

Ηλεκτρική Διασύνδεση IMEC: Στρατηγικός Διάδρομος για την Απανθρακοποίηση της ΕΕ Ενεργειακή Ανάλυση Οικονομικού Διαδρόμου Ινδίας-Μέσης Ανατολής-Ευρώπης

Οκτώβριος 2025

Περίληψη

Ο Οικονομικός Διάδρομος Ινδίας-Μέσης Ανατολής-Ευρώπης (IMEC) αντιπροσωπεύει παράδειγμα διεθνούς ενεργειακής συνδεσιμότητας, τοποθετώντας το Ισραήλ, την Κύπρο και την Ελλάδα ως κρίσιμους ενεργειακούς κόμβους για εισαγωγή ανανεώσιμης ενέργειας στην ευρωπαϊκή εσωτερική αγορά ηλεκτρισμού. Αυτή η σύντομη ανασκόπηση παρουσιάζει τα αποτελέσματα προσομοίωσης της ηλεκτρικής διασύνδεσης IMEC, αναδεικνύοντας τις δυνατότητες του διαδρόμου για τη μεταφορά μεγάλης κλίμακας ανανεώσιμης ενέργειας από την Ινδία και τη Μέση Ανατολή προς την εσωτερική αγορά ηλεκτρισμού της ΕΕ. Η προσομοίωση μοντελοποιεί ένα σύστημα μεταφοράς HVDC 5GW που εκτείνεται σε απόσταση 3,730 χιλιομέτρων, συνδέοντας μονάδες ανανεώσιμης παραγωγής ηλεκτρισμού στην Ινδία, τα ΗΑΕ, τη Σαουδική Αραβία και συνδέοντας μέσω του Ισραήλ, την Κύπρο και την Ελλάδα την Ευρώπη. Ο ενεργειακός διάδρομος θα έχει σημαντική συνεισφορά για την επιτάχυνση των στόχων απανθρακοποίησης της ΕΕ όπως:

- **Διάδρομος 100% ανανεώσιμης ενέργειας** με εγκατεστημένα συστήματα ισχύος 5GW ηλιακής ενέργειας και 5GW αιολικής ενέργειας στην Ινδία, τα ΗΑΕ και τη Σαουδική Αραβία
- **Ετήσιες ενεργειακές ροές:** παραγωγή 19.9TWh, προς αγορά ΕΕ 13.4TWh, προς το Ισραήλ 2.7TWh και 3.8TWh απώλειες μεταφοράς
- **Ανταγωνιστική τιμολόγηση** με μέσο κόστος εξαγόμενου ηλεκτρισμού από τον IMEC προς την ΕΕ στα 44US\$/MWh
- Απρόσκοπτη ενσωμάτωση της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρισμού της ΕΕ μέσω διασυνδέσεων Ελλάδας, Κύπρου και Ισραήλ
- Ενισχυμένη ενεργειακή ασφάλεια και ευελιξία δικτύου

Επισκόπηση Μοντέλου Προσομοίωσης

Το μαθηματικό μοντέλο χρησιμοποιεί μεγάλης κλίμακας βελτιστοποίηση, συνδυάζοντας την παραγωγή, την μεταφορά, και εκκαθάριση της αγοράς ηλεκτρισμού για ολόκληρο έτος ανά ώρα. Τα βασικά στοιχεία περιλαμβάνουν:

- Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας ισχύος 10GW από ηλιακές και αιολικές εγκαταστάσεις κατανεμημένες στην Ινδία, τα ΗΑΕ και τη Σαουδική Αραβία
- Διάδρομος HVDC 5GW που εκτείνεται από την Ινδία, τα ΗΑΕ και τη Σαουδική Αραβία προς το Ισραήλ, την Κύπρο και την Ελλάδα
- Προσομοίωση ωριαίας ανάλυσης σε 8,760 ώρες λαμβάνοντας υπόψη την εποχιακή και την ημερήσια μεταβλητότητα ανανεώσιμων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής
- Μεταβλητές βελτιστοποίησης για ηλιακές και αιολικές εκροές, ροές ισχύος HVDC και εισαγωγές στο Ισραήλ και την εσωτερική αγορά ηλεκτρισμού της ΕΕ
- Περιορισμοί για διασφάλιση του ισοζυγίου ισχύος σε κάθε κόμβο, της μέγιστης δυναμικότητας των ανανεώσιμων πηγών, της ονομαστικής ισχύος των γραμμών HVDC και των ορίων εισαγωγών

