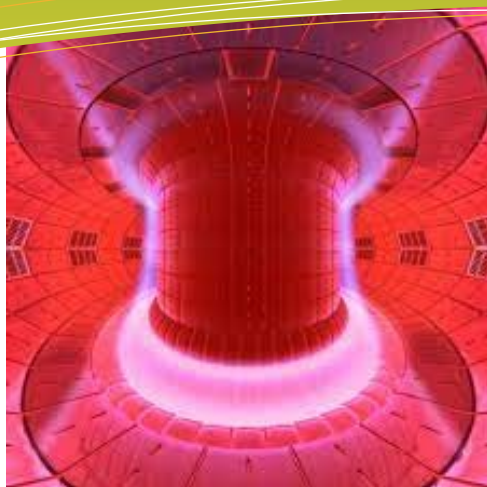


ΣΥΝΤΗΞΗ για ΕΝΕΡΓΕΙΑ



«Για την υλοποίηση της ελληνικής συμμετοχής στην κοινή δράση, η ΓΓΕΚ ίδρυσε το Εθνικό Πρόγραμμα Σύντηξης και θεσμοθέτισε το κανονιστικό πλαίσιο λειτουργίας του».

Σ.1

ΣΥΝΤΗΞΗ για ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Καθώς όλο και περισσότερο συζητείται η Σύντηξη ως πηγή ασφαλούς, καθαρής και άφθονης ενέργειας και συχνά οι επιτυχίες προς το σκοπό αυτό γίνονται πρωτοσέλιδα, είναι υποχρέωση αυτών που εργάζονται ερευνητικά στη χώρα μας για αυτό το σκοπό να πληροφορήσουν σχετικά το ευρύ κοινό, την επιστημονική κοινότητα και την ελληνική βιομηχανία. Το ενημερωτικό δελτίο «ΣΥΝΤΗΞΗ για ΕΝΕΡΓΕΙΑ» είναι ένα από τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν για ενημέρωση και πληροφόρηση για τις ευκαιρίες που παρουσιάζονται σε διάφορους παραγωγικούς κλάδους.

Στο τεύχος αυτό θα παρουσιαστεί μία περιληπτική εικόνα των δραστηριοτήτων που αφορούν στη Σύντηξη για παραγωγή ενέργειας στον Ευρωπαϊκό και Ελληνικό χώρο.

Τον Ιούνιο του 1983 ξεκίνησε η λειτουργία της κοινής Πειραματικής Ευρωπαϊκής Συσκευής Σύντηξης (Joint European Torus, JET) στη νότια Αγγλία. Σκοπός του JET ήταν να διερευνηθεί η Φυσική της Σύντηξης.

Σε αυτό το τεύχος

Σύντηξη για ενέργεια **Σ.1-3**

ITER **Σ.3-4**

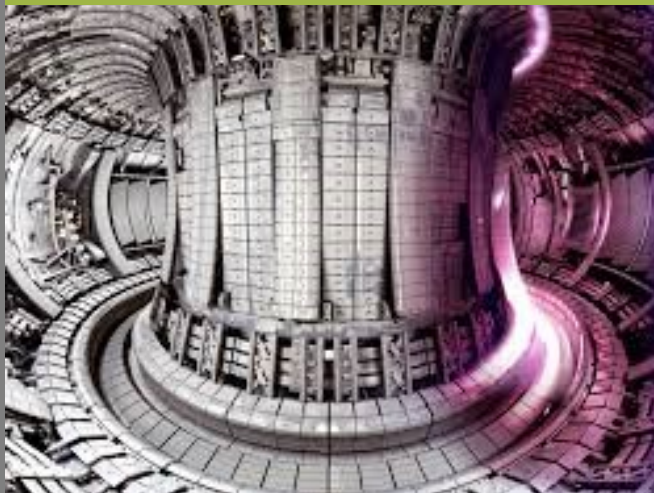
Βιομηχανία και Σύντηξη **Σ.4**

Το 1999 δημιουργήθηκε η Ευρωπαϊκή Συνθήκη Ανάπτυξης της Σύντηξης (European Fusion Development Agreement, EFDA) την οποία προσυπέγραψε και η Ελλάδα μέσω της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Καινοτομίας (ΓΓΕΚ).

Για την υλοποίηση της ελληνικής συμμετοχής στην κοινή δράση, η ΓΓΕΚ ίδρυσε το Εθνικό Πρόγραμμα Σύντηξης και θεσμοθέτισε το κανονιστικό πλαίσιο λειτουργίας του. Στο Εθνικό Πρόγραμμα Σύντηξης συμμετέχουν Ερευνητικές Ομάδες από το [ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»](#) και οκτώ Ελληνικά Πανεπιστήμια.

Το Νοέμβριο του 2006 υπογράφηκε η διεθνής συμφωνία από την ΕΕ και έξι άλλες χώρες για την κατασκευή του Διεθνούς Πειραματικού Αντιδραστήρα Θερμοπυρηνικής Σύντηξης, [ITER](#). Η κατασκευή του ITER βασίζεται στο ερευνητικό έργο που έγινε μέσω της Ευρωπαϊκής Συνθήκης Ανάπτυξης της Σύντηξης (1999-2014) και αποσκοπεί να αποδείξει ότι μπορεί να παραχθεί ενέργεια από τη Σύντηξη.

«Τον Οκτώβριο του 2014 οι οργανισμοί έρευνας από όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες υπέγραψαν τη συμφωνία για τη δημιουργία Κοινοπραξίας με την ονομασία *EUROfusion* με σκοπό την παραγωγή ενέργειας μέσω σύντηξης.»



Η συσκευή σύντηξης JET στο Culham, Ηνωμένο Βασίλειο

Το πρώτο στάδιο λειτουργίας του [ITER](#) αναμένεται γύρω στο 2027 και η πλήρης λειτουργία του στα μέσα της δεκαετίας του 2030. Η Ευρωπαϊκή συμμετοχή στο ITER συντονίζεται από τον Οργανισμό Σύντηξη για Ενέργεια ([Fusion for Energy](#), F4E) στον οποίο συμμετέχει η Ελλάδα και εκπροσωπείται στο Διοικητικό Συμβούλιο του οργανισμού μέσω των αντιπροσώπων που έχει ορίσει η ΓΓΕΚ.

