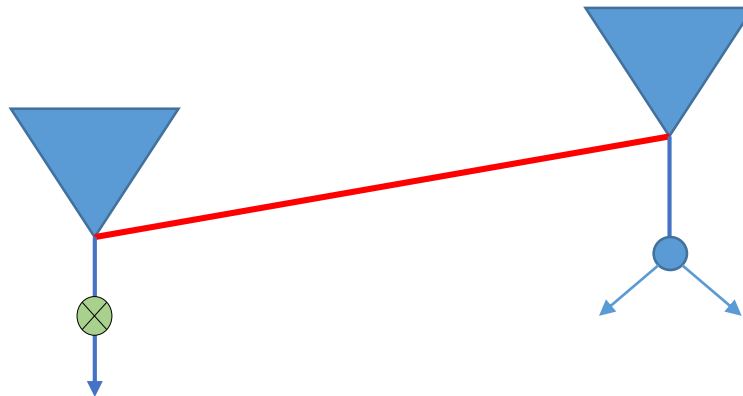




Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Θέμα εξαμήνου:

Διαχείριση ταμιευτήρων πολλαπλού σκοπού



Χ. Μακρόπουλος, Αναπ. Καθηγητής ΕΜΠ

Δ. Νικολόπουλος, Υ.Δ. ΕΜΠ & Γ. Τσουκαλάς, Υ.Δ. ΕΜΠ

Στοιχεία Επικοινωνίας

nikolopoulos.dio@gmail.com

jtsoukalas@hotmail.com

Γραφείο 207 Κτήριο Υδραυλικής, 210-7722816

Δεδομένα Θέματος

Mycourses → Διαχείριση Υδατικών Πόρων → Έγγραφα → WRM_Part_B_Makropoulos

✓ Thema_Deuterou_Merous_DYP_2019.pdf

✓ ΘΕΜΑ_ΔΕΔΟΜΕΝΑ.xlsx

Αλλά και **hyperlinks** στη πρώτη σελίδα του μαθήματος.



Βεβαιωθείτε πως έχετε
ενεργοποιημένα τα ακόλουθα add-ins:

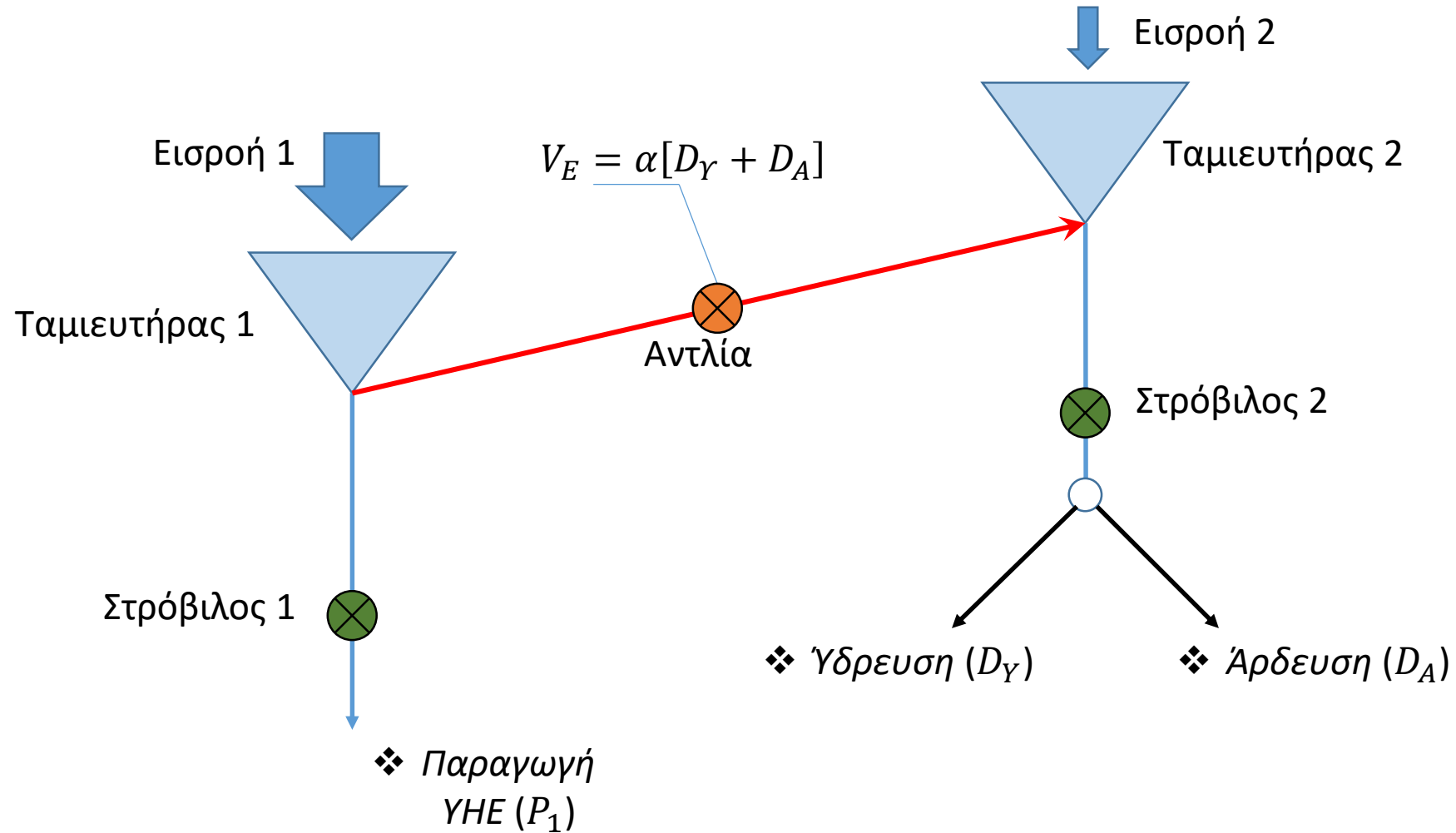
- Analysis ToolPak
- Solver Add-in

File → Options → Add-ins → Manage: Excel Add ins → Go

✓ Analysis ToolPak

✓ Solver Add-in

Περιγραφή συστήματος



Δεδομένα Ταμιευτήρων

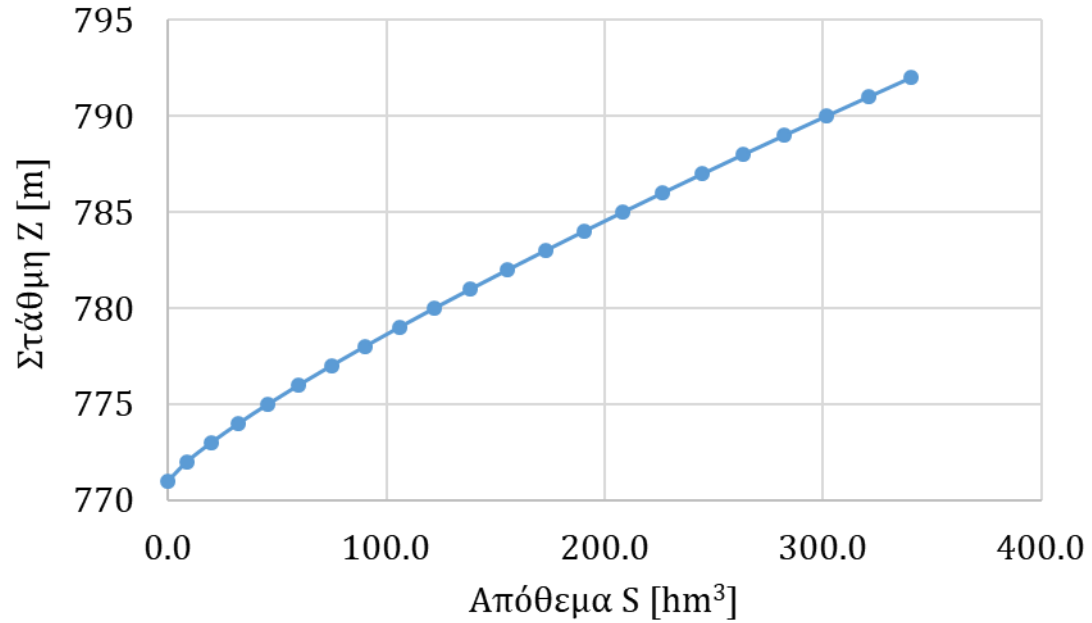
ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ 1	
Κατώτατη στάθμη λειτουργίας	776.00
Ανώτατη στάθμη λειτουργίας	792.00
Στάθμη πυθμένα	770.00
Παραμετρος κ	8.55
Παράμετρος λ	1.21
Μέγιστο απόθεμα	???
Νεκρός όγκος	???
Αρχική στάθμη [m]	782.00
Αρχικό απόθεμα [hm ³]	???
Μηνιαία παροχετευτικότητα αγωγού πτώσης 1 [hm ³]	53.00
Εξοδος Υ/Η σταθμού 1 [m]	200.00
Ειδική ενέργεια ψ_1 [GWh/hm ⁴]	0.23

ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ 2	
Κατώτατη στάθμη λειτουργίας	800.00
Ανώτατη στάθμη λειτουργίας	840.00
Στάθμη πυθμένα	790.00
Παραμετρος κ	5.00
Παράμετρος λ	0.84
Μέγιστο απόθεμα	???
Νεκρός όγκος	???
Αρχική στάθμη [m]	820.00
Αρχικό απόθεμα [hm ³]	???
Μηνιαία παροχετευτικότητα αγωγού πτώσης 2 [hm ³]	70.00
Εξοδος Υ/Η σταθμού 2 [m]	470.00
Ειδική ενέργεια ψ_2 [GWh/hm ⁴]	0.24

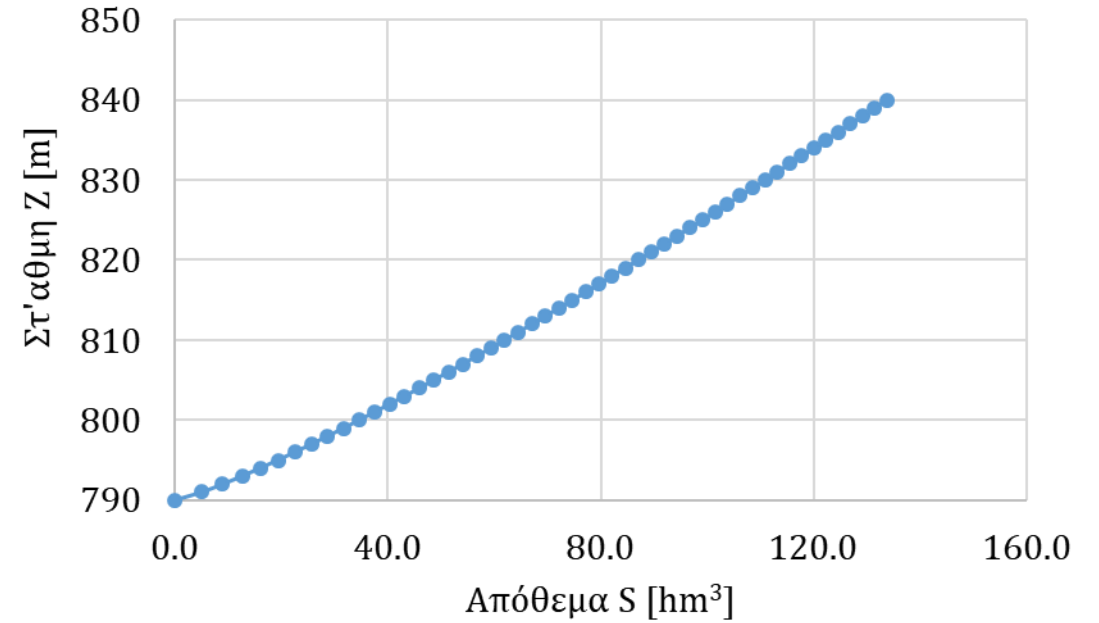
- Η καμπύλη στάθμης (Z) - αποθέματος (S) είναι μια εκθετική σχέση της μορφής $S = \kappa(Z - Z_{min})^\lambda$, όπου Z_{min} η ελάχιστη στάθμη.
- Σχεδιάστε τα διαγράμματα στάθμης αποθέματος κάθε ταμιευτήρα & υπολογίστε το μέγιστο απόθεμα, το νεκρό όγκο και το αρχικό απόθεμα κάθε ταμιευτήρα.

Δεδομένα Ταμιευτήρων

Ταμιευτήρας 1



Ταμιευτήρας 2



Εισροή στους ταμιευτήρες

- Δίνονται χρονοσειρές εισροής I_1, I_2 . Φτιάξτε γραφήματα με τις **PDF & CDF** των I_1, I_2
- Στατιστικά στοιχεία ανά μήνα/έτος; → Μετατροπή σε πίνακα (Pivot tables)
- Υπολογίστε την μέση τιμή, τυπική απόκλιση & ασυμετρία της εισροής κάθε μήνα (**AVERAGE()**, **STDEV()**, **SKEW()**)

ΕΙΣΡΟΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ 2 (hm3)			
Date	I	YEAR	MONTH
Oct-61	4.7	1961	10
Nov-61	7.2	1961	11
Dec-61	7.0	1961	12
Jan-62	4.7	1962	1
Feb-62	7.6	1962	2
Mar-62	22.5	1962	3
Apr-62	7.3	1962	4
May-62	6.0	1962	5
Jun-62	7.6	1962	6
Jul-62	8.5	1962	7
Aug-62	7.4	1962	8
Sep-62	5.3	1962	9
Oct-62	8.4	1962	10
Nov-62	22.8	1962	11
Dec-62	28.2	1962	12

Create PivotTable

Choose the data that you want to analyze

☒ Select a table or range

Table/Range: DATA!\$J\$5:\$L\$20

☐ Use an external data source

Choose Connection...

Connection name:

☐ Use this workbook's Data Model

Choose where you want the PivotTable report to be placed

☒ New Worksheet

☐ Existing Worksheet

Location:

Choose whether you want to analyze multiple tables

☐ Add this data to the Data Model

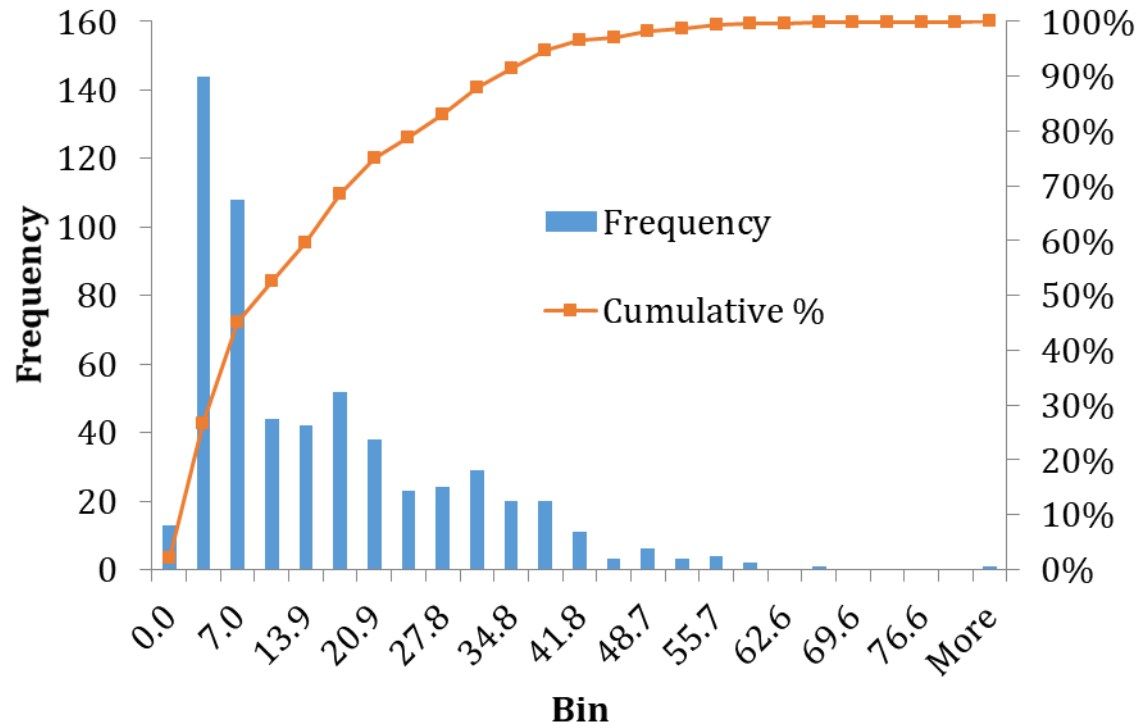
OK Cancel

Data → Data Analysis → Histogram
✓ Cumulative Percentage
✓ Chart Output

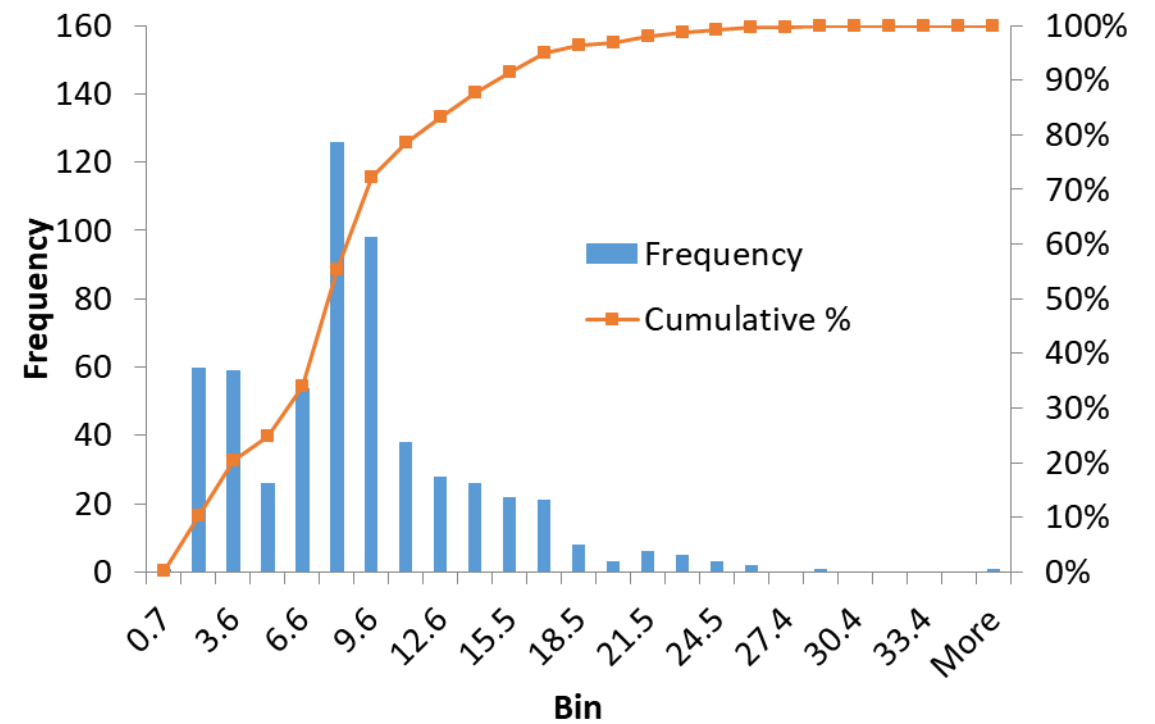
Insert → Pivot Table
Rows: Years
Columns: Months
Σvalues: I

Εισροή στους ταμειευτήρες

Histogram I_1



Histogram I_2

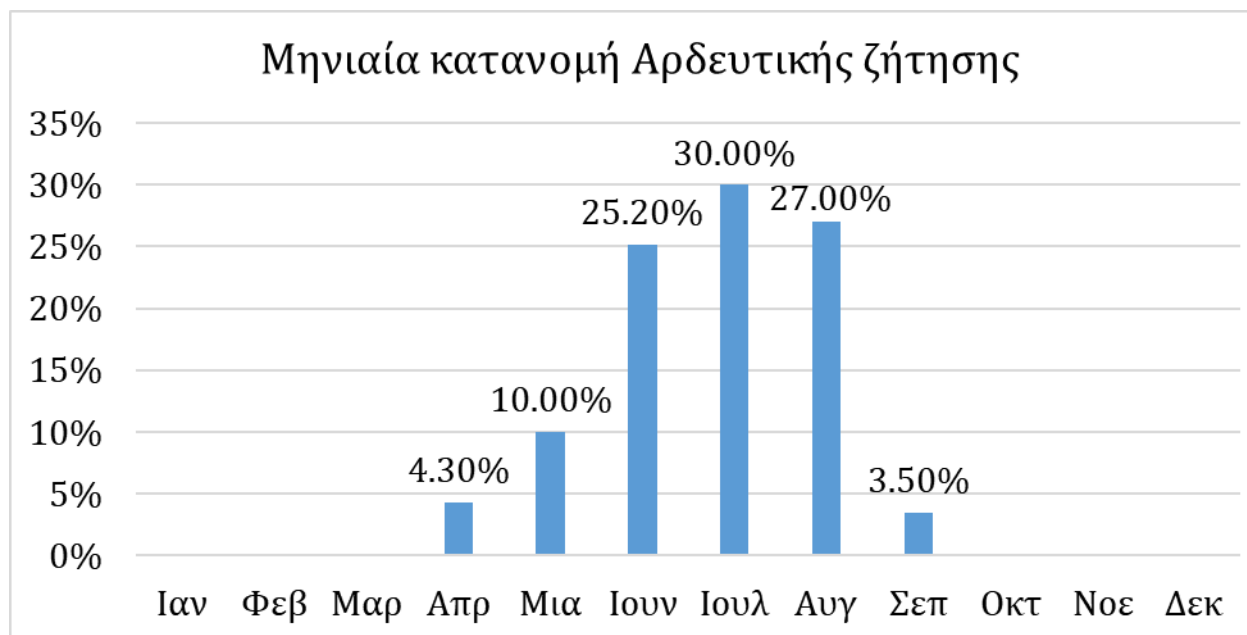


Ζητήσεις συστήματος

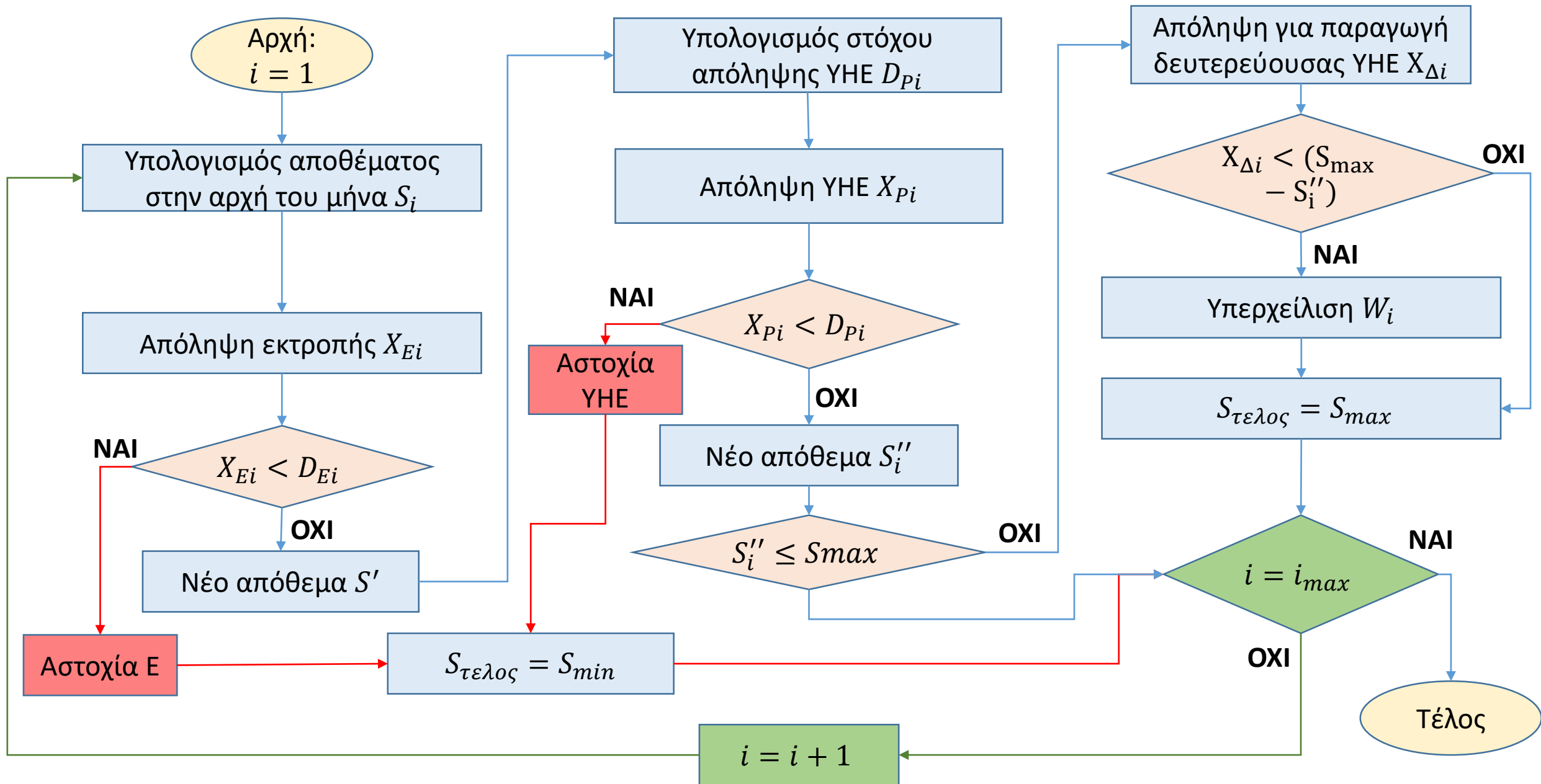
- Δίνονται σταθερές ετήσιες ζητήσεις Ύδρευσης και Άρδευσης

ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ 1	
Υδρευτική ζήτηση [hm^3]	0
Άρδευτική ζήτηση [hm^3]	0
Μηνιαία παραγωγή ΥΗΕ [GWh]	???

ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ 2	
Υδρευτική ζήτηση [hm^3]	30
Άρδευτική ζήτηση [hm^3]	120
Μηνιαία παραγωγή ΥΗΕ [GWh]	0



Διάγραμμα ροής λειτουργίας Ταμευτήρα 1



Κατάστρωση ισοζυγίου Ταμειυτήρα 1

- Σε ένα νέο φύλλο, αντιγραφή δεδομένων των ταμειυτήρων. Για την εισροή του T1 αντιγραφή στη θέση **E13**.

Extend selection: **Ctrl+Shift+βελάκι κατεύθυνσης**

- Διαμόρφωση 1ής γραμμής ισοζυγίου πρώτα! (Εξάρτηση από αρχικές τιμές)

➤ $S_{αρχή} = I + \text{αρχικό απόθεμα}$

	A	B	C	D	E	F	G
10							
11	ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ 1						
12	Αρχικό Απόθεμα	173					
13	Κατώτατη στάθμη λειτουργίας	776.00			T1		
14	Ανώτατη στάθμη λειτουργίας	792.00			Date	I	S _{αρχή}
15	Στάθμη πυθμένα	770.00			Oct-61	9.5	=F15+B12
16	Παραμετρος κ	8.55			Nov-61	15.8	
17	Παράμετρος λ	1.21			Dec-61	14.8	
18	Αρχική στάθμη (m)	782.00			Jan-62	10.5	
19	Μέγιστο απόθεμα	360.00			Feb-62	17.3	
20	Νεκρός όγκος	74.74			Mar-62	53.3	
21					Apr-62	13.5	
22					...	...	...

Ζήτηση εκροπής

- Για την επόμενη στήλη χρειάζεται η γνώση του κανόνα λειτουργίας, όπως και των ζητήσεων του T2. Προς το παρόν **dummy** τιμή.

T1			
Date	I	Σαρχή	Δεκτροπής
Oct-61	9.5	182.5	1.25
Nov-61	15.8		
Dec-61	14.8		
Jan-62	10.5		
Feb-62	17.3		



Ζήτηση εκτροπής D_E

- Για την επόμενη στήλη χρειάζεται η γνώση του κανόνα λειτουργίας, όπως και των ζητήσεων του T2. Προς το παρόν **dummy** τιμή.

➤ Π.χ. 10% της ετήσιας ζήτησης Υ+Α σταθερή ανά μήνα

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Υδρευτική ζήτηση 1 (hm ³)	0							
2	Υδρευτική ζήτηση 2 (hm ³)	30							
3									
4	Αρδευτική ζήτηση 1(hm ³)	0							
5	Αρδευτική ζήτηση 2(hm ³)	120							
6									
7	Μηνιαίος στόχος παραγωγής ενεργείας 1 (GWh)	???							
8	Μηνιαίος στόχος παραγωγής ενεργείας 2 (GWh)	0							
9									
10									
11	ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ 1								
12	Αρχικό Απόθεμα	173							
13	Κατώτατη στάθμη λειτουργίας	776.00							
14	Ανώτατη στάθμη λειτουργίας	792.00							
15	Στάθμη πυθμένα	770.00							
16	Παραμετρος κ	8.55							
17	Παράμετρος λ	1.21							

T1			
Date	I	Σαρχή	Δεκτροπής
Oct-61	9.5	182.5	=0.1*(\$B\$2+\$B\$5)/12
Nov-61	15.8		
Dec-61	14.8		

F4: κλείδωμα κελιού

Απόληψη για εκτροπή X_E

- $X_E = \min(D_E, \text{Διαθέσιμος όγκος})$

	A	B	E	F	G	H	I	J	K
10									
11	ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ 1								
12	Αρχικό Απόθεμα	173							
13	Κατώτατη στάθμη λειτουργίας	776.00	T1						
14	Ανώτατη στάθμη λειτουργίας	792.00	Date	I	Σαρχή	Δεκτροπή	Χεκτροπή		
15	Στάθμη πυθμένα	770.00	Oct-61	9.5	182.5	1.25	=min(H15,max(G15-\$B\$20,0))		
16	Παραμετρος κ	8.55	Nov-61	15.8					
17	Παράμετρος λ	1.21	Dec-61	14.8					
18	Αρχική στάθμη (m)	782.00	Jan-62	10.5					
19	Μέγιστο απόθεμα	360.00	Feb-62	17.3					
20	Νεκρός όγκος	74.74	Mar-62	53.3					
21			Apr-62	13.5					
22			May-62	6.5					



Αστοχία & Έλλειμμα εκτροπής

- Πότε έχουμε αστοχία; Άλλος τρόπος έκφρασης;

T1						
Date	I	Σαρχή	Δεκτροπής	Χεκτροπής	Αστοχία E S'	
Oct-61	9.5	182.5	1.25	1.25	=IF(I15<H15,1,0)	
Nov-61	15.8					

- Έλλειμμα

T1						
Date	I	Σαρχή	Δεκτροπής	Χεκτροπής	Αστοχία E	Έλλειμμα E
Oct-61	9.5	182.5	1.25	1.25	0	=H15-I15
Nov-61	15.8					

Ενδιάμεσο απόθεμα S'

- $S' = Sαρχή - X_E$
- Χρειάζεται κάποιος πρόσθετος έλεγχος;

T1					
Date	I	Σαρχή	Δεκτροπής	Χεκτροπής	S'
Oct-61	9.5	182.5	1.25	1.25	=G15-I15
Nov-61	15.8				
Dec-61	14.8				
Jan-62	10.5				
Feb-62	17.2				

Υπολογισμός $Z_{αρχής}$

- Υπολογισμός της στάθμης Z στην αρχή του μήνα. (ΠΑΡΑΔΟΧΗ)

- Σχέση στάθμης – αποθέματος: $S = \kappa(Z - Z_{min})^\lambda \rightarrow Z = Z_{min} + \left(\frac{S}{\kappa}\right)^{1/\lambda}$, Z_{max}



	A	B	C	D	E	F	G	M	N	O
11	ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ 1									
12	Αρχικό Απόθεμα	173								
13	Κατώτατη στάθμη λειτουργίας	776.00			T1					
14	Ανώτατη στάθμη λειτουργίας	792.00			Date	I	Σαρχή	Zαρχή		
15	Στάθμη πυθμένα	770.00			Oct-61	9.5	182.5	=MIN(\$B\$15+(G15/\$B\$16)^(		
16	Παραμετρος κ	8.55			Nov-61	15.8		1/\$B\$17),\$B\$14)		
17	Παράμετρος λ	1.21			Dec-61	14.8		MIN(number1, [number2], [number3], ...)		

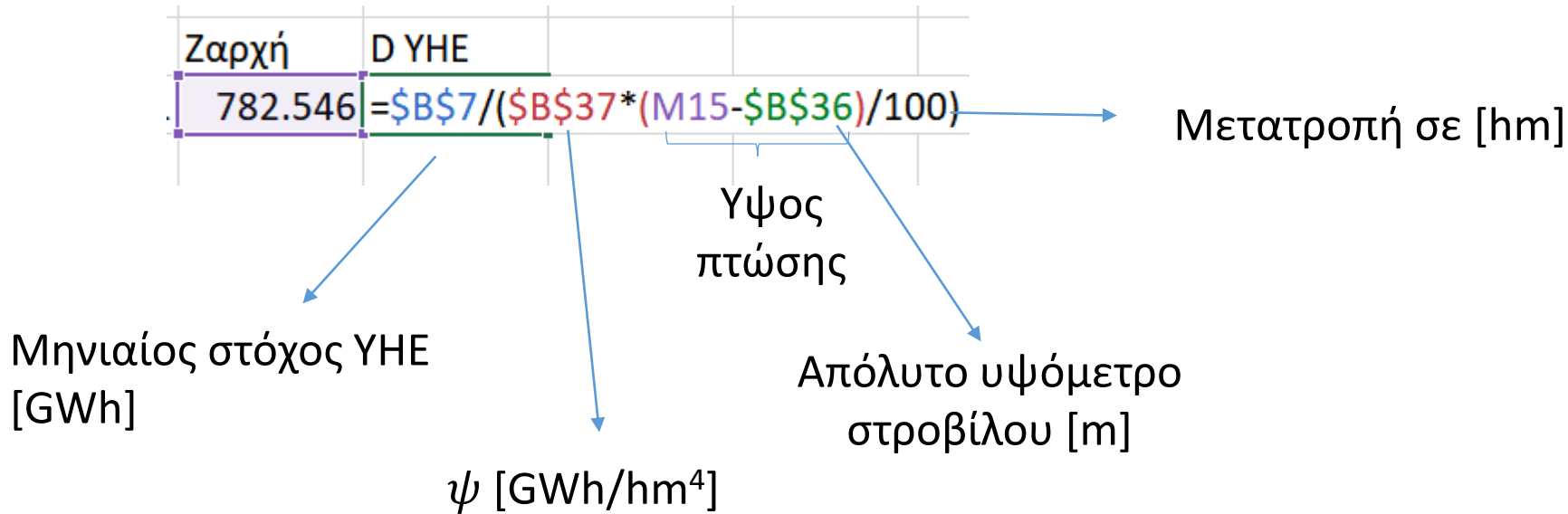
Ζήτηση ΥΗΕ $D_{ΥΗΕ}$

- Υπολογισμός ζήτησης (σε μονάδες όγκου) για την παραγωγή ΥΗΕ : $E^* = \psi V(Z - Z_0) \rightarrow$

$$V = E^* / [\psi * (Z - Z_0)]$$

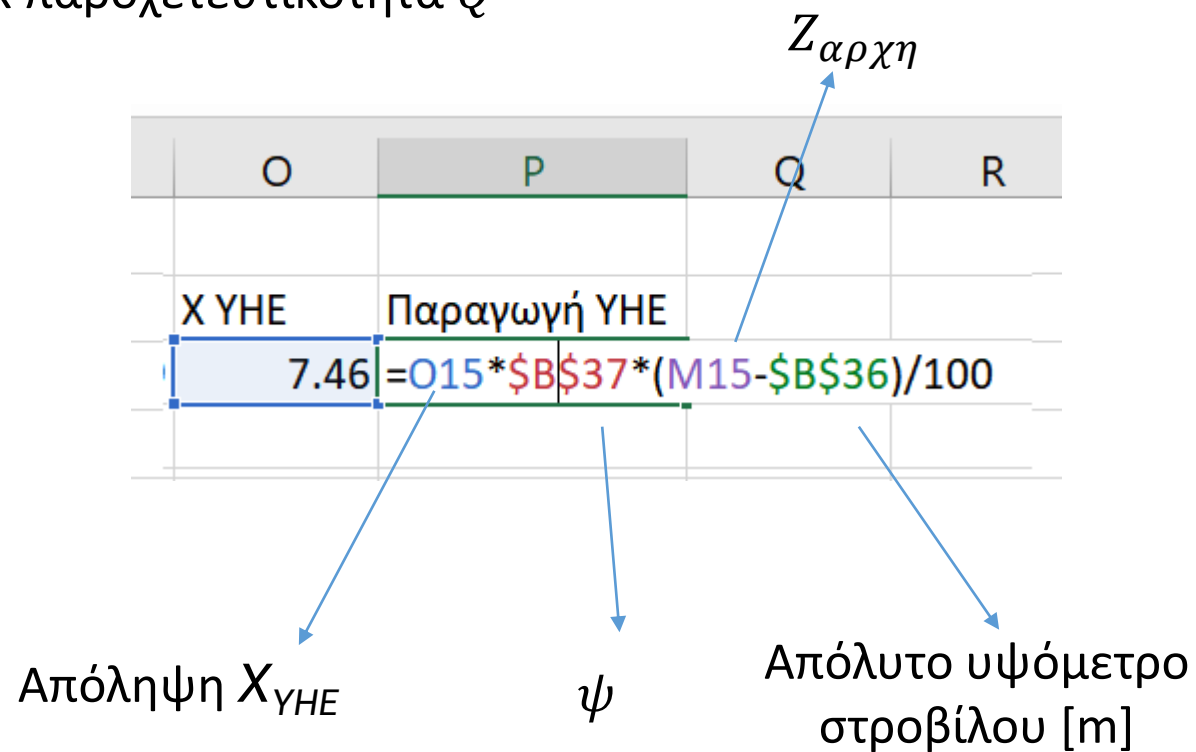
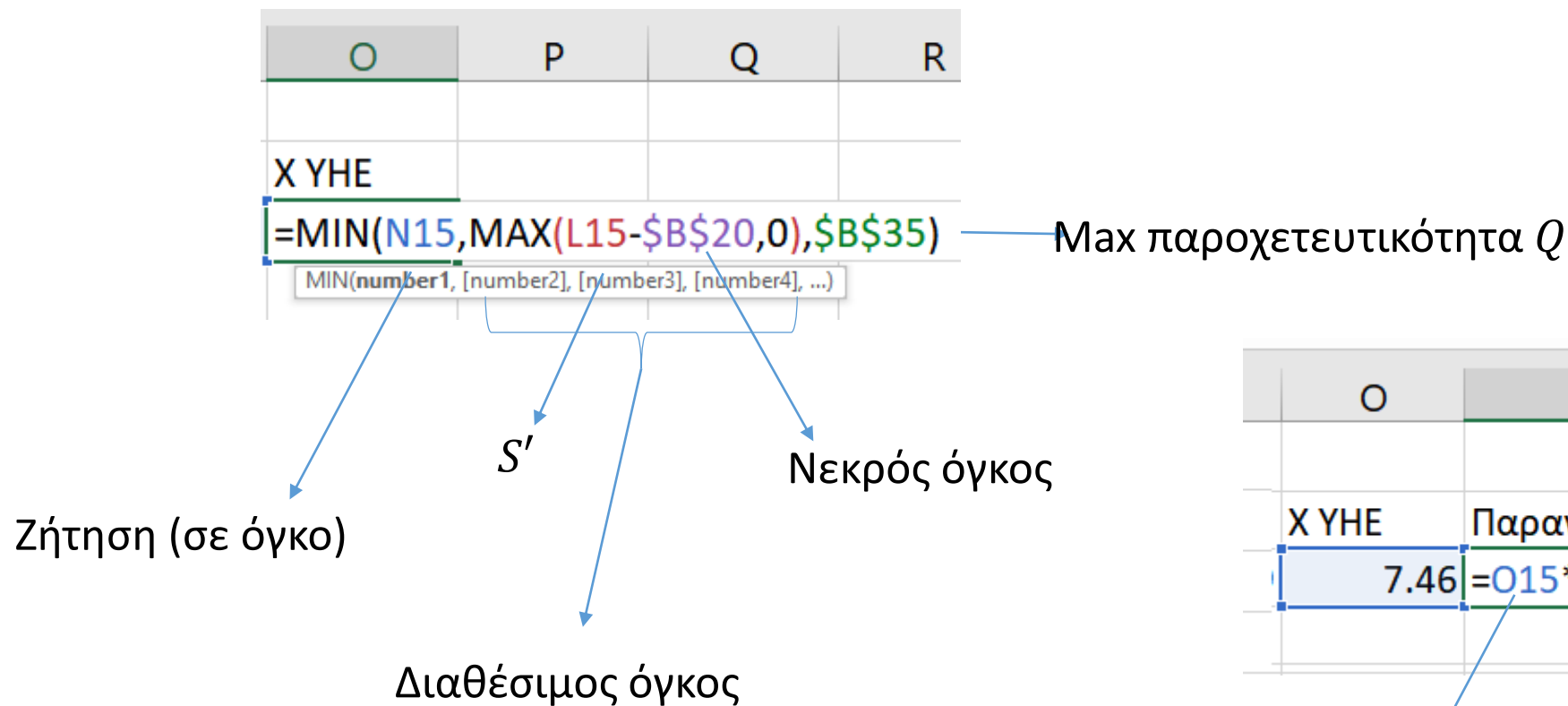
Τα Z σε μονάδες [hm]   Όχι σε m!  

- Ο στόχος ΥΗΕ προκύπτει από βελτιστοποίηση. Προς το παρόν δώστε μια λογική τιμή π.χ. 10 GWh



Απόληψη ΥΗΕ $X_{ΥΗΕ}$ και παραγωγή

- Απόληψη $X_{ΥΗΕ}$: $\min(D_{ΥΗΕ}, \text{Διαθέσιμος όγκος}, \text{παροχетеυτικότητα})$



Αστοχία & Έλλειμμα παραγωγής

- Αστοχία

P	Q	R
Παραγωγή ΥΗΕ	Αστοχία ΥΗΕ	Έλλειμμα ΥΗΕ [GWh]
10	=IF(P15<\$B\$7;1;0)	

↓
Στόχος E^*

- Έλλειμμα

P	Q	R
Παραγωγή ΥΗΕ	Αστοχία ΥΗΕ	Έλλειμμα ΥΗΕ [GWh]
10	0	=B\$7-P15

↓
Στόχος E^*

Έλεγχος Υπερχείλισης W

- Υπολογισμός S''

L	M	N	O	P	Q	R	S
S'	Ζαρχή	D YHE	X YHE	Παραγωγή YHE	Αστοχία YHE	Έλλειμμα YHE [GWh]	S''
181.21	782.546	7.46349	7.46	10	0	0	=L15-O15

- Έλεγχος υπερχείλισης W

S	T	U
S''	Υπερχ W	
173.75	=MAX(S15-\$B\$19;0)	



Μέγιστο απόθεμα

Παραγωγή δευτερεύουσας ΥΗΕ

- Υπολογισμός Extra απώλησης X'

T	U	V	W
		Δευτ. Ενέργεια	
Υπερχ W	Extra απώληση X'	[GWh]	Υπερχ W'
0.00	=IF(T15>0;MIN(\$B\$35-O15;T15);0)		

Max παροχетеυτικότητα Q
 Απώληση X
 Έλεγχος W
 Έλεγχος υπολειπόμενης παροχетеυτικότητας

- Δευτερεύουσα ΥΗΕ

T	U	V	W	X
		Δευτ. Ενέργεια		
Υπερχ W	Extra απώληση	[GWh]		
0.00	0	=U15*\$B\$37*(M15-\$B\$36)/100		

Σχέση $V - E$

Κλείσιμο ισοζυγίου

- Πραγματική υπερχείλιση W'

T	U	V	W
		Δευτ. Ενέργεια [GWh]	
Υπερχ W	Extra απόληψη		Υπερχ W'
0.00	0	0	=T15-U15

- $S_{τελος} = S'' - W$ ή $(X' + W')$

S	T	U	V	W	X	
			Δευτ. Ενέργεια [GWh]			
S''	Υπερχ W	Extra απόληψη X'		Υπερχ W'	Στέλος	
173.75	0.00	0	0	0.00	=S15-U15-W15	

Κλείσιμο ισοζυγίου

- Πραγματική υπερχείλιση W'

T	U	V	W
		Δευτ. Ενέργεια [GWh]	
Υπερχ W	Extra απόληψη		Υπερχ W'
0.00	0	0	=T15-U15

- $S_{τελος} = S'' - W$ ή $(X' + W')$



Προσθήκη στη
στήλη $S_{αρχη}$ κ.ο.κ

S	T	U	V	W	X	
			Δευτ. Ενέργεια [GWh]			
S''	Υπερχ W	Extra απόληψη X'		Υπερχ W'	S''	
173.75	0.00	0	0	0.00	=S15-U15-W15	

Κλείσιμο ισοζυγίου

- Πραγματική υπερχείλιση W'

T	U	V	W
		Δευτ. Ενέργεια [GWh]	
Υπερχ W	Extra απόληψη		Υπερχ W'
0.00	0	0	=T15-U15

- $S_{τελος} = S'' - W$ ή $(X' + W')$



Προσθήκη στη
στήλη $S_{αρχη}$ κ.ο.κ

S	T	U	V	W	X	
			Δευτ. Ενέργεια [GWh]			
S''	Υπερχ W	Extra απόληψη X'		Υπερχ W'	S''	
173.75	0.00	0	0	0.00	=S15-U15-W15	

Καμπύλη ενέργειας (1)

- Συνολική ΥΗΕ: Παραγωγή λόγω μηνιαίου στόχου + δευτερεύουσα

Z	AA	AB
	Θέση	1-F(X)
10	1	0.0017
10	2	0.0034
10	3	0.00509
10	4	0.00679
10	5	0.00849
10	6	0.01019
10	7	0.01188
10	8	0.01358

Στήλη με A/A

Z	AA	AB	AC
Αριθμός βημάτων:		588	
Σύνολο ΥΗΕ	Θέση	1-F(X)	
10	1	=AA15/(\$AB\$12+1)	

Συνάρτηση count()

Πιθανότητα υπέρβασης
εμπειρικής κατανομής!

Καμπύλη ενέργειας (2)

- Κατάταξη μηνιαίας παραγωγής ΥΗΕ σε φθίνουσα σειρά

Z	AA	AB	AC	AD	AE
Σύνολο ΥΗΕ	Θέση	1-F(X)	Κατάταξη		
10	1	0.0017	=LARGE(\$Z\$15:\$Z\$602;AA15)		
10	2	0.0034	LARGE(array; k)		
10	3	0.00509	72.1648		
10	4	0.00679	68.4885		
10	5	0.00849	63.5595		
10	6	0.01019	63.505		
10	7	0.01188	62.1979		
10	8	0.01358	62.0351		
10	9	0.01528	61.3401		
10	10	0.01698	59.0850		

Το k μεγαλύτερο
στοιχείο στο array

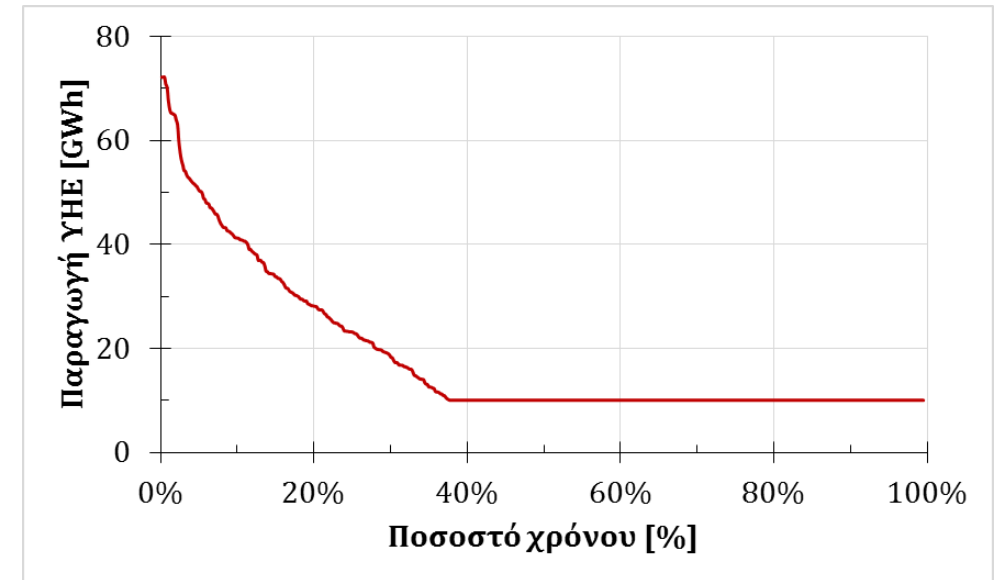
Στήλη κλειδωμένη

Καμπύλη ενέργειας (3)

- Γραφική απεικόνιση παραγωγής

Data selection → Insert → Scatter → Scatter with Smooth Lines

- Εύρεση πρωτεύουσας ενέργειας (95% ή 99%)
 - Χρήση συνάρτησης **VLOOKUP()**



AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI
1-F(X)	Κατάταξη		1-F(X)	Πρωτεύουσα ενέργεια			
0.0017	72.1648		0.95	=VLOOKUP(AE15;\$AB\$15:\$AC\$602;2;TRUE)			
0.0034	72.1648		0.99				
0.00509	72.1648						

Vertical look up

Array στο οποίο ψάχνει το όρισμα η συνάρτηση

Στήλη από την οποία επιστρέφει τιμή

True: όχι ακριβής ταύτιση

Κριτήρια επίδοσης (1)

- Αστοχία/Αξιοπιστία

Q	R
Σύνολο αστοχιών	
<code>=SUM(Q15:Q602)</code>	
Ποσοστό αστοχίας	
<code>=Q8/COUNT(Q15:Q602)</code>	
Αξιοπιστία	
<code>=1-Q10</code>	
	Έλλειμμα
Αστοχία ΥΗΕ	[GWh]
3 0	
3 0	
3 0	

→ Άθροισμα 0 και 1

→ Συχνότητα αστοχίας

→ Αξιοπιστία = 1-Αστοχία

- Μέσο μηνιαίο έλλειμμα

R	S
Μέσο μηνιαίο έλλειμμα	
<code>=AVERAGE(R15:R602)</code>	
Έλλειμμα ΥΗΕ	
[GWh]	S''
0	167
0	168
0	169
0	164

→ Μέσος όρος στήλης

Κριτήρια επίδοσης (2)

- Ανθεκτικότητα (Resilience)

AH	AI
Resilience	
=SUM(AH16:AH602)/Q8	
Μη αστοχία μετά από αστοχία	
=IF(AND(Q16=0;Q15=1);1;0)	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	

Άθροισμα και διαίρεση με το συνολικό αριθμό αστοχιών

Αστοχία στο προηγούμενο βήμα

Μη αστοχία σε αυτό το βήμα

Λογικός Τελεστής AND

- Ευαισθησία (Vulnerability)

Q	R	S	T	U
Σύνολο αστοχιών	Μέσο μηνιαίο έλλειμμα YHE	Resilience YHE	Vulnerability YHE	
70	1.4539	0.171	=SUM(R15:R602)/Q8	
Ποσοστό αστοχίας				
0.119				
Αξιοπιστία				
0.881				
Αστοχία YHE	Έλλειμμα YHE [GWh]	S''	Υπερχ W	Extra απόληψ
0	0	167.78	0.00	
0	0	168.89	0.00	
0	0	169.01	0.00	
0	0	164.86	0.00	
-	-	- - - -	- - -	

Άθροισμα ελλειμμάτων και διαίρεση με το συνολικό αριθμό αστοχιών

Υπολογισμός κόστους/οφέλους

AJ	AK	AL	AM	AN
Τιμή δευτερεύουσας				Μέσο μηνιαίο κόστος/όφελος
Ρήτρα στόχου	Παραγωγή δευτερεύουσας			=AVERAGE(AN15:AN602)
Κέρδος από στόχο ΥΗΕ	Ρήτρα στόχου ΥΗΕ	Κέρδος από δευτερεύουσα ΥΗΕ	Κόστος εκτροπής	Σύνολο
=B\$43*P15	=-B\$45*R15	=B\$44*V15	=-B\$51*I15	=SUM(AJ15:AM15)
1,800,000 €	0 €	0 €	-93,750 €	1,706,250 €
1,800,000 €	0 €	0 €	-93,750 €	1,706,250 €

Μέση μηνιαία τιμή

Άθροισμα όλων των
στηλών

Κόστος εκτροπής

Έλλειμμα ΥΗΕ

Απόληψη εκτροπής

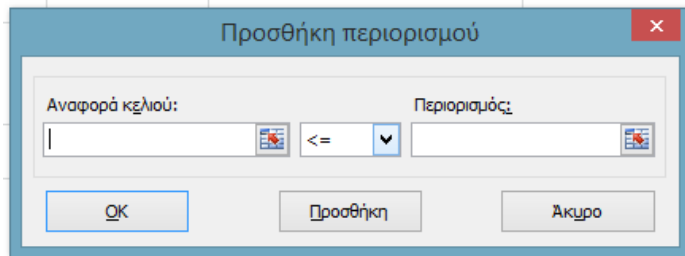
Κανονική παραγωγή

Τιμή
πρωτεύουσας

Βελτιστοποίηση παραγωγής

- **Μεταβλητή ελέγχου:** Μηνιαίος Στόχος Παραγωγής P
- **Στοχική συνάρτηση:** Maximize Μέσο Μηνιαίο Κόστος/Όφελος
- **Περιορισμοί:** $P \geq 0$, άνω όριο?
- **Αλγόριθμος βελτιστοποίησης:** Simplex, GRG ή Evolutionary (μη γραμμικό πρόβλημα)

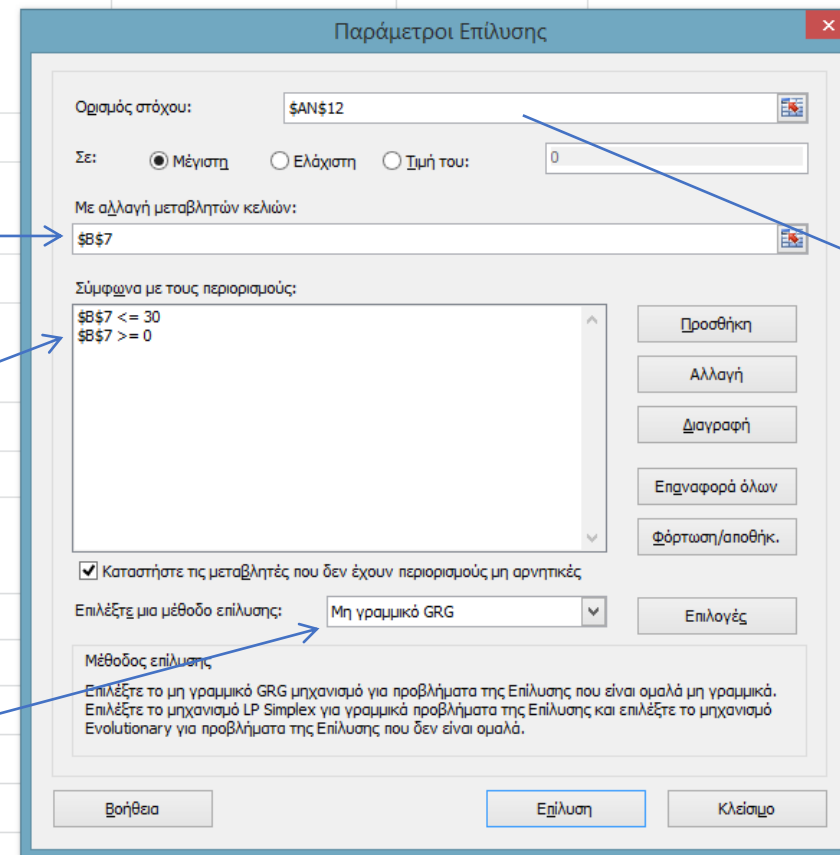
Data → Solver (Επίλυση)



Μεταβλητή Ελέγχου
 $\$B\7

Περιορισμοί
 $\$B\$7 \leq 30$
 $\$B\$7 \geq 0$

Αλγόριθμος
Μη γραμμικό GRG



Κελί Στοχικής
συνάρτησης
 $\$A\12

Επόμενα βήματα

- Διαμόρφωση ισοζυγίου Ταμιευτήρα 2 (στο ίδιο φύλλο! – αλλιώς ο solver δεν δουλεύει)
- Σύνδεση των δύο ταμιευτήρων μέσω του κανόνα λειτουργίας!
- Προσθήκη στο Μέσο Μηνιαίο Κόστος/Όφελος το κέρδος/ρήτρες από της άλλες χρήσεις
- Προσοχή: και ο Ταμιευτήρας 2 παράγει ενέργεια. Τι είδους;
- Για κάθε χρήση υπολογίστε τα μέτρα επίδοσης που αναφέρθηκαν + την αξιοπιστία σε όρους κάλυψης για άρδευση/ύδρευση (σύνολο απόληψης/σύνολο ζήτησης)
- Για το ερώτημα 4 οι μεταβλητές ελέγχου γίνονται **2**!
- Για να δημιουργήσετε τιμές από κανονική κατανομή στο Ερώτημα 6 χρησιμοποιήστε την συνάρτηση **=norm.inv(rand(), MEAN, SD)**
- Πως θα χειριστείτε την διαφορά στις μονάδες(GWh και hm³) στο ερώτημα 10?

Επόμενα βήματα

- Τυποποίηση στο διάστημα [0-1] με αλλαγή κλίμακας: $\frac{Y_i - Y_{min}}{\underbrace{Y_{max} - Y_{min}}_{\text{Εύρος, } R}}$
- Διαμόρφωση στοχικής συνάρτησης με βάρη στα δύο κριτήρια που πλέον έχουν ίδιες μονάδες:
 $\max(F(x))$, όπου $F(x) = w_1 * \text{κριτηριο}_1 + w_2 * \text{κριτηριο}_2$
- Διαλέξτε αρκετούς συνδυασμούς βαρών $w_1 + w_2 = 1$.



Κάποιοι από τους συνδυασμούς δεν θα είναι αναγκαστικά βέλτιστοι κατά *Pareto*, ή ίδιες τιμές κριτηρίων θα επαναλαμβάνονται!