Κύρια Αποτελέσματα

Διαμόρφωση Διαδρόμου IMEC

Η Ινδία, τα ΗΑΕ και η Σαουδική Αραβία φιλοξενούν σημαντικό ανανεώσιμο δυναμικό για την τροφοδότηση του διαδρόμου:

- Ο διάδρομος διασχίζει το Ισραήλ, την Κύπρο και εισέρχεται στο ευρωπαϊκό δίκτυο στην Ελλάδα, επιτρέποντας αμφίδρομες ενεργειακές ροές
- Η ετήσιες ροές ανανεώσιμης ενέργειας πολλαπλών GWh επιτυγχάνονται με τη βέλτιστη κατανομή φορτίου με ελάχιστες απώλειες κατά τη μεταφορά
- Το Ισραήλ, η Κύπρος και η Ελλάδα λειτουργούν ως σημαντικοί ενδιάμεσοι ενεργειακοί κόμβοι διευκολύνοντας την πρόσβαση στην εσωτερική αγορά ηλεκτρισμού της ΕΕ
- Οι συνδυασμένες περιφερειακές διασυνδέσεις παρέχουν ανθεκτικότητα ενισχύοντας τη σταθερότητα του δικτύου
- Ο διάδρομος υποστηρίζει διαφοροποιημένες διαδρομές ενεργειακού εφοδιασμού βοηθώντας στην άμβλυνση περιφερειακών κινδύνων και γεωπολιτικών εξαρτήσεων

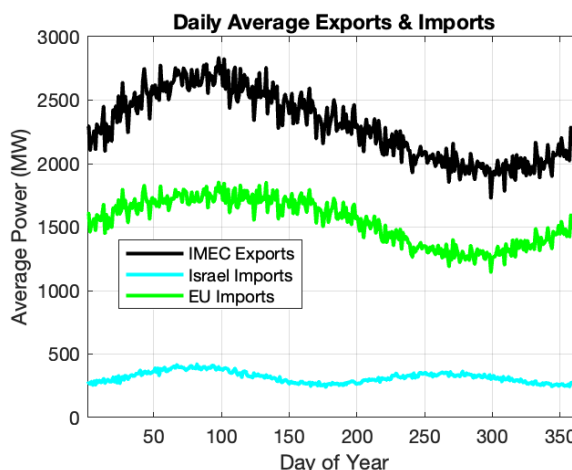
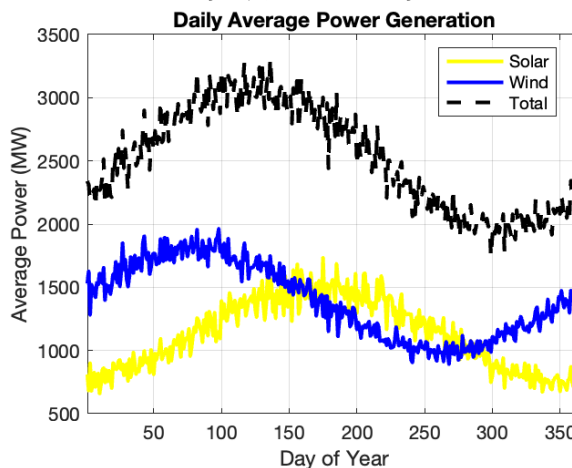
Απανθρακοποίηση ΕΕ και Ενεργειακή Ασφάλεια

Ο διάδρομος IMEC επιτρέπει την ενσωμάτωση μεγάλης κλίμακας ανανεώσιμου δυναμικού υποστηρίζοντας τους κλιματικούς

και ενεργειακούς στόχους της ΕΕ:

- Διευκολύνει την ανταγωνιστική τιμολόγηση ανανεώσιμης ενέργειας μειώνοντας την εξάρτηση από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων
- Ενισχύει την ανθεκτικότητα του δικτύου μέσω γεωγραφικής ποικιλομορφίας της παραγωγής ενέργειας
- Συνεισφέρει ουσιαστικά στους ενεργειακούς στόχους της ΕΕ
- Επιτρέπει την παραγωγή πράσινου υδρογόνου στη ΕΕ από τις εισαγωγές ανανεώσιμης ενέργειας

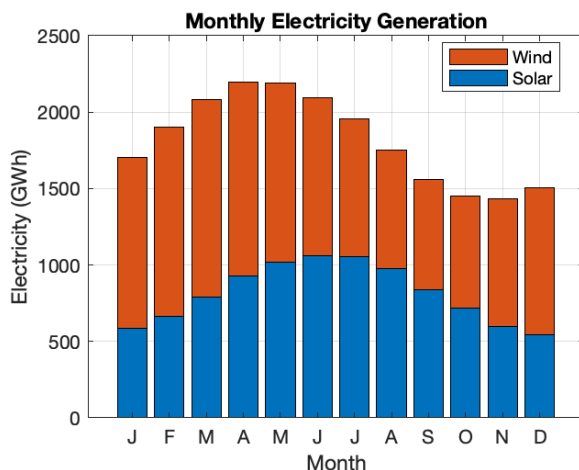
Λεπτομερή Αποτελέσματα



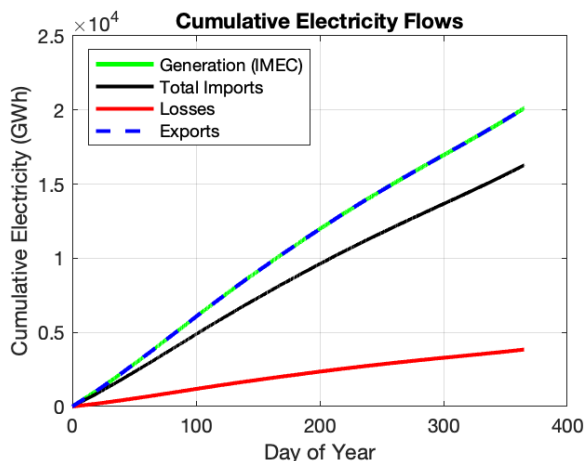
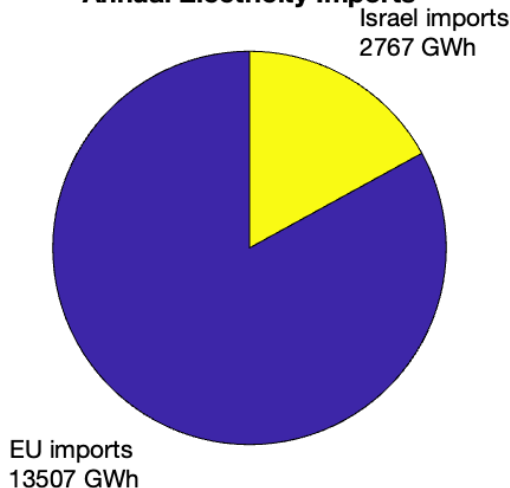
Στρατηγικές Επιπτώσεις

Η διεύρυνση των ανανεώσιμων πηγών αναδιαμορφώνει την περιφερειακή ενεργειακή δυναμική, με:

- Ανταγωνιστικές τιμές ανανεώσιμης ενέργειας από την Ινδία, τα ΗΑΕ και τη Σαουδική Αραβία
- Επένδυση σε συστήματα μεταφοράς ηλεκτρισμού για μακροπρόθεσμο ενεργειακό εμπόριο και συνεργασία μεταξύ Ινδίας, Μέσης Ανατολής και Ευρώπης
- Περιφερειακή συνεργασία που ενισχύει τους οικονομικούς δεσμούς και την ανάπτυξη καθαρής τεχνολογίας



Annual Electricity Imports



Οικονομικές Προοπτικές

Η προσομοίωση της ηλεκτρικής διασύνδεσης IMEC δείχνει σημαντικά οικονομικά οφέλη και ευκαιρίες. Η οικονομική ανάλυση

αποκαλύπτει τη δυνατότητα του διαδρόμου να αναδιαμορφώσει τις ενεργειακές αγορές σε Ινδία, Μέση Ανατολή και Ευρώπη μέσω ανταγωνιστικού εμπορίου ανανεώσιμου ηλεκτρισμού:

- Υποδομή HVDC: Δημιουργία άνω των 13,000 θέσεων εργασίας κατά την κατασκευή και 3,600 μόνιμες θέσεις σε Ινδία, Μέση Ανατολή, Ισραήλ, Κύπρο και Ελλάδα και πέραν του US\$B1.2 σε ετήσια τέλη διέλευσης και έσοδα εξαγωγών
- Ανταγωνιστική τιμολόγηση: Παράδοση ανανεώσιμου ηλεκτρισμού στα 44US\$/MWh με συνεχόμενη 8 760 ώρες ετήσιως κατανομή και διαχείριση φορτίου
- Στρατηγικοί κόμβοι ανανεώσιμης ενέργειας: Εξασφαλίζοντας σταθερό, ανταγωνιστικό ηλεκτρισμό, ενισχύοντας την ενεργειακή ασφάλεια και US\$B31 οικονομικής ανάπτυξης μέσω μεταφοράς τεχνολογίας και βιομηχανικής ανάπτυξης
- Επένδυση ενεργειακής υποδομής: Κεφαλαιουχικές δαπάνες US\$B15–25 για 3,730 χιλιόμετρα υποδομής μεταφοράς HVDC, συμπεριλαμβανομένων υποθαλάσσιων καλωδίων, σταθμών μετατροπής και υποστηρικτικών συστημάτων σε επτά χώρες

Κεφαλαιακές Δαπάνες Υποδομής

Στοιχείο	Ποσότητα	CapEx (US\$B)
Υποθαλάσσιο Καλώδιο HVDC	~2,000km	4.0
Χερσαία Μεταφοράς HVDC	~1,730km	2.5
Σταθμοί Μετατροπής VSC-HVDC	5 τεμαχικά	4.0–6.5
Υποστηρικτική Υποδομή & Αδειοδότηση	–	5.0–10.0
Σύνολο		15–25

Συστάσεις Πολιτικής

Βάσει της μοντελοποίησης μας, συστήνουμε:

1. **Υποδομή HVDC και ανανεώσιμη εγκατεστημένη ισχύς:** Ενθάρρυνση επενδύσεων κατά μήκος του διαδρόμου IMEC
2. **Ενεργειακοί κόμβοι προς την αγορά ηλεκτρισμού της ΕΕ:** Επιτάχυνση ανάπτυξης ηλεκτρικών διασυνδέσεων μεταξύ Ισραήλ, Κύπρου και Ελλάδας
3. **Διασυνοριακό εμπόριο ηλεκτρισμού:** Υποστήριξη ανάπτυξης ρυθμιστικών πλαισίων για περιφερειακή συνεργασία
4. **Ενίσχυση διεθνούς συνεργασίας:** Αντιμετώπιση γεωπολιτικών και τεχνικών προκλήσεων για την επιτυχή λειτουργία του διαδρόμου και των ανανεώσιμων συστημάτων

Συμπέρασμα

Ο διάδρομος IMEC αποτελεί μια καθοριστική ευκαιρία για την απανθρακοποίηση της ΕΕ, με το Ισραήλ, την Κύπρο και την Ελλάδα ως στρατηγικούς ενεργειακούς κόμβους εισόδου στην εσωτερική αγορά ηλεκτρισμού της ΕΕ. Η μοντελοποίηση αποδεικνύει:

- **Τεχνική ικανότητα και οικονομική βιωσιμότητα του διαδρόμου ανανεώσιμης ενέργειας 19+ TWh** που συνδέει το ανανεώσιμο δυναμικό της Ινδίας, των ΗΑΕ και της Σαουδικής Αραβίας με τα ευρωπαϊκά κέντρα ζήτησης
- **Αποδοτική μεταφορά καθαρού ηλεκτρισμού** σε απόσταση 3.730km με προηγμένες διασυνδέσεις HVDC
- **100% παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, μηδενικές εκπομπές και ανταγωνιστική τιμολόγηση στα US\$44/MWh**, προσφέροντας στην Ευρώπη ενεργειακή ανεξαρτησία και επιταχύνει τους στόχους απανθρακοποίησης
- **Συντονισμένες επενδύσεις** σε υποδομές μεταφοράς προσφέρουν στην ενεργειακή ασφάλεια και βιωσιμότητα της αγοράς ηλεκτρισμού της ΕΕ
- **Η στρατηγική τοποθέτηση του Ισραήλ, της Κύπρου και της Ελλάδας ως ενεργειακοί κόμβοι** δημιουργούν άνευ προηγουμένου ευκαιρίες για περιφερειακή ενεργειακή συνεργασία ενώ υποστηρίζουν τους ευρωπαϊκούς κλιματικούς στόχους