

#5



Renewable
& Storage

FORUM

Νέο περιβάλλον, νέες αγορές, νέοι
πρωταγωνιστές στην εποχή της
ενεργειακής μετάβασης

Παρασκευή 03 Νοεμβρίου 2023

Διοργανωτής:
 energypress
Δημοσιογραφικό ενημερωτικό portal για την ενέργεια

Λειτουργικοί περιορισμοί σε σταθμούς ΑΠΕ και αποθήκευσης



Στάυρος Παπαθανασίου
Καθηγητής ΕΜΠ

Ομάδα έργου:

Γιώργος Ψαρρός, Δρ. ΕΜΠ

Ευάγγελος Χατζηστυλιανός, ΥΔ ΕΜΠ

Εισαγωγή

- Περιθώριο υποδοχής πρόσθετης ισχύος ΑΠΕ εξαιρετικά περιορισμένο, με βάση τα προγραμματισμένα έργα ανάπτυξης του ΕΣΜΗΕ σε ορίζοντα 10ετίας
 - ❖ >25 GW ηλεκτρικού χώρου ήδη δεσμευμένα από έργα ΑΠΕ σε λειτουργία & με οριστικές προσφορές σύνδεσης
- Επιβεβλημένη η μέγιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου ηλεκτρικού χώρου: στόχος η μέγιστη απολαβή ενέργειας ΑΠΕ για τη δεδομένη ικανότητα των δικτύων μας
- Επιτυγχάνεται με επιβολή περιορισμών έγχυσης στους σταθμούς ΑΠΕ
 - Μεγιστοποίηση εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ, αποτρέποντας τον κορεσμό σε συνθήκες ταυτοχρονισμού παραγωγής



Αντικείμενο της παρουσίασης

Περιορισμοί έγχυσης για:

- Σταθμούς ΑΠΕ χωρίς αποθήκευση
- Σταθμούς ΑΠΕ της παρ. 11Α του άρθρου 10, ν.4685/2020 (με αποθήκευση, χωρίς δυνατότητα απορρόφησης από το δίκτυο)
- Σταθμούς ΑΠΕ της παρ. 11Β του άρθρου 10, ν.4685/2020 (με αποθήκευση, χωρίς δυνατότητα απορρόφησης από το δίκτυο)
- Σταθμούς καθαρής αποθήκευσης

▪ Κριτήρια επιλογής των ενδεδειγμένων περιορισμών έγχυσης:

- Περικοπές ανανεώσιμης παραγωγής λόγω επιβολής του περιορισμού
- Αύξηση hosting capacity ΑΠΕ σε δεδομένο ηλεκτρικό χώρο δικτύου και βελτίωση του συντελεστή χρησιμοποίησης των υποδομών του δικτύου
- Επίπτωση στο κόστος παραγωγής και στα έσοδα αγορών των έργων

Κανονιστικό πλαίσιο λειτουργικών περιορισμών

- ❖ Ν. 4951/2022: 4 τύποι περιορισμών σε σταθμούς ΑΠΕ & αποθήκευσης:
 - (α) Μόνιμοι περιορισμοί μέγιστης ισχύος
 - (β) Περιορισμοί προκαθορισμένων χρονικών παραθύρων
 - (γ) Περιορισμοί με βάση την εκτιμώμενη κατάσταση του συστήματος
 - (δ) Περιορισμοί πραγματικού χρόνου έκτακτων καταστάσεων

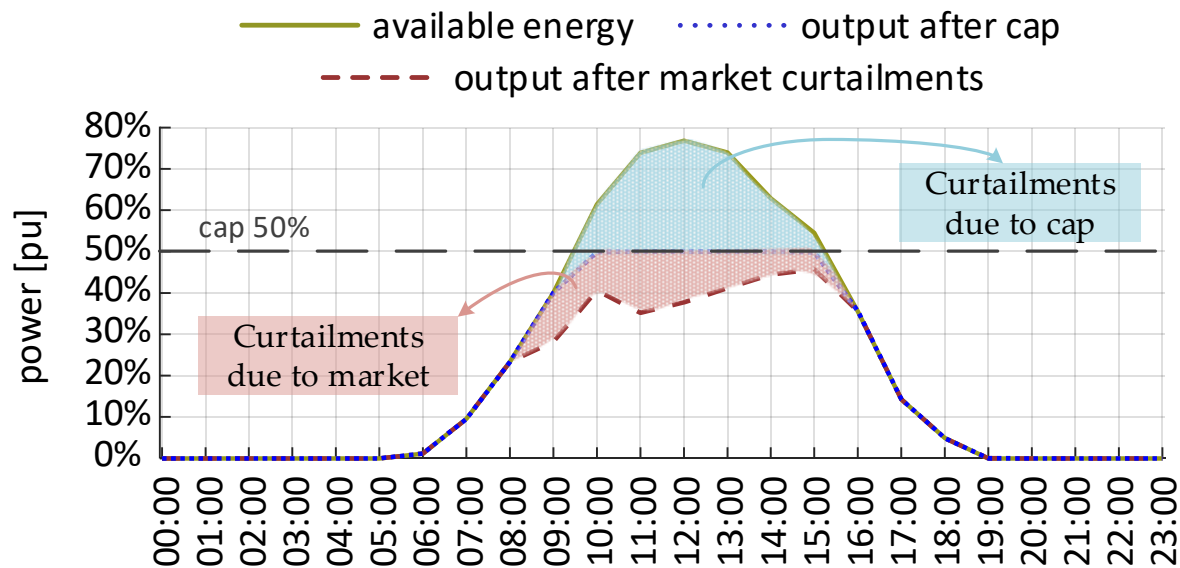
} Στατικοί
} Δυναμικοί
- ❖ ΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/53563/1556/19.5.2023 εισάγει περιορισμούς για σταθμούς ΑΠΕ χωρίς αποθήκευση και για σταθμούς καθαρής αποθήκευσης:
 - ΦΒ σταθμοί: περιορισμός τύπου (α)
 - Αιολικά πάρκα και σταθμοί αποθήκευσης: περιορισμός τύπου (β)
- ❖ Αναμένεται η θεσμοθέτηση λειτουργικών περιορισμών για σταθμούς ΑΠΕ με εσωτερική αποθήκευση
 - Με αποθήκευση «κατάντη του μετρητή», περικοπτόμενη παραγωγή αξιοποιείται και ταυτόχρονα παρέχεται δυνατότητα χρονικής μετάθεσης της διαθέσιμης παραγωγής σε ζώνες υψηλότερων τιμών αγοράς



Λειτουργικοί περιορισμοί και περικοπές παραγωγής

Σταθμοί ΑΠΕ δέχονται δύο κύριους τύπους περιορισμών:

