

# *ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ASHRAE*



## *«Eco-design, Refrigeration, KENAK & Energy audits »*

**ΚΕΝΑΚ & Ενεργειακοί Έλεγχοι  
Πως Επηρεάζεται ο Σχεδιασμός Κτηρίων**



**Παντελίδης Γιώργος**  
**Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ**  
MSc, EUREM  
gpant@zeb.gr  
www.zeb.gr

KENAK

N.4342/2015

kWh/m<sup>2</sup>

SEER

Sustainability

SCOP

EMS

KPIs

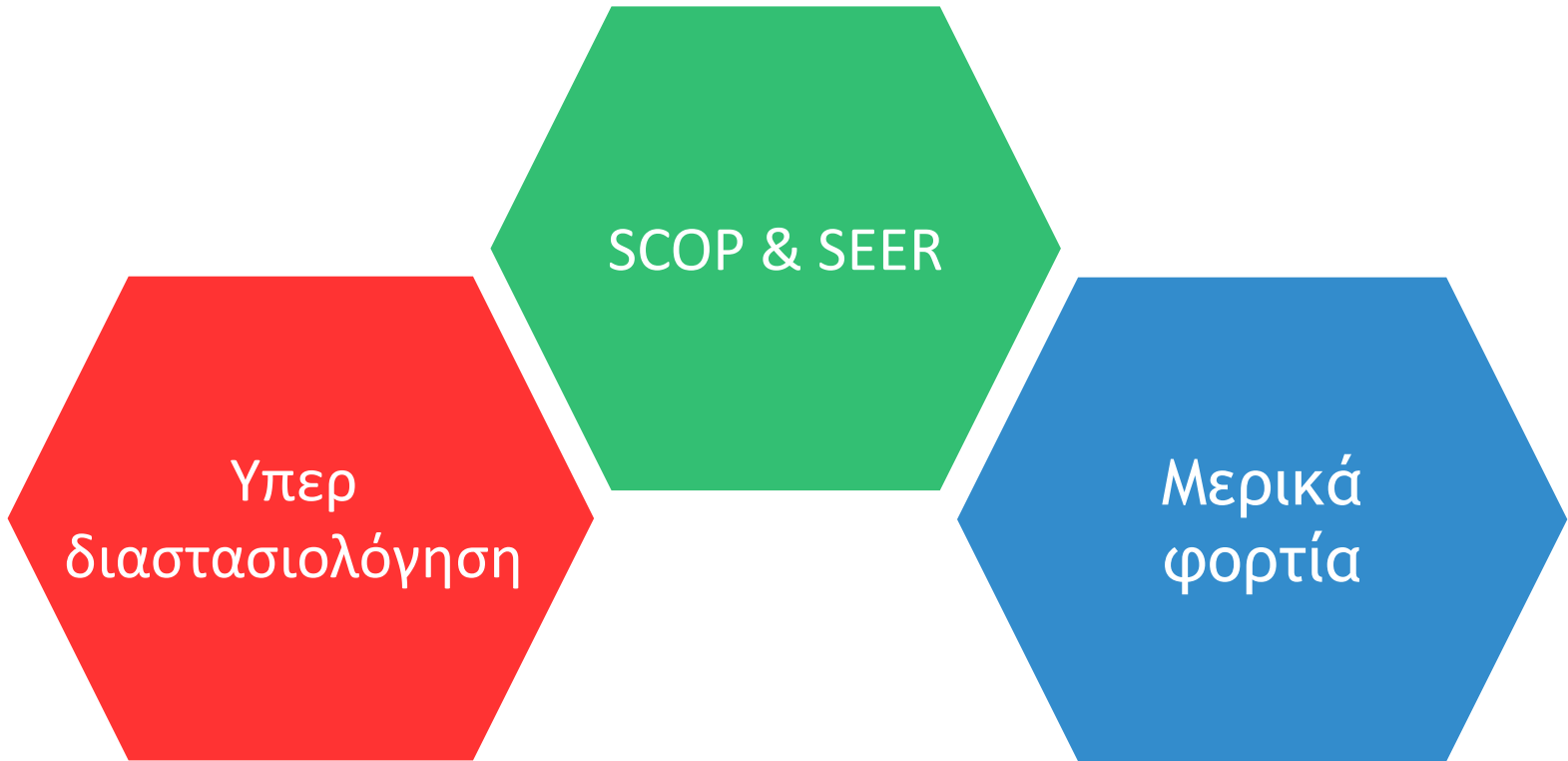


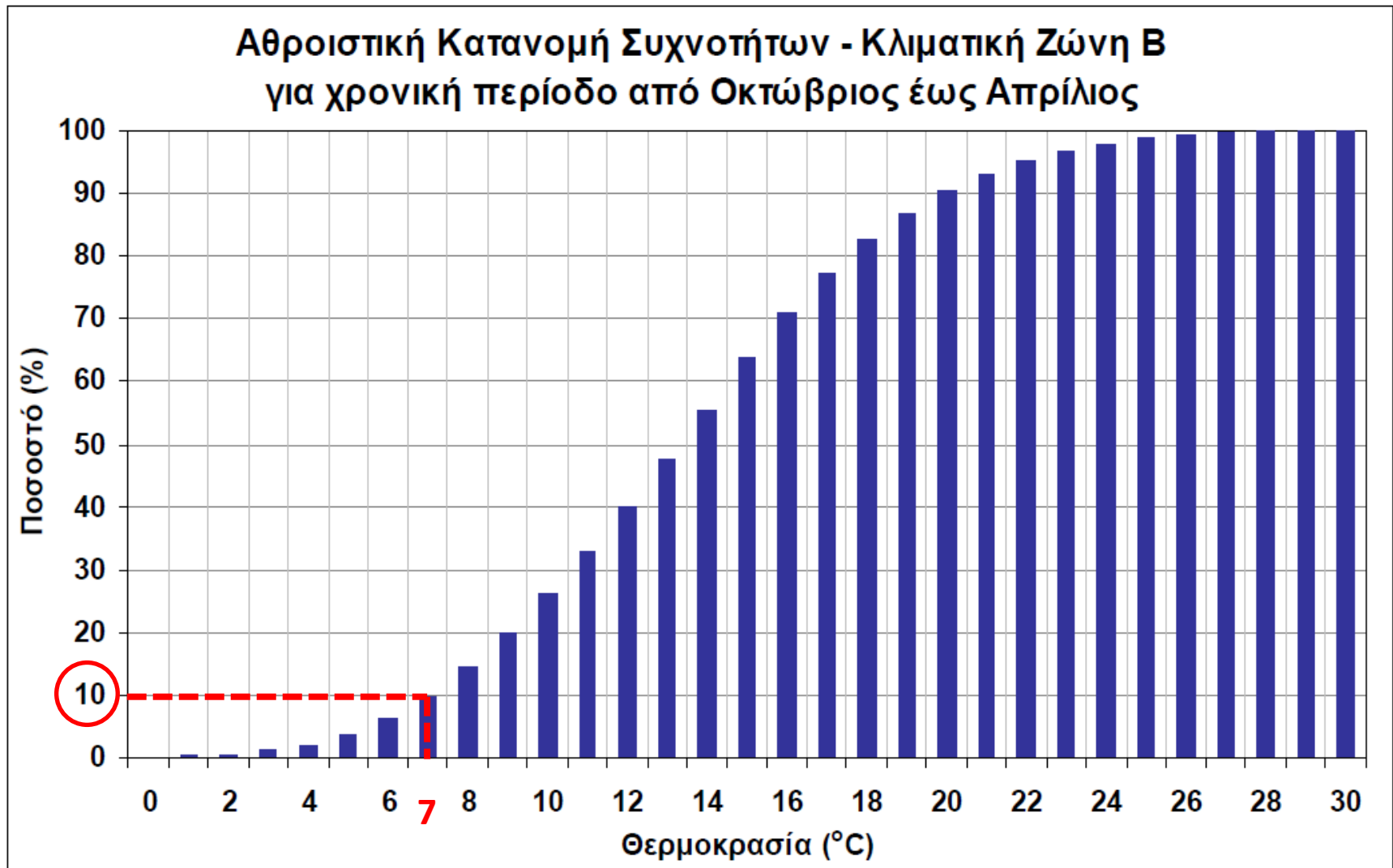
Τι αλλάζει;

kWh

Life Cycle Cost







# SCOP & SEER

Δελτίο προϊόντος (σύμφωνα με τον κανονισμό της ΕΕ αριθ 811/2013)

Αντλία θερμότητας, θερμοκρασία  
προσαγωγής 35°C

(a) Όνομα προμηθευτή ή μάρκα					
(b) Κωδικός μοντέλου του προμηθευτή					
(c) Θέρμανση χώρου: εφαρμογή μέσω των θερμοκρασιών	<i>var</i>	Θέρμανση χώρου: εφαρμογή χαμηλών θερμοκρασιών			<i>var</i>
Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης: Δηλωμένο προφίλ φορτίου	XL				
(d) Τάξη ενεργειακής απόδοσης εποχιακής θέρμανσης χώρου (μέσες κλιματικές συνθήκες), (*)	A++	Τάξη απόδοση ενέργειας στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης			A
(e) Ονομαστική θερμική ισχύς, συμπεριλαμβανομένης της ονομαστικής θερμικής ισχύος κάθε συμπληρωματικού θερμαντήρα (μέσες κλιματικές συνθήκες)	15	kW			
(f) Θέρμανση χώρου: ετήσια κατανάλωση ενέργειας (μέσες κλιματικές συνθήκες)	5831	kWh	και/ή	21	GJ
Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και/ή καυσίμου (μέσες κλιματικές συνθήκες)	1403	kWh	και/ή	0	GJ
(g) Ενεργειακή απόδοση εποχιακής θέρμανσης χώρου (μέσες κλιματικές συνθήκες)	201	%	Απόδοση ενέργειας στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (μέσες κλιματικές συνθήκες)	119	%

**Πίνακας 4.2γ** Συντελεστής μετατροπής σε εποχιακό βαθμό απόδοσης ( $\eta_{g0}$ )

Ονομαστική ισχύς (kW)	Συντελεστής μετατροπής σε εποχιακό β.α. $\eta_{g0}$			
	$\leq 25$	$>25 \text{ \& } \leq 100$	$>100 \text{ \& } \leq 400$	$>400$
<i>Λέβητας χωρίς στοιχεία (*)</i>	0,82	0,84	0,87	0,90
<i>Συνήθης λέβητας (*)</i>	0,85	0,88	0,91	0,92
<i>Λέβητας χαμηλών θερμοκρασιών</i>	0,91	0,935	0,965	0,965
<i>Λέβητας συμπύκνωσης</i>	0,95	0,96	0,977	0,977

**Πίνακας 4.5γ:** Συντελεστών a & b των σχέσεων 4.7 και 4.8.

Τεχνολογία	Screw	Scroll	Recipr	WCA	WCB	Άλλος αερόψυκτος συμβατικός τύπος
Μαθηματικός τύπος	Δύναμη		Λογαριθμικός (νεπέριος)			Δύναμη
a	1,313	1,3314	-0,383	-0,436	-0,5798	0,8597
b	-0,996	-0,997	1,172	1,0355	1,2412	-0,076

$$SEER/EER = a \cdot Y^b \text{ (ως δύναμη) είτε ως} \quad [4.7.]$$

$$SEER/EER = a \ln(Y) + b \text{ (ως λογαριθμικός)} \quad [4.8.]$$

# Υπερδιαστασιολόγηση

- Χαμηλός συνολικός βαθμός απόδοσης
- Συχνές εκκινήσεις - παύσεις
- Μεγαλύτερη κατανάλωση βοηθητικών συστημάτων
- Υψηλό κόστος κτήσης - συντήρησης



# Υπερδιαστασιολόγηση

**Πίνακας 4.3.** Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης  $\eta_{g1}$  μονάδας λέβητα - καυστήρα.

Σχέση πραγματικής προς υπολογιζόμενη ισχύ μονάδας θέρμανσης ( $P_m / P_{gen}$ )	Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης					
	<u>100%</u>	<u>125%</u>	<u>150%</u>	<u>200%</u>	<u>400%</u>	<u>500%</u>
<i>Λέβητας βιομάζας (χωρίς στοιχεία)</i>	1	0,97	0,94	0,90	0,76	0,70
<i>Συνήθης λέβητας</i>	1	0,97	0,94	0,91	0,77	0,72
<i>Λέβητας χαμηλών θερμοκρασιών</i>	1	0,985	0,97	0,94	0,84	0,80
<i>Λέβητας συμπύκνωσης</i>	1	0,988	0,975	0,95	0,85	0,82
<i>Πιστοποιημένος Λέβητας βιομάζας (χειροκίνητης ή αυτόματης τροφοδοσίας)</i>	1	0,975	0,955	0,91	0,78	0,74

# Μερικά φορτία

- Ρύθμιση παροχής

  - $\Delta p-c$

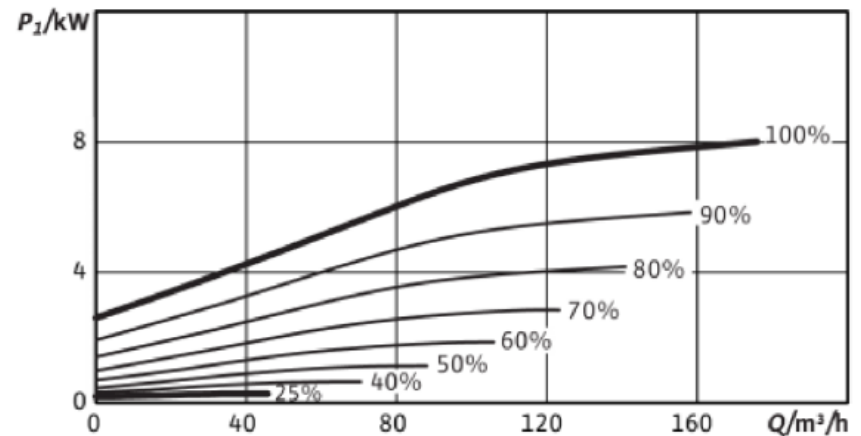
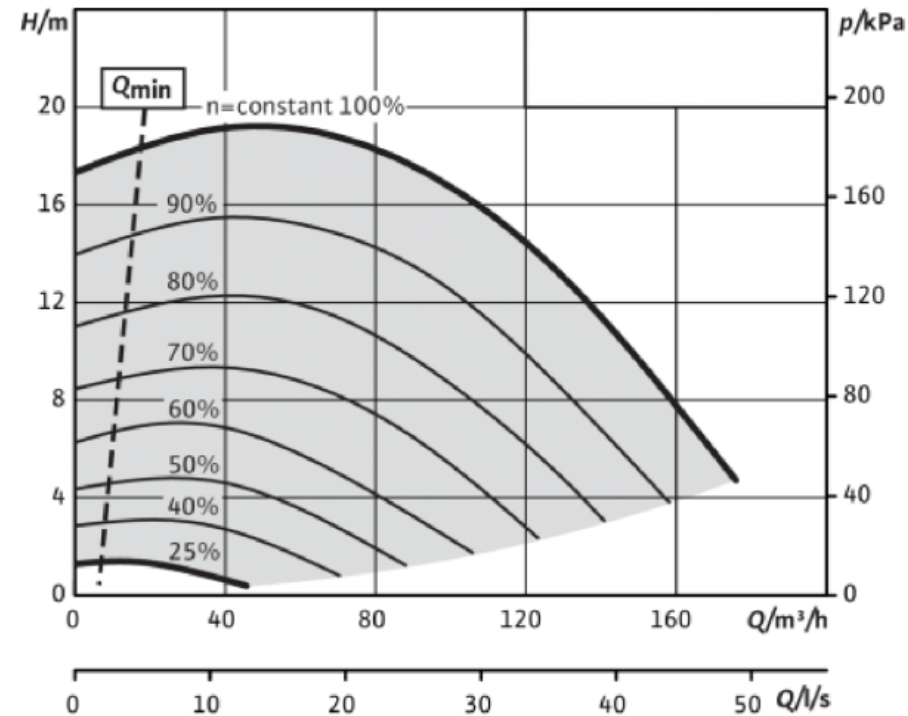
  - $\Delta p-v$

  - $\Delta p-T$

- Ρύθμιση θερμοκρασίας

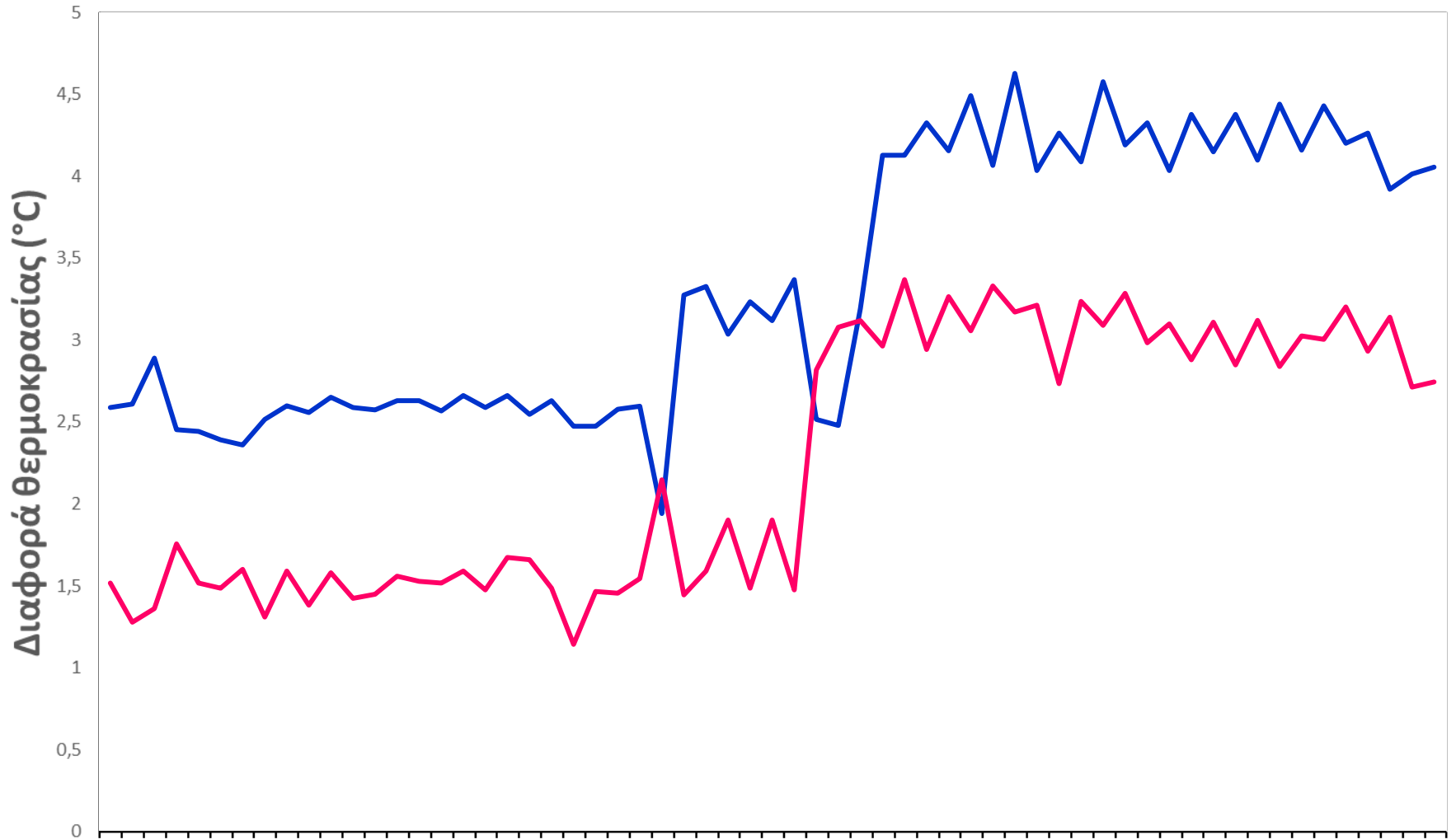
- Αναλογικότητα

- Αλληλουχία μονάδων



# Μερικά φορτία

## Διαφορά θερμοκρασίας εισόδου-εξόδου ψύκτη



# Life Cycle Cost

Αρχικό κόστος

Κόστος λειτουργίας

Κόστος συντήρησης

Κόστος αναβάθμισης

Κόστος αντικατάστασης

Κόστος τελικής διάθεσης



Operational

Maintenance

First  
Cost

## Οδηγός Ενεργειακών Ελέγχων

(Μέρος 1, §12.4)

$$LCC = I + Repl - Res + E + W + OM\&R$$

Όπου

**LCC** : Τελικό κόστος κύκλου ζωής μιας εναλλακτικής πρότασης ΕΞΕ σε όρους παρούσας αξίας

**I** : Επενδυτικές δαπάνες σε όρους παρούσας αξίας

**Repl** : Δαπάνες αντικατάστασης κεφαλαίου σε όρους παρούσας αξίας

**Res** : Υπολειμματική αξία σε όρους παρούσας αξίας (τιμή μεταπώλησης, πώληση ως scarp κλπ) μείον δαπανών διάθεσης (καταστροφής, ανακύκλωσης κλπ)

**E** : Ενεργειακά κόστη σε όρους παρούσας αξίας

**W** : Κόστη νερού σε όρους παρούσας αξίας

**OM&R** : Δαπάνες λειτουργίας εκτός καυσίμων, συντήρησης και δαπάνες επισκευής σε όρους παρούσας αξίας

# Life Cycle Cost

Συγκεντρωτικά δεδομένα Συμβατικού συστήματος HVAC - ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ (BS)

Στοιχεία Κόστους (1)	Κόστος Έτους Βάσης (2)	Έτος εκταμίευσης (3)	Συντελεστής προεξόφλησης (4)		Present Value (5)=(2)*(4)
Αρχική Επένδυση	112.000,00 €	1	SPV1	0,9903	110.912,62 €
Επισκευή Κεφαλαίου (ανεμιστήρας)	10.000,00 €	13	SPV13	0,8809	8.808,83 €
Αντικατάσταση κεφαλαίου (συμπιεστής)	30.000,00 €	16	SPV16	0,8555	25.664,24 €
Υπολειμματική αξία	13.000,00 €	21	SPV21	0,8147	-10.591,69 €
Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	12.000,00 €	ετησίως	UPV	17,9057	214.868,20 €
Κόστος Φυσικού Αερίου	11.000,00 €	ετησίως	UPV	17,9057	196.962,52 €
Συντήρηση, επισκευή και Κεφαλαίου	8.000,00 €	ετησίως	UPV	17,9057	143.245,47 €
<b>Σύνολο</b>					<b>689.870,19 €</b>

$$PV = F_t * \frac{1}{(1 + d)^t}$$

d	0,98%
t	21
<b>SPV έτους 21</b>	<b>0,8147</b>

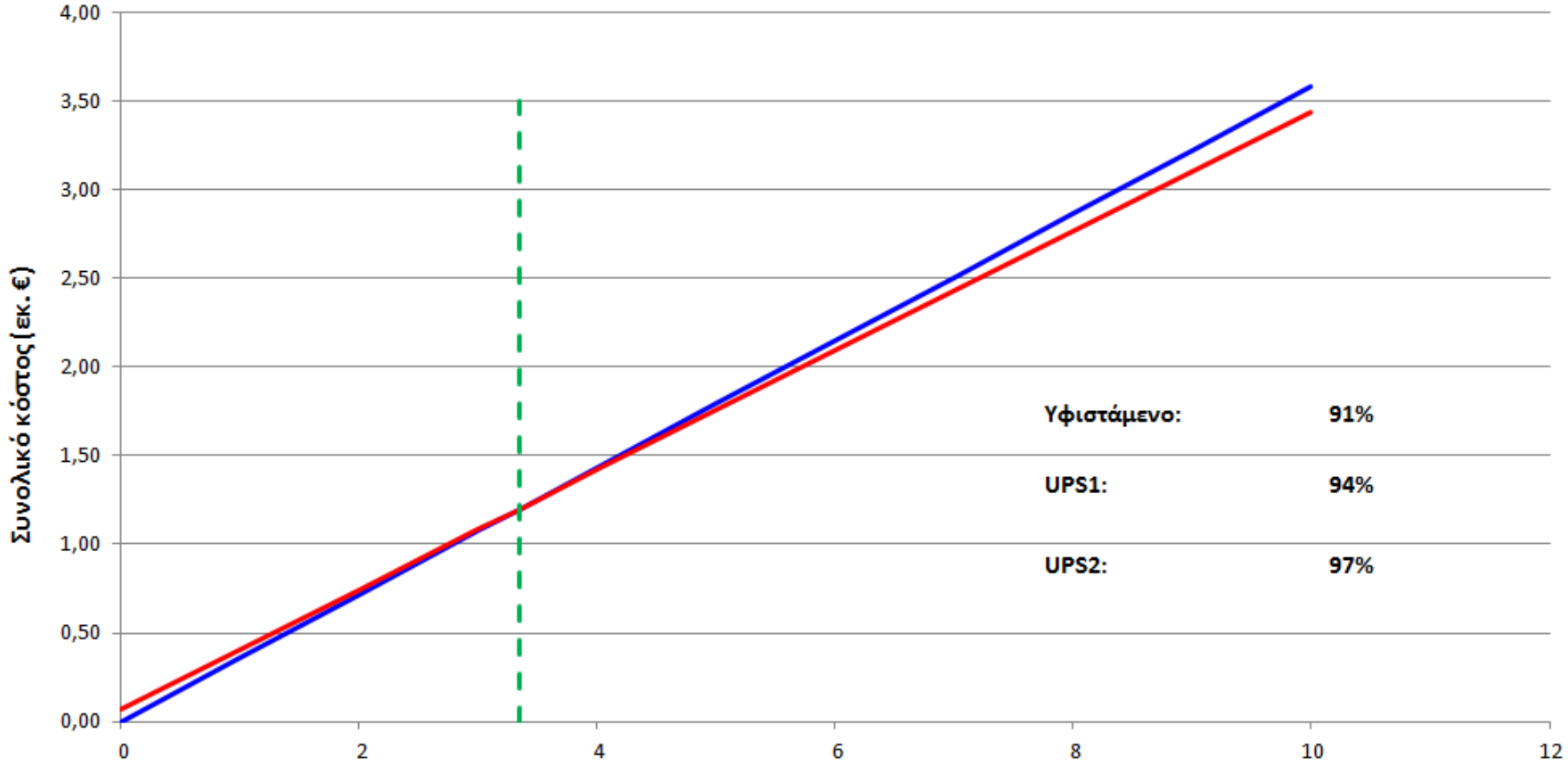
UPV21	18,8960
UPV1	0,9903
<b>UPV</b>	<b>17,9057</b>

$$PV = A_0 * \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1 + d)^t} = A_0 * \frac{(1 + d)^n - 1}{d(1 + d)^n}$$

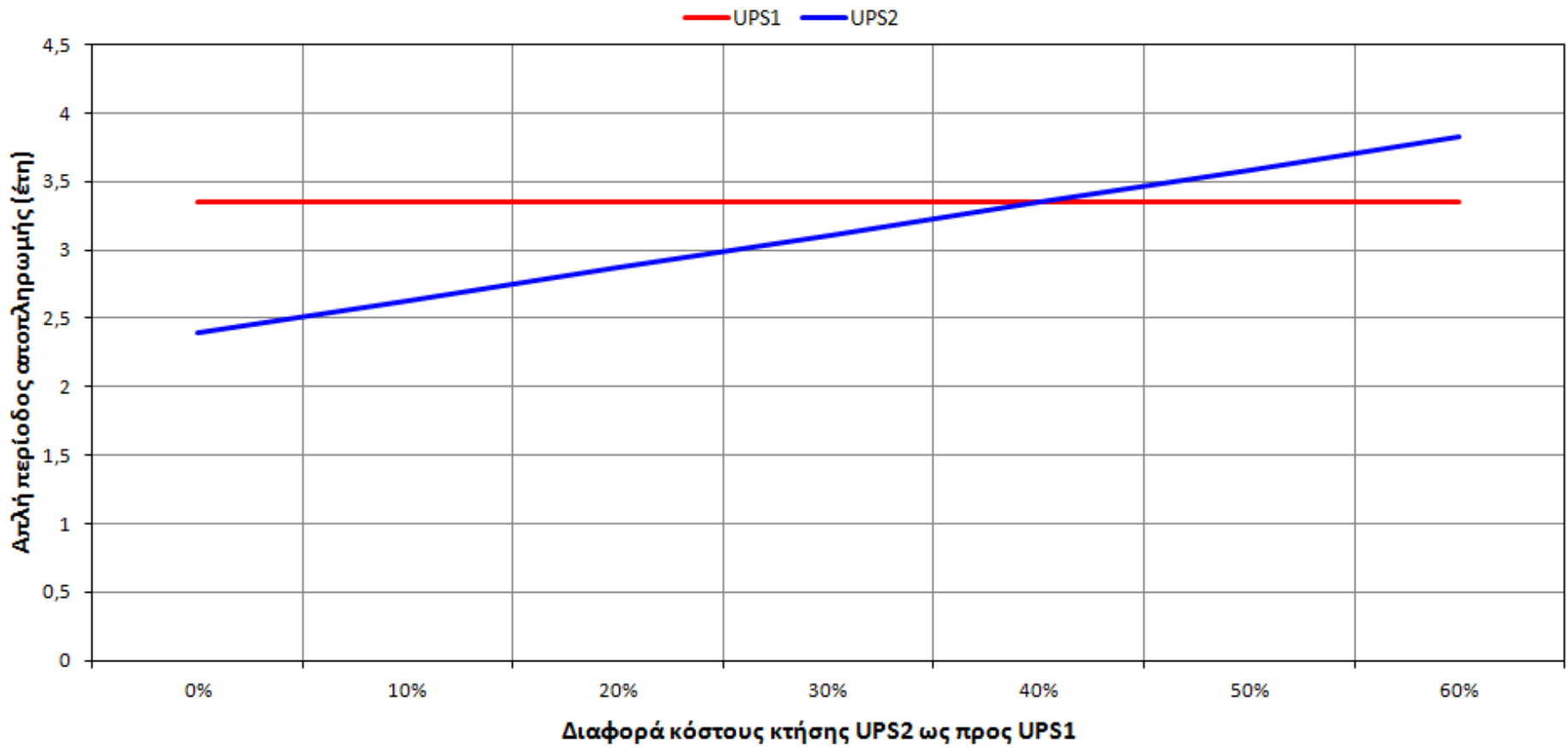
N	21	N	1
d	0,98%	d	0,98%
<b>UPV έτους 21</b>	<b>18,8960</b>	<b>UPV έτους 1</b>	<b>0,9903</b>

## Συνολικό κόστος εγκατάστασης

Υφιστάμενη εγκατάσταση    UPS1    Απόσβεση



## Απόσβεση εξοπλισμού vs διαφοράς κόστος



# Life Cycle Cost

**1**

## Αριθμός μονάδων

Βελτίωση βαθμού απόδοσης για κάλυψη μερικών φορτίων.

**3**

## Διαστασιολόγηση δικτύου

Διάμετροι σωληνώσεων  
Επιλογή αντλιών  
Επιλογή βαλβίδων  
Επιλογή στοιχείων

## Βέλτιστο Κόστος Κύκλου Ζωής

## Σύστημα διανομής

Πρωτεύον/Δευτερεύον  
Σταθερής/Μεταβλητής παροχής  
Παράλληλη/Σε σειρά  
συνδεσμολογία

**2**

## Αλγόριθμοι ελέγχου

Έλεγχος μεταβλητής παροχής  
Αλληλουχία ψυκτών

**4**

# Life Cycle Cost

Application	Coils/Loads Served	Chillers	Size of Coils/Loads Served	Control Valves	Recommended Distribution Type
1	One	Any	Any	None	<b>Figure 1</b> Primary-Only – Single Coil
2	More Than One	One	Small (< ~100 gpm)	2-Way and 3-Way	<b>Figure 2</b> Primary-Only – Single Chiller
3	Few Coils Serving Similar Loads	More Than One	Small (< ~100 gpm)	3-Way	<b>Figure 3</b> Primary-Only – Multiple Chillers – Few Coils With Similar Loads
4	Many Coils Serving Similar Loads or Any Serving Dissimilar Loads	More Than One	Small (< ~100 gpm)	2-Way	<b>Figure 4</b> Primary-Only or <b>Figure 5</b> Primary-Secondary
5	More Than One	Any	Large Campus	2-Way	<b>Figure 6</b> Primary – Distributed Secondary
6	More Than One	Any	Large Coils (> ~100 gpm)	None	<b>Figure 7</b> Primary – Coil Secondary

**Table 1:** Chilled water distribution system.

Source: **ASHRAE Journal, December 2011: Steve Taylor FASHRAE, "Optimizing Design & Control of Chilled Water Plants, Part 1: Chilled Water Distribution System Selection"**

# Life Cycle Cost

Coil							Piping		
FPI (mm)	Rows	Air Pressure Drop (mmΣY)	Fluid ΔT (°C)	Fluid Flow (m³/h)	Fluid Pressure Drop (mΣY)	Coil Cost	Pipe Size (in.)	Coil Connection	Total Cost
2,5	4	17,8	5,6	27,3	0,23	\$3,598	3.0	\$4,551	\$8,149
2,3	6	16,5	10,1	15,2	0,19	\$4,845	2.5	\$3,581	\$8,426
2,5	8	20,3	13,8	10,8	0,14	\$5,956	2.0	\$2,101	\$8,057

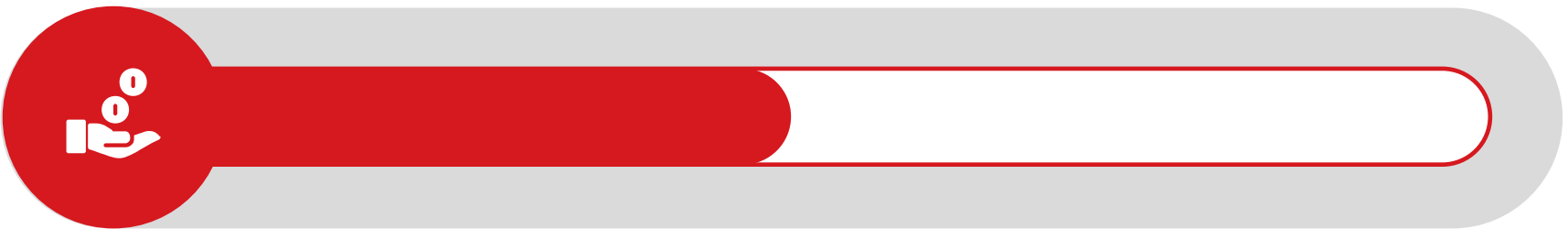
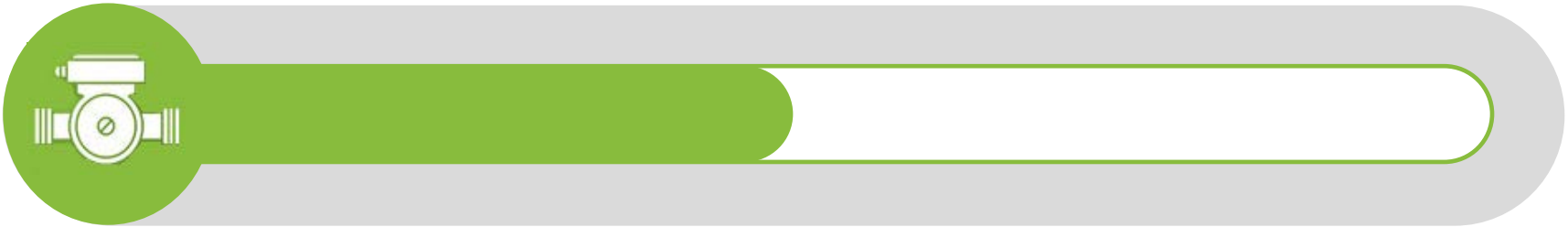
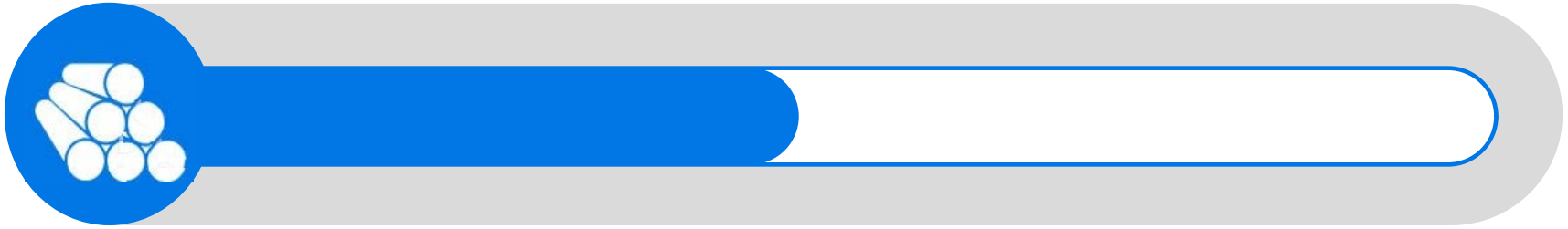
Source: **ASHRAE Journal, December 2011: Steve Taylor FASHRAE, "Optimizing Design & Control of Chilled Water Plants, Part 3: Pipe Sizing and Optimizing ΔT"**

# Life Cycle Cost

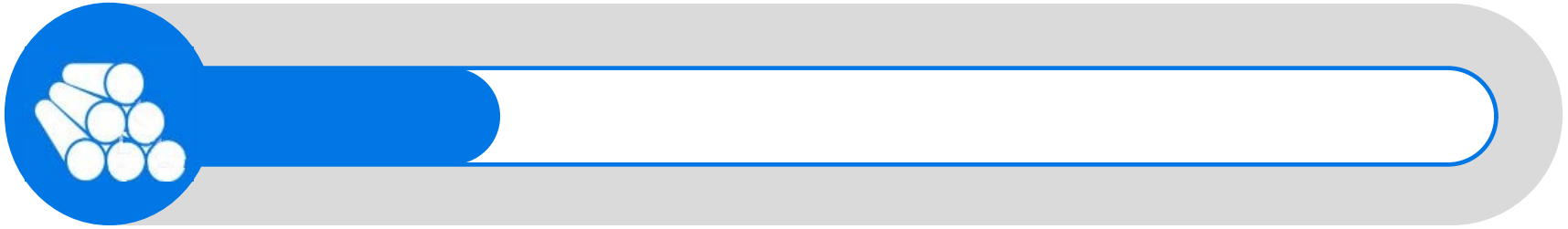
Operating Hours/Year	≤2,000 Hours/Year		>2,000 & ≤4,400 Hours/Year		>4,400 & ≤8,760 Hours/Year	
Nominal Pipe Size (in)	Other	Variable Flow/ Variable Speed	Other	Variable Flow/ Variable Speed	Other	Variable Flow/ Variable Speed
2 1/2	28	41	20	30	16	25
3	41	62	32	48	25	39
4	81	122	60	92	48	74
5	94	143	71	108	58	85
6	170	253	131	198	101	156
8	276	414	207	322	161	253
10	414	621	299	460	230	368
12	575	874	437	667	345	529
Maximum Velocity for Pipes Over 12 in. Size	2,6m/s	4,0m/s	2,0m/s	2,9m/s	1,5m/s	2,3m/s

**Table 6.5.4.5 from ASHRAE Standard 90.1:** Piping system design maximum flow rate in m<sup>3</sup>/h

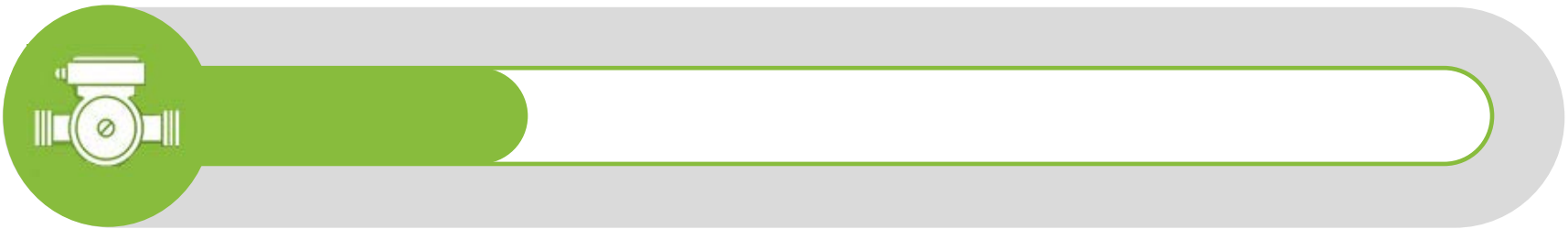
# Life Cycle Cost



# Life Cycle Cost



# Life Cycle Cost

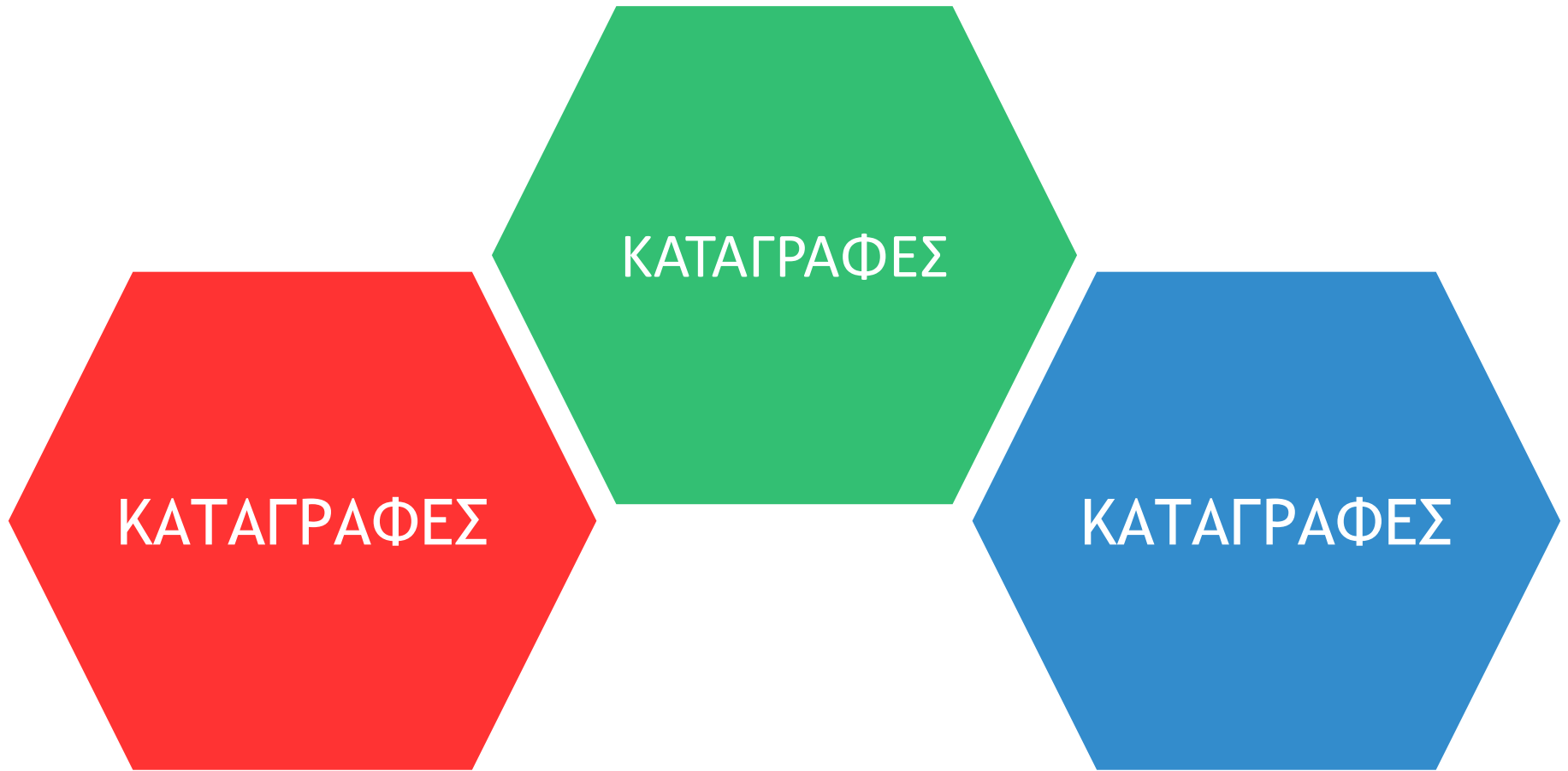


## Building Energy Management System

# BEMS



# Ενεργειακή διαχείριση



# Ενεργειακή διαχείριση

## ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ



Παράμετροι λειτουργίας  
εξοπλισμού

Βελτιστοποίηση  
λειτουργίας  
(Optimization)

Καθορισμός μοντέλου  
λειτουργίας  
(Machine Learning)

## ΔΙΑΓΝΩΣΗ



Διαπίστωση λειτουργίας  
εκτός ορίων

Δημιουργία ενεργειακών  
συναγερμών  
(Fault Detect Diagnosis)

Προγνωστική Συντήρηση  
(Predictive Maintenance)

## ΜΕΤΡΗΣΗ



Βασική κατανάλωση  
(Baseline)

Υπολογισμοί  
εξοικονομήσεων

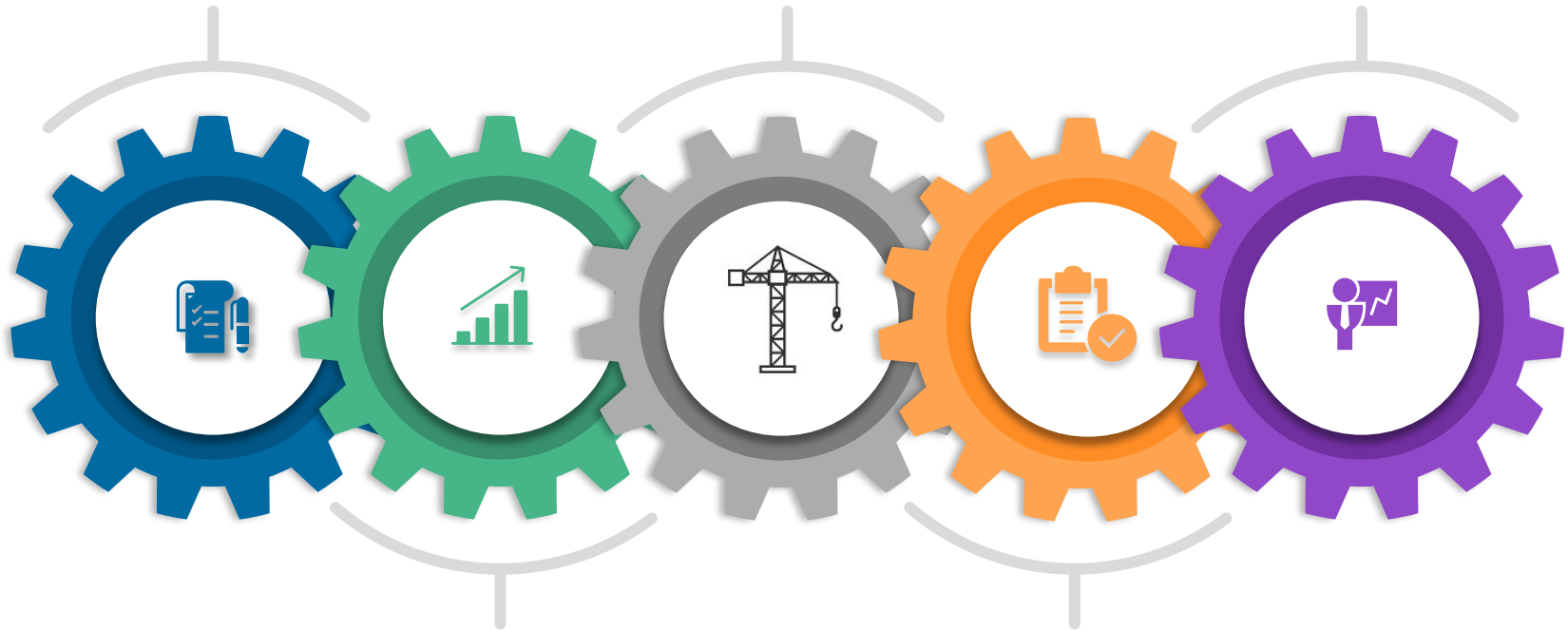
Δείκτες σύγκρισης  
(Benchmarking)

# Ο ρόλος του μηχανικού

Καθορισμός  
απαιτήσεων έργου

Παρακολούθηση  
κατασκευής

Παρακολούθηση  
λειτουργίας



Ενεργειακός  
σχεδιασμός

Λειτουργική παραλαβή  
(Commissioning)

*Ας ανακαλύψουμε τον ελέφанта στο δωμάτιο*



**Παντελίδης Γιώργος**  
gpant@zeb.gr