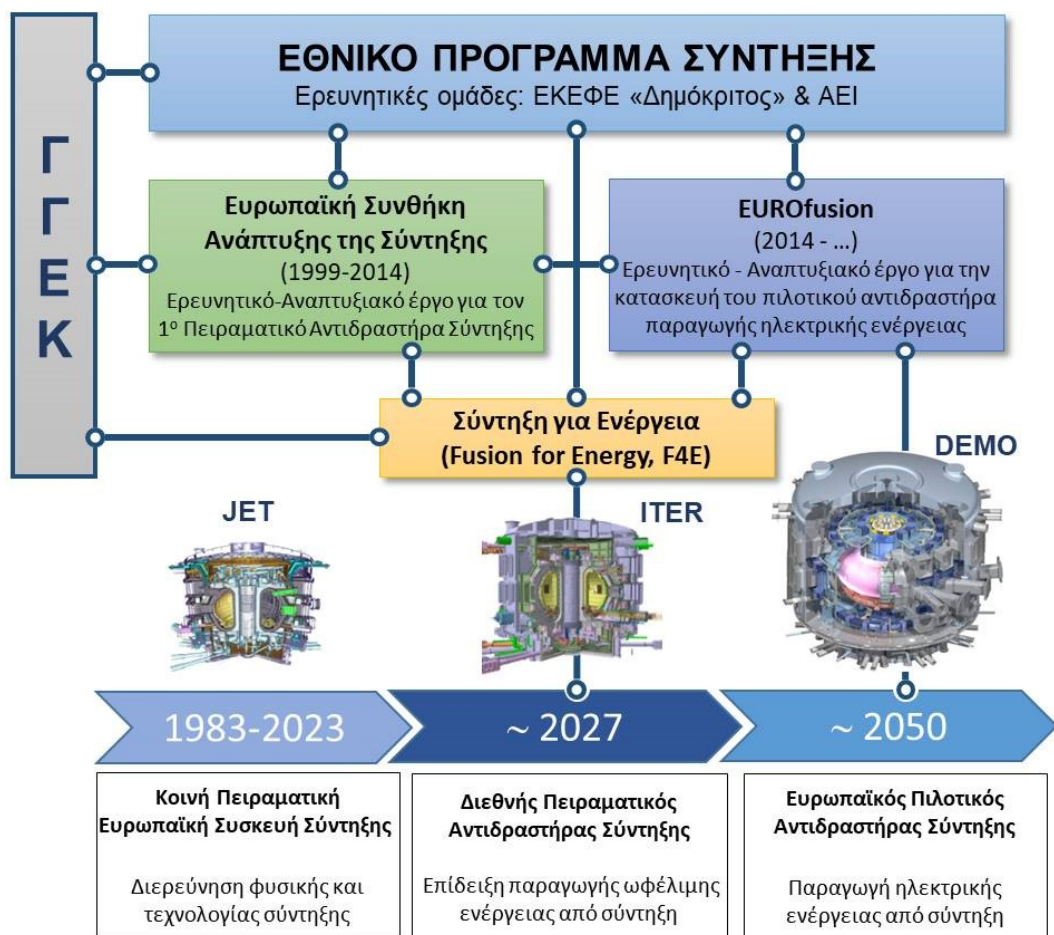
Τον Οκτώβριο του 2014 οι οργανισμοί έρευνας από όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες υπέγραψαν συμφωνία για τη δημιουργία Κοινοπραξίας με την ονομασία [EUROfusion](#) με σκοπό την παραγωγή ενέργειας μέσω σύντηξης. Σκοπός της Κοινοπραξίας [EUROfusion](#) είναι η έρευνα για την κατασκευή του πρώτου πιλοτικού αντιδραστήρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω σύντηξης (DEMO), ο οποίος σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό οδικό χάρτη θα λειτουργήσει γύρω στο 2050.

Οι Ευρωπαϊκές Ερευνητικές ομάδες που συμμετέχουν στο έργο της Κοινοπραξίας [EUROfusion](#) συγχρηματοδοτούνται από την ΕΕ και τις Εθνικές Κυβερνήσεις, στη δε χώρα μας από την ΓΓΕΚ. Στο ερευνητικό έργο της Κοινοπραξίας [EUROfusion](#) συμμετέχουν οι

ερευνητικές ομάδες του Εθνικού Προγράμματος Σύντηξης.

Εκτός από την ΕΕ και τη διεθνή Κοινοπραξία για το ITER, υπάρχουν αρκετές εταιρίες (περίπου 33) οι οποίες μέσω ιδιωτικών χρηματοδοτικών εργαλείων αποσκοπούν στην παραγωγή ενέργειας μέσω σύντηξης. Οι εταιρίες αυτές είναι σε ΗΠΑ, Καναδά και Αγγλία και έχουν επιλέξει ένα φάσμα τεχνολογικών προσεγγίσεων.

Η χρηματοδότηση του [ITER](#) από τις πιο τεχνολογικά προηγμένες χώρες αλλά και η ιδιωτική χρηματοδότηση πολλών εταιριών σύντηξης σηματοδοτεί ότι η παραγωγή ενέργειας από τη σύντηξη όχι μόνο είναι πραγματοποιήσιμη αλλά και ότι ο χρονικός ορίζοντας για αυτό το επίτευγμα δεν είναι μακρύς.



Στο διπλανό σχεδιάγραμμα αναπαρίσταται η Ευρωπαϊκή και Εθνική δομή και το χρονοδιάγραμμα για την παραγωγή Ενέργειας με Σύντηξη.