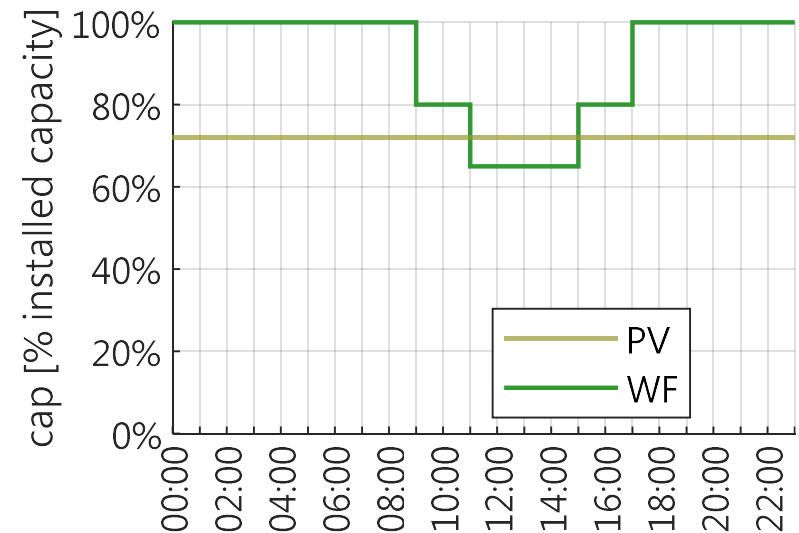
- Λειτουργικοί περιορισμοί λόγω κορεσμού των δικτύων: όριο στη μέγιστη ισχύ έγχυσης του σταθμού, εκ των προτέρων δεδομένοι (στατικοί) ή δυναμικά καθοριζόμενοι → **αύξηση του hosting capacity των δικτύων**
- Περικοπές σε επίπεδο αγορών, λόγω κορεσμού του συστήματος: δεν αφορούν τα τοπικά δίκτυα, αλλά επιβάλλονται για λόγους συνολικού ισοζυγίου προσφοράς-ζήτησης σε επίπεδο συστήματος



Περιορισμοί έγχυσης σε σταθμούς ΑΠΕ χωρίς αποθήκευση (ΦΒ και αιολικά)

ΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/53563/1556/19.5.2023:

- **ΦΒ σταθμοί:** οριζόντιος περιορισμός στο 72-73% της εγκατεστημένης ΦΒ ισχύος
- **Αιολικά πάρκα:** κλιμακωτός περιορισμός χρονικού παραθύρου
 - ❖ Περιορισμός αιολικών πάρκων αφορά σταθμούς που εγκαθίστανται σε περιοχές δικτύου με κορεσμό λόγω ΦΒ
 - ❖ Για πάρκα που εγκαθίστανται σε περιοχές με κορεσμό λόγω αιολικών → δυναμικοί περιορισμοί, λόγω στοχαστικού χαρακτήρα της αιολικής παραγωγής

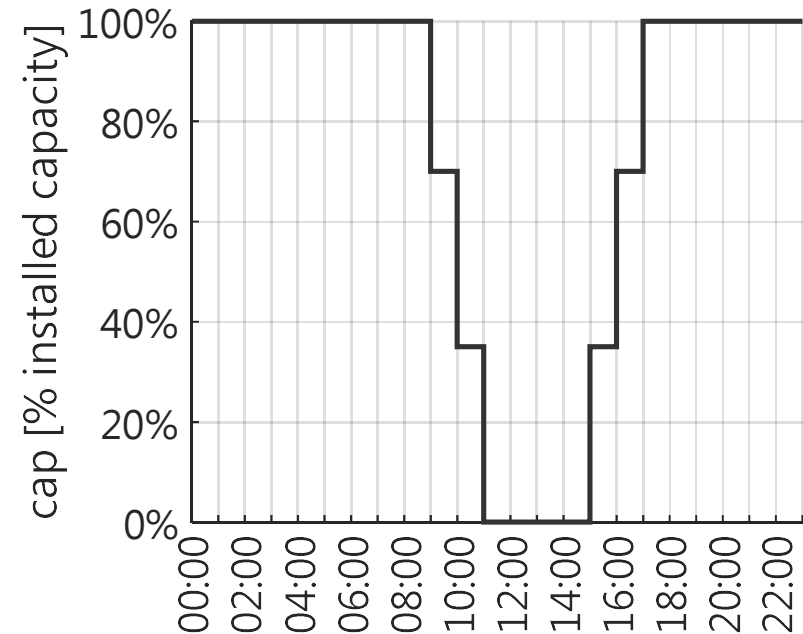


Περιορισμοί έγχυσης σε σταθμούς καθαρής αποθήκευσης

ΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/53563/1556/19.5.2023: σταθμοί αποθήκευσης υπόκεινται κλιμακωτό περιορισμό χρονικού παραθύρου

- Προκαλεί μικρή μείωση εσόδων αγοράς (της τάξης του 1-2%)
- Κατάλληλος για έργα σε περιοχές με κορεσμό από ΦΒ
- Σε περιοχές με κορεσμό λόγω αιολικών → δυναμικοί περιορισμοί
 - Εφικτή η σύνδεση σταθμών 50-100% του ηλεκτρικού χώρου, με μικρή επίπτωση στα έσοδα (<5%)
- Στατικός περιορισμός παραμένει αποτελεσματικός σε δίκτυα που φιλοξενούν ταυτόχρονα αιολικά & ΦΒ, για μικρή ισχύ μπαταριών

Στατικός περιορισμός αποθηκών

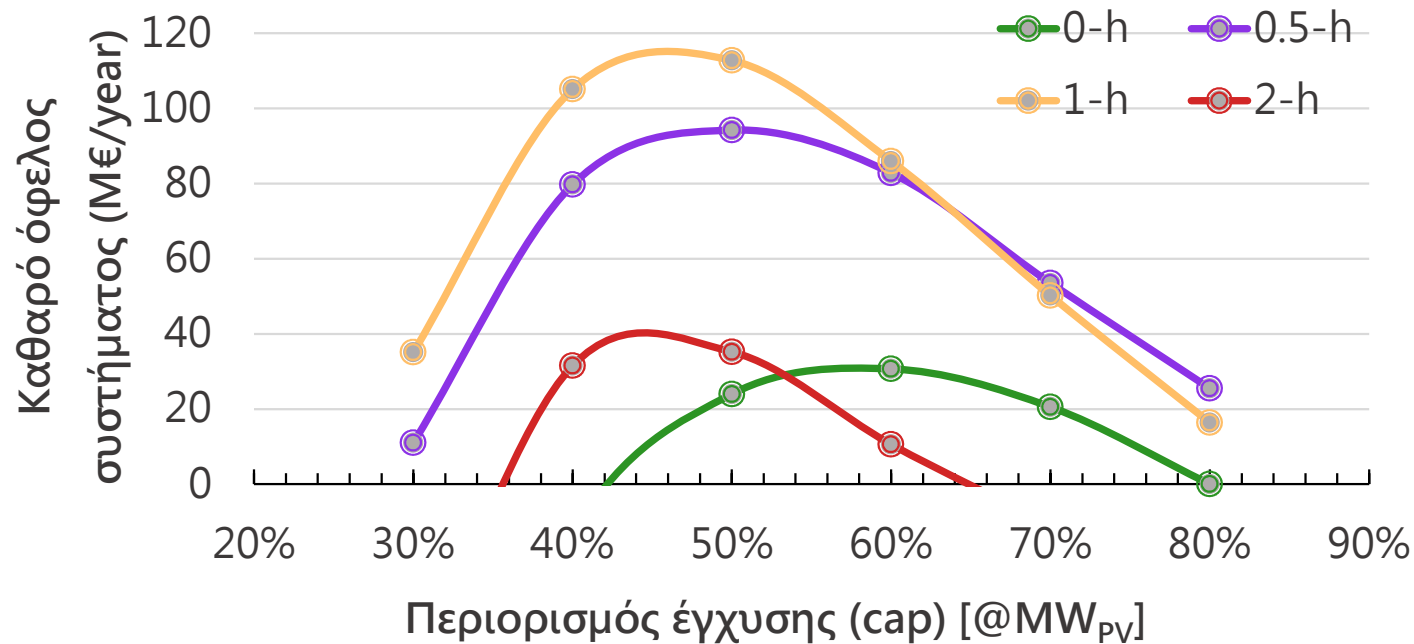


Λειτουργικοί περιορισμοί σε ΦΒ σταθμούς με ενσωματωμένη αποθήκευση της παρ. 11Α



Ανάλυση κόστους-οφέλους συστήματος από επιβολή περιορισμών σε ΦΒ της παρ. 11Α

Καθαρό όφελος συστήματος(*) από περιορισμούς σε ΦΒ χωρίς ή με αποθήκευση



Περιορισμοί έγχυσης 40-60% σε συνδυασμό με μπαταρίες διάρκειας 0.5-1 h μεγιστοποιούν το καθαρό όφελος του συστήματος

