



Ευστάθεια του ΣΗΕ Κρήτης με Αυξημένη Διείσδυση ΑΠΕ και Διασύνδεση

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΡΗΤΗΣ – ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Δρ Εμμανουήλ Στ. Καραπιδάκης
Αν. Καθηγητής - Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών - ΤΕΙ Κρήτης



Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

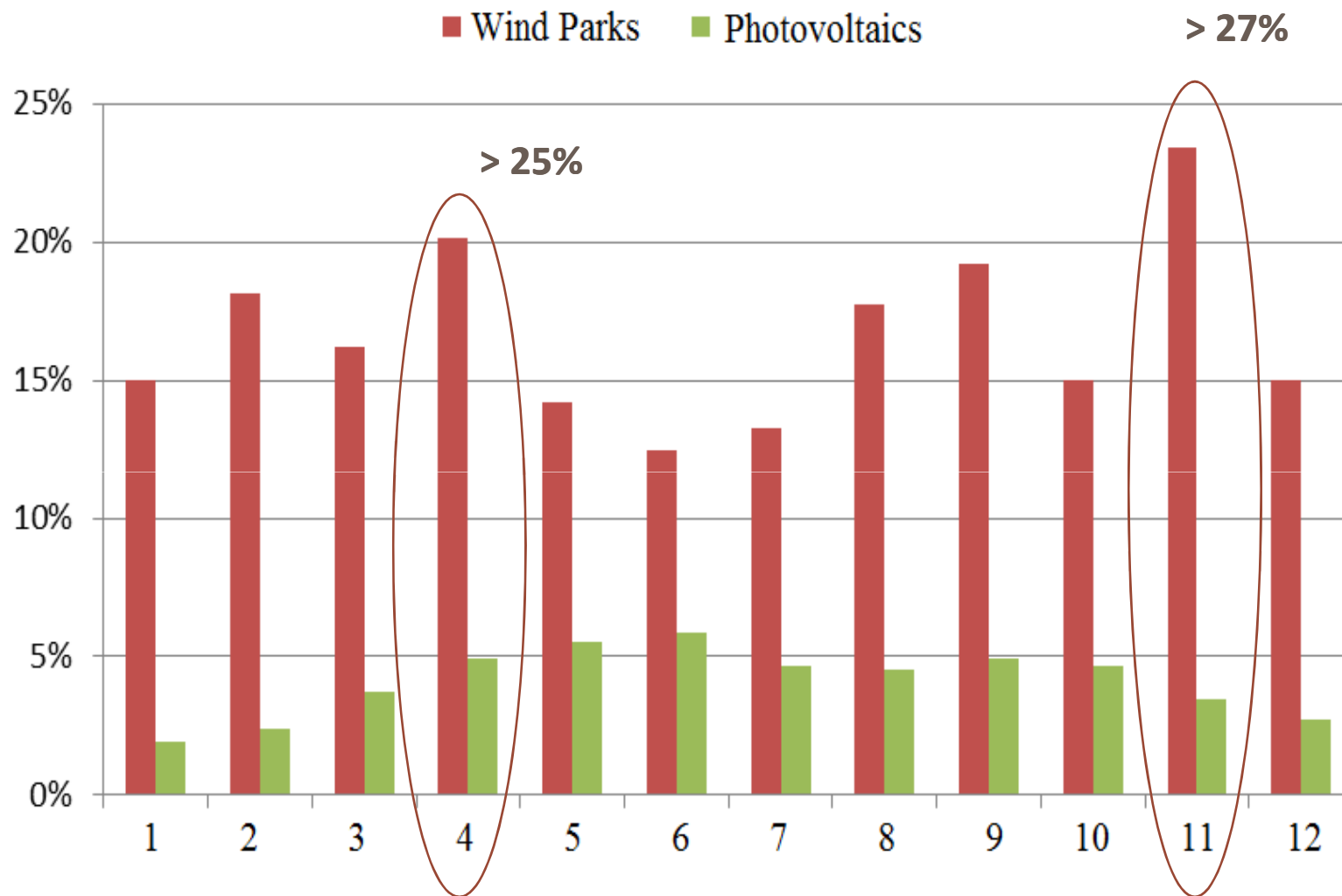
Κάλυψη
Ενεργειακού
Ισοζυγίου

Κάλυψη
Ισοζυγίου
Ισχύος

Ευστάθεια,
Δυναμική
Ασφάλεια &
Αξιοπιστία



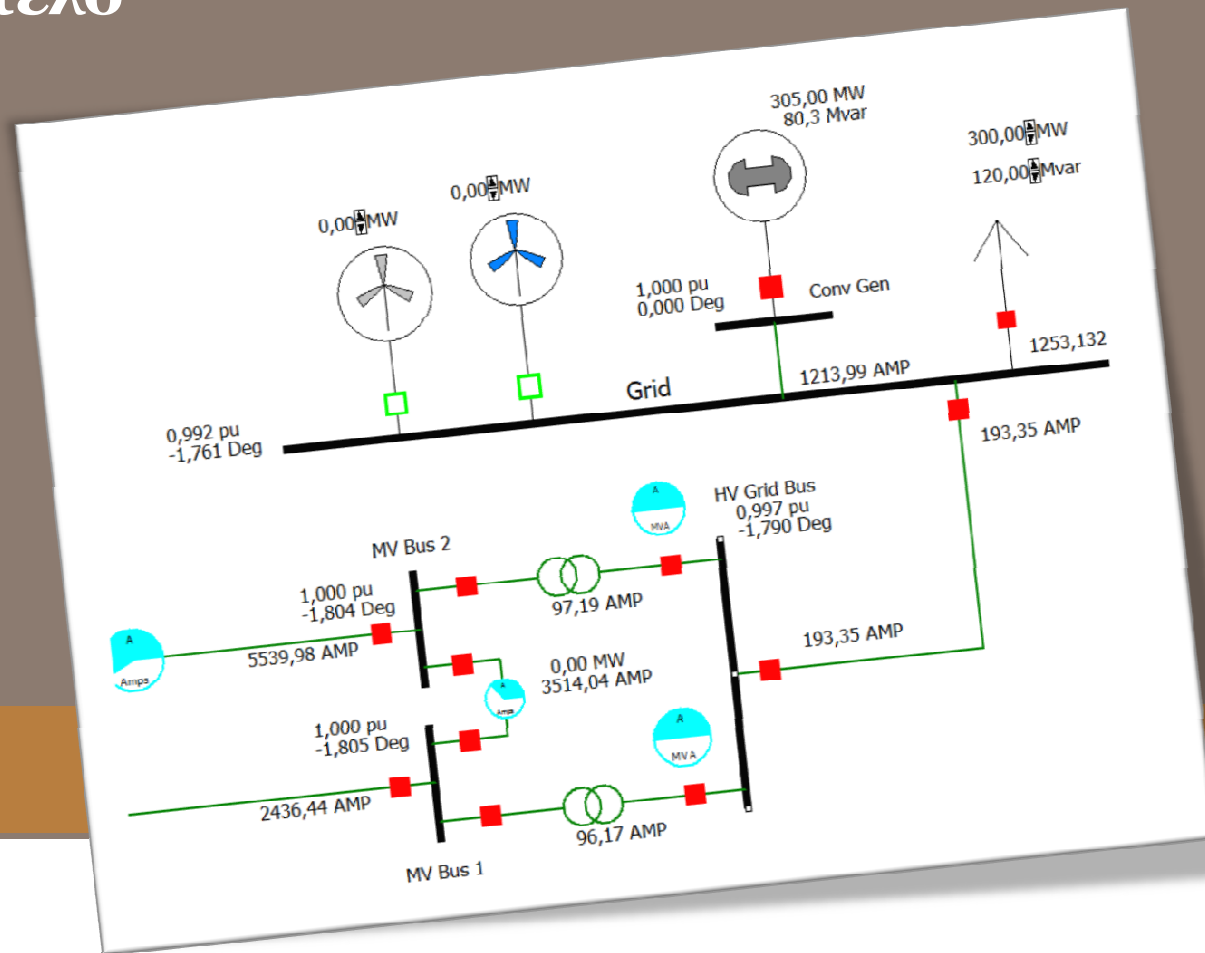
Τρέχουσα Κατάσταση - Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας



- Μηνιαία ενεργειακή συμμετοχή (%) από Α/Π και Φ/Β για ένα έτος



Αναλυτικό Μοντέλο



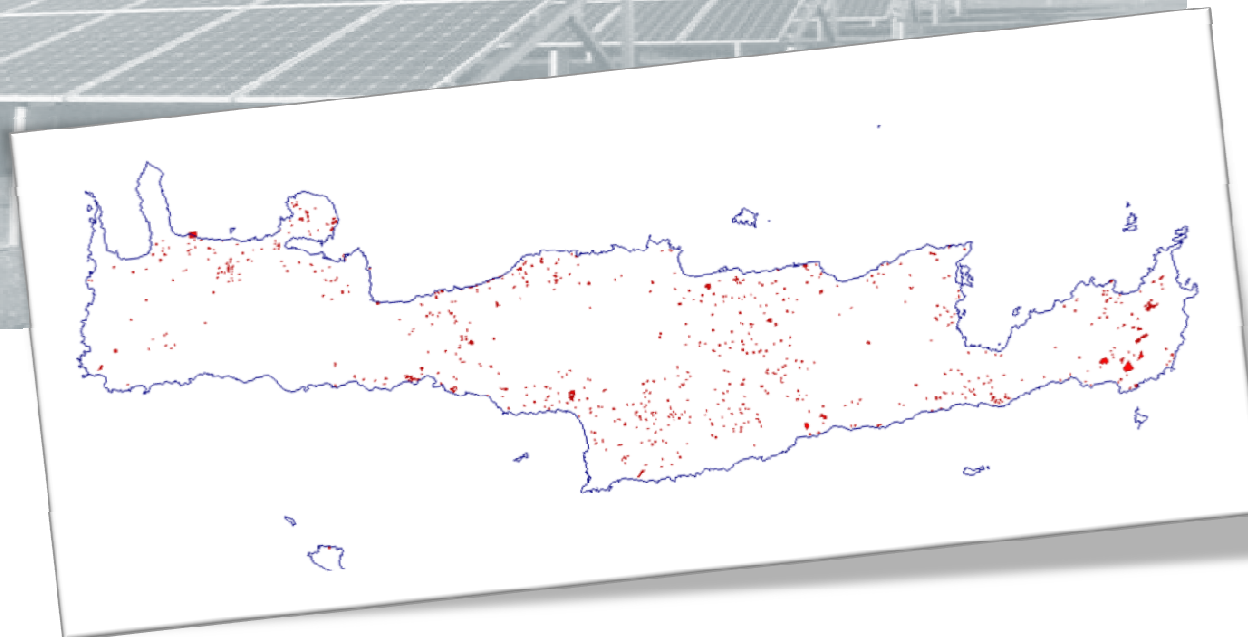
Προσομοίωση Μόνιμης & Μεταβατικής Λειτουργίας ΣΗΕ Κρήτης

Προσομοίωση υφιστάμενων Α/Π και μελλοντικής επέκτασης τους



Προσομοίωση υφιστάμενων Φ/Β

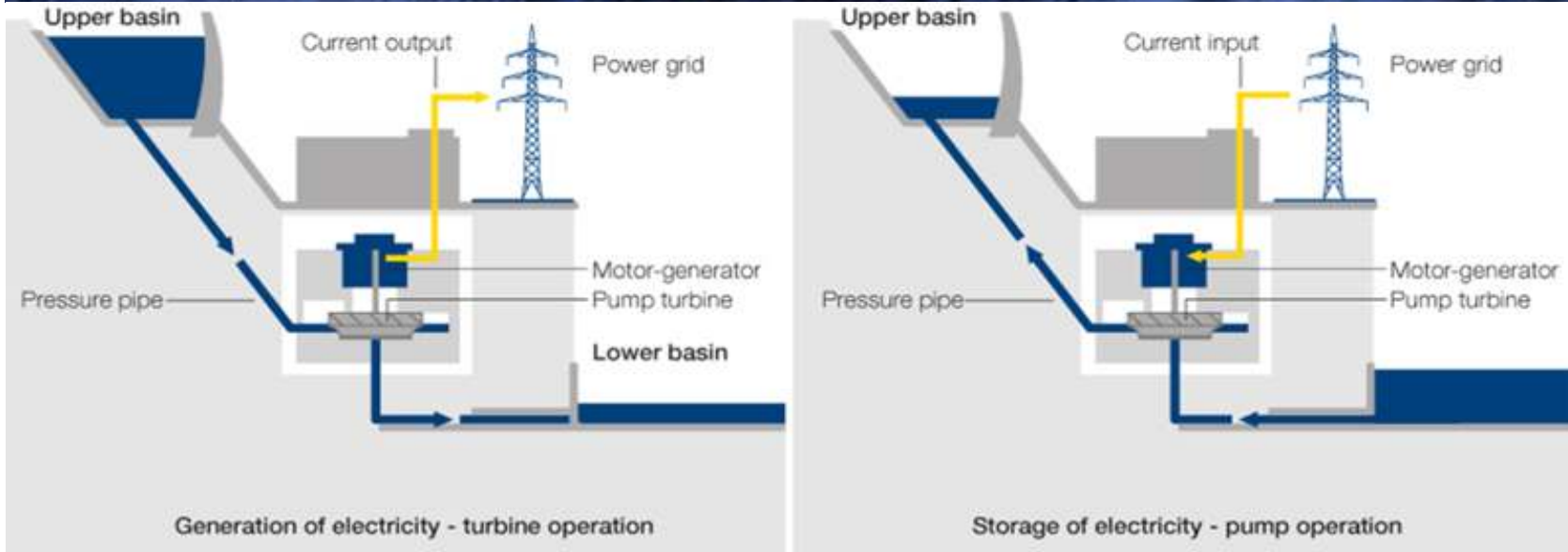
- Προσομοίωση των 1200 μονάδων μικρών Φ/Β ισχύος 80kW συγκεντρωτικά ανά υποσταθμό μέσης/υψηλής τάσης με συνολική ισχύ ίση με 105MW



Εξετάσθηκε αναλογική αύξηση της εγκαταστημένης ισχύος των Φ/Β, καθώς αποτελούν μέρος του δικτύου διανομής, με αδυναμία ελέγχου (set-point) της παραγωγής, οπότε και θεωρούνται ως αρνητικά φορτία



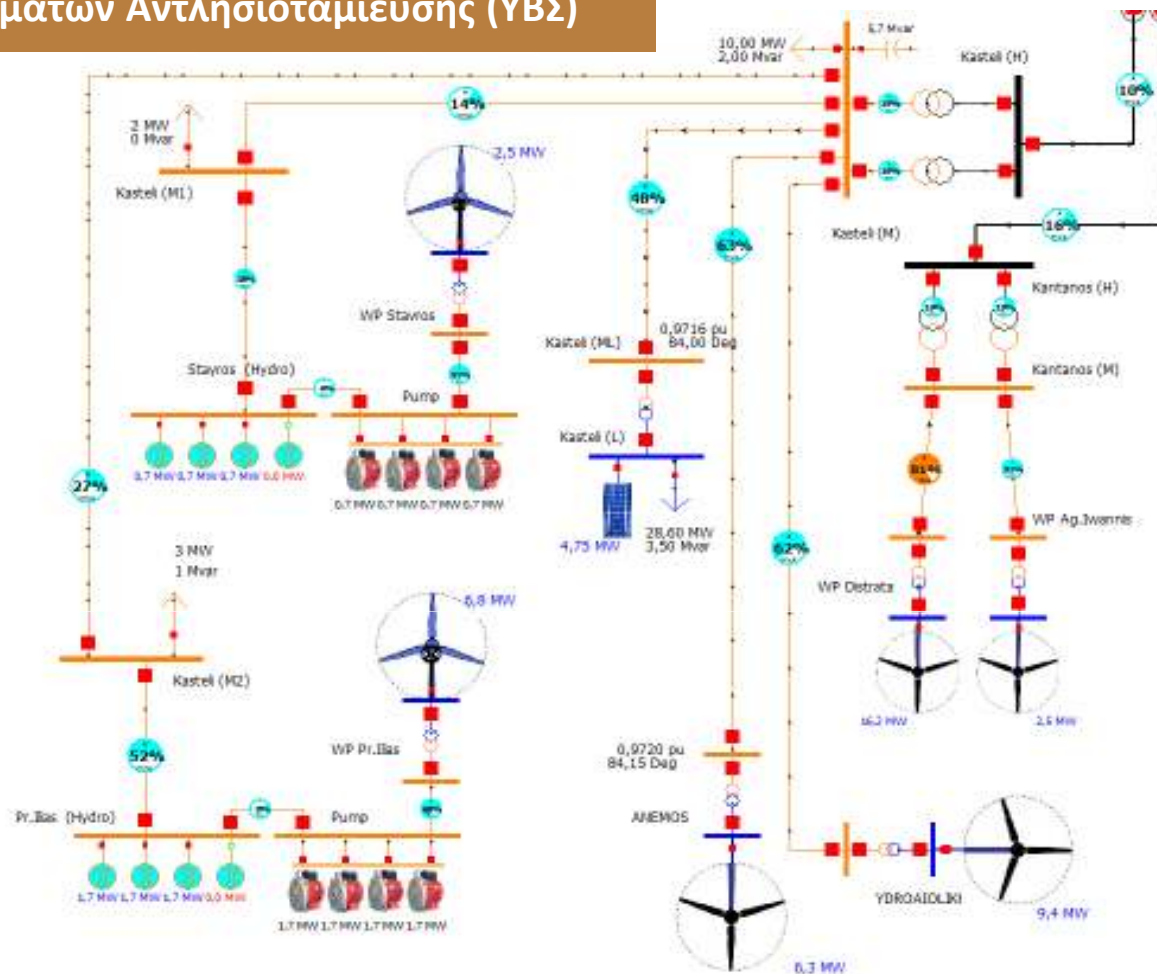
Ανάπτυξη Συστημάτων Αποθήκευσης Ενέργειας



Πηγή: <http://www.thehea.org/>



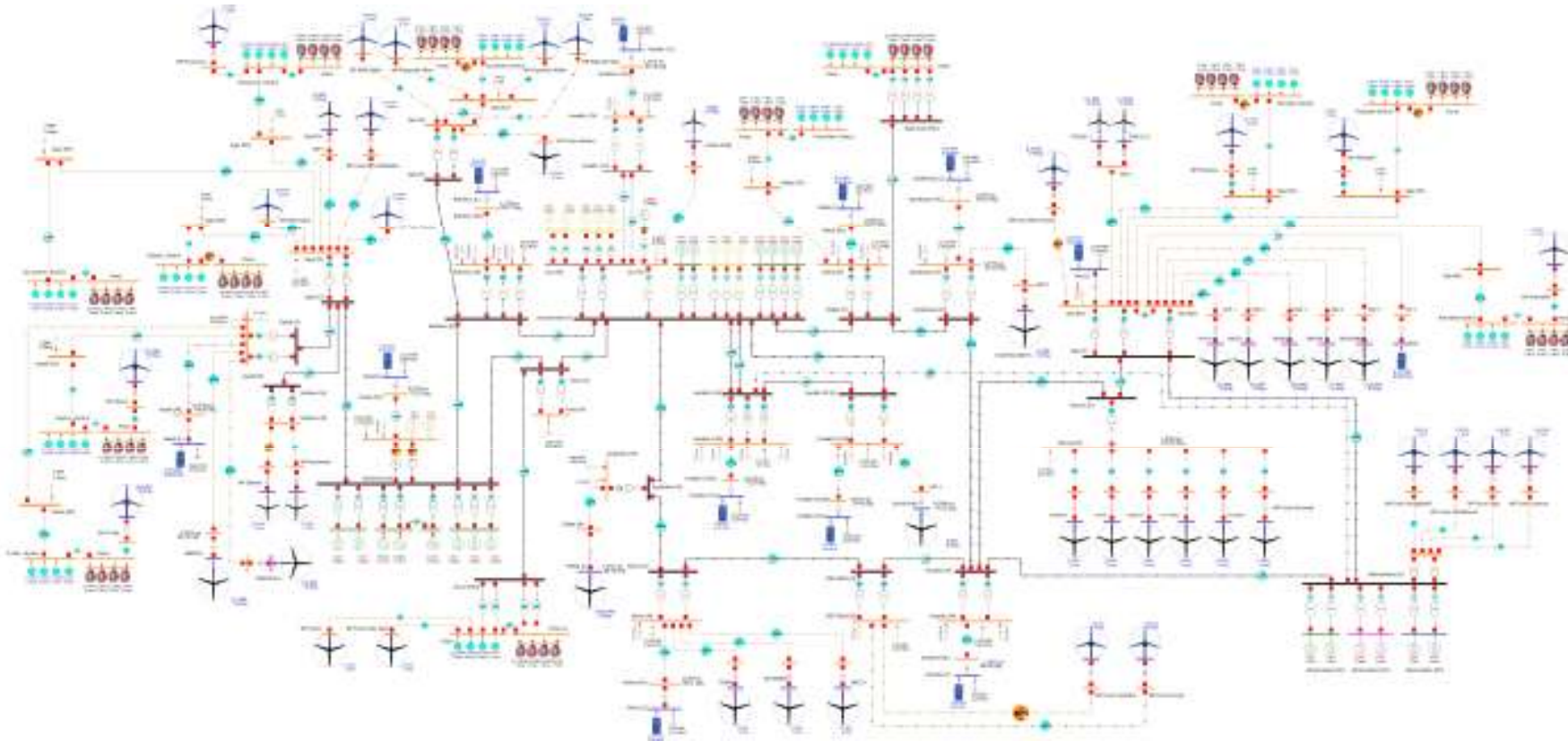
Προσομοίωση Συστημάτων Αντλιοσταμείωσης (ΥΒΣ)



- Προσομοίωση λειτουργίας ΥΒΣ ισχύος 291MW (άδεια παραγωγής) και των αντίστοιχων υπό αδειοδότηση
- Λειτουργία σύμφωνα με των **Κώδικα Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων (ΜΔΝ)**.
- Παροχή εγγυημένης υδροηλεκτρικής ισχύος σε ώρες αιχμής και ταυτόχρονης παροχής πρωτεύουσας εφεδρείας από τις εν λειτουργία αντλίες.



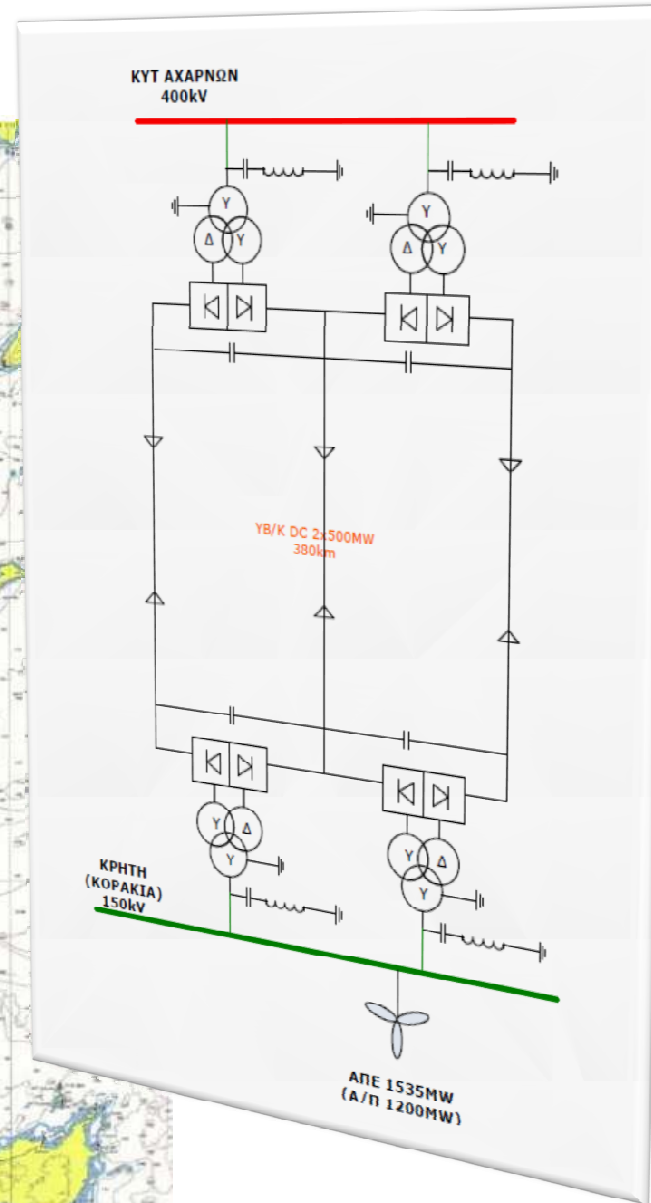
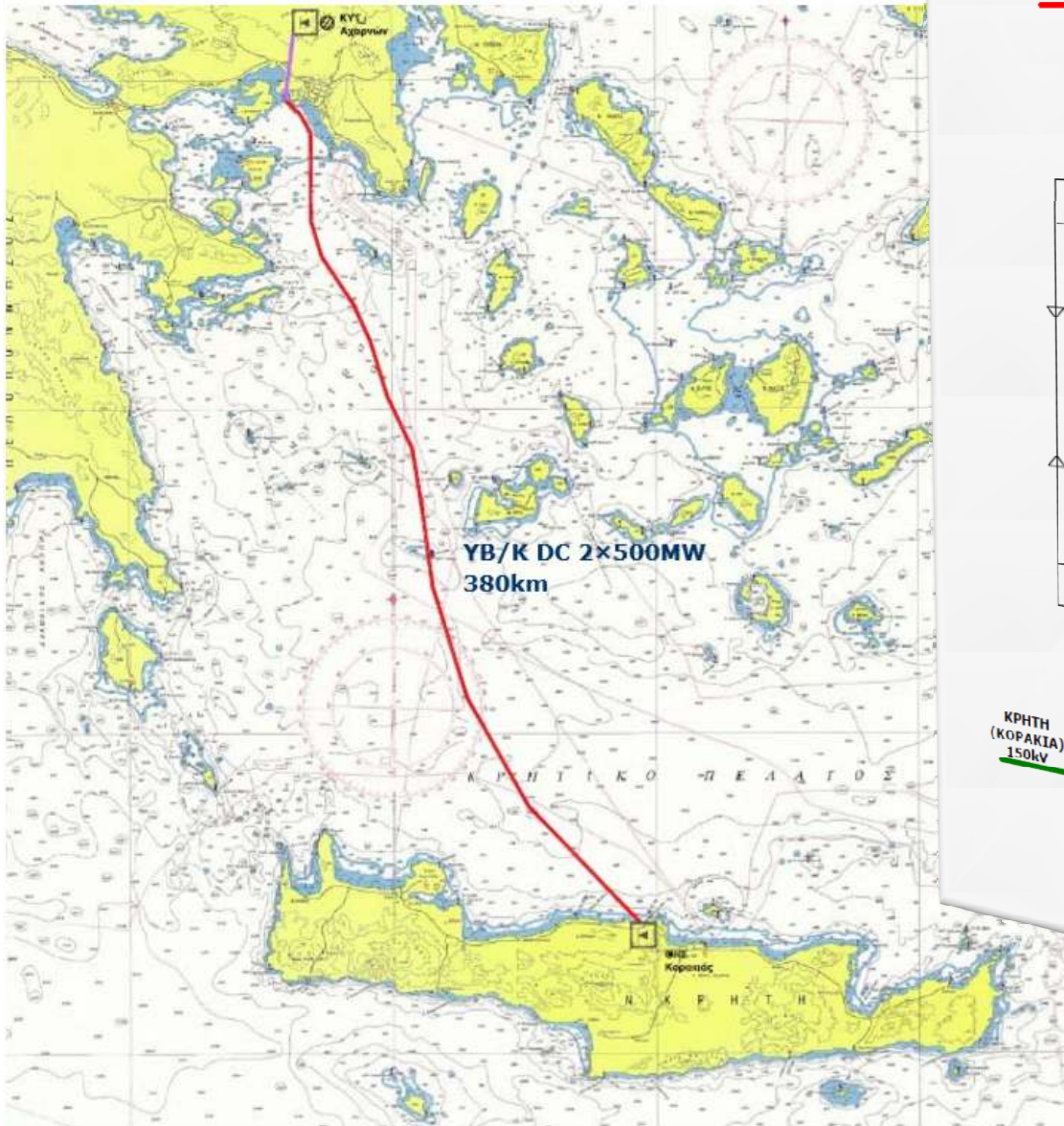
Αναλυτικό Μοντέλο ΣΗΕ Κρήτης