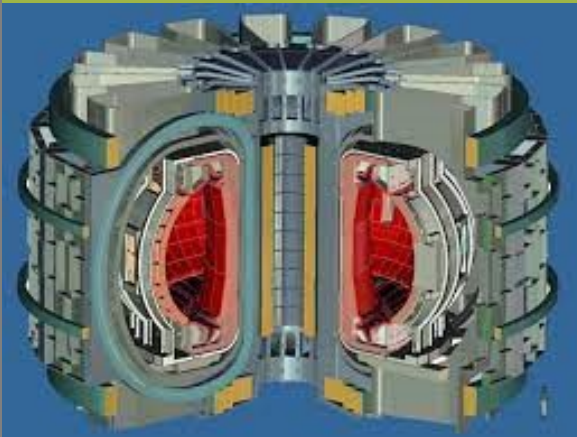
ITER: ΔΙΕΘΝΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΣΥΝΤΗΞΗΣ

Ο Διεθνής Πειραματικός Αντιδραστήρας Σύντηξης, [ITER](#), το μεγαλύτερο ενεργειακό έργο στον κόσμο, κατασκευάζεται στη Νότια Γαλλία από μια κοινοπραξία επτά μελών (ΕΕ, Ιαπωνία, Ινδία, Δημοκρατία της Κορέας, Ρωσική Ομοσπονδία, Κίνα και ΗΠΑ) που αντιπροσωπεύουν το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού και το 80% του παγκόσμιου ΑΕΠ. Ο προϋπολογισμός για την κατασκευή του ITER είναι της τάξης των 40 δισεκατομμυρίων ευρώ και η ΕΕ συνεισφέρει περίπου το 45% του κόστους.

Σκοπός του [ITER](#) είναι να αποδείξει τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω πυρηνικής σύντηξης και συγκεκριμένα να αποδείξει ότι μπορεί να παραχθεί ενέργεια 10 φορές περισσότερη από αυτή που απαιτείται για τη λειτουργία του. Η σύντηξη είναι η πυρηνική διαδικασία με την οποία παράγεται η ενέργεια στον Ήλιο και στα άλλα άστρα.

Το καύσιμο που θα χρησιμοποιηθεί στη λειτουργία του [ITER](#) είναι το δευτέριο και το τρίτιο. Το δευτέριο και το τρίτιο είναι ισότοπα του υδρογόνου. Το δευτέριο βρίσκεται άφθονο στο νερό, ενώ το τρίτιο θα αναπαράγεται από τη λειτουργία του ίδιου του αντιδραστήρα σύντηξης μέσω του λιθίου. Ένα γραμμάριο μίγματος καυσίμου δευτερίου-τρίτιου παράγει ενέργεια, ισοδύναμη με 11 τόνους άνθρακα.

Ο [ITER](#) μετά την ολοκλήρωσή του, το 2027, θα αποτελεί το μεγαλύτερο πείραμα φυσικής πλάσματος μαγνητικού περιορισμού στον κόσμο και το μεγαλύτερο πειραματικό αντιδραστήρα πυρηνικής σύντηξης τύπου tokamak. Αναμφισβήτητα, ο [ITER](#) θα είναι ένα από τα σημαντικότερα και πιο σύνθετα επιτεύγματα της σύγχρονης τεχνολογίας.



Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οδικό Χάρτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη σύντηξη, η κατασκευή της πρώτης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας θα ξεκινήσει το 2040. Ο πιλοτικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής σύντηξης, DEMO, θα βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε τεχνολογίες που θα αναπτυχθούν κατά τη λειτουργία του [ITER](#). Στον [ITER](#), το μείγμα δευτερίου-τριτίου θα θερμανθεί σε θερμοκρασία 150 εκατομμύριων °C, δηλαδή σε θερμοκρασία περίπου δέκα φορές μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία στο κέντρο του ήλιου. Σε αυτές τις θερμοκρασίες τα άτομα της ύλης είναι πλήρως ιονισμένα, δηλαδή διαχωρίζονται σε πυρήνες και ηλεκτρόνια, και βρίσκονται σε μια κατάσταση που είναι γνωστή ως πλάσμα.

Στους αντιδραστήρες σύντηξης μαγνητικού περιορισμού, όπως ο [ITER](#), το πλάσμα περιορίζεται και διαμορφώνεται χρησιμοποιώντας μαγνητικά πεδία. Είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός συμπαγούς θαλάμου περιορισμού του πλάσματος, τόσο για την προστασία των μαγνητών και του άλλου εξοπλισμού από τις υψηλές θερμοκρασίες όσο και για τη διατήρηση του κενού που απαιτείται για το πλάσμα.

Κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης, τα υψηλής ενέργειας νετρόνια που παράγονται, καθώς δεν

έχουν φορτίο, δεν επηρεάζονται από τα μαγνητικά πεδία και διαφεύγουν από το πλάσμα προς τα τοιχώματα του θαλάμου, όπου, αλληλεπιδρώντας με τα υλικά του, μεταφέρουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που παράγεται κατά τη σύντηξη με τη μορφή θερμότητας. Η θερμότητα αυτή θα χρησιμοποιηθεί στους μελλοντικούς αντιδραστήρες σύντηξης για ηλεκτροπαραγωγή ενώ στο [ITER](#) θα απάγεται μέσω ψύξης.

Τα υλικά του εσωτερικού του θαλάμου του αντιδραστήρα που βρίσκονται πλησιέστερα στο πλάσμα, καθώς και τα τοιχώματα του θαλάμου κενού υπόκεινται σε υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές ροές πολύ ενεργητικών σωματιδίων, ηλεκτρονίων, ιόντων, ακτίνων γ, σωματιδίων άλφα και νετρονίων. Επομένως, τα υλικά από τα οποία θα κατασκευαστούν θα πρέπει να σχεδιαστούν έτσι ώστε να αντέχουν σε αυτό το ιδιαίτερα αντίξοο περιβάλλον ακτινοβολίας, υψηλής θερμοκρασίας και θερμικών φορτίων.

Ερευνητές της [ομάδας τεχνολογίας σύντηξης](#) του [ΕΚΕΦΕ "Δημόκριτος"](#) συμμετέχουν στην τεχνολογική πρόκληση προετοιμασίας του [ITER](#)

- μελετώντας τις αλληλεπιδράσεις του πλάσματος με τα υλικά που το περιβάλλουν με στόχο τη βελτίωση της αντοχής τους και την παράταση της διάρκειας της ζωής τους

- μελετώντας τις επιδράσεις των νετρονίων στις ιδιότητες των υλικών, συνεισφέροντας στο σχεδιασμό νέων προηγμένων υλικών

- μελετώντας την ενεργοποίηση των υλικών και τη διαχείριση αυτών καθώς και τις επιπτώσεις στην ακτινοπροστασία των εργαζομένων

- αναπτύσσοντας μεθοδολογίες και εξοπλισμό για την ανίχνευση των νετρονίων και τον προσδιορισμό της ενέργειάς τους στο περιβάλλον της σύντηξης.

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΞΗ

Ο [Ευρωπαϊκός Οργανισμός Σύντηξη για Ενέργεια](#) (Fusion for Energy, F4E) εργάζεται μαζί με την Ευρωπαϊκή Βιομηχανία, Μικρομεσαίες Εταιρίες και Ερευνητικούς Οργανισμούς για την προμήθεια τεχνολογικών/μηχανολογικών εξαρτημάτων και υπηρεσιών ευρύτατου φάσματος για τον Διεθνή Πειραματικό Αντιδραστήρα Θερμοπυρηνικής Σύντηξης, [ITER](#). Η συμμετοχή Ελληνικών Εταιριών μπορεί να γίνει είτε αυτοτελώς ή μέσω κοινοπραξιών. Οι ενδιαφερόμενοι μπορεί να κάνουν [εγγραφή ώστε να λαμβάνουν σχετικές πληροφορίες](#). Επίσης ευκαιρίες για την Ελληνική Βιομηχανία υπάρχουν και στο [ITER](#).

Συντακτική Επιτροπή

Δρ Κωνσταντίνα Μεργιά, kmergia@ipta.demokritos.gr
Δρ Γιώργος Αποστολόπουλος, gapost@ipta.demokritos.gr
Δρ Ίων Σταματελάτος, ion@ipta.demokritos.gr
<https://ftg.demokritos.gr/>