(*) Καθαρό όφελος συστήματος = Όφελος λόγω υποδοχής αυξημένης ισχύος ΦΒ (μείωση κόστους λειτουργίας του συστήματος) – Ετήσιο σταθερό κόστος ΦΒ με αποθήκευση (απόσβεση επένδυσης και fixed O&M)

Οφέλη από περιορισμούς έγχυσης σε ΦΒ της παρ. 11Α

- Βέλτιστη επιλογή ΦΒ με μπαταρίες 1h και περιορισμό έγχυσης 50% (επί της εγκατεστημένης ΦΒ ισχύος) :
 - Μέγιστο καθαρό όφελος για το σύστημα
 - Απώλειες παραγωγής <5%
 - Αύξηση περιθωρίου υποδοχής ΦΒ (έως και διπλασιασμός)
 - Αύξηση χρησιμοποίησης των υποδομών δικτύου (έως ~διπλασιασμός)

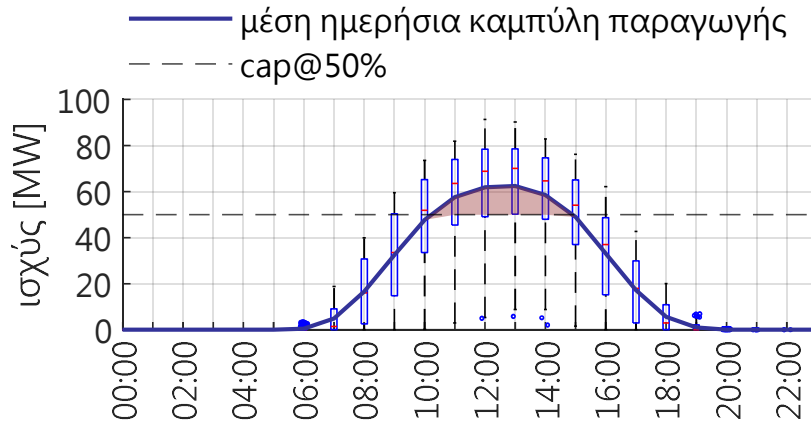
	Απλά ΦΒ χωρίς cap	Απλά ΦΒ με cap 72%	ΦΒ+BESS 1h (11A) & cap 50%
Ηλεκτρικός χώρος	1 αμ	1 αμ	1 αμ
Εγκατεστημένη ισχύς ΦΒ	1.1-1.2 αμ	1.4 αμ	2.0 αμ
Αξιοποίηση δικτύου	19%	24%	34%
LCOE (project IRR 8%)	48.98 €/MWh	49.11 €/MWh	71.26 €/MWh

Υπολογισμοί λαμβάνουν υπόψη απώλειες σε μπαταρίες και περικοπές αγοράς, καθώς και εξοικονόμηση CAPEX λόγω μειωμένης ισχύος εξόδου

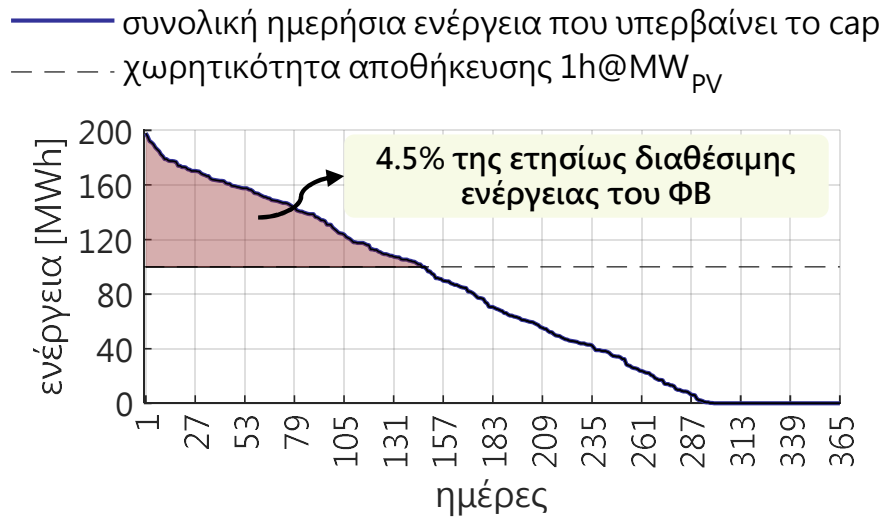
Είναι εφικτή η αξιοποίηση πλεονάζουσας παραγωγής με μπαταρία 1h@MW_{PV}?

Παράδειγμα: ΦΒ σταθμός 100 MW με αποθήκευση 100 MWh και περιορισμό έγχυσης 50%

Μέση ημερήσια
καμπύλη ΦΒ
παραγωγής



Καμπύλη διάρκειας
ημερήσιας ποσότητας
πλεονάζουσας
ενέργειας (πάνω από
το cap)



Μπαταρία διάρκειας 1-h
στην εγκατεστημένη ΦΒ
ισχύ: επαρκής για
αξιοποίηση της
υπερβάλλουσας
παραγωγής (> 50%), μικρές
απορρίψεις (< 5% ετησίως)



Λειτουργικοί περιορισμοί έγχυσης σε αιολικά με αποθήκευση της παρ. 11Α (σε περιοχή κορεσμένη από ΦΒ)

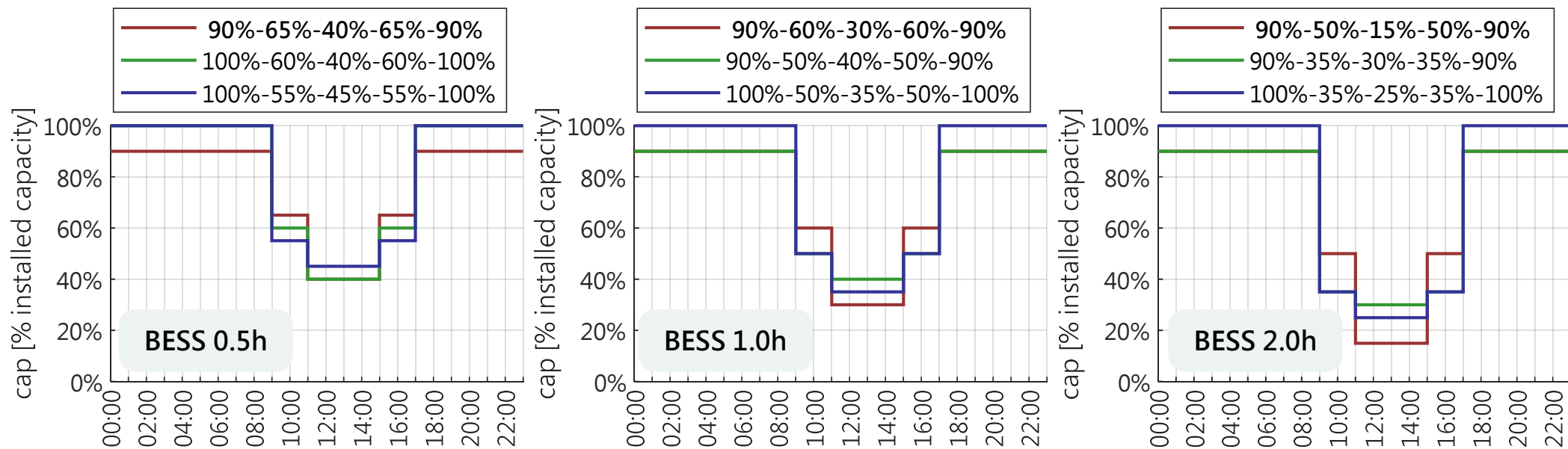


Μορφή περιορισμών έγχυσης σε ΑΠ με εσωτερική αποθήκευση

Για δεδομένο ηλεκτρικό χώρο, βέλτιστος περιορισμός εκείνος που:

- Μεγιστοποιεί τη δυνατότητα υποδοχής πρόσθετης ισχύος ΑΠΕ, χωρίς υπερφορτίσεις του δικτύου
- Διατηρεί τις απώλειες αιολικής παραγωγής σε χαμηλά επίπεδα (π.χ. <5% ετησίως)

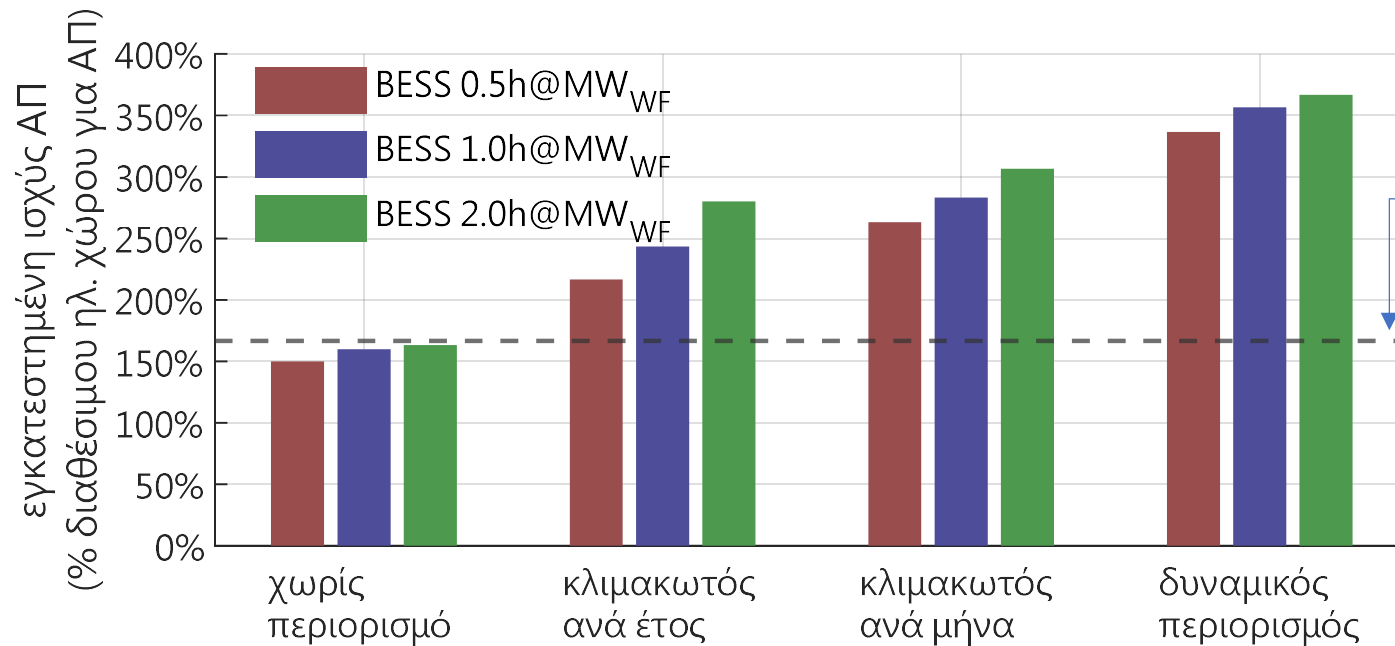
Εναλλακτικά προφίλ περιορισμού που οδηγούν σε παραπλήσια αποτελέσματα



Αύξηση περιθωρίου υποδοχής αιολικής ισχύος με εφαρμογή περιορισμών έγχυσης

Αποτελεσματικότητα εναλλακτικών τύπων περιορισμών έγχυσης ως προς την αύξηση του περιθωρίου υποδοχής ΑΠ της παρ. 11Α:

- Αξιολόγηση για περιοχή δικτύου που ήδη φιλοξενεί σημαντική ισχύ ΦΒ
- Επιβάλλονται τα βέλτιστα προφίλ περιορισμού ανά τύπο



Α/Π χωρίς αποθήκευση, με τον περιορισμό της ΥΑ (100-80-65-80-100)

- Πιο αποτελεσματικοί οι περιορισμοί που προσεγγίζουν τη ΦΒ παραγωγή
- Δυναμικοί περιορισμοί αποτελούν τη βέλτιστη λύση



Περιορισμοί έγχυσης σε ΦΒ με ενσωματωμένη αποθήκευση της παρ. 11B



Ασδειοδοτημένα έργα της παρ. 11B & επιλογή λειτουργικού περιορισμού

Με βάση τις βεβαιώσεις παραγωγού για σταθμούς ΑΠΕ της παρ. 11B, το έργο αναφοράς (μέσο έργο) είναι το εξής:

- Μονάδες ΑΠΕ: ΦΒ
- Ισχύς ΦΒ: ~60% ισχύος μονάδων αποθήκευσης (μπαταριών)
- Διάρκεια αποθήκευσης: $E/P=2$

Κυρίαρχη η συνιστώσα αποθήκευσης, μικρού μεγέθους η ΦΒ παραγωγή → δυνατή η εφαρμογή στατικού περιορισμού των έργων καθαρής αποθήκευσης

Με εφαρμογή περιορισμού καθαρής αποθήκευσης στο έργο αναφοράς:

- Απώλειες ΦΒ παραγωγής: ~2%
- Περιθώριο υποδοχής ΦΒ της τάξης του 150-200% της ικανότητας του δικτύου, αναλόγως του μείγματος ΦΒ που εγκαθίσταται
 - Περισσότερα ΦΒ με ενσωματωμένη αποθήκευση (παρ. 11A και 11B) οδηγούν σε υψηλότερη εγκατεστημένη ισχύ ΦΒ για δεδομένο ηλεκτρικό χώρο



Συμπεράσματα



Συμπεράσματα

- Λειτουργικοί περιορισμοί επιτυγχάνουν αύξηση του περιθωρίου υποδοχής ΑΠΕ και του βαθμού αξιοποίησης των δικτυακών υποδομών
- Σε συνθήκες κορεσμού από ΦΒ, απλοί στατικοί περιορισμοί αποδίδουν ικανοποιητικά αποτελέσματα
- Σε συνθήκες κορεσμού λόγω αιολικών απαιτείται η δρομολόγηση πλαισίου δυναμικών περιορισμών
- Ενσωμάτωση αποθήκευσης σε έργα ΑΠΕ → αξιοποίηση περικοπών που οφείλονται στους λειτουργικούς περιορισμούς, δυνατότητα πρόσθετου οφέλους από χρονική μετάθεση της παραγωγής, μείωση περικοπών αγοράς
- Ήδη θεσμοθετημένη η επιβολή περιορισμών σε ΑΠΕ χωρίς αποθήκευση και σε σταθμούς καθαρής αποθήκευσης
- Αναμένεται η θεσμοθέτηση των περιορισμών για ΑΠΕ με εσωτερική αποθήκευση, καθώς και για περιπτώσεις δικτύων με στοχαστικό κορεσμό