

The project has been funded with the support of European Commission within ERASMUS+ program



Ενεργειακό Ζήτημα: Πυρηνική Ενέργεια και Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας Φύλλα δραστηριοτήτων καθηγητών

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License\(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Το υλικό αυτό έχει ιδρυθεί με την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η δημοσίευση αυτή αντικατοπτρίζει μόνο τις απόψεις του δημιουργού και η Επιτροπή δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτήν. Δημοσίευση δωρεάν.

Project office: Ks. Janusza 64, 01-452, Warsaw, Poland <http://odyssey.igf.edu.pl/edukacja@igf.edu.pl>



odyssey.igf.edu.pl

Εισαγωγή

Θέμα

Ενεργειακό Ζήτημα: Πυρηνική Ενέργεια και Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας

Ορισμοί

Παρακάτω παρουσιάζονται το βασικό γλωσσάριο, οι λέξεις κλειδιά, και οι προϋπάρχουσες γνώσεις σας για τις επιστημονικές έννοιες και τις διαδικασίες που θα χρησιμοποιηθούν στο θέμα του ενεργειακού ζητήματος για την πυρηνική ενέργεια και τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.

Ορυκτά καύσιμα: Μια πηγή ενέργειας που σχηματίζεται στον φλοιό της γης από αποσυντιθέμενο οργανικό υλικό. Τα τρία πιο κοινά ορυκτά καύσιμα είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, τα οποία προέρχονται από κάποιους ζωντανούς οργανισμούς και μπορούν να μεταποιηθούν για να αποδώσουν ενέργεια. Ο άνθρακας είναι φτιαγμένος από υπολείμματα φυτών και χρησιμοποιείται στην παραγωγή ηλεκτρισμού και χημικών καθώς και στη χαλυβουργία. Το πετρέλαιο σχηματίζεται από τα ερείπια των ελεύθερων πλαγκτονίων οργανισμών που ζουν στον ανοιχτό ωκεανό. Καθώς τα ιζήματα, πλούσια σε αυτούς τους οργανισμούς, θάβονται και συμπιέζονται, η οργανική ύλη μεταβάλλεται. Κοντά στην επιφάνεια, τα βακτήρια μετατρέπουν μέρος της οργανικής ύλης σε μεθάνιο (φυσικό αέριο). Οι βαθύτερες θερμοκρασίες ταφής από 50 ° έως 150 ° C προάγουν τον σχηματισμό ελαίου.

Βιομηχανική παραγωγή και ενέργεια : Σχολικό βιβλίο Γ΄ τάξη Ενιαίου Λυκείου
<http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C124/54/418,1553/>

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ): Οι ΑΠΕ ή οι ήπιες μορφές ενέργειας, οι νέες πηγές ενέργειας ή η πράσινη ενέργεια είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ (Πηγή: ΥΠΕΚΑ).

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας :

Αιολική Ενέργεια: Η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή / και σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Υδροηλεκτρική Ενέργεια: Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ). Η δέσμευση/ αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για έναν Υδροηλεκτρικό Σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση υδροηλεκτρικής ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστρόβιλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένη την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες βροχοπτώσεις, η Υ/Ε καθίσταται μια σημαντικότερη εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484&language=el-GR)

Ηλιακή Ενέργεια: Χαρακτηρίζουμε το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Το φως και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφώνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία, σήμερα, αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας, στην επιφάνεια του πλανήτη μας, ηλιακής ενέργειας με τα ακόλουθα:

- **Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα:** Μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.

- **Βιοκλιματικό σχεδιασμό και παθητικά ηλιακά συστήματα:** Αφορούν αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό.

- **Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα:** Μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια, άμεσα, σε ηλεκτρική ενέργεια.

Γεωθερμική Ενέργεια: Η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

Υδρογόνο: Το υδρογόνο αποτελεί το 90% του σύμπαντος και θα αποτελέσει ένα νέο καύσιμο, που θα χρησιμοποιούμε στο μέλλον.

Βιομάζα: Φυτικό υλικό και ζωικά απόβλητα. Είναι η παλαιότερη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, που χρησιμοποιείται από τότε που οι πρόγονοί μας έμαθαν το μυστικό της φωτιάς. Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, όχι μόνο επειδή η ενέργεια από αυτήν προέρχεται από τον ήλιο, αλλά και επειδή η βιομάζα μπορεί να ξαναγεννηθεί σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με τα εκατοντάδες εκατομμύρια των ετών που χρειάστηκαν για τη δημιουργία ορυκτών καυσίμων. Μέσα από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η χλωροφύλλη στα φυτά συλλαμβάνει την ενέργεια του ήλιου μετατρέποντας το διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα και το νερό από το έδαφος σε σύμπλοκους υδατάνθρακες, που αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Όταν αυτοί οι υδατάνθρακες καίγονται, γυρίζουν πίσω σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό και απελευθερώνουν την ενέργεια που συλλαμβάνουν από τον ήλιο. (https://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/how-biomass-energy-works.html)

Αν και **οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας** και **οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας** λειτουργούν, για να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, υπάρχει μια μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο. Η ανανεώσιμη ενέργεια προέρχεται από μια φυσική πηγή και αναπληρώνεται φυσικά, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Η εναλλακτική ενέργεια δεν περιλαμβάνει την ηλιακή ενέργεια, αλλά περιλαμβάνει πόρους, όπως το φυσικό αέριο (συνήθως λαμβανόμενοι από το φράγμα ή την έγχυση πίεσης σε υπόγεια ρωγμές), τη συμπαραγωγή φυσικού αερίου, τα στοιχεία καυσίμου ή οποιαδήποτε ενέργεια αποβλήτων, που δεν αναπληρώνεται φυσικά, αλλά εκπέμπει χαμηλότερες εκπομπές άνθρακα. Το πετρέλαιο δεν θεωρείται εναλλακτικός ενεργειακός πόρος, καθώς αποτελεί την κύρια αιτία εκπομπών άνθρακα και δεν αναπληρώνεται φυσικά. Τα αποθέματα πετρελαίου της Γης, τελικά, θα μειωθούν, αν και μπορεί να χρειαστούν αιώνες.

Ο όρος «βιώσιμη» εννοείται, γενικά, ότι σημαίνει «ικανοποίηση των αναγκών του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες». **Στο πλαίσιο των ενεργειακών επιλογών, η έννοια της «βιώσιμης»** συνεπάγεται την ικανότητα να παρέχει ενέργεια για απεριόριστα μακρές χρονικές περιόδους (δηλαδή, σε πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα) χωρίς να τη στερεί από τις μελλοντικές γενιές και με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον, οικονομικά βιώσιμη, ασφαλής και ικανή να παραδοθεί αξιόπιστα.

Αναφορά από την Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών, Brundtland Report 1987.

Πρόσβαση <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Σημείωση: Το 1987, η Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης (WCED), η οποία δημιουργήθηκε το 1983, δημοσίευσε μια έκθεση με τίτλο «Το κοινό μας μέλλον». Το έγγραφο "Έκθεση Brundtland" ανέπτυξε κατευθυντήριες αρχές για την αειφόρο ανάπτυξη, όπως σήμερα γίνεται αντιληπτή και εισάγει την στρατηγική που ενώνει την ανάπτυξη και το περιβάλλον - που περιγράφεται από τον πλέον κοινό όρο «βιώσιμη ανάπτυξη».





Οι προσπάθειες της ανθρωπότητας πρέπει να τείνουν στο να επιτύχουν αυτό που θα λέγαμε «**αειφόρα ανάπτυξη**» ή **βιώσιμη ανάπτυξη**. Ο όρος **αειφόρος ανάπτυξη** χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά μερικά μόλις χρόνια πριν, από επιστήμονες που υπήρξαν πρωτοπόροι στην γεωργική οικολογία. Η σημασία του είναι προσαρμόσιμη ανάλογα με τον τομέα στον οποίο χρησιμοποιείται. Ένα αειφόρο σύστημα είναι εκείνο που επιζητεί

και λειτουργεί για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, η Γη, ως σύνολο αλλά και με τις επιμέρους περιοχές της, έχει μια περιορισμένη δυνατότητα να στηρίζει τις διάφορες μορφές ζωής, περιλαμβανομένου και του ανθρώπου. Μια αειφόρα κοινωνία ρυθμίζει έτσι την οικονομία της και το μέγεθος του πληθυσμού της, ώστε να μην υπερβαίνει τις δυνατότητες που έχει ο πλανήτης για να απορροφά τις ζημιές που προκαλούνται στο περιβάλλον, να ξαναδημιουργεί τους πόρους του και να υποστηρίζει τη ζωή για χιλιάδες χρόνια. Έτσι οι ανάγκες του πληθυσμού μπορούν να ικανοποιούνται χωρίς να εξαντλείται το γήινο κεφάλαιο και χωρίς να δημιουργείται κίνδυνος στην προοπτική της παρούσας και των μελλοντικών γενεών του ανθρώπου και των άλλων ειδών. (Σχολικό εγχειρίδιο Διαχείριση Φυσικών Πόρων , σελ. 22).

Μια πολύ σοβαρή συνέπεια της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα είναι **το φαινόμενο του θερμοκηπίου που έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του κλίματος της γης**. Αέρια προερχόμενα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανία, καύσεις, αποδασώσεις κ.λπ.) δημιουργούν στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας ένα πυκνό στρώμα που επιτρέπει βέβαια στις ακτίνες του ήλιου να διαπερνούν την ατμόσφαιρα και να θερμαίνουν την επιφάνεια της γης. Το μεγαλύτερο όμως μέρος της ενέργειας που έχει δεχθεί η γη παγιδεύεται κοντά στην επιφάνεια της γης λόγω του πυκνού στρώματος των αερίων, και αντανακλάται πάλι στην επιφάνεια της γης αυξάνοντας το ποσοστό θερμότητας που εγκλωβίζεται ενώ ένα μέρος αυτής της ενέργειας επανεκπέμπεται από τη γη στο διάστημα. Το στρώμα δηλαδή αυτό των αερίων επιτρέπει την είσοδο των ηλιακών ακτίνων (υπεριώδεις) στη γήινη ατμόσφαιρα, αλλά εμποδίζει την έξοδο της θερμότητας (υπέρυθρες ακτίνες), με αποτέλεσμα να επικρατούν στην επιφάνεια της γης συνθήκες «θερμοκηπίου», να αυξάνεται δηλαδή η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

Αιτίες της κλιματικής αλλαγής: Οι άνθρωποι επηρεάζουν ολοένα και περισσότερο το κλίμα και τη θερμοκρασία της γης μέσω της χρήσης ορυκτών καυσίμων, της αποψίλωσης των ομβρόφιλων δασών και της κτηνοτροφίας. Οι δραστηριότητες αυτές προσθέτουν τεράστιες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στα αέρια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και υπερθέρμανση του πλανήτη.

Ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας λειτουργούν όπως το γυαλί των θερμοκηπίων, παγιδεύοντας τη θερμότητα του ήλιου και εμποδίζοντας τη διάχυσή της στο διάστημα. Πολλά από αυτά τα αέρια υπάρχουν στη φύση, η ανθρώπινη δραστηριότητα όμως έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των συγκεντρώσεων ορισμένων από αυτά στην ατμόσφαιρα, ιδίως των εξής:

-  διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
-  μεθάνιο
-  υποξείδιο του αζώτου
-  φθοριούχα αέρια

Το CO₂ είναι το αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται συχνότερα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και ευθύνεται για το 63% της υπερθέρμανσης του πλανήτη που οφείλεται σ' αυτές τις δραστηριότητες. Η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα είναι σήμερα κατά 40%

υψηλότερη από ό, τι κατά την έναρξη της εκβιομηχάνισης. Άλλα αέρια του θερμοκηπίου εκλύονται σε μικρότερες ποσότητες αλλά παγιδεύουν τη θερμότητα πολύ περισσότερο από το CO₂, και σε μερικές περιπτώσεις είναι κατά πολύ ισχυρότερα. Το μεθάνιο ευθύνεται για το 19% της υπερθέρμανσης του πλανήτη από ανθρωπογενείς αιτίες και το υποξείδιο του αζώτου για το 6%.

Δημοσίευμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής : Δράση για το κλίμα https://ec.europa.eu/clima/change/causes_el

Η κιλοβατώρα είναι μονάδα μέτρησης ενέργειας. Διεθνές σύμβολο της μονάδας αυτής είναι kWh (μόνο το W κεφαλαίο), εκ των αρχικών των λέξεων κίλο - βατ - ώρα στο Διεθνές σύστημα μονάδων.

Μία κιλοβατώρα είναι η ενέργεια που παράγεται ή καταναλώνεται μέσα σε μία ώρα υπό σταθερή ισχύ ενός κιλοβάτ.

Μία kWh ισοδυναμεί με 3.600.000 Joule δηλ. 3,6 MJ.

Σε μεγαλύτερη κλίμακα χρησιμοποιείται και η μονάδα μεγαβατώρα (MWh): μία MWh = 1000 kWh = 3,6 GJ.

Σε ακόμη μεγαλύτερη κλίμακα χρησιμοποιείται και η μονάδα γιγαβατώρα (GWh): μία GWh = 1000 MWh = 3,6 TJ.

Συντελεστής χωρητικότητας (Capacity factor). Ένας άλλος τρόπος για να μετρηθεί η ετήσια παραγωγή ενέργειας (λ.χ. από μία ανεμογεννήτρια) είναι ο υπολογισμός του συντελεστή χωρητικότητας για μία μηχανή εγκατεστημένη σε συγκεκριμένη τοποθεσία. Ο συντελεστής χωρητικότητας ορίζεται ως το κλάσμα της ετήσιας παραγωγής ενέργειας προς την ετήσια μέγιστη θεωρητική παραγωγή ενέργειας. Ο συντελεστής χωρητικότητας συνήθως έχει τιμές μεταξύ 20% και 70%, με συχνότερη τιμή 25-30%. *Σκόδρας Γ. Ήπιες και νέες μορφές ενέργειας, eclass.uowm.gr*

Το επίπεδο κόστους ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE), γνωστό και ως επίπεδο κόστους ενέργειας (LEC), είναι η καθαρή παρούσα αξία του κόστους μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια ζωής ενός παραγωγικού περιουσιακού στοιχείου

Αυθόρμητη Σχάση: Σύμφωνα με την κβαντομηχανική υπάρχει μια μικρή αλλά πεπερασμένη πιθανότητα ο πυρήνας να διαχωριστεί σε δύο μικρότερους χωρίς την ύπαρξη κάποιας εξωτερικής διέγερσης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αυθόρμητη σχάση και παρατηρείται σε βαρείς πυρήνες, αν και είναι σπάνιο φαινόμενο. Με την προσφορά ενέργειας στον πυρήνα, μέσω κάποιου σωματιδίου και πιο συγκεκριμένα κάποιου νετρονίου η πιθανότητα σχάσης αυξάνεται. Ωστόσο, η αύξηση της πιθανότητας σχάσης δεν αυξάνεται ισόποσα με την προσφορά ενέργειας. Μέχρι κάποια κρίσιμη ενέργεια διέγερσης (κατώφλι ενέργειας), η πιθανότητα σχάσης αυξάνεται ελάχιστα, ενώ όταν ξεπεραστεί, η αύξηση που παρατηρείται είναι εξαιρετικά απότομη. *Ερμείδης Κ. (2016), Αναπαραγωγικοί αντιδραστήρες ταχέων νετρονίων, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ.*

Πυρηνική Ενέργεια: Στον πυρηνικό αντιδραστήρα εκμεταλλευόμενοι τη μεγάλη θερμοκρασία που αναπτύσσεται, με συστήματα εναλλακτών θερμότητας, τουρμπίνων και γεννητριών παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια. Σ' ένα πυρηνικό αντιδραστήρα διακρίνουμε : α) Την κεντρική περιοχή

που γίνεται η αντίδραση. Το σχάσιμο υλικό ουράνιο 235 βρίσκεται εκεί ή σαν διάλυμα αλάτος του, οπότε ο αντιδραστήρας καλείται ομογενής, ή σε μορφή ράβδων σε διάφορες ζώνες. Στην περιοχή αυτή τοποθετείται και ο επιβραδυντής. β) Τον ανακλαστήρα των νετρονίων. γ) Το προστατευτικό στρώμα από μπετόν πάχους 3 m και δ) Συστήματα ψύξης.

Με άλλα λόγια, η πυρηνική ενέργεια ή ατομική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που απελευθερώνεται, όταν μετασχηματίζονται ατομικοί πυρήνες. Είναι δηλαδή η δυναμική ενέργεια που είναι εγκλωβισμένη στους πυρήνες των ατόμων λόγω της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων που τα συνιστούν. Η πυρηνική ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη σχάση ή σύντηξη των πυρήνων και εφόσον οι πυρηνικές αντιδράσεις είναι ελεγχόμενες (όπως συμβαίνει στην καρδιά ενός πυρηνικού αντιδραστήρα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει ενεργειακές ανάγκες.

(Σχολικό βιβλίο : Διαχείριση Φυσικών Πόρων Α΄ Λυκείου. Ενότητα 9.11, σελ. 237)

Παραγωγή Πυρηνικής Ενέργειας – Πυρηνικοί Αντιδραστήρες: Με τον όρο πυρηνικός αντιδραστήρας αναφερόμαστε σε μια διάταξη κατάλληλα σχεδιασμένη, ώστε να πραγματοποιείται ελεγχόμενη αυτοσυντήρητη αλυσιδωτή αντίδραση σχάσης. Το κεντρικό μέρος της διάταξης, στο οποίο πραγματοποιούνται οι σχάσεις, αποτελεί την καρδιά ή πυρήνα του αντιδραστήρα και αποτελείται από τα πυρηνικά καύσιμα, το ψυκτικό, τον επιβραδυντή και τον ανακλαστήρα. Στην συνέχεια, έχουμε τις ράβδους ελέγχου, τη δεξαμενή υψηλής πίεσης και τη θωράκιση προστασίας. Εξαιρέση αποτελούν οι αντιδραστήρες ταχέων νετρονίων, όπου δεν υπάρχει επιβραδυντής. Χρησιμοποιούνται για: α) παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, β) παρασκευή ισοτόπων για ιατρική και βιομηχανική χρήση, γ) για ερευνητικούς σκοπούς. *Ερμείδης Κ. (2016), Αναπαραγωγικοί αντιδραστήρες ταχέων νετρονίων, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ.*

Εμπλουτισμένο ουράνιο: Είναι ένα είδος ουρανίου στο οποίο η εκατοστιαία σύνθεση του ^{235}U έχει αυξηθεί μέσω της διαδικασίας διαχωρισμού ισοτόπων. Το ^{235}U είναι σχάσιμο και, επομένως, πρέπει να βρίσκεται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη συγκέντρωση μέσα στο φυσικό μέταλλο λόγω των πυρηνικών αντιδράσεων που προκαλεί.

Απεμπλουτισμένο Ουράνιο: Το ουράνιο από το οποίο έχει αφαιρεθεί το μεγαλύτερο μέρος του «σχάσιμου» ισότοπου U-235) που είναι διαθέσιμο και αποθηκευμένο σε εργοστάσια εμπλουτισμού σε πολλές χώρες, μαζί με το ουράνιο που ανακτάται από στοιχεία χρησιμοποιημένων καυσίμων, περιέχει αρκετή ενέργεια για αρκετές εκατοντάδες χρόνια χωρίς πρόσθετη εξόρυξη.

Ραδόνιο: Είναι ένα φυσικό ραδιενεργό αέριο που προκύπτει από την κανονική αποσύνθεση του ουρανίου σε βράχια και χώμα. Όπως πολλά αέρια, είναι άορατο. Είναι επίσης άοσμο και άγευστο. Το ραδόνιο υπάρχει μέσα από το έδαφος και στον αέρα και, σε ορισμένες περιοχές, διαλύεται στα υπόγεια ύδατα.

Center for Nuclear Science and Technology Information, <http://nuclearconnect.org/know-nuclear/talking-nuclear/radon>

Μέθοδοι εξόρυξης ουρανίου: Στην περίπτωση της **επιτόπιας έκπλυσης (ISL)** - που ονομάζεται επίσης επιτόπια ανάκτηση (ISR) ή εξόρυξη διάλυσης - το μέταλλευμα που περιέχει ουράνιο δεν απομακρύνεται από τη γεωλογική του εναπόθεση, αλλά διοχετεύεται υγρό έκπλυσης μέσω πηγαδιών στο μέταλλευμα και το υγρό που φέρει ουράνιο αντλείται στην επιφάνεια από άλλα πηγάδια. Η επιτόπια απόπλυση αποκτά μεγάλη σημασία για την εκμετάλλευση των χαμηλών αποθέσεων μεταλλευμάτων, λόγω του χαμηλού κόστους παραγωγής. Το υγρό απόπλυσης, που χρησιμοποιείται για την επιτόπια έκπλυση, περιέχει για παράδειγμα το ανθρακικό αμμώνιο ή - ιδιαίτερα στην Ευρώπη - το θειικό οξύ. Αυτή η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί μόνο εάν η εναπόθεση ουρανίου βρίσκεται σε πορώδη πετρώματα, περιοριζόμενη σε αδιαπέραστα στρώματα πετρωμάτων.

Ραδιενεργά απόβλητα: Είναι τα εναπομείναντα «άχρηστα» προϊόντα που προκαλούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες με ραδιενεργά υλικά. Ραδιενεργά υλικά χρησιμοποιούνται καθημερινά:

- στην ιατρική, για διαγνωστικές εξετάσεις και θεραπείες στην πυρηνική ιατρική (π.χ. χρήση ραδιοφαρμάκων), ή στην ακτινοθεραπεία (π.χ. ακτινοβολήσεις καρκινικών όγκων, ενδοϊστικά εμφυτεύματα),
- στη βιομηχανία, για ραδιογραφίες, ακτινοβολήσεις υλικών για αποστείρωση, έλεγχο ποιοτικών και λειτουργικών παραμέτρων (π.χ. μέτρηση στάθμης ή πάχους υλικών),
- στην έρευνα και εκπαίδευση, π.χ. για πειράματα βιολογίας, χημείας, επιστήμης υλικών,
- σε εξειδικευμένες εφαρμογές, π.χ. εντοπισμός κοιτασμάτων.

Διαφορά των πυρηνικών αποβλήτων από τα ραδιενεργά απόβλητα: Τα πυρηνικά απόβλητα είναι μια ειδική κατηγορία ραδιενεργών αποβλήτων και πρόκειται για το εναπομένον πυρηνικό καύσιμο (συνήθως ουράνιο και τα προϊόντα αυτού), το οποίο καθίσταται «άχρηστο» για τη λειτουργία ενός αντιδραστήρα. Τα πυρηνικά απόβλητα, λόγω της επικινδυνότητάς τους και της ανάγκης για ειδική μεταχείριση, αναφέρονται και αντιμετωπίζονται ξεχωριστά. Η διεθνώς αποδεκτή μέθοδος για την τελική διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων είναι η εναπόθεση σε μεγάλα γεωλογικά βάθη. *Δημοσίευση από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας <http://bit.ly/2kKc24S>*

Η τελική διαχείριση των ραδιενεργών αποβλήτων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- **Με αποδέσμευση στο περιβάλλον,** εφόσον οι ραδιενεργές ουσίες έχουν εξασθενήσει σε τέτοιο βαθμό, ώστε να πληρούνται τα θεσμοθετημένα επίπεδα αποδέσμευσης. Τα επίπεδα αποδέσμευσης έχουν τεθεί με κριτήριο, ώστε οποιοδήποτε άτομο του πληθυσμού να μην δέχεται δόση ακτινοβολίας πάνω από 10 μSv (μικρο-Σίβερτ) ανά έτος από το σύνολο των απελευθερώσεων των ραδιενεργών ουσιών στο περιβάλλον. Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν, κυρίως, τα ιατρικά - νοσοκομειακά ραδιενεργά απόβλητα.
- **Με διάθεση,** δηλαδή με μόνιμη και οριστική εναπόθεση χωρίς πρόθεση επανάκτησης, σε εγκεκριμένη εγκατάσταση διάθεσης ραδιενεργών αποβλήτων. *Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), <http://bit.ly/2mbZT9f>*

Υπάρχουν επιπλέον λέξεις κλειδιά ή έννοιες που χρησιμοποιούνται στις παρουσιάσεις ή τα βίντεο. Να σημειωθούν εδώ:

Εισαγωγικές ερωτήσεις

Μετά την ολοκλήρωση του 1^{ου} μαθήματος ή κατά την διάρκεια του 1^{ου} μαθήματος, όπου έγινε η εισαγωγή στο θέμα της αντιλογίας (μέσω του υλικού των παρουσιάσεων και των βίντεο) καλείστε να απαντήσετε τις παρακάτω εισαγωγικές ερωτήσεις.

- 1) Μπορείτε να δώσετε μία σύντομη περιγραφή των προκλήσεων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης σχετικά με την ενέργεια και καθιστά την εξεύρεση λύσεων για το ενεργειακό ζήτημα επιτακτική ανάγκη;
- 2) Ποιες πηγές ενέργειας αξιοποιούνται εδώ και εκατοντάδες χρόνια ;
- 3) Ποιες θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ; Μπορείτε να καταγράψετε με συντομία πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ ;
- 4) Μπορείτε να καταγράψετε με συντομία πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της πυρηνικής ενέργειας ;

Ενδεικτικές απαντήσεις:

1) Η χρήση και το κόστος της ενέργειας επηρεάζουν τον καθένα μας, κάθε μέρα της ζωής μας. Πολλά ζητήματα προκύπτουν από τη χρήση ενέργειας: εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όξινη βροχή, κλιματική αλλαγή, εξάρτηση από την εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων.

Σήμερα, το 80% της παγκόσμιας ηλεκτρικής παραγωγής προέρχεται από ορυκτά και πυρηνικά καύσιμα και, ουσιαστικά, όλες οι μεταφορές τροφοδοτούνται με υγρό πετρέλαιο (βενζίνη). Το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας προβλέπει ότι η ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας θα τριπλασιαστεί μέχρι το 2050, καθώς ο πληθυσμός θα φτάσει τα 8-9 δις κατοίκους και οι αναπτυσσόμενες χώρες θα αυξήσουν το βιοτικό τους επίπεδο. Τα ορυκτά καύσιμα εξ ορισμού είναι μη ανανεώσιμα και προορίζονται να εξαντληθούν. Τίθεται λοιπόν η άμεση και επιτακτική ανάγκη χρήσης μορφών ενέργειας που από τη μία να ικανοποιούν τη ζήτηση και από την άλλη να προστατεύουν το περιβάλλον.

2) Από τα αρχαία χρόνια ο άνθρωπος είχε διαπιστώσει την τεράστια σημασία που είχε ο ήλιος για την επιβίωσή του αλλά και για την επιβίωση κάθε ζωντανού οργανισμού στον πλανήτη μας. Οι Ολλανδοί, τον 18ο αιώνα μ. Χ. για το χτίσιμο των σπιτιών τους, στους νότιους χώρους κατασκεύαζαν μεγάλα παράθυρα, τα οποία έκλειναν με γυαλί για να εισχωρεί στον χώρο η θερμότητα. Το βράδυ τα κάλυπταν με παραπετάσματα, για να ενισχύσουν τη μόνωση και να φυλακίσουν τη ζέστη. Αλλά και οι Ινδιάνοι της Αμερικής κατασκεύαζαν τις οικίες τους με τρόπο, ώστε να εκμεταλλεύονται τις ευεργετικές ακτίνες του ήλιου και την παροχή της θερμαντικής ικανότητάς του.

Νερόμυλοι για την εξυπηρέτηση τοπικών αναγκών (π.χ. άλεσμα από κριθάρι).

Στην Ελλάδα η χρήση των ανεμόμυλων ήταν διαδεδομένη, επειδή είχε ισχυρούς ανέμους. Ένας ανεμόμυλος μπορούσε να αλέσει 20-70 κιλά σιτηρών την ώρα, ανάλογα με την ένταση και τη φορά του ανέμου.

3) Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον (ήλιος, άνεμος, νερό κ.λπ.).

Πλεονεκτήματα:

- ✓ Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- ✓ Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου.
- ✓ Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- ✓ Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).

Μειονεκτήματα :

- ✓ Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλη παραγωγή απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- ✓ Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους, που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας, απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- ✓ Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους, συνήθως, οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.
- ✓ Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων παραμένει ακόμη υψηλό.

4)

Πλεονεκτήματα

- ✓ Αμελητέα ρύπανση: Κατά τη λειτουργία μιας μονάδας πυρηνικής ενέργειας δεν εκλύονται αέριοι ρύποι στην ατμόσφαιρα, όπως συμβαίνει κατά την παραγωγή συμβατικών μορφών ενέργειας. Γενικότερα, η ρύπανση του περιβάλλοντος σε περίπτωση ομαλής λειτουργίας είναι αμελητέα έως μη μετρήσιμη.
- ✓ Ενεργειακή ανεξαρτησία: Το κόστος παραγωγής, ανεξάρτητα εάν είναι υψηλότερο ή χαμηλότερο από άλλες μορφές ενέργειας, είναι προβλέψιμο για μεγάλο χρονικό ορίζοντα, κάτι το οποίο θεωρείται πολύ σημαντικό για κάθε χώρα που επιλέγει να κάνει μια τέτοιου είδους επένδυση.
- ✓ Επάρκεια: Η κατασκευή πυρηνικών μονάδων αφενός μειώνει την εξάρτηση από συμβατικές μορφές ενέργειας, αφετέρου αποδεσμεύει από προβλήματα σχετικά με τα φυσικά αποθέματα, όπως συμβαίνει με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Μειονεκτήματα

- ✓ Ασφάλεια: Το βασικό μειονέκτημα της χρήσης σχετίζεται με την ασφάλεια καθώς, τεχνικά, δεν υπάρχει ακόμη η δυνατότητα να αποκλειστεί πλήρως το ενδεχόμενο ενός μεγάλου ατυχήματος, που μπορεί να οφείλεται στη λειτουργία μιας μονάδος αλλά και σε τρομοκρατική επίθεση.
- ✓ Διαχείριση αποβλήτων.

Φύλλο δραστηριοτήτων

Θέμα

Ενεργειακό Ζήτημα: Πυρηνική Ενέργεια και Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας

Διαφωνία

Η αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας αποτελεί τη μόνη λύση για την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος

Δραστηριότητα 1.

Με βάση την προετοιμασία σας για την επίλυση της διαφωνίας σχετικά με το ποια μορφή ενέργειας μπορεί να δώσει λύση στο ενεργειακό ζήτημα να ετοιμάσετε μια σειρά από επιχειρήματα, κατατάσσοντάς τα σε εκείνα που είναι σαφώς υπέρ του ψηφίσματος, κατά του ψηφίσματος και τα επιχειρήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από τις δύο πλευρές – είναι δηλαδή αμφιλεγόμενα. Οι ερωτήσεις που σας έχουν δοθεί από τον καθηγητή/τριας στην "Εισαγωγή" υποστηρίζουν τη δημιουργία των επιχειρημάτων σας.

| Υπέρ | Προς συζήτηση/ Διερεύνηση | Κατά |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Η πυρηνική ενέργεια θεωρείται ως μία από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, καθώς παράγει λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. ➤ Αξιοπιστία: Ένας πυρηνικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να λειτουργεί αδιάλειπτα, προσφέροντας σταθερό ποσό ενέργειας. Αντίθετα, οι ΑΠΕ εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Μήπως για την επίλυση του ενεργειακού ζητήματος μερίδιο ευθύνης έχουν και καταναλωτικές συνήθειες των ανθρώπων; ➤ Μήπως η πυρηνική ενέργεια ενοχοποιείται για αρνητικά αποτελέσματα στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία εξαιτίας κάποιων πυρηνικών ατυχημάτων που συνέβησαν τυχαία; Μήπως στην πραγματικότητα υπάρχουν ασφαλή συστήματα πρόληψης ατυχημάτων ; | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Με την αύξηση του πληθυσμού, η ζήτηση ενέργειας αυξάνεται, επίσης, καθημερινά. Όμως, η πυρηνική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμος πόρος, καθώς το ουράνιο, το πυρηνικό καύσιμο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας, είναι περιορισμένο. Αντίθετα, οι ανανεώσιμες πηγές είναι βιώσιμες και άφθονες. |

- Η πυρηνική ενέργεια από τη διάσπαση του ουρανίου και του πλουτωνίου και τις νέες μεθόδους εξόρυξης καθίσταται ανανεώσιμη και βιώσιμη.
- Η πυρηνική ενέργεια έχει χαμηλό κόστος για τον καταναλωτή.
- Η πυρηνική ενέργεια μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη (30 χώρες παγκοσμίως λειτουργούν πάνω από 440 πυρηνικούς αντιδραστήρες για ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον, οι μονάδες πυρηνικής ενέργειας παρέχουν σχεδόν το 11% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας και 13 χώρες βασίζονται στην πυρηνική ενέργεια για να παρέχουν τουλάχιστον το ένα τέταρτο της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας).

- Υπάρχει η δυνατότητα αναβάθμισης των συστημάτων παραγωγής ΑΠΕ για την παραγωγή σταθερής (μη μεταβλητής ενέργειας);
- Πόσο έχουν εξελιχθεί τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων των πυρηνικών εργοστασίων παραγωγής ενέργειας; Μήπως αυτό καθιστά την πυρηνική ενέργεια «καθαρή» & ασφαλή μορφή ενέργειας για το περιβάλλον;
- Πόσο έχουν εξελιχθεί τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας των ΑΠΕ; Μήπως αυτό καθιστά τις ΑΠΕ αποδοτικές για την ενεργειακή ζήτηση του πλανήτη ;

- Τα πυρηνικά ατυχήματα και τα ραδιενεργά απόβλητα των πυρηνικών εργοστασίων αποτελούν κίνδυνο για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.
- Οι σταθμοί ΑΠΕ είναι ανταγωνιστικοί οικονομικά, καθώς το κόστος κεφαλαίου για τη λειτουργία τους είναι μικρότερο από τους σταθμούς πυρηνικής ενέργειας.

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ


Παρακάτω θα βρείτε τις κάρτες πληροφοριών, τις κάρτες ιστοριών και τις κάρτες ερωτήσεων. Διαβάστε προσεκτικά και αναλύστε, προκειμένου να διατυπώσετε τα επιχειρήματά σας για τη συζήτηση.

| Κάρτα πληροφοριών 1 Γεγονότα και δεδομένα | Κάρτα πληροφοριών 2 Γεγονότα και δεδομένα |
|--|---|
| <p>Ελάχιστη εκπομπή CO₂ από την πυρηνική σχάση για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας</p> <p>Η διεθνής κοινότητα αναγνωρίζει την επείγουσα ανάγκη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συνθήκες, οι οποίες θα διασφαλίζουν την προστασία των ανθρώπων και του πλανήτη από τους κινδύνους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της αλλαγής του κλίματος. Η Ειδική Έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να καλύπτεται από την παραγωγή χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, συμπεριλαμβανομένων των πυρηνικών. Σε πολυάριθμες επιστημονικές συγκρίσεις, η πυρηνική σχάση συγκαταλέγεται μεταξύ των πηγών ενέργειας που είναι λιγότερο ρυπογώνες και έχουν τις χαμηλότερες συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ετησίως, λειτουργούν περίπου 450 εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας και εμποδίζουν την εκπομπή περίπου 2 δισεκατομμυρίων τόνων CO₂. Τέλος, σύμφωνα με τον Οργανισμό Πυρηνικής Ενέργειας του ΟΟΣΑ, η πυρηνική ενέργεια είναι η πλέον αποδοτική λύση για την επίτευξη του στόχου για μείωση των εκπομπών διοξειδίου άνθρακα, καθώς παράγονται μόλις 50 gCO₂ ανά kWh. Κάθε 22 τόνοι ουρανίου που χρησιμοποιούνται εξοικονομούν περίπου ένα εκατομμύριο τόνους CO₂(σε σχέση με τον άνθρακα)</p> <p><i>J.L. Conca, J. Wright. The cost of energy — ethics and economics. Waste Manag. (2010), pp. 1-13 (Phoenix, AZ, paper 10494, revised November 11, 2011.</i></p> <p><i>Pushker A. Kharecha, James E. Hansen. Prevented mortality and greenhouse gas emissions from historical and projected nuclear power. Environ. Sci. Technol., 47 (2013), pp. 4889-4895</i></p> <p><i>Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC, 2014) Δυναμικό αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη σε επιλεγμένες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, https://www.ipcc.ch/sr15/</i></p> | <p>Η πυρηνική ενέργεια από τη διάσπαση ουρανίου και πλουτωνίου είναι βιώσιμη</p> <p>Οι σημερινοί πυρηνικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, που λειτουργούν με <u>εμπορική χρήση ουρανίου</u>, μπορούν να δώσουν στον κόσμο καθαρή, οικονομική και αξιόπιστη ενέργεια (OECD, 2018). Η χρήση αντιδραστήρων σχάσης με ταχύτητα νετρόνια (που συνήθως ονομάζονται «γρήγοροι αντιδραστήρες») μετατρέπει το ουράνιο σε μια πραγματικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Οι αντιδραστήρες αυτοί συλλέγουν περίπου εκατό φορές περισσότερη ενέργεια από την ίδια ποσότητα ουρανίου που εξορύσσεται σε σύγκριση με τους θερμικούς αντιδραστήρες, καθώς είναι ικανοί να σχίζουν και τα σχάσιμα ισότοπα που παράγονται από τη μεταστοιχείωση του άφθονου «γόνιμου» ισότοπου U-238 (ή Th-232). Επιπρόσθετα, η εξόρυξη μικρών ποσοτήτων ουρανίου στους επόμενους αιώνες, συμπεριλαμβανομένης της εξόρυξης ουρανίου από μεταλλεύματα χαμηλότερης ποιότητας και, αν χρειαστεί, από θαλασσινό νερό, θα μπορούσε να ικανοποιήσει τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες για πολλούς αιώνες. Τέλος, το ουράνιο που μπορεί να εξαχθεί με υψηλότερο κόστος, το ουράνιο από το θαλασσινό νερό και, επίσης, το ουράνιο από τη διαβρωτική γήινη κρούστα από το νερό του ποταμού αποτελούν πόρους ουρανίου, που αν χρησιμοποιηθούν σε έναν αντιδραστήρα αναπαραγωγής, θα είναι αρκετοί για να τροφοδοτήσουν τη γη για άλλα 5 δισεκατομμύρια χρόνια και, ως εκ τούτου, θα καταστήσουν την πυρηνική ενέργεια ανανεώσιμη ενέργεια (εκτός από βιώσιμη).</p> <p><i>Nuclear Energy Agency (NEA) and the International Atomic Energy Agency (IAEA) (2019), Uranium 2018: Resources, Production and Demand, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/uranium-2018-en.</i></p> <p><i>B.L. Cohen, Breeder reactors — a renewable energy source. Am. J. Phys., 51 (1983), p. 75.</i></p> <p><i>D. Lightfoot, et al. Nuclear fission fuel is inexhaustible CNS Climate Change Technology Conference, May 10–12, 2006, Ottawa, Ontario, Canada (2006).</i></p> <p><i>Charles E. Till, Yoon Il Chang. Plentiful Energy – The Story of the Integral Fast Reactor. Amazon (2011). (ISBN 978-1466384686)</i></p> |

| <p style="text-align: center;">Κάρτα πληροφοριών 3 Γεγονότα και δεδομένα</p> | <p style="text-align: center;">Κάρτα πληροφοριών 4 Γεγονότα και δεδομένα</p> |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">Διεθνής κλίμακα πυρηνικών συμβάντων & ατυχημάτων από την παραγωγή ενέργειας</p> <p>Μεγάλο ατύχημα (δείκτης 7): i) Τσερνομπίλ, Ουκρανία, 1986: Ευρέως διαδεδομένες επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον, ii) Fukushima Daiichi 1-3, 2011: Απελευθέρωση ακτινοβολίας και εκκένωση του χώρου.</p> <p>Σοβαρό ατύχημα (δείκτης 6): i) Mayak στο Ozersk, Ρωσία, 1957 «Kyshtym». Πλήρης εφαρμογή τοπικών σχεδίων έκτακτης ανάγκης.</p> <p>Ατύχημα με συνέπειες εκτός του χώρου (δείκτης 5): i) Three Mile Island, ΗΠΑ, 1979, ii) Windscale, Ηνωμένο Βασίλειο, 1957. Μερική εφαρμογή τοπικών σχεδίων έκτακτης ανάγκης. Σοβαρή ζημιά στον πυρήνα του αντιδραστήρα ή στους ακτινολογικούς φραγμούς.</p> <p>Ατύχημα, κυρίως, στην εγκατάσταση, με τοπικές συνέπειες (δείκτης 4): i) Saint-Laurent A1, Γαλλία, 1969 (ρήξη καυσίμου) & A2 1980 (υπερθέρμανση γραφίτη), ii) Tokaimura, Japan, 1999 (κρισιμότητα στην εγκατάσταση καυσίμου για πειραματικό αντιδραστήρα). Δημόσια έκθεση της σειράς των καθορισμένων ορίων. Σημαντική ζημιά στον πυρήνα του αντιδραστήρα ή στους ακτινολογικούς φραγμούς. Θνησιμότητα εργαζομένων.</p> <p>Ατύχημα, κυρίως, στην εγκατάσταση, με ελάχιστες συνέπειες (δείκτης 3): i) Fukushima Daiichi 4, 2011 (υπερθέρμανση της λίμνης των καυσίμων), ii) Fukushima Daiichi 1, 2, 4, 2011 (διακοπή της ψύξης στον πυρηνικό αντιδραστήρα), iii) Vandellós, Ισπανία, 1989 (φωτιά στο στροβίλο), iv) Davis-Besse, ΗΠΑ, 2002 (σοβαρή διάβρωση). Οξεία επίδραση στην υγεία σε έναν εργαζόμενο. Δημιουργία σχεδίων πρόβλεψης ατυχημάτων ή και δεισλειτουργιών στα συστήματα των πυρηνικών αντιδραστήρων.</p> <p>Περιστατικό (δείκτης 2): Σημαντική διάδοση της μόλυνσης. Υπερέκθεση του εργαζομένου. Περιστατικά με σημαντικές αστοχίες στις διατάξεις ασφαλείας Διεθνής Οργανισμός Ατομικής Ενέργειας: Η κλίμακα διεθνούς πυρηνικού συμβάντος (INES) αναπτύχθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Ατομικής Ενέργειας (ΔΟΑΕ) και τον ΟΟΣΑ το 1990 για να τυποποιήσει την αναφορά πυρηνικών συμβάντων ή ατυχημάτων στο κοινό.</p> | <p style="text-align: center;">Δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την μέθοδο της έκπλυσης για την εξόρυξη του ουρανίου</p> <p>Υπάρχουν πολύ σημαντικά μειονεκτήματα της τεχνολογίας επιτόπιας έκπλυσης ουρανίου, που προέρχονται από τον κίνδυνο εξάπλωσης του υγρού έκπλυσης έξω από την εναπόθεση ουρανίου. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται μεταγενέστερη μόλυνση των υπόγειων υδάτων και αδυναμία αποκατάστασης των φυσικών συνθηκών υπόγειων υδάτων μετά την ολοκλήρωση των εργασιών έκπλυσης. Επιπλέον, η επιτόπια απόπλυση απελευθερώνει σημαντικές ποσότητες ραδονίου και παράγει ορισμένες ποσότητες πολτών αποβλήτων και λυμάτων κατά την ανάκτηση του ουρανίου από το υγρό.</p> <p>Στην περίπτωση του Königstein (Γερμανία), εγχύθηκαν συνολικά 100.000 τόνοι θειικού οξέος από το υγρό απόπλυσης. Το υγρό περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων (κάδμιο, αρσενικό, νικέλιο, ουράνιο κλπ) και αποτελεί κίνδυνο για τον υδροφόρο ορίζοντα, που είναι σημαντικός για την παροχή πόσιμου νερού της περιοχής. Ο αντίκτυπος των υπόγειων υδάτων είναι πολύ μεγαλύτερος στην τσεχική επιτόπια θέση απόπλυσης του Stráz pod Ralskem: 28,7 εκατομμύρια m³ μολυσμένου υγρού περιέχονται στη ζώνη έκπλυσης, καλύπτοντας έκταση 5,74 km². Επιπλέον, το μολυσμένο υγρό έχει απλωθεί πέρα από τη ζώνη έκπλυσης οριζόντια και κατακόρυφα, μολύνοντας, έτσι, μια άλλη έκταση 28 km² και άλλα 235 εκατ. m³ υπογείων υδάτων.</p> <p>-Στη Βουλγαρία, 2,5 εκατομμύρια τόνοι θειικού οξέος εγχύθηκαν στις αποθέσεις μεταλλευμάτων που εκμεταλλεύτηκαν με επιτόπια έκπλυση.</p> <p>-Ο χώρος του Devladovo, στην Ουκρανία, εκπλύθηκε με θειικό και νιτρικό οξύ. Η επιφάνεια του χώρου ήταν πολύ μολυσμένη από διαρροές των διαλυμάτων έκπλυσης. Το πιο σημαντικό είναι ότι η μόλυνση των υπόγειων υδάτων εξαπλώθηκε από την περιοχή. (Molchanov, 1995)</p> <p><i>Vapirev, E I; Dimitrov, M; Minev, L; Boshkova, T; Pressyanov, D S; Guelev, M G: Radioactively contaminated sites in Bulgaria. In: Planning for environmental restoration of radioactively contaminated sites in central and eastern Europe, Vol.1: Identification and characterization of contaminated sites, IAEA-TECDOC-865, Vienna 1996, p.43-63.</i></p> <p><i>Tabakov, B: Complete Mining of Uranium Deposits in Bulgaria by In-Situ Leaching Mining Systems Used After Conventional Mining. In: IAEA (Ed.), Uranium in situ leaching. Proceedings of a Technical Committee Meeting held in Vienna, 5-8 October 1992, IAEA-TECDOC-720, Vienna 1993, p.105-114.</i></p> |

| Κάρτα πληροφοριών 5 Γεγονότα και δεδομένα | Κάρτα πληροφοριών 6 Γεγονότα και δεδομένα |
|--|--|
| <p>Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας έχουν αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις</p> <p>Τα τελευταία 100 χρόνια έχουν συμβεί πολλές καταστροφικές πλημμύρες από υδροηλεκτρικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sobradinho της Βραζιλίας – όπου 1.050 MW πλημμύρισαν σε 415.000 εκτάρια (1 εκτάριο είναι 10000m²)- 0,25 W / m² -Το συγκρότημα της Βενεζουέλας Guri - όπου 10.300 MW πλημμύρισαν σε 426.000 εκτάρια –(2,4 W / m²) -Balbina, Brasil - όπου 2500 km² ήταν το τροπικό δάσος του Αμαζονίου πλημμυρισμένο με 250 MW –(0,1 W / m²) και αποτελεί σύμβολο οικολογικής καταστροφής πέρα από τη λογική. -Gabcikovo, Σλοβακία - όπου 720 MW πλημμύρισανσε 5300 εκτάρια –(13,5 W / m²). <p>Ο περιβαλλοντικός και οικονομικός αντίκτυπος της οικοδόμησης ενός υδροηλεκτρικού σταθμού σε έναν τοπικό ποταμό μπορεί να είναι καταστροφικός διότι : α) η κατασκευή φραγμάτων οδηγεί στην απώλεια χερσαίων οικοτόπων μέσω πλημμυρών, όπου κατ’ επέκταση αναγκάζουν ανθρώπους να εκτοπιστούν συχνά, από ορισμένες εύφορες και αποδοτικές για την γεωργία εκτάσεις, β) τα φράγματα αποσταθεροποιούν τα οικοσυστήματα γλυκού νερού παγκοσμίως. Για παράδειγμα, ένα σημαντικό ποσοστό ψαριών του γλυκού νερού στον κόσμο είναι πλέον απειλούμενο ή εξαφανισμένο ως αποτέλεσμα της κατασκευής φραγμάτων, γ) επηρεάζονται και τα ωκεάνια ψάρια όπως ο σολομός, τα οποία μπορούν να μπλοκαριστούν στην προσπάθειά τους να κολυπήσουν για να γεννήσουν, δ) η σάπια οργανική ύλη που καταλήγει στα φράγματα απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες αερίων θερμοκηπίου, κυρίως μεθανίου, στην ατμόσφαιρα.</p> <p><i>PéterKádár, Power System Department Faculty of Electrical Engineering, Óbuda University: “Pros and Cons of the Renewable Energy Application”</i></p> | <p>Η Αυξημένη ζήτηση ουρανίου U-235 εγκυμονεί κινδύνους βιωσιμότητας της πυρηνικής ενέργειας</p> <p>Η εξόρυξη και παραγωγή ουρανίου αυξήθηκε κατά 25% την περίοδο 2008-2010, για να φθάσει τους 56.670 τόνους και αναμένεται να αυξηθεί κατά ακόμη 5% , στους 57.000 τόνους. <i>Σύμφωνα με την κοινή έκθεση για την αγορά ουρανίου, η οποία συντάχθηκε από την Υπηρεσία για την Πυρηνική Ενέργεια (AEN) του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) και τη Διεθνή Υπηρεσία Ατομικής Ενέργειας (ΙΑΕΑ), η ζήτηση ουρανίου για την τροφοδοσία των εργοστασίων θα κυμανθεί μεταξύ 97.645 και 136.385 τόνων το 2035, έναντι 63.875 τόνων το 2010.</i> Δηλαδή, οι ανάγκες σε ουράνιο θα αυξηθούν τουλάχιστον κατά το ήμισυ τις δύο προσεχείς δεκαετίες, ίσως και να διπλασιαστούν, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις. Αυτό προκύπτει σύμφωνα με τις δύο υπηρεσίες, από μια αύξηση του μεγέθους του συνόλου των πυρηνικών εργοστασίων σε διεθνές επίπεδο, η οποία εκτιμάται μεταξύ 44% και 99% έως το 2035. Αυτή η μεγάλη κλίμακα προβλέψεων ενισχύουν την αβεβαιότητα για την πυρηνική ενέργεια ως πηγή ενέργειας. Αυτή η αβεβαιότητα ενισχύεται και από τις αυξανόμενες ανάγκες σε ενέργεια των χωρών με αναδυόμενη οικονομία, κυρίως στην Ασία.</p> <p><i>NEA/IAEA (2019), Uranium 2018: Resources, Production and Demand, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/uranium-2018-en.</i></p> <p><i>Nuclear Energy Data 2018</i></p> <p>Available online at: http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2018/7416-ned-2018.pdf</p> |

| <p style="text-align: center;">Κάρτα πληροφοριών 7 Γεγονότα και δεδομένα</p> | <p style="text-align: center;">Κάρτα πληροφοριών 8 Γεγονότα και δεδομένα</p> |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">Το απαιτούμενο μεγάλο χρονικό διάστημα για τη λειτουργία των πυρηνικών σταθμών αναστέλλει την επίλυση του ενεργειακού ζητήματος</p> <p>Το μεγάλο χρονικό διάστημα για τη λειτουργία των πυρηνικών σταθμών είναι ανασταλτικός παράγοντας για την άμεση μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ένας πυρηνικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής χρειάζεται κατά μέσο όρο περίπου 14-15 χρόνια για να κατασκευαστεί (από τη φάση σχεδιασμού μέχρι τη λειτουργία). Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, περίπου 7,1 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο από την ατμοσφαιρική ρύπανση, και το 90% αυτών των θανάτων οφείλεται στις ρυποφόρες ουσίες που παράγονται από τις καύσεις για την παραγωγή ενέργειας. Από απλούς μαθηματικούς υπολογισμούς οδηγήσαμε στο συμπέρασμα ότι περίπου 93 εκατομμύρια άνθρωποι θα οδηγηθούν στον θάνατο, καθώς περιμένουμε να κατασκευαστούν όλα τα νέα πυρηνικά εργοστάσια.</p> <p>Από την άλλη πλευρά, οι αιολικές και ηλιακές εκμεταλλεύσεις λαμβάνουν κατά μέσο όρο μόνο 2 έως 5 έτη, από τη φάση σχεδιασμού έως τη λειτουργία. Τα έργα ηλιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στην οροφή έχουν ένα χρονοδιάγραμμα μόνο 6 μηνών. Αυτό δηλώνει ότι, η μετάβαση στο 100% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το συντομότερο δυνατόν θα είχε ως αποτέλεσμα δεκάδες εκατομμύρια λιγότερους θανάτους.</p> <p><i>Mark Z. Jacobson, Καθηγητής Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Διευθυντής, Πρόγραμμα ατμόσφαιρας / ενέργειας, Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ</i> Textbook in press, Cambridge University Press https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/WWSSBook/WWSSBook.html</p> | <p style="text-align: center;">Οι πυρηνικές εγκαταστάσεις είναι αξιόπιστες συγκριτικά με τις εγκαταστάσεις των ΑΠΕ</p> <p>Το ηλεκτρικό δίκτυο είναι ένα σύνθετο σύστημα, στο οποίο η παροχή και η ζήτηση ενέργειας πρέπει να είναι ίσες ανά πάσα στιγμή. Απαιτούνται συνεχείς προσαρμογές στην προσφορά για προβλέψιμες μεταβολές στη ζήτηση, κατά τα καθημερινά πρότυπα ανθρώπινης δραστηριότητας. Η λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου τίθεται σε κίνδυνο, λόγω των απρόσμενων περιβαλλοντικών αλλαγών που επηρεάζουν τα μέγιστα την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ (έλλειψη ηλιοφάνειας-φωτοβολταϊκά πάνελ, λειψυδρία-υδροϋλεκτρικά εργοστάσια, άπνοια - ανεμογεννήτριες κ.λ.π.).</p> <p>Χαρακτηριστικό παράδειγμα: Τεχνικό πρόβλημα στο μεγαλύτερο υπεράκτιο αιολικό πάρκο του κόσμου μαζί με άλλες βλάβες προκάλεσαν τον Αύγουστο του 2019 τη χειρότερη συσκότιση στη Βρετανία που είχε συμβεί εδώ και δεκαετίες. Δημοσίευμα : https://energypress.gr/news/vlavi-sto-megalytero-aioliko-toy-kosmoy-odigise-se-mplak-aoyt-sti-vretania</p> <p>Αντίθετα, η πυρηνική ενέργεια έχει μακράν τον υψηλότερο συντελεστή χωρητικότητας από οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας. Αυτό, βασικά, σημαίνει ότι οι πυρηνικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής παράγουν με μέγιστη ισχύ πάνω από το 92% κατά τη διάρκεια του έτους. Οι μονάδες πυρηνικής ενέργειας χρησιμοποιούνται, συνήθως, συχνότερα, επειδή χρειάζονται λιγότερη συντήρηση και έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα.</p> <p>Χαρακτηριστικό παράδειγμα: Το εργοστάσιο HeyshamII, στο Ηνωμένο Βασίλειο, λειτουργούσε για 940 μέρες (χρόνος ρεκόρ), χωρίς να χρειαστεί να ανεφοδιαστεί. Η λειτουργία του πυρηνικού εργοστασίου δεν εξαρτάται, επίσης, από καιρικές συνθήκες ή από ξένους προμηθευτές, γεγονός που το καθιστά σταθερή πηγή σε σχέση με άλλες μορφές ενέργειας.</p> <p>Δημοσίευμα: http://world-nuclear-news.org/C-Record-940-days-of-continuous-operation-for-Heysham-unit-1609164.html</p> |

| <p style="text-align: center;">Κάρτα πληροφοριών 9 Γεγονότα και δεδομένα</p> | <p style="text-align: center;">Κάρτα πληροφοριών 10 Γεγονότα και δεδομένα</p> |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">Η αιολική ενέργεια είναι η πιο αποδοτική ΑΠΕ</p> <p>Η αιολική ενέργεια είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο μέσο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στο τέλος του 2006, η παγκόσμια χωρητικότητα των αιολικών γεννητριών ήταν 73,9 gigawatts. Συγκεκριμένα, αντιπροσωπεύει περίπου το 20% της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας στη Δανία, 9% στην Ισπανία και 7% στη Γερμανία. Γενικά, η παραγωγή αιολικής ενέργειας παρουσίασε μεγάλη αύξηση μεταξύ 2000 και 2006 .</p> <p>Το μεγαλύτερο ποσοστό της αιολικής ενέργειας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, όπου μέσω της περιστροφής των πτερυγίων του στροβίλου παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω μιας ηλεκτρικής γεννήτριας. Στους ανεμόμυλους (μια πολύ παλαιότερη τεχνολογία), η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται για να μετατρέψει μηχανικά μηχανήματα σε φυσική εργασία, όπως θραύση κόκκων ή άντληση νερού.Επίσης, η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται σε μεγάλης κλίμακας αιολικά πάρκα για τα εθνικά ηλεκτρικά δίκτυα, καθώς και σε μικρούς μεμονωμένους στρόβιλους για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε αγροτικές κατοικίες.Η αιολική ενέργεια είναι άφθονη, ανανεώσιμη, ευρέως κατανομημένη, καθαρή και μειώνει τις εκπομπές τοξικών ατμοσφαιρικών εκπομπών και αερίων θερμοκηπίου. Υπάρχουν πολλές χιλιάδες ανεμογεννήτριες με συνολική χωρητικότητα 73,904 MW, από τις οποίες η Ευρώπη αντιπροσωπεύει το 65% (2006).</p> <p>Η Ισπανία, ως διακομιστική χώρα το 2013 για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αιολική ενέργεια, είναι ένα σημαντικό ορόσημο, διότι όλο αυτό το έτος η κάλυψη της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια έφτασε το 20,9%, ενώ από την πυρηνική ενέργεια, η κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 20,8%.</p> <p>Από το 2007, η Νότια και Κεντρική Αμερική έχουν σχεδόν δεκαπλασιάσει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική. Η Βραζιλία είναι η τρίτη μεγαλύτερη αγορά παγκοσμίως για την απόκτηση αιολικών εγκαταστάσεων.</p> <p><i>Global Energy Group Council (GEGC) :Global Wind Report. Annualmarket update 2011</i> https://qwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Annual_report_2011_lowres.pdf</p> | <p style="text-align: center;">Η υδροηλεκτρική ενέργεια ως μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική ανάμεσα στις ΑΠΕ</p> <p>Εννέα από τις δέκα μεγαλύτερες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής στον κόσμο είναι υδροηλεκτρικές, χρησιμοποιώντας φράγματα σε ποτάμια. Τα Τρία Φαράγγια της Κίνας προμηθεύουν με 22,5 GWe, το Itaipu στη Βραζιλία με 14 GWe και το Xiluodu στην Κίνα, με 13,9 GWe. Τα σύγχρονα υδροηλεκτρικά εργοστάσια διαθέτουν το σημαντικό πλεονέκτημα να χειρίζονται εποχιακά (αλλά και καθημερινά) υψηλά φορτία αιχμής, καθώς οι υδροηλεκτρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας μπορούν να περιορίσουν τη ροή του νερού μέσω των τουρμπίνων, για να διαφοροποιήσουν την απόδοση. Οι πιο εξελιγμένες και ακριβές τουρμπίνες είναι του Kaplan, που έχουν μεταβλητό βήμα και είναι αποδοτικοί σε ένα εύρος ρυθμών ροής. Τα υδροηλεκτρικά συστήματα, που εκτελούνται από ποτάμια, είναι συνήθως πολύ μικρότερα από τα φράγματα, αλλά έχουν, ενδεχομένως, ευρύτερη εφαρμογή.</p> <p>Το 2015 η υδροηλεκτρική ενέργεια παρείχε περίπου 3995 TWh από 1210 GWe (συντελεστής χωρητικότητας 38%), υπογραμμίζοντας τη γενικά υψηλή αξιοποίηση της (στοιχεία IRENA). Η υδροηλεκτρική ενέργεια προμηθεύει πάνω από το 16% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας (> 95% στη Νορβηγία, 57% στον Καναδά, 59% στην Ελβετία, 56% στη Νέα Ζηλανδία, 47% στη Σουηδία, 6% στις ΗΠΑ, 6% στην Αυστραλία). Οι μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικοί σταθμοί κάτω των 10 MWe αντιπροσωπεύουν περίπου το 12% της παγκόσμιας χωρητικότητας και οι περισσότεροι από αυτούς είναι υδροηλεκτρικοί.</p> <p><i>Researched and written by World Nuclear News (2016)</i> https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/renewable-energy-and-electricity.aspx</p>  |

