

Υδραυλικές Μηχανές και Ενέργεια

Διάλεξη 3. - Μοντέλα προσομοίωσης ΥΗΕ
- Ροή ρευστών εντός υδραυλικών στροβιλομηχανών

Σκουληκάρης Χαράλαμπος
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχ. Η/Υ, MSc,
PhD

hskoulik@civil.auth.gr

Ανασκόπηση 2^{ου} μαθήματος

- Κλιματική αλλαγή : τα δεδομένα του προβλήματος, οι κυριότερες διεθνείς εξελίξεις & οι ευρωπαϊκές πολιτικές
- Αιτίες που δημιουργούν το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής
 - Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής
 - Ευρωπαϊκές πολιτικές για την κλιματική αλλαγή
 - Ελληνική Εθνική Στρατηγική για την ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ στην Κλιματική Αλλαγή
 - Νομοθεσία και αδειοδοτική διαδικασία

Περιεχόμενα 3^{ου} μαθήματος

A/A	Τρόπος διδασκαλίας	Μάθημα	Περιγραφή	Ώρες
2	Διάλεξη	Υδροηλεκτρική ενέργεια και μικρά υδροηλεκτρικά έργα (Μέρος II)	Νομοθεσία. Εθνική και διεθνής βιβλιογραφία. Μοντέλα προσομοίωσης υδροηλεκτρικής λειτουργίας. Παράδειγμα προσομοίωσης	3
3	Διάλεξη	Κλιματική αλλαγή και υδροηλεκτρική ενέργεια	Εισαγωγή στην κλιματική αλλαγή. Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επιπτώσεις στην υδροηλεκτρική ενέργεια. Παράδειγμα προσομοίωσης υπό συνθήκες κλιματικής αλλαγής	3
4	Διάλεξη	Ροή ρευστών εντός υδραυλικών στροβιλομηχανών	Καθορισμός και είδη υδραυλικών μηχανών, βασικές έννοιες υδραυλικών στροβιλομηχανών,	3

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΕ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ

Πιθανές επιπτώσεις ΚΑ σε ΥΗΣ

Το δυναμικό των πόρων για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται με βάση τα ιστορικά δεδομένα για τις παρούσες κλιματολογικές συνθήκες. Με την αλλαγή του κλίματος, αυτό το δυναμικό των πόρων θα μπορούσε να αλλάξει λόγω:

- Αλλαγές στη ροή των ποταμών (απορροή) που σχετίζονται με αλλαγές στο τοπικό κλίμα, ιδιαίτερα στη βροχόπτωση και τη θερμοκρασία στην περιοχή της λεκάνης απορροής. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολές της απορροής, σε μεταβλητότητα της ροής και της εποχικότητας της ροής (π.χ., χρονική μετατόπιση της υψηλής παροχής της άνοιξης κατά τη διάρκεια του χειμώνα), που επηρεάζουν άμεσα τις δυνατότητες των πόρων για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας.
- Αλλαγές στην ακραία φαινόμενα (πλημμύρες και ξηρασίες) μπορεί να αυξήσει το κόστος και την επικινδυνότητα για τα υδροηλεκτρικά έργα.
- Αλλαγές στη στερεομεταφορά ιζημάτων λόγω των μεταβολών στην υδρολογία και των ακραίων καιρικών φαινομένων. Περισσότερα ιζήματα θα μπορούσαν να αυξήσουν τις φθορές (εκδορές) στη τουρμπίνα και να μειώσουν την αποτελεσματικότητα αυτής. Αυξημένος φορτίο ιζημάτων θα μπορούσε επίσης να συμβάλει στο να γεμίσουν οι ταμιευτήρες γρηγορότερα και να μειωθεί ο αποθηκευτικός όγκος

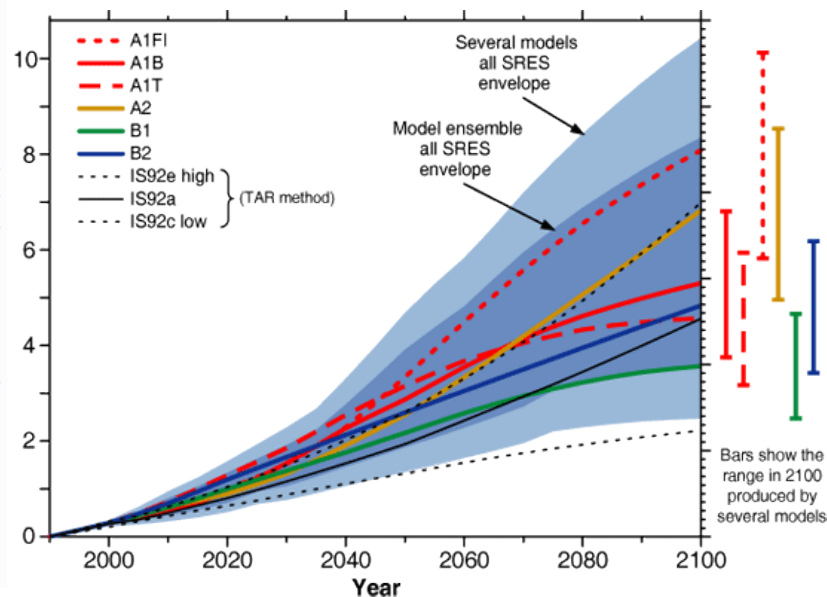
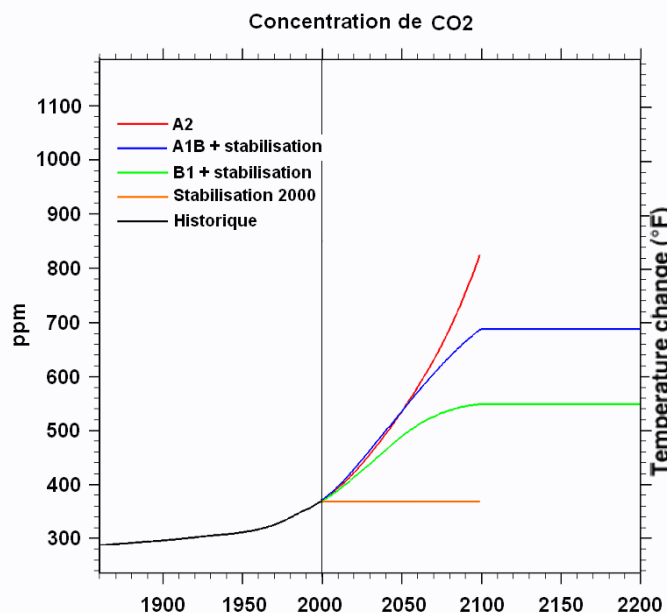
The climate change scenarios

The IPCC scenarios

In 1996 the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) created a report, the « **Special Report on Emission Scenarios** » (SRES). It describes the possible climate change scenarios: « stabilisation 2000 », B1, B2, A1, A2 and their variants.

■ Bulgaria: Decrease of precipitations ?

■ The IPCC scenarios



A1 : rapid economic growth
(groups: A1T; A1B; A1FI) **1.4 - 6.4 °C**

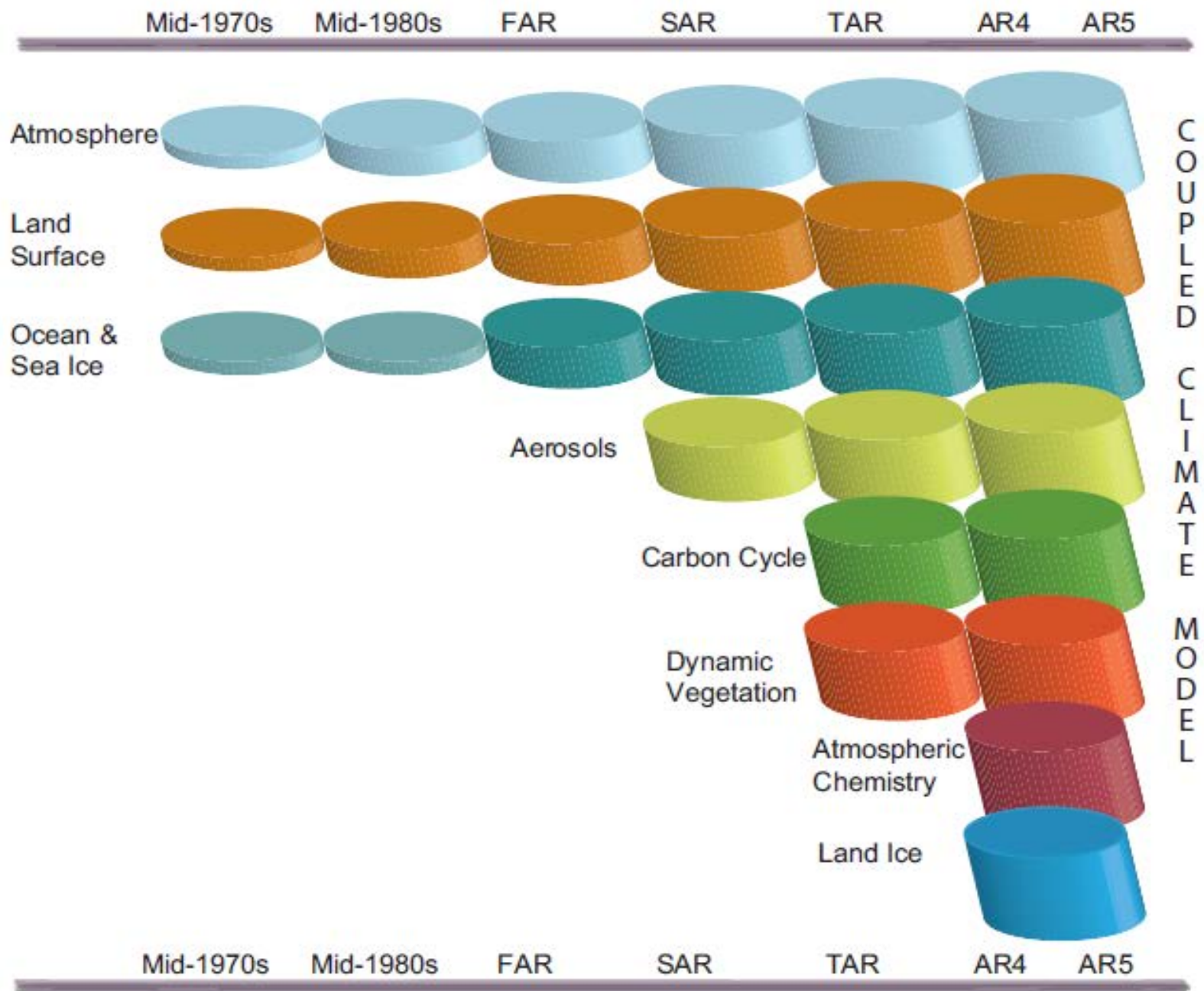
B1: global environmental sustainability **1.1 - 2.9 °C**

A2 : regionally oriented economic development **2.0 - 5.4 °C**

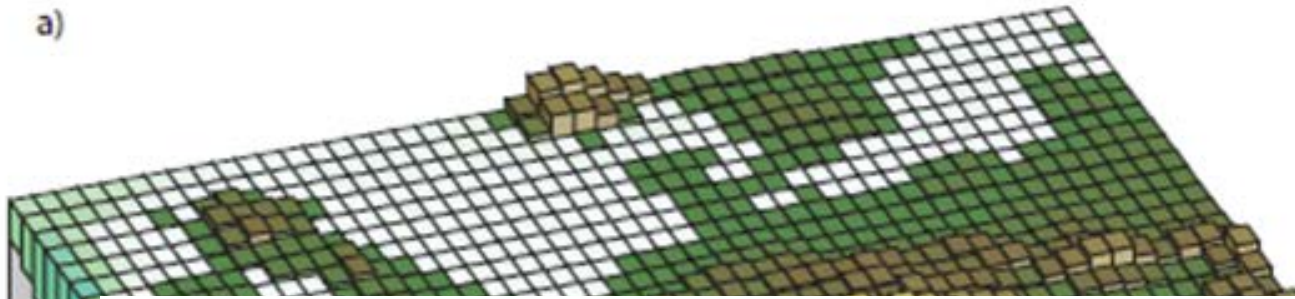
B2 : local environmental sustainability **1.4 - 3.8 °C**

Εκθέσεις αξιολόγησης της Διακυβερνητικής επιτροπής για την αλλαγή του κλίματος

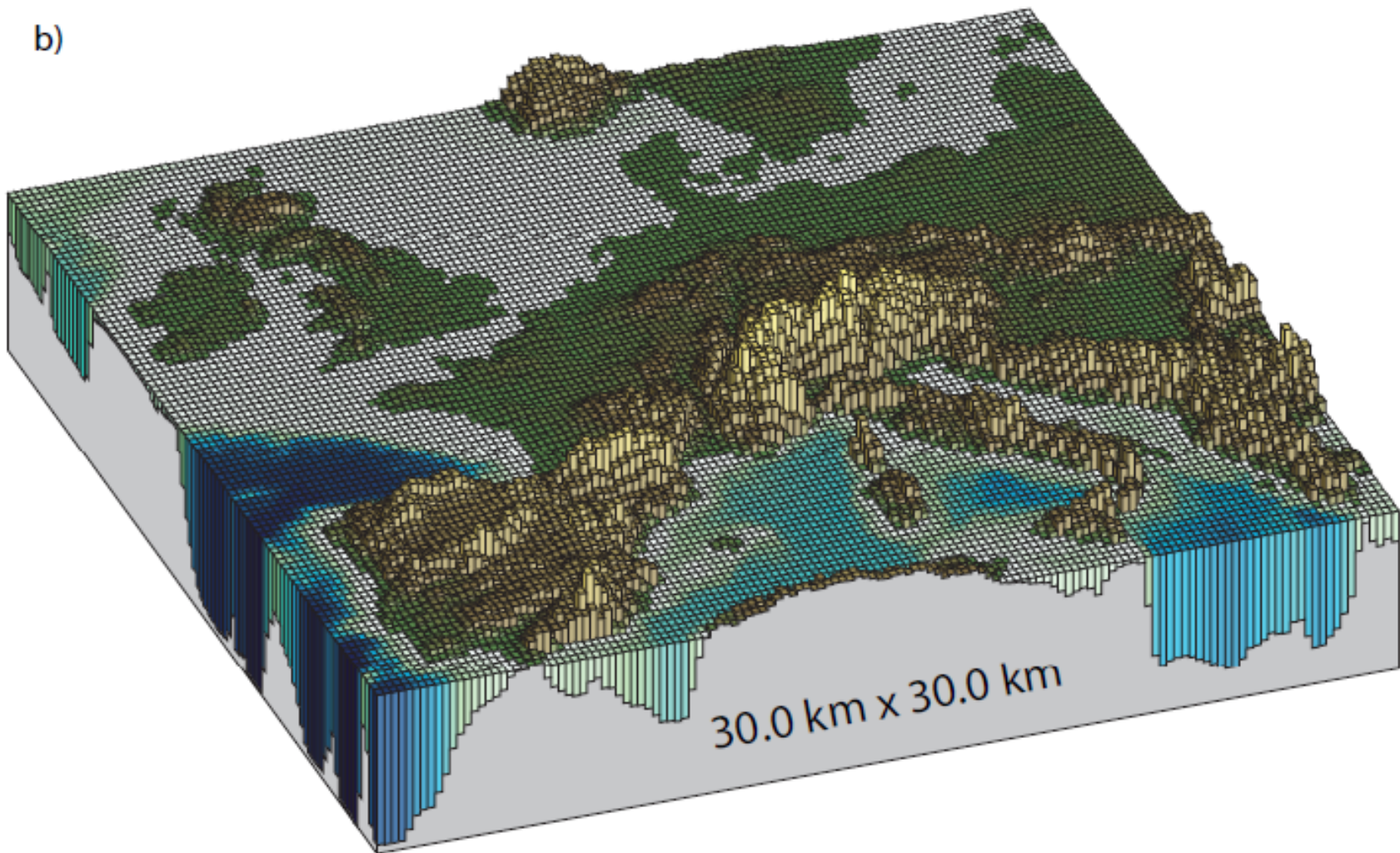
- ***IPCC First Assessment Report 1990 (FAR)***
- ***IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR)***
- ***IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001 (TAR)***
- ***IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)***
- ***IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5)***