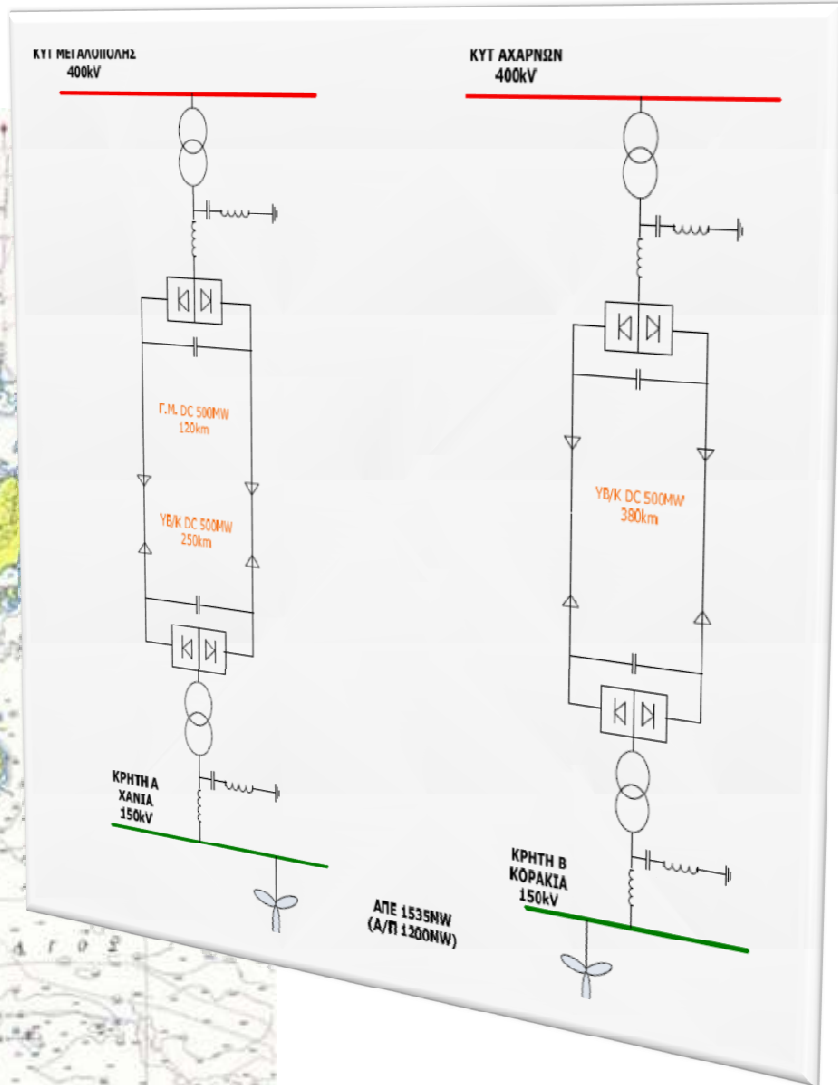
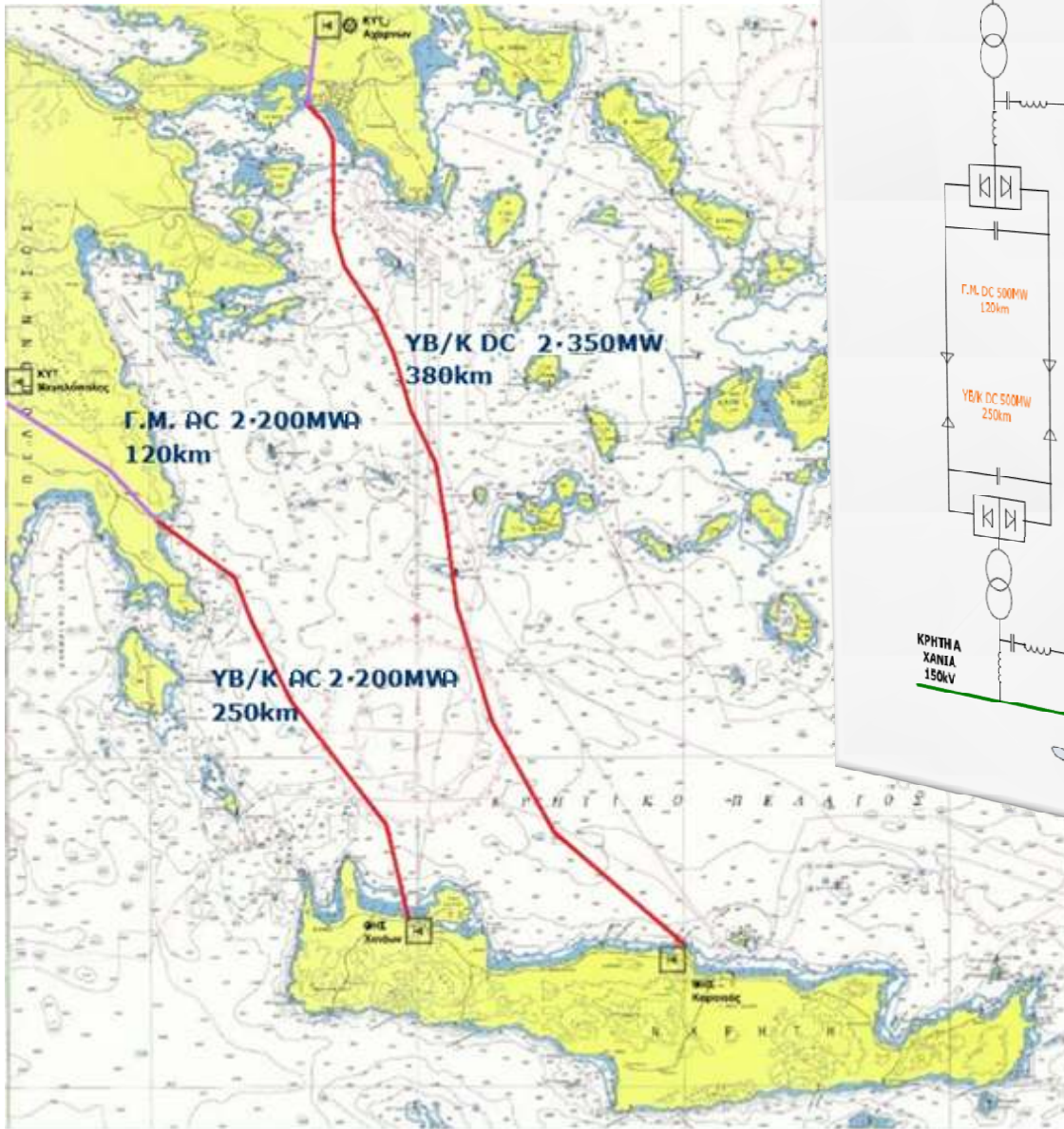
Ανάπτυξη και δημιουργία ενός αναλυτικού μοντέλου προσομοίωσης, με βάση το σύνολο των αδειοδοτημένων έργων (άδεια παραγωγής) ως αυτόνομο ΣΗΕ Κρήτης, όπου εν συνεχεία εφαρμόζονται οι υπό διερεύνηση διασυνδέσεις (AC 2x200MVA & DC 2x350 & DC 2x500).



Σενάριο Διασύνδεσης Α



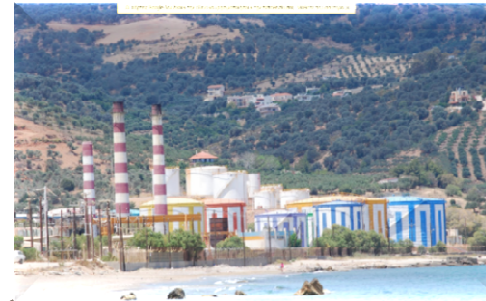
Σενάριο Διασύνδεσης Β



Πρόβλεψη Θέσης Μονάδων ΘΗΣ – ΣΗΕ Κρήτης σε θερμή ή ψυχρή εφεδρεία

Ένταξη
Τοπικών
Μονάδων
στο ΚΗΕΠ

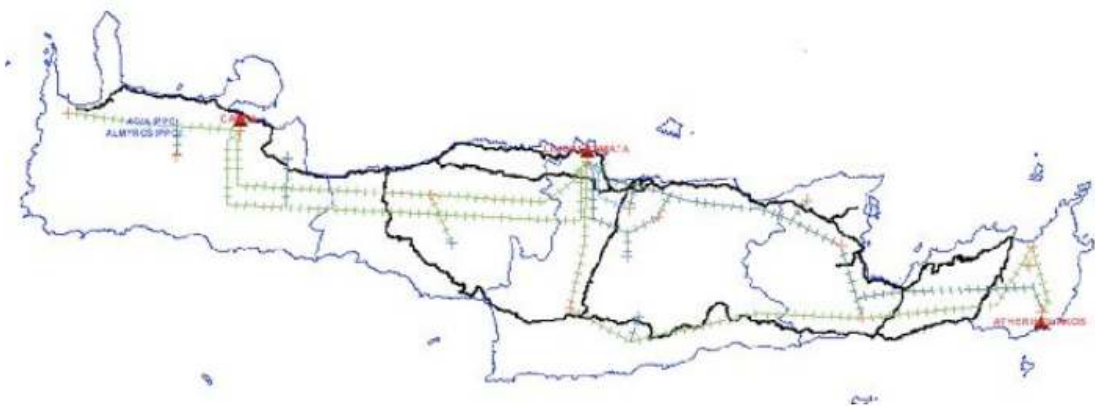
- (α) κριτήριο οικονομικότητας
- (β) κριτήριο θερμής εφεδρείας (P/f)
- (γ) κριτήριο χωροθέτησης (V/Q)
- (δ) σενάρια από 0 – 820MW



Από Αυτόνομο σε Διασυνδεδεμένο ΣΗΕ

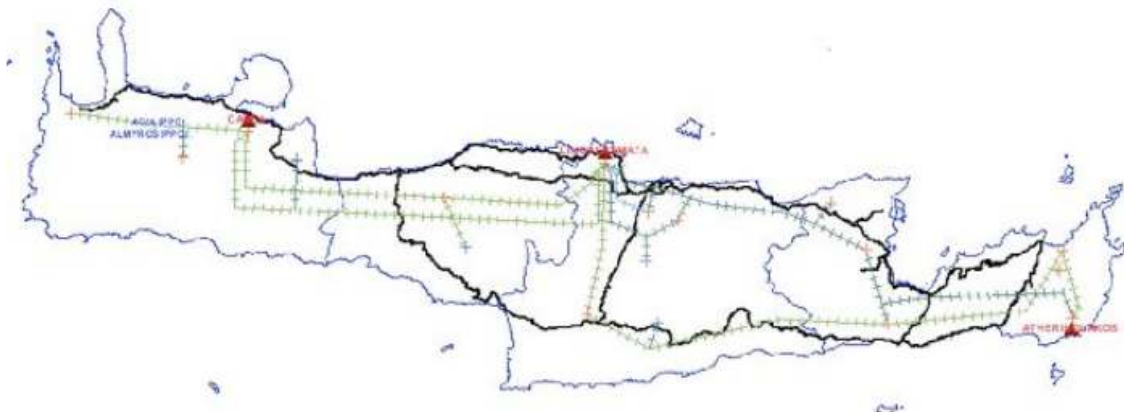
- Δυναμικότητα διασύνδεσης:
 - ✓ Μικρή διασύνδεση (AC: 1x200MVA & 2x200MVA)
 - ✓ Μεγάλη διασύνδεση (DC: 2x350MW & 2x500MW)
 - ✓ Μικρή & μεγάλη διασύνδεση (*Κλείσιμο Βρόγχου*)

- Σημεία διασύνδεσης:
 - ✓ Πελοπόννησος, Αττική, Κορακιά, Καστέλι Κισσάμου
 - ✓ Συνοδά έργα:
 - Πρόσθετες εναέριες γραμμές (π.χ. 120km επί της Πελοποννήσου)
 - Μετατροπείς (Back to back VSC DC Link)
 - Εγκαταστάσεις αντιστάθμισης

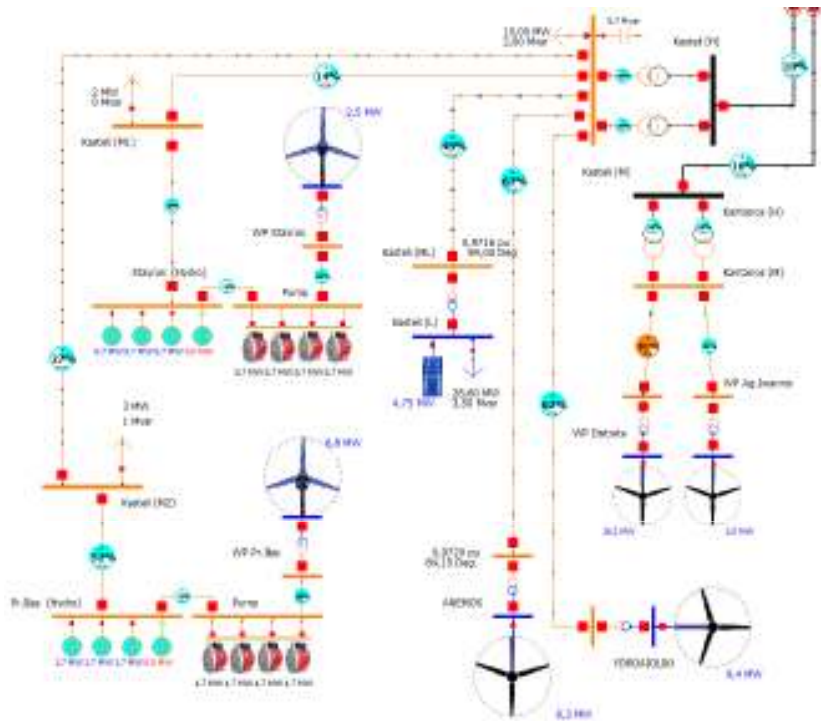


Από Αυτόνομο σε Διασυνδεδεμένο ΣΗΕ

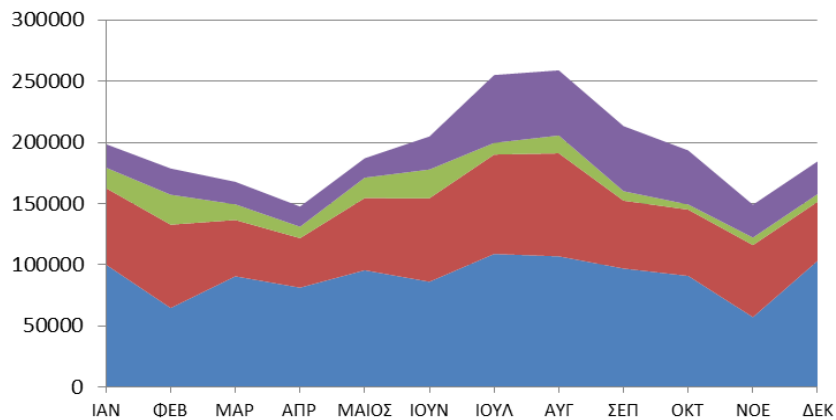
- Αλλαγή τρόπου λειτουργίας
 - ✓ Τοπικός ή/και Κεντρικός έλεγχος (Κατσαμπάς - Άγιος Στέφανος)
 - ✓ Αλλαγή ή Διατήρηση Κώδικα ΜΔΝ
 - ✓ Καθεστώς περεταίρω ανάπτυξης ΑΠΕ
 - ✓ Διατήρηση υφιστάμενων σταθμών: θερμή ή ψυχρή εφεδρεία
- Ενεργειακός Σχεδιασμός Τοπικού Δικτύου
 - ✓ Περιβαλλοντική αναβάθμιση ή/και αλλαγή καυσίμου σε φυσικό αέριο



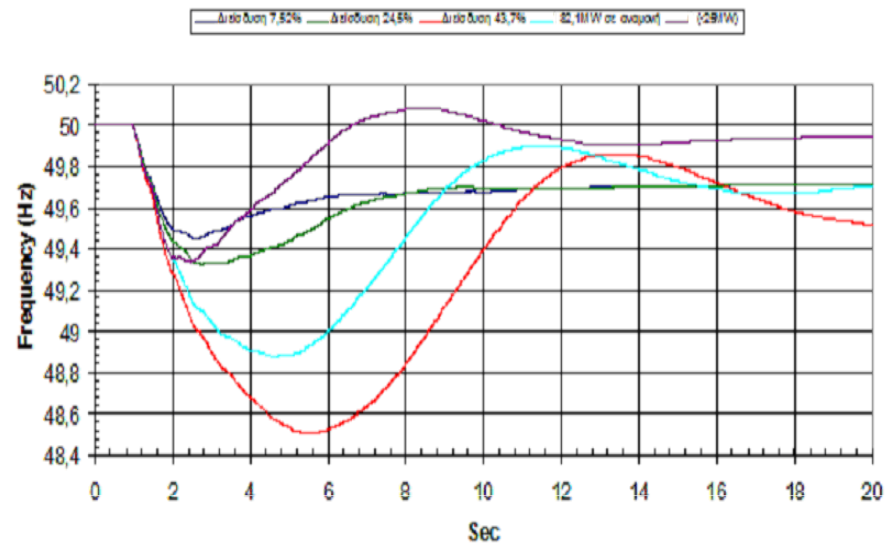
Προσομοίωση Λειτουργίας



■ ATM ■ DIESEL ■ AEP ■ ΣΥΝΔ



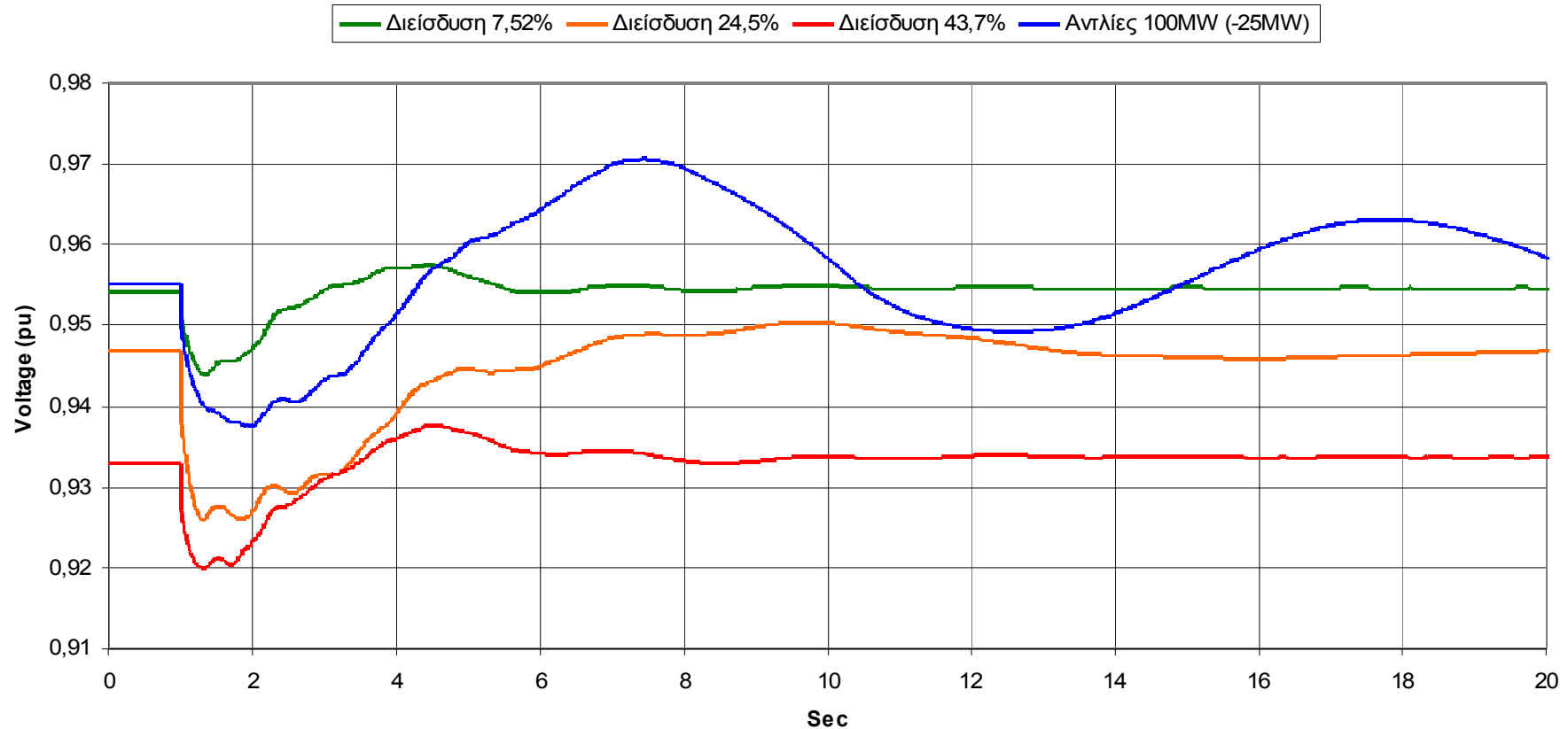
Μελέτες Ευστάθειας



Αξιολόγηση επιπέδων διείσδυσης ΑΠΕ



Δείκτες Αξιολόγησης Ευστάθειας



Καταγραφή σε μόνιμη & μεταβατική κατάσταση:

- ✓ Επιπέδων τάσεων ανά τοπικό υποσταθμό (ζυγό),
- ✓ Φορτίσεων τοπικών γραμμών μεταφοράς (ροές ενεργού & αέργου ισχύος)



Δείκτης Αξιολόγησης Δυναμικής Ασφάλειας

- **Καταγραφή:**
 - ✓ Ελάχιστων τιμών συχνότητας (Hz),
 - ✓ Μέγιστων ρυθμών μεταβολής της (Hz/sec)
- **Υπό διάφορες διαταραχές:**
 - ✓ Βραχυκυκλώματα κοντά στα σημεία διασύνδεσης
 - ✓ Απώλεια κρίσιμων γραμμών μεταφοράς
 - ✓ Απώλεια τοπικών μονάδων παραγωγής
 - ✓ Απότομες μεταβολές φορτίου και αιολικής παραγωγής

Α/Α Σεναρίου	Διαταραχή 1		Διαταραχή 2		Διαταραχή 3	
	Χαμηλό Φορτίο	Υψηλό Φορτίο	Χαμηλό Φορτίο	Υψηλό Φορτίο	Χαμηλό Φορτίο	Υψηλό Φορτίο
85	49,82	49,88	49,59	49,57	49,02	49,07
86	49,60	49,65	49,30	49,37	48,89	48,85
87	49,57	49,62	49,31	49,38	48,98	48,91
88	49,51	49,55	49,21	49,29	48,91	48,75
89	49,41	49,46	49,11	49,19	48,71	48,77
90	49,36	49,41	49,10	49,10	48,56	48,81
91						
92	49,85	49,89	49,61	49,59	49,05	49,10
93	49,62	49,68	49,32	49,44	48,93	48,87
94	49,59	49,64	49,33	49,33	49,00	48,83
95	49,55	49,59	49,25	49,36	48,94	48,79
96	49,44	49,47	49,17	49,18	48,63	48,87
97	49,38	49,42	49,13	49,13	48,77	48,83
98	49,31	49,37	49,07	49,09	48,72	48,57
99	49,18	49,21	48,95	48,91	48,57	48,41
100	48,96	49,00	48,68	48,77	48,26	48,20
101	48,93	48,97	48,63	48,71	48,33	48,27
102	48,88	48,93	48,61	48,70	48,28	48,13
103	48,76	48,81	48,47	48,58	47,96	48,02
104	48,88	48,92	48,63	48,65	48,08	48,21
105						
106	49,54	49,59	49,28	49,36	48,84	48,79
107	49,23	49,26	48,96	48,97	48,42	48,57
108	49,19	49,24	48,96	49,00	48,49	48,64
109	49,25	49,29	48,98	49,03	48,55	48,70
110	49,14	49,17	48,83	48,94	48,43	48,38
111	48,97	49,01	48,70	48,71	48,37	48,41
112	49,01	49,07	48,74	48,76	48,22	48,27



- Προβλήματα ευστάθειας και δυναμικής ασφάλειας:
 - ✓ Περίπτωση Μικρής Διασύνδεσης (2x200MVA κοινή όδευση φόρτιση >50%)
 - Κίνδυνος σβέσης τοπικού δικτύου σε περιπτώσεις βραχυκυκλωμάτων κοντά στην γραμμή ή στην εναέρια γραμμή (μέρος της διασύνδεσης)
 - Προβλήματα τάσεων σε όλες σχεδόν τις διαταραχές σε περίπτωση μη επαρκούς τοπικής παραγωγής
 - Ανάγκη αυξημένης τοπικής στρεφόμενης εφεδρείας
 - Περιορισμένες δυνατότητες αύξησης εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ (+160MW) πλην της περίπτωσης πλήρους ανάπτυξης των προβλεπόμενων συστημάτων ενεργειακής αποθήκευσης (ΥΒΣ)
 - Παρόμοια δυναμική συμπεριφορά σε σχέση με το αυτόνομο ΣΗΕ σε περίπτωση επαρκούς συμμετοχής της τοπικής παραγωγής (κάλυψη των αιχμών κα μέρους του φορτίο βάσης.
 - Ασθενέστερη ευστάθεια και δυναμική συμπεριφορά σε σχέση με το αυτόνομο ΣΗΕ σε περίπτωση της πλειονότητας των διαταραχών υπό καθεστώς συνεχούς φόρτισης (>50%) της διασυνδετικής γραμμής.



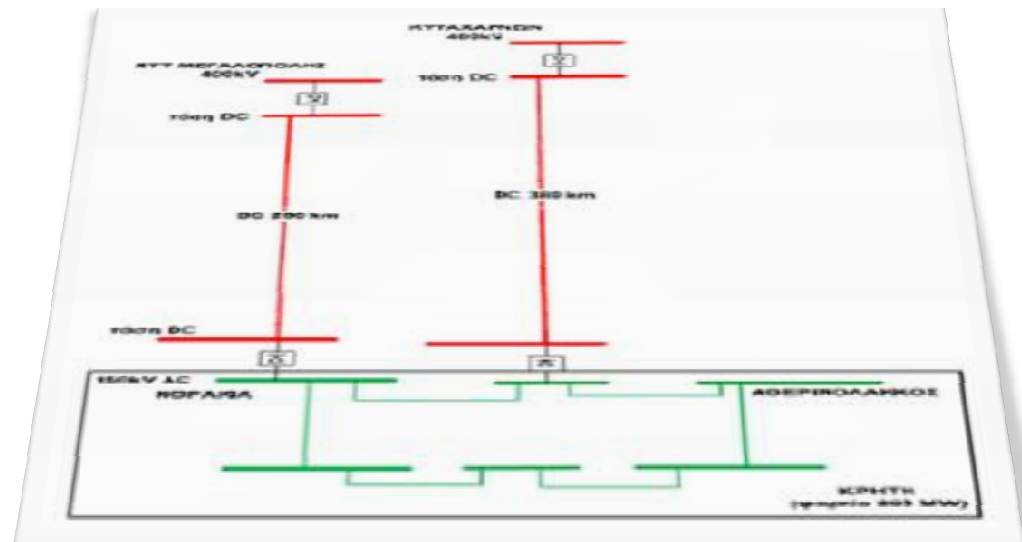
Τελικά Συμπεράσματα

- Προβλήματα ευστάθειας και δυναμικής ασφάλειας:
 - ✓ Περίπτωση Μεγάλης Διασύνδεσης (DC 2x500 κοινή όδευση)
 - Σβέση τοπικού δικτύου σε περιπτώσεις σφάλματος ή απώλειας της διασυνδετικής γραμμής (κατάσταση μέσης και υψηλής φόρτισης)
 - Ανάγκη τοπικής παραγωγής και στρεφόμενης εφεδρείας (συμβατικής ή/και υβριδικής υδροηλεκτρικής)
 - Βελτιωμένα επίπεδα τάσεων λόγω κεντροβαρούς έγχυσης ισχύος (ζυγός Κορακιάς πλησίον του κυρίως φορτίου)
 - Δυνατότητες περαιτέρω αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ (+980MW)
 - Βελτιωμένη ευστάθεια σε σχέση με το αυτόνομο ΣΗΕ σε περίπτωση επαρκούς συμμετοχής της τοπικής παραγωγής.
 - Δυναμική συμπεριφορά ημιαυτόνομου συστήματος



Τελικά Συμπεράσματα

- Προβλήματα ευστάθειας και δυναμικής ασφάλειας:
 - ✓ Περίπτωση Ολοκλήρωσης Βρόγχου
 - ✓ Σημαντική βελτίωση της ευστάθειας και της δυναμικής συμπεριφοράς του τοπικού συστήματος στο σύνολο των διαταραχών
 - ✓ Εξάλειψη των αδυναμιών του ΣΗΕ Κρήτης ως αυτόνομου συστήματος
 - ✓ Δυνατότητα σημαντικής αύξησης της αιολικής εγκατεστημένης ισχύος (+1070MW) χωρίς ουσιαστικά προβλήματα στο τοπικό δίκτυο.



Τελικά Συμπεράσματα

- Αναγκαιότητα διασυνδέσεων με τελικό στόχο την ολοκλήρωση του βρόγχου μέσου υλοποίησης διασυνδέσεων διαφορετικής όδευσης.
- Το ΣΗΕ Κρήτης παρουσιάζει ευστάθεια και δυναμική συμπεριφορά ως ουσιαστικά διασυνδεδεμένο στην περίπτωση της διπλής διασύνδεσης.
- Η συνεισφορά της ανάπτυξης και λειτουργίας μονάδων ενεργειακής αποθήκευσης (υβριδικών σταθμών παραγωγής υδροηλεκτρικής ισχύος) είναι σημαντική σε όλες τις περιπτώσεις, ακόμα και στην περίπτωση της διπλής διασύνδεσης, δίνοντας την δυνατότητα να παραμείνει ως η μόνη τοπική παραγωγή (πλην μη ελεγχόμενων ΑΠΕ).
- Σε όλες τις περιπτώσεις η αναβάθμιση της δυναμικότητας του τοπικού δικτύου μεταφοράς κρίνεται επιβεβλημένη, προκειμένου να είναι εφικτές οι αντίστοιχες σημαντικά αυξημένες ροές ισχύος.



ΚΡΗΤΗ είτε ως Αυτόνομο είτε ως Διασυνδεδεμένο Ενεργειακό Σύστημα



Εξασφάλιση Αδιάλειπτης & Ευσταθούς Λειτουργίας του Τοπικού Δικτύου

Τεχνολογική και Περιβαλλοντική Αναβάθμιση Τοπικών Υποδομών

Μέγιστη Εκμετάλλευση Α/Π, Φ/Β Βιομάζας και Ενεργειακής Αποθήκευσης

Πλουραλισμός Ενεργειακού Μίγματος (Ενεργειακή Ασφάλεια)