| Κάρτα πληροφοριών 11 Γεγονότα και δεδομένα | Κάρτα πληροφοριών 12 Γεγονότα και δεδομένα |
|--|--|
| <p>Απειλητικοί κίνδυνοι για την ανθρωπότητα από την κατάρρευση των πυρηνικών αντιδραστήρων</p> <p>Στις 11 Μαρτίου 2011, ένας σεισμός μεγέθους 9,0 στην κλίμακα Ρίχτερ και το επακόλουθο τσουνάμι προκάλεσε το κλείσιμο σε έξι πυρηνικούς αντιδραστήρες στο Fukushima 1 Daiichi. Ως αποτέλεσμα, το καίσιο-137, το ιώδιο-131, και άλλα ραδιενεργά σωματίδια και αέρια απελευθερώθηκαν στον αέρα. Τοπικά, δεκάδες χιλιάδες άνθρωποι εκτέθηκαν στην ακτινοβολία και 170.000 έως 200.000 άτομα εκκένωσαν τα σπίτια τους, από τους οποίους 1.600 έως 3.700 άτομα έχασαν τη ζωή τους μόνο κατά τη διάρκεια της εκκένωσης. Η απελευθέρωση της ακτινοβολίας δημιούργησε στην περιοχή μια νεκρή ζώνη, που μπορεί να μην είναι ασφαλής για τα επόμενα εκατοντάδες χρόνια. Επιπρόσθετα, αποτέλεσε και εστία μόλυνσης για το νερό και τα τρόφιμα και η ακτινοβολία από το εργοστάσιο εξαπλώθηκε παγκοσμίως μέσα σε μια εβδομάδα. Το πιο σημαντικό, όμως, είναι ότι υπάρχουν εκτιμήσεις πως λόγω της κατάρρευσης του αντιδραστήρα θα υπάρξουν θάνατοι σχετιζόμενοι με τον καρκίνο και πολλά νοσήματα σχετιζόμενα με τον καρκίνο παγκοσμίως και κυρίως στην ανατολική Ασία. Το κόστος του καθαρισμού των αντιδραστήρων της Fukushima και της γύρω περιοχής υπολογίζεται σε 460 έως 640 δισεκατομμύρια δολάρια.</p> <p>Johnson, G., <i>When radiation isn't the real risk</i>, 2015 https://www.nytimes.com/2015/09/22/science/when-radiation-isnt-the-real-risk.html</p> <p>Ten Hoeve, J.E., and M.Z. Jacobson, <i>Worldwide health effects of the Fukushima Daiichi nuclear accident</i>, <i>Energy and Environmental Sciences</i>, 5, 8743-8757, 2012</p> <p>Denyer, S., <i>Eight years after Fukushima's meltdown, the land is recovering, but public trust is not</i>, <i>Washington Post</i>, 2019.</p> <p>Οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων από το χειρότερο πυρηνικό ατύχημα στον κόσμο, το Τσερνομπίλ της Ουκρανίας το 1986 καταγράφονται ως δραματικές. Παρόλο που μόνο 30 άνθρωποι σκοτώθηκαν αμέσως, αρκετοί χιλιάδες περισσότεροι μπορεί να πεθάνουν κατά τη διάρκεια των επόμενων 30 ετών, καθώς καταγράφεται αύξηση του ποσοστού θνησιμότητας από τον καρκίνο στην Ευρώπη. Δημοσιευμένες εκθέσεις UNSCEAR: <i>Επιπτώσεις στην υγεία λόγω ακτινοβολίας από το ατύχημα του Τσερνομπίλ (Παράρτημα Δ της Έκθεσης UNSCEAR του 2008)</i> http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076_Report_2008_Annex_D.pdfhttps://www.iaea.org/newscenter/focus/chernobyl</p> | <p>Οι συγκριτικές τιμές για τα κόστη ηλεκτρικής ενέργειας αποκαλύπτουν ότι ΑΠΕ προσφέρουν οικονομικότερες λύσεις έναντι των πυρηνικών εγκαταστάσεων</p> <p>Για την ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος κεφαλαίου (κόστος μίας ημέρας ανά watt) είναι: α) Αιολική ενέργεια - \$ 1600 / kW, β) παράκτιο αιολικό πάρκο - \$ 6500 / kW, γ) ηλιακή φωτοβολταϊκή (σταθερή) - \$ 1060 / kW, δ) Γεωθερμική ενέργεια - \$ 2800 / kW, ε) συμβατική υδροηλεκτρική ενέργεια - \$ 2680 / kW, στ) προηγμένη πυρηνική ενέργεια - \$ 6000 / kW</p> <p><i>Cost and Performance Characteristics of New Generating Technologies, Annual Energy Outlook 2019" (PDF). U.S. Energy Information Administration. 2019. Retrieved 2019-05-10.</i> https://www.eia.gov/outlooks/aeo/assumptions/pdf/table_8.2.pdf</p> <p>Όμως, κατά τον υπολογισμό του κόστους πρέπει να εξεταστούν διάφοροι παράγοντες εσωτερικού κόστους. Για παράδειγμα:</p> <p>-Τα έξοδα κεφαλαίου είναι μέτρια για τις ανεμογεννήτριες και τις ηλιακές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (φωτοβολταϊκά), υψηλότερη για τα εργοστάσια άνθρακα και ακόμη υψηλότερα για τα πυρηνικά (συμπεριλαμβανομένου του κόστους διάθεσης αποβλήτων και παροπλισμού πυρηνικής ενέργειας). Το κόστος καυσίμων είναι χαμηλό για πυρηνικές εγκαταστάσεις και μηδενικό για πολλές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.</p> <p><i>A Review of Electricity Unit Cost Estimates Working Paper, December 2006</i> <i>Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis — Version 10.0</i> https://www.lazard.com/media/438038/levelized-cost-of-energy-v100.pdf <i>"Lazard's Levelized Cost of Storage — Version 2.0" (PDF). December 2016.</i> https://www.lazard.com/media/438042/lazard-levelized-cost-of-storage-v20.pdf</p> <p>Ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA) δημοσίευσε μια μελέτη βασισμένη σε ολοκληρωμένα διεθνή σύνολα δεδομένων τον Ιανουάριο του 2018, η οποία προβλέπει την πτώση μέχρι το 2020 του κόστους κιλοβατώρας ηλεκτρικής ενέργειας από έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.</p> <p><i>Renewable Power Generation Costs in 2017. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA). January 2018. ISBN 978-92-9260-040-2. Retrieved June 14, 2018.</i> https://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-power-generation-costs-in-2017</p> <p>Η Ευρωπαϊκή Τράπεζα Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης (ΕΤΑΑ) αναφέρει ότι «οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πλέον η φθηνότερη πηγή ενέργειας»</p> <p>https://www.powerengineeringint.com/articles/2018/11/solar-and-wind-now-the-cheapest-power-source-says-bloombergnef.html</p> |

| Κάρτα πληροφοριών 13 Γεγονότα και δεδομένα | Κάρτα πληροφοριών 14 Γεγονότα και δεδομένα | | | | | | | | |
|--|---|---|---------------------------|----|---------------------|-------|---------------------|-------|---|
| <p>Αδυναμία επίλυσης του ενεργειακού ζητήματος λόγω της μεγάλης χρονικής περιόδου μεταξύ προγραμματισμού και λειτουργίας των πυρηνικών αντιδραστήρων</p> <p>Η χρονική υστέρηση μεταξύ σχεδιασμού και λειτουργίας ενός πυρηνικού αντιδραστήρα περιλαμβάνει τις περιόδους για τον εντοπισμό μιας τοποθεσίας, την απόκτηση άδειας εγκατάστασης, την αγορά ή τη μίσθωση της γης, τη χορήγηση άδειας κατασκευής, την εξασφάλιση χρηματοδότησης και ασφάλισης για την κατασκευή, την εγκατάσταση, την απόκτηση άδειας κατασκευής, τη σύνδεση για την παραγωγή ενέργειας, για να ληφθεί η τελική άδεια λειτουργίας. Οι χρόνοι προγραμματισμού προς λειτουργία όλων των πυρηνικών εγκαταστάσεων που έχουν κατασκευαστεί ποτέ ήταν 10-19 χρόνια ή περισσότερο. Συγκεκριμένα:</p> <table border="1" data-bbox="353 657 1032 863"> <thead> <tr> <th>Πυρηνικοί Αντιδραστήρες</th> <th>Χρόνος προγραμματισμού προς λειτουργία σε έτη</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Olkiluoto 3 στη Φινλανδία</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Haiyang 2 στην Κίνα</td> <td>13-14</td> </tr> <tr> <td>Taishan 2 στην Κίνα</td> <td>12-13</td> </tr> </tbody> </table> <p>Πολλοί ισχυρίζονται ότι το σχέδιο Messmer της Γαλλίας το 1974 είχε ως αποτέλεσμα την κατασκευή των 58 αντιδραστήρων του σε 15 χρόνια. Όμως αυτό δεν είναι αληθές διότι, για παράδειγμα 10 από τους αντιδραστήρες ολοκληρώθηκαν μεταξύ 1991-2000, άρα ο συνολικός χρόνος προγραμματισμού για τους αντιδραστήρες αυτούς ήταν τουλάχιστον 32 έτη, όχι 15,</p> <p><i>Mark Z. Jacobson (2019) Evaluation of Nuclear Power as a Proposed Solution to Global Warming, Air Pollution, and Energy Security In 100% Clean, Renewable Energy and Storage for Everything Textbook in press, Cambridge University Press</i> https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/WWSSBook/WWSSBook.html</p> | Πυρηνικοί Αντιδραστήρες | Χρόνος προγραμματισμού προς λειτουργία σε έτη | Olkiluoto 3 στη Φινλανδία | 20 | Haiyang 2 στην Κίνα | 13-14 | Taishan 2 στην Κίνα | 12-13 | <p>Παγκόσμια επισκόπηση παραγωγής πυρηνικής ενέργειας</p> <p>Περίπου το 11% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από περίπου 450 πυρηνικούς αντιδραστήρες. Το 2017 οι πυρηνικές εγκαταστάσεις παρείχαν 2487 TWh ηλεκτρικής ενέργειας, το 2016 η παροχή ήταν 2477 TWh. Δεκατρείς χώρες το 2017 παρήγαγαν τουλάχιστον το ένα τέταρτο της ηλεκτρικής τους ενέργειας από πυρηνικούς αντιδραστήρες. Συγκεκριμένα:</p> <p>i) στη Γαλλία τα τρία τέταρτα της ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από την πυρηνική ενέργεια, ii) στην Ουγγαρία, τη Σλοβακία και την Ουκρανία το ήμισι της ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από την πυρηνική, iii) στη Νότια Κορέα περισσότερο από το 30%, iv) στις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ισπανία, τη Ρουμανία και τη Ρωσία περίπου το ένα πέμπτο, v) στην Ιαπωνία περισσότερο από το ένα τέταρτο</p> <p>Αναλυτική περιγραφή της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας ανά χώρα σε παγκόσμιο επίπεδο :</p> <p>https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx</p> <p>Περίπου 30 χώρες εξετάζουν, προγραμματίζουν ή ξεκινούν προγράμματα πυρηνικής ενέργειας. Το Μπαγκλαντές, η Λευκορωσία, η Τουρκία και τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα κατασκευάζουν τα πρώτα τους πυρηνικά εργοστάσια.</p> <p><i>Υπηρεσία Πληροφόρησης του Αντιδραστήρα Ισχύος του Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας (IAEA), πρόσβαση σε αριθμητικά στοιχεία ανά χώρα από το 2007 έως το 2017</i> https://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/nuclear-generation-by-country.aspx</p> |
| Πυρηνικοί Αντιδραστήρες | Χρόνος προγραμματισμού προς λειτουργία σε έτη | | | | | | | | |
| Olkiluoto 3 στη Φινλανδία | 20 | | | | | | | | |
| Haiyang 2 στην Κίνα | 13-14 | | | | | | | | |
| Taishan 2 στην Κίνα | 12-13 | | | | | | | | |

| Κάρτα πληροφοριών 15 Γεγονότα και δεδομένα | Κάρτα πληροφοριών 16 Γεγονότα και δεδομένα |
|--|--|
| <p>Αυξημένη ανάγκη για παραγωγή ενέργειας / επιτακτική ανάγκη επίλυσης του ενεργειακού ζητήματος</p> <p>Παρά την ισχυρή στήριξη για την αύξηση της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές τα τελευταία χρόνια, η συμβολή των ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας παρέμεινε ουσιαστικά αμετάβλητη.</p> <p>Στην <i>Παγκόσμια Ενεργειακή Προοπτική του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας του ΟΟΣΑ (2018)</i> δημοσιεύεται το "Σενάριο Αειφόρου Ανάπτυξης", το οποίο είναι συνεπές με την παροχή καθαρής και αξιόπιστης ενέργειας και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μέσω των πυρηνικών αντιδραστήρων.</p> <p>Ο <i>Παγκόσμιος Πυρηνικός Σύνδεσμος</i> έχει προτείνει ένα πιο φιλόδοξο σενάριο απ'αυτό. Το πρόγραμμα <i>Harmony</i> προτείνει την προσθήκη 1000 GWe νέας πυρηνικής χωρητικότητας έως το 2050, ώστε να παραχθεί το 25% περίπου της ηλεκτρικής ενέργειας. Η παροχή του ενός τετάρτου της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας μέσω πυρηνικών θα μειώσει σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και θα έχει πολύ θετικό αντίκτυπο στην ποιότητα του αέρα.</p> <p><i>Παγκόσμια Ενεργειακή Προοπτική, 2018, Διεθνής Ενεργειακή Υπηρεσία του ΟΟΣΑ.</i></p> | <p>Η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει αυξηθεί σημαντικά.</p> <p>Το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έχει σχεδόν διπλασιαστεί: από περίπου 8,5 % το 2004 σε 17,0 % το 2016. Η θετική αυτή εξέλιξη ήταν αποτέλεσμα των νομικών δεσμευτικών στόχων για αύξηση του μεριδίου της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, οι οποίοι τέθηκαν σε εφαρμογή με την οδηγία 2009/28/EK σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Μεταξύ του 2006 και του 2016 η ποσότητα ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ΕΕ-28 αυξήθηκε συνολικά κατά 66,6 %. Το ποσοστό αυτό ισοδυναμεί με μέση ετήσια αύξηση ύψους 5,3 %. Από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η σημαντικότερη πηγή στην ΕΕ-28 ήταν το ξύλο και άλλα στερεά βιοκαύσιμα, καθώς και τα ανανεώσιμα απόβλητα, αφού το 2016 αντιπροσώπευαν το 49,4 % της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είχε τη δεύτερη σημαντικότερη συμβολή στο ενεργειακό μείγμα από ανανεώσιμες πηγές (14,3 % του συνόλου), ακολουθούμενη από την αιολική ενέργεια (12,4%). Επί του παρόντος, καταγράφονται ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα παλιρροϊκής, κυματικής και ωκεάνιας ενέργειας. Μάλιστα, αυτές οι τεχνολογίες υπάρχουν, κυρίως, στη Γαλλία και στο Ηνωμένο Βασίλειο.</p> <p><i>Eurostat: Στατιστικές για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές</i></p> |

Ιστορία 1

Καινοτόμες ιδέες και πρωτοποριακές εξελίξεις αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας

1. Τα ρεύματα αέρος πάνω από τους ουρανοξύστες και τα κτίρια στις πόλεις είναι πιο δυνατά και πιο σταθερά από αυτά του εδάφους. Προκειμένου να τα εκμεταλλευτούμε, δημιουργήθηκε μία καταπληκτική ανεμογεννήτρια που κρέμεται στον ουρανό. Αποτελείται από έναν κοίλο κύλινδρο και μια έλικα-ανεμοστρόβιλο, μέσα από την οποία γίνεται η καλύτερη χρήση της αντοχής του ανέμου. Οι εταιρείες αιολικής ενέργειας συνεχώς καινοτομούν για την ανάπτυξη ανεμογεννητριών, που είναι όλο και πιο αποτελεσματικές και ανταγωνιστικές.



2. Ανεμογεννήτριες στους ουρανοξύστες:

Οι πρώτοι ουρανοξύστες στους οποίους εντάσσονται αυτές οι ανεμογεννήτριες είναι εκείνοι του Παγκόσμιου Κέντρου Εμπορίου του Μπαχρέιν, που αποτελούν δύο γέφυρες, που συνδέουν αμφότερα τα κτίρια και υποστηρίζουν τρεις τεράστιους στρόβιλους, οι οποίοι έχουν διάμετρο περίπου 30 μέτρων.



