονα οικονομικό ενεργειακό δίκτυο προκειμένου να μπορεί να λειτουργεί με τους ρυθμούς αυτούς και παράλληλα να διατηρεί τις τιμές της σε ανταγωνιστικά επίπεδα. Στον τομέα της πυρηνικής τεχνολογίας, η Κίνα δείχνει επίσης μια διάθεση να πρωτοπορήσει. Έρχεται σε συνεργασία με χώρες του εξωτερικού, όπως η Γαλλία, προκειμένου να λάβει την τεχνογνωσία και να έρθει σε επαφή με την τεχνολογία τους, την οποία στη συνέχεια διαμορφώνει ώστε να ανταποκρίνεται στις δικές της ανάγκες, ενώ στη συνέχεια ανατροφοδοτεί την τεχνολογία που έχει προσαρμόσει στα μέτρα της στο εξωτερικό, μετατρέποντας την σε δικό της εξαγωγίμο προϊόν.

Συμπερασματικά, το μέλλον της βιομηχανίας πυρηνικής ενέργειας προβλέπεται ευοίωνο. Η πυρηνική ενέργεια αποτελεί μια πηγή ενέργειας εγνωσμένης αξίας, η οποία διακρίνεται για την αξιοπιστία, το χαμηλό κόστος και τους μειωμένους περιβαλλοντικούς ρύπους. Η έρευνα

για την εξέλιξη της πυρηνικής τεχνολογίας εστιάζει στην αύξηση της αποδοτικότητας και της ασφάλειας, ενώ ταυτόχρονα προσπαθεί να αντιμετωπίσει το ζήτημα της διαχείρισης των πυρηνικών αποβλήτων, είτε μέσω της ανακύκλωσης του καυσίμου είτε μέσω της μείωσης του παραγόμενου όγκου. Η περαιτέρω αύξηση της ασφάλειας των πυρηνικών μονάδων αποτελεί το κλειδί για την διεύρυνση της κοινωνικής αποδοχής της πυρηνικής ενέργειας, παράγοντας που σε πολλές περιπτώσεις λειτουργεί με ανασταλτικό χαρακτήρα. Επομένως, η υπέρβαση της κοινωνικής κατακραυγής και η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων, μπορούν να προσφέρουν στην πυρηνική ενέργεια την απαραίτητη ώθηση προκειμένου να λειτουργήσει ως μια αξιόπιστη εναλλακτική πηγή ενέργειας στο μέλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dr Vassilios Sitaras (2018). "Nuclear Energy Geopolitics: the case of ROSATOM". Energy and Environmental Policy Laboratory, Working Paper 8
2. World Nuclear Association (2017). "Nuclear Power Economics and Project Structuring"
3. Togzhan Kassenova (2014). "Brazil's Nuclear Kaleidoscope: An evolving identity"
pp. 17-26, 41-68, 87-90
4. IAEA Energy and Economic Data Base
5. IAEA Power Reactor Information System
6. Brazilian Institute for Geography and Statistics (www.ibge.gov.br)
7. IAEA (2006)
pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/cnpp2009/countryprofiles/Brazil/Brazil2006.htm#1
8. Ralph Espach and Joseph Tulchin (2010). "Brazil's Rising Influence and Its Implications for Other Latin American Nations". CAN
www.cna.org/sites/default/files/CNA%20Brazils%20Rise%20and%20Implications%20for%20Neighbors.pdf
9. Juan Gabriel Tokatlian (April 2013). "The State of Argentine-Brazilian Nuclear Relations". Columbia University Journal of International Affairs
10. Carlo Patti (2006) "Brazil in Global Nuclear Order". German Institute for Global and Area Studies, GIGA Working Paper 23
11. Michael Brenner (1981). "Nuclear Power and Proliferation. The Remaking of U.S Policy". pp. 34-36

12. Fu Sha, Zou Ji, Liu Linwei (2015). "An analysis of China's INDC"
China National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation.
Translated by China Carbon Forum
13. China General Nuclear Power Group website (<http://en.cgnpc.com.cn/>)
14. China National Nuclear Corporation website (<http://en.cnncc.com.cn/>)
15. World Nuclear News (2011). www.world-nuclear-news.org/NP_Maintain_nuclear_perspective_China_told_1101112.html
16. U.S Department of Energy. "International Energy Outlook 2018"
17. EdF (1996). "Review of the French Nuclear Power Programme"
18. Orano's Website. "New Challenges, New Future".
www.orano.group/docs/default-source/orano-doc/groupe/publications-reference/document-home/brochure-orano-new-challenges-new-future-2018.pdf?sfvrsn=924b5693_16
19. Gerald Ouzounian and Roberto Muscetti (2016). "Cigeo, an endeavor for many generations". Nuclear Engineering International
20. World Nuclear Association.
www.world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power.aspx
21. World Nuclear Association.
<http://www.world-nuclear.org/nuclear-basics.aspx>
22. World Nuclear Association.
www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/world-energy-needs-and-nuclear-power.aspx
23. World Nuclear Association.
<http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/emerging-nuclear-energy-countries.aspx>
24. Josephson, Paul R, (1999). "Red Atom- Russia's nuclear power program from Stalin to today".
25. Osatom's Website:
http://www.osatom.ru/mediafiles/u/files/XI%20forum-dialog%202016/1_7_Oleg_Chernikov_PU_lifetime_extension_eng.pdf

26. Osatom's Website:
http://www.osatom.ru/mediafiles/u/files/XI%20forum-dialog%202016/1_10_Yuriy_Kuznetsov_Cogeneration_eng.pdf
27. Gagarinskiy, A.Yu (2012). "Post Fukushima Trends in Russian Nuclear Energy"
28. Grigory Ponomarenko (2015). "Present and Future of WWER Technology"
29. US Government Printing Office (2009). "Agreement for Cooperation Between the Government of the United States of America and the Government of the United Arab Emirates Concerning Peaceful Uses of Nuclear Energy"