



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Ανάλυσης, Σχεδιασμού & Ανάπτυξης Διεργασιών & Συστημάτων

Εργαστήριο Θερμοδυναμικής & Φαινομένων Μεταφοράς

# Πρόταση για μια Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (ΑΣΑ) στην Αχαΐα

**Δημήτρης Τασιός**, Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ,

Ιδρυτικό Μέλος της ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ

# Περιεχόμενα

---

1. Το πρόβλημα με την διαχείριση των ΑΣΑ
2. Η Ιεραρχία Αειφόρου Διαχείρισης Απορριμμάτων
3. Τι γίνεται στην Ελλάδα και τι στην ΕΕ
4. Πρόταση για μια Ολοκληρωμένη Διαχείριση των ΑΣΑ
5. Μείωση Παραγωγής Απορριμμάτων
6. Ανακύκλωση και Κομποστοποίηση
7. Ενεργειακή Αξιοποίηση των Υπολοίπων μέσω Αποτέφρωσης (Καύσης)
8. Εφαρμογή στην Αχαΐα
9. Συμπεράσματα

# Το Πρόβλημα

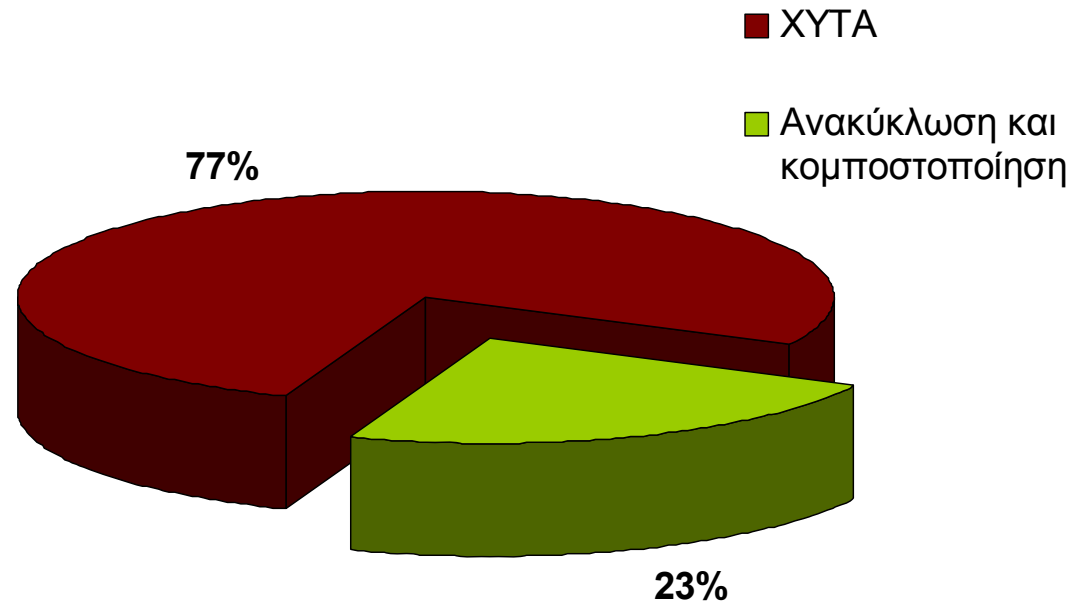
---

- Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες πόλεις, ιδιαίτερα οι μεγαλουπόλεις, είναι η διαχείριση των παραγόμενων Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (ΑΣΑ)
- Στην **Ελλάδα** παράγονται **ημερησίως** περίπου **15.000 τόνοι απορριμμάτων**, δηλαδή σχεδόν 5,5 εκατομμύρια τόνοι ετησίως
- Στην **Αττική** παράγονται **ημερησίως 6.500 – 7.000 τόνοι απορριμμάτων**, περίπου 2,5 εκατομμύρια τόνοι ετησίως και η λύση για τη διαχείρισής τους δεν έχει βρεθεί ακόμη
- Στη περιοχή σας - προς τιμή σας – αναζητείτε τη λύση
- **Και η λύση είναι απλή: Να ακολουθηθεί η διεθνώς αποδεκτή ιεράρχηση διαχείρισης των ΑΣΑ**

# Ιεραρχία Αειφόρου Διαχείρισης Απορριμμάτων



# Διαχείριση Αποβλήτων στην Ελλάδα



\*Στοιχεία Eurostat 2008

# Τί γίνεται στις Αναπτυγμένες Χώρες της ΕΕ και στην Ελλάδα με τα ΑΣΑ

---

- Ανακύκλωση – Κομποστοποίηση: **40-60% vs 23%**
- Ενεργειακή Αξιοποίηση κυρίως μέσω Αποτέφρωσης (Καύσης): **30-45% vs 0%**
- Ταφή: **1-20% vs 77%**