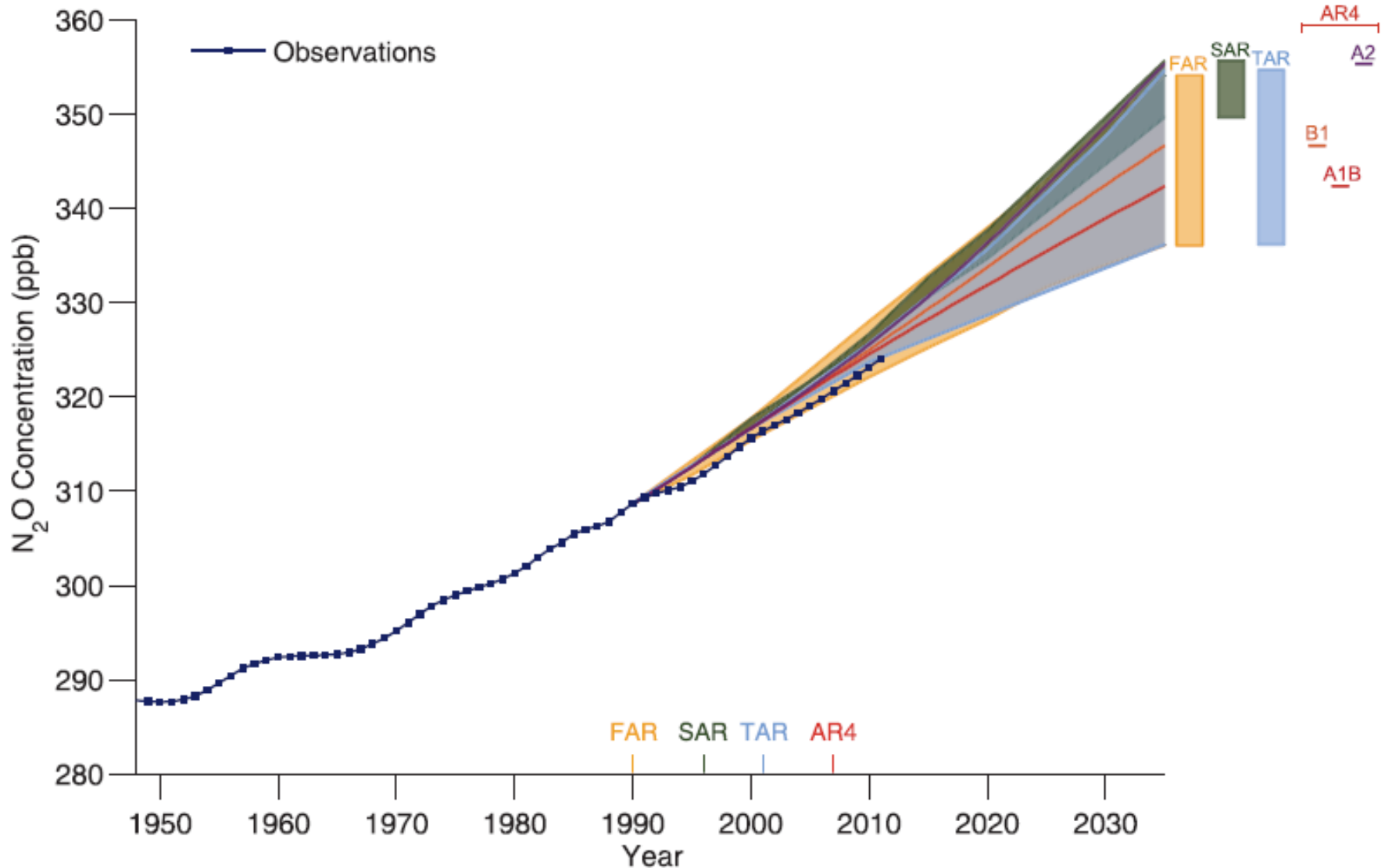
a)



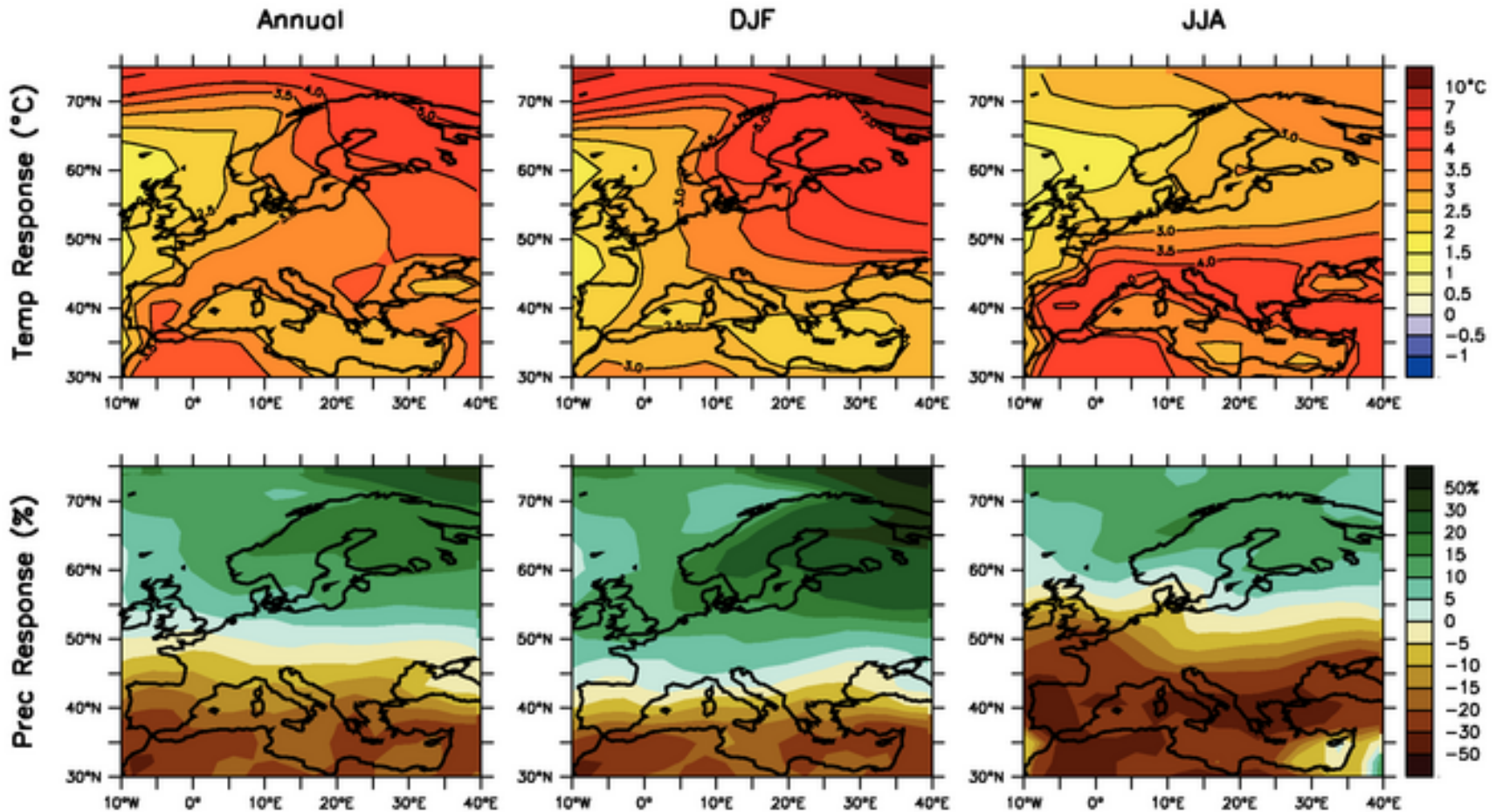
b)



CO₂, CH₄, N₂O projections

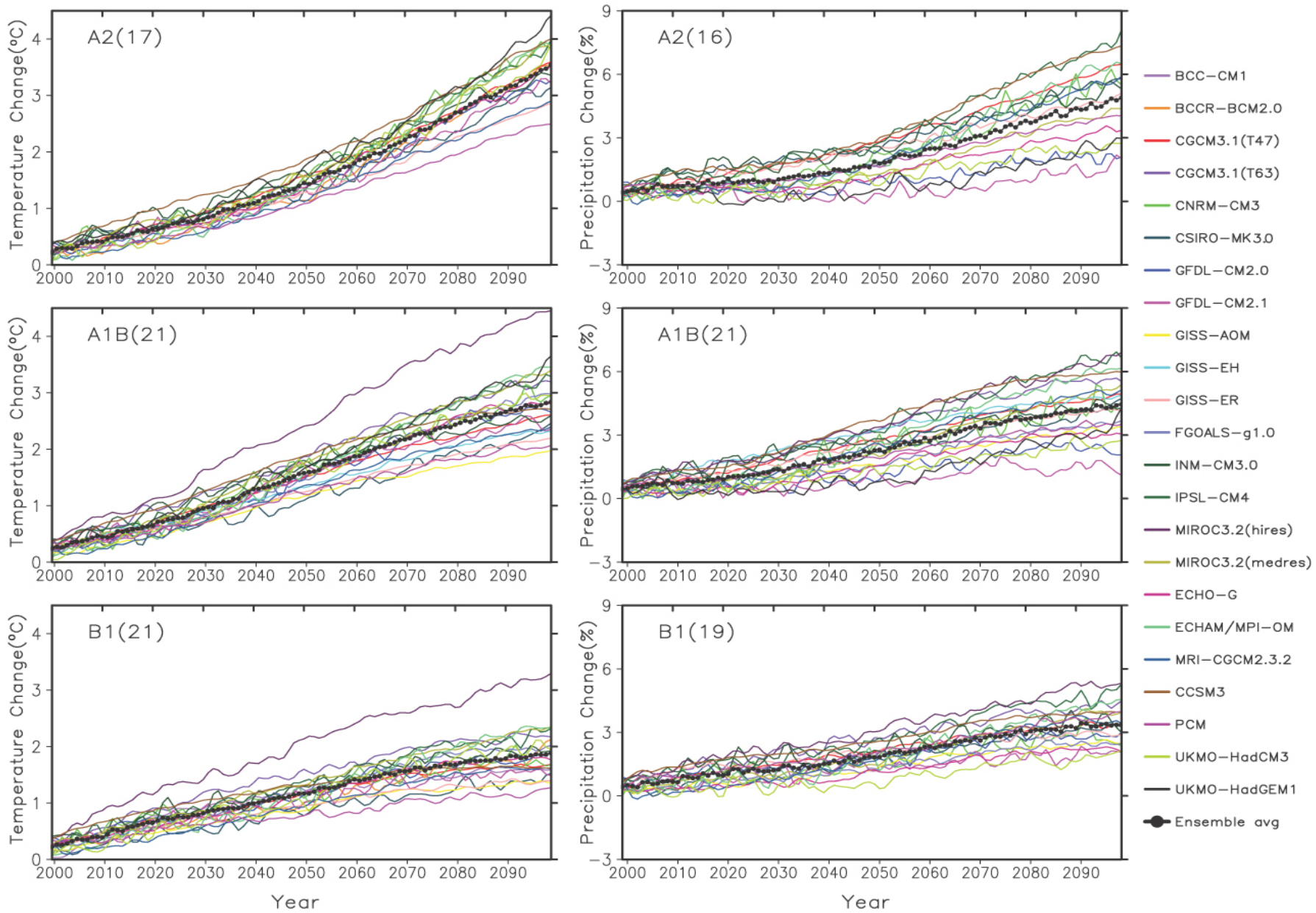


Climate Change Projections

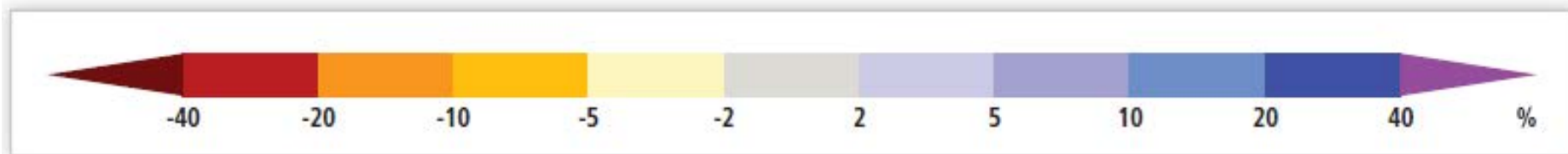
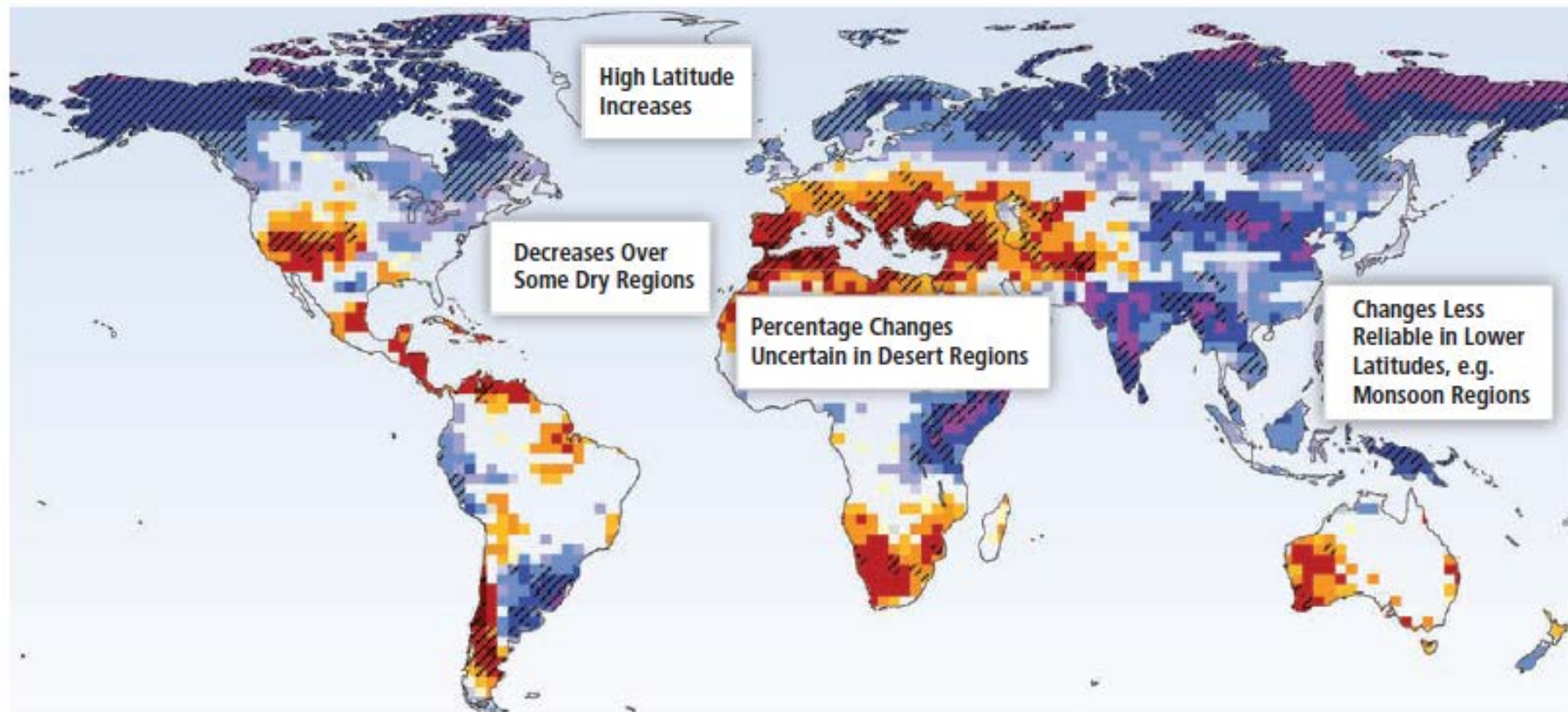


Temperature and precipitation changes over Europe from the MMD-A1B simulations, averaged over 21 models.

Source: GISS NASA



Source: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007: WG I: The Physical science Basis



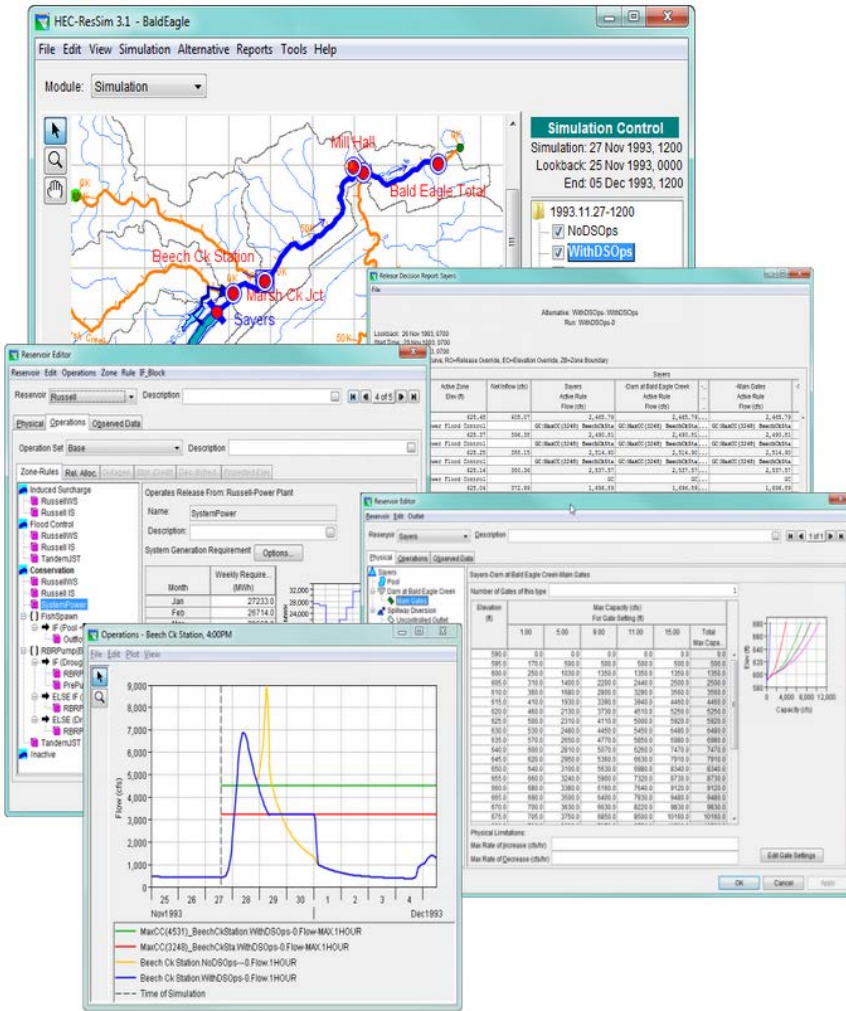
1 | Large-scale changes in annual runoff (water availability, in percent) for the period 2090 to 2099, relative to 1980 to 1999. Values represent the median of 12 climate model projections using the SRES A1B scenario. White areas are where less than 66% of the 12 models agree on the sign of change and hatched areas are where more than 90% of models agree on the sign of change. Source: IPCC (2007a).

ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ HEC-RESSIM

Μοντέλο HEC-ResSim (1)

Το μοντέλο HEC-5 είναι ένα μοντέλο προσομοίωσης πλημμυρών και διαχειριστικών συστημάτων σε περίπτωση πλημμυρών, το οποίο αναπτύχθηκε το 1973 από το Υδρολογικό Κέντρο Μηχανικής (Hydrologic Engineering Center) του Σώματος Μηχανικών του Στρατού των Η.Π.Α (U.S. Army Corps of Engineers).

Η αρχική μορφή του προγράμματος επέτρεπε την προσομοίωση ενός μόνο πλημμυρικού γεγονότος, αλλά κατά την διαδικασία ανανέωσης του μοντέλου προστέθηκαν λειτουργίες όπως η προσομοίωση πολλαπλών πλημμυρικών γεγονότων, η παροχή νερού για κάλυψη της ύδρευσης και ο έλεγχος λειτουργίας υδροηλεκτρικών έργων. Η προσομοίωση της ανάστροφης λειτουργίας ΥΗΣ εισήχθη στο πρόγραμμα το 1977. Το κώδικας του προγράμματος ήταν γραμμένος σε FORTRAN και ήταν συμβατός με τη γλώσσα προγραμματισμού του συστήματος αποθήκευσης δεδομένων HEC-DSS.



Μοντέλο HEC-ResSim(2)

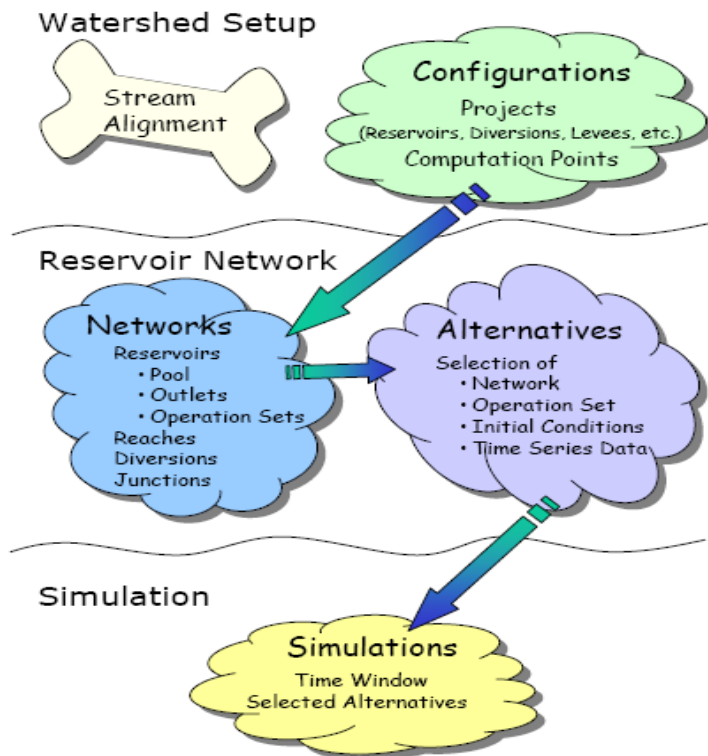
Η πλέον ανανεωμένη και επιχειρησιακή έκδοση του μοντέλου HEC-5 είναι το μοντέλο HEC-ResSim (HEC – Reservoir Simulation) το οποίο χρησιμοποιεί ένα φιλικό γραφικό περιβάλλον (graphical user interface – GUI).

Στο HEC-ResSim η προσομοίωση παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει ως καινούργια στοιχεία την προσομοίωση παραγωγής ενέργειας χωρίς τη ύπαρξη φράγματος συγκράτησης των νερών, την παραγωγή μέγιστης ενέργειας και τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας που προέρχεται από την αναστρέψιμη λειτουργία. Επιπρόσθετα, η ποσότητα νερού που απελευθερώνεται από το φράγμα μπορεί να ρυθμιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να πραγματοποιείται μέγιστη παραγωγή ενέργειας τόσο σε μηνιαία όσο και σε ημερήσια ή ωριαία βάση. Το μοντέλο λαμβάνει επίσης υπόψη την χωρητικότητα της σήραγγας φυγής, τις πιθανές απώλειες νερού και ενέργειας, καθώς και πιθανές περιπτώσεις διαρροών.

Το μοντέλο επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει διαφορετικά εναλλακτικά σενάρια και με ταυτόχρονη προσομοίωση των σεναρίων αυτών να είναι σε θέση να συγκρίνει τα αποτελέσματα. Το πρόγραμμα HEC-ResSim είναι συμβατό επίσης με τα αρχεία δεδομένων (shapefiles) του ArcGIS, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χάρτες υποβάθρου για την καλύτερη απεικόνιση του των φυσικών χαρακτηριστικών του συστήματος

Μοντέλο HEC-ResSim (3)

Το πρόγραμμα HEC-ResSim αποτελείται από τρία κύρια προγράμματα (modules) τα οποία είναι: 1) καθορισμός-οργάνωση του υδροκρίτη (watershed setup), 2) καθορισμός του δικτύου των ταμιευτήρων (reservoir network definition) και 3) διαχείριση των σεναρίων προσομοίωσης (simulation scenario management).



Καθορισμός-οργάνωση του υδροκρίτη

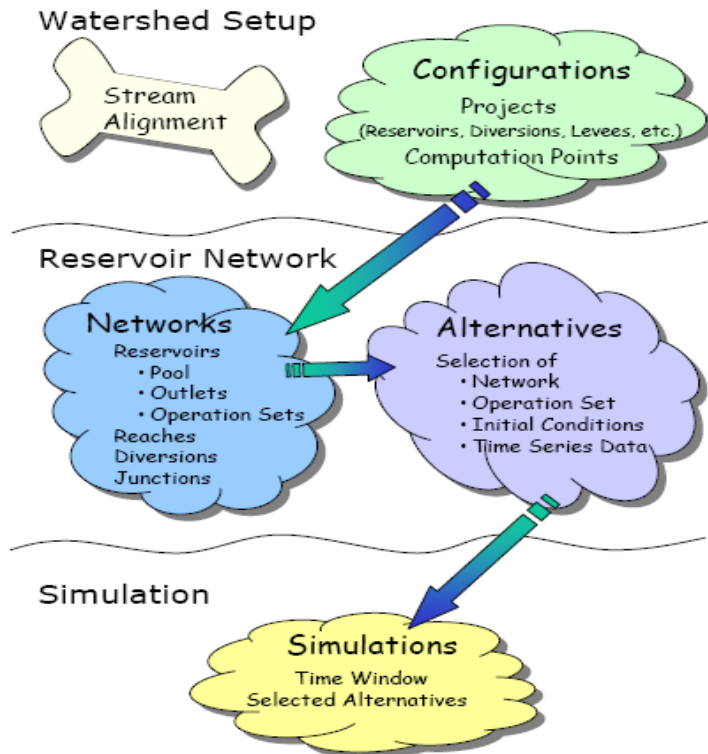
Δημιουργία και τον καθορισμό των παραμέτρων του υδροκρίτη. Ο υδροκρίτης συνδέεται με μια γεωγραφική περιοχή στην οποία υπάρχουν πολλά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Επομένως, ο υδροκρίτης μπορεί να περιλαμβάνει το υδρογραφικό δίκτυο, διάφορα έργα (ταμιευτήρες, φράγματα, αντιπλημμυρικά έργα, περιβαλλοντικές περιοχές), καθώς και υδραυλικά και υδρολογικά δεδομένα.

Καθορισμός του δικτύου των ταμιευτήρων

Σχηματική απεικόνιση του δικτύου των ταμιευτήρων, την περιγραφή των φυσικών αλλά και των επιχειρησιακών στοιχείων των φραγμάτων και των ταμιευτήρων, καθώς και την ανάπτυξη των διαφόρων διαχειριστικών σχεδίων.

Μοντέλο HEC-ResSim (4)

Το πρόγραμμα HEC-ResSim αποτελείται από τρία κύρια προγράμματα (modules) τα οποία είναι: 1) καθορισμός-οργάνωση του υδροκρίτη (watershed setup), 2) καθορισμός του δικτύου των ταμιευτήρων (reservoir network definition) και 3) διαχείριση των σεναρίων προσομοίωσης (simulation scenario management).



Διαχείριση σεναρίων προσομοίωσης

Σκοπός του προγράμματος «Διαχείριση σεναρίων προσομοίωσης» είναι να απομονώσει την παραγωγή των αποτελεσμάτων από τις υπόλοιπες διεργασίες. Εφόσον ο καθορισμός των παραμέτρων στα δύο προηγούμενα προγράμματα έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία, τότε ο χρήστης είναι σε θέση να παράγει τα αποτελέσματα των διαφόρων σεναρίων λειτουργίας.

[HEC-ResSim Users Manual](#)

Μοντέλο HEC-ResSim (5)

www.hec.usace.army.mil/software/hec-ressim/downloads.aspx

Search



Hydrologic Engineering Center

US Army Corps of Engineers

ABOUT NEWSLETTERS SOFTWARE PUBLICATIONS TRAINING VISITORS LINKS CONTACT

HOME > SOFTWARE > HEC-RESSIM > DOWNLOADS

HEC-ResSim

[HEC-ResSim](#)

[Features](#)

[What's New](#)

[Downloads](#)

[Documentation](#)

[Known Issues](#)

[Bug Report](#)

[Suggestions](#)

[Support Policy](#)

HEC-ResSim has been developed for the U.S. Army Corps of Engineers. However, software developed at the Hydrologic Engineering Center is made available to the public whenever appropriate. Use is not restricted and individuals outside of the Corps of Engineers may use the program without charge. HEC will not provide user assistance or support for this software to non-Corps users. Downloading this software indicates full acceptance of your responsibility in the use of this program. Please see the distribution policy for more details.

HEC-Res Sim 3.1:

The setup packages include HEC-ResSim 3.1, Documentation, and Example Watersheds.

[Download HEC-ResSim 3.1 Setup Package \(67.9 MB\)](#)

[Download HEC-ResSim 3.1 64-bit Setup Package \(64.7 MB\)](#)

If you're using a 64-bit version of Windows with more than 4GB of RAM it's recommended that you use the 64-bit version of HEC-ResSim. It allows HEC-ResSim to use more RAM which can improve compute times and data visualization performance.

Supported Operating Systems:

Windows XP, Vista, 7, 8, and 8.1 both 32-bit and 64-bit

Archived Versions:

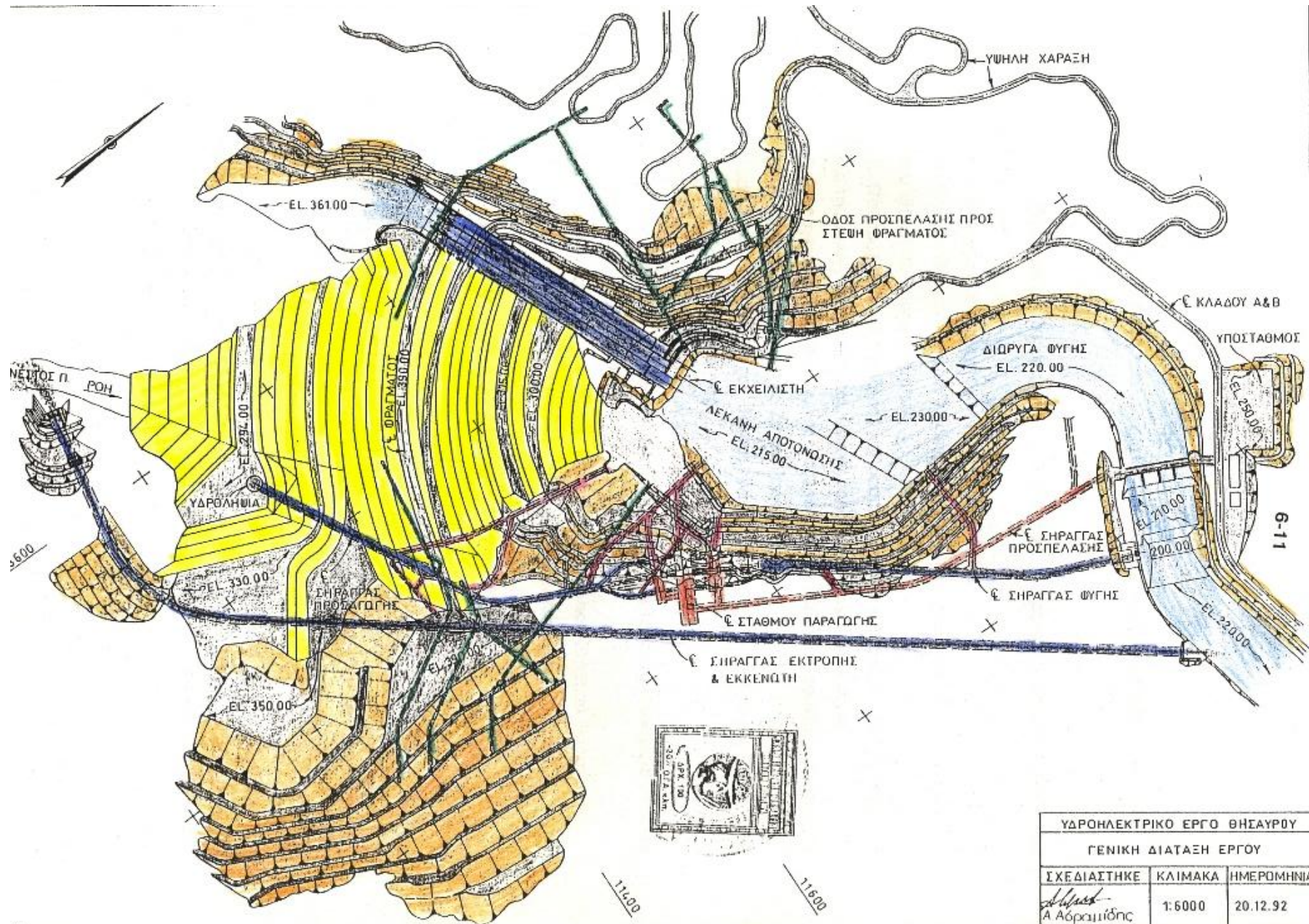
[Download HEC-HEC-ResSim 3.0a](#)

[Download HEC-HEC-ResSim 2.0](#)

BUILDING STRONG®



[Accessibility](#) [Information Quality Act](#) [Public Inquiries](#)
[Contact Us](#) [Link Disclaimer](#) [Site Map](#)
[FOIA](#) [Privacy & Security](#)

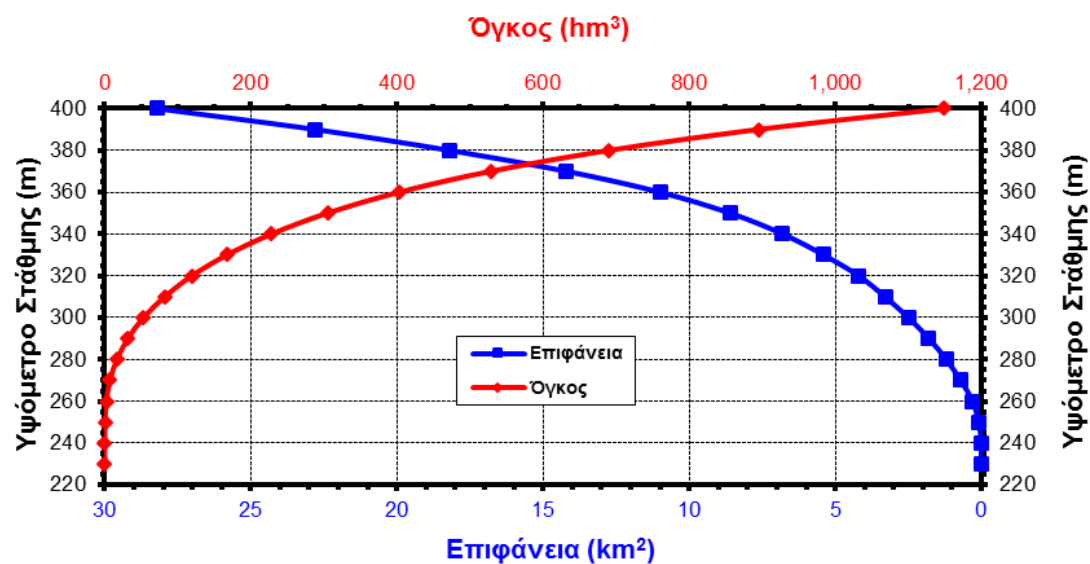


ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΡΓΟ ΘΗΣΑΥΡΟΥ		
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΟΥ		
ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΕ	ΚΛΙΜΑΚΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
<i>A. Αβραμίδης</i>	1:6000	20.12.92

Παράμετροι	Θησαυρός	Πλατανόβρυση	Τέμενος
Λεκάνη απορροής πλημμυρών (Km ²)	4263	4655	4666.4
Λεκάνη απορροής απορροών (Km ²)	3698	4090	4101.4
Μέση παρογή (1964-65/1982-83) (m ³ /sec)	38.84	43.14	45.22
Ανώτατη στάθμη λειτουργίας (ΑΣΛ) (m)	380	227.5	154
Κατώτατη στάθμη λειτουργίας (m)	320	223.5	147
Όγκος στη ΑΣΛ 10 ⁶ m ³	750	84	11.35
Ωφέλιμος όγκος 10 ⁶ m ³	565	11	6.00
Επιφάνεια ταμιευτήρα στην ΑΣΛ (Km ²)	18	3.25	1.05
Στάθμη Διώρυγας Φυγής (m)	226	151	127
Ύψος σημείου υδροληψίας	309	190	137.8
Ύψος υπερχειλιστή	385.82	229.95	159.5
Τύπος Φράγματος	Λιθόρριπτο με αδιαπέρατο πυρήνα	Βαρύτητας από κυλινδρικό σκυρόδεμα (RCC)	Βαρύτητας από σκυρόδεμα
Ύψομετρο στένης φράγματος (m)	390	230	160
Ύψος φράγματος από τη θεμελίωση (m)	175	95	45
Αριθμός μονάδων	3	2	3
Συνολική ισχύς (MW)	300	100	19.5
<u>Παραγόμενη ενέργεια:</u>			
Πρωτεύουσα GWh	285	167	50
Δευτερεύουσα GWh	140	73	22
Συνολική GWh	425	240	72

Πίνακας 15 – Τεχνικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά παραγωγής ενέργειας των φραγμάτων του ποταμού Νέστο.

Καμπύλες Στάθμης - Επιφάνειας - Όγκου Ταμιευτήρα Θησαυρού



- Σχετικά με την ΡΑΕ
- Θεσμικό Πλαίσιο
- Ηλεκτρισμός
- Φυσικό Αέριο
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
- Πετρελαιοειδή
- Καταναλωτές
- Διεθνείς Δραστηριότητες
- Μητρώο
- Διαττησία
- Remit
- PCI

Εκτεταμένη Αναζήτηση

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πειραιώς 132,
118 54, Αθήνα

Τηλ.: 210-37.27.400
Fax: 210-32.55.460
e-mail: info@rae.gr

Τελευταία Ενημέρωση: 17/10/2016



© P.A.E. All Rights Reserved

Οδηγός Αξιολόγησης

- [Καθορισμός ενεργειακής αποδοτικότητας για Οδηγός Αξιολόγησης αιτήσεων για χορήγηση αιολικών σταθμούς, ως προς το κριτήριο της Οδηγός αξιολόγησης αιτήσεων παραγωγής τ](#)
- [Διευκρινήσεις στον οδηγό αξιολόγησης αιτ συγκριτική αξιολόγηση](#)
- [Οδηγός Αξιολόγησης Έργων Συμπαράγωγι ενεργειακής αποδοτικότητας έργων» σε ε προαναφερόμενου Οδηγού.](#)

Η ΡΑΕ ενέκρινε με την υπ. αρ. 3887 απόφ ως προς το κριτήριο της ενεργειακής αποτ ισχόν νομικό πλαίσιο και ειδικότερα το νό 1/οικ.15606 (ΦΕΚ Β' 1420/15.6.2009), εν του κεκμένου. Το φύλλο υπολογισμών δια δεικτών με την νέα έκδοση του Οδηγού. [Κείμενο με παρακολούθηση αλλαγών σε ογ Προηγούμενη έκδοση του Οδηγού αξιολόγ και μικρή Σ.Η.Θ.](#)

- [Φύλλο υπολογισμών για την εκτίμηση της εν Οδηγός Αξιολόγησης Αιτήσεων για χορήγισ Διαδικασία τεκμηρίωσης και αξιολόγησης παραγωγής ή/και προμήθειας](#)



ΟΔΗΓΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΙΤΗΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΜΙΚΡΗ ΣΗΘ

Το έργο χρηματοδοτήθηκε από:
Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης 2000-2006, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΤΠΑ - Ελληνικό Δημόσιο)

ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ροή ρευστών εντός υδραυλικών στροβιλομηχανών

Συγγράμματα/Εκπαιδευτικό υλικό

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΑΙ Μηχανική Ρευστών ΠΡΩΤΟΣ ΤΟΜΟΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Υπό
Ιωάννου Βασιλείου Σούλη
Αναπληρωτού Καθηγητού
Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης



ΞΑΝΘΗ

εκδόσεις - ΑΙΒΑΖΗΣ - Θεσσαλονίκη

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΑΙ Μηχανική Ρευστών ΤΡΙΤΟΣ ΤΟΜΟΣ ΛΥΜΕΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Υπό
Ιωάννου Βασιλείου Σούλη
Αναπληρωτού Καθηγητού
Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης



ΞΑΝΘΗ 2007

εκδόσεις: ΑΙΒΑΖΗΣ Θεσσαλονίκη

Συγγράμματα/Εκπαιδευτικό υλικό

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΑΙ Μηχανική Ρευστών ΠΡΩΤΟΣ ΤΟΜΟΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ	Μονάδες
A επιφάνεια	(m ²)
α συντελεστής διορθώσεως κινητικού ύψους	
α γωνία ρευστού	(^ο)
α,β,γ συντελεστές επί της γεωμετρίας των σκαφιδίων	
B βάρος	(N)
β γωνία πτερυγίων	(^ο)
β διορθωτικός συντελεστής ορμής	
Γ κυκλοφορία	(m ² /s)
γ ειδικόν βάρος	(N/m ³)
γ λόγος ειδικών θερμοχωρητικότητων	
E εισροή	(m ³)
E ενέργεια συστήματος	(J, kWh)
E _n ωφέλιμος ενέργεια	(J)
Z ζήτησις όγκου	(m ³)
H _d ύψος πτώσεως μελέτης	(m) ύδατος
H _m μέσον ύψος πτώσεως	(m) ύδατος
H _n καθαρόν ύψος πτώσεως	(m) ύδατος
H _{στ} στατικών ύψος πτώσεως	(m) ύδατος
H _ο ολικόν ύψος πίεσεως	(m) ύδατος
H _R ύψος δρομέως	(m) ύδατος
θ γωνία	(^ο)
I ισχύς	(W)
I _E εγκατεστημένη ισχύς	(W)
I _m μέσον φορτίον	(W)

ακρ	ακροφύσιον
αντλ	αντλία
ατμ	ατμόσφαιρα
αφ	αγωγός φυγής
εισ	είσοδος
εξ	έξοδος
γεν	γεννήτρια
δρ	δρομέυς
μ	μονάδος
μετ	μετασχηματιστής
μο	μέσος όρος
ο	ολική τιμή
ο	έξοδος εκ των οδηγών πτερυγίων
ορ	ολική σχετική τιμή
στρ	στρόβιλος
στρ	στροφή

Διεθνείς

d	discharge (κατάθλιψις)
in	internal (εσωτερική)
m	model (ομοίωμα)
max	maximum (μεγίστη τιμή)
p	prototype (πρωτοτύπων)
R	rotor (δρομέυς)
r	relative (σχετική τιμή)
s	suction (αναρρόφησης)
s	similiar (όμοιος)
u	unit (μονάδος)
wv	water-vapour (ύδατος-ατμών)

Αριθμοί - σύμβολα

1	ανάντη (συνήθως)
1-2	εκ της θέσεως 1 προς θέσιν 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΡΟΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΕΝΤΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΩΝ

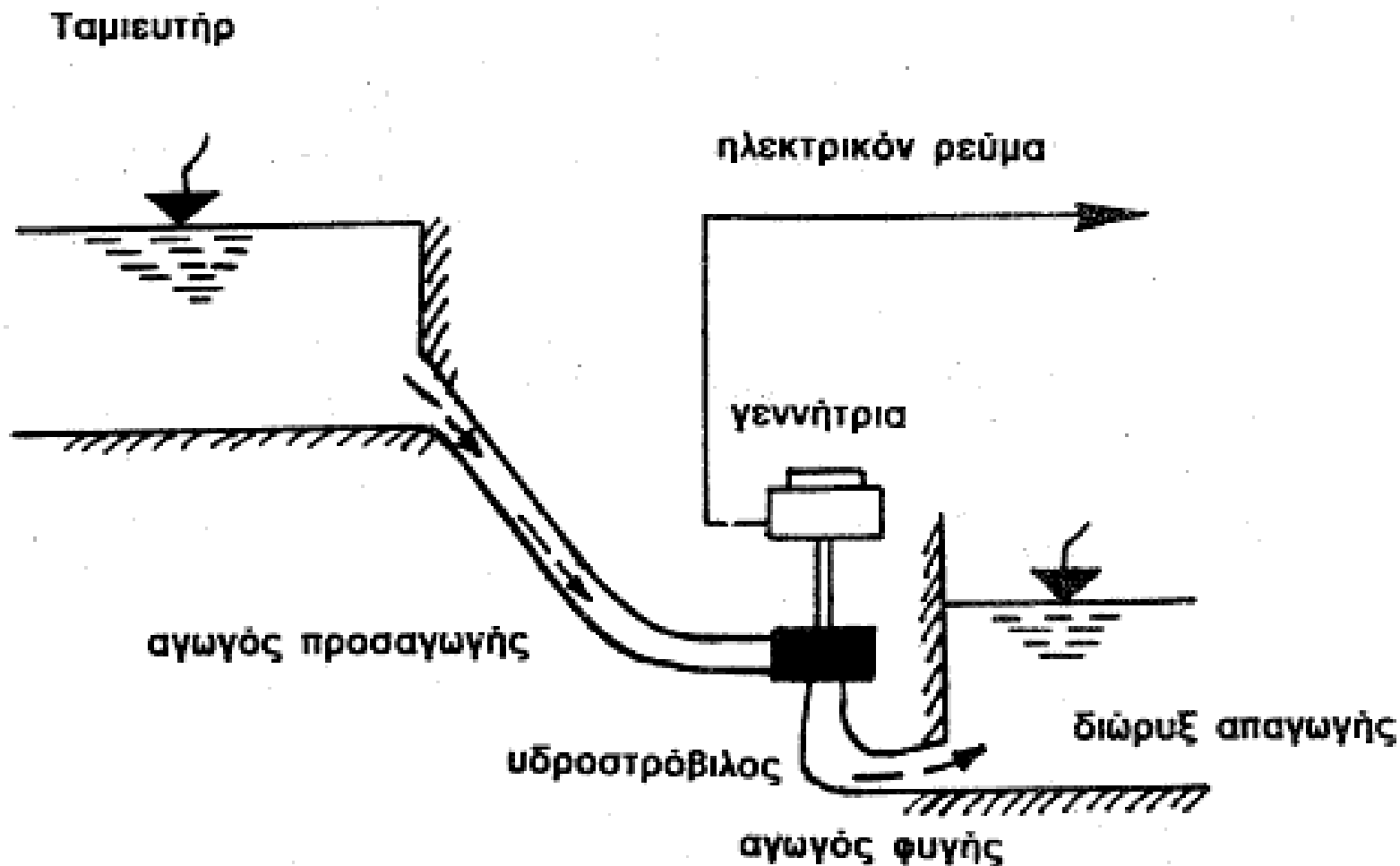
1.1 Καθορισμός και είδη υδραυλικών μηχανών

Η πλέον ουσιώδης λειτουργία μιας υδραυλικής μηχανής είναι η πραγματοποίηση της εναλλαγής ενέργειας μεταξύ ενός μηχανικού συστήματος και ενός υδραυλικού συστήματος.

Υδροστροβίλοι

- Όταν η ενέργεια λαμβάνεται από το ρέον ρευστό (νερό) προς το κινούμενο τμήμα της μηχανής και η ολική ενέργεια του ρευστού στην είσοδο είναι μεγαλύτερη της ενέργειας του ρευστού στην έξοδο τότε η υδραυλική αυτή μηχανή χαρακτηρίζεται ως **υδροστροβίλος**.
- Η βασικότερη λειτουργία ενός υδροστροβίλου είναι η παραγωγή ενέργειας δια της ροής ύδατος σε χαμηλότερο ύψος.

1.1 Καθορισμός και είδη υδραυλικών μηχανών



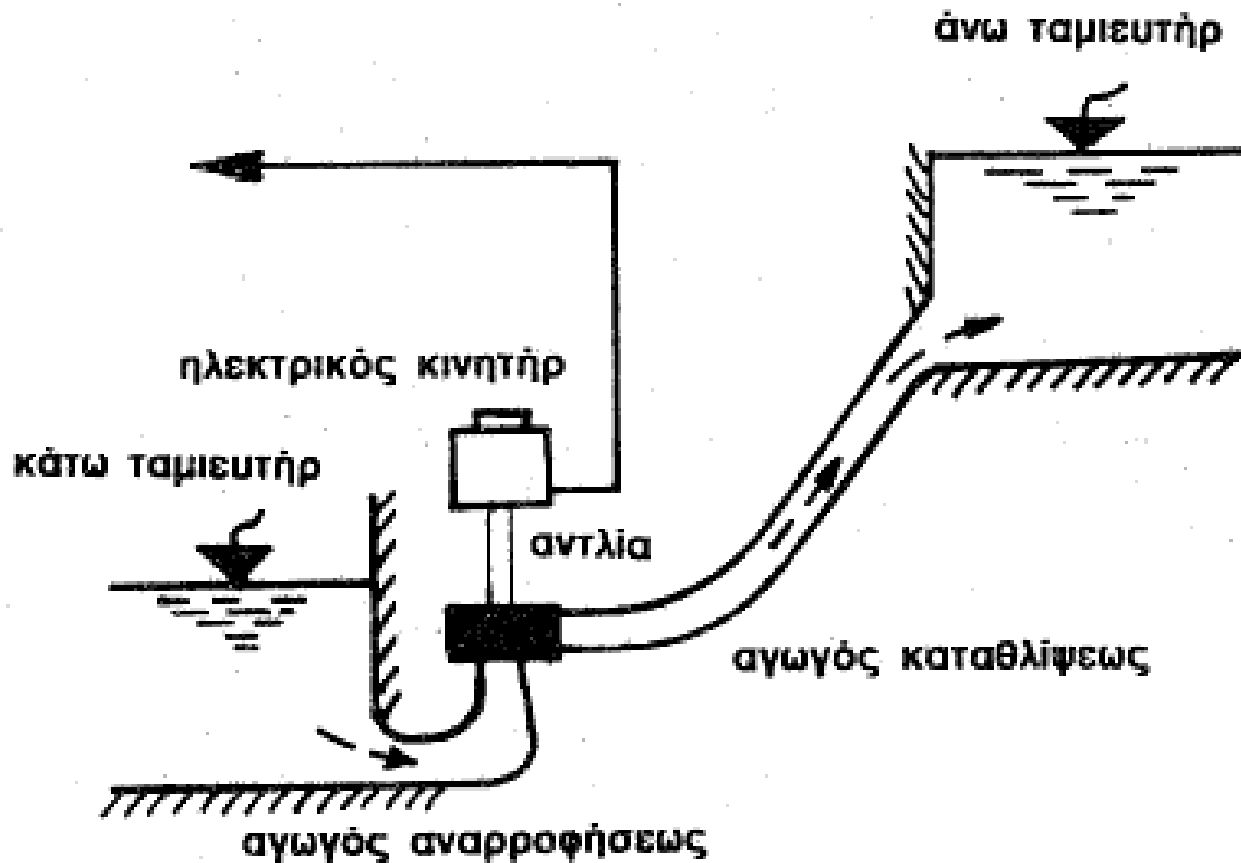
Σχηματικό διάγραμμα υδροστρόβιλου-υδροηλεκτρικού έργου

1.1 Καθορισμός και είδη υδραυλικών μηχανών

Αντλίες

- Όταν η ενέργεια μεταδίδεται από το κινούμενο τμήμα της μηχανής προς το ρέον ρευστό (νερό) και η ολική ενέργεια του στην είσοδο είναι μικρότερη της ολικής ενέργειας στην έξοδο τότε η υδραυλική αυτή μηχανή χαρακτηρίζεται ως **αντλία**.
- Η βασικότερη λειτουργία μιας αντλίας είναι αύξηση του ύψους ενός ρευστού μέσω καταναλώσεως ενέργειας.

1.1 Καθορισμός και είδη υδραυλικών μηχανών



Σχηματικό διάγραμμα αντλιοστασίου

1.1 Καθορισμός και είδη υδραυλικών μηχανών

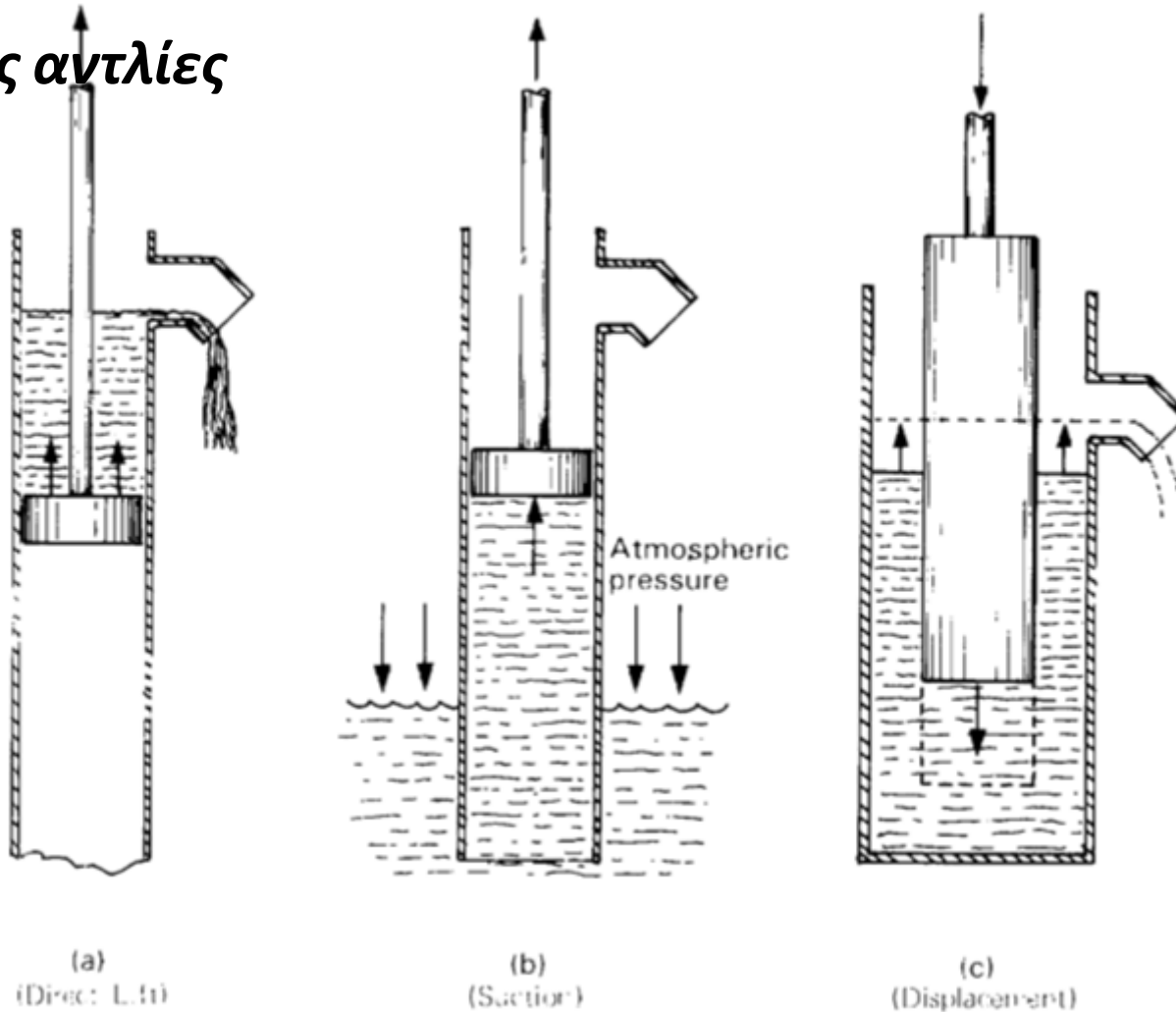
Αν και υπάρχει μεγάλη ποικιλία υδραυλικών μηχανών, οι μηχανές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες κύριες ομάδες:

- A. Την ομάδα μηχανών θετικής μετατόπισης (positive displacement machines)**
- B. Την ομάδα μηχανών περιστρεφόμενου τύπου (rotodynamic machines)**

Η ομάδα μηχανών θετικής μετατόπισης χαρακτηρίζεται από μεταβολή του χώρου ο οποίος καταλαμβάνεται από το ρέον ρευστό εντός της μηχανής. (π.χ. εμβολοφόρες αντλίες και μηχανές εσωτερικής καύσης όπου το έμβολο παλινδρομεί εντός κυλίνδρου)

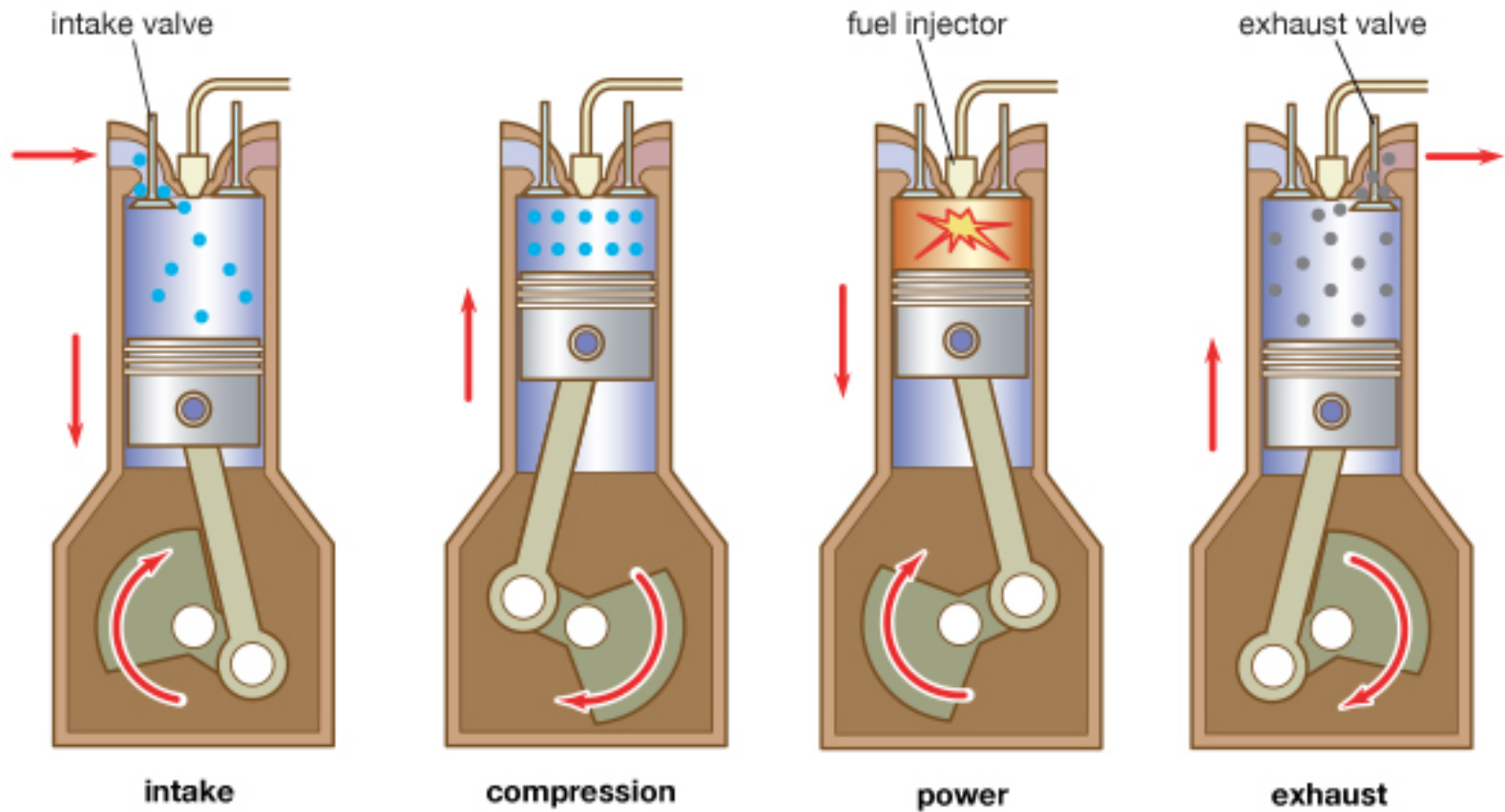
1.1 Καθορισμός και είδη υδραυλικών μηχανών

Εμβολοφόρες αντλίες



1.1 Καθορισμός και είδη υδραυλικών μηχανών

Μηχανές εσωτερικής καύσης



Ομάδα μηχανών περιστρεφόμενου τύπου

Οι μηχανές της ομάδας περιστρεφόμενου τύπου έχουν ένα δρομέα, δηλαδή ένα κινούμενο μηχανικό στοιχείο. Ο δρομέας είναι εφοδιασμένος με πτερύγια τοποθετημένα καθ'όλο το μήκος της περιφέρειας αυτού. Διαμέσου του χώρου μεταξύ των πτερυγίων διέρχεται το ρευστό. Το ρευστό, επειδή έχει μια συνιστώσα της ταχύτητας εφαπτόμενης επί του δρομέα, φέρει ορμή επί αυτού. Η μεταβολή της εφαπτομενικής ορμής επί του δρομέα, μεταξύ της εισόδου και εξόδου του ρευστού, αντιστοιχεί στην εφαπτομενική δύναμη επί του δρομέα.

Στρόβιλος: Η εφαπτομενική ορμή του ρευστού επί του δρομέα μειώνεται κατά τη διεύθυνση της κίνησης αυτού → Η ενέργεια μεταφέρεται από το ρευστό προς το δρομέα και κατά συνέπεια επί του άξονα περιστροφής (γνωστός και ως άτρακτος)

Αντλία: Η εφαπτομενική ορμή του ρευστού επί του δρομέα αυξάνεται κατά τη διεύθυνση της κίνησης αυτού → Η ενέργεια μεταφέρεται από τον άξονα περιστροφής προς το ρευστό.

Υδραυλικές μηχανές περιστρεφόμενου τύπου

- Στο παρών μάθημα, θα γίνει ανάλυση και μελέτη σχετικά με υδραυλικές μηχανές περιστρεφόμενου τύπου, γνωστές και ως υδροδυναμικές μηχανές ή στροβιλομηχανές. Ειδικότερα θα γίνει ανάλυση σχετικά με υδροστρόβιλους και όχι για τις αντλίες.
- Κατά κύριο λόγο το χρησιμοποιούμενο ρευστό είναι το νερό ή ρευστά αντίστοιχης πυκνότητας με αυτή του νερού (π.χ ορυκτέλαιο, θαλασσινό νερό, υγρά αποχετεύσεως κλπ).
- Η ανάλυση επί της ροής συμπιεστών ρευστών (αερίων) είναι εκτός των αντικειμενικών σκοπών του μαθήματος.

Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Ο τύπος της υδραυλικής μηχανής μπορεί να χαρακτηριστεί σύμφωνα με τη διεύθυνση της κύριας ροής δια του δρομέα.

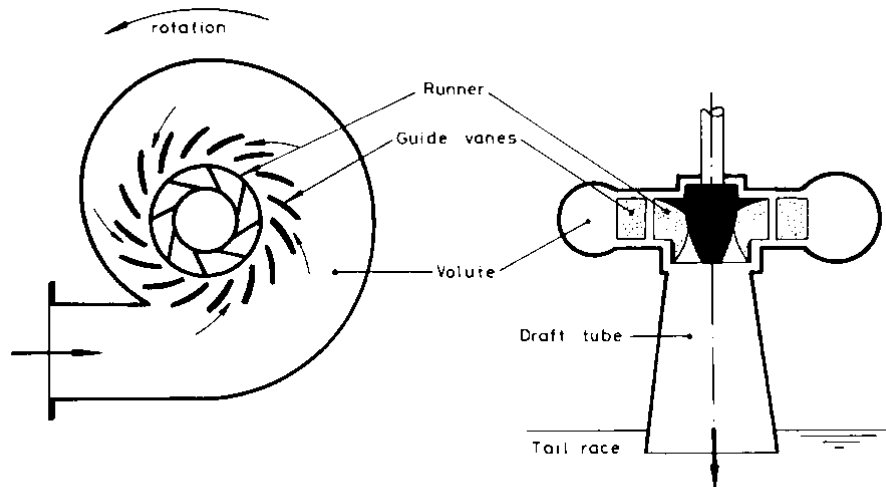


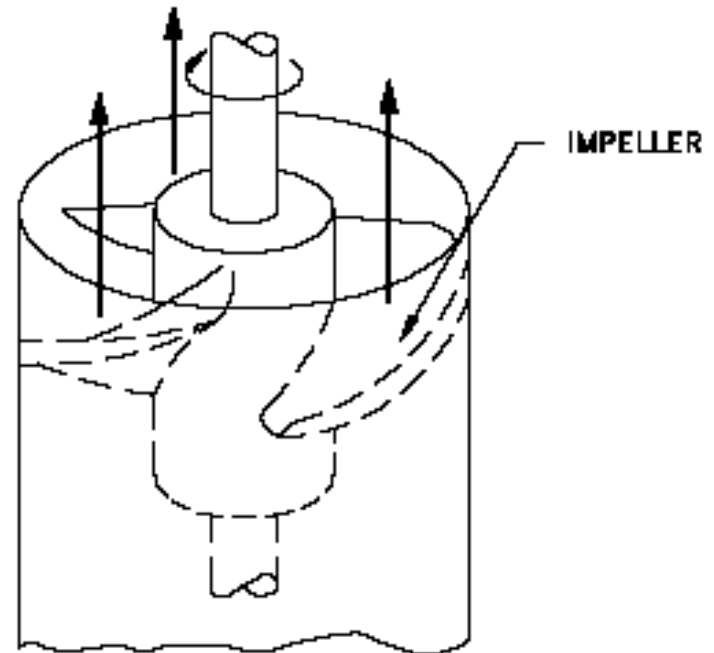
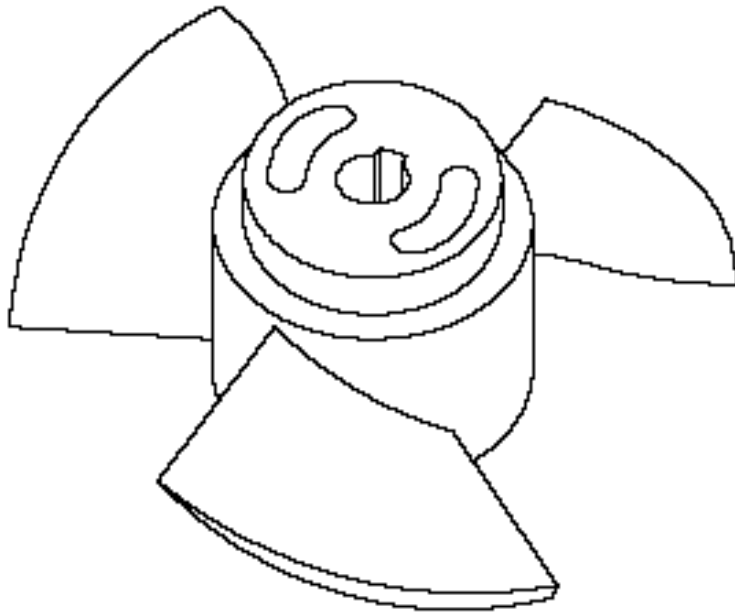
FIGURE B. 6 :
Sectional Views of a Francis Turbine

Στην ακτινικής ροής ή φυγόκεντρη υδραυλική μηχανή (*radial or centrifugal flow turbines*) η κύρια ροή λαμβάνει χώρα επί του επιπέδου περιστροφής το οποίο είναι κάθετο προς τον άξονα περιστροφής του δρομέα.

Το ρευστό εισέρχεται εντός του δρομέα κάθετα προς τον άξονα περιστροφής και διαφεύγει από το δρομέα παράλληλα προς τον άξονα περιστροφής.

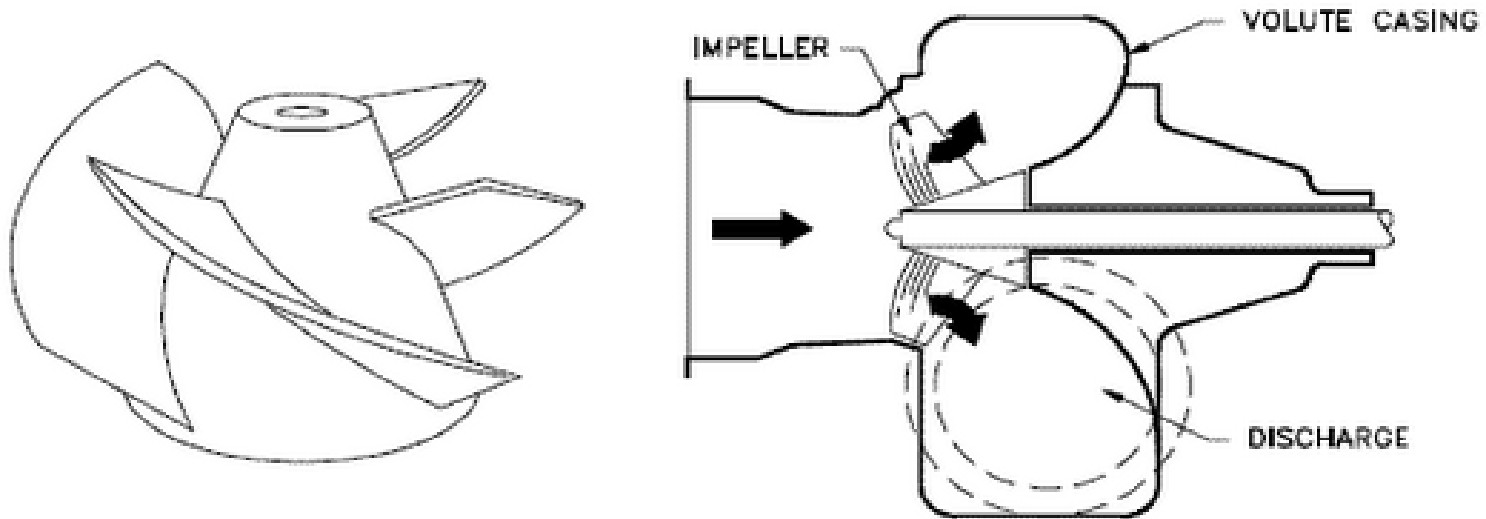
Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Εάν η διεύθυνση της ροής εξακολουθεί να είναι παράλληλη προς τον άξονα περιστροφής, τότε η υδραυλική μηχανή χαρακτηρίζεται ως **αξονικής ροής (axial flow turbine)**.



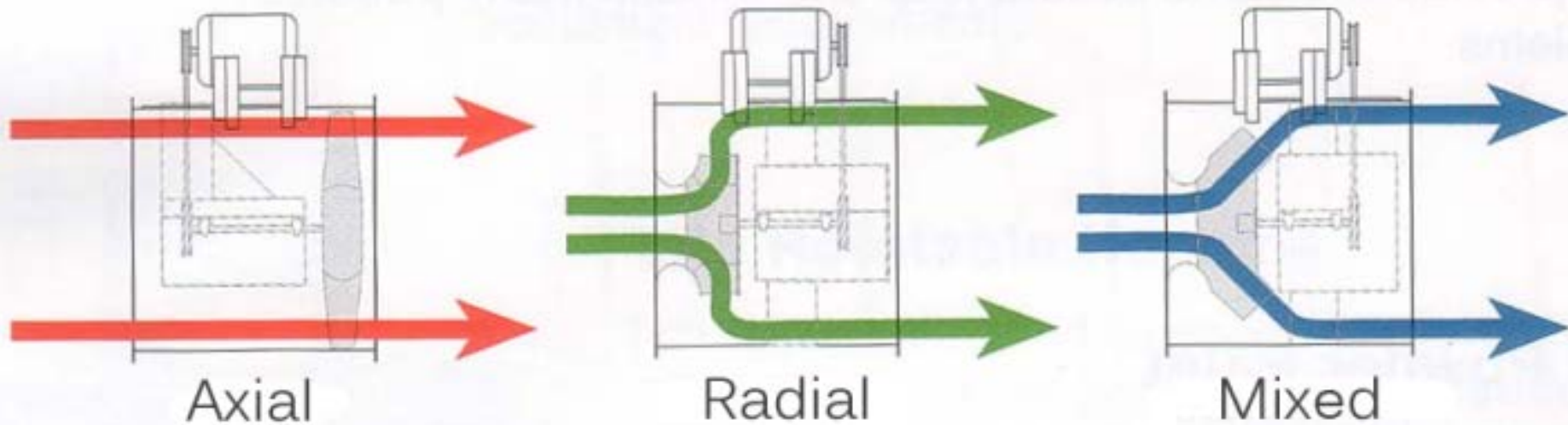
Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Εάν η διεύθυνση της ροής είναι μερικώς ακτινική και μερικώς αξονική, τότε η υδραυλική μηχανή χαρακτηρίζεται ως **μικτής ροής** (*mixed flow turbine*).



