Ανανεώσιμη Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Έργα

8ο εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών

2ο εξάμηνο ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων

Συστήματα αντλησιοταμίευσης

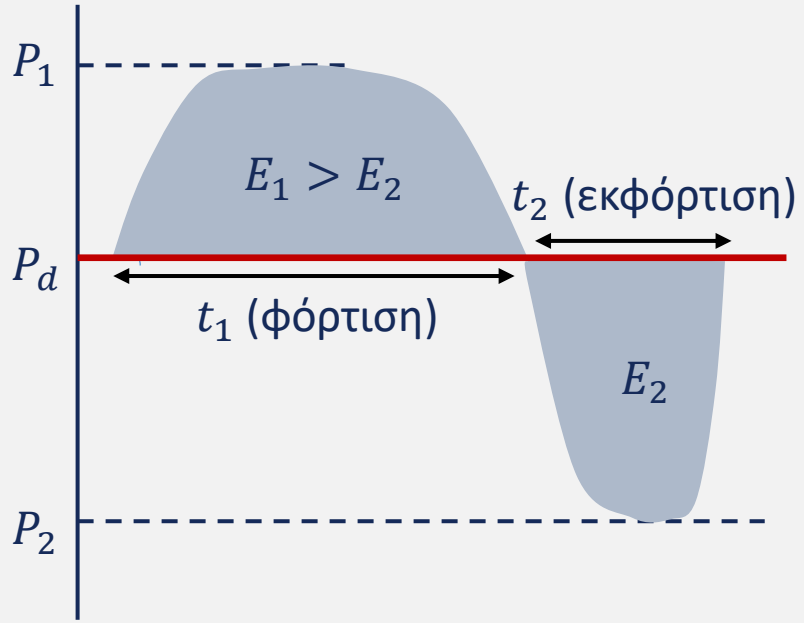
Ανδρέας Ευστρατιάδης, Επίκ. Καθηγητής

Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ακαδημαϊκό έτος 2024-25

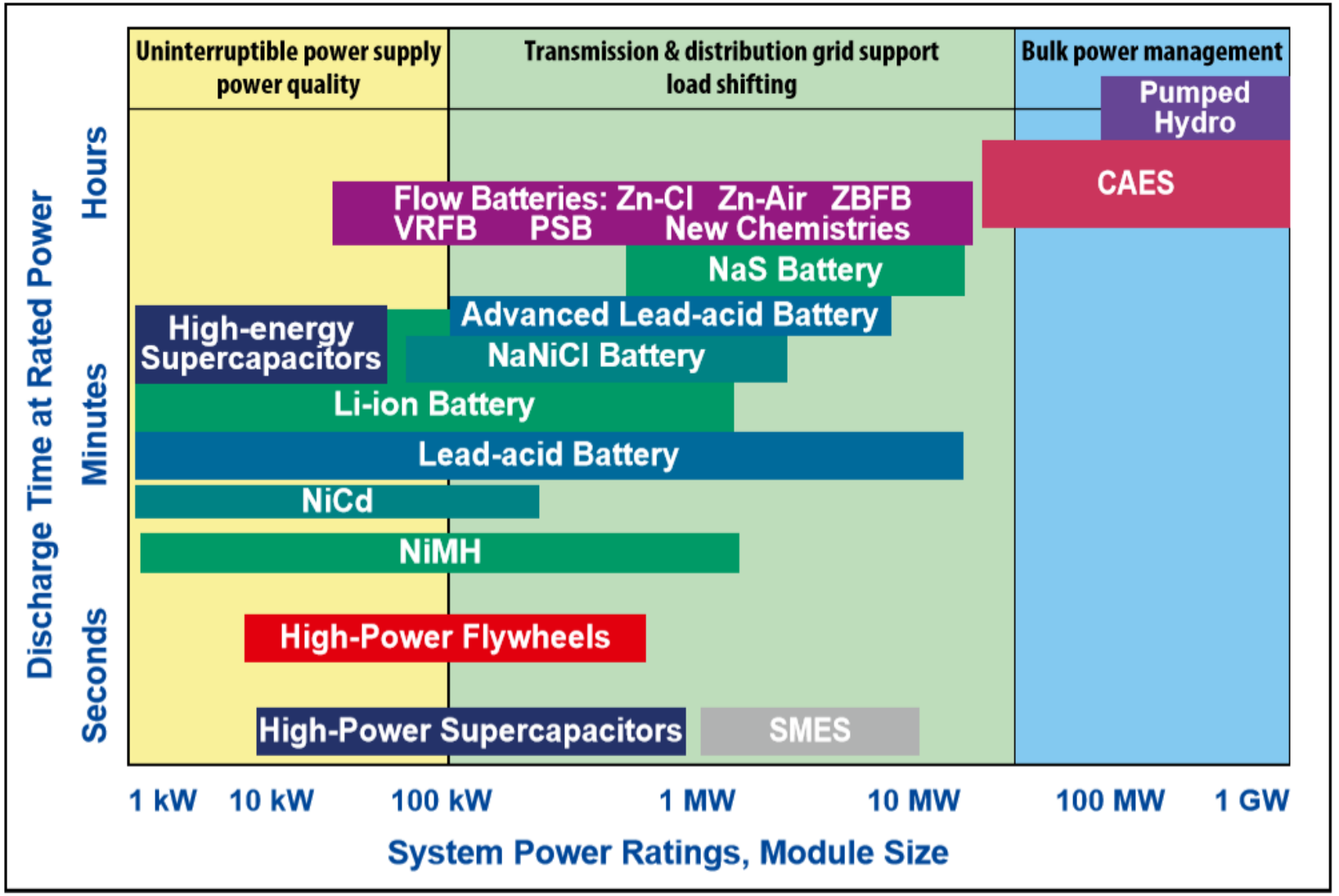
Η έννοια της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

- Η βασική ιδέα της αποθήκευσης βασίζεται στο γεγονός ότι η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να **μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας, που δύνανται να αποθηκευτούν και αργότερα να μετατραπούν εκ νέου σε ηλεκτρική ενέργεια**, ακολουθώντας την αντίστοιχη ζήτηση.
- Στα συστήματα αποθήκευσης προκύπτουν δύο μορφές **απωλειών ενέργειας**:
  - κατά τις διεργασίες μετατροπής της ενέργειας (αφορά σε όλες τις τεχνολογίες)
  - λόγω αυτοεκφόρτισης (κατά περίπτωση)
- **Κύκλος ενέργειας**: ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο → μετατροπή σε άλλη μορφή και αποθήκευση → απώλειες λόγω αυτοεκφόρτισης → μετατροπή σε Η/Ε στο δίκτυο
- Εφαρμογή **μίγματος τεχνολογιών** με διαφορετικά χαρακτηριστικά (χρόνος απόκρισης, βαθμός απόδοσης κύκλου, μέγιστο βάθος εκφόρτισης, χρόνοι φόρτισης-εκφόρτισης)
- Ουσιώδης παράγοντας η **χρονική κλίμακα** της ενεργειακής αποθήκευσης (βραχυπρόθεσμη/μακροπρόθεσμη).



Η έννοια της κλίμακας στα συστήματα αποθήκευσης

- Η έννοια της κλίμακας ενός συστήματος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας αφορά:
  - στο μέγεθος του συστήματος, σε όρους **ονομαστικής ισχύος**
  - στο **χρόνο φόρτισης**.
- Τα παραπάνω μεγέθη καθορίζουν την **ενεργειακή αυτονομία** του συστήματος.
- Γενικά, η αποθήκευση Η/Ε αναφέρεται σε δύο κλίμακες, **βραχυπρόθεσμη** και **μακροπρόθεσμη**.



Βραχυπρόθεσμη vs. μακροπρόθεσμη αποθήκευση

- **Βραχυπρόθεσμη αποθήκευση**:
  - Κατανεμημένες εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής, όπου η παραγωγή λαμβάνει χώρα κοντά στη θέση της ζήτησης, και μπορούν να ανταποκρίνονται στα αιτήματα για μικρά χρονικά διαστήματα.
  - Εφαρμόζονται για βελτίωση της ποιότητας ισχύος στα ηλεκτρικά δίκτυα, διατηρώντας σταθερή τάση σε περιπτώσεις βυθίσεων ή κυματισμών, διάρκειας λίγων δευτερολέπτων έως λεπτών.
  - Τυπικές διατάξεις: σφόνδυλοι, υπερπυκνωτές, SMES
- **Μακροπρόθεσμη αποθήκευση**:
  - Μεγάλες κεντρικές εγκαταστάσεις που έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν και να παρέχουν την ηλεκτρική ενέργεια για μεγάλες χρονικές περιόδους.
  - Μπορούν να αποθηκεύουν και να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε χρονικούς ορίζοντες ωρών ή και ημερών, συμβάλλοντας στη διαχείριση της πλεονάζουσας ενέργειας, τη ρύθμιση της συχνότητας και τη διαχείριση της συμφόρησης στο δίκτυο.
  - Τυπικές διατάξεις: αντλησιοταμίευση, μπαταρίες, αποθήκευση συμπιεσμένου ή υγροποιημένου αέρα, αποθήκευση υδρογόνου, αποθήκευση θερμότητας σε τήγμα άλατος

Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας στη μεγάλη κλίμακα

- Πώς «συγχρονίζεται» η παραγωγή με τη ζήτηση αν δεν υπάρχει αποθήκευση;
  - Απόρριψη φορτίου ή εξαγωγή του σε πολύ χαμηλή τιμή, όταν υπάρχει **περίσσεια** παραγωγής
  - Υπερδιαστασιολόγηση συστήματος παραγωγής (διατήρηση εφεδρειών), σε συνδυασμό με εισαγωγές ενέργειας (σε ποια τιμή;), για την κάλυψη των **ελλειμμάτων** (υψηλά κόστη επένδυσης και λειτουργίας)
- Γενικές αρχές συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στη μεγάλη κλίμακα:
  - **Φόρτιση** σε περιόδους χαμηλής ζήτησης (γενικότερα: όταν η προσφορά υπερβαίνει τη ζήτηση)
  - **Εκφόρτιση** για παραγωγή ενέργειας, με σκοπό την κάλυψη ελλειμάτων της ζήτησης (συνήθως αναφέρονται στις ώρες αιχμής)
- Η περίσσεια και ελλείμματα ενέργειας συνδέονται πλέον και με τις αντίστοιχες τιμές στο χρηματιστήριο ενέργειας, οι οποίες υπόκεινται σε **έντονες ενδοημερήσιες μεταβολές** λόγω της έντονης διείσδυσης των ΑΠΕ (διακοπή λειτουργίας Φ/Β → φαινόμενο «πάπιας»).
- Η αποθήκευση ενέργειας στη μεγάλη κλίμακα, πέραν του ότι αποτελεί **επείγουσα τεχνική ανάγκη** για τη χώρα, αποτελεί και **επενδυτική ευκαιρία**.

Σχηματικά διαγράμματα φόρτισης-εκφόρτισης ημερήσιου κύκλου

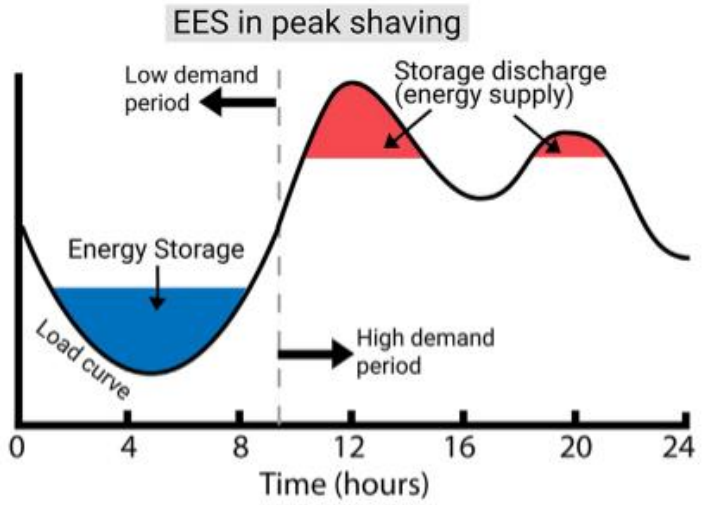
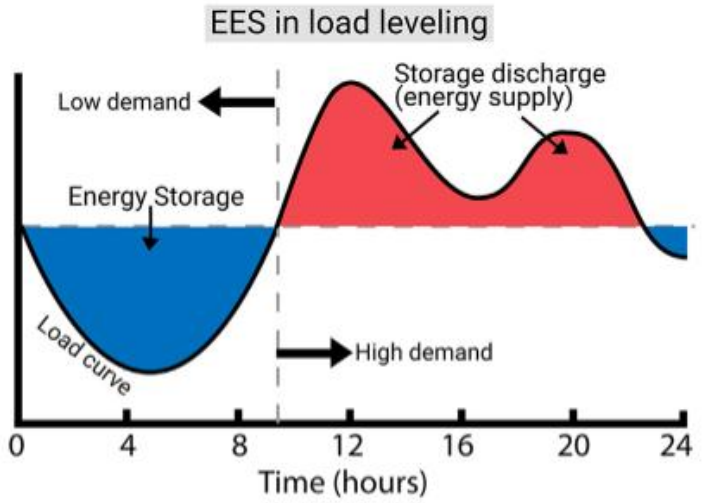
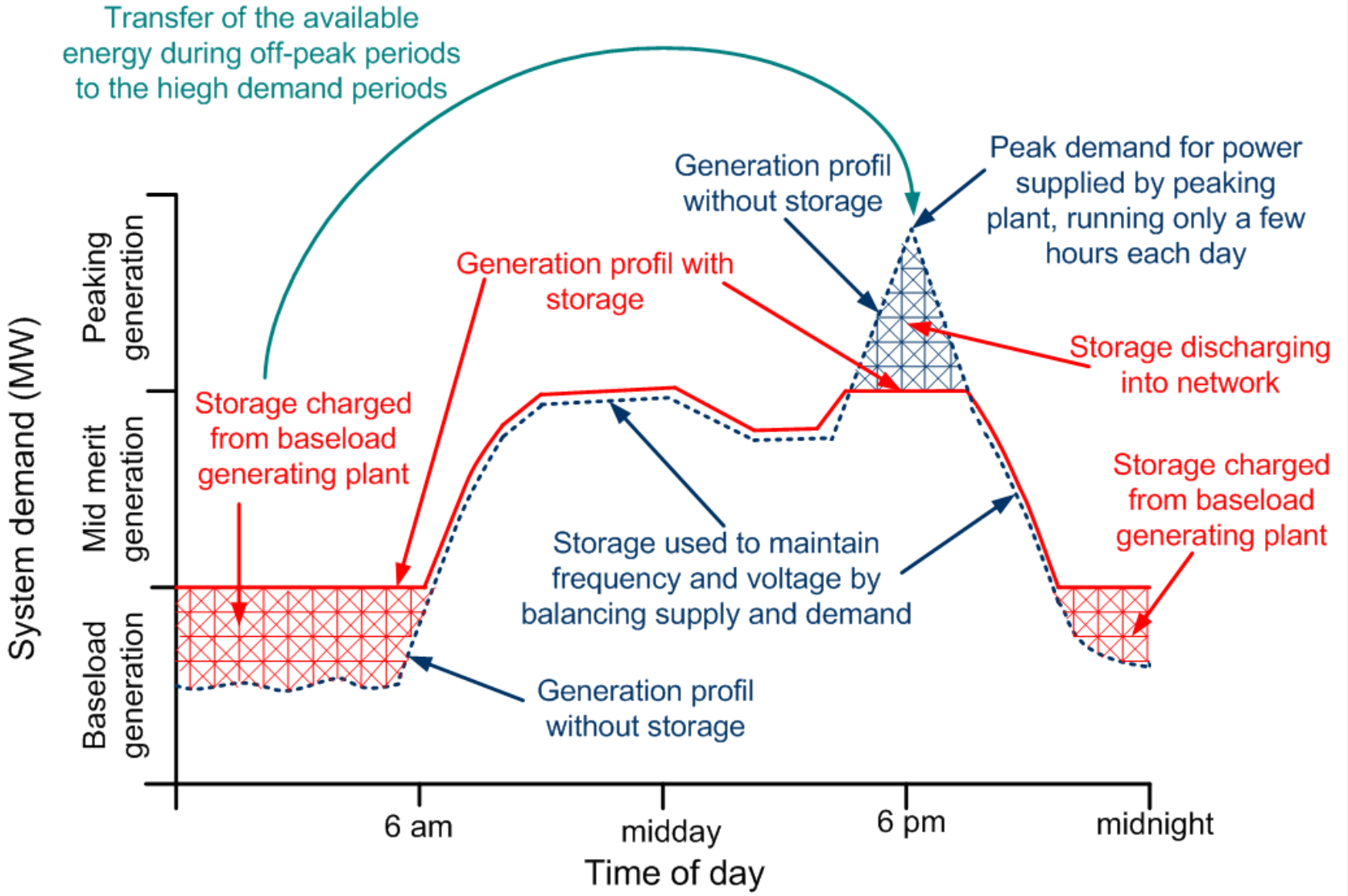


Fig. 20. Energy storage load profile in peak shaving.



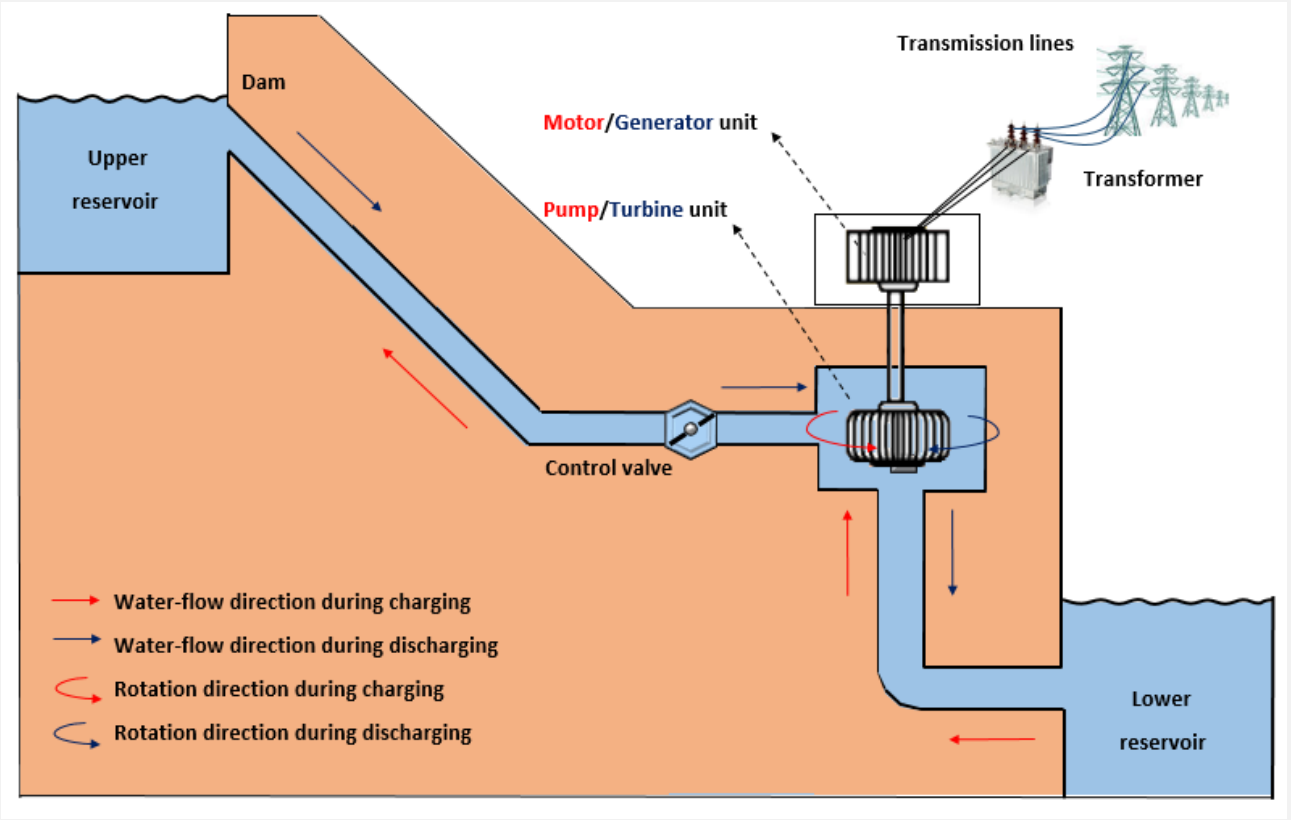


Η αντλησιοταμίευση με μια ματά

- Δύο διασυνδεδεμένες **μονάδες αποθήκευσης** (ταμιευτήρες, δεξαμενές) σε **μεγάλη υψομετρική διαφορά** αλλά σε **μικρή απόσταση**
- Ένας **αντιστρέψιμος υδροστρόβιλος** που χρησιμοποιείται ως αντλία για να ανυψώσει το νερό από την κάτω προς την άνω δεξαμενή, και ως στρόβιλος για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της αντίστροφης διαδρομής.

Σε παγκόσμια κλίμακα:

- Αποτελεί το 94% της εγκατεστημένης ισχύος σε μέσα αποθήκευσης ενέργειας
- Συνολική ισχύς: ~200 GW
- Προβλέπεται η ανάπτυξη επιπλέον 214 GW
- Πρόσθετη ενέργεια: 9.0 TWh
- Θεωρητικό δυναμικό: 22 000 TWh
- Πρώτη εγκατάσταση: 1907 (Engeweiher, Ελβετία)
- Μεγαλύτερη μονάδα: 3.6 GW (Fengning, Κίνα)



Γενικές αρχές σχεδιασμού έργων αντλησιοταμίευσης

- Γενική απαίτηση χωροθέτησης έργων ταμίευσης: Ελαχιστοποίηση οριζόντιας απόστασης και μεγιστοποίηση υψομετρικής διαφοράς μεταξύ των δύο ταμιευτήρων, ώστε να εξασφαλίζεται **μεγάλο ακαθάριστο ύψος πτώσης** με **μικρές υδραυλικές απώλειες κατά τη μεταφορά του νερού**.
- Τυπικές διατάξεις:
  - Σύνδεση δύο ταμιευτήρων σε σειρά (σύστημα πλήρως ανοιχτού κύκλου)
  - Αξιοποίηση υφιστάμενου ταμιευτήρα ως κάτω δεξαμενή, και διαμόρφωση άνω δεξαμενής, πολύ μικρότερης χωρητικότητας
  - Διαμόρφωση κλειστού συστήματος, αποτελούμενου από δύο δεξαμενές ίσης χωρητικότητας.
- **Θεμελιώδη μεγέθη σχεδιασμού**:
  - Όγκος νερού που ανακυκλώνεται, V → προσδιορισμός ωφέλιμης χωρητικότητας μικρής δεξαμενής
  - Ενέργεια παραγωγής, E_{gen} , και καταναλισκόμενη ενέργεια άντλησης, E_{pump}
  - Χρόνος παραγωγής, T_{gen}, και άντλησης, T_{pump} → προσδιορισμός ισχύος στροβίλων και αντλιών:

$$P_{gen} = E_{gen}/T_{gen} \text{ και } P_{pump} = E_{pump}/T_{pump}$$

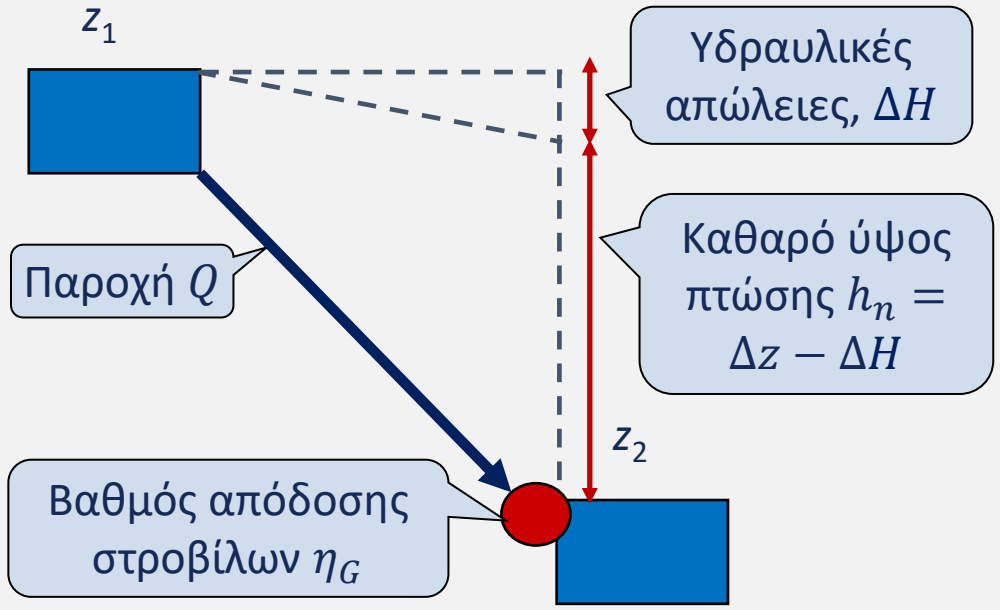
Παραδείγματα

Presenzano, Ιταλία: δύο λιμνοδεξαμενές ίσης χωρητικότητας (6.0 hm^3) σε υψομετρική διαφορά 495 m, συνολικής ισχύος 1000 MW (τέσσερις αναστρέψιμοι στρόβιλοι τύπου Francis). Η κατασκευή του έργου ξεκίνησε το 1979, και τέθηκε σε πλήρη λειτουργία το 1991

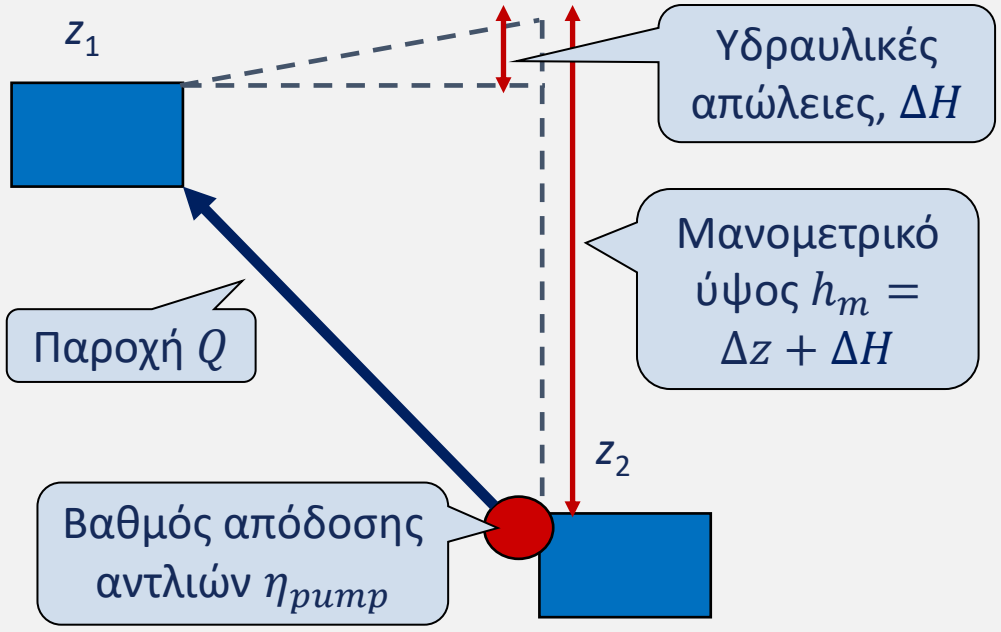
Tumut 3, Αυστραλία: Πρώτο έργο στη χώρα (έναρξη κατασκευής: 1968, έναρξη λειτουργίας: 1972, αναβάθμιση: 2012); έξι στρόβιλοι ισχύος 1800 MW, εκ των οποίων οι τρεις λειτουργούν και ανάστροφα; ύψος πτώσης 150.9 m; έξι αγωγοί πτώσης μήκους 488 m και διαμέτρου 5.6 m; κάτω ταμιευτήρας Talbingo (920 hm^3), άνω ταμιευτήρας Jounama (43.5 hm^3)

Βασικοί υδροενεργειακοί υπολογισμοί

- **Ακαθάριστο ύψος πτώσης:** $H = z_1 - z_2 = \Delta z$
- **Παραγόμενη ενέργεια:** $E_{gen} = \gamma\, \eta_{gen}\, V\, h_n$, όπου $h_n = \Delta z - \Delta H$ (**καθαρό ύψος πτώσης**)
- **Καταναλισκόμενη ενέργεια:** $E_{pump} = \gamma\, V h_m / \eta_{pump}$, όπου $h_m = \Delta z + \Delta H$ (**μανομετρικό ύψος**)
- **Συνολική απόδοση κύκλου**: $\eta_{PHS} = E_{gen}/E_{pump} = \eta_{gen}\, \eta_{pump}(\Delta z - \Delta H)/(\Delta z + \Delta H)$



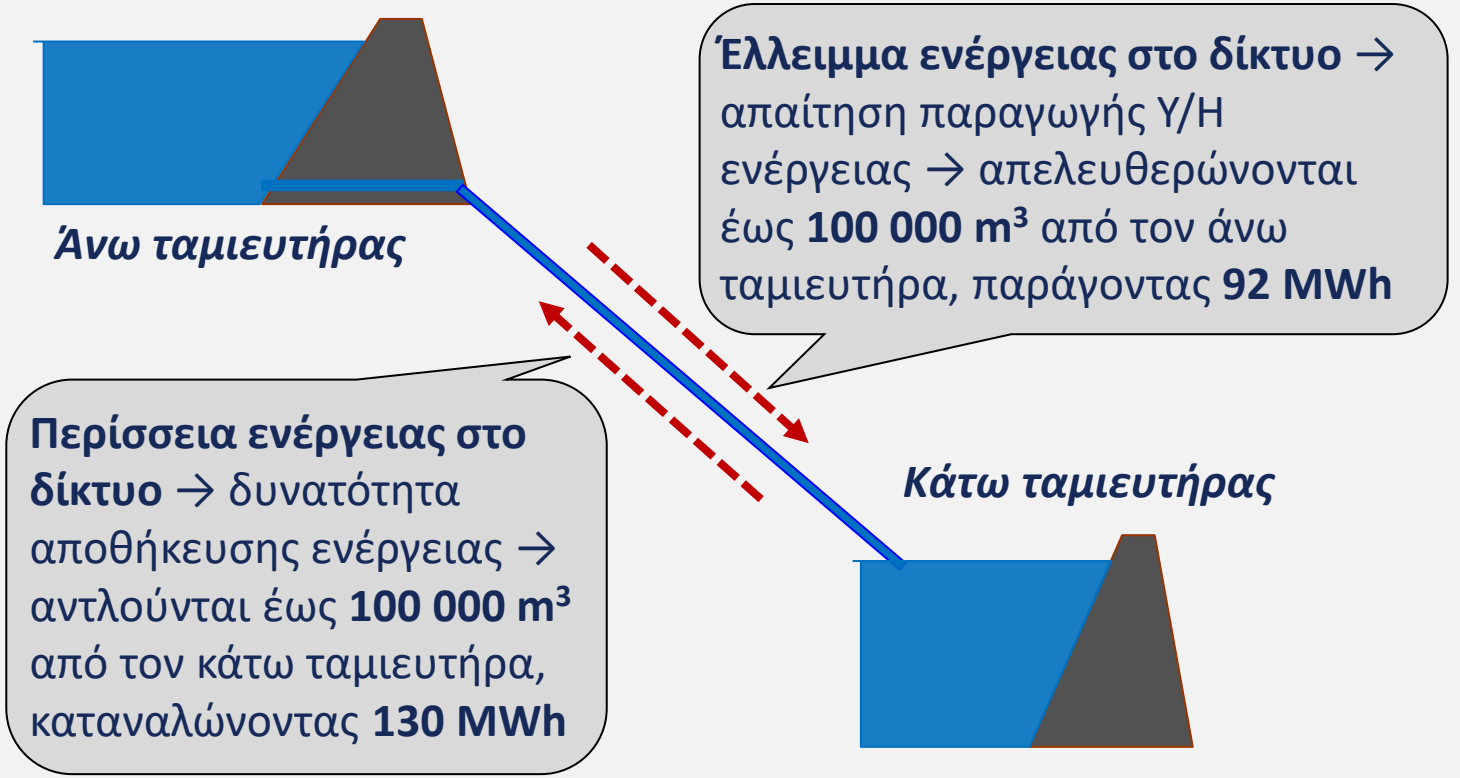
Φάση παραγωγής (εκφόρτιση)



Φάση άντλησης (φόρτιση)

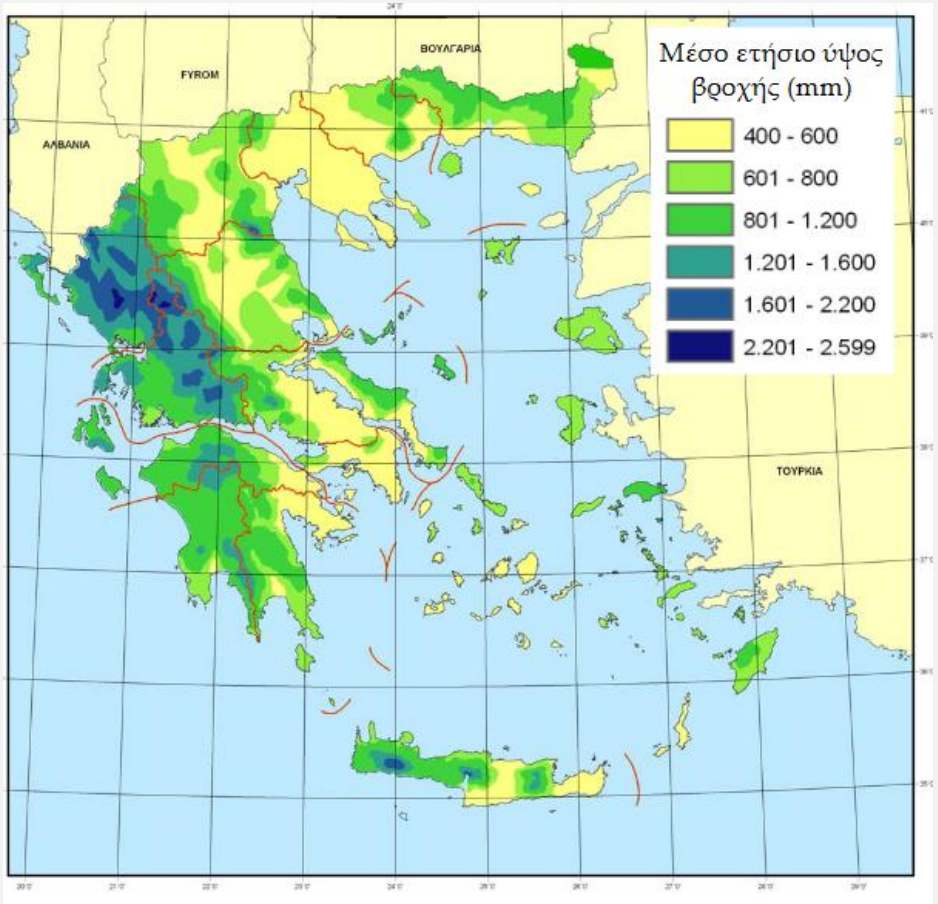
Αριθμητική εφαρμογή

- Δεξαμενές ίσης χωρητικότητας 100 000 m^3, σε υψομετρική διαφορά 400 m, με πρακτικά σταθερή στάθμη
- Ανακύκλωση όγκου 100 000 m^3 σε συνολικό διάστημα μια ημέρας
- Υδραυλικές απώλειες στον αγωγό: 5 m (εκτίμηση, 2% του ακαθάριστου ύψους πτώσης)
- Καθαρό ύψος πτώσης: 400 – 5 = 395 m, μανομετρικό ύψος: 400 + 5 = 405 m
- Βαθμός απόδοσης 0.85 (κοινός, κατά προσέγγιση, για άντληση και παραγωγή)
- Θεωρώντας ισχύ 10 MW προκύπτουν 13 ώρες άντλησης και 9.2 ώρες παραγωγής
- **Απόδοση κύκλου: 92/130 = 70.5%**
- Για να συμφέρουσα η λειτουργία του έργου, **ο λόγος της τιμής πώλησης προς την τιμή αγοράς** του ρεύματος θα πρέπει να υπερβαίνει το $1/\eta_{PHS} \approx 1.42$



Απώλειες «αυτοεκφόρτισης» σε συστήματα κλειστού κύκλου

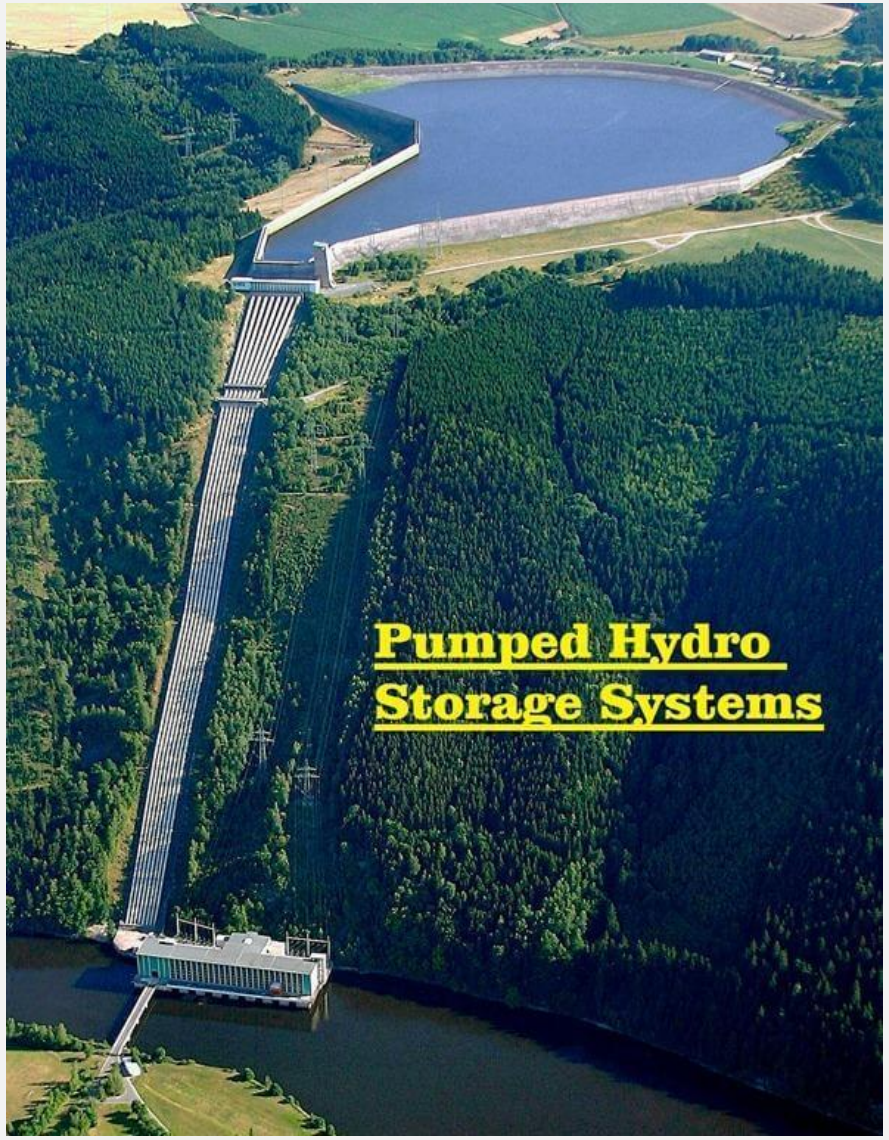
- Οι **απώλειες νερού** κατά την **μεταφορά** του και **αποθήκευσή** του στις δεξαμενές οδηγούν σε **απώλειες ενέργειας**, που είναι αντίστοιχες της αυτοεκφόρτισης άλλων μέσων αποθήκευσης (π.χ. μπαταρίες).
- Γενικά οι απώλειες μεταφοράς είναι αμελητέες (αγωγοί πολύ υψηλής αντοχής, χωρίς διαρροές)
- Οι απώλειες κατά την αποθήκευση του νερού εξαρτώνται:
  - από τη **στεγνότητα** των δεξαμενών/ταμιευτήρων
  - από το **ισοζύγιο βροχής-εξάτμισης**
- Στα δυτικά ορεινά τμήματα της χώρας, το ισοζύγιο βροχής-εξάτμισης είναι ελαφρά θετικό (μέση ετήσια βροχόπτωση > 1500 mm, μέση εξάτμιση < 1500 mm)
- Στα ανατολικά τμήματα και τις Κυκλάδες, το ισοζύγιο βροχής-εξάτμισης είναι έντονα αρνητικό (μέση ετήσια βροχόπτωση < 500 mm, μέση εξάτμιση > 1800 mm) → ανέφικτη η ανάπτυξη συστημάτων πλήρως κλειστού κύκλου, αν δεν έχει προβλεφθεί συστηματική αναπλήρωση των απωλειών

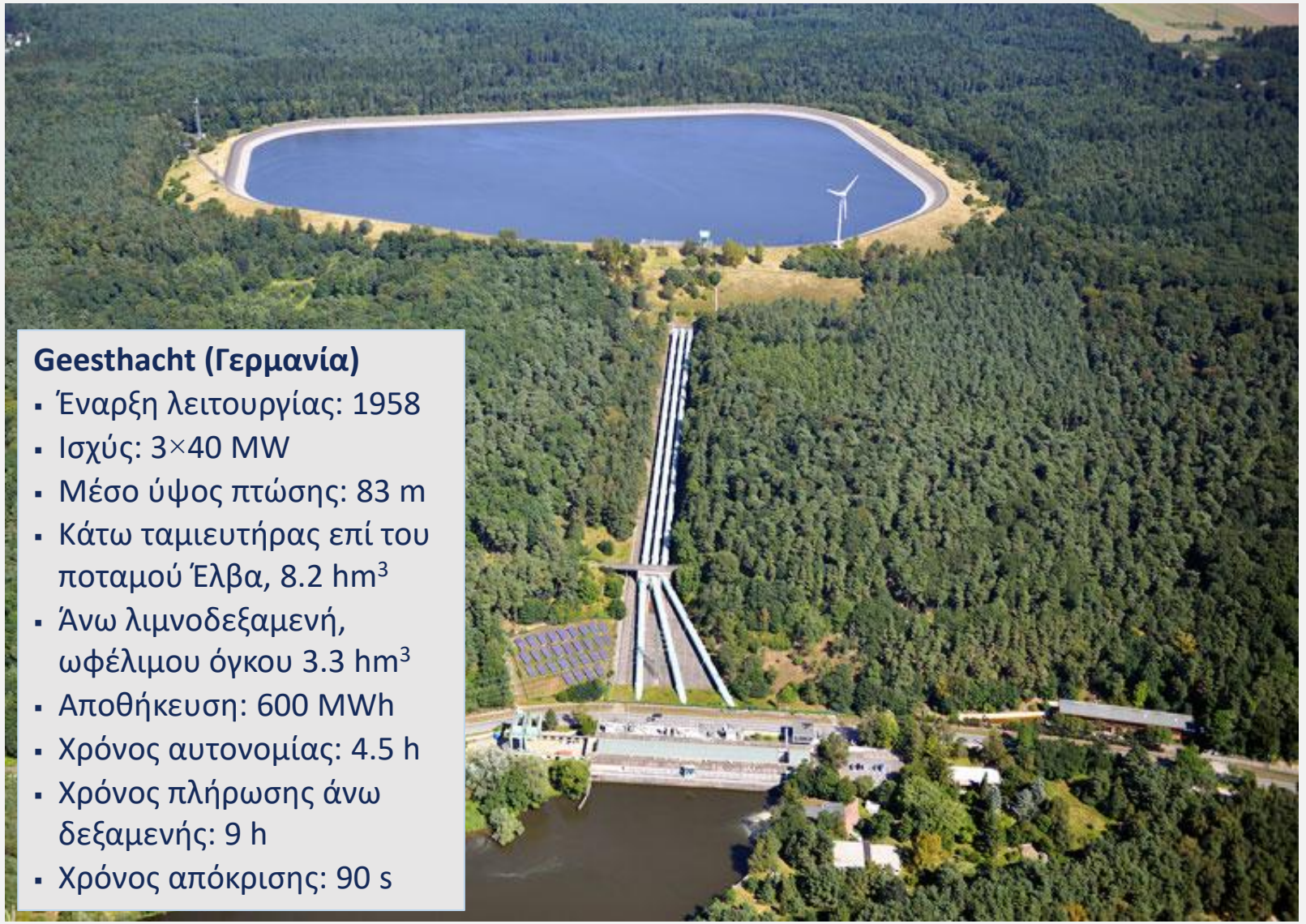


Αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ

- Δύο έργα ανοιχτού κύκλου, σε **διασυνδεδεμένους ταμιευτήρες σε σειρά**:
  - Αλιάκμονας: Σφηκιά-Ασώματα (1986), 315 MW, παραγωγή 380 GWh (από άντληση 200 GWh)
  - Νέστος: Θησαυρός-Πλατανόβρυση (1999), 384 MW, συνολική παραγωγή 440 GWh

Προσθήκη άνω δεξαμενής σε υφιστάμενο ταμιευτήρα





Geesthacht (Γερμανία)

- Έναρξη λειτουργίας: 1958
- Ισχύς: 3×40 MW
- Μέσο ύψος πτώσης: 83 m
- Κάτω ταμιευτήρας επί του ποταμού Έλβα, 8.2 hm^3
- Άνω λιμνοδεξαμενή, ωφέλιμου όγκου 3.3 hm^3
- Αποθήκευση: 600 MWh
- Χρόνος αυτονομίας: 4.5 h
- Χρόνος πλήρωσης άνω δεξαμενής: 9 h
- Χρόνος απόκρισης: 90 s

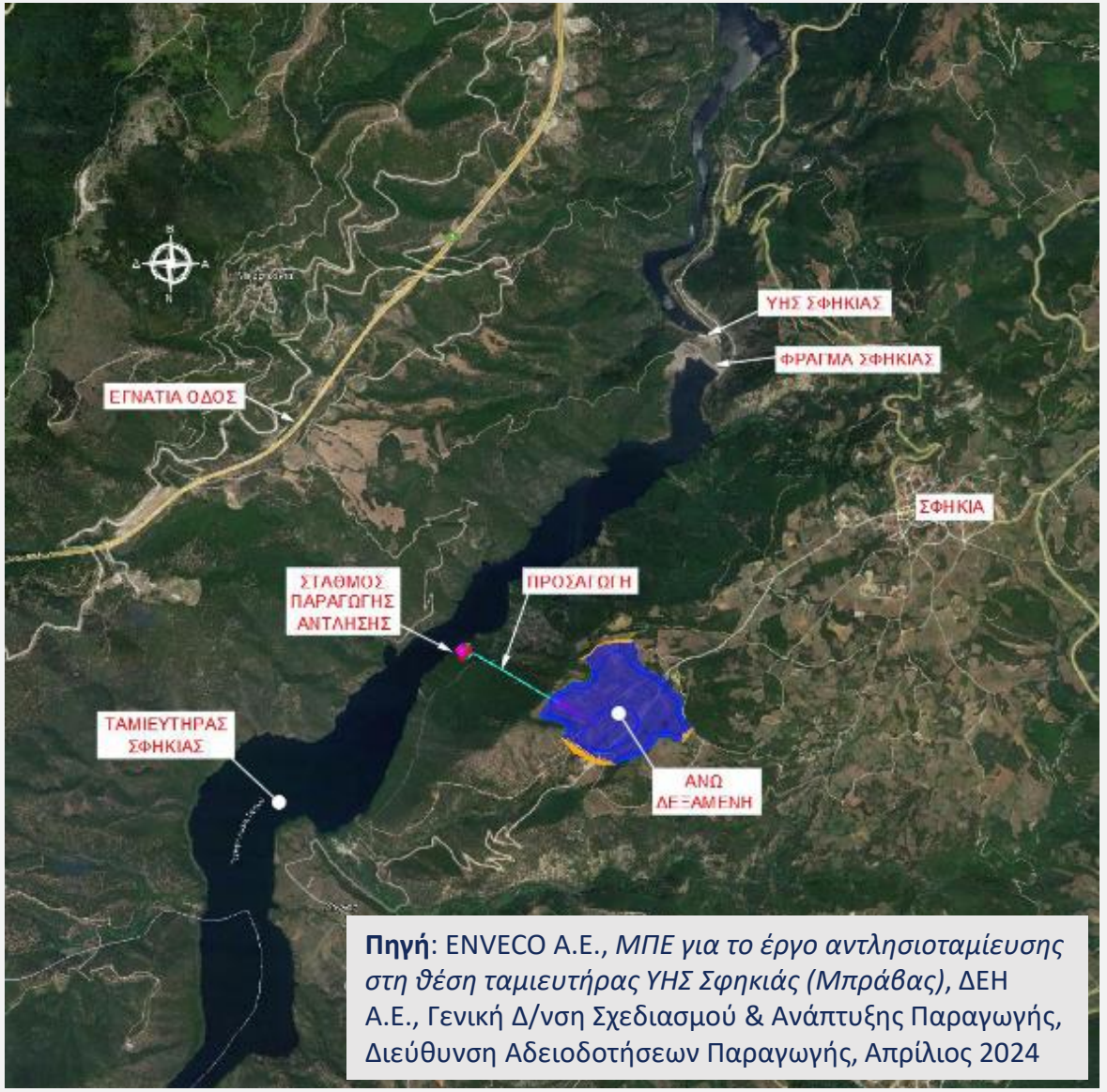
Προσθήκη πολλαπλών δεξαμενών σε υφιστάμενο ταμιευτήρα

Προκλήσεις και περιορισμοί κατά τον σχεδιασμό

- Η **διακύμανση της στάθμης** του νερού στον υφιστάμενο ταμιευτήρα, από τον οποίο το νερό αντλείται, θα πρέπει να είναι μικρή, της τάξης των λίγων μέτρων, για λειτουργικούς και οικονομικούς λόγους.
- Η **οριζόντια απόσταση** ανάμεσα στον άνω και στον υφιστάμενο κάτω ταμιευτήρα να είναι όσο δυνατόν μικρότερη, για ελαχιστοποίηση του μήκους των έργων προσαγωγής (υδραυλικές απώλειες & κόστος)
- Αντίθετα, η **κατακόρυφη απόσταση** μεταξύ του άνω και κάτω ταμιευτήρα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη (μεγιστοποίηση υδροδυναμικού).
- Κατάλληλες θέσεις για τη **διαμόρφωση του άνω ταμιευτήρα** είναι είτε φυσικά κοιλώματα του εδάφους, είτε κοιλάδες που μπορούν να δημιουργήσουν μια λεκάνη κατάκλυσης με την κατασκευή φράγματος, ή επίπεδες περιοχές όπου μια τεχνητή λεκάνη (λιμνοδεξαμενή) θα μπορούσε να σχηματιστεί εν μέρει ή εξ ολοκλήρου με εκσκαφή
- Φυσικά κοιλώματα του εδάφους απαιτούν πάντα την εφαρμογή **υδατοστεγανών στοιχείων** (π.χ. γεωμεμβράνες), ώστε να εξασφαλιστεί πολύ χαμηλή διαπερατότητα του πυθμένα και των πρανών.
- Λειτουργικοί περιορισμοί για την άντληση απαιτούν ο άξονας της μονάδας να είναι τοποθετημένος αρκετά **κάτω από την ελάχιστη στάθμη λειτουργίας** του κάτω ταμιευτήρα (συνήθως 15 έως 20 m).

Έργο αντλησιοταμίευσης στη θέση ταμιευτήρας ΥΗΣ Σφηκιάς (Μπράβα)

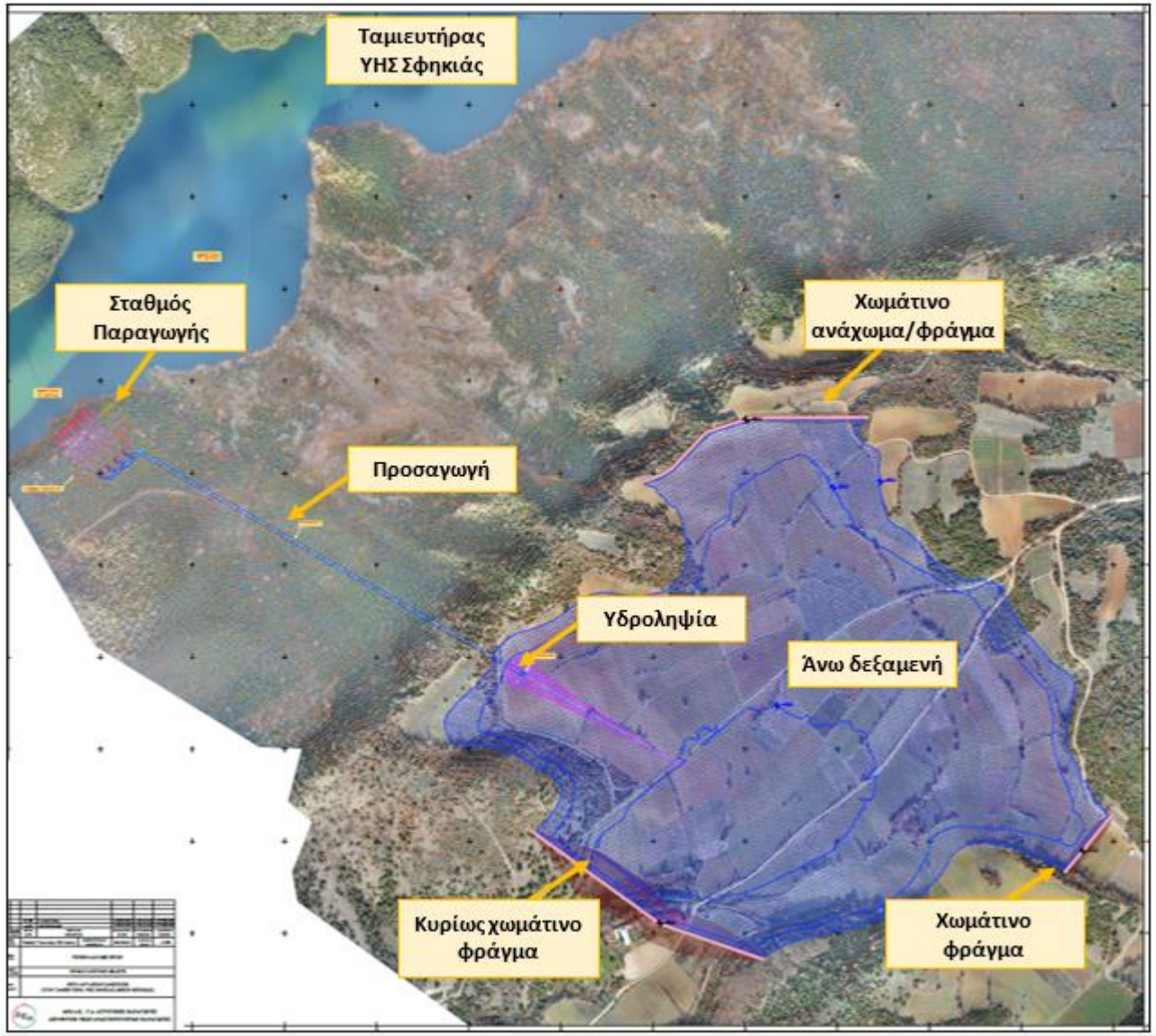
- Αξιοποίηση ταμιευτήρα Σφηκιάς ως κάτω δεξαμενή, και σύνδεσή του με ταμιευτήρα που θα διαμορφωθεί σε κοντινό οροπέδιο (θέση Μπράβα)
- Σφηκιά: ενδιάμεσο ΥΗΕ συγκροτήματος Αλιάκμονα, με ωφέλιμο όγκο 18 hm^3 και εύρος στάθμης 4.2 m (ΚΣΛ +141.8 m, ΑΣΛ +146.0 m)
- Ταμιευτήρας (λιμνοδεξαμενή) Μπράβας:
  - Ανώτατη στάθμη λειτουργίας +560.0 m
  - Κατώτατη στάθμη λειτουργίας +552.3 m για 8 ώρες παραγωγή (+530.0 m για 21 ώρες)
  - Μέγιστη επιφάνεια 544 στρέμματα (στην ΑΣΛ)
  - Ωφέλιμη χωρητικότητα 3.8 hm^3 για 8 h παραγωγή & 11 h άντληση (10.0 hm^3 για 21/29 h)
  - Ισχύς 441 MW (παραγωγή) και 467 MW (άντληση).

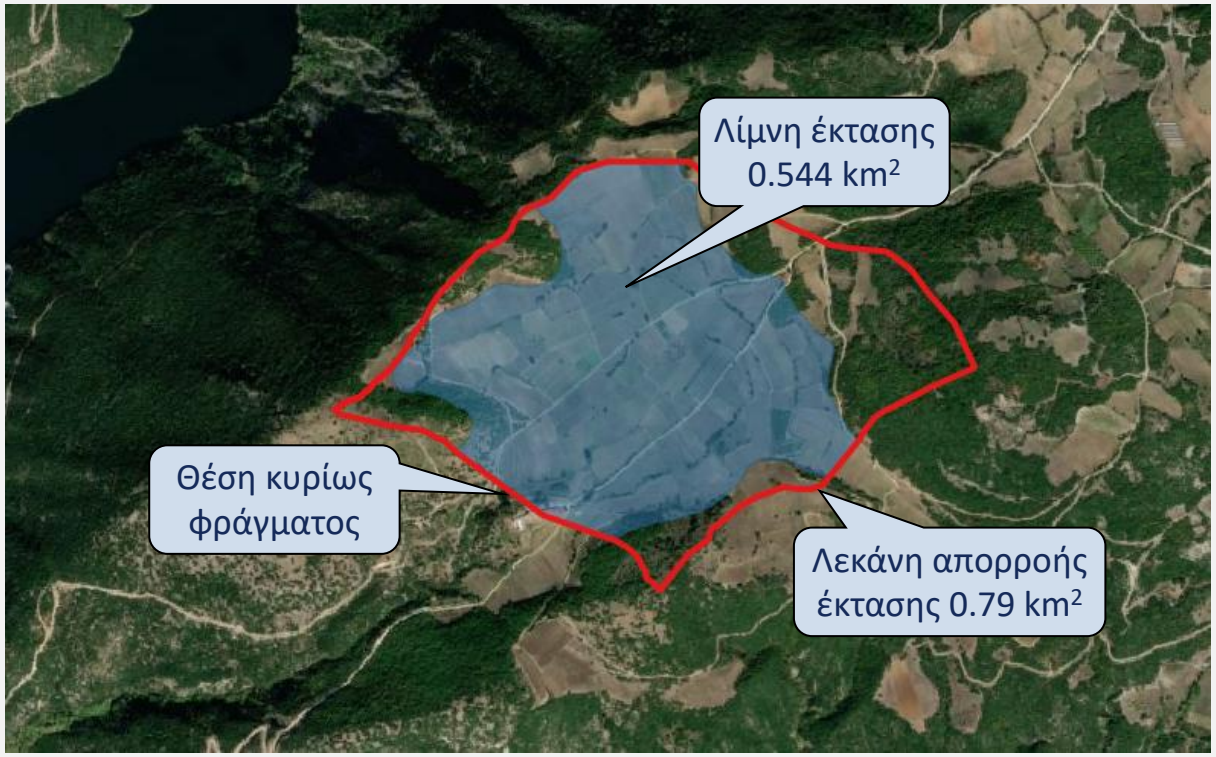


Πηγή: ENVECO Α.Ε., *ΜΠΕ για το έργο αντλησιοταμίευσης στη θέση ταμιευτήρας ΥΗΣ Σφηκιάς (Μπράβας)*, ΔΕΗ Α.Ε., Γενική Δ/νση Σχεδιασμού & Ανάπτυξης Παραγωγής, Διεύθυνση Αδειοδοτήσεων Παραγωγής, Απρίλιος 2024

Έργο αντλησιοταμίευσης Μπράβας: Χωροθέτηση άνω ταμιευτήρα

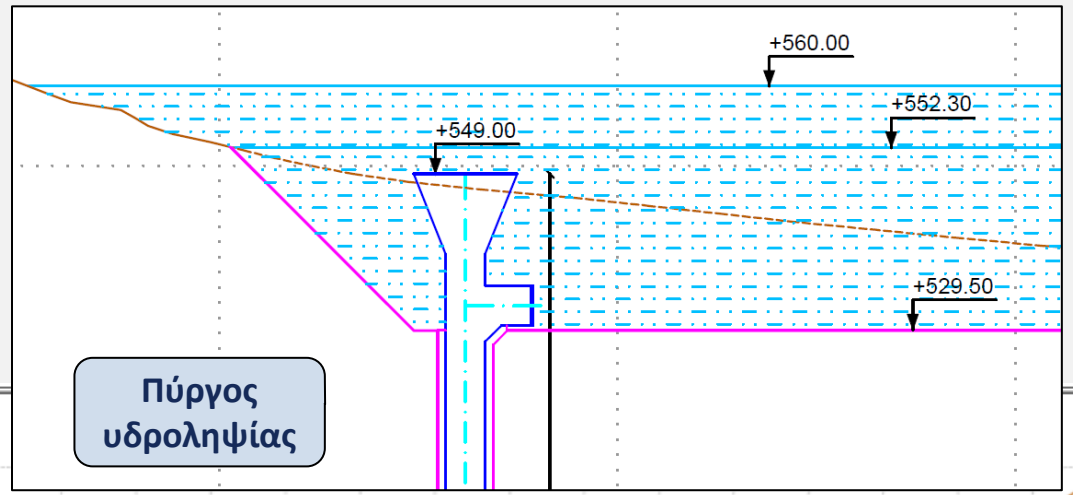
Έργο αντλησιοταμίευσης Μπράβας: Γενική διάταξη έργων





Για τη διαμόρφωση της λιμνοδεξαμενής, θα κατασκευαστεί χωμάτινο φράγμα στο ΝΔ άκρο της λεκάνης, μήκους 435 m και μέγιστου ύψους 45 m (το μεγαλύτερο τμήμα του θα έχει ύψος έως 27 m). Ακόμη, θα απαιτηθεί η κατασκευή ενός μικρού χωμάτινου φράγματος στο ΝΑ άκρο της λεκάνης, μήκους 120 m και μέγιστου ύψος 9 m, και ενός χωμάτινου αναχώματος στο βόρειο άκρο, μήκους 415 m και μέγιστου ύψους 6.5 m.

Έργο αντλησιοταμίευσης Μπράβας: Τεχνικά έργα

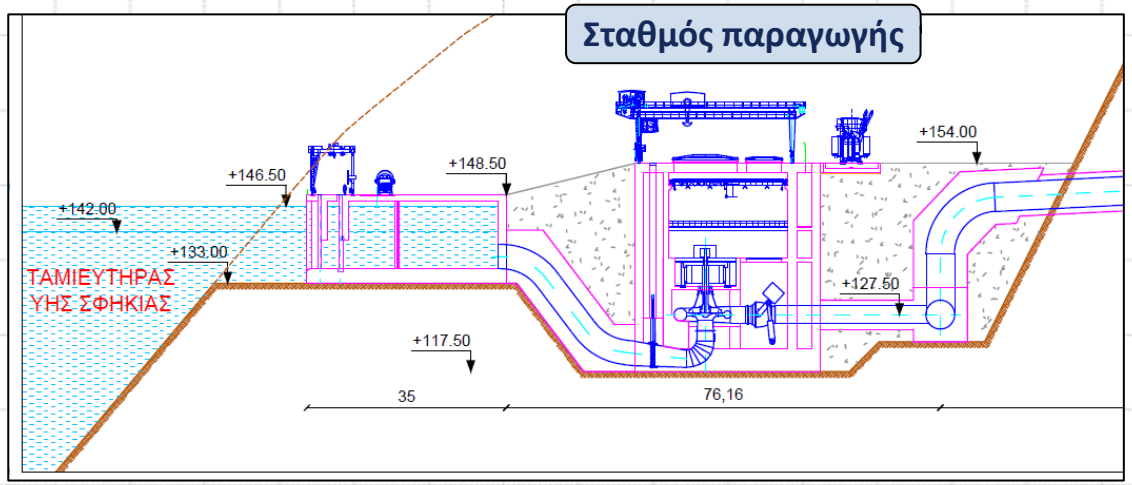


Πύργος υδροληψίας

Φρεάτιο πτώσης

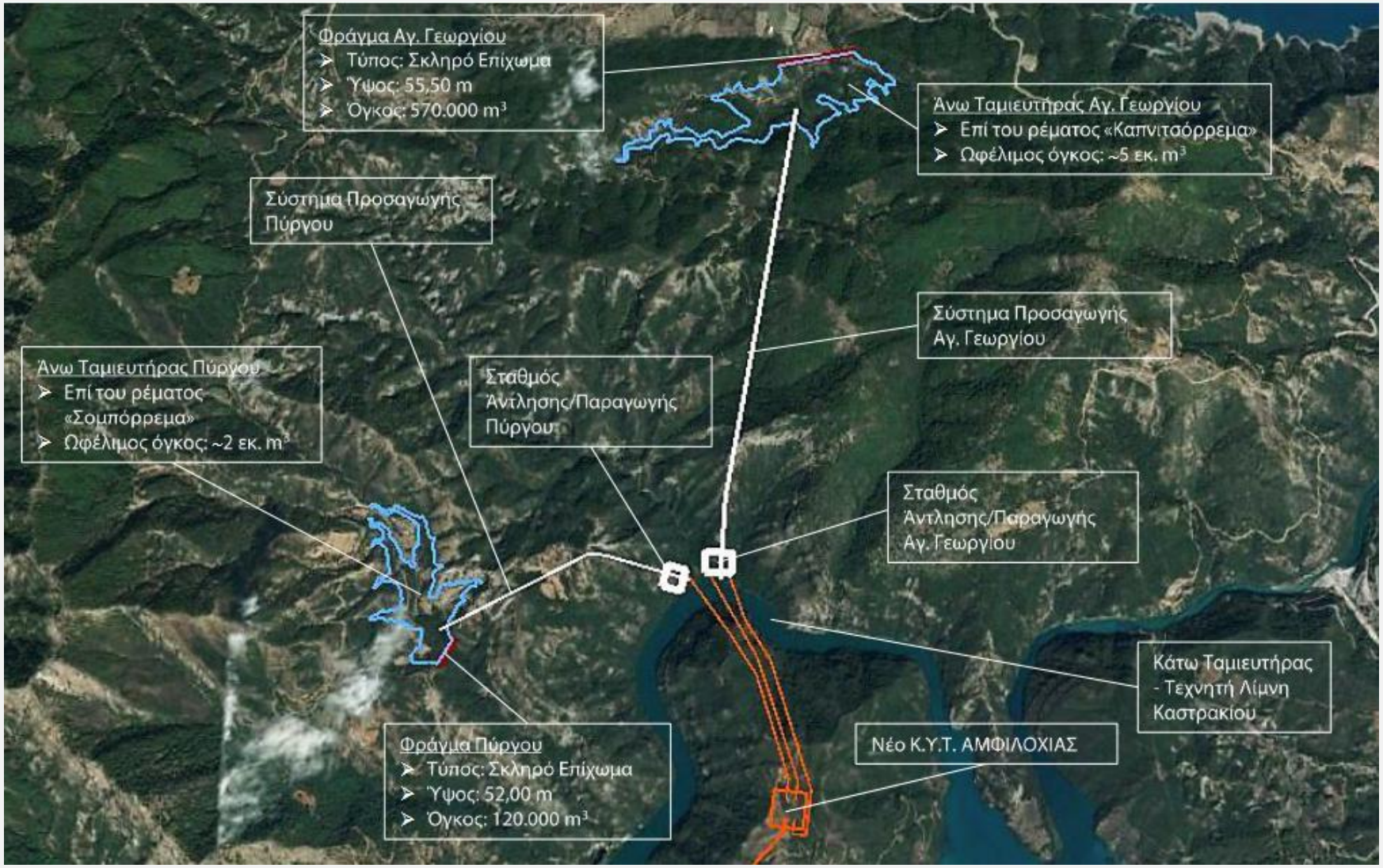
Σταθμός παραγωγής

Σήραγγα προσαγωγής



Σύστημα αντλησιοταμίευσης Αμφιλοχίας: Γενική διάταξη έργων

- Αξιοποίηση ταμιευτήρα Καστρακίου ως κάτω δεξαμενή, και σύνδεσή του με δύο νέους ταμιευτήρες
- Καστράκι: ενδιάμεσο ΥΗΕ συγκροτήματος Αχελώου
- Ωφέλιμος όγκος 97 hm^3 και εύρος στάθμης 4.0 m (με την προσθήκη ανατρεπομένων θυροφραγμάτων στον υπερχειλιστή, το 2010)
- Μηδενική επίπτωση στη λειτουργία του συστήματος Αχελώου



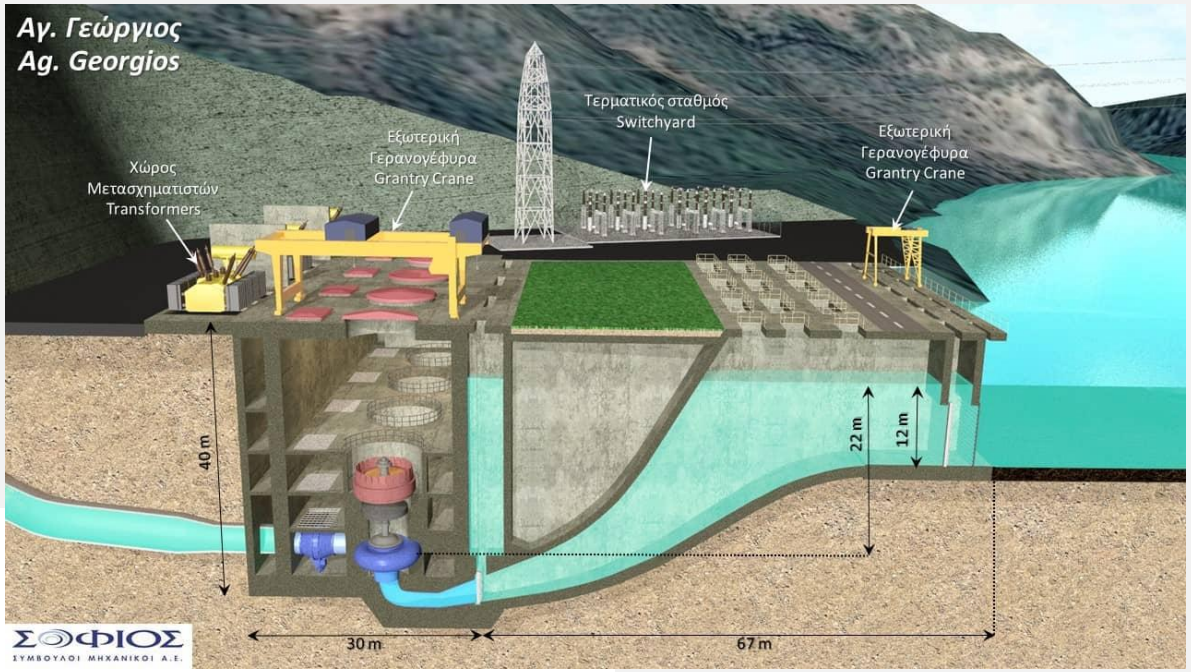
Πηγή: http://hps-amfilochia.gr/wp-content/uploads/2016/11/HPS_Amfilochia_Project-Synopsis_Revised_Sep2016.pdf

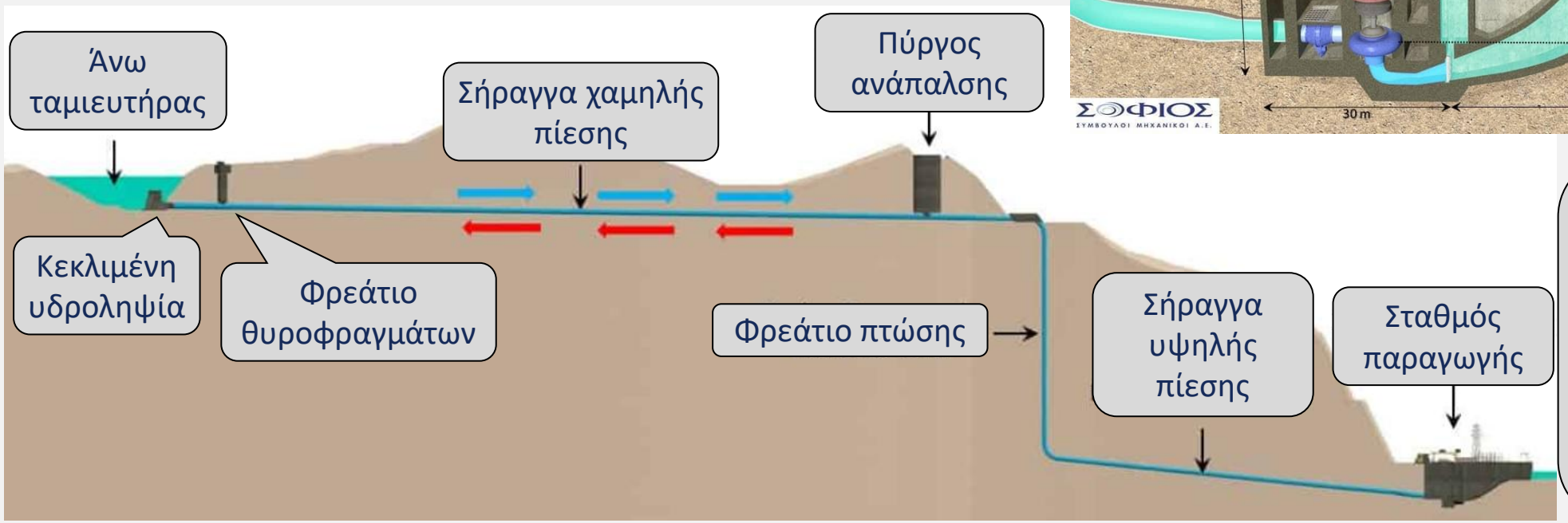
Σύστημα αντλησιοταμίευσης Αμφιλοχίας: Βασικά τεχνικά μεγέθη

- **Ταμιευτήρας Αγ. Γεωργίου**:
  - Υψομ. διαφορά 238 m
  - Χωρητικότητα 5.0 hm^3,
  - 460 MW για παραγωγή
  - 496 MW για άντληση
- **Ταμιευτήρας Πύργου**:
  - Υψομ. διαφορά 285 m
  - Χωρητικότητα 2.0 hm^3,
  - 220 MW για παραγωγή
  - 234 MW για άντληση
- Ετήσια παραγωγή: 816 GWh (άντληση 8 ώρες, παραγωγή 6 ώρες, εκτιμώμενη ετήσια λειτουργία 200 ημέρες)

Σύστημα αντλησιοταμίευσης Αμφιλοχίας: Έργα προσαγωγής

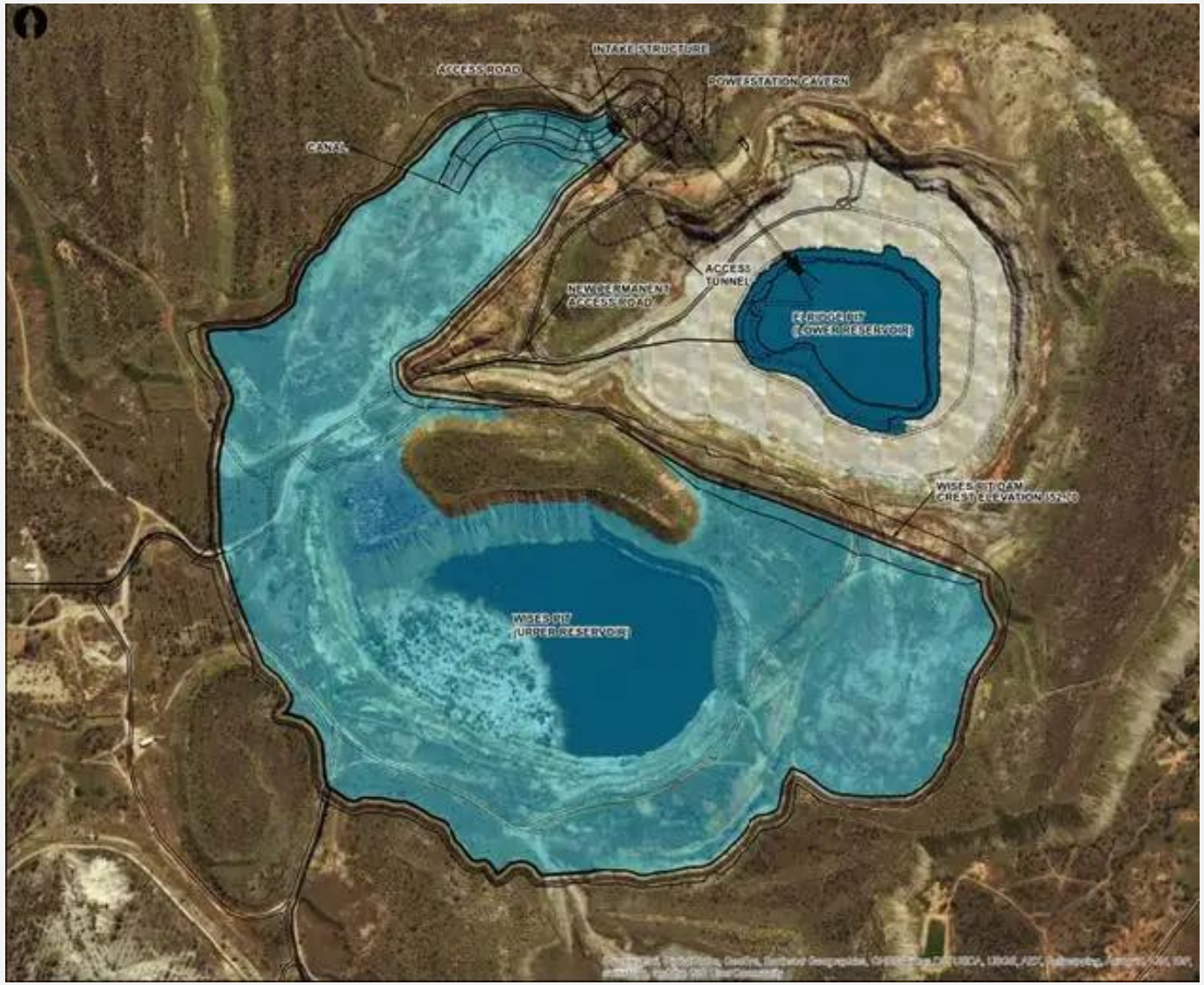
- Γενική διάταξη: σήραγγα χαμηλής πίεσης, φρεάτιο πτώσης και σήραγγα υψηλής πίεσης.
- Τοποθέτηση πύργου ανάπαλσης για προστασία από υδραυλικό πλήγμα
- Τοποθέτηση σταθμού σε βάθος ~10 m κάτω από την κατώτατη στάθμη λειτουργίας του Καστρακίου

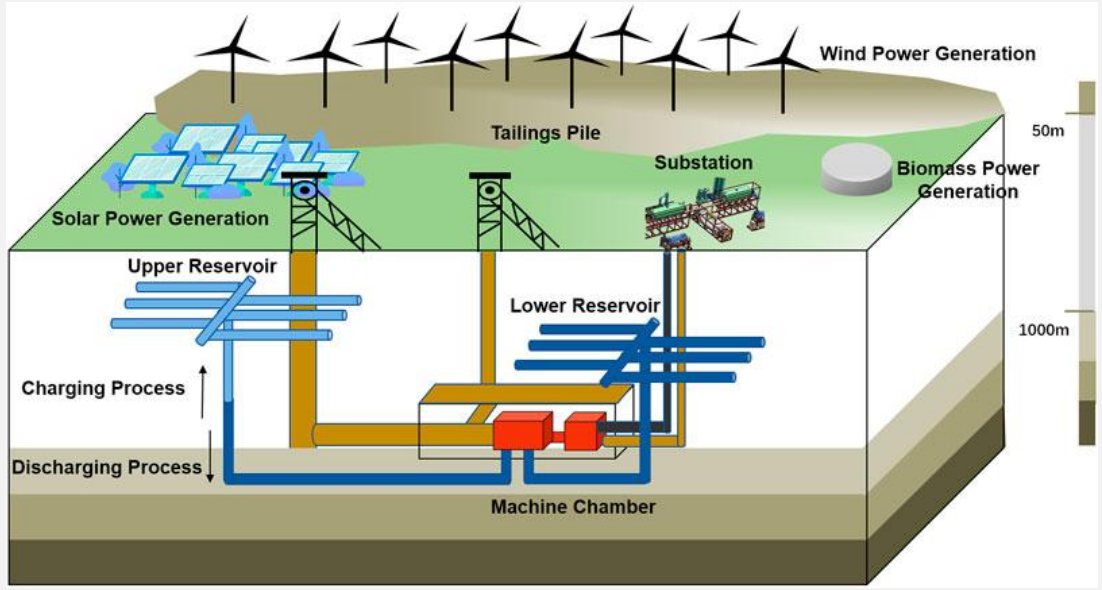




Σημείωση: Άντληση 5 hm^3 προς τον Αγ. Γεώργιο μεταβάλει τη στάθμη του Καστρακίου κατά 20 cm, ενώ άντληση 2 hm^3 προς τον Πύργο μεταβάλει την στάθμη κατά μόλις 8 cm

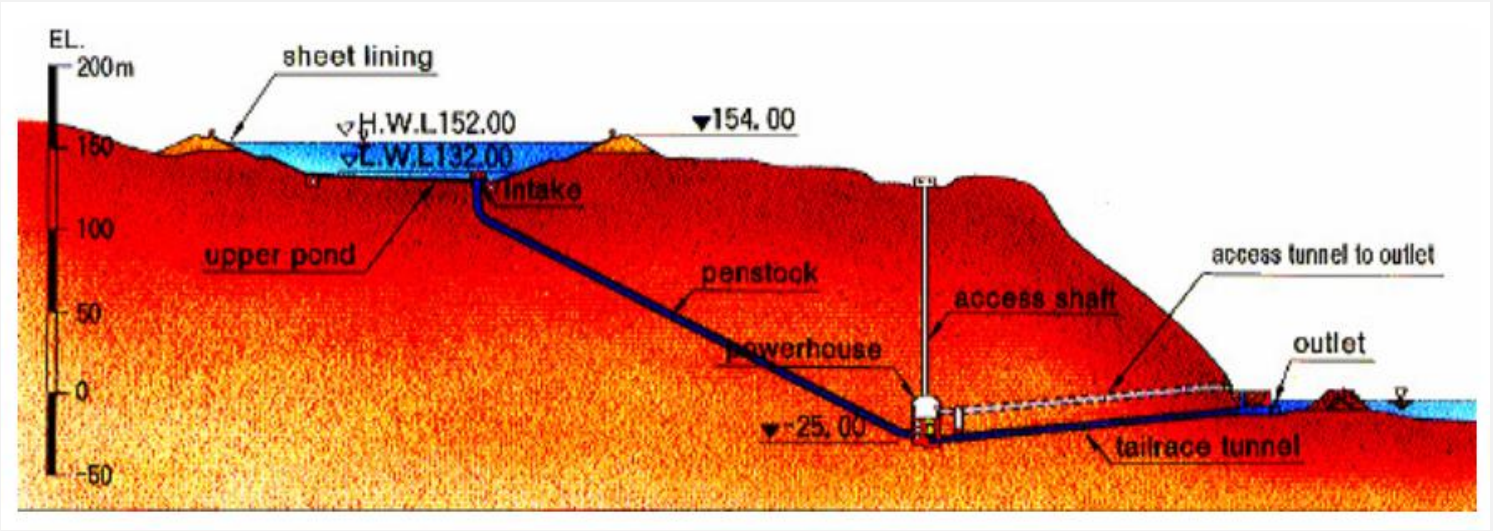
Αξιοποίηση ορυχείων





Η θάλασσα ως κάτω δεξαμενή

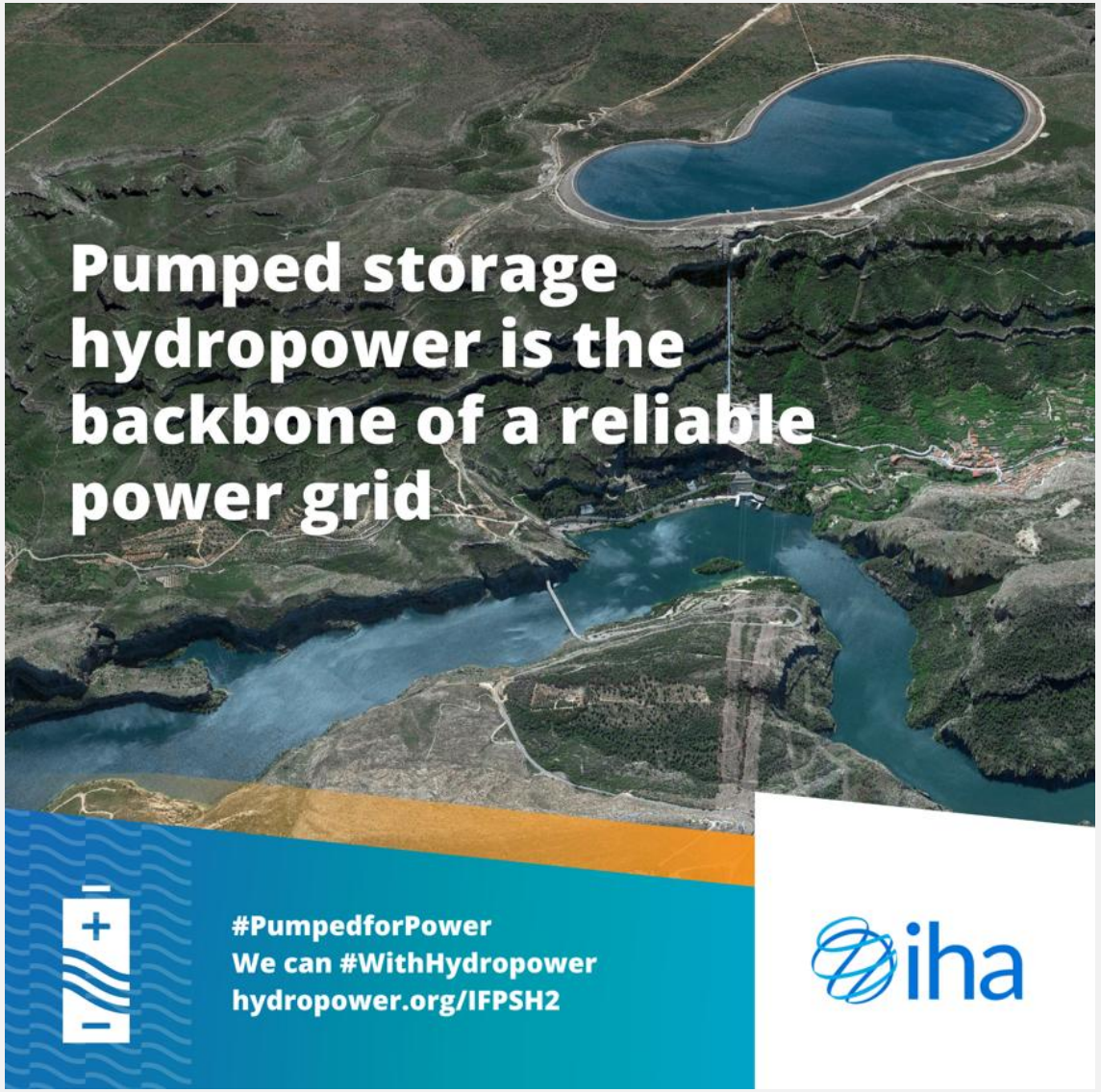
- Γενική διάταξη: Χρήση της θάλασσας ως κάτω δεξαμενής και διαμόρφωση λιμνοδεξαμενής σε κοντινή απόσταση και μεγάλη υψομετρική διαφορά (πρόσφορη λύση για **νησιά**)
- Τεχνικές δυσχέρειες λόγω **διήθησης θαλασσινού νερού** από την άνω δεξαμενή στο έδαφος, **προσκόλλησης θαλάσσιων οργανισμών** στους αγωγούς και **διάβρωσης** στροβίλων και λοιπών μεταλλικών στοιχείων



Okinawa (Ιαπωνία): Το πρώτο τέτοιο έργο στον κόσμο (έναρξη λειτουργίας 1999, ισχύς 30 MW, ύψος πτώσης 140 m, παροχή 26 m^3/s), εγκαταλείφθηκε λόγω λειτουργικών προβλημάτων

Γιατί αντλησιοταμίευση;

- Η πλέον ώριμη τεχνολογία, σημαντική τεχνογνωσία σε θέματα κατασκευής-διαχείρισης-συντήρησης
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (έργα Π/Μ >50 έτη)
- Αποθήκευση πολύ μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας
- Μεγάλη ισχύς, με σχετικά μικρά έργα ταμίευσης
- Μεγάλη χρονική κλίμακα (πολλές ώρες έως ημέρες)
- Θεωρητικά άπειρος αριθμός κύκλων λειτουργίας
- Μεγάλη ευελιξία και άμεση απόκριση στις μεταβολές του φορτίου → ιδεατός ο συνδυασμός με αιολικά
- Βελτίωση σταθερότητας και αξιοπιστίας δικτύου
- Αμελητέα επίδραση στο υδατικό ισοζύγιο
- Αμελητέες απώλειες λόγω αυτοεκφόρτισης
- Οικονομίες κλίμακας, σε όλα τα επίπεδα



Αντί επιλόγου

energy mag

Μενού

Αναζήτηση

ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΤΡΑΜΠ ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | ΓΙΩΡΓΟΣ ΑΛΕΞΑΚΗΣ | 26.03.25 · 08:19

Επί τάπητος το πλάνο αποτροπής μπλακ άουτ το Πάσχα - Τι θα συζητηθεί στην κρίσιμη σύσκεψη στην ΡΑΑΕΥ

Η υψηλή παραγωγή των ΑΠΕ που παρατηρείται την άνοιξη και το φθινόπωρο αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο για μπλακ άουτ, ειδικά, μια περίοδο χαμηλής ζήτησης όπως του Πάσχα