# Η Πρόταση για μια Ολοκληρωμένη Διαχείριση των ΑΣΑ

---

- Μείωση Παραγωγής Απορριμμάτων
- Ανακύκλωση
- Κομποστοποίηση προδιαλεγμένων – στη πηγή - οργανικών
- Ενεργειακή Αξιοποίηση κυρίως μέσω Αποτέφρωσης (Καύσης)

# Μείωση Παραγωγής Απορριμμάτων: Ελάττωση - Επαναχρησιμοποίηση

---

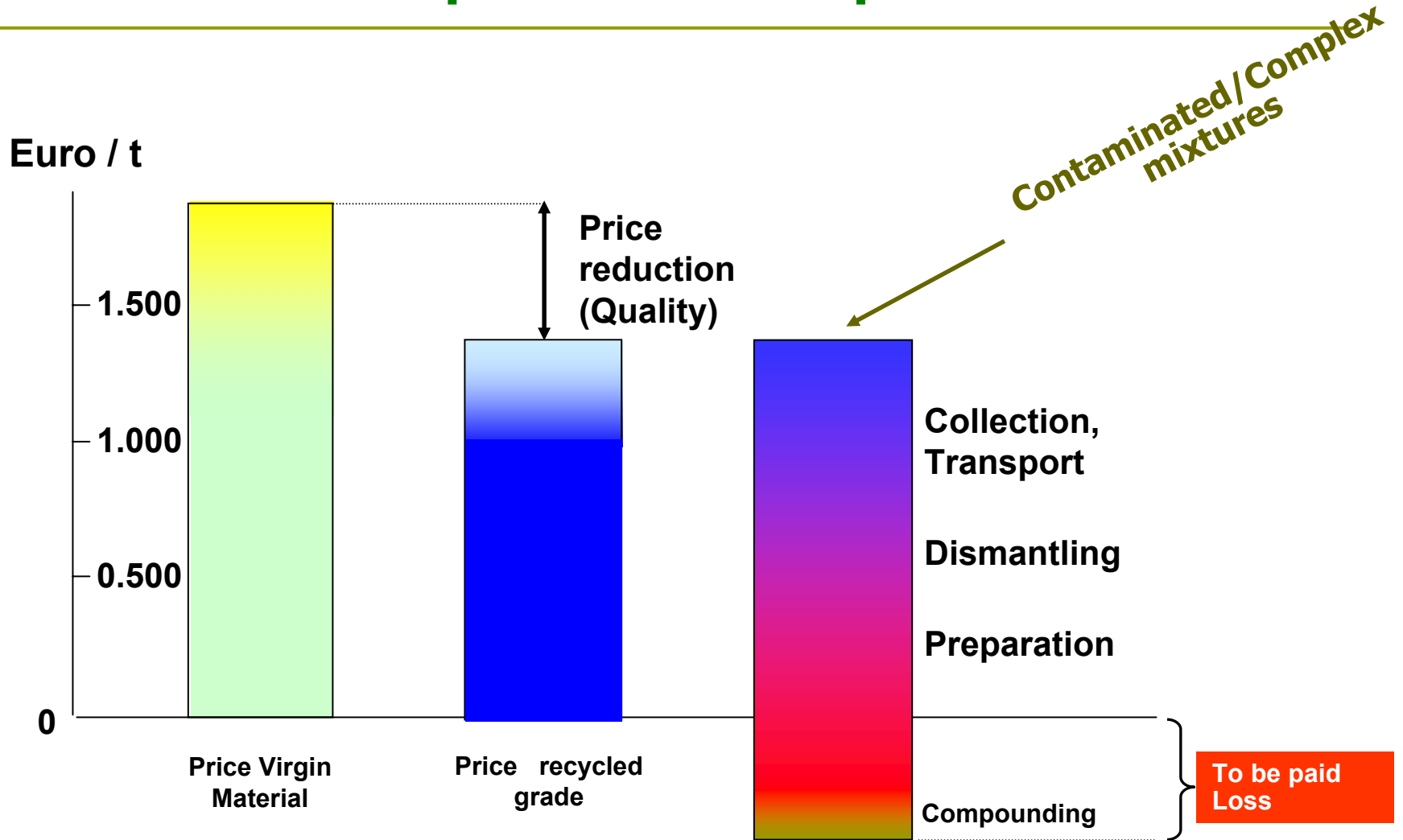
- **ΕΛΑΤΤΩΣΗ:** Δυστυχώς δίδεται ελάχιστη σημασία. Εκτιμάται ότι συνολικά, κάθε χρόνο, παράγονται, διακινούνται και απορρίπτονται περίπου 3 δισεκατομμύρια πλαστικές σακούλες και 2,6 δισεκατομμύρια πλαστικές φιάλες.
- **ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ:** Το ίδιο, αλλά κάτι αλλάζει λόγω της κρίσης
- **ΣΗΜΑΣΙΑ:** Μεγάλη, καθώς 1% ελάττωση στη παραγωγή ΑΣΑ λόγω των άνω δυο δράσεων ισοδυναμεί – όσον αφορά στις εκπομπές CO<sub>2</sub> - με 3% αύξηση στην Ανακύκλωση

## Η σημασία της ανακύκλωσης στην εξοικονόμηση ενέργειας

(A. Savino and S. Veltze, Waste and Climate Change, Waste management world, review issue 2009-2010, page 64)

Είδος υλικού	Εκπομπή CO <sub>2</sub> από την παρασκευή του παρθένου υλικού (τόνοι CO <sub>2</sub> /τόνοι παρασκευασμένου υλικού)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> που αποφεύγονται μέσω της ανακύκλωσης σε σύγκριση με την παραγωγή παρθένου υλικού τόνοι (τόνοι CO <sub>2</sub> / τόνοι ανακυκλωμένου υλικού)
Χαλκός	20	13-19.7
Αλουμίνιο	13	4.6-12.4
Ατσάλι	1.5	0.9-1.3
Πλαστικό	2.1-4.7	1.7-4.5
Χαρτί-Χαρτόνι	1.1-3.4	0.6-3.1
Γυάλινα	0.9	0.3-0.6

# Το ποσοστό ανακύκλωσης Πλαστικών είναι χαμηλό παντού επειδή μπορεί να οδηγήσει σε ακριβότερο προϊόν από το παρθένο



# Κομποστοποίηση

---

Όταν εφαρμόζεται σε προδιαλεγμένο οργανικό κλάσμα στην πηγή (αγροτικά, κηπευτικά, κ.λπ.) οδηγεί σε εξαιρετικό κομπόστ ή/και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

# Ενεργειακή Αξιοποίηση

---

## □ Βιολογική Επεξεργασία

- ◆ Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία (ΜΒΕ)
- ◆ Βιολογική Ξήρανση (ΒΞ)

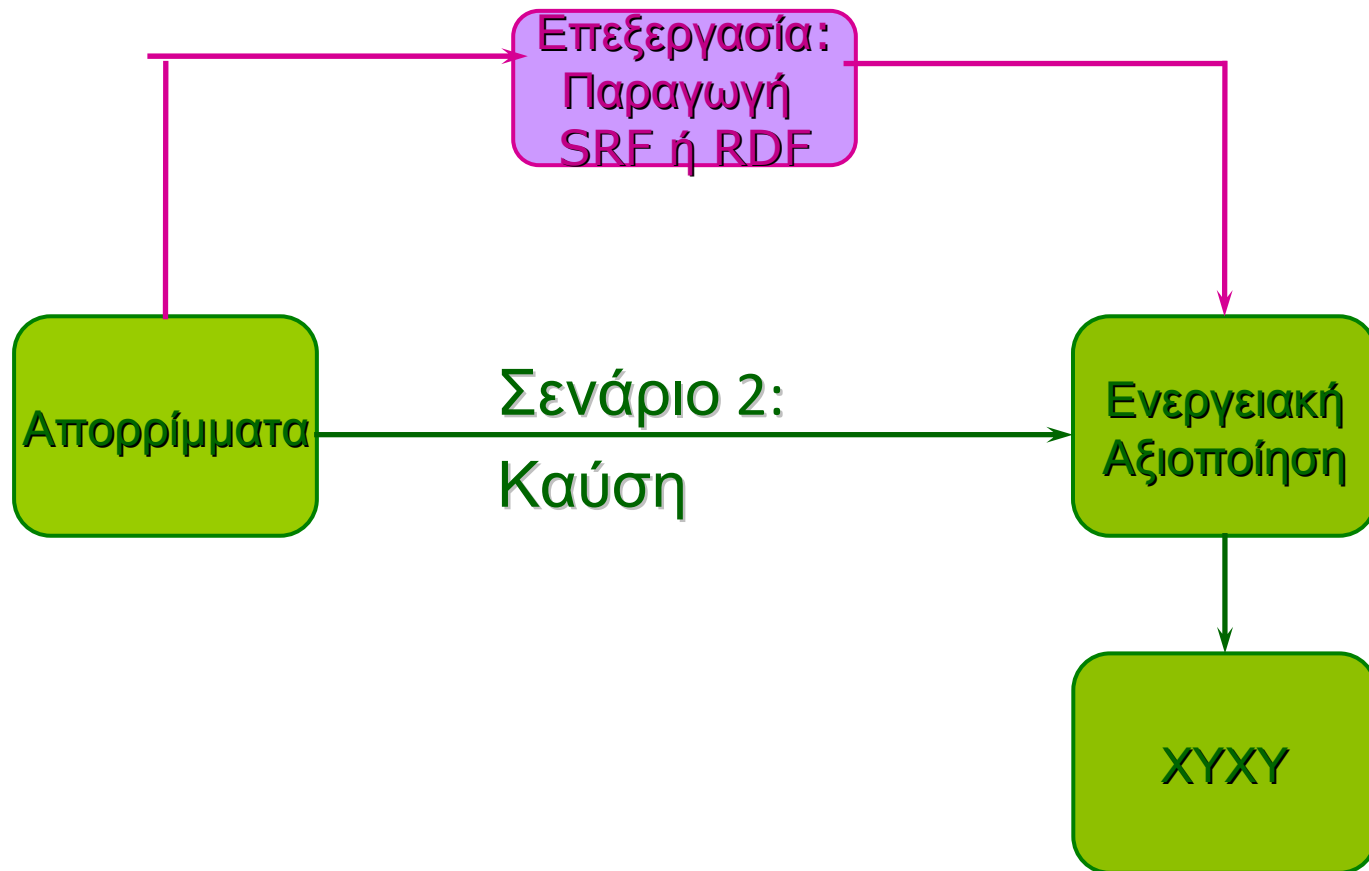
## □ Ενεργειακή Αξιοποίηση μέσω Καύσης

➤ Τα κύρια προϊόντα της Βιολογικής Επεξεργασίας είναι ένα καύσιμο υλικό, RDF στη ΜΒΕ και SRF στην ΒΞ, τα οποία οδηγούνται στη καύση με αποτέλεσμα να απαιτούνται δυο εγκαταστάσεις αντί της μιας στην απευθείας καύση, όπως θα δουμε στην επομένη διαφάνεια.

# Τα Δύο Σενάρια

---

Σενάριο 1: MBE



# Ενεργειακή Αξιοποίηση

---

- Είναι σαφές ότι το Σενάριο 1 δεν προσφέρει κανένα οικονομικό και περιβαλλοντικό όφελος, διότι απαιτεί ΔΥΟ ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ, ένα για την παραγωγή του δευτερογενούς καυσίμου RDF/SRF και ένα δεύτερο για την Ενεργειακή αξιοποίηση αυτού, αλλιώς το παραγόμενο SRF/RDF θα πρέπει να απορρίπτεται ξανά σε ΧΥΤΑ (όπως γίνεται με το RDF στα Λιόσια)
- Αποτελεί, δηλαδή, **Επεξεργασία και όχι Διαχείριση**, δηλαδή τελική λύση του προβλήματος
- Ως εκ τούτου έχει βρει περιορισμένη εφαρμογή, και η απευθείας καύση αποτελεί τη κυρίαρχη τεχνολογία ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ.

# Αποτελέσματα της Καύσης

---

- Με την καύση των απορριμμάτων η **μάζα τους μειώνεται κατά 75-80%** και ο **όγκος κατά 90%**, με αποτέλεσμα μικρότερο υπόλειμμα προς διάθεση, ενώ **ανακτώνται και τα περιεχόμενα μέταλλα.**
- Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (για το δίκτυο) κυμαίνεται γύρω στις 600 kWh/t ΑΣΑ, όση περίπου από 1 τόνο λιγνίτη.
- Από τη ποσότητα αυτή το 50% περίπου θεωρείται Ανανεώσιμη Ενέργεια. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι πάνω από 50% των ΑΣΑ – ζυμώσιμα και χαρτί – είναι ανανεώσιμο (Νόμος ΑΠΕ 3851/2010). Θα βοηθήσει, επομένως, στον στόχο που έχει τεθεί για την παραγωγή ενέργειας από Α.Π.Ε.
- Η καύση είναι απαραίτητη για την ανακύκλωση  
(B. Bilitewski, 2<sup>ο</sup> Φόρουμ ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ, 10 Ιουνίου 2010, [www.wtert.gr](http://www.wtert.gr))

# Κλιματική Αλλαγή

---

Η θερμική επεξεργασία απορριμμάτων συμβάλει στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, με 2 τρόπους:

1. **Αποτρέπει την εκπομπή μεθανίου  $\text{CH}_4$**  (21 φορές ισχυρότερο αέριο από το  $\text{CO}_2$ ) και άλλων αέριων ρύπων από τους ΧΥΤΑ.
2. **Παράγει λιγότερες εκπομπές ρύπων** σε σχέση με ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα (π.χ.: λιγνίτης)

# Εκπομπές Ρύπων

---

- Οι εκπομπές είναι γύρω στο 1/5 των ορίων της ΕΕ.
- Οι ποσότητες είναι πολύ μικρές: **Ένα εργοστάσιο καύσης 1 εκατ. τόνων Απορριμμάτων το χρόνο παράγει συνολικά μισό γραμμάριο διοξίνες.**
- Αποτέλεσμα: Τα ενεργειακά πλεονεκτήματα της καύσης αλλά και το γεγονός ότι αποτελεί μια τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον, **εξηγούν τη λειτουργία πλέον των 420 μονάδων στη Ευρώπη, εκ των οποίων οι 93 την τελευταία δεκαετία.**

# Εκπομπές Ρύπων από τη μονάδα θερμικής αξιοποίησης ΑΣΑ στην Brescia (Ιταλία)

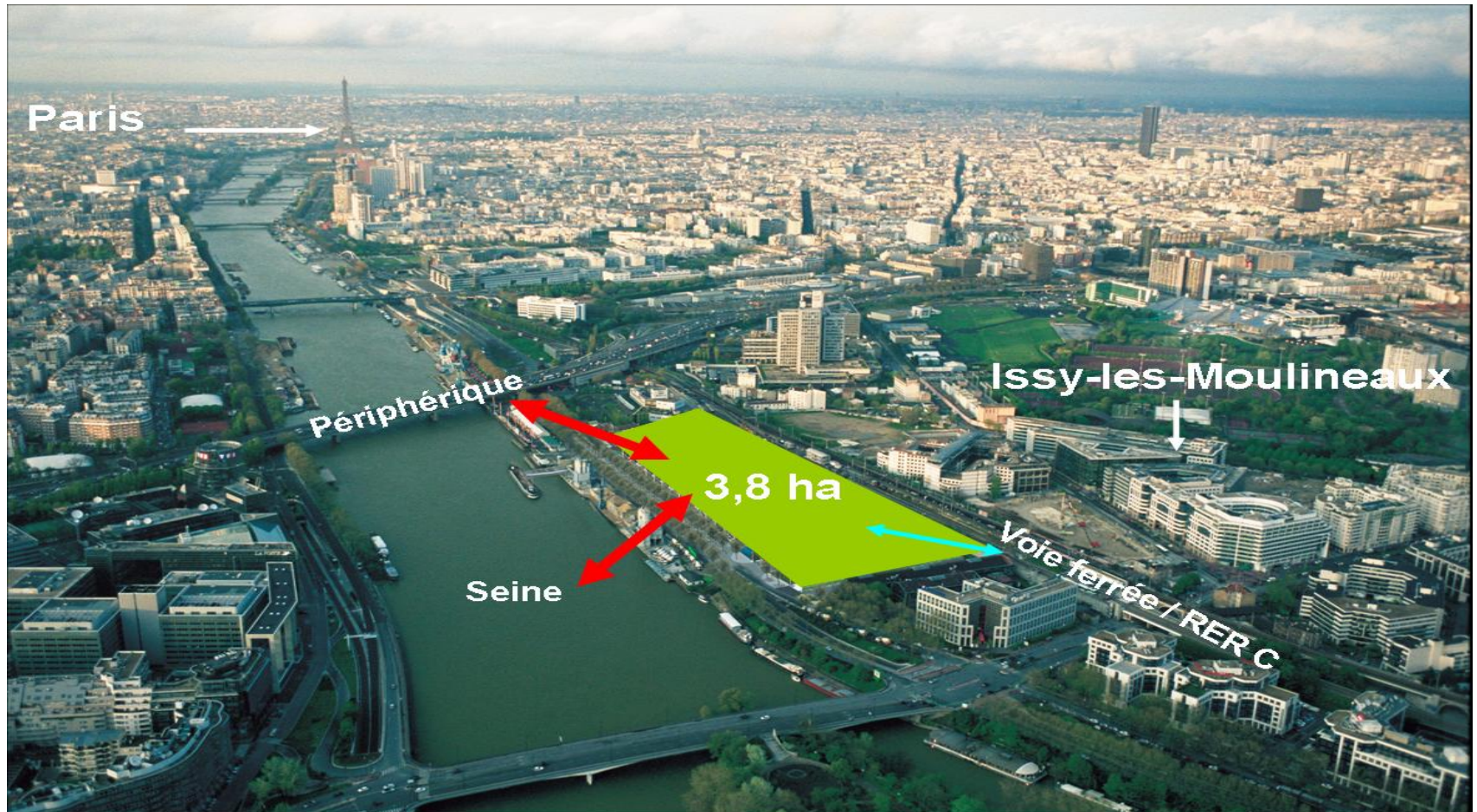
Ρύπος	Δεδομένα Σχεδιασμού (1994)	Πραγματικά δεδομένα λειτουργίας (2005)	Όρια εκπομπών Ε.Ε (2000)
Σωματίδια (mg/Nm <sup>3</sup> )	3	<b>0,4</b>	<i>10</i>
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	40	<b>6,5</b>	<i>50</i>
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	100	<b>&lt;80</b>	<i>200</i>
HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	20	<b>3,5</b>	<i>10</i>
HF (mg/Nm <sup>3</sup> )	1	<b>0,1</b>	<i>1</i>
CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	40	<b>15</b>	<i>50</i>
Βαρέα Μέταλλα	0,5	<b>0,01</b>	<i>0,5</i>
Cd (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,02	<b>0,002</b>	<i>0,05</i>
Hg (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,02	<b>0,002</b>	<i>0,05</i>
PAH (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,01	<b>0,00001</b>	-
Dioxin (ng/Nm <sup>3</sup> )	0,1	<b>0,002</b>	<i>0,1</i>

# Για όσους ακόμη αμφιβάλλουν: Είναι Πρόβλημα οι Εκπομπές Ρύπων?

---

Η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων στις ανεπτυγμένες χώρες, όπως θα δούμε στις επόμενες διαφάνειες, δίνει μια ξεκάθαρη απάντηση

# Χωροθέτηση "Isséane" - Paris



# Spittellau - Βιέννη



# Χωροθέτηση Spittelau - Βιέννη

---



# Πρόταση για την Αχαΐα

<b>Δυναμικότητα μονάδας WTE (t/έτος)</b>	<b>150.000</b>	<b>300.000</b>
<b>Επένδυση ( Μ €)</b>	75	130
<b>Διάρκεια Παραχώρησης (έτη)</b>	25 (IRR 11%)	
<b>Gate Fee (€/t)</b>	70	60

# Συμπεράσματα

---

Μια Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Αστικών Στερεών Απορριμμάτων στη Χώρα μας απαιτεί:

1. Αυξημένη ανακύκλωση
2. Κομποστοποίηση προδιαλεγμένων στη πηγή οργανικών (κηπευτικά, γεωργικά, κ.λπ.)
3. Ενεργειακή αξιοποίηση του υπολοίπου μέσω καύσης, διότι:
  - Είναι **περιβαλλοντικά φιλική**
  - Ικανοποιεί τις **οδηγίες της Ε.Ε.**
  - Επιτυγχάνει **Ελάττωση Όγκου κατά 90%**
  - Εφαρμόζει **δοκιμασμένη** τεχνολογία
  - Παράγει σημαντική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας εκ της οποίας το ήμισυ είναι ανανεώσιμη
  - Το "Gate fee", **70 και 60 €/t ΑΣΑ για 150.000 και 300.000 t/έτος** αντίστοιχα είναι κατά 20-30 € υψηλότερο του σημερινού στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων.

Κοπεγχάγη, Δανία

An indoor elevator will reportedly send visitors to the top of the building, where they can enjoy the views over Copenhagen and southern Sweden, and then ski their way down the 1500 metre long slope.

---



Το Συμβούλιο Ενεργειακής Αξιοποίησης Αποβλήτων Ελλάδος (ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ, [www.wtert.gr](http://www.wtert.gr)) ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 2008 με ιδρυτικά μέλη:

- Κέντρο Περιβαλλοντικής Μηχανικής του **Columbia University** της Νέας Υόρκης
- Μέλη Εργαστηρίου Θερμοδυναμικής και Φαινομένων Μεταφοράς, Σχολή Χημικών Μηχανικών του **ΕΜΠ**
- Μέλη Εργαστηρίου Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του **ΑΠΘ**.
- Η Ελληνική εταιρία **INTRAKAT**



Μία στενή συνεργασία ακαδημαϊκών, ερευνητικών, δημοσίων και βιομηχανικών φορέων θα ωθήσει την Ελλάδα στην ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων (WTE)

# Πρόταση για την Αχαΐα: Η βάση υπολογισμών

<b>Δυναμικότητα μονάδας WTE (τόνοι/έτος)</b>	<b>150.000</b>	<b>300.000</b>
<b>Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)</b>	9	9
<b>Παραγόμενη Ισχύς (MW)</b>	12,5	25
<b>Καθαρή διαθέσιμη Ισχύς (MW)</b>	10,5	21
<b>R1</b>	0,697	0,697
<b>Καθαρή Διαθέσιμη Ηλεκτρική Ενέργεια (GWh)</b>	84.000	168.000
<b>Αριθμός Κατοίκων</b>	53.000	106.000
<b>Αριθμός νοικοκυριών</b>	18.000	36.000

# Παράμετροι υπολογισμού κόστους

---

- Απόσβεση της πάγιας επένδυσης σταθερή για περίοδο 25 ετών.
- Στο λειτουργικό ετήσιο κόστος περιλαμβάνεται και το κόστος διαχείρισης της στάχτης {28% από τον καυστήρα (40 €/t) και 3% ιπτάμενη (200 €/t)}.
- Το gate fee υπολογίζεται αν από το μοναδιαίο κόστος αφαιρεθεί το έσοδο από την πώληση του ρεύματος.
- Η τιμή πώλησης έχει ληφθεί 87 €/MWh για το 50% της τροφοδοσίας που θεωρείται βιοαποδομήσιμο και 45 €/MWh για το υπόλοιπο.
- Δεν έχουν υπολογιστεί άλλα πιθανά έσοδα από πώληση π.χ. μετάλλων από τη στάχτη(περίπου 20 €/τόνο ΑΣΑ) .
- Δεν έχει αφαιρεθεί το gate fee για την ταφή ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ (τυπικά 30-40 €/t)
- Δεν έχει συνυπολογιστεί ΦΠΑ.

# Σύγκριση πηγών εκπομπών διοξινών

<b>Πηγή εκπομπών διοξινών</b> Πηγή : Καθ. Bilitewski	<b>Κλίμακα σύγκρισης</b>	<b>Εκπομπές Διοξινών</b>
Σύγχρονο Εργοστάσιο Θερμικής Επεξεργασίας Απορριμμάτων	1	0,01 ng/m <sup>3</sup>
Εργοστάσιο θερμικής επεξεργασίας επικίνδυνων αποβλήτων	1	0,01 ng/m <sup>3</sup>
Ανοιχτή μη ελεγχόμενη καύση (πχ τζάκια)	1000	10,00 ng/m <sup>3</sup>
Πυροτεχνήματα	10.000	100,00 ng/m <sup>3</sup>
Καιόμενη χωματερή (Χ.Α.Δ.Α.)	100.000	1000,00 ng/m <sup>3</sup>

# Χρήσεις τέφρας-Διεθνής Πρακτική

## ΤΕΦΡΑ ΠΥΘΜΕΝΑ

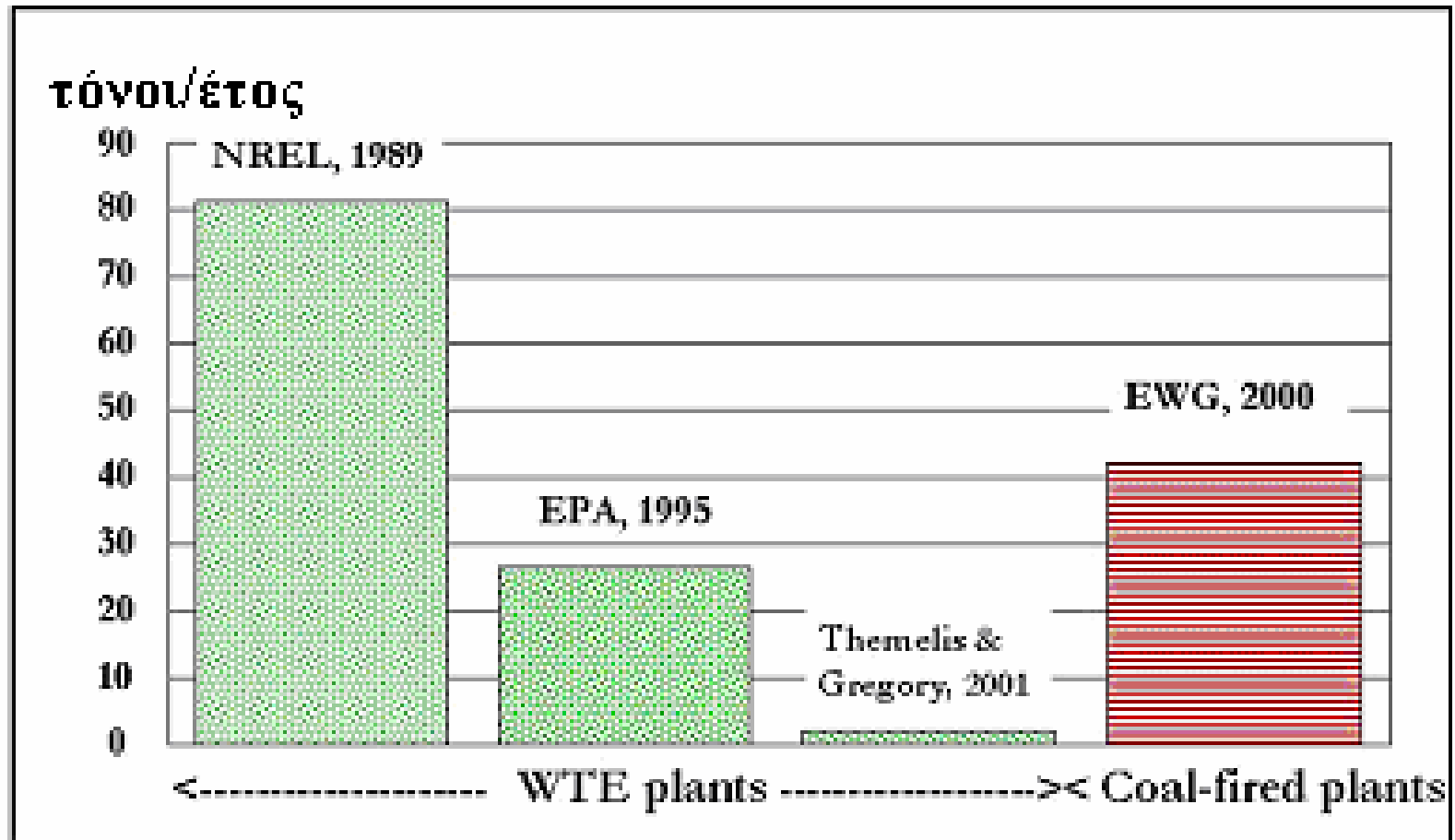
- ❑ **Έργα οδοποιίας**, ως υπόβαση αδρανών υλικών (Γαλλία, Ηνωμένο Βασίλειο, ΗΠΑ), ηχοπετάσματα, ανεμοφράγματα, ως πληρωτικό υλικό σε αναχωμάτων κ.α.
- ❑ Στους **ΧΥΤΥ**, ως **υλικό επικάλυψης** ΑΣΑ (μερική υποκατάσταση χώματος ημερήσιας κάλυψης)

## ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ

**Μετά από φυσικοχημική επεξεργασία, η αδρανοποιημένη ι.τ.**

- ❑ **Πλήρωση αλατωρυχείων και μεταλλείων** (σταθεροποίηση εδάφους)
- ❑ **Έργα οδοποιίας** (Γερμανία)
- ❑ **Εξουδετέρωση όξινων αποβλήτων** (π.χ. βιομηχανία τιτανίου στη Νορβηγία)
- ❑ **Υλικά κατασκευών** (αμμοχάλικο για σκυρόδεμα και πλίνθοι από κονιορτοποιημένη τέφρα, Ολλανδία )
- ❑ **Εναλλακτικά** διάθεση σε ειδική κυψέλη του ΧΥΤΥ

# Μείωση των εκπομπών υδραργύρου από εγκαταστάσεις WTE



# Απαιτούμενη έιτταση

---

- 60 στρέμματα
- Κάλυψη 10 στρ.

## Μονάδες ΜΒΤ

- Ευρώπη: Γύρω στο  $\frac{1}{4}$  των μονάδων καύσης

SRF: Γύρω στο 10% για τσιμ και ΑΗΣ

Το υπόλοιπο προς καύση(WTE)

- USA: Πολύ μικρό

# Νέες Μονάδες αποτέφρωσης (2000-2011)

Έτος Λειτουργίας	Σύνολο Μονάδων	Δυναμικότητα (τόνοι/ημέρα)
2011	7	5.330
2010	6	4.025
2009	7	6.796
2008	9	8.896
2007	11	9.130
2006	3	1.674
2005	9	4.977
2004	11	6.700
2003	9	5.331
2002	9	3.670
2001	10	9.740
2000	2	2.102
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>93</b>	<b>68.371</b>