Mixed flow impeller. Image Credit: Engineer's Edge

Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως



Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Οι υδροστρόβιλοι διακρίνονται σε 2 κύριες κατηγορίες:

A) τους υδροστρόβιλους δράσεως (impulse turbines)

B) τους υδροστρόβιλους αντιδράσεως (reaction turbines)

Υδροστρόβιλοι δράσεως:

- Ο υδροστρόβιλος δράσεως μετατρέπει όλη τη διαθέσιμη ενέργεια σε κινητική πριν το νερό προσπέσει επί των περιστρεφόμενων σκαφιδίων του δρομέα.
- Το νερό προσκρούει επί τμήματος της περιφέρειας του δρομέα και μόνο επί αυτού, με αποτέλεσμα να μην υφίσταται ουδεμία μεταβολή της στατικής πίεσης επί του δρομέα.
- Σχεδόν όλοι οι υδροστρόβιλοι δράσεως **είναι τύπου Pelton** και χρησιμοποιούνται για μεγάλα ύψη πτώσεως.

Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Υδροστρόβιλοι δράσεως τύπου Pelton:

- Οι υδροστρόβιλοι δράσεως (βαθμός αντίδρασης ίσος με μηδέν), είναι μερικής προσβολής και, σε κάθε χρονική στιγμή, τμήμα μόνο της πτερωτής συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή.



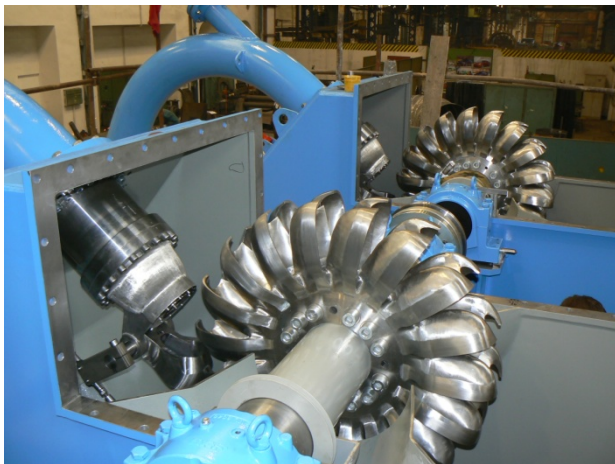
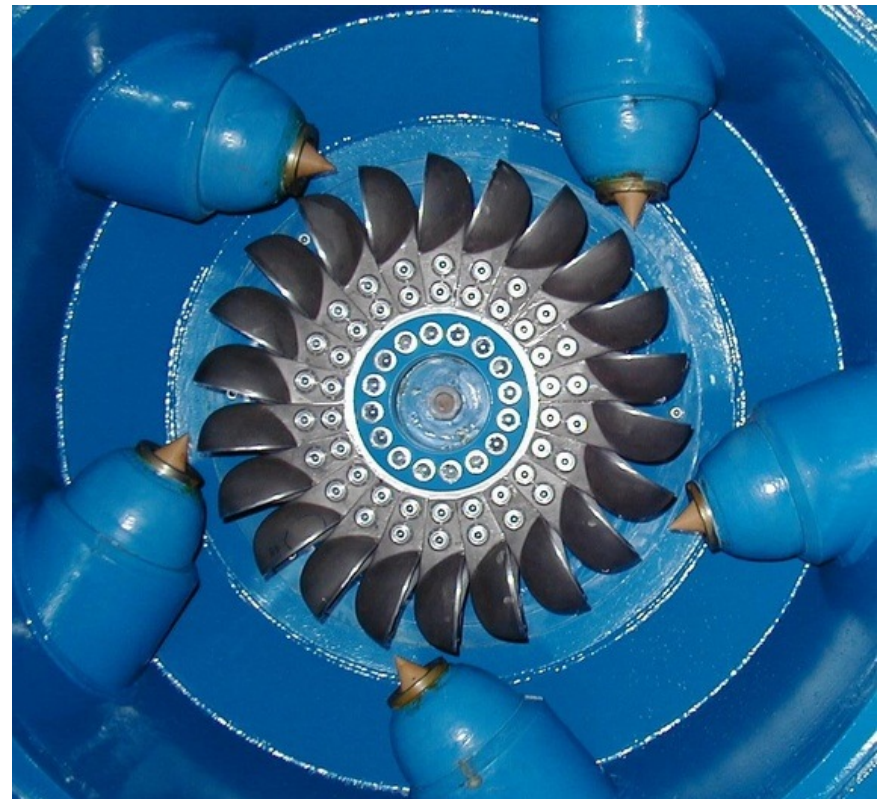
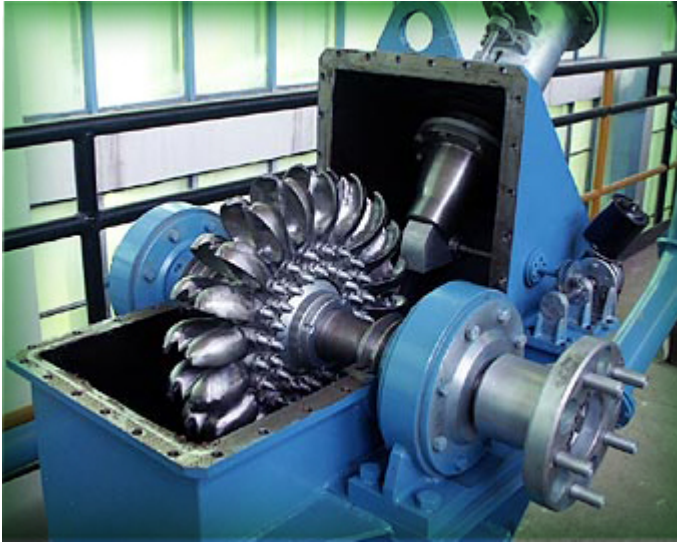
Εικόνα 4. Τύπου Pelton



Εικόνα 5. Τύπου Pelton με 2 ακροφύσια

Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Υδροστρόβιλοι δράσεως τύπου Pelton:



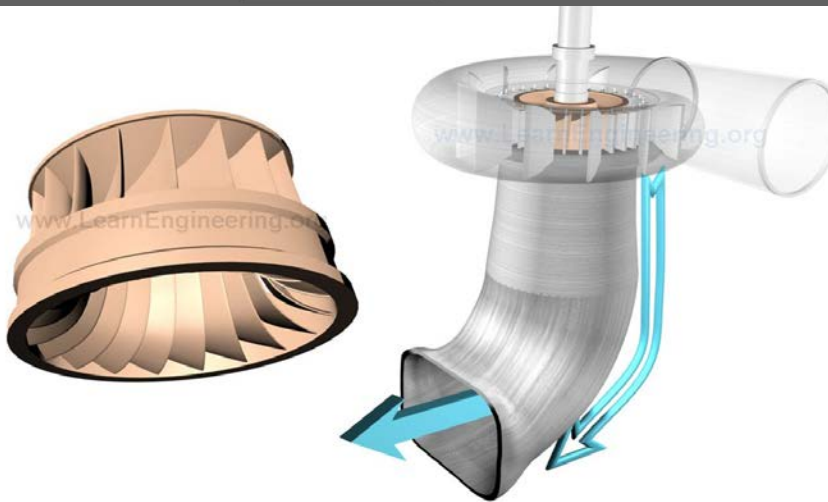
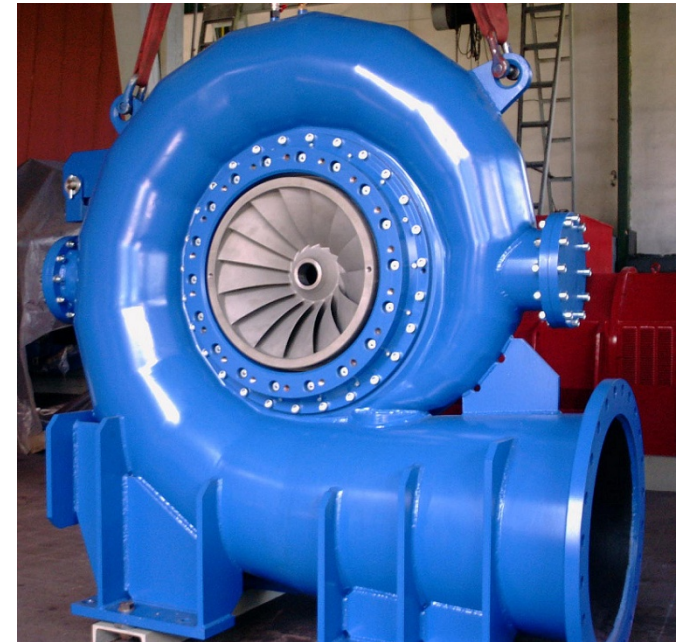
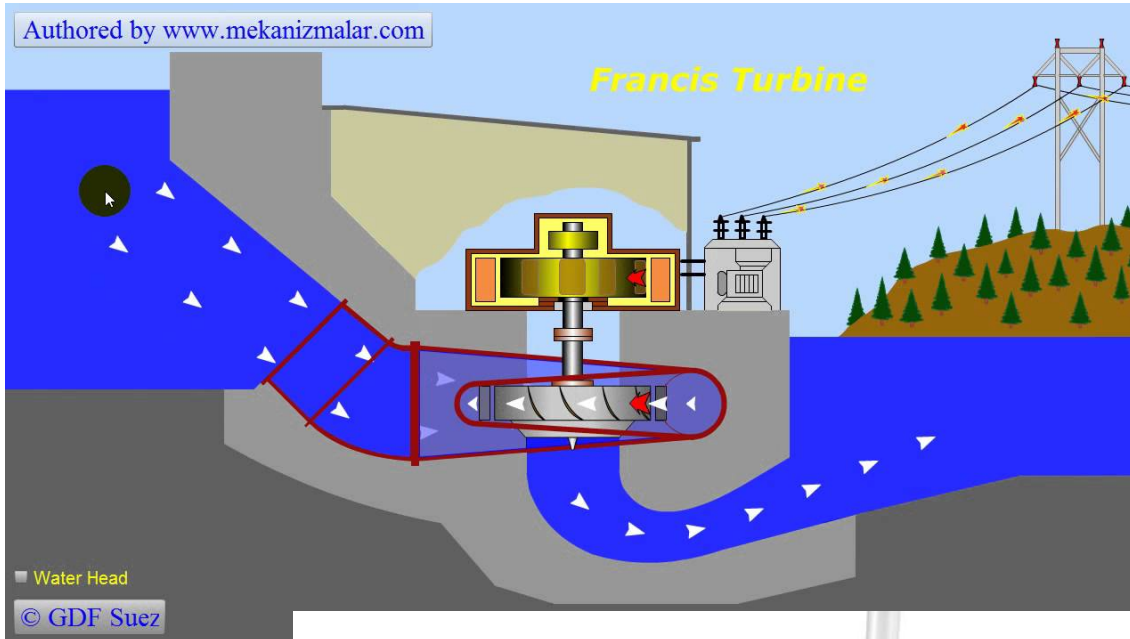
Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως:

- Στους υδροστρόβιλους αντιδράσεως η στατική πίεση μειώνεται κατά τη διέλευση του νερού από τα πτερύγια του δρομέα.
- Το νερό εισέρχεται εντός του δρομέα καθ' όлон το μήκος της περιφέρειάς του και όλες οι διελεύσεις επί του δρομέα είναι γεμάτοι με νερό.
- Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρη η πτερωτή λειτουργεί αξονοσυμμετρικά.
- Οι σύγχρονοι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως είναι είτε **τύπου Francis** (για υδατοπτώσεις μέσου ή χαμηλού ύψους πτώσης) είτε **τύπου Kaplan** (για υδατοπτώσεις χαμηλού ύψους πτώσης) .
- Οι υδροστρόβιλοι τύπου Francis είναι ακτινικής ή/και μικτής ροής, ενώ οι Kaplan αξονικής ροής.

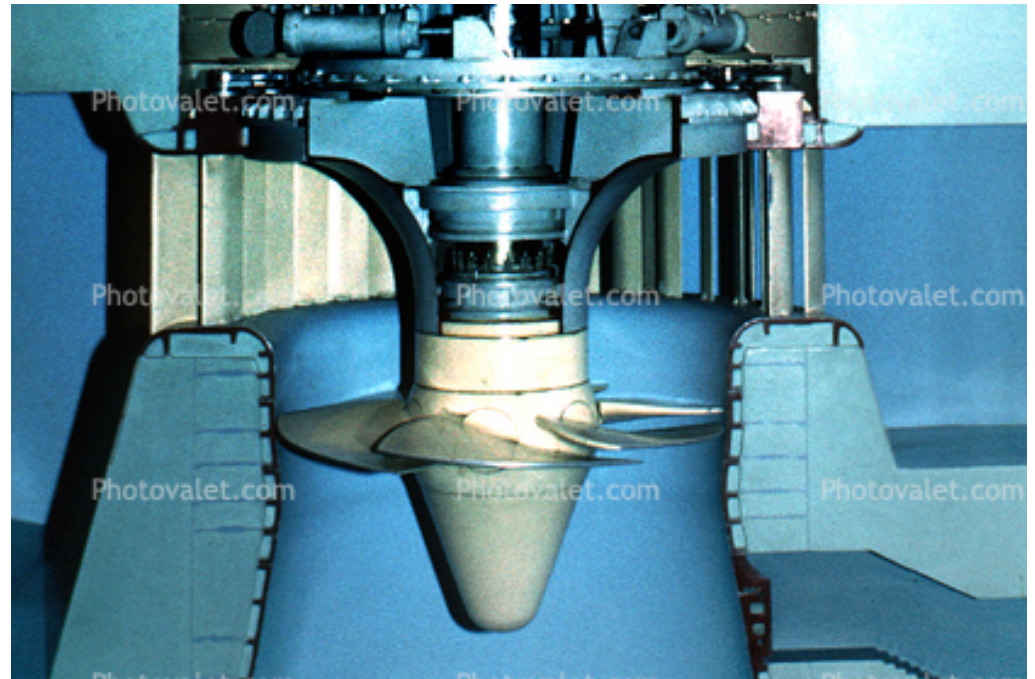
Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως τύπου Francis:



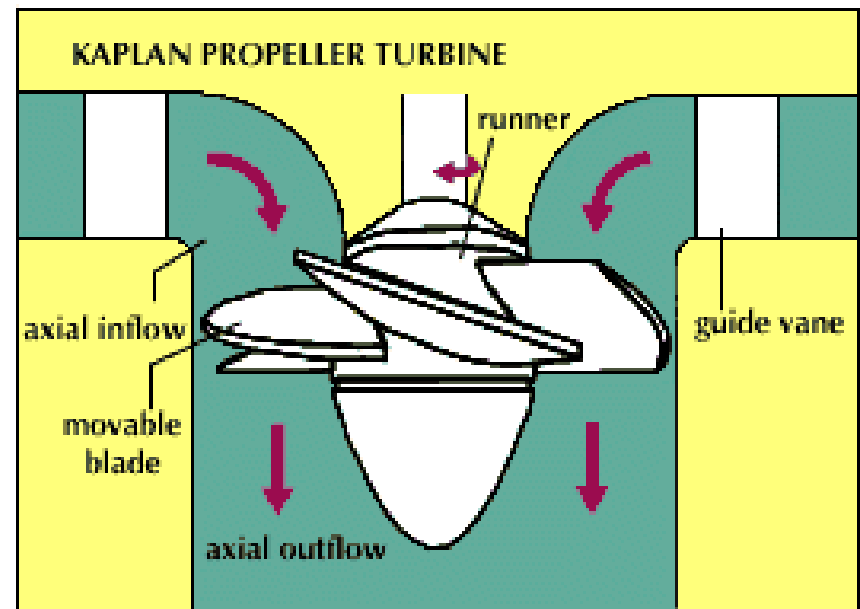
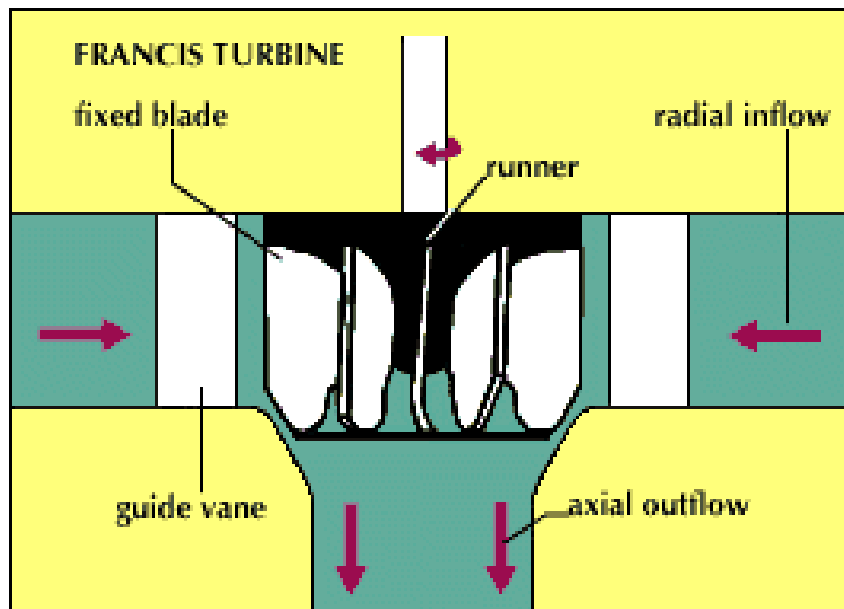
Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως τύπου Kaplan:



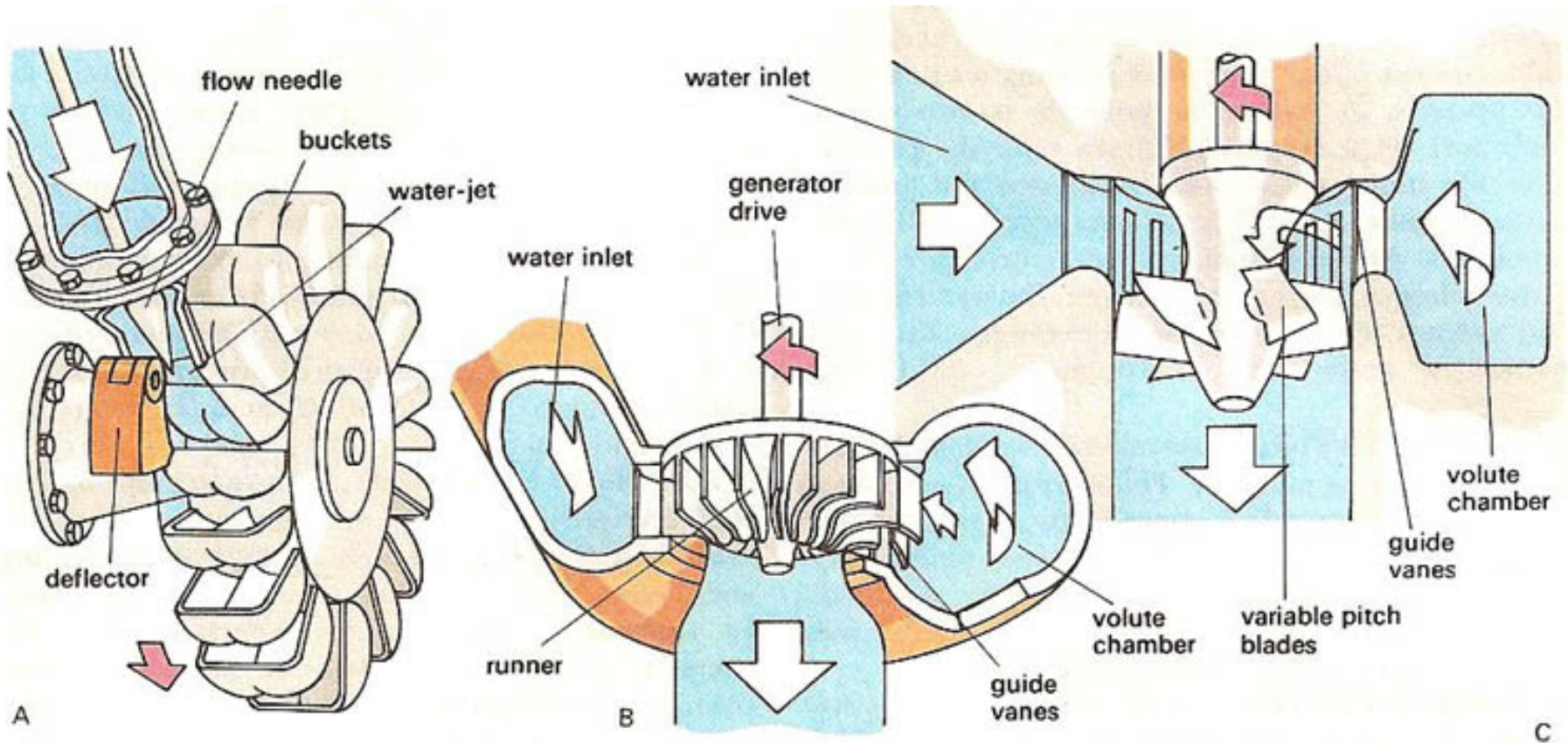
Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως τύπου Francis vs Kaplan:



Υδροστρόβιλοι δράσεως και αντιδράσεως

Pelton vs Francis vs Kaplan:



1.2 Βασικές έννοιες υδραυλικών μηχανών

Τα ρευστά χαρακτηρίζονται από την ικανότητα τους προς ροήν, και διαιρούνται στα υγρά και αέρια.

- Τα υγρά είναι μερικώς συμπιεστά και εμφανίζουν ελεύθερη επιφάνεια όταν τοποθετηθούν σε δοχείο (μερική πλήρωση).
- Τα αέρια είναι συμπιεστά και τείνουν να καταλάβουν όλο το διαθέσιμο χώρο, και η συμπιεστότητα τους για την περιοχή ταχυτήτων μεγαλύτερη των 60.0m/s δεν είναι αμελητέα.
- Το νερό δύναται να περιέχει διαλυμένο αέρα σε ποσοστό έως 3%.
- Ο αέρας τείνει να απελευθερωθεί όταν η πίεση του ύδατος αρχίζει να λαμβάνει τιμές αισθητώς μικρότερες της ατμοσφαιρικής πίεσης

1.2 Βασικές έννοιες υδραυλικών μηχανών

Πυκνότητα:

Πυκνότητα ενός ρευστού ορίζεται ως ο λόγος της μάζας του ρευστού προς τη μονάδα του όγκου. Εάν m (Kg) είναι η μάζα και $V(m^3)$ είναι ο όγκος που καταλαμβάνει η δοθείσα μάζα, τότε η πυκνότητα $\rho(Kg/m^3)$ ορίζεται ως:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

Για το καθαρό νερό, η πυκνότητα ισούται με 1000.0 (Kg/m^3) στους 4.0 C, και η πυκνότητα μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία.

Το **ειδικό βάρος** γ (N/m^3) ενός ρευστού είναι το βάρος του ρευστού B (N) ανά μονάδα όγκου,

$$\gamma = \frac{B}{V} \quad (1.2)$$

1.2 Βασικές έννοιες υδραυλικών μηχανών

Επειδή η μάζα και το βάρος συνδέονται με την επιτάχυνση της βαρύτητας g ($=9.81 \text{ m/s}^2$) σύμφωνα με τη μαθηματική σχέση

$$B = m g \quad (1.3)$$

Τότε:

$$\gamma = \rho g \quad (1.4)$$

Υπό κανονική θερμοκρασία, το ειδικό βάρος του ύδατος είναι 9810.0 N/m^3 .

Η πίεση p (N/m^2) η οποία εξασκείται από το νερό επί των διαφόρων τμημάτων μιας στροβιλομηχανής είναι μεγάλης σημασίας προκειμένου να εκτιμηθεί η ενέργεια καθώς και τα άλλα χαρακτηριστικά λειτουργίας των στροβιλομηχανών.

1.2 Βασικές έννοιες υδραυλικών μηχανών

Η πίεση καθορίζεται ως ο λόγος της ασκούμενης δύναμης προς τη μονάδα επιφάνειας,

$$p = \frac{F}{A} \quad (1.5)$$

Όπου, $F(N)$ η ασκούμενη δύναμη και $A (m^2)$ το εμβαδό της επιφάνειας επί της οποίας ασκείται η δύναμη. Η απόλυτος πίεση $p_\alpha (N/m^2)$ και η πίεση p συνδέονται ως:

$$p_\alpha = p_{\alpha\tau\mu} + p \quad (1.5)$$

Η πίεση p συνδέεται με το ύψος $h (m)$ στήλης ύδατος με τη σχέση:

$$p = \rho g h \quad (1.6)$$

1.2 Βασικές έννοιες υδραυλικών μηχανών

Το πιεζομετρικό ύψος h ή φορτίο μετριέται σε m στήλης ύδατος. Εάν η απόλυτος πίεση σε κάποιο σημείο της στροβιλομηχανής είναι μικρότερη της ατμοσφαιρικής πίεσης (υποπίεση), το πιεζομετρικό ύψος h φορτίο είναι αρνητικό ($h = p/\rho g < 0.0$)

Ο όγκος του ύδατος ΔV (m^3) που ρέει ανά μονάδα χρόνου Δt (sec) δια μέσου μιας διατομής ονομάζεται παροχή Q (m^3/s), με την παροχή να ορίζεται ως

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1.7)$$

Εάν u (m/s) είναι η μέση ταχύτητα του ύδατος σε θέση με εμβαδό διατομής A , τότε ο ρέων όγκος ανά μονάδα χρόνου είναι

$$Q = A u \quad (1.8)$$

1.2 Βασικές έννοιες υδραυλικών μηχανών

Το εν κινήσει νερό είναι ικανό να παράγει έργο και ως εκ τούτου φέρει ενέργεια. Το εν κινήσει νερό δύναται να κατέχει μια ή περισσότερες μορφές ενέργειας:

- α) ενέργεια λόγω θέσης, z (m)
- β) ενέργεια λόγω κίνησης, $u^2/2g$ (m)
- γ) ενέργεια λόγω πίεσης, $p/\rho g$ (m)

Η ολική ενέργεια ή ολικό φορτίο H_o (m) θεωρείται το άθροισμα των επιμέρους ενεργειών, δηλαδή

$$H_o = z + \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} \quad (1.9)$$

Κάθε όρος της παραπάνω εξίσωσης παριστά τη διαθέσιμη ενέργεια ανά μονάδα βάρους του ύδατος ($\rho = 1000.0 \text{ Kg/m}^3$)

1.2 Βασικές έννοιες υδραυλικών μηχανών

Η ισχύς I (W), ενέργεια ανά μονάδα χρόνου, δύναται να υπολογισθεί από την προηγούμενη εξίσωση με τον πολλαπλασιασμό κάθε μέρους της εξίσωσης με το γινόμενο $\rho * g * Q$.

Ως καθαρό ύψος ή φορτίο H_n (m) ενός υδροστροβίλου ορίζεται το διαθέσιμο ύψος προς παραγωγή έργου.

Η ολική απόδοση ή απλώς απόδοση η ενός στροβίλου είναι ο λόγος της χρήσιμου ισχύος από τη μηχανή προς την προσφερθείσαν ισχύ και δίνεται ως:

$$\eta = \frac{I}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n} \quad (1.10)$$

Η μελέτη της απόδοσης λειτουργίας επιτυγχάνεται μέσω εργαστηριακών μελετών επί ομοιωμάτων υδροστροβίλων μεταβάλλοντας την περιστροφική ταχύτητα και τη γωνία ανοίγματος των θυροφραγμάτων των υδροστροβίλων

1.2 Βασικές έννοιες υδραυλικών μηχανών

Η απόδοση και η παρουσιάζονται σε γραφικές παραστάσεις γνωστές και ως χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας.

Επειδή υπάρχουν διαφοροποιήσεις των καμπύλων λειτουργίας των υδροστροβίλων δράσεως και αντιδράσεως, αλλά παράλληλα είναι αρκετά χρήσιμο να συγκριθούν διαφορετικά είδη υδροστροβίλων, έχει ορισθεί η παράμετρος «ειδική ταχύτητα» προκειμένου να γίνει αυτή η σύγκριση.

Ορίζεται επομένως ως ειδική ταχύτητα υδροστροβίλου n_s η ταχύτητα ενός γεωμετρικά όμοιου υδροστροβίλου ο οποίος αναπτύσσει ισχύ ενός KW υπό φορτίο 1 m.

$$n_s = \frac{N I^{1/2}}{H_n^{5/4}} \quad (1.11)$$

Όπου N (στροφές ανά λεπτό) η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!