3. Ανεμογεννήτριες «κυψέλης» στις προσόψεις: Αυτός ο τρόπος αξιοποίησης του ανέμου είναι σε θέση να παράγει ενέργεια σε όλες σχεδόν τις καταστάσεις καθώς λειτουργεί με χαμηλή ταχύτητα.



4. Πλωτές ανεμογεννήτριες: Αυτές οι ανεμογεννήτριες είναι χτισμένες με τρόπο που να ξεπερνούν τη δύναμη των κυμάτων ύψους έως και 30 μέτρων. Οι ανεμόμυλοι κυματίζουν στο νερό, αλλά δεν βυθίζονται, καθώς επιπλέουν στο ίδιο επίπεδο, γιατί είναι δεμένοι από τρία σχοινιά-καλώδια σε μεγάλο βάθος του πυθμένα (700 μέτρα). Αυτές οι ανεμογεννήτριες είναι πολύ αποδοτικές, επειδή χρησιμοποιούν τους άνεμους της θάλασσας, οι οποίοι είναι συνήθως ισχυρότεροι και σταθεροί από τους επιφανείς.

5. Τα μεγαλύτερα αιολικά πάρκα

Το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο στον κόσμο είναι το Alta Wind Energy Center, που βρίσκεται στην Καλιφόρνια και αποτελείται από 586 στρόβιλους.

Το London Array είναι το έκτο μεγαλύτερο από τα αιολικά πάρκα παγκοσμίως. Βρίσκεται στις εκβολές του ποταμού Τάμεση σε απόσταση 20 χιλιομέτρων από την ακτή. Με 175 τουρμπίνες, μπορεί να καλύψει τη ζήτηση για τα 2/3 του πληθυσμού του Kent.

Πρόσβαση στο δημοσίευμα:

<https://www.activesustainability.com/renewable-energy/10-curious-facts-about-wind-energy/>

Ιστορία 2

Κίνδυνος διάδοσης όπλων από την ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας

Η ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας έχει αυξήσει ιστορικά την ικανότητα των εθνών να αποκτήσουν ή να συσκομίσουν πλουτώνιο ή να εμπλουτίσουν ουράνιο για την παραγωγή πυρηνικών όπλων. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) αναγνωρίζει αυτό το γεγονός και αναφέρει «...Τα εμπόδια και οι κίνδυνοι που συνδέονται με την αυξανόμενη χρήση της πυρηνικής ενέργειας περιλαμβάνουν τους λειτουργικούς κινδύνους και τις συναφείς ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια, τους κινδύνους εξόρυξης ουρανίου, τους χρηματοοικονομικούς και ρυθμιστικούς κινδύνους, τα ανεπίλυτα θέματα διαχείρισης αποβλήτων, τις ανησυχίες σχετικά με τη διάδοση των πυρηνικών όπλων και την αρνητική κοινή γνώμη....»

Η κατασκευή ενός πυρηνικού αντιδραστήρα για ενέργεια σε μια χώρα, που δεν διαθέτει σήμερα αντιδραστήρα, επιτρέπει στη χώρα να εισάγει ουράνιο για χρήση στη μονάδα πυρηνικής ενέργειας. Εάν η χώρα το επιλέξει, μπορεί να εμπλουτίσει κρυφά το ουράνιο για να δημιουργήσει ουράνιο ποιότητας όπλων και να συλλέξει πλουτώνιο από ράβδους καυσίμου ουρανίου **για χρήση σε πυρηνικά όπλα**. «Αυτό δεν σημαίνει ότι κάποια ή κάθε χώρα θα το κάνει αυτό, αλλά ιστορικά μερικοί το έχουν κάνει και ο κίνδυνος είναι υψηλός», όπως σημειώνει η IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), *IPCC special report on carbon dioxide capture and storage. Prepared by working group III, Metz. B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, and L.A.Meyer (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 442 pp.*

<http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/> (accessed June 26, 2019)

Ιστορία 3

Διαχείριση ραδιενεργών αποβλήτων – Βιώσιμη λύση διαχείρισης πυρηνικών καυσίμων.

Τα περισσότερα αναλωμένα καύσιμα των ΗΠΑ, από τα οποία το 90% μπορούν να ανακυκλωθούν για να επεκτείνουν την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας για εκατοντάδες χρόνια, αποθηκεύονται προς το παρόν με ασφάλεια σε αδιαπέραστα ξηρά βαρέλια από σκυρόδεμα και ασφάλι. Η αμερικανική μονάδα δοκιμών απομόνωσης αποβλήτων (WIPP) κοντά στο Carlsbad του Νέου Μεξικού **μπορεί να αποθηκεύσει εμπορικά πυρηνικά απόβλητα σε κρυστάλλινο αλάτι 2 χιλιομέτρων**. Ο σχηματισμός αλάτος εκτείνεται από το νότιο Νέο Μεξικό σε όλη τη βορειοανατολική κατεύθυνση προς το νοτιοδυτικό Κάνσας και αποτελεί ενδεικτικό παράδειγμα ότι θα μπορούσε εύκολα να φιλοξενήσει τα πυρηνικά απόβλητα ολόκληρου του κόσμου για τα επόμενα χίλια χρόνια. Η Φινλανδία προχωράει ακόμη περισσότερο στην εκσκαφή ενός μόνιμου αποθετηρίου σε υπόβαθρο γρανίτη 400 μέτρων κάτω από το Olkiluoto.

Δημοσίευση (Ιούλιος 2019) του Richard Rhodes (συγγραφέας πολλών βιβλίων, συμπεριλαμβανομένης της πρόσφατα δημοσιευμένης ενέργειας: *Μια ανθρώπινη ιστορία*, και είναι ο νικητής του Βραβείου Pulitzer, του Εθνικού Βραβείου Βιβλίου και του Βραβείου Κύκλου Κριτικών του Εθνικού Βιβλίου) στο Yale School of Forestry & Environmental Studies <https://e360.yale.edu/features/why-nuclear-power-must-be-part-of-the-energy-solution-environmentalists-climate>

Ο νόμος περί πολιτικής πυρηνικών αποβλήτων του 1982 κωδικοποίησε την ευθύνη του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ για την ανάπτυξη ενός γεωλογικού αποθετηρίου για χρησιμοποιημένα πυρηνικά καύσιμα, που όμως δεν έχει υλοποιηθεί ελλείψει της αναγκαίας χρηματοδότησης. Συγκεκριμένα, το 2002, ο πρόεδρος και το Κογκρέσο ενέκριναν το Όρος Yucca στη Νεβάδα, ως τόπο για αυτό το αποθετήριο. Ωστόσο, το 2010, το έργο Yucca Mountain έκλεισε, χωρίς να αναφεθούν οποιαδήποτε τεχνικά ζητήματα ή ζητήματα ασφάλειας. Παρόλο που οι επί δεκαετίες επιστημονικές μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το προτεινόμενο αποθετήριο θα μπορούσε να προστατεύσει με ασφάλεια τις μελλοντικές γενιές, δυστυχώς οι εργασίες δεν έχουν ολοκληρωθεί λόγω του υψηλού κόστους (Ενημερωτικό δελτίο του Ινστιτούτου Πυρηνικής Ενέργειας Φεβρουάριος 2018, <https://www.nei.org/advocacy/make-regulations-smarter/used-nuclear-fuel>) (Πρόσβαση 14.8.2019).

Ιστορία 4

Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας είναι καθοριστικός παράγοντας για την αποθήκευση της «μεταβλητής» ποσότητας ενέργειας που παράγεται από τις καθαρές ανανεώσιμες πηγές.

Η θερμική αποθήκευση χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας ενέργεια από τον ήλιο, ακόμη και όταν ο ήλιος δεν λάμπει. Κατάλληλες ηλιακές εγκαταστάσεις αποθηκεύουν τη θερμότητα του ήλιου σε νερό, λιωμένα άλατα ή άλλα υγρά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και μετά τη δύση του ήλιου. Για παράδειγμα, το προτεινόμενο έργο **ηλιακής ενέργειας Blythe της Καλιφόρνιας** χρησιμοποιεί **ένα σύστημα αποθήκευσης λιωμένου άλατος με έναν ηλιακό πύργο για την παροχή ενέργειας για περίπου 68.000 σπίτια κάθε χρόνο.**

Έχει μελετηθεί επίσης και η **δυνατότητα δημιουργίας υδρογόνου από την αιολική ενέργεια και η αποθήκευσή του σε πύργους ανεμογεννητριών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όταν ο άνεμος δεν φυσάει.**

Αντλητική υδροηλεκτρική αποθήκευση: Η υδροηλεκτρική αποθήκευση με αντλία προσφέρει έναν τρόπο αποθήκευσης ενέργειας στο στάδιο μετάδοσης του δικτύου, αποθηκεύοντας υπερβολική παραγωγή για μεταγενέστερη χρήση. Πολλές μονάδες υδροηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν δύο δεξαμενές σε διαφορετικά υψόμετρα. Αυτά αποθηκεύουν ενέργεια αντλώντας νερό στην ανώτερη δεξαμενή, όταν η προσφορά υπερβαίνει τη ζήτηση. Όταν η ζήτηση υπερβαίνει την προσφορά, το νερό απελευθερώνεται στην κάτω δεξαμενή με το νερό να τρέχει προς τα κάτω μέσω τουρμπίνας, για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Η Ομοσπονδιακή Ρυθμιστική Επιτροπή Ενέργειας (FERC), δημιούργησε μια δομή τιμολόγησης, η οποία ονομάζεται pay-for-performance και δίνει τη δυνατότητα να καταστήσει τις τεχνολογίες αποθήκευσης πιο οικονομικές σε εμπορική κλίμακα. Μια πίστωση φόρου επένδυσης θα συμβάλει, επίσης, στην επιτάχυνση της ανάπτυξης τεχνολογιών αποθήκευσης. Αυτό σημαίνει ότι **με την υποστήριξη της κυβέρνησης και της βιομηχανίας, οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να συνεχίσουν να αναπτύσσονται και να επεκτείνονται, να βοηθούν στην αυξανόμενη ανάπτυξη μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να βοηθήσουν στην αποθήκευση μιας συνεχώς αυξανόμενης ποσότητας καθαρών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μέλλον.**

Denholm, P. Et al. 2010. Ο ρόλος της αποθήκευσης ενέργειας με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμης Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο στη διεύθυνση <http://www.nrel.gov/docs/fy10osti/47187.pdf>

Ένωση ανησυχούντων επιστημόνων. 2013. Βελτίωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: ενέργεια στην οποία μπορείτε να βασίζεστε. Ηλεκτρονική διεύθυνση http://www.ucsusa.org/assets/documents/clean_energy/Ramping-Up-Renewables-Energy-You-Can-Count-On.pdf

SolarReserve <http://www.solarreserve.com/what-we-do/csp-projects/ice-army-airfield/>

"Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας πάγου πάγου" Online στο <http://www.ice-energy.com/ice-bear-energy-storage-system>

Βελτίωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: ενέργεια στην οποία μπορείτε να βασίζεστε. http://www.ucsusa.org/assets/documents/clean_energy/Ramping-Up-Renewables-Energy-You-Can-Count-On.pdf

DSIRE: Βάση δεδομένων κρατικών κινητήρων για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αποδοτικότητα. 2013. Ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.dsireusa.org/>

Δημοσίευμα <https://www.ucsusa.org/clean-energy/how-energy-storage-works>

Ιστορία 5

Εξάτμιση σωρού σκουπιδιών χωρίς απόβλητα ή εκπομπές CO2 για παραγωγή ενέργειας

Η εταιρεία Sierra Energy έχει ως στόχο να αντιμετωπίσει όλα τα μη ανακυκλώσιμα απορρίμματα που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής - από επικίνδυνα απόβλητα και πλαστικά μέχρι τα καθημερινά σκουπίδια και ελαστικά, παράγοντας καθαρή ενέργεια με την εξάτμιση σωρού σκουπιδιών χωρίς απόβλητα ή εκπομπές ρυπογόνων ουσιών. Χρησιμοποιεί την τεχνολογία αεριοποίησης FastOx, για να θερμάνει όλα τα απορρίμματα στους 4.000 βαθμούς Φαρενάιτ, που είναι περίπου δύο φορές μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία στην καρδιά ενός ηφαιστείου. Ενώ μπορεί να φαίνεται ότι αυτό απαιτεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας, το σύστημα μπορεί να παράγει τη θερμότητα απλά με την έγχυση καθαρού οξυγόνου στον κλίβανο. (Πρόσβαση 3/8/2019 <https://www.goodnewsnetwork.org/revolutionary-blast-furnace-vaporizes-trash-and-turns-it-into-clean-energy/>).

Ιστορία 6

Γεωθερμική ενέργεια: Μια γιγάντια, μόνιμη και αναξιοποίητη πηγή ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεωθερμική ενέργεια απαιτεί συσκευές που μπορούν με κάποιο τρόπο να χρησιμοποιήσουν τη θερμότητα μέσα στη γήινη φλούδα. Πρόσφατα, μια ομάδα επιστημόνων στο Tokyo Tech, έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο στην κατανόηση και ανάπτυξη ευαίσθητων θερμικών κυττάρων, ενός είδους μπαταρίας που μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια στους 100 ° C ή λιγότερο, χρησιμοποιώντας φωτοευαίσθητοποιημένα ηλιακά κύτταρα. Στις συσκευές αυτές, τα ηλεκτρόνια κινούνται από μια κατάσταση χαμηλής ενέργειας σε μια κατάσταση υψηλής ενέργειας στον ημιαγωγό, αποκτώντας θερμική διέγερση και στη συνέχεια μεταφέρονται φυσικά σε στρώμα μεταφοράς ηλεκτρονίων, όπου περνώντας από ένα εξωτερικό κύκλωμα, διέρχονται από το αντίθετο ηλεκτρόδιο και τελικά φτάνουν στον ηλεκτρολύτη. **Τίθεται το ερώτημα: Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως αένας κινητήρας ή το ρεύμα θα σταματούσε κάποια στιγμή;** Μετά από δοκιμές, η ομάδα παρατήρησε ότι ο ηλεκτρισμός, πράγματι, σταμάτησε να ρέει μετά από ορισμένο χρόνο και πρότεινε έναν μηχανισμό που εξηγεί αυτό το φαινόμενο. Το ρεύμα σταματά, επειδή οι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις στο στρώμα ηλεκτρολυτών σταματούν λόγω της μετεγκατάστασης των διαφόρων τύπων ιόντων χαλκού. Όμως, ανακάλυψαν ότι η μπαταρία μπορεί να επανέλθει στην ίδια κατάσταση παραγωγής ρεύματος (παρουσία θερμότητας) με το άνοιγμα του εξωτερικού κυκλώματος (δηλαδή με έναν απλό διακόπτη). **Συμπερασματικά, με ένα τέτοιο σχέδιο, η θερμότητα, που συνήθως θεωρείται ενέργεια χαμηλής ποιότητας, θα γίνει μια μεγάλη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.** Οι περαιτέρω βελτιώσεις σε αυτό το είδος μπαταρίας είναι στόχος μελλοντικής έρευνας, με την ελπίδα ότι μία ημέρα θα επιλυθεί η ενεργειακή ανάγκη της ανθρωπότητας.

S. Matsushita, T. Araki, B. Mei, S. Sugawara, Y. Inagawa, J. Nishiyama, T. Isobe, A. Nakajima. Ένα ευαίσθητοποιημένο θερμικό κύτταρο ανακτήθηκε χρησιμοποιώντας θερμότητα. *Journal of Materials Chemistry A*, 2019; DOI: 10.1039 / C9TA04060A

Τεχνολογικό Ινστιτούτο Τόκιο. "Θα μπορούσε η θερμότητα του γήινου φλοιού να γίνει η τελική πηγή ενέργειας;". Δημοσίευση 17 / 7 / 2019 στο περιοδικό ScienceDaily. www.sciencedaily.com/releases/2019/07/190717230347.htm (πρόσβαση 9/8/2019)

Ιστορία 7

Οι βράχοι στον βυθό της θάλασσας από τις ακτές του Ηνωμένου Βασιλείου θα μπορούσαν να παράσχουν μακροπρόθεσμες τοποθεσίες αποθήκευσης για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Οι διαδικασίες που αποθηκεύουν ενέργεια φτηνά και αξιόπιστα για μήνες, συμβάλει στη σταθερή και αξιόπιστη προμήθεια ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές - όπως τις ανεμογεννήτριες και παλιρροϊκές τουρμπίνες. Μία τέτοια μέθοδος είναι η **αποθήκευση ενέργειας πεπιεσμένου αέρα (CAES)**, που χρησιμοποιεί την ελαστική δυναμική ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των συμβατικών αεριοστρόβιλων. Τα συστήματα CAES συμπιέζουν τον αέρα χρησιμοποιώντας ηλεκτρισμό κατά τη διάρκεια των εκτός αιχμής χρόνων και, στη συνέχεια, αποθηκεύουν τον αέρα σε υπόγεια σπήλαια. Κατά τη διάρκεια της αιχμής της ζήτησης, ο αέρας αντλείται από την αποθήκευση και τροφοδοτείται με φυσικό αέριο σε έναν στρόβιλο καύσης για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί μόνο το ένα τρίτο του φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται στις συμβατικές μεθόδους. Δύο εμπορικά εργοστάσια CAES λειτουργούν σήμερα στο Huntorf της Γερμανίας και στο Macintosh της Αλαμπάμα, αν και έχουν προταθεί τέτοια εργοστάσια και σε άλλες περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών. Επιπρόσθετα, μηχανικοί και γεωεπιστήμονες από τα πανεπιστήμια του Εδιμβούργου και Strathclyde χρησιμοποίησαν μαθηματικά μοντέλα, για να αξιολογήσουν το δυναμικό της διαδικασίας παγίδευσης πεπιεσμένου αέρα σε πορώδη πετρώματα στην Βόρεια Θάλασσα. Στα αποτελέσματά τους, προκύπτει ότι **οι πορώδεις βράχοι κάτω από τα ύδατα μπορούν να αποθηκεύουν περίπου μιάμιση φορά τη συνηθισμένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου (Η.Β)** για τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο, που σημαίνει ότι μπορεί να καλύψει τις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας του Η.Β. κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν η ζήτηση είναι υψηλότερη. Η τοποθέτηση πηγών κοντά σε πηγές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας - όπως οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες - θα καταστήσει τη διαδικασία πιο αποτελεσματική, φθηνότερη και θα μειώσει την ποσότητα υποθαλάσσιων καλωδίων που απαιτείται.

Δημοσίευση στο περιοδικό Nature Energy. Επικεφαλής της έρευνας ήταν Δρ Julien Mouli-Castillo (Πανεπιστήμιο της Σχολής Γεωεπιστημών του Εδιμβούργου)

Ιστορία 8

Πρωτοποριακή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με ταυτόχρονη συλλογή θερμότητας από τον ήλιο και ψυχρότητας από τον εξωτερικό χώρο

Ο Chen και οι συνεργάτες του ανέπτυξαν μια συσκευή που συνδυάζει την ακτινοβολία ψύξης με τεχνολογία ηλιακής απορρόφησης. Η συσκευή αποτελείται από ηλιακό απορροφητή γερμανίου στην κορυφή ενός ψυγείου ακτινοβολίας με στρώματα νιτριδίου πυριτίου, πυριτίου και αλουμινίου που περικλείονται σε κενό για ελαχιστοποίηση της ανεπιθύμητης απώλειας θερμότητας. Τόσο ο ηλιακός απορροφητής όσο και η ατμόσφαιρα είναι διαφανή στην περιοχή των μέσων υπέρυθρων ακτίνων, προσφέροντας ένα κανάλι για υπέρυθρη ακτινοβολία από τον ακτινοβολέα, για να περάσει στον εξωτερικό χώρο. "Σε μια ταράτσα φανταζόμαστε ότι ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο μπορεί να τροφοδοτήσει ηλεκτρισμό, ενώ το ψυγείο μπορεί να δροσίσει το σπίτι σε ζεστές καλοκαιρινές ημέρες", λέει ο Chen.

Παρόλο που η τεχνολογία αυτή φαίνεται πολλά υποσχόμενη, ο Chen πιστεύει ότι υπάρχει ακόμη αρκετή δουλειά, για να μπορέσει να αναπτυχθεί για εμπορική χρήση. Ενώ το κενό που περιβάλλει τη συσκευή μπορεί να αναπτυχθεί με σχετική ευκολία, το διαφανές παράθυρο που παράγεται από το σεληνίδιο του ψευδαργύρου εξακολουθεί να είναι υπερβολικά δαπανηρό και ο ηλιακός απορροφητής και ο ακτινοβολητής θα μπορούσαν να σχεδιαστούν και από φθηνότερα υλικά υψηλής απόδοσης. Ο Chen πιστεύει, επίσης, ότι είναι σημαντικό να δοκιμάσουμε τη χρήση φωτοβολταϊκών κυττάρων στη θέση ενός ηλιακού απορροφητή, που αποτελεί μια ιδέα που δεν έχει ακόμη αποδειχθεί. Αλλά παρά τις πρακτικές αυτές προκλήσεις, η ομάδα πιστεύει ότι αυτή η έρευνα καταδεικνύει ότι η ανανεώσιμη ενέργεια έχει ακόμα περισσότερες δυνατότητες στην οροφή από ό, τι είχε σκεφτεί προηγουμένως. Η μέθοδος αυτή μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας των ηλιακών κυττάρων.

Zhen Chen, Linxiao Zhu, Wei Li, Shanhui Fan. Simultaneously and Synergistically Harvest Energy from the Sun and Outer Space. *Joule*, 2018; DOI: 10.1016/j.joule.2018.10.009

Ιστορία 9

Η πυρηνική ενέργεια εξελίσσεται ως υπερδύναμη της ναυσιπλοΐας

Οι ναυτικοί πυρηνικοί αντιδραστήρες διαφοροποιούνται από τους αντιδραστήρες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια στο ότι:

-Παράγουν αρκετή ενέργεια σε μικρό όγκο και χρησιμοποιούν υψηλό εμπλουτισμού ουράνιο >20%

-Έχουν μεγάλο χρόνο ζωής πυρήνων, για αυτό επανατροφοδοτούνται μετά από 10 ίσως και παραπάνω χρόνια. Οι νέοι πυρήνες είναι εγκατεστημένοι τα τελευταία 50 χρόνια στα πλοία μεταφοράς, και τα τελευταία 30-40 χρόνια στα περισσότερα υποβρύχια.

Ενδεικτικά παραδείγματα: Η αρχή έγινε το 1959 με το Σοβιετικό παγοθραυστικό «Λένιν», το οποίο ήταν και το πρώτο σκάφος που έφτασε στον Βόρειο Πόλο. Ο κυριότερος ανασταλτικός παράγοντας για το σύντομο χρονικό διάστημα λειτουργίας κάποιων πυρηνοκίνητων πλοίων (π.χ NS Savannah) ήταν **το μεγάλο κόστος λειτουργίας**, που καθιστούσε τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας οικονομικά ασύμφορη. Η Κίνα έχει αρκετά πυρηνοκίνητα υποβρύχια. Το Φεβρουάριο του 2013 η κινεζική εταιρεία "China Shipbuilding Industry Corporation" έλαβε κρατική έγκριση και χρηματοδότηση να ξεκινήσει έρευνα στις τεχνολογίες του πυρήνα και της ασφάλειας των πυρηνοκίνητων πλοίων, στα "πολικά" σκάφη δηλαδή τα παγοθραυστικά. Η Γαλλία έχει ένα πυρηνοκίνητο αεροπλανοφόρο και δέκα πυρηνοκίνητα υποβρύχια (4 SSBN, 6 Rubis class SSN). Το Ηνωμένο Βασίλειο έχει 12 υποβρύχια, που είναι όλα πυρηνοκίνητα. Η Κίνα έχει δέκα πυρηνοκίνητα υποβρύχια.

Jane's Fighting Ships, 1999-2000 edition; J Simpson 1995, Nuclear Power from Underseas to Outer Space, American Nuclear Society The Safety of Nuclear Powered Ships,

1992 Report of NZ Special Committee on Nuclear Propulsion Bellona 1996,

The Russian Northern Fleet and Civil Nuclear Powered Vessels (on web) Bellona: http://www.bellona.org/subjects/Russian_nuclear_naval_vessels

<http://spb.org.ru/bellona/ehome/russia/nfl/nfl2-1.htm><http://spb.org.ru/bellona/ehome/russia/nfl/nfla>

| Κάρτα 1 Ερώτηση | Κάρτα 2 Ερώτηση | Κάρτα 3 Ερώτηση |
|---|---|---|
| <p>Γιατί η πυρηνική ενέργεια θεωρείται «καθαρή μορφή ενέργειας», που μπορεί να δώσει λύση στο ενεργειακό ζήτημα ;</p> <p>Σύμφωνα με τον Οργανισμό Πυρηνικής Ενέργειας του ΟΟΣΑ, η πυρηνική ενέργεια είναι η πλέον αποδοτική λύση για την επίτευξη του στόχου για μείωση των εκπομπών διοξειδίου άνθρακα, καθώς παράγονται μόλις 50 gCO₂ ανά kWh. Κάθε 22 τόνοι ουρανίου που χρησιμοποιούνται εξοικονομούν περίπου ένα εκατομμύριο τόνους CO₂.</p> | <p>Θεωρείται ότι η πυρηνική ενέργεια είναι βιώσιμη λύση του ενεργειακού ζητήματος ;</p> <p>Η χρήση αντιδραστήρων σχάσης με ταχύτατα νετρόνια (που συνήθως ονομάζονται «γρήγοροι αντιδραστήρες») μετατρέπει το ουράνιο σε μια πραγματικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, λόγω της ικανότητάς του να συλλέγει περίπου εκατό φορές περισσότερη ενέργεια από την ίδια ποσότητα ουρανίου που εξορύσσεται από το εμπορικά διαθέσιμο των θερμικών αντιδραστήρων που λειτουργούν με θερμικά νετρόνια.</p> | <p>Γιατί τα πυρηνικά ατυχήματα θεωρούνται βασικός ανασταλτικός παράγοντας χρήσης της πυρηνικής ενέργειας ;</p> <p>-Οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων από το χειρότερο πυρηνικό ατύχημα στον κόσμο, το Τσερνομπίλ της Ουκρανίας το 1986 καταγράφονται δραματικές. -Η απελευθέρωση της ακτινοβολίας από την κατάρρευση των πυρηνικών αντιδραστήρων του Fukushima 1 Daiichi, δημιούργησε μια νεκρή ζώνη γύρω από τους αντιδραστήρες που μπορεί να μην είναι ασφαλής για να κατοικηθεί για τις επόμενες δεκαετίες.</p> |
| Κάρτα 4 Ερώτηση | Κάρτα 5 Ερώτηση | Κάρτα 6 Ερώτηση |
| <p>Η πυρηνική ενέργεια επιδρά αρνητικά στο περιβάλλον ;</p> <p>Υπάρχουν πολύ σημαντικά μειονεκτήματα της τεχνολογίας επιτόπιας έκπλυσης ουρανίου, που προέρχονται από τον κίνδυνο εξάπλωσης του υγρού έκπλυσης έξω από την εναπόθεση ουρανίου. Αυτό συνεπάγεται μεταγενέστερη μόλυνση των υπόγειων υδάτων και την αδυναμία αποκατάστασης των φυσικών συνθηκών των υπόγειων υδάτων μετά την ολοκλήρωση των εργασιών έκπλυσης.</p> | <p>Υπάρχουν κίνδυνοι βιωσιμότητας της πυρηνικής ενέργειας ;</p> <p>Η αύξηση της εξόρυξης και παραγωγής ουρανίου δημιουργεί αβεβαιότητα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Οι ανάγκες σε ουράνιο θα αυξηθούν τουλάχιστον κατά το ήμισυ τις δύο προσεχείς δεκαετίες, ίσως και να διπλασιαστούν, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, παράλληλα με την αύξηση του αριθμού των πυρηνικών εργοστασίων.</p> | <p>Ποια συγκριτικά στοιχεία υπάρχουν για το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την λειτουργία των πυρηνικών σταθμών και των ΑΠΕ; Ποιο συμπέρασμα εξάγετε;</p> <p>Οι αιολικές και ηλιακές εγκαταστάσεις λαμβάνουν κατά μέσο όρο μόνο 2 έως 5 έτη, από τη φάση σχεδιασμού έως τη λειτουργία. Τα έργα ηλιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στην οροφή έχουν ένα χρονοδιάγραμμα μόνο 6 μηνών. Ένας πυρηνικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής 14-15 χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει άμεση λύση του ενεργειακού ζητήματος από την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας και τα αέρια του θερμοκηπίου θα εξακολουθούν να απειλούν την υγεία των ανθρώπων.</p> |

| Κάρτα 7 Ερώτηση | Κάρτα 8 Ερώτηση | Κάρτα 9 Ερώτηση |
|---|--|--|
| <p>Ποια επιστημονικά στοιχεία υπάρχουν σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από πυρηνικούς σταθμούς και ΑΠΕ σε παγκόσμιο επίπεδο ;</p> <p>Η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει αυξηθεί σημαντικά (από 8,5 % το 2004 σε 17,0 % το 2016). Περίπου το 11% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από περίπου 450 πυρηνικούς αντιδραστήρες. Περίπου 60 ακόμη αντιδραστήρες είναι υπό κατασκευή, που αντιστοιχούν στο 15% περίπου της υφιστάμενης χωρητικότητας. Το 2017 οι πυρηνικές εγκαταστάσεις παρείχαν 2487 TWh ηλεκτρικής ενέργειας, από 2477 TWh το 2016.</p> | <p>Ποια συγκριτικά επιστημονικά στοιχεία υπάρχουν σχετικά με το κόστος ενέργειας από ΑΠΕ και πυρηνικούς σταθμούς ;</p> <p>-Το κόστος καυσίμων είναι χαμηλό για πυρηνικές και μηδενικό για πολλές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. -Τα έξοδα κεφαλαίου (συμπεριλαμβανομένου του κόστους διάθεσης αποβλήτων και παροπλισμού πυρηνικής ενέργειας) είναι μέτρια για τις αιολικές ανεμογεννήτριες και ηλιακές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (φωτοβολταϊκά), υψηλότερη για τα εργοστάσια άνθρακα και ακόμη υψηλότερα για τα πυρηνικά. -Προβλέπεται πτώση μέχρι το 2020 του κόστους κιλοβατώρας ηλεκτρικής ενέργειας από έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως οι υπεράκτιες αιολικές εγκαταστάσεις, σε σημείο ίσο ή χαμηλότερο από τον ηλεκτρισμό από συμβατικές πηγές.</p> | <p>Ποια συγκριτικά επιστημονικά στοιχεία υπάρχουν σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας των διαφόρων πηγών ανανεώσιμης ενέργειας ;</p> <p>Η αιολική ενέργεια είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο μέσο εναλλακτικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις αρχές του αιώνα. Η παγκόσμια δυναμικότητα παραγωγής αιολικής ενέργειας τετραπλασιάστηκε μεταξύ 1999 και 2005. Σε αντίθεση με την παραγωγή αιολικής και ηλιακής ενέργειας, το επιπλέον πλεονέκτημα για τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια είναι ότι έχουν σημαντική μηχανική αδράνεια, βοηθώντας στη σταθερότητα του δικτύου. Συγκεκριμένα, Τα σύγχρονα υδροηλεκτρικά εργοστάσια διαθέτουν το σημαντικό πλεονέκτημα να χειρίζονται εποχιακά (αλλά και καθημερινά) υψηλά φορτία αιχμής, καθώς οι υδροηλεκτρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας μπορούν να περιορίσουν τη ροή του νερού μέσω των τουρμπινών, για να διαφοροποιήσουν την απόδοση. Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να αναδειχθεί σε μια γιγάντια, μόνιμη και αναξιοποίητη πηγή ενέργειας.</p> |

| Κάρτα 10 Ερώτηση | Κάρτα 11 Ερώτηση | Κάρτα 12 Ερώτηση |
|--|---|---|
| <p>Ποια επιστημονικά στοιχεία υπάρχουν σχετικά με την αποθήκευση ενέργειας από ΑΠΕ, αλλά και την αποθήκευση των πυρηνικών αποβλήτων ; Ποια πλεονεκτήματα προκύπτουν ;</p> <p>-Μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας πεπιεσμένου αέρα (CAES), άρα εξαγωγή ενέργειας σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες.</p> <p>-Η αμερικανική μονάδα δοκιμών απομόνωσης αποβλήτων (WIPP) κοντά στο Carlsbad του Νέου Μεξικού μπορεί να αποθηκεύσει εμπορικά πυρηνικά απόβλητα σε κρυστάλλινο αλάτι 2 χιλιομέτρων. Ο σχηματισμός άλατος εκτείνεται από το νότιο Νέο Μεξικό σε όλη τη βορειοανατολική κατεύθυνση προς το νοτιοδυτικό Κάνσας και αποτελεί ενδεικτικό παράδειγμα ότι θα μπορούσε εύκολα να φιλοξενήσει τα πυρηνικά απόβλητα ολόκληρου του κόσμου για τα επόμενα χίλια χρόνια. Η Φινλανδία προχωράει ακόμη περισσότερο στην εκσκαφή ενός μόνιμου αποθετηρίου σε υπόβαθρο γρανίτη 400 μέτρων κάτω από το Olkiluoto.</p> <p>Τα παραπάνω αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα για την μείωση των κινδύνων στο περιβάλλον και την υγεία από την αποθήκευση των πυρηνικών αποβλήτων σε βαρέλια.</p> | <p>Η «μεταβλητότητα» της ενέργειας των ΑΠΕ, που εξαρτάται από περιβαλλοντικές συνθήκες, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα. Συμφωνείτε ή διαφωνείτε; Αιτιολογήστε.</p> <p>Διαφωνώ, διότι οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας που χρηματοδοτούνται μέσω επιδοτήσεων, αναπτύσσονται και επεκτείνονται, ώστε να βοηθούν στην αυξανόμενη ανάπτυξη «μεταβλητών» ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η αποθήκευση μιας συνεχώς αυξανόμενης ποσότητας καθαρών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μέλλον αποτελεί πρόκληση για την διάσωση του πλανήτη από την κλιματική αλλαγή.</p> <p>Ενδεικτικά παραδείγματα :</p> <p>α) ηλιακές εγκαταστάσεις επικεντρώνουν τη θερμότητα του ήλιου για να αποθηκεύουν ενέργεια σε νερό, λιωμένα άλατα ή άλλα υγρά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και μετά τη δύση του ήλιου,</p> <p>β) δυνατότητα δημιουργίας υδρογόνου από την αιολική ενέργεια και την αποθήκευσή του σε πύργους ανεμογεννητριών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όταν ο άνεμος δεν φυσάει,</p> <p>γ) η υδροηλεκτρική αποθήκευση με αντλία προσφέρει έναν τρόπο αποθήκευσης ενέργειας στο στάδιο μετάδοσης του δικτύου, αποθηκεύοντας υπερβολική παραγωγή για μεταγενέστερη χρήση.</p> | <p>Μπορούν οι μονάδες παραγωγής πυρηνικής ενέργειας να λειτουργήσουν ως προωθητές πολεμικών όπλων ;</p> <p>Στην "Εκτεταμένη Περίληψη της έκθεσής τους για την ενέργεια για το 2014", εκφράζεται η ανησυχία ότι η διάδοση των πυρηνικών όπλων αποτελεί εμπόδιο και κίνδυνο για την αυξανόμενη ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας. Επιπρόσθετα, η πυρηνική ενέργεια εξελίσσεται ως υπερδύναμη της ναυσιπλοΐας με την κατασκευή γιγάντιων υπερσύγχρονων πολεμικών πλοίων, μέσω ναυτικών πυρηνικών αντιδραστήρων.</p> |

Προετοιμάστε τα επιχειρήματα για τη συζήτηση. Μια ομάδα μαθητών ετοιμάζει επιχειρήματα που υποστηρίζουν την μία άποψη, ή άλλη έχει αντιφατικά επιχειρήματα. Χρησιμοποιήστε το προτεινόμενο σχήμα.

ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑ 1^ο .

| Επιχείρημα | Προβλεπόμενες αντιρρήσεις της άλλης ομάδας | Απαντήσεις στις αντιρρήσεις |
|---|---|---|
| <p>Η πυρηνική ενέργεια <u>είναι βιώσιμη λύση του ενεργειακού ζητήματος</u>, αλλά και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας λόγω της τεχνολογίας σχάσης νετρονίων. Συγκεκριμένα, υπάρχει η δυνατότητα, στους γρήγορους αντιδραστήρες να παράγεται περισσότερο σχάσιμο υλικό από όσο καταναλώνεται και να τροφοδοτείται η γη με <u>πυρηνική ενέργεια επ'αόριστον</u>.</p> | <p>-Η αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με την αυξημένη ζήτηση ουρανίου δεν καθιστά τη πυρηνική ενέργεια εφικτή λύση του ενεργειακού ζητήματος και είναι μη βιώσιμη πηγή ενέργειας, αφού η εναπόθεση ουρανίου στη γη είναι πεπερασμένη, σε αντίθεση με την ηλιακή και την αιολική ενέργεια. Μάλιστα, αυτό γίνεται πιο σαφές καθώς οι ανάγκες σε ουράνιο θα αυξηθούν κατά το ήμισυ τις δύο προσεχείς δεκαετίες, όπως καταγράφεται στην κοινή έκθεση για την αγορά ουρανίου, η οποία συντάχθηκε από την Υπηρεσία για την Πυρηνική Ενέργεια (ΑΕΝ) του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) και τη Διεθνή Υπηρεσία Ατομικής Ενέργειας (ΙΑΕΑ).</p> <p>-Θα πρέπει να συνυπολογίσουμε ότι η ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην ΕΕ έχει αυξηθεί σημαντικά. Συγκεκριμένα, το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έχει σχεδόν διπλασιαστεί: από περίπου 8,5 % το 2004 σε 17,0 % το 2016. Η θετική αυτή εξέλιξη ήταν αποτέλεσμα των νομικώς δεσμευτικών στόχων για αύξηση του μεριδίου της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, οι οποίοι τέθηκαν σε εφαρμογή με την οδηγία 2009/28/ΕΚ. Με άλλα λόγια, η ΕΕ μέσω νομικών</p> | <p>Στο «<u>Σενάριο Αειφόρου Ανάπτυξης</u>» του ΟΑΣΑ, το οποίο είναι συνεπές με την παροχή καθαρής και αξιόπιστης ενέργειας και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μεταξύ άλλων στόχων, αναφέρει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα πυρηνικά αυξάνεται σχεδόν κατά 90% (από 2040 σε 4960 TWh και η χωρητικότητα αυξάνεται στα 678 Gwe)</p> <p>Επίσης, το πρόγραμμα Harmony προτείνει την προσθήκη 1000 GWe νέας πυρηνικής χωρητικότητας έως το 2050, ώστε να παραχθεί το 25% περίπου της ηλεκτρικής ενέργειας.</p> <p>Δεκατρείς χώρες το 2017 παρήγαγαν τουλάχιστον το ένα τέταρτο της ηλεκτρικής τους ενέργειας από πυρηνικά.</p> <p>Περίπου 30 χώρες εξετάζουν, προγραμματίζουν ή ξεκινούν προγράμματα πυρηνικής ενέργειας για την αυξημένη κάλυψη των αναγκών ενέργειας (το Μπαγκλαντές, η Λευκορωσία, η Τουρκία και τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα κατασκευάζουν τα πρώτα τους πυρηνικά εργοστάσια)</p> |

δεσμεύσεων προωθεί τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Τέλος, η πυρηνική ενέργεια προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για το κλίμα και το κόστος, λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες υψηλής δυναμικότητας και την εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής των πυρηνικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (60 έτη και περισσότερο για μονάδες νέας γενιάς) και το χαμηλό αποτύπωμα άνθρακά τους. Για παράδειγμα, η μέση εκπομπή αερίων θερμοκηπίου κύκλου ζωής για έναν πυρηνικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής είναι σχεδόν το 1 τέταρτο της συνολικής εκπομπής ενός ηλιακού σταθμού. Για την ίδια εγκατεστημένη ισχύ, η πραγματική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ένα πυρηνικό εργοστάσιο είναι περισσότερο από τριπλάσια από εκείνη της ηλιακής εγκατάστασης. Ακόμη και όσον αφορά την απαίτηση γης, ένας πυρηνικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής, με την υψηλή ενεργειακή του πυκνότητα, καταλαμβάνει 20 φορές λιγότερη έκταση από αυτήν που απαιτείται για μια ηλιακή εγκατάσταση της ίδιας εγκατεστημένης ισχύος.

ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑ 2^ο.

| Επιχείρημα | Προβλεπόμενες αντιρρήσεις της άλλης ομάδας | Απαντήσεις στις αντιρρήσεις |
|--|---|--|
| <p><u>Η πυρηνική ενέργεια είναι καθαρή και αξιόπιστη πηγή ενέργειας</u>, καθώς από τη μία η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον πυρηνικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής εκπέμπει τις λιγότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, τα οποία είναι υπεύθυνα για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Από την άλλη, οι μονάδες πυρηνικής ενέργειας μπορούν να παράγουν ενέργεια, συνεχώς, για αρκετούς μήνες χωρίς διακοπή (χαρακτηριστικό ρεκόρ λειτουργίας το Heyshame II του World Nuclear News (WNN), στο Ηνωμένο Βασίλειο, όπου λειτούργησε, χωρίς να χρειαστεί να ανεφοδιαστεί με ρεκόρ για 940 ημέρες, το 2016)</p> | <p>Το μεγάλο χρονικό διάστημα για τη λειτουργία των πυρηνικών σταθμών, αλλά και η μεγάλη χρονική περίοδος μεταξύ προγραμματισμού και λειτουργίας των πυρηνικών αντιδραστήρων συνεπάγεται ότι η πυρηνική ενέργεια δεν μπορεί να προσφέρει άμεση λύση για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.</p> <p>-Οι δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η πυρηνική ενέργεια, για παράδειγμα από την μέθοδο της έκπλυσης για την εξόρυξη του ουρανίου, έχει ως αποτέλεσμα να μην θεωρείται «καθαρή λύση» του ενεργειακού ζητήματος, αλλά αντίθετα, να αποτελεί εχθρό του περιβάλλοντος.</p> | <p>Η πυρηνική ενέργεια έχει μακράν τον υψηλότερο συντελεστή χωρητικότητας σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας. Αυτό, βασικά, σημαίνει ότι οι πυρηνικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής παράγουν μέγιστη ισχύ πάνω από το 92% του χρόνου κατά τη διάρκεια του έτους. Οι μονάδες πυρηνικής ενέργειας χρησιμοποιούνται, συνήθως, συχνότερα, επειδή χρειάζονται λιγότερη συντήρηση και έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν για μεγαλύτερες περιόδους πριν από τον ανεφοδιασμό (συνήθως κάθε 1,5 ή 2 χρόνια).</p> <p>-Οι μέθοδοι διαχείρισης ραδιενεργών αποβλήτων (για παράδειγμα, το έργο Yucca Mountain, σύμφωνα με περιβαλλοντικές μελέτες είναι ένα σημαντικό αποθετήριο), θα μπορούσαν να προστατεύσουν με ασφάλεια τις μελλοντικές γενιές.</p> <p>-Η λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου τίθεται σε κίνδυνο, λόγω των απρόσμενων περιβαλλοντικών αλλαγών, που επηρεάζουν τα μέγιστα την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ (έλλειψη ηλιοφάνειας-φωτοβολταϊκά πάνελ, λειψυδρία-υδροϋλεκτρικά εργοστάσια, άπνοια-ανεμογεννήτριες κ.λπ.). Αντίθετα, τα πυρηνικά εργοστάσια είναι αξιόπιστα και δεν</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>επηρεάζονται από αστάθμητους περιβαλλοντικούς παράγοντες.</p> <p>-Η υδροηλεκτρική ενέργεια, χρησιμοποιώντας τη δυναμική ενέργεια των ποταμών, κατατάσσεται σε υψίστης σημασίας μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, αλλά προκαλεί πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα. Για παράδειγμα, αναφέρουμε την απώλεια χερσαίων οικοτόπων μέσω πλημμυρών.</p> |
|--|--|---|

ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑ 3^ο

| Επιχείρημα | Προβλεπόμενες αντιρρήσεις της άλλης ομάδας | Απαντήσεις στις αντιρρήσεις |
|--|---|--|
| <p>Η πυρηνική ενέργεια είναι μια από τις ασφαλέστερες μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το περιβάλλον και την υγεία. Όπως και σε όλες τις άλλες βιομηχανίες, οι πυρηνικές εγκαταστάσεις έχουν σχεδιαστεί έτσι, ώστε να ελαχιστοποιούν τη δυνατότητα ατυχημάτων και να αποφεύγουν τυχόν συνέπειες, εάν συμβούν.</p> | <p>Η πυρηνική ενέργεια δεν είναι ασφαλής μορφή ενέργειας, καθώς υπήρξαν τρία μεγάλα ατυχήματα - το νησί Three Mile, το Τσερνομπίλ και η Φουκουσίμα με ανυπολόγιστες ζημιές για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.</p> | <p>-Ο κίνδυνος ατυχημάτων είναι χαμηλός και μειώνεται, λόγω των συνεχών δοκιμών ασφαλείας και βελτιώσεων.</p> <p>-Υπάρχουν νέα συστήματα διαχείρισης των πυρηνικών αποβλήτων, για παράδειγμα αμερικανική μονάδα δοκιμών απομόνωσης αποβλήτων (WIPP) κοντά στο Carlsbad του Νέου Μεξικού.</p> <p>- Τα τελευταία 100 χρόνια έχουν συμβεί πολλές καταστροφικές πλημμύρες από υδροηλεκτρικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, για παράδειγμα το Sobradinho της Βραζιλίας. Ο περιβαλλοντικός και οικονομικός αντίκτυπος της οικοδόμησης ενός υδροηλεκτρικού σταθμού σε έναν τοπικό ποταμό μπορεί να είναι καταστροφικός.</p> <p>-Η πυρηνική ενέργεια είναι πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, ώστε να προστατεύει την υγεία των ανθρώπων από ρυπογόνες ουσίες.</p> |