



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων

και



Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων
Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης

Διαχείριση απορριμμάτων και μέθοδοι αξιοποίησης τους

ΔΠΜΣ: Περιβάλλον και Ανάπτυξη
6 Μαΐου 2015

Δ. Κουρκούμπας, Σ. Καρέλλας, Π. Γραμμέλης, Ε. Κακαράς

☎ +30 211 1069517, E-mail : kourkoumpas@certh.gr

☎ +30-2107722810, E-mail: sotokar@mail.ntua.gr

☎ +30 211 1069504, E-mail : grammelis@certh.gr



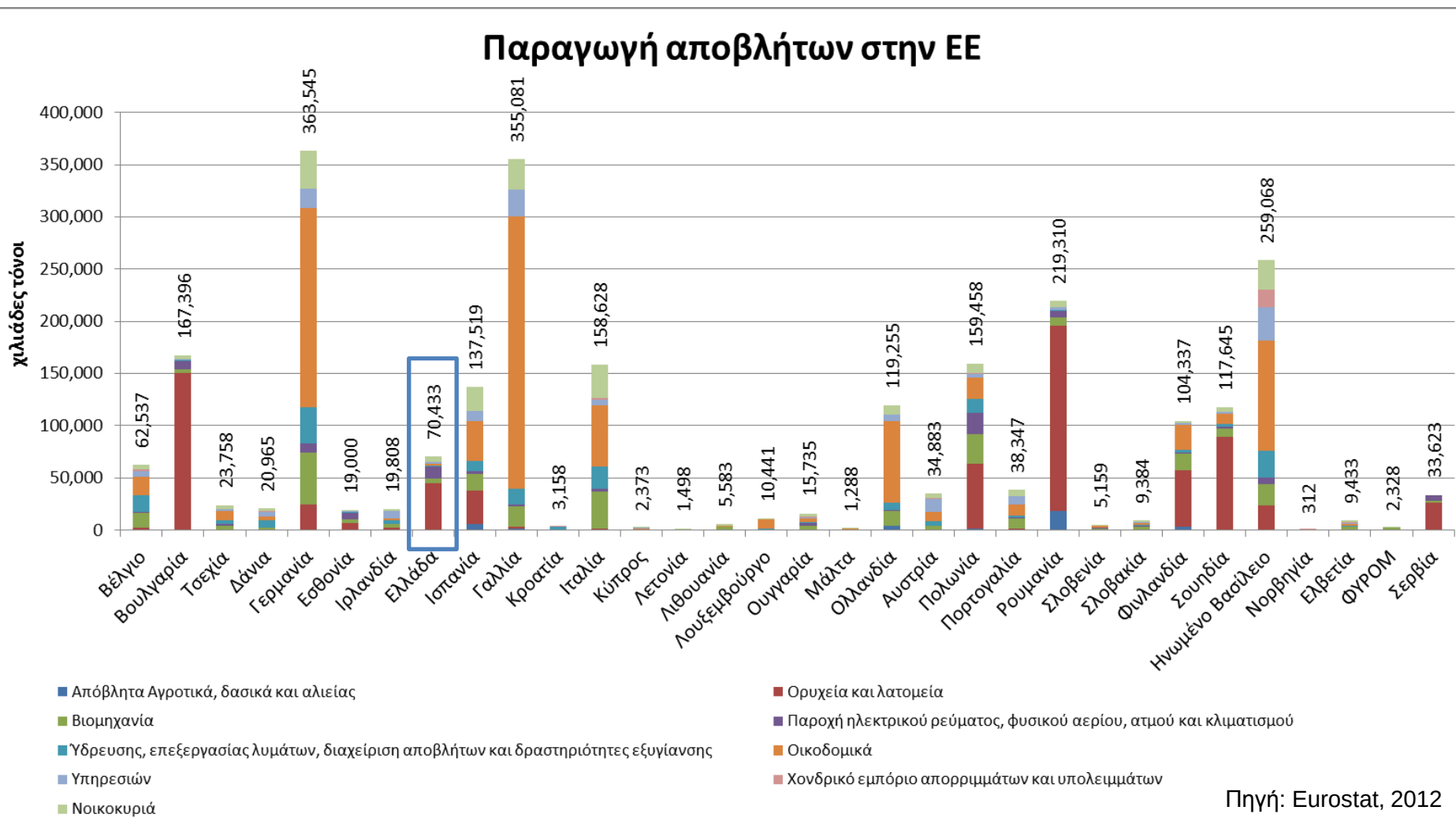
Περιεχόμενα

- Παρούσα Κατάσταση στην Ελλάδα και στην Ευρώπη
- Νομοθετικό Πλαίσιο
- Μέθοδοι και Τεχνολογίες Διαχείρισης Απορριμμάτων
- ✓ State of the art
- ✓ Έργα στην Ελλάδα και στην Ευρώπη
- Ερευνητικές δραστηριότητες
- Ενδεικτικά Ερευνητικά έργα Έργα στην Ελλάδα και στην Ευρώπη



Παρούσα κατάσταση στην Ελλάδα και στην Ευρώπη (1)

Παραγωγή αποβλήτων

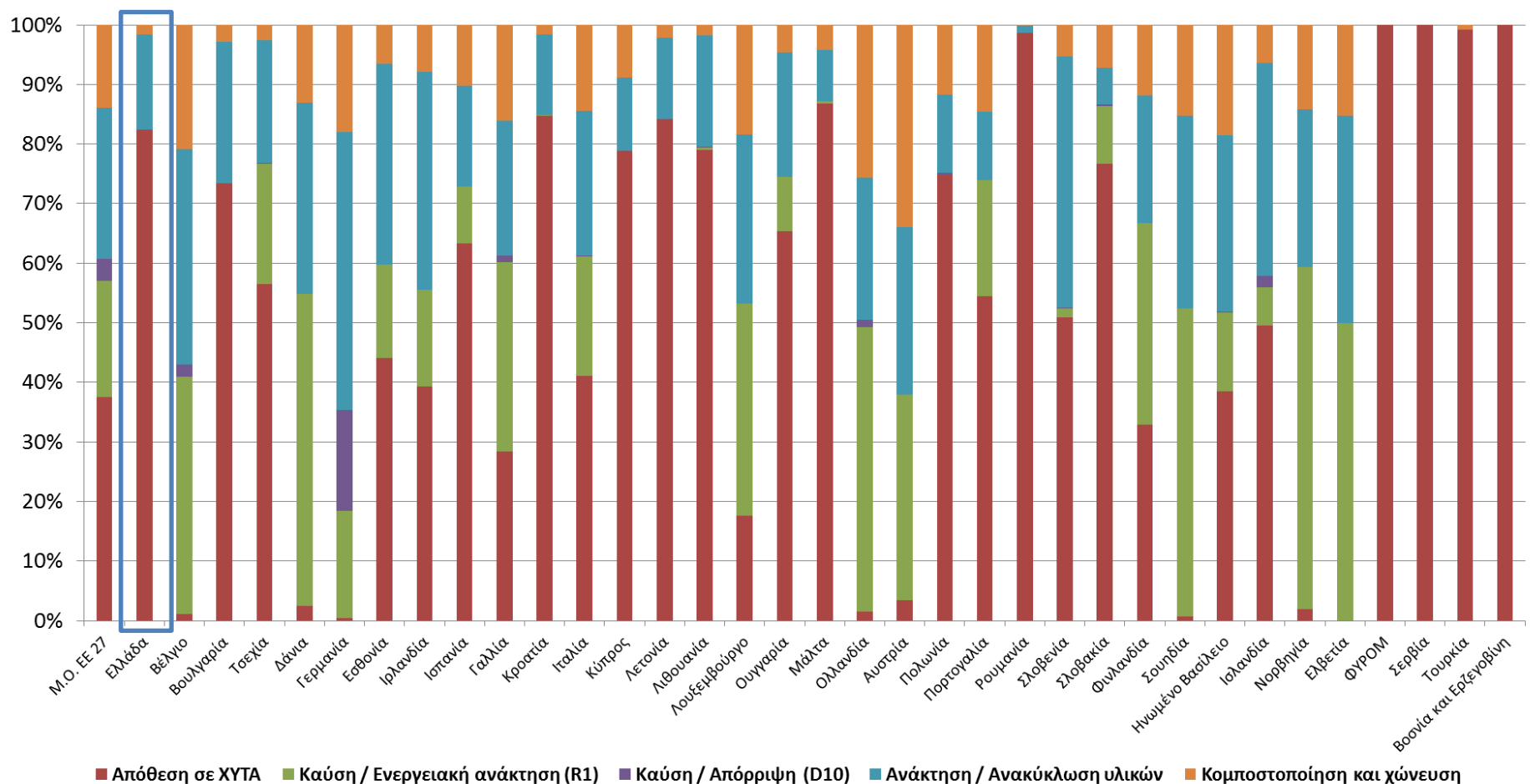




Παρούσα κατάσταση στην Ελλάδα (2)

Διαχείριση Αστικών Απορριμμάτων

Διαχείριση αστικών αποβλήτων





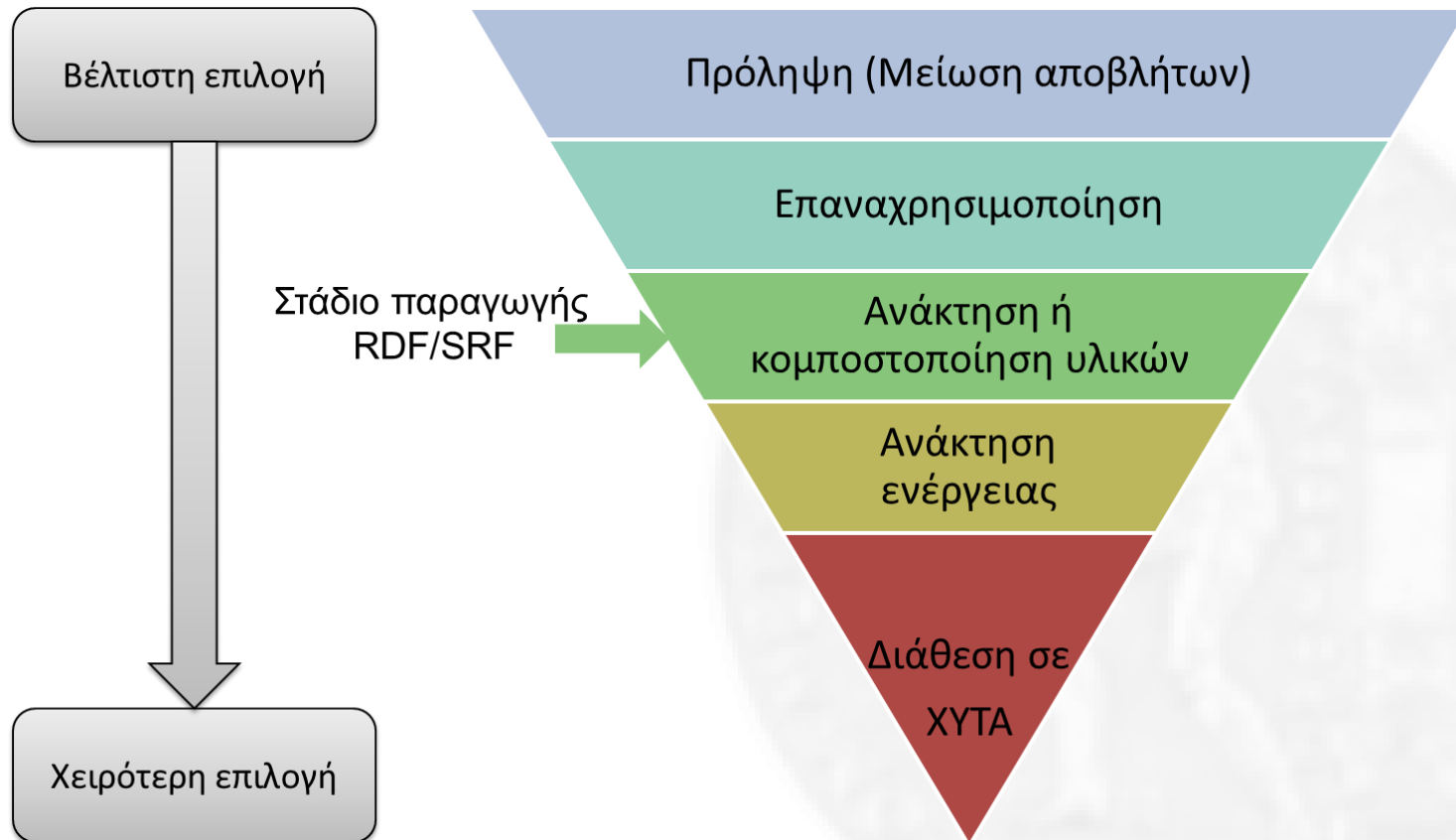
Παρούσα κατάσταση στην Ελλάδα και στην Ευρώπη (3)

Μελέτη Eurostat για το 2013 (δημοσίευση 26 Μαρτίου 2015)

- Στις χωματερές καταλήγουν **81% των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα**, ενώ υπολογίζεται ότι αναλογούν περίπου **506 κιλά αστικών αποβλήτων ανά κάτοικο** ετησίως, σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat που δόθηκαν στη δημοσιότητα και αφορούν το 2013.
- Στις χώρες της ΕΕ, το **43% των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων** είτε ανακυκλώθηκε, είτε κομποστοποιήθηκε (28% και 15% αντιστοίχως), το 26% ενταφιάστηκε και το 31% αποτεφρώθηκε.
- Την ίδια χρονιά, στην Ελλάδα **ανακυκλώθηκε το 16%**, κομποστοποιήθηκε το 4% και ενταφιάστηκε το 81% των αστικών αποβλήτων.
- Όσον αφορά στην **ανακύκλωση**, με 16% επί του συνόλου των αστικών αποβλήτων, η Ελλάδα ξεπερνά μόνο χώρες της ανατολικής Ευρώπης, πρώην σοβιετικές δημοκρατίες και τη Μάλτα.
- Τα υψηλότερα ποσοστά επεξεργασίας αστικών αποβλήτων στην ΕΕ (**ανακύκλωση ή κομποστοποίηση**) καταγράφονται στη Γερμανία (64%), στην Αυστρία (59%), στο Βέλγιο (55%) και στην Ολλανδία (50%). Όσο αφορά στην **αποτέφρωση** αποβλήτων, τα μεγαλύτερα ποσοστά, σημειώνονται στην Εσθονία (64%) και στη Δανία (54%).



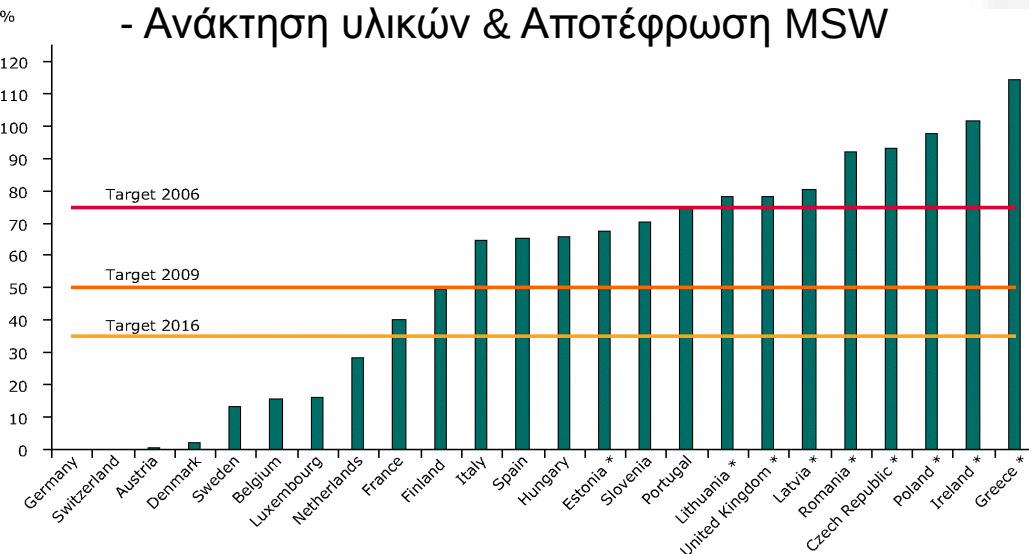
Πυραμίδα ιεραρχίας προτεραιοτήτων διαχείρισης αποβλήτων





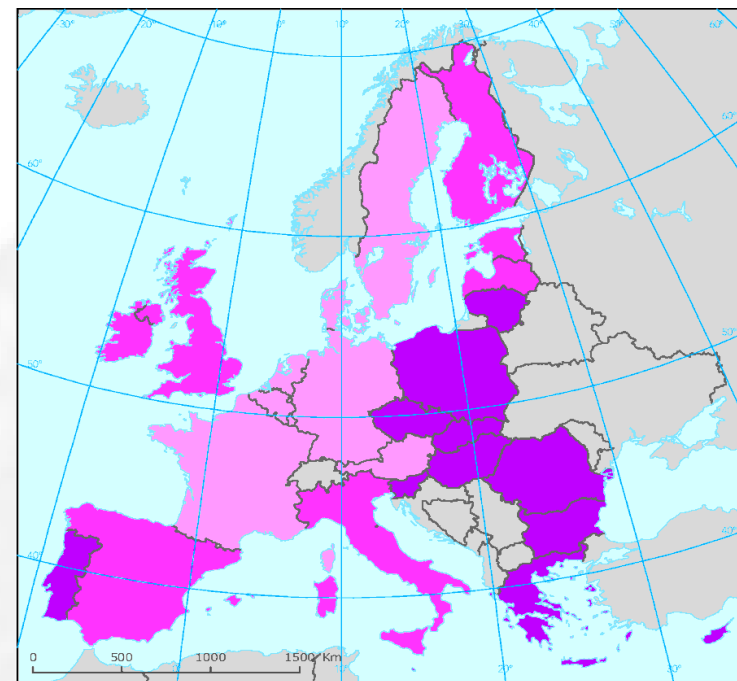
Πρακτικές επεξεργασίας απορριμμάτων στην ΕΕ – Μελλοντικοί Στόχοι

- Διαφορετικές στρατηγικές ακολουθούνται από τις χώρες μέλη της ΕΕ για τη μείωση της ποσότητας των αστικών στερεών αποβλήτων (Municipal Solid Waste – MSW) που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ
- Οι εθνικές στρατηγικές επεξεργασίας απορριμμάτων περιλαμβάνουν:
 - Ανάκτηση υλικών σε εργοστάσια Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (MBT)
 - Ανάκτηση υλικών & Αποτέφρωση MSW



Βιοδιασπώμενο μέρος αστικών απορριμμάτων οδηγούμενο προς ΧΥΤΑ (2006),
Πηγή: European Environment Agency

(*) Χώρες με περίοδο παράτασης για επίτευξη των στόχων

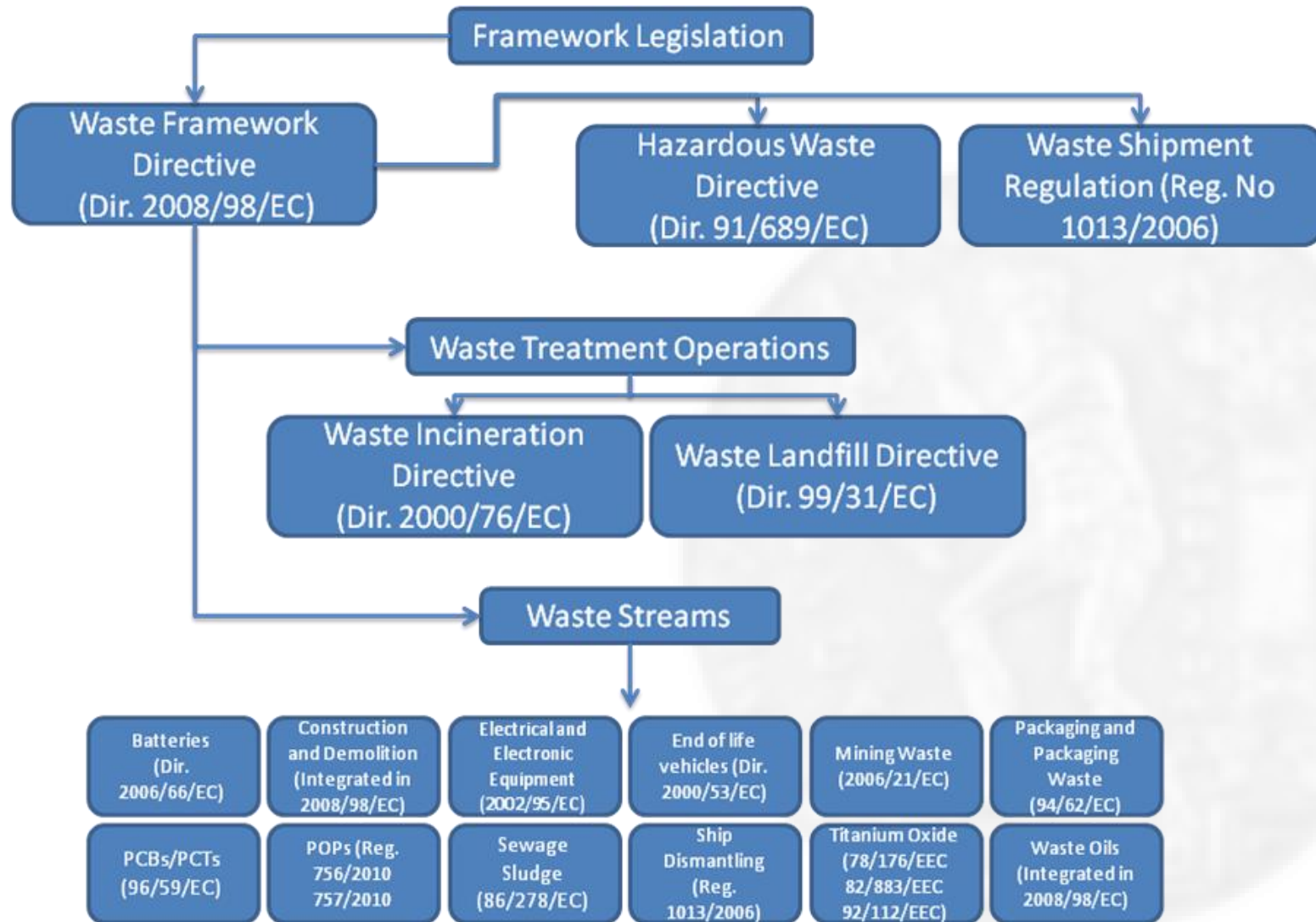


1. Αποτέφρωση >25%, Ανάκτηση υλικών >25%
2. Αποτέφρωση <25%, Ανάκτηση υλικών >25%
3. Αποτέφρωση <25%, Ανάκτηση υλικών <25%
4. Εκτός κάλυψης στοιχείων

Κατηγοριοποίηση χωρών ανάλογα με τις τωρινές πρακτικές επεξεργασίας απορριμμάτων, Πηγή: ΕΕΑ, έκδοση 2007

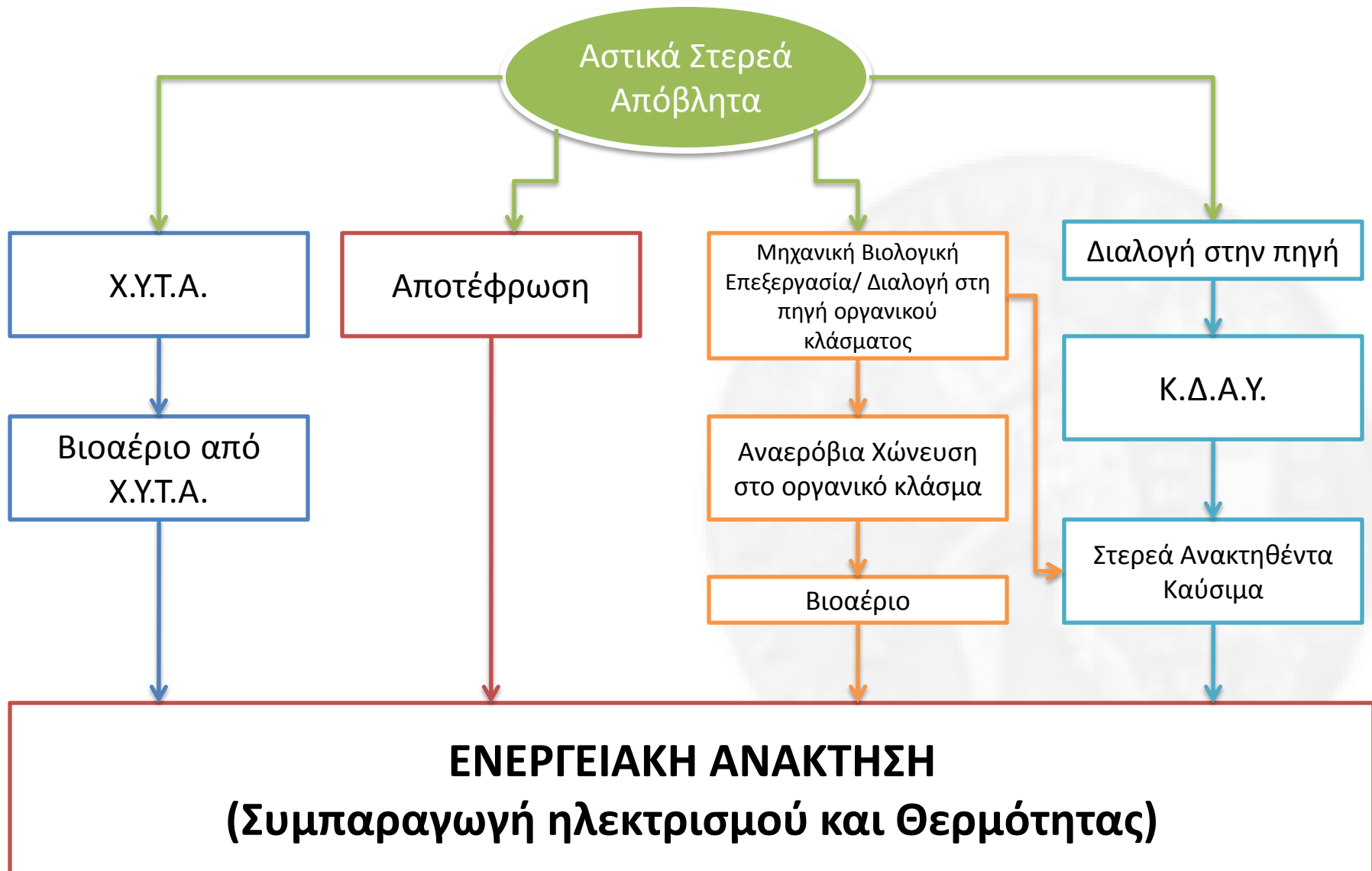


Ευρωπαϊκό Νομοθετικό Πλαίσιο





Διαχείριση απορριμμάτων (1)





Προγράμματα Διαλογής στην Πηγή (ΔσΠ)

Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ) ορίζεται η διαδικασία με την οποία γίνεται διαχωρισμός των απορριμμάτων σε επιμέρους υλικά ή ομοιογενείς κατηγορίες συστατικών με στόχο την ανάκτηση χρήσιμων υλικών. Ο συγκεκριμένος διαχωρισμός πραγματοποιείται σε επίπεδο καταναλωτή.

Κατηγορίες:

Ανάλογα με το σύστημα συλλογής:

- Σύστημα πόρτα-πόρτα
- Σύστημα με κεντρικούς κάδους

Ανάλογα με τη χρονική διάρκεια:

- Συστηματικά
- Περιοδικά

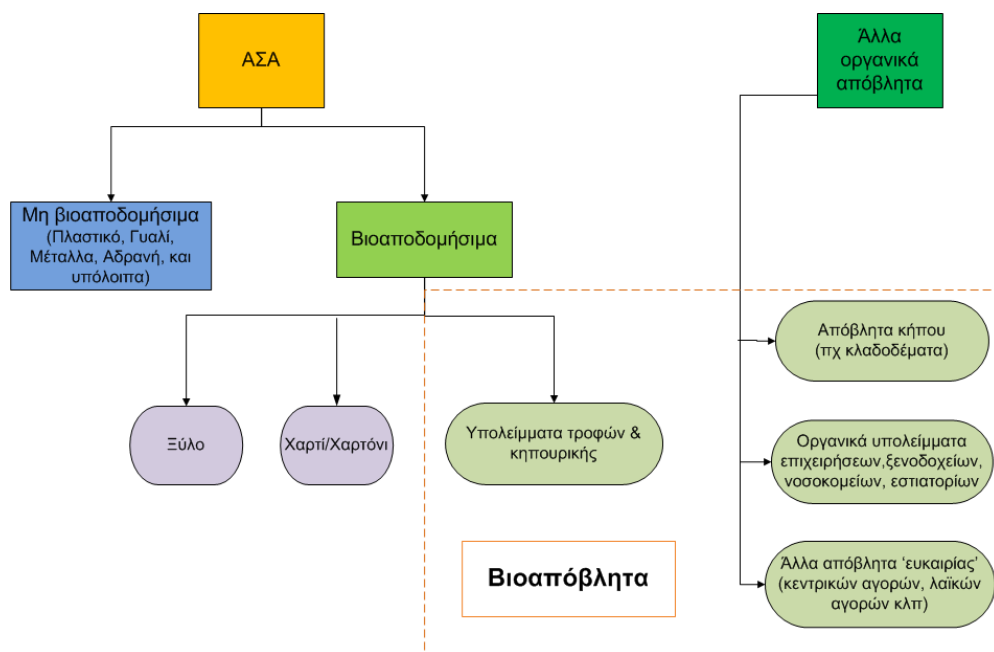
Ανάλογα με το είδος συλλογής αποβλήτων:

- Υπολείμματα τροφών ή/και απόβλητα κήπου
- Ανακυκλώσιμα (χαρτί, πλαστικό, γυάλι, μέταλλα)





Βιοαποδομήσιμα απόβλητα, βιοαπόβλητα, Διαλογή στη Πηγή



Τίθεται έως το 2015, ποσοστό χωριστής συλλογής των βιολογικών αποβλήτων κατ' ελάχιστον **5%** του συνολικού βάρους των παραγόμενων βιολογικών αποβλήτων, και έως το 2020, ποσοστό χωριστής συλλογής κατ' ελάχιστον **10%**.

Πρόστιμο για βιοαποβλητα που δεν επεξεργάζονται

35 ευρώ ανά τόνο το 2014 και επιπλέον 5 ευρώ ανά τόνο το έτος έως το ποσό των 60 ευρώ βάσει του Νόμου 4042/2012)

Μέχρι την 16^η Ιουλίου του 2020, να μειωθούν στο 35% της συνολικής κατά βάρος ποσότητας

Ανακύκλωση 50% των ΑΣΑ ή μέρος αυτών μέχρι το 2020

Εδραίωση ξεχωριστής συλλογής χαρτιού, γυαλιού, πλαστικού και μετάλλου μέχρι το 2015



Τεχνολογίες Μηχανικής / Βιολογικής Επεξεργασίας Απορριμμάτων

Κύρια στάδια της διαδικασίας παραγωγής ανακτηθέντων καυσίμων

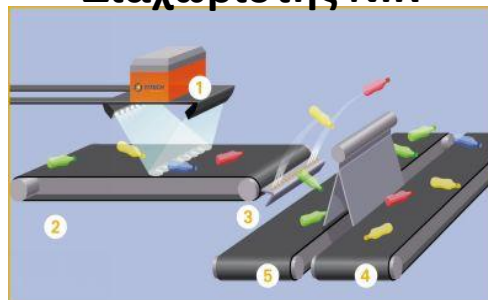
Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (Material Recycling Facilities)

Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (Mechanical and Biological Treatment)

- Κοσκίνισμα
- Μείωση μεγέθους (άλεση σε διαφόρους τύπους μύλων)
- Μηχανικός διαχωρισμός (αεροδιαχωρισμός, βαλλιστικός διαχωρισμός)
- Διαχωρισμός με οπτικές μεθόδους (NIR)
- Ανάμιξη διαφορετικών ρευμάτων ομογενοποίηση
- Ξήρανση και πελλετοποίηση – (Προαιρετικό)

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ

Διαχωριστής NIR



(Πηγή: www.titech.com)

Οργανικό κλάσμα

Αερόβια
χώνευση

Αναερόβια
χώνευση

Στερεό Ανακτηθέν Καύσιμο
(Refuse Derived Fuel)





Μονάδα Μηχανικής Ανακύκλωσης-ΚΔΑΥ





Στερεά Ανακτηθέντα Καύσιμα: Παραγωγή



RDF

Προσμίξεις στο RDF
(Σφάλμα Εργοστασίου)



RDF άκοπο



RDF μετά τον
τεμαχισμό



Προσμίξεις στο RDF
(Σφάλμα Καταναλωτή)

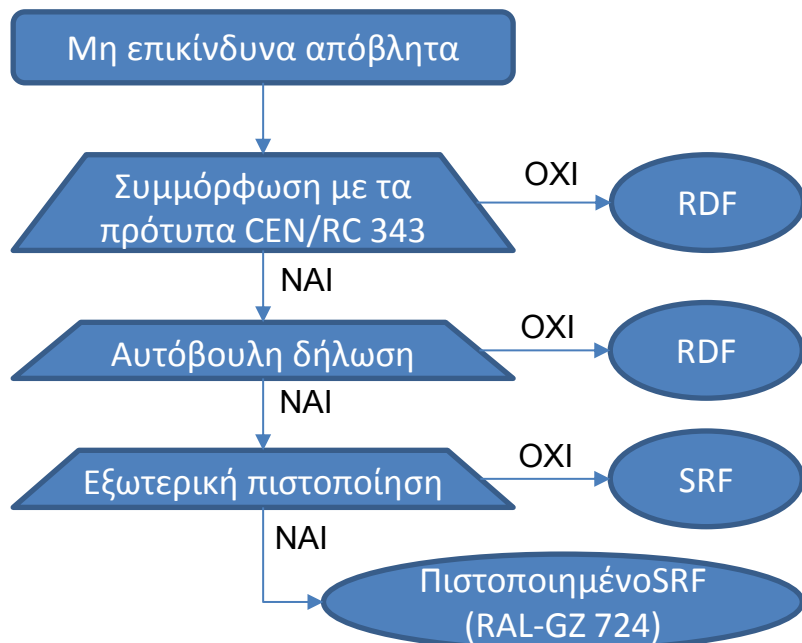


Ανακτηθέντα Καύσιμα: Ορισμοί και Ονοματολογία

Ο όρος RDF (Refuse Derived Fuels) είναι γενικός και περιλαμβάνει όλα τα ανακτηθέντα καύσιμα

Ορισμός – Solid Recovered Fuels (SRF)

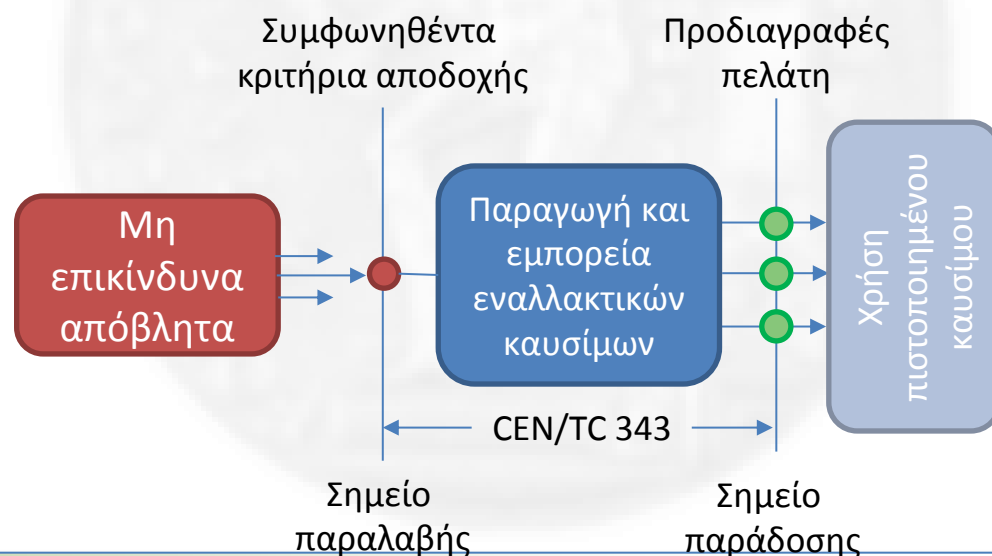
«Καύσιμα που παράγονται από κλάσματα μη επικίνδυνων αποβλήτων υψηλής θερμογόνου ικανότητας και προορίζονται για ενεργειακή αξιοποίηση στη βιομηχανία»



Ανακτηθέντα ή δευτερογενή καύσιμα ή
Refused Derived Fuels (RDF)

Στερεά ανακτηθέντα καύσιμα -
Solid Recovered Fuels (SRF)
(CEN TC 343)

Σκοπός του CEN/TC 343





Κατηγοριοποίηση ανακτηθέντων καυσίμων

Όρια κατηγοριών κατά την κατηγοριοποίηση ανακτηθέντων καυσίμων

Χαρακτηριστικό κατηγοριοποίησης		Στατιστική ποσότητα-κριτήριο	Μονάδες	Κατηγορίες (classes)				
				1	2	3	4	5
Θερμογόνος Ικανότητα (H_u)	Οικονομικός	Αριθμητικός μέσος	MJ/kg (ar)	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Περιεκτικότητα σε χλώριο (Cl)	Τεχνολογικός	Αριθμητικός μέσος	% (d)	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	≤ 3
Συγκέντρωση σε υδράργυρο (Hg)	Περιβαλλοντικ όε	Διάμεση τιμή 80th percentile	mg/MJ (ar)	$\leq$ 0,02	$\leq$ 0,03	$\leq$ 0,08	$\leq$ 0,15	$\leq$ 0,50
			mg/MJ (ar)	$\leq$ 0,04	$\leq$ 0,06	$\leq$ 0,16	$\leq$ 0,30	$\leq$ 1,00



Ενδεικτικά Έργα στην Ευρώπη (1)



Μονάδα Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας στην Λάρνακα

- Δυναμικότητα : 160.000 t/a
- Η μονάδα χρησιμοποιεί τεχνολογίες μηχανικού & οπτικού διαχωρισμού
- Το οργανικό κλάσμα των εισερχόμενων απορριμμάτων επεξεργάζεται μέσω αερόβιας επεξεργασίας για την παραγωγή compost ή/και SRF



Μονάδα Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας στο Osnabruck

- Δυναμικότητα : 105.000 t/a
- Η μονάδα χρησιμοποιεί τεχνολογίες μηχανικού διαχωρισμού
- Το οργανικό κλάσμα των εισερχόμενων απορριμμάτων επεξεργάζεται μέσω αερόβιας επεξεργασίας για παραγωγή SRF



Κομποστοποίηση

Ορισμός

Η αερόβια αποσύνθεση των οργανικών υλικών κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, μέχρι την παραγωγή βιοχημικώς σταθερού προϊόντος (ΚΟΜΠΟΣΤ)

Βασικές Παράμετροι: Θερμοκρασία, Οργανικό Υπόστρωμα, C/N, Υγρασία, Οξυγόνο, ΡΗ, Πορώδες-Μέσο Μέγεθος Σωματιδίων



Ανοικτά Συστήματα

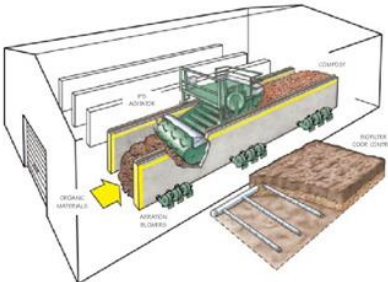
- Αναδευόμενοι σωροί (windrows)
- Στατικοί σωροί (aerated static piles – ASP)



Κλειστά Συστήματα

Βιοαντιδραστήρες και κλειστά κτίρια

- Κάθετοι αντιδραστήρες
- Οριζόντιοι αντιδραστήρες



Κατηγορίες οριζόντιων συστημάτων

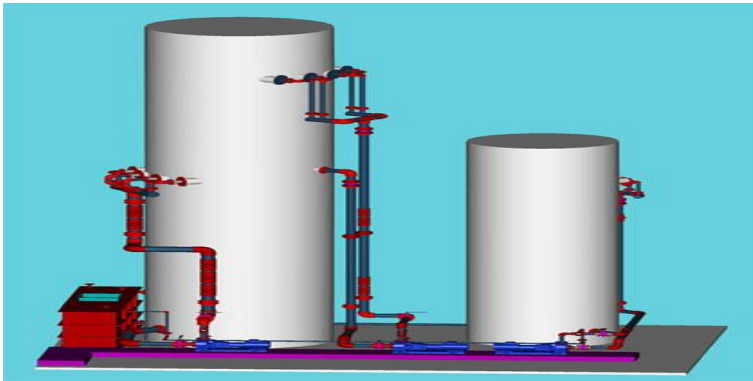
- τούνελ (tunnel composting)
- κιβώτια (box composting),
- εγκιβωτισμένα συστήματα (βιοκελιά – biocells)
- σε δεξαμενές (bay composting),
- τράπεζες κομποστοποίησης (extended beds)
- σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους (rotary drums).





Φίλτρα και Τεχνολογίες

- Σύστημα πλύσης για τον καθαρισμό απαερίων Κομποστοποίησης από NH_3 , Σουλφίδια, Cl_2



- Σακόφιλτρα για την κατακράτηση της σκόνης από το εσωτερικό των κτιρίων

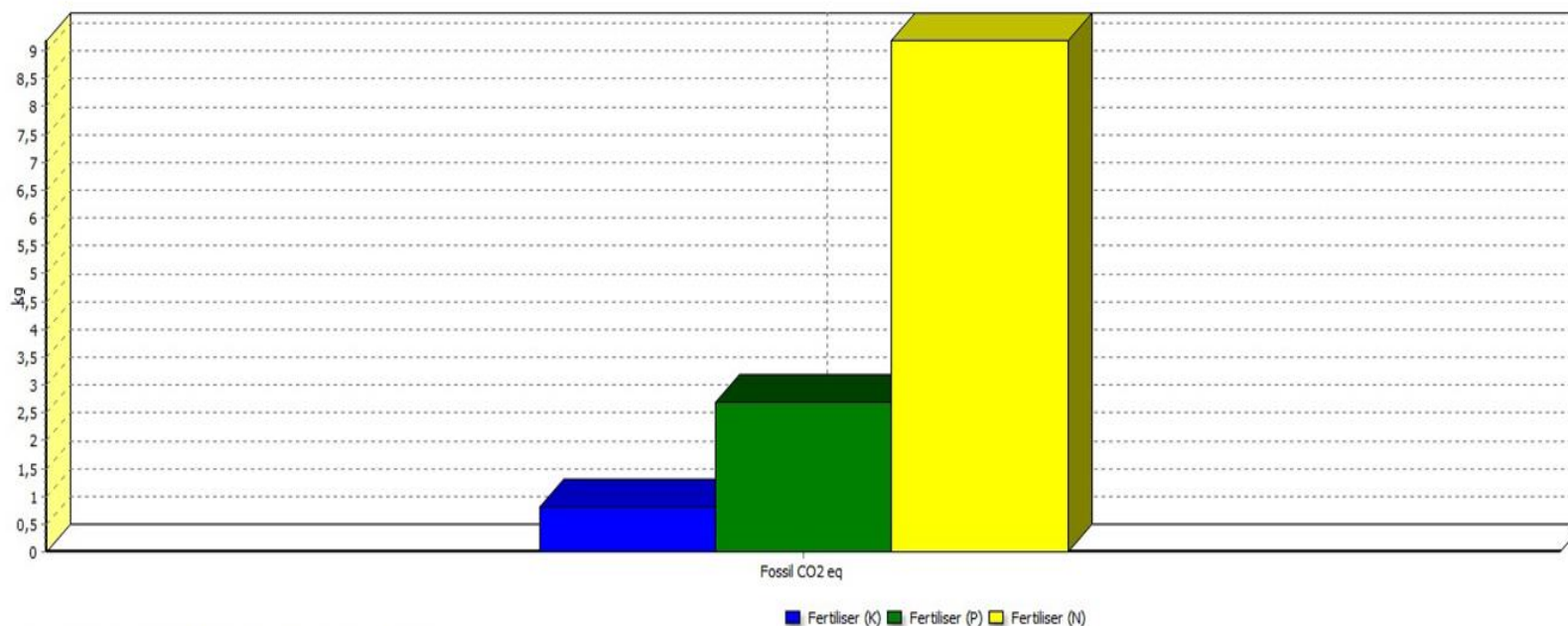


- Βιόφιλτρα για την κατακράτηση των οσμών





Περιβαλλοντικά οφέλη κομποστοποίησης



Comparing 1 kg Fertiliser (K), 1 kg Fertiliser (P) and 1 kg Fertiliser (N);
Method: Greenhouse Gas Protocol V1.01 / CO2 eq (kg) / Weighting

Πηγή: LIFE ISWM TINOS

	Fertilizer K	Fertilizer P	Fertilizer N
Kg Fossil CO2eq/ kg Fertilizer	0,803	2,69	9,11
Energy demand (MJ/kg)	12,65	40,25	44,6



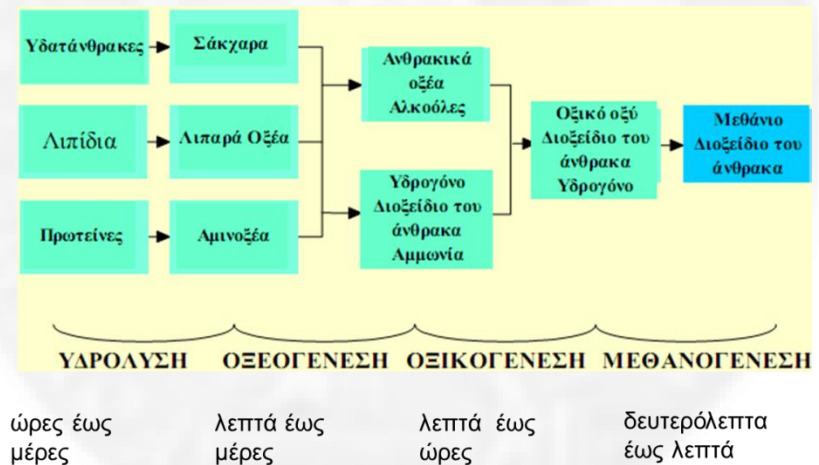
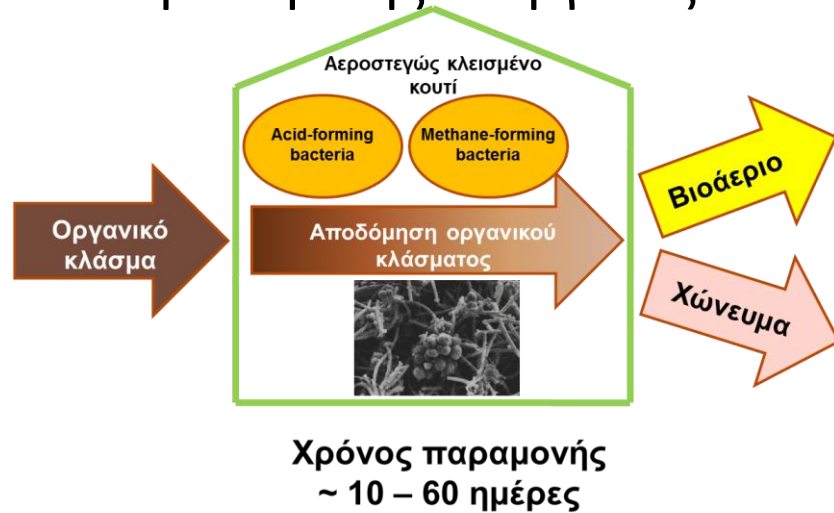
Μονάδα Κομποστοποίησης στο Viersen, Γερμανία





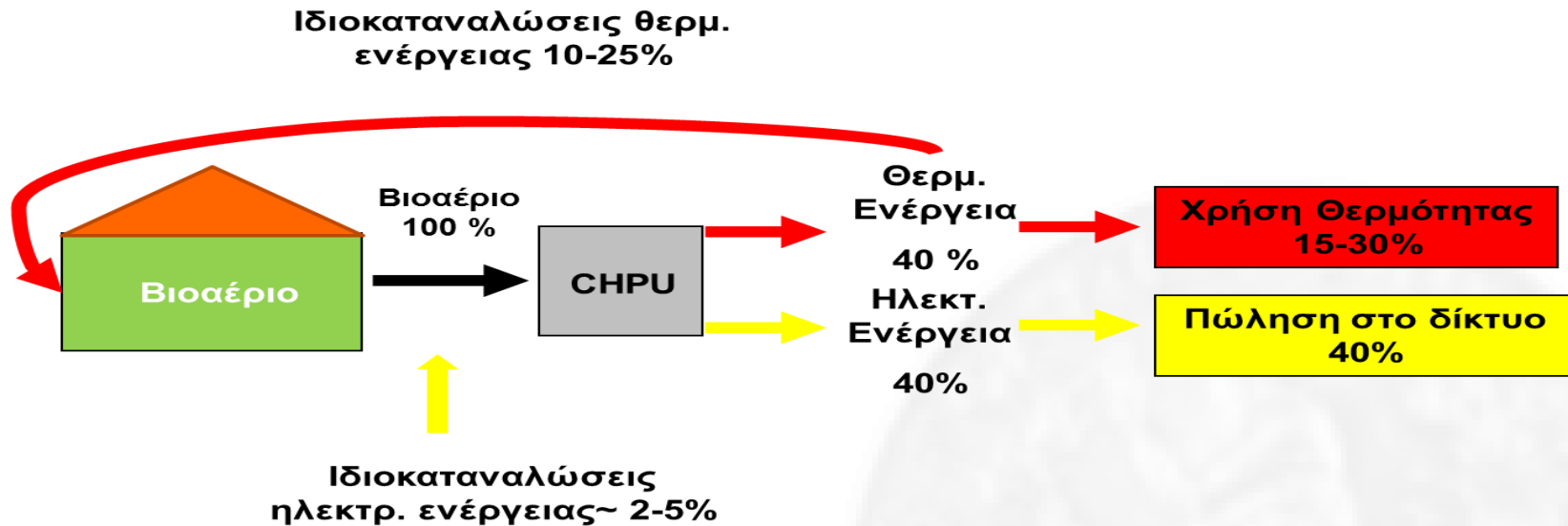
Αναερόβια Χώνευση-Βασικές Αρχές

- Αναερόβια χώνευση: φυσική διαδικασία κατά την οποία οι οργανικές ύλες διασπώνται από ένα μικροβιακό πληθυσμό που ζει σε αναερόβιο περιβάλλον
- Προκύπτει βιοαέριο με τυπική σύσταση CH_4 : 50-75 %, CO_2 : 25-45 % και H_2O : 2-7 %
- Το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται σε ΜΕΚ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.





Αναερόβια Χώνευση



Κατηγορία	Θερμογόνος ικανότητα
Βιοαέριο	20-25 MJ/m ³
Βιομεθάνιο	36 MJ/Nm ³
Φυσικό αέριο	38 MJ/Nm ³

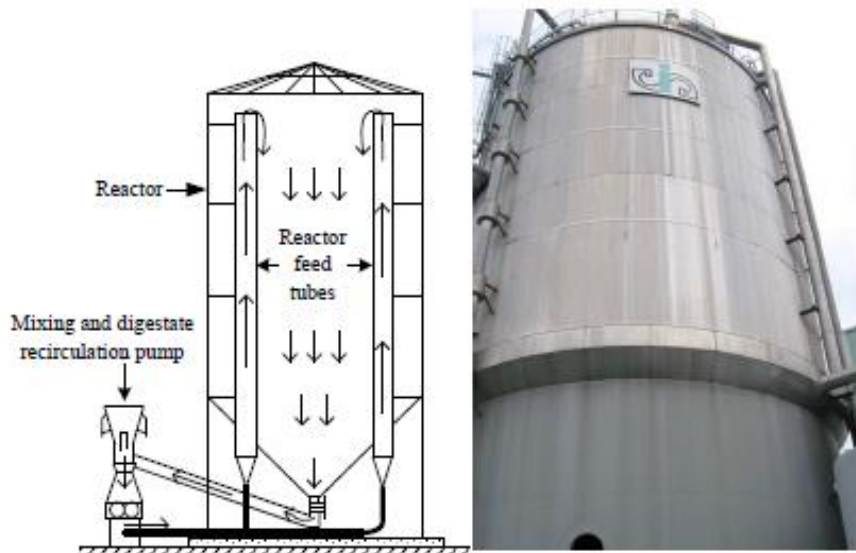
110 m³/t οργανικού κλάσματος αστικών απορριμμάτων

92% απόδοση σε βιομεθάνιο

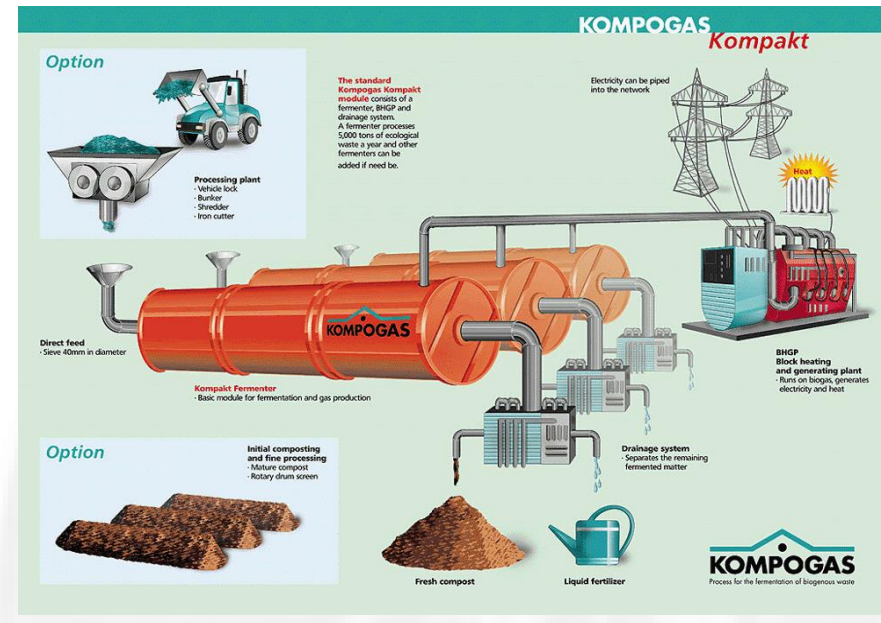
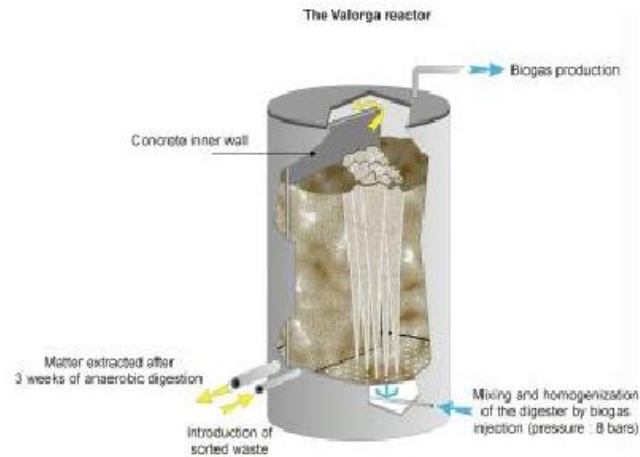
1 m³ βιομεθάνιο ισοδυναμεί με 1 L diesel



Τεχνολογίες ξηρών συστημάτων αναερόβιας χώνευσης αναερόβιας χώνευσης μεγάλης κλίμακας DRANCO

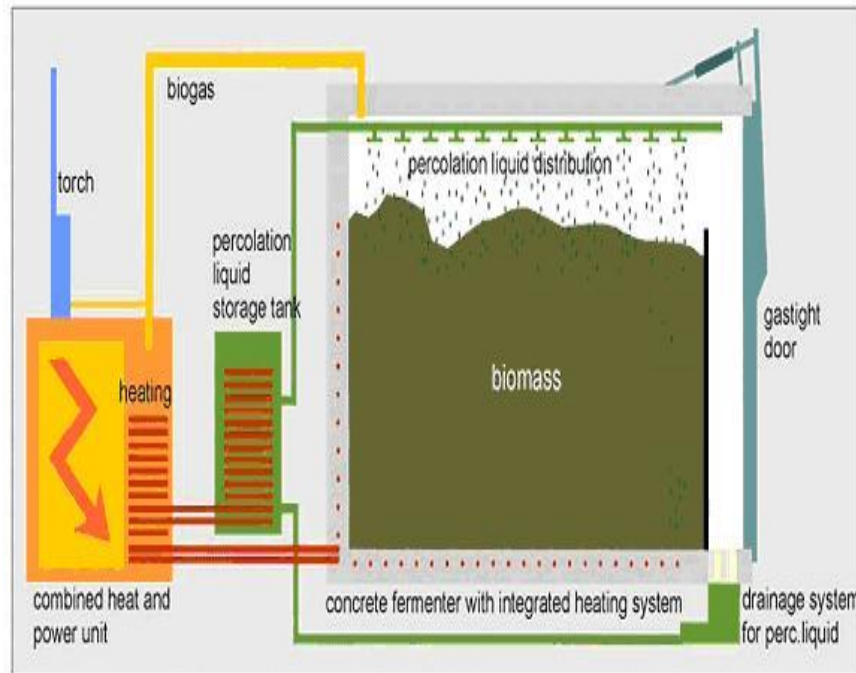


VALORGA





Τεχνολογίες ξηρής αναερόβιας χώνευσης μικρής κλίμακας (ζύμωση)



- Πιο απλή στην κατασκευή και στη λειτουργία από τα ξηρά συστήματα αναερόβιας χώνευσης μεγάλης κλίμακας.
- Μικρής κλίμακας μονάδα με δυνατότητα επέκτασης
- Η διαδικασία πραγματοποιείται σε κλειστά containers (τύπου γκαράζ).
- Δεν απαιτείται προσθήκη νερού.
- Για την παροχή της απαραίτητης υγρασίας χρησιμοποιούνται τα στραγγίσματα μέσω ανακυκλοφορίας.
- Οι διαφορετικές φάσεις της χώνευσης πραγματοποιούνται στον ίδιο χωνευτή.



Τεχνολογίες χωνευτήρων

Κυλινδρικός χωνευτήρας υγρού τύπου



Τύπου «γκαράζ»

Μονάδα ξηρής αναερόβιας χώνευσης στο
Entsorgungspark Freimann (Πηγή: BECKON)





Παραδείγματα ξηρής αναερόβιας χώνευσης μικρής κλίμακας (2)

	Δυναμικότητα	Είδος απορριμμάτων	Ηλ.Ισχύς/ Παραγωγή βιοαερίου	Έναρξη λειτουργίας
Saalfeld	20.000 tpa	Οργανικά (Υπολείμματα τροφής)	1.050 kW	Νοέμβριος 2007
Rendsburg	30.000 tpa	Οργανικά (Υπολείμματα τροφής)	1.050 kW	Νοέμβριος 2008
Vechta	10.000 tpa	Οργανικά (Υπολείμματα τροφής)	330 kW	Δεκέμβριος 2008
Erfurt	20.000 tpa	Οργανικά (Υπολείμματα τροφής)	660 kW	Νοέμβριος 2008
Bassum	18.000 tpa	Οργανικά (Υπολείμματα τροφής)	625 kW	Νοέμβριος 2009
Steinfurt	50.000 tpa	Οργανικά (Υπολείμματα τροφής)	1.050 kW	Σεπτέμβριος 2013

Πηγή: Beckon



Ενδεικτικά Έργα στην Ευρώπη



Μονάδα Αναερόβιας χώνευσης στο Uelzen,

- Δυναμικότητα: 11.000 t/a οργανικών αποβλήτων με δυνατότητα επέκτασης έως 18.000 t/a
- 2 μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας & ηλεκτρισμού απόδοσης 190 kW



Μονάδα Αερόβιας Χώνευσης στο Dörpen, Γερμανία

- Δυναμικότητα: 14.000 t/a οργανικών αποβλήτων
- 3 κουτιά κομποστοποίησης των 330 m³

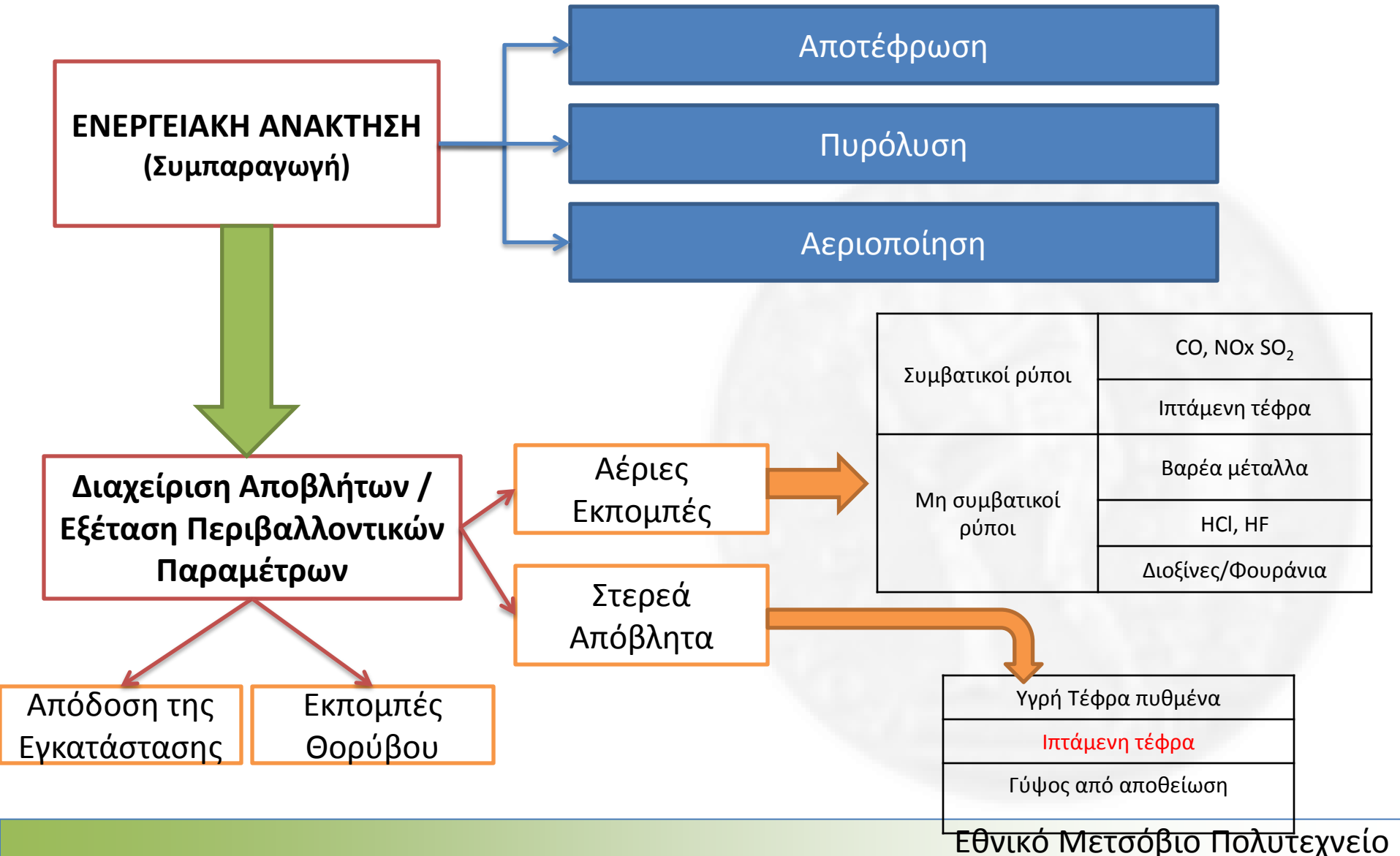


Μονάδα Αναερόβιας Χώνευσης στο Kassel Lohfelden , Γερμανία

- Δυναμικότητα 23.000 t/a οργανικών αποβλήτων
- 1 μονάδα συμπαραγωγής θερμότητας & ηλεκτρισμού (Combined Heat & Power unit)

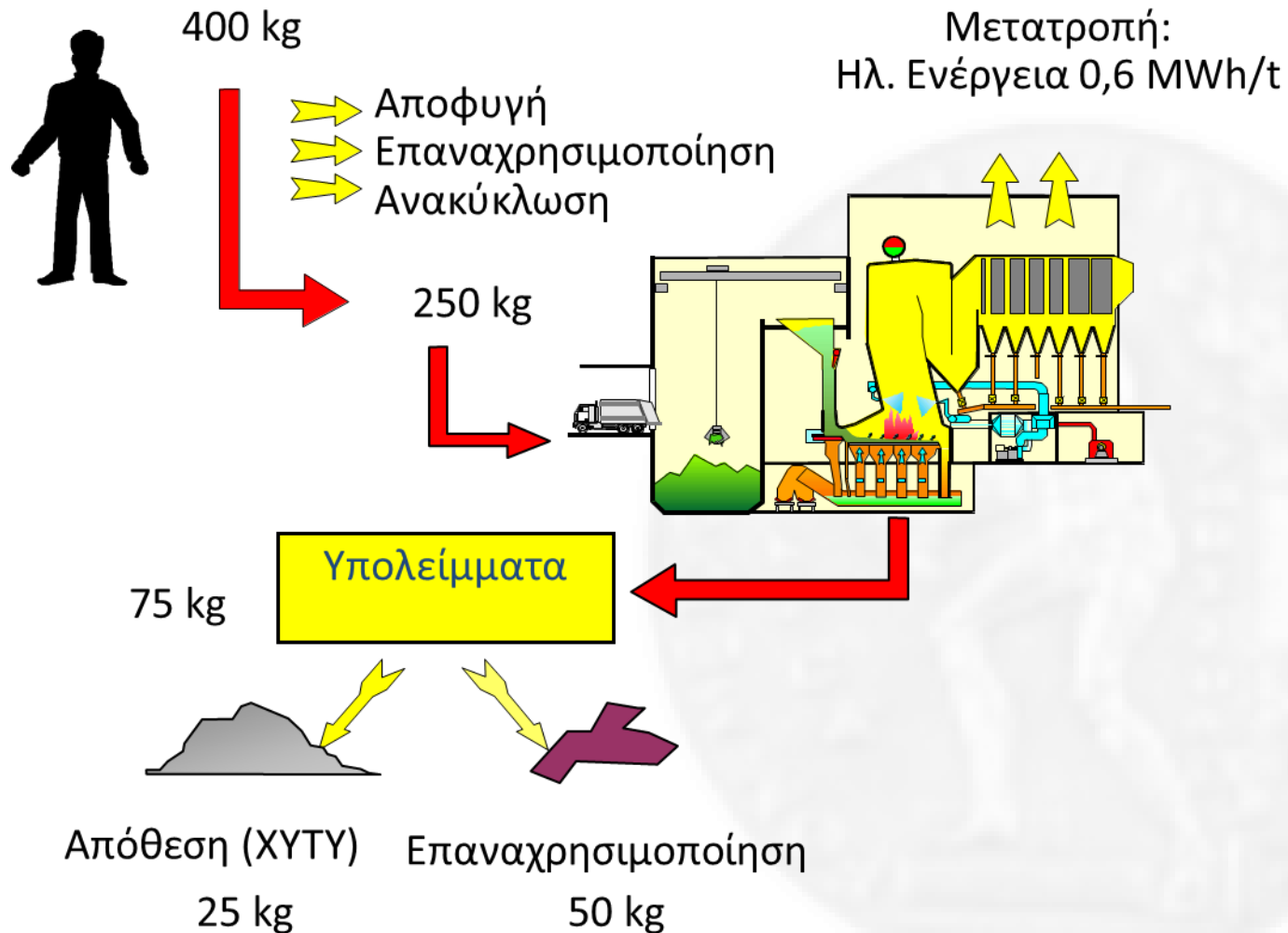


Ενεργειακή Ανάκτηση





Ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων

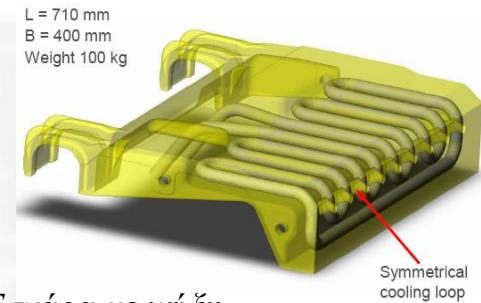




Αποτέφρωση σε εσχάρες (1)

Ένα σύστημα αποτέφρωσης με εσχάρες αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Σύστημα τροφοδοσίας καύσιμης ύλης/Αρπάγη
- Εσχάρα καύσης
- Σύστημα απαγωγής-εκροής της τέφρας.
- Σύστημα προσαγωγής του αέρα καύσης.
- Θάλαμος καύσης



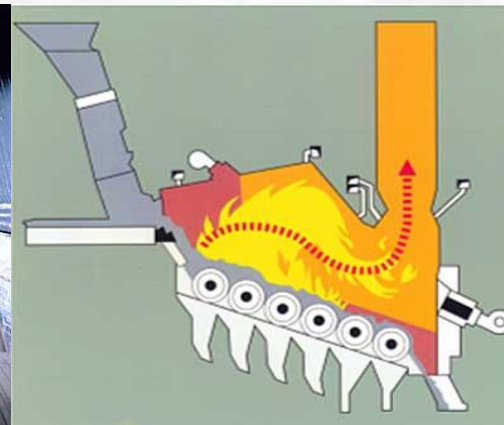
Εσχάρα με ψύξη
[Austrian Energy]



Εσχάρες καύσης [Babcock]



Κυλινδρικές εσχάρες καύσης [Babcock]

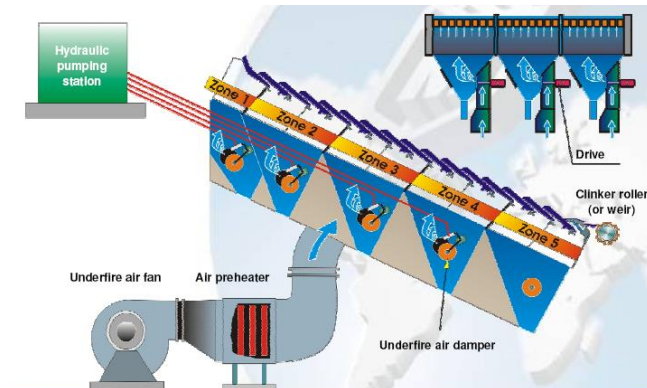




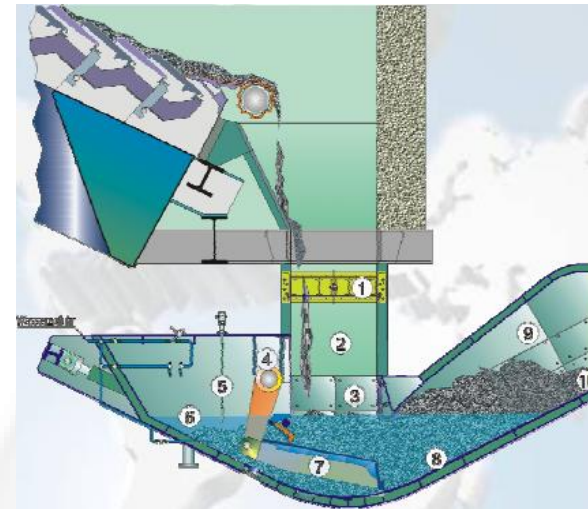
Αποτέφρωση σε εσχάρες (2)



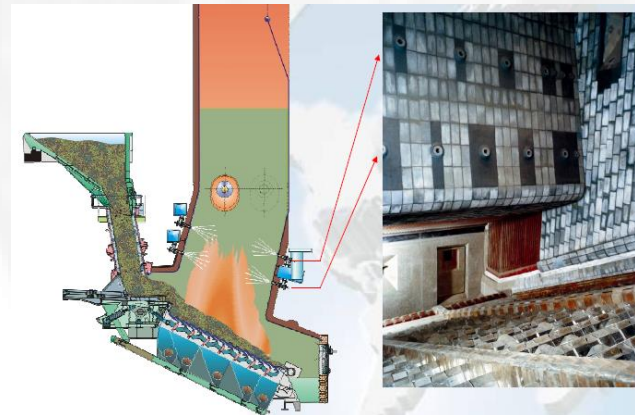
Σύστημα τροφοδοσίας [Martin]



Εισαγωγή πρωτεύοντος αέρα [Martin]



Σύστημα εκροής της τέφρας [Martin]



Εισαγωγή δευτερεύοντος αέρα [Martin]

