

Ενεργειακή κατανάλωση στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων

Ελευθέριος Παπαβασιλόπουλος
Βασίλειος Σταμάτης

*Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης και Εφαρμογής
του Υπουργείου Εσωτερικών (ΕΥΔΕ ΥΠΕΣ)*

Την περίοδο 2012 – 2014, τόσο ως Τεχνική Υποστήριξη στην ΕΥΔ ΕΠΠΕΡΑΑ όσο και ως Στελέχη της Ομάδας Υποστήριξης Τελικών Δικαιούχων Απομακρυσμένων και Νησιωτικών Περιοχών (Task Force) της κεντρικής υπηρεσίας της ΜΟΔ, είχαμε εντοπίσει το εξής «πρόβλημα»:

ΥΨΗΛΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

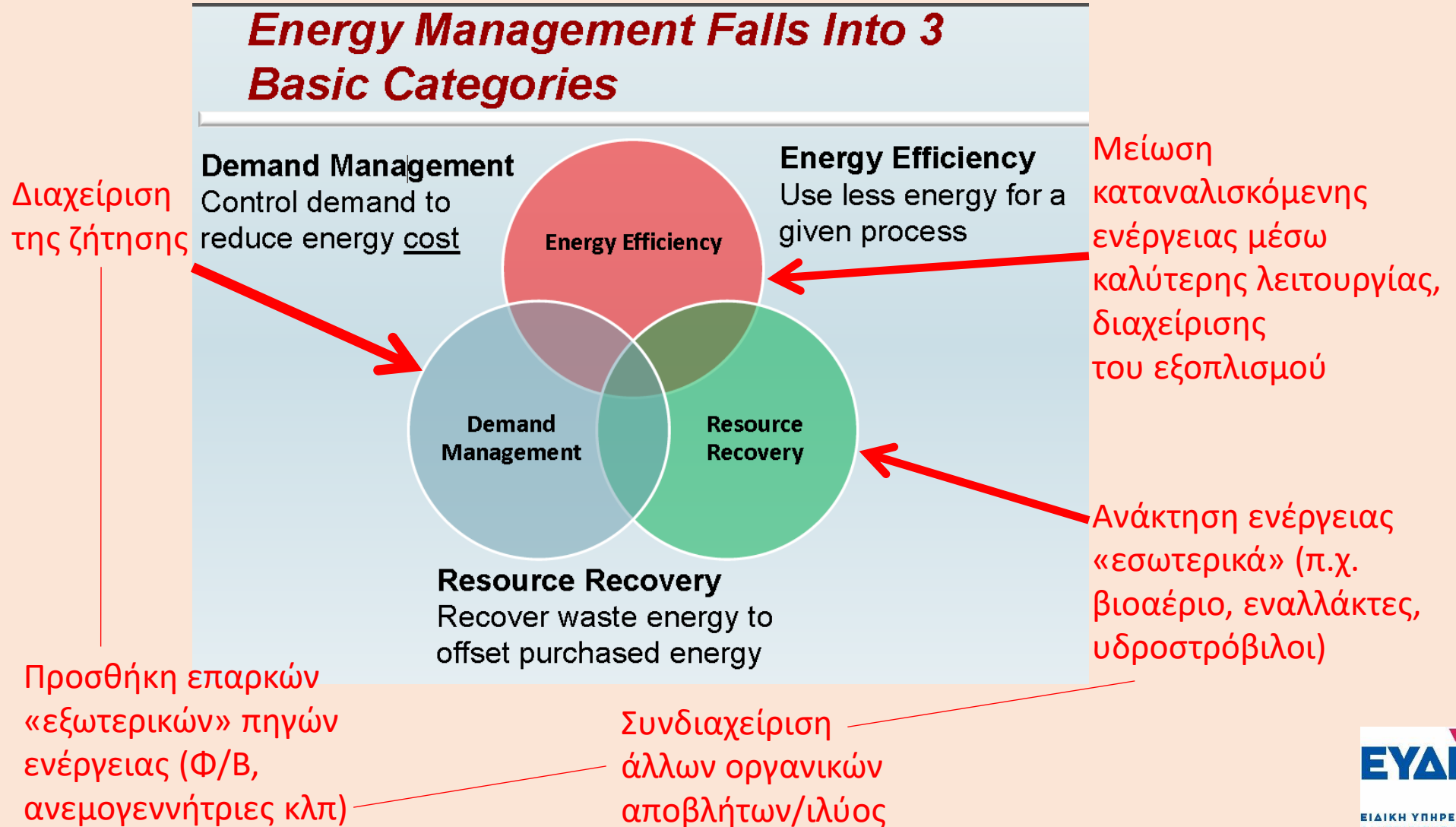
(βάσει των θεωρητικών τιμών σχεδίασης) –

ΑΔΥΝΑΜΙΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ ΔΡΑΣΕΩΝ/ΕΡΓΩΝ ΜΕ ΑΜΙΓΩΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ

στο πλαίσιο αυτό έπρεπε να «αποδείξουμε» την ανάγκη χρηματοδότησης/επιλεξιμότητας σχετικών δράσεων/έργων, η επιφυλακτικότητα των περισσότερων εμπλεκόμενων ήταν μεγάλη, παρόλο αυτά μέσα από δύο Προγράμματα του **Υπουργείου Εσωτερικών** ο στόχος επετεύχθη σε μεγάλο βαθμό:

- **το πρώτο βήμα έγινε μέσα από το Πρόγραμμα ΦΙΛΟΔΗΜΟΣ Ι (2018) και εν συνεχεία**
 - **το Πρόγραμμα ΑΝΤΩΝΗΣ ΤΡΙΤΣΗΣ (2020).**

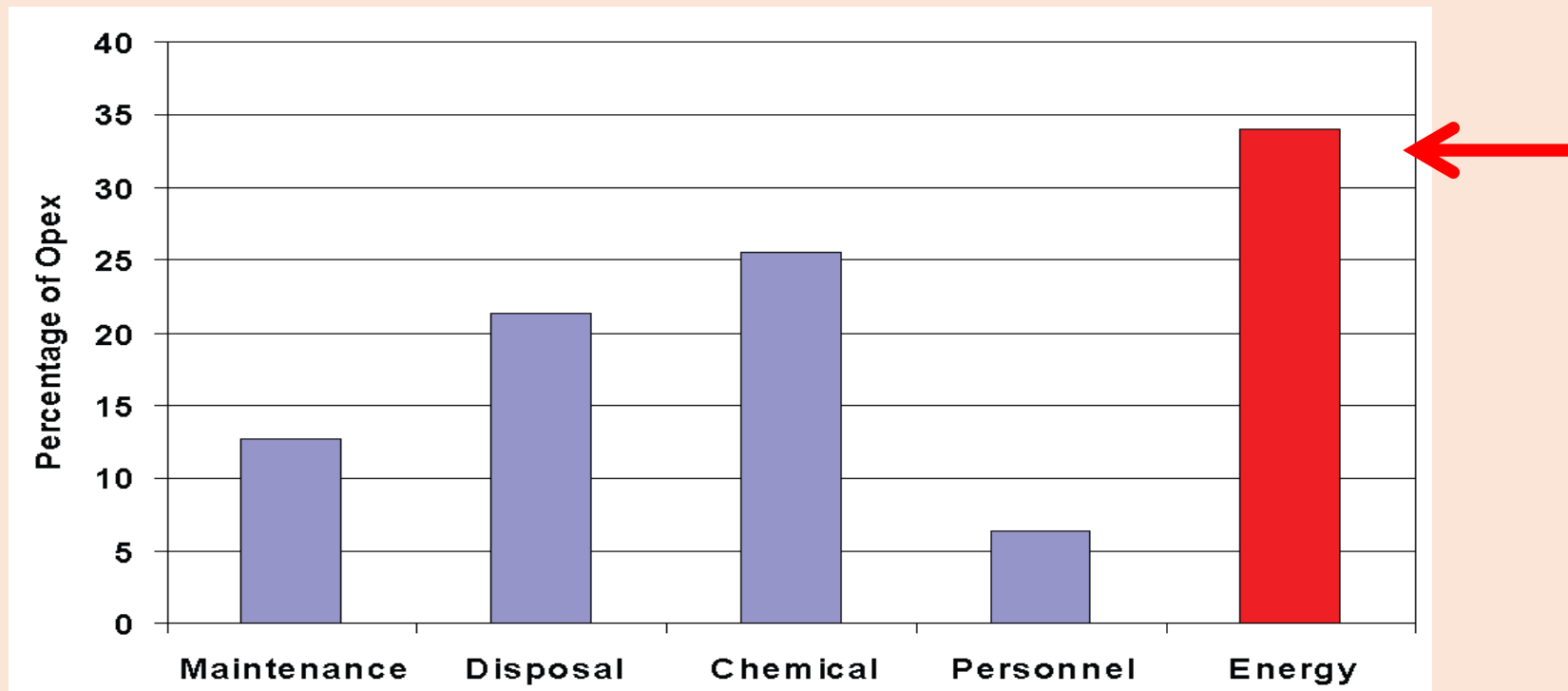
Διαχείριση Ενέργειας - οι 3+1 βασικές κατηγορίες



Λειτουργικά κόστη στις ΕΕΛ

η συμμετοχή της Ενέργειας στα λειτουργικά κόστη

Ενδεικτική είναι η εμπειρία από τη Γερμανία (ίσως η χώρα με την πιο άρτια παρακολούθηση ΕΕΛ στην ΕΕ) που δείχνει ότι το Ενεργειακό Κόστος αντιπροσωπεύει έως και το **35%** του συνολικού κόστους λειτουργίας (στοιχεία πριν τον πόλεμο στην Ουκρανία).



Ενεργειακή κατανάλωση στις ΕΕΛ - 1

Από μετρήσεις σε 10.200 ΕΕΛ στη Γερμανία:

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται σε 4,4 TWh/έτος

$\approx 35 \text{ kWh}/(\text{Ισοδύναμο Κάτοικο σχεδιασμού και Έτος})$ ή $0,4 \text{ kWh/m}^3$

$\approx 0,7 \%$ της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στη Γερμανία.

Στις ΗΠΑ η καταναλισκόμενη ενέργεια στη διαχείριση νερού **και** λυμάτων εκτιμάται μεταξύ 3-4% της συνολικής ενέργειας της χώρας, ενώ ανέρχεται σε έως και το 60% των συνολικών λειτουργικών δαπανών των μονάδων επεξεργασίας υδάτων **και** λυμάτων.

Το πλήθος των δημόσιων ΕΕΛ στις ΗΠΑ υπολογίζεται σε πάνω από 16.000 μονάδες, ενώ οι ιδιωτικές μονάδες υπολογίζονται σε 23.000 περίπου (σε βιομηχανίες, συγκροτήματα κατοικιών κτλ).

Οι μονάδες πόσιμου νερού είναι περίπου 60.000.

Ενεργειακή κατανάλωση στις ΕΕΛ - 2

Αντίστοιχα δεδομένα και στη Νότια Κορέα:

≈ 0,29 kWh/m³

≈ 2,353 kWh/kg BOD removal

≈ 0,5 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στη Νότια Κορέα

≈ 0,8 % αξιοποίηση ενέργειας (ΑΠΕ και εξοικονόμηση) στις ΕΕΛ

3.000 ικ

30.000 ικ

300.000 ικ

3.000.000 ικ

Capacity (m ³ /d)	Number of Facilities	Electricity Consumption (kwh)	Electric Use per Flow (kwh/m ³)
500 ~ 1,000	53	10,683,210	1.26
1,000 ~ 5,000	102	71,014,710	1.18
5,000 ~ 10,000	47	59,632,253	0.72
10,000 ~ 50,000	87	331,990,571	0.62
50,000 ~ 100,000	23	325,614,887	0.83
100,000 ~ 500,000	33	863,180,857	0.46
500,000 ~	14	847,361,345	0.26

Ενεργειακή κατανάλωση στις ΕΕΛ - 3

Table 2 Various key performance indicators (in addition to kWh/m³ shown in Table 1) reported in the literature for different WWTPs

KPI	Studied facilities	Specific energy consumption	Remarks	References
kWh/PE.year	Rzeszow (Poland)	48.2	400 k PE advanced WWTP	Masłoń (2017)
	Kronso (Poland)	59.1	117 k PE advanced WWTP	Trojanowicz (2016)
	Slupsk (Poland)	16	250 k PE BNR WWTP	Zaborowska et al. (2017)
	Bochum-Ölbachtal (Germany)	23	213 k PE WWTP before modifications	Marner et al. (2016)
	Bochum-Ölbachtal (Germany)	12	213 k PE WWTP after modifications	Marner et al. (2016)
	16 Austrian WWTPs	28.4	16 Austrian WWTPs, PE > 100 k	Haslinger et al. (2016)
	7 Austrian WWTPs	33.6	7 Austrian WWTPs, 50–100 k PE	Haslinger et al. (2016)
	55 Austrian WWTPs	36.8	55 Austrian WWTPs, 20–50 k PE	Haslinger et al. (2016)
	24 Austrian WWTPs	48.2	24 Austrian WWTPs, 10–50 k PE	Haslinger et al. (2016)
	Burg (Germany)	15.3	120 k PE, Conventional WWTP	Torregrossa et al. (2018)
kWh/kg COD _{removed}	Stuttgart-Mühlhausen (Germany)	41.5	1200 k PE advanced WWTP	Zetl (2015)
	Rzeszow (Poland)	0.49–0.68	400 k PE advanced WWTP	Masłoń (2017)
	43 WWTPs in developed countries	0.69	43 WWTPs, > 100 k PE	Longo et al. (2016)
	35 WWTPs in developed countries	0.82	35 WWTPs, 50–100 k PE	Longo et al. (2016)
	89 WWTPs in developed countries	1.02	89 WWTPs, 10–50 k PE	Longo et al. (2016)
	Changi WRP (Singapore)	1.88	800 km ³ /day BNR WWTP	Yeshi (2015)
	177 WWTPs in Valencia region (Spain)	1.68	400 km ³ /day (mean treated volume of the sample)	Hernández-Sancho et al. (2011)
	Jurong (Singapore)	0.58	990 k PE advanced WWTP	NEWRI (2009)
	Beijing Gaobeidian (China)	0.75	2.4 million PE advanced WWTP	Gans et al. (2007)
	Rzeszow (Poland)	1.03–1.57	400 k PE advanced WWTP	Masłoń (2017)
kWh/kg BOD _{removed}	Slupsk (Poland)	0.75	250 k PE BNR WWTP	Zaborowska et al. (2017)

Table 1-2
Summary of Electricity Consumption Projections for Water Supply and Wastewater Treatment



Year	2000	2005	2010	2015	2020	2050	Approx. % Increase 2000-2050
Public Supply and Treatment – Million kWh							
Public Water Supply	30,632	31,910	33,240	34,648	36,079	45,660	50
POTWs	21,006	24,512	24,895	25,277	26,039	29,820	50
Private Supply and Treatment – Million kWh							
Domestic Supply	894	930	965	1,001	1,038	1,274	50
Commercial Supply	476	499	525	553	581	780	50
Industrial Supply	3,341	3,793	4,236	4,731	5,284	10,255	200
Mining Supply	490	509	528	548	569	713	50
Irrigation Supply	23,607	25,639	27,909	30,453	33,314	60,646	150
Livestock Supply	992	1,047	1,095	1,144	1,192	1,510	50
Privately Operated Wastewater Treatment (see note)	42,012	49,025	49,790	50,555	52,078	59,641	50
Total Electricity	123,450	137,864	143,182	148,910	156,174	210,299	100

Note: It was not possible to make electricity consumption projections for privately operated wastewater treatment facilities (see Chapter 3). The figure shown here is a surrogate representing twice the electricity consumption of POTWs. This estimate was used because there are about 50 percent more privately operated wastewater treatment facilities in the U.S. as POTWs, and their unit electricity consumption is estimated to be about 50 percent greater than that of POTWs because of loss of economies of scale and different treatment regimens.

(...)

Το 2020, 2 δις άνθρωποι δεν είχαν πρόσβαση σε ασφαλές, πόσιμο νερό, και 3,6 δις δεν είχαν πρόσβαση σε υπηρεσίες αποχέτευσης λυμάτων.

Τουλάχιστον, 2 δις άνθρωποι πίνουν νερό μολυσμένο με περιττώματα και 2,3 δις δεν έχουν πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες υγιεινής.

NEO

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
 ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ
 ΑΛΛΗΛΕΓΓΥΗΣ ΓΙΑ
 ΤΗΝ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

Αντώνης
 Τρίτσης

2020 2023

ΕΥΔΕΥΠΕΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
 ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ

Ενεργειακή κατανάλωση στις ΕΕΛ - 1 κατά μέθοδο επεξεργασίας

Table 3-1

Unit Electricity Consumption for Wastewater Treatment by Size of Plant

Treatment Plant Size million gallons/day (cubic meters per day)	Unit Electricity Consumption kWh/million gallons (kWh/cubic meter)			
	Trickling Filter	Activated Sludge	Advanced Wastewater Treatment	Advanced Wastewater Treatment Nitrification
25.000 ικ 1 MM gal/day (3,785 m ³ /d)	1,811 (0.479)	2,236 (0.591)	2,596 (0.686)	2,951 (0.780)
115.000 ικ 5 MM gal/day (18,925 m ³ /d)	978 (0.258)	1,369 (0.362)	1,573 (0.416)	1,926 (0.509)
240.000 ικ 10 MM gal/day (37,850 m ³ /d)	852 (0.225)	1,203 (0.318)	1,408 (0.372)	1,791 (0.473)
470.000 ικ 20 MM gal/day (75,700 m ³ /d)	750 (0.198)	1,114 (0.294)	1,303 (0.344)	1,676 (0.443)
1.150.000 ικ 50 MM gal/day (189,250 m ³ /d)	687 (0.182)	1,051 (0.278)	1,216 (0.321)	1,588 (0.423)
2.250.000 ικ 100 MM gal/day (378,500 m ³ /d)	673 (0.177)	1,028 (0.272)	1,188 (0.314)	1,558 (0.412)

Source: EPRI [1]

NEO

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ
ΑΛΛΗΛΕΓΓΥΗΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

Αντώνης
Τρίτσης

2020 2023

Ενεργειακή κατανάλωση στις ΕΕΛ - 2 κατά μέθοδο επεξεργασίας

Μέθοδος Ενεργού ιλύος

0.46 kWh/m³ (Australia)

0.269 kWh/m³ (China)

0.33–0.60 kWh/m³ (USA)

0.30–1.89 kWh/m³ (Japan)

Μέθοδος Οξειδωτικής τάφρου (επιφανειακός αερισμός σε οριζόντιο άξονα)

0.5–1.0 kWh/m³ (Australia)

0.302 kWh/m³ (China)

0.43–2.07 kWh/m³ (Japan)

0.41 kWh/m³ (Taiwan)

0.49 kWh/m³ (New Zealand)

0.45–0.75 kWh/m³ (Hungary)

Στη Σιγκαπούρη κατανάλωση 0.72–0.92 kWh/m³ για την παραγωγή σχεδόν πόσιμου νερού από την επεξεργασία.

Ενεργειακή κατανάλωση στις ΕΕΛ - 3 κατά μέθοδο επεξεργασίας & υπομονάδα ΕΕΛ

Table B.3 Relative Energy Use Projections for a 20 MGD Plant 470.000 ικ

Trickling Filtration		Activated Sludge		Advanced without Nitrification		Advanced with Nitrification	
Trickling filters	30%	Aeration (diffused air)	50%	Aeration (diffused air)	40%	Aeration (diffused air)	30%
Dissolved air flotation	20%	Dissolved air flotation	13%	Dissolved air flotation	13%	Biological nitrification	20%
Wastewater pumping	20%	Anaerobic digestion	12%	Anaerobic digestion	10%	Dissolved air flotation	10%
Anaerobic digestion	14%	Wastewater pumping	11%	Wastewater pumping	10%	Anaerobic digestion	10%
Lights & Buildings	8%	Lights & Buildings	5%	Filter feed pumping	6%	Wastewater pumping	8%
				Lights & Buildings	5%	Filter feed pumping	5%
						Lights & Buildings	4%

(Based on data in Burton 1996)

Table B.4 Relative Energy Use at a 7.5 MGD Secondary Plant 175.000 ικ

Activated sludge	55%
Primary P.S. Clarifier	10%
Heating	7%
Solids dewatering	7%
Raw wastewater pumping	5%
Secondary Clarifiers RAS	4%

(Based on data in California Energy Commission 1994)

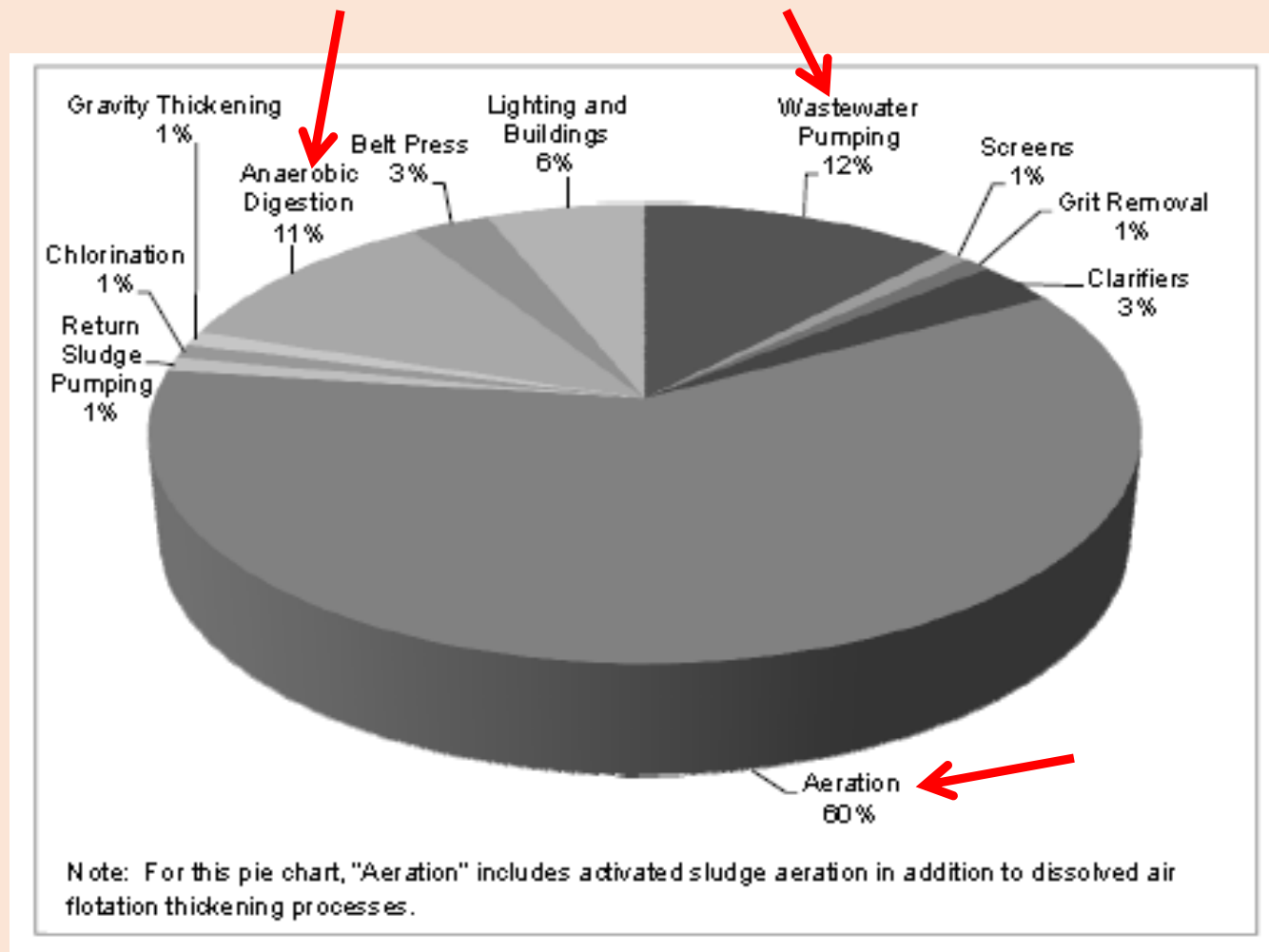
NEO

Ενεργειακή κατανάλωση στις ΕΕΛ - 4

Table 1 Specific energy consumption and main energy consumers in WWTPs

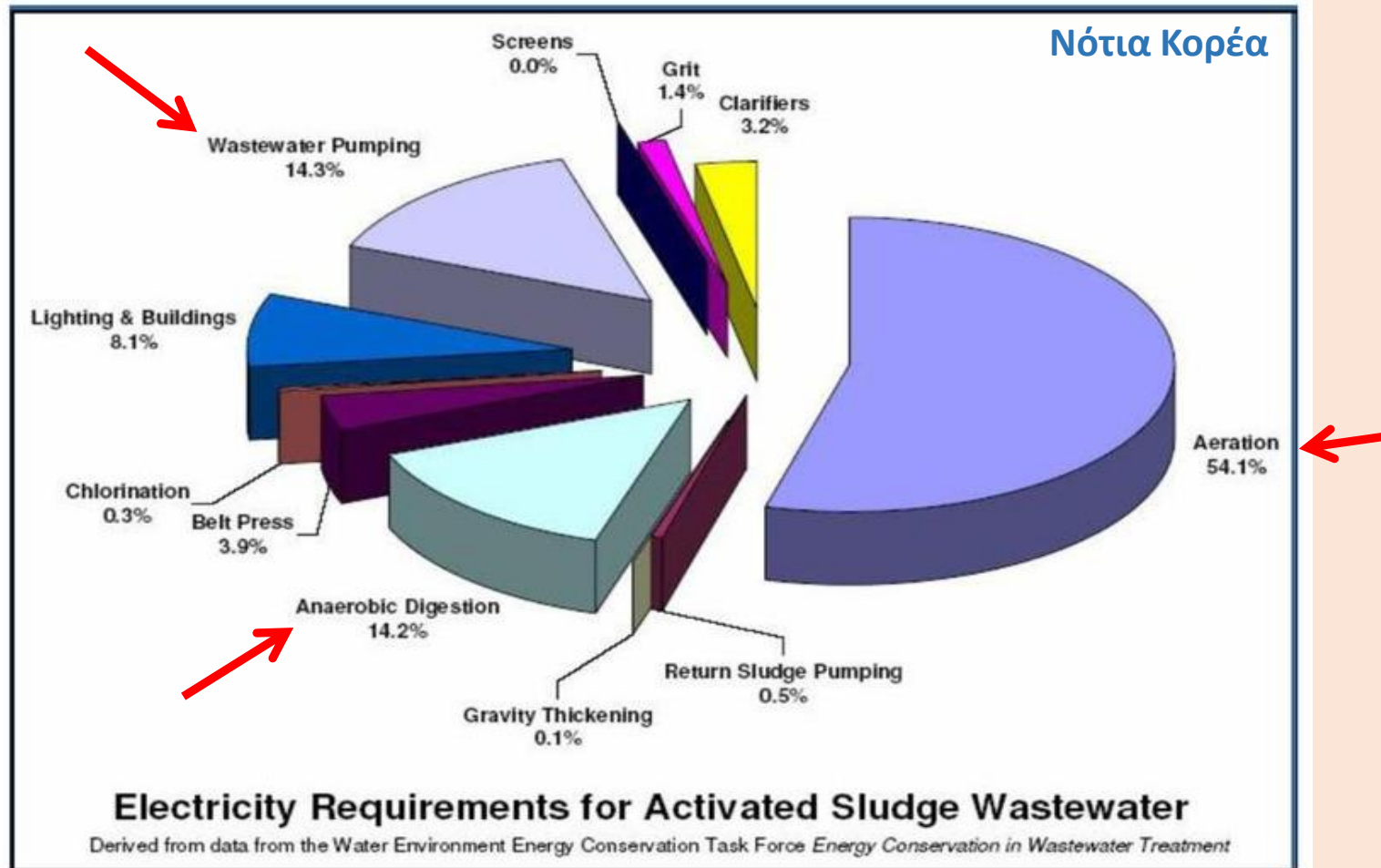
References	Specific energy consumption (kWh/m ³)	Contributions				Remarks
		Aeration (%)	Sludge treatment (%)	Pumping (%)	Other (%)	
Gans et al. (2007)	0.26	57	5	–	38	2.4 million PE advanced WWTP in China (Beijing)
Nouri et al. (2006)	0.3	77	7	11	7	WWTP in Iran (Tabriz) after upgrades
Panepinto et al. (2016)	0.3	51	29	–	20	2.7 million PE (615 km ³ /day) advanced WWTP in Italy (Turin)
Jonasson (2007)	0.30	70	13	4	13	Benchmarking study on modern WWTPs in Austria
Jonasson (2007)	0.32	57	13	9	21	250 k PE modern WWTP in Austria (Strass)
Mizuta and Shimada (2010)	0.32	46	31	18	5	81 km ³ /day conventional WWTP in Japan (Northern Kumamoto)
Gu et al. (2017)	0.37–1.6	60	12	12	16	Average MBR treatment systems located in Singapore
Wang et al. (2016)	0.43	–	–	–	–	38 km ³ /day WWTP US (Sheboygan)
NEWRI (2009)	0.45	–	–	–	–	990 k PE modern WWTP in Singapore (Jurong), receiving industrial (40% of influent) wastewater with higher COD
Jonasson (2007)	0.48	48	14	9	29	500 k PE conventional WWTP in Sweden (Stockholm)
Zaborowska et al. (2017)	0.48	53	–	30	17	250 k PE advanced WWTP in Poland (Slupsk)
Trojanowicz (2016)	0.67–1.11	–	–	–	–	117 k PE WWTP in Poland (Kronso)
Masłoń (2017)	0.87	–	–	–	–	400 k PE advanced WWTP in Poland (Rzeszow)
Yeshe (2015)	0.89	13	9	24	54	800 km ³ /day modern WWTP in Singapore (Changi), (approx. half of the energy consumption is non-process related due to considerations to meet the environmental requirements
NEWRI (2009)	–	50	30	15	5	GWRC reported data for a typical conventional WWTP
Aymerich et al. (2015)	–	42	31	20	7	115 k PE (18 km ³ /day) WWTP in Spain (Girona), advanced biological removal system
Henriques and Catarino (2017)	–	53	–	12	35	Benchmarking study on 14 Portuguese WWTPs
Mamer et al. (2016)	–	67	11	5	17	Estimated average energy distribution of WWTPs in Germany

Ενεργειακή κατανάλωση στις ΕΕΛ - 5 κατά υπομονάδα ΕΕΛ



Ενεργειακή κατανάλωση στις ΕΕΛ - 6 κατά υπομονάδα ΕΕΛ

❖ Energy Consumption in sewage treatment with AS Process



NEO

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ
ΑΛΛΗΛΕΓΓΥΗΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

Αντώνης
Τρίτσης

2020 2023

Ποιοι είναι οι στόχοι ;

Κύριοι στόχοι:

- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕΛ (διαδικασίες/λειτουργία)
- Αύξηση της «εσωτερικά» παραγωγής/ανάκτησης ενέργειας (να γίνει η ΕΕΛ κατά το δυνατό αυτοδύναμη ενεργειακά, π.χ. αξιοποίηση βιοαερίου, εναλλάκτες, υδροστρόβιλοι)

Δευτερεύοντες στόχοι:

- Βελτίωση της ποιότητας εκροής
- Σταθεροποίηση της διεργασίας

Παράλληλοι στόχοι:

- Μείωση των απαιτήσεων (μέτρα μείωσης της κατανάλωσης νερού, μείωση παρασιτικών εισροών στα δίκτυα)
- Εγκατάσταση «εξωτερικών» πηγών ΑΠΕ (Φ/Β, ανεμογεννήτριες κλπ) και εξέταση Συνδιαχείρισης άλλων οργανικών αποβλήτων και ιλύος των ΕΕΛ

Παράδειγμα στόχων στη Γερμανία και ποσοτικοποίηση



Energy evidence (example)		Status Quo	Target value	Ideal value	Δ target value
Total specific energy consumption per p.e.		51 kWh/p.e. a	36 kWh/p.e. a	28 kWh/p.e. a	- 15 kWh/p.e. a
Specific energy consumption aerated basin per p.e.		33 kWh/p.e. a	23 kWh/p.e. a	18 kWh/p.e. a	- 10 kWh/p.e. a
Degree of gas reuse		56 %	98 %	99 %	+ 42 %
Degree of gas conversion to power / electricity		0 %	30 %	31 %	+ 30 %
Specific gas production per kg oSS intake		370 l/kg oSS	450 l/kg oSS	475 l/kg oSS	+ 80 l/kg oSS
Degree of independent supply	Heat	97 %	97 %	98 %	0 %
	Electricity	0 %	49 %	65 %	+ 49 %

Όπου:

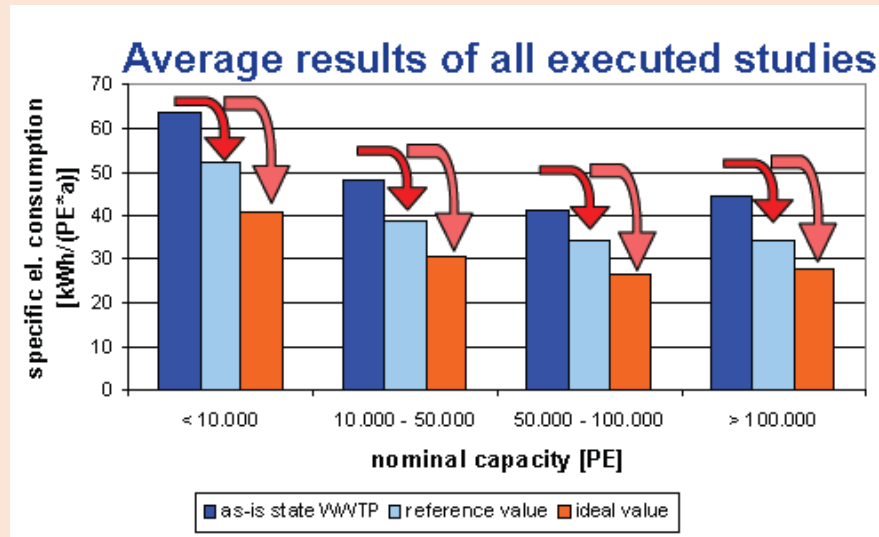
- Target Value: μετά από αντιπροσωπευτικό δείγμα ΕΕΛ
- Ideal Value: με βάση μοντέλα από ΕΕΛ που λειτουργούν θεωρητικά ιδανικά και με τα οποία ουσιαστικά γίνεται η μελέτη και ο σχεδιασμός

Παράδειγμα στόχων στην Ελλάδα και ποσοτικοποίηση

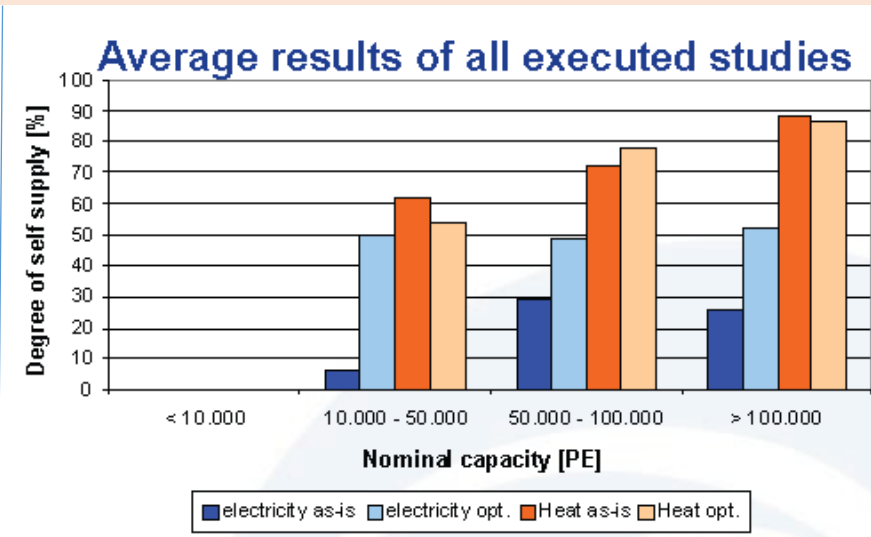
Από έρευνα σε 11 ΕΕΛ του ελλαδικού χώρου (από τις 300+ μονάδες), μικρής (6.000 ικ), μεσαίας (100.000 ικ) και μεγάλης δυναμικότητας (4.000.000 ικ, Ψυτάλλεια), συμπεραίνουμε τα εξής:

- Η πραγματική κατανάλωση ξεπερνά κατά **20-50%** την θεωρητική (βάσει μοντέλων με έμφαση στη βιολογική βαθμίδα/αερισμός και τη γραμμή ιλύος).
- Συμβατικές ΕΕΛ θα μπορούσαν να καλύψουν εσωτερικά (με χρήση του παραγόμενου βιοαερίου) το **43-74%** της καταναλισκόμενης ενέργειας αερισμού και επεξεργασίας ιλύος (βασικοί καταναλωτές ενέργειας μιας ΕΕΛ).
- Το ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας στη βιολογική βαθμίδα στο σύστημα του **παρατεταμένου αερισμού** κυμαίνεται μεταξύ 60-82%, με τον αερισμό να αποτελεί το 29-75% της συνολικής κατανάλωσης. Αντίστοιχα, τα ποσοστά του **συμβατικού συστήματος** είναι 53-68% και 26-57%.
- Τα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας της διαχείρισης ιλύος για το σύστημα **παρατεταμένου αερισμού** και το **συμβατικό σύστημα** είναι 2-7% και 6-18% επί της συνολικής κατανάλωσης, αντίστοιχα.
- Οι ετήσιες δαπάνες μίας μεσαίας μονάδας (100.000 ι.κ.) για τον αερισμό και την ιλύ ανέρχονται σε 25 kW/person.yr.

Δυνατότητες (από την αξιολόγηση στη Γερμανία)



για ΕΕΛ < 10.000 ι.κ. μπορούμε να επιτύχουμε έως και **20% μείωση** στο δείκτη kWh/m³/έτος.



για ΕΕΛ < 10.000 ικ δεν έχουμε καμία δυνατότητα self supply (αφού δεν έχουμε έργα όπως χώνευση ιλύος-παραγωγή βιοαερίου κλπ).

** Συνδιαχείριση άλλων οργανικών αποβλήτων/ιλύος*

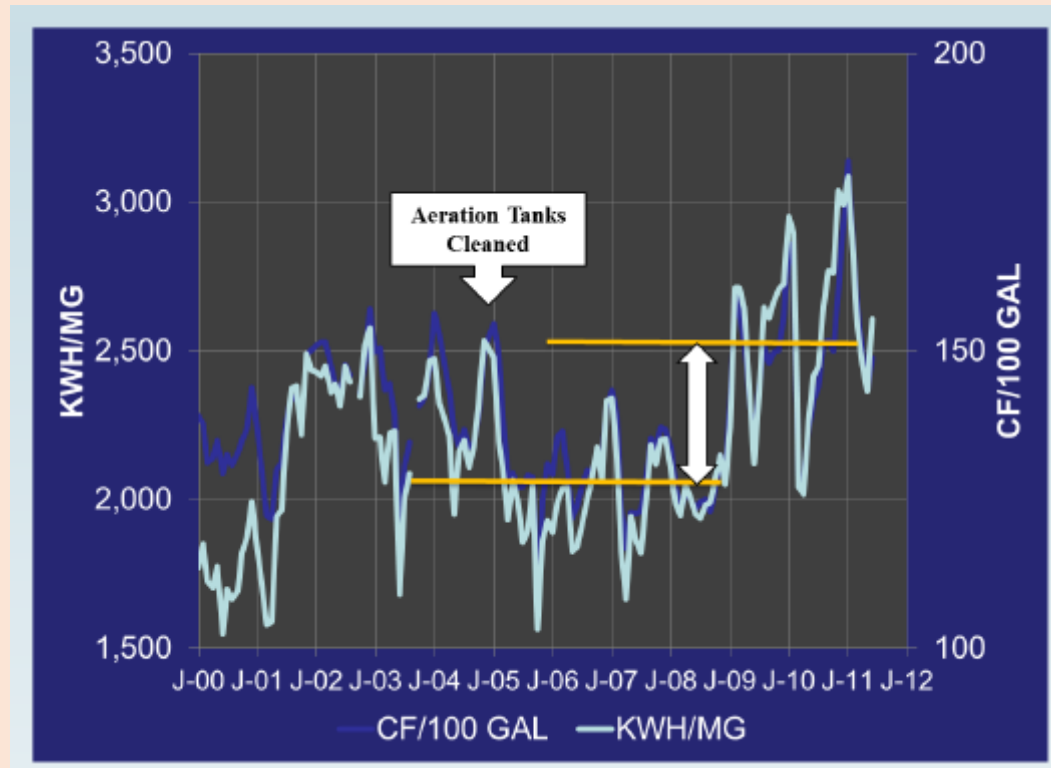
Κύριες ευκαιρίες για μείωση ενεργειακού κόστους - 1

1. Μείωση παρασιτικών εισροών στο δίκτυο αποχέτευσης, άρα μείωση λειτουργίας αντλιών στο δίκτυο και μείωση του όγκου των λυμάτων που πρέπει να διαχειριστούν στην ΕΕΛ. Επιπλέον, μπορεί να υπάρχει σύνδεση της λειτουργίας των Α/Σ σε σχέση με τον κύκλο τους, την χρήση invert, τα ενεργειακά δεδομένα τους και τον αντίστοιχο «συντονισμό» με την ΕΕΛ (μείωση φόρτου, εξομάλυνση παροχής κλπ).
2. Επικέντρωση στον αερισμό (που αποτελεί πλέον του 50% της ενεργειακής δαπάνης στις ΕΕΛ – παρατεταμένου αερισμού, δηλ. τη συντριπτική πλειοψηφία των ΕΕΛ στην Ελλάδα). Ακριβής κατά το δυνατόν μέτρηση του διαλελυμένου οξυγόνου (ΔΟ) και NH₄. Αυτοματισμός στο SCADA, ώστε ανάλογα με την τιμή ΔΟ/NH₄ να προσαρμόζεται η λειτουργία (στροφές) του επιφανειακού αεριστήρα ή του φυσητήρα στην περίπτωση υποβρύχιας διάχυσης. Π.χ. επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 20% στην κατανάλωση ενέργειας με μείωση του ΔΟ στο τελευταίο τμήμα της δεξαμενής σε 0.5 mg/L (από το 1-3 mg/L).

Κύριες ευκαιρίες για μείωση ενεργειακού κόστους - 2

3. Ορθή διαχείριση του εξοπλισμού στον αερισμό π.χ. καθαρισμός/αλλαγή διαχυτήρων στον πυθμένα της δεξαμενής αερισμού (το πότε, θα μπορεί να προκύπτει από τη συσχέτιση απόδοσης/κατανάλωσης/ηλικίας εξοπλισμού κλπ). Επιπλέον επιτυγχάνεται έγκαιρος εντοπισμός/πρόβλεψη βλαβών και συνεχής λειτουργία των υποδομών (αξιοποίηση ενεργειακών δεδομένων).

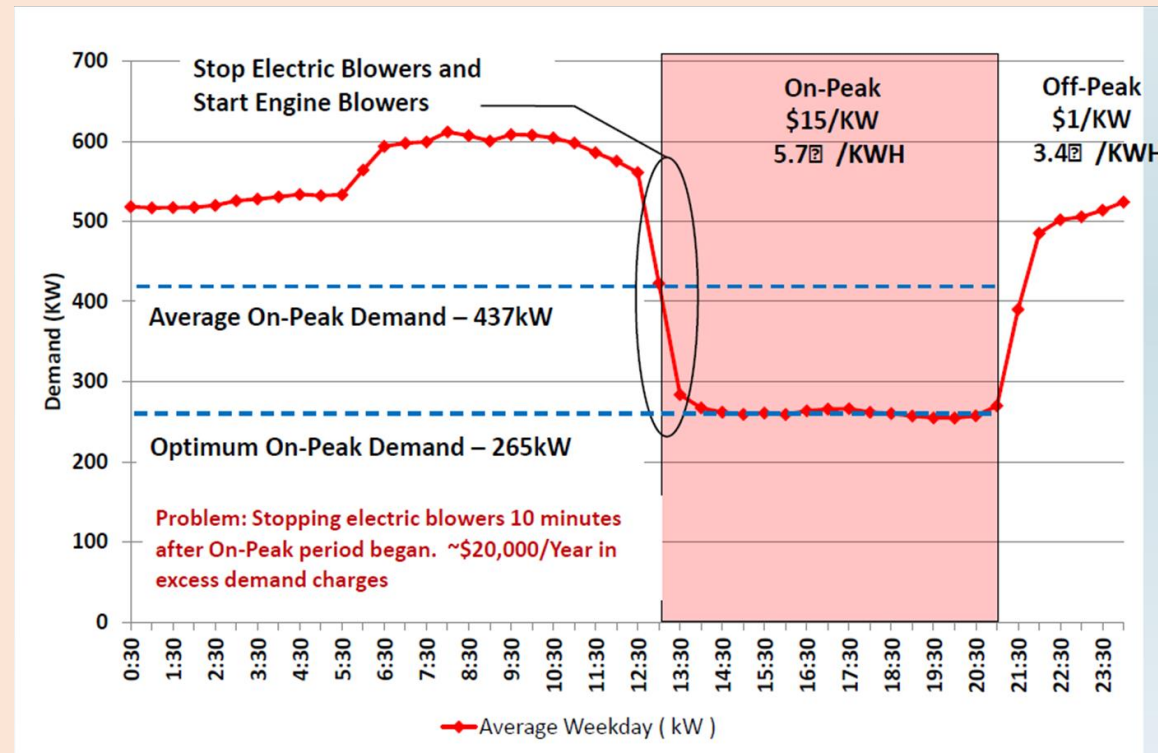
Χαρακτηριστικό γράφημα:



Κύριες ευκαιρίες για μείωση ενεργειακού κόστους - 3

4. Βέλτιστη/ολοκληρωμένη διαχείριση των διαθέσιμων πηγών/παροχών ενέργειας, όταν ο πάροχος ενέργειας εφαρμόζει κλιμακωτή τιμολόγηση ή/και υπάρχει δυνατότητα άλλης πηγής ενέργειας (φυσικό αέριο, «εξωτερικές» ΑΠΕ, «εσωτερική» παραγωγή βιοαερίου κτλ)

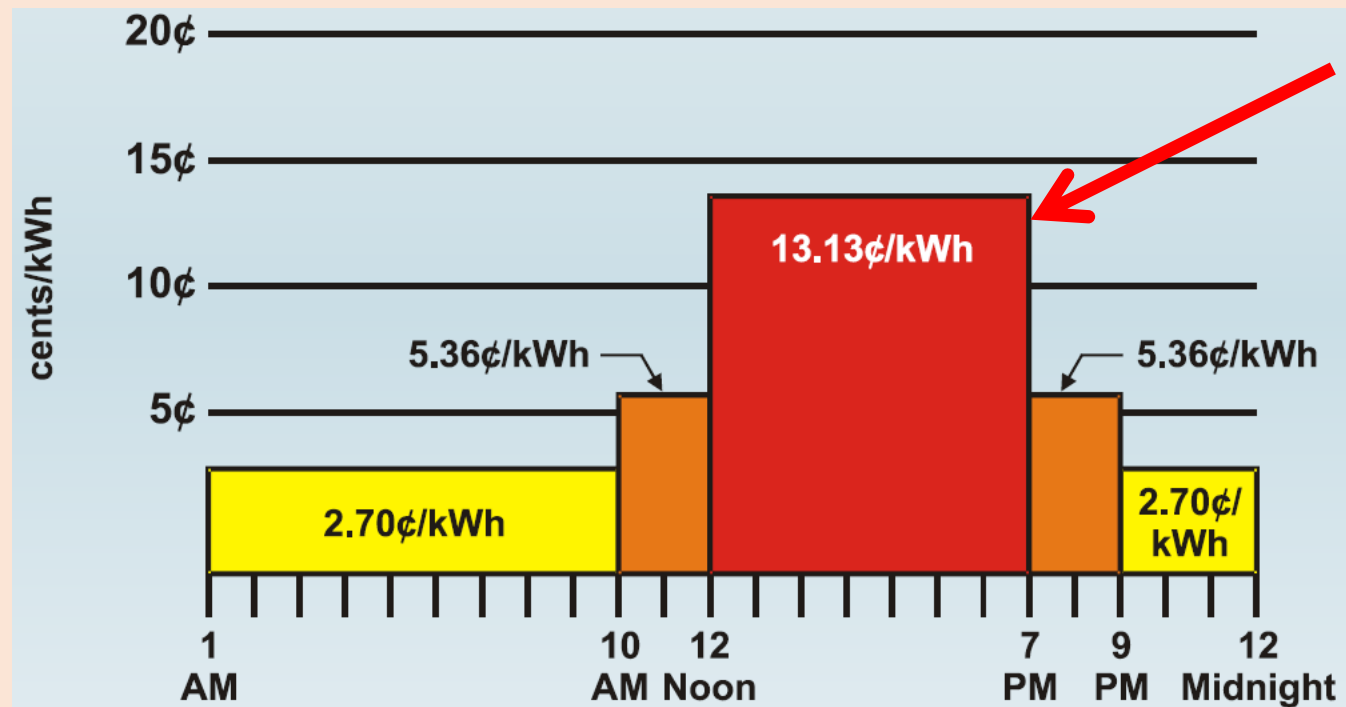
Χαρακτηριστικό γράφημα:



Κύριες ευκαιρίες για μείωση ενεργειακού κόστους - 4

5. Συσχετίζουμε την ενεργειακή ζήτηση (Α/Σ & ΕΕΛ) με τις διακυμάνσεις του τιμολογίου (παρόχου ρεύματος, φυσικού αερίου κλπ) και το είδος των διαθέσιμων ΑΠΕ.

Παράδειγμα πως αλλάζει το τιμολόγιο στις ΗΠΑ:



Αυτή τη περίοδο είναι και ο αερισμός των λυμάτων σε πλήρη λειτουργία

• Energy cost changes with the time of day

Εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω ανάλυσης ενεργειακών δεδομένων - 1

Στάδια/Περιπτώσεις	
ΕΕΛ	Συσχετισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των μονάδων με την απόδοση (BOD, N, P, ποιότητα ιλύος κτλ), και τα καθορισμένα όρια εκροής (η απόδοση να στοχεύει σε αυτά και όχι στην επίτευξη υψηλών αποδόσεων, που συνήθως είναι ενεργοβόρα)
	Συσχετισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των μονάδων και της απόδοσης και με άλλες παραμέτρους (DO, NH ₄ , pH, θερμοκρασία, MLSS, θσ κτλ)
	Συσχετισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των μονάδων και της απόδοσης με την παλαιότητα τους, τα κόστη συντήρησης και αντικατάστασης (απόσβεση αυτών)
	Διερεύνηση για το αν κάποιες μονάδες συμφέρει να εξυπηρετούνται ενεργειακά και από ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, γαιοθερμία, υδροστροβίλους κτλ)
	Διερεύνηση της περίπτωσης εφαρμογής χώνευσης ιλύος και εσωτερικής παραγωγής/κατανάλωσης ενέργειας (παραγωγή βιοαερίου, εναλλάκτες κτλ)
	Διερεύνηση της περίπτωσης κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης ώστε να εξομαλυνθεί η τυχόν ενεργοβόρα υψηλή διακύμανση της παροχής (και η απαίτηση υποδομών μικρότερης ισχύος)
	Διερεύνηση για το αν κάποιες μονάδες συμφέρει να λειτουργούν με μικρότερη ισχύ (inverter ή τμηματικά) σε περιοχές με υψηλές διακυμάνσεις παροχών (τουριστικές, με υψηλές βροχοπτώσεις κτλ)
	Διερεύνηση/Συσχετισμός απόδοσης και ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ μονάδων (π.χ. κλείσιμο αναδευτήρων όταν λειτουργούν οι φυσητήρες, αποδόση/ενεργειακή κατανάλωση βιολογικής βαθμίδας και παραγόμενης ιλύος)

Εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω ανάλυσης ενεργειακών δεδομένων - 2

Στάδια/Περιπτώσεις	
Δίκτυα	Αποτύπωση διαρροών και παρασιτικών εισροών, συσχετισμός δαπανών συντήρησης ή αποκατάστασης και ενεργειακής επιβάρυνσης (απώλειες ή πρόσθετες παροχές, χρήση inverter, αλλαγή της ισχύος των απαιτούμενων υποδομών, επηρεασμός των σχετιζόμενων μονάδων επεξεργασίας)
Ιλός	Συσχετισμός ποιότητας/υγρασίας ιλός, τρόπου χρήσης αυτής (αντίστοιχες ποιοτικές απαιτήσεις), απαιτούμενης ενέργειας πάχυνσης/αφυδάτωσης, δαπανών μεταφοράς (απόσταση και όγκος, βάσει τρόπου χρήσης/διάθεσης και υγρασίας) κτλ
Πάροχος ρεύματος	Συσχετισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των μονάδων με την απόδοση της ΕΕΛ και των Α/Σ, και την τιμολογιακή πολιτική του παρόχου ηλεκτρικού ρεύματος και τη δυνατότητα άλλων πηγών ενέργειας (φυσικού αερίου, ΑΠΕ κτλ)
Κοινό	Ευαισθητοποίηση του κοινού, εξοικονόμηση, μείωση κατανάλωσης, επαναχρησιμοποίηση, ώρες αιχμής κτλ

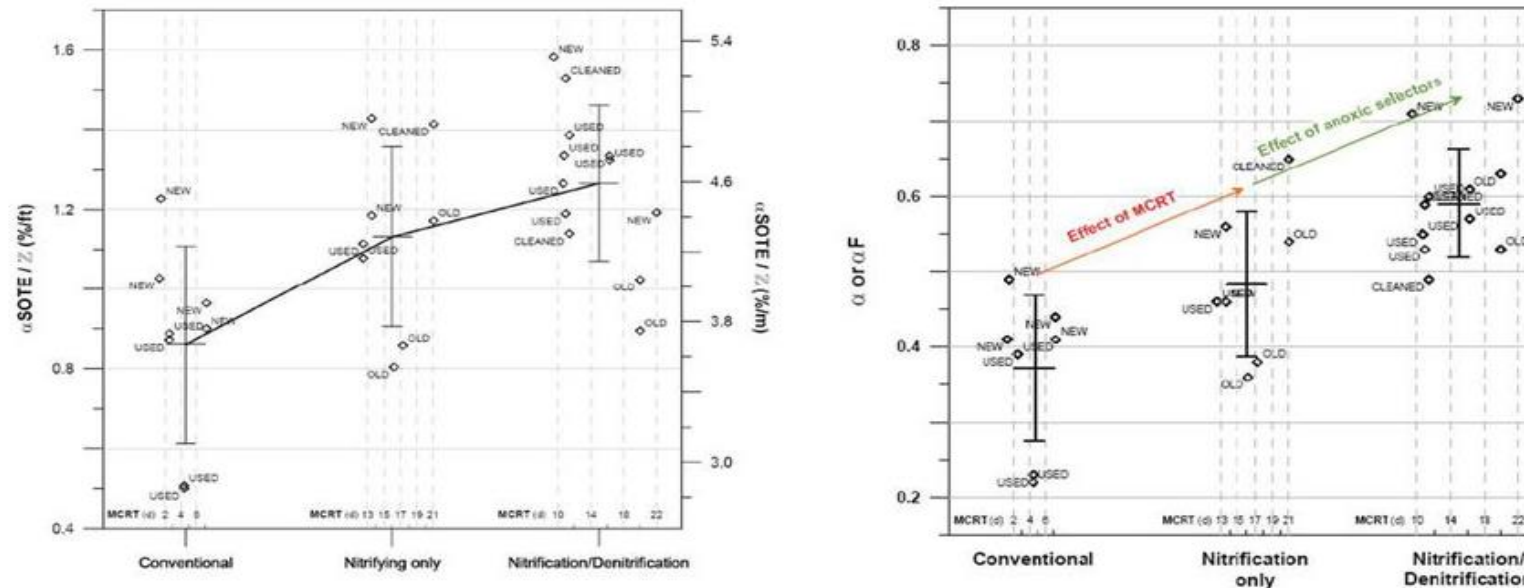
Εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω ανάλυσης ενεργειακών δεδομένων - 3

Opportunities		Criticalities	
Use of oversized available digesters (more efficient digester volume utilization)	Crawford and Sandino, 2010; Shen et al., 2015	Additional facilities requirement (waste collection and treatment line, mixers, pipelines), retrofitting of existing WWTP	Shen et al., 2015
Improve in nutrient balance (C:N:P), keep a reasonable mix of minerals (Na, K, Mg, Mn) = stable and reliable anaerobic digestion, good fertilizer quality of digestate	Braun et al., 2002	Risk of digestion instability due to high variability of co-digestion feedstock properties (composition and volume) and related pH fluctuations	Shen et al., 2015
Improvements in fluid dynamics of solid aggregated wastes. Compensation of seasonal variability in sludge production.	Braun et al., 2002	Risk of digestion inhibition due to inhibitory substances which could be generated during AD process (ammonia)	Shen et al., 2015
Better conditions for acidification and dilution with manure.	Crawford and Sandino, 2010	Risk of digester overloading, especially with FOG and food waste	Shen et al., 2015
Increase in biogas production (by balancing the C:N ratio and the biodegradability of sludge only digestion).	Shen et al., 2015; Awe et al., 2016		
Acceleration of methane production rates	Kim et al., 2016		

Εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω ανάλυσης ενεργειακών δεδομένων - 4

Εξοικονόμηση ενέργειας στον Αερισμό της Βιολογικής βαθμίδας.

Oxygen Transfer Rate and α Factor with Different Plant Layouts



- NEW : within 1 month from installation
- OLD : over 24 months in operation

- USED : between 1 and 24 months of operation
- CLEANED : within 1 month from a cleaning event

- The effect of diffuser ageing outweighs the increase in performance due to process upgrade (from conventional to N-only and NDN).

NEO

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ
ΑΛΛΗΛΕΓΓΥΗΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

Αντώνης
Τρίτσης

2020 2023

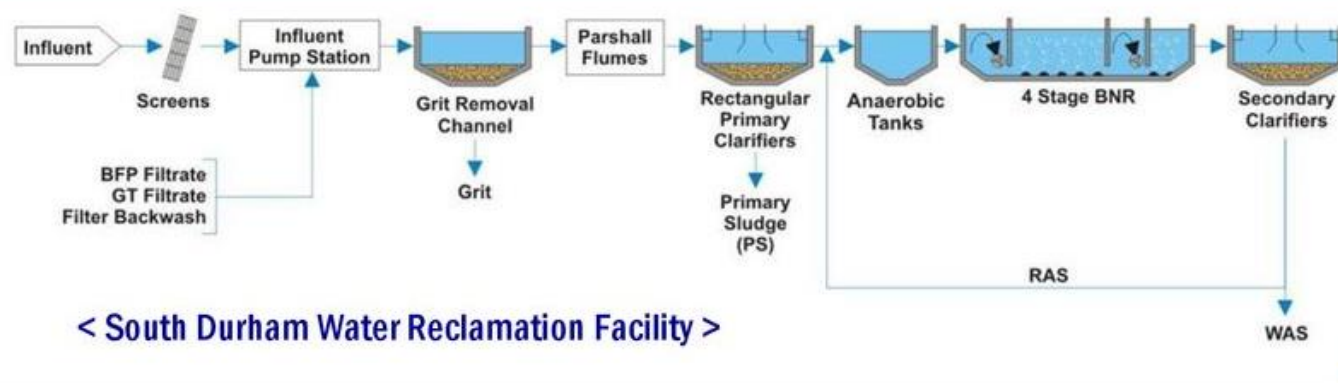
ΕΥΔΕΥΠΕΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ

Εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω ανάλυσης ενεργειακών δεδομένων - 5

Εξοικονόμηση ενέργειας στον Αερισμό με έλεγχο του Δ.Ο. / Αμμωνίας.

- Concept : use aerobic zone ammonia concentration to determine DO setpoint
 - Minimize airflow/energy & lowers DO return to anoxic/anaerobic zones
- Use online analyzer to measure ammonia at the last aerobic cell



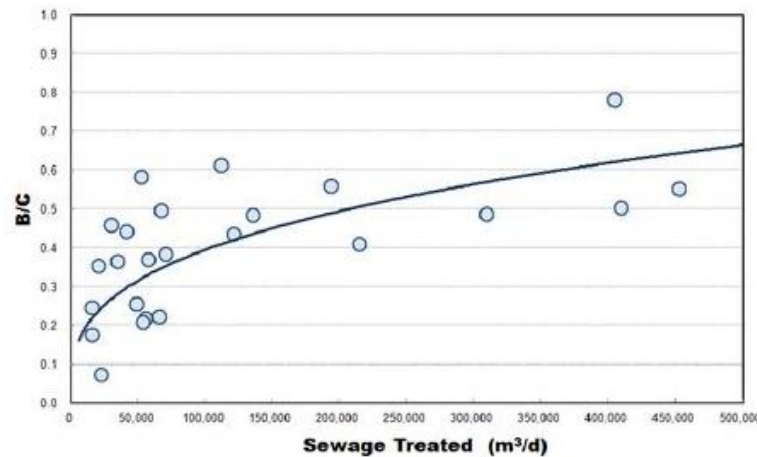
< South Durham Water Reclamation Facility >

- Case Study - South Durham WRF (US)
 - Problem : Poor DO control using one air control valve for a pair of aeration tanks
 - Solution : Zone DO control. Two zones per tank
 - Capital cost : ~\$500,000
 - Annual savings : ~\$100,000 - \$120,000 ➡ Simple Payback : 5 years

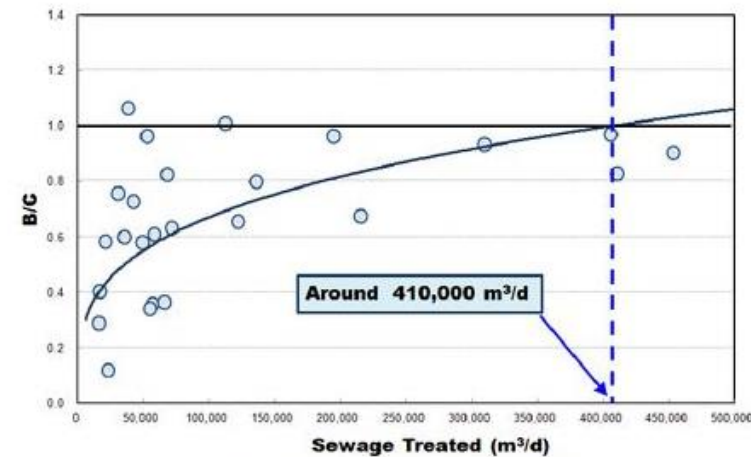
Εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω ανάλυσης ενεργειακών δεδομένων - 6

Εξοικονόμηση ενέργειας στη διαχείριση της Ιλύος (Νότια Κορέα).

Effect of Digestion Efficiency



<Digestion Efficiency 27%>



<Digestion Efficiency 45%>

Note) 27% is average digestion efficiencies of 24 sewage treatment facilities in Korea

- At 27% of digestion efficiency, there was no facility with B/C ratio over 1.0.
- At 45% of digestion efficiency, B/C ratio exceeds 1.0 at wastewater treatment capacity over 410,000 m³/d.
- Increase in digestion efficiency raise B/C ratio due to the biogas production increase and reduction in sludge cake production.

NEO

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ
ΑΛΛΗΛΕΓΓΥΗΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

Αντώνης
Τρίτσης

2020 2023

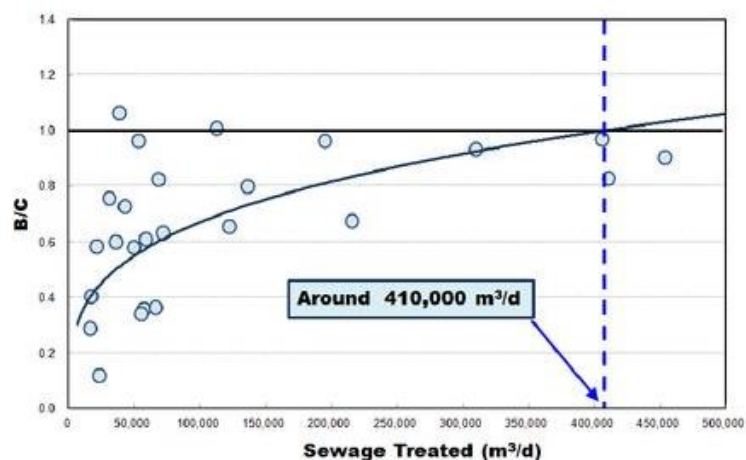
ΕΥΔΕΥΠΕΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ

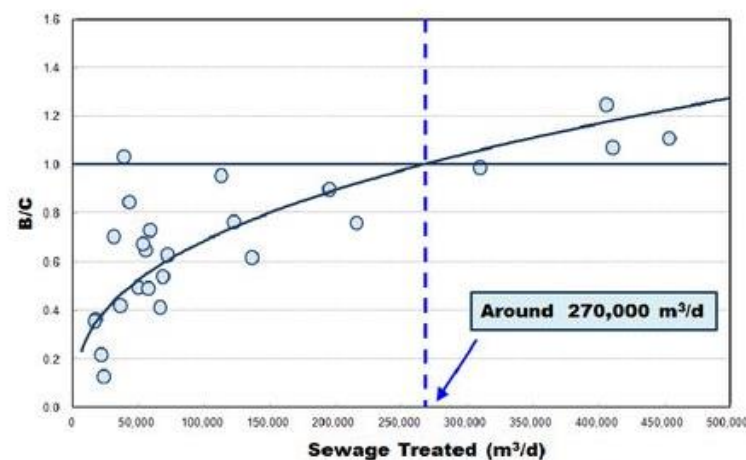
Εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω ανάλυσης ενεργειακών δεδομένων - 7

Εξοικονόμηση ενέργειας στη διαχείριση της Ιλύος (Νότια Κορέα).

Effect of Final Disposal Cost



<Using individual final disposal cost>



<Using average final disposal cost>

Note 1) Anaerobic digestion efficiency was assumed to be 45% at all treatment facilities

Note 2) Final disposal cost

Carbonization	: 116,000 won/cake ton
Drying	: 100,000 won/cake ton
Average	: 91,000 won/cake ton

Incineration	: 87,000 won/cake ton
Solidification	: 63,000 won/cake ton

- With average final disposal cost, the treatment capacity with B/C ratio 1.0 reduces to 270,000 m³/d.
- Final disposal cost largely affects on B/C.

NEO

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ
ΑΛΛΗΛΕΓΓΥΗΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

Αντώνης
Τρίτσης

2020 2023

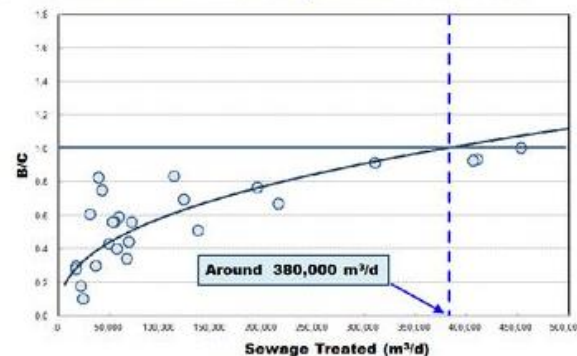
ΕΥΔΕΥΠΕΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ

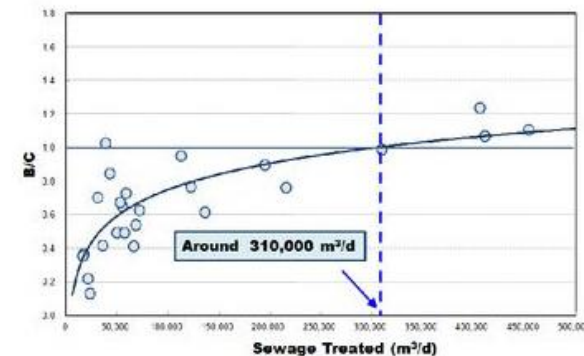
Εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω ανάλυσης ενεργειακών δεδομένων - 8

Εξοικονόμηση ενέργειας στη διαχείριση της Ιλύος (Νότια Κορέα).

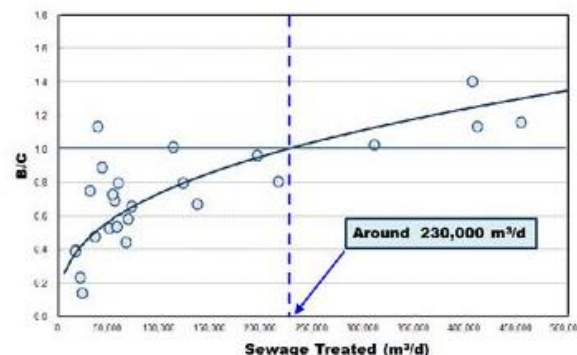
Effect of Final Disposal Methods



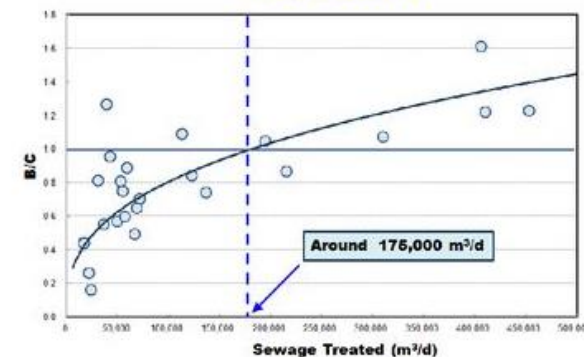
<Solidification>



<Incineration>



<Drying>



<Carbonization>

AD installation is more economical at the facility using carbonization as the final sludge disposal option.

NEO

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ
ΑΛΛΗΛΕΓΓΥΗΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

Αντώνης
Τρίτσης

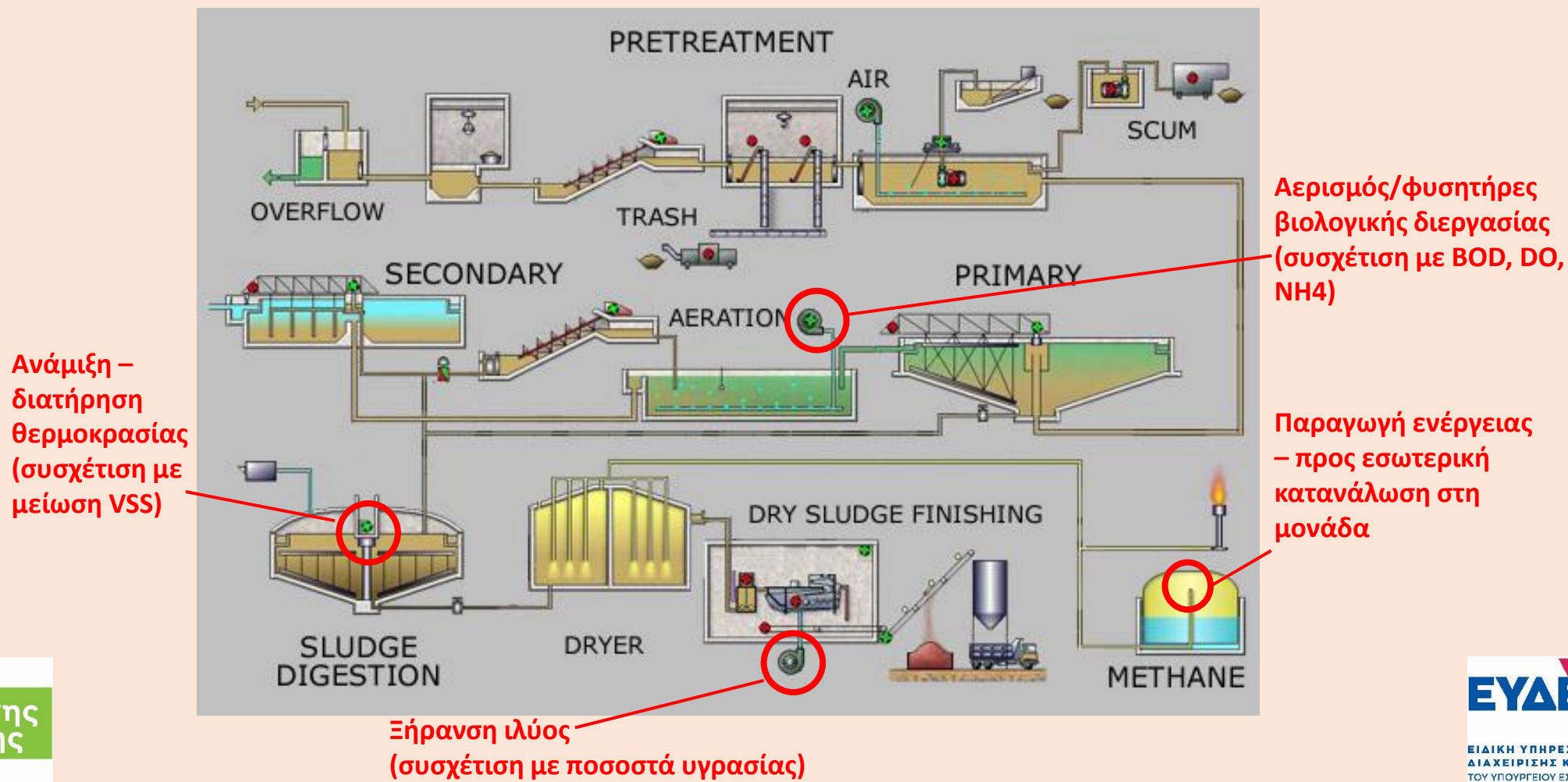
2020 2023

ΕΥΔΕΥΠΕΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ

Εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω ανάλυσης ενεργειακών δεδομένων - 9

Μία τυπική εφαρμογή αισθητήρων καταγραφής ενεργειακών δεδομένων:



Επόμενα βήματα

Συλλογή στοιχείων (μετρητών/δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας κλπ) από τα έργα που χρηματοδοτήθηκαν από τα προγράμματα ΦΙΛΟΔΗΜΟΣ Ι και ΑΝΤΩΝΗΣ ΤΡΙΤΣΗΣ, και επεξεργασία τους στο πλαίσιο του ελέγχου – περιορισμού της ενεργειακής κατανάλωσης των ΕΕΛ, αλλά και των μονάδων επεξεργασίας πόσιμου νερού, καθώς και των δικτύων αυτών.

REFERENCES

	Author	Title
1	NREL	Energy Efficiency Strategies for Municipal WWTP
2	EPRI	Water & Sustainability (Volume 4): U.S. Electricity Consumption for Water Supply & Treatment - The Next Half Century
3	AWWA Research Foundation	Energy Index Development for Benchmarking Water and Wastewater Utilities
4	Dimopoulou A.	Evaluation the energy consumption in various activated sludge systems and estimate the GHG emissions
5	Viktor Larsson	Energy savings with a new aeration and control system in a mid-size Swedish wastewater treatment plant
6	Joe Rohrbacher, P.E.	Energy Optimization and Management at WWTPs
7	Dr.Hee-Jun Kim	Energy Management in Sewage Treatment Facilities
8	Mojtaba Maktabifard, Ewa Zaborowska, Jacek Makinia	Achieving energy neutrality in wastewater treatment plants through energy savings and enhancing renewable energy production
9	Marta Gandiglio, Andrea Lanzini, Alicia Soto, Pierluigi Leone. Massimo Santarelli	Enhancing the Energy Efficiency of Wastewater Treatment Plants through Co-digestion and Fuel Cell Systems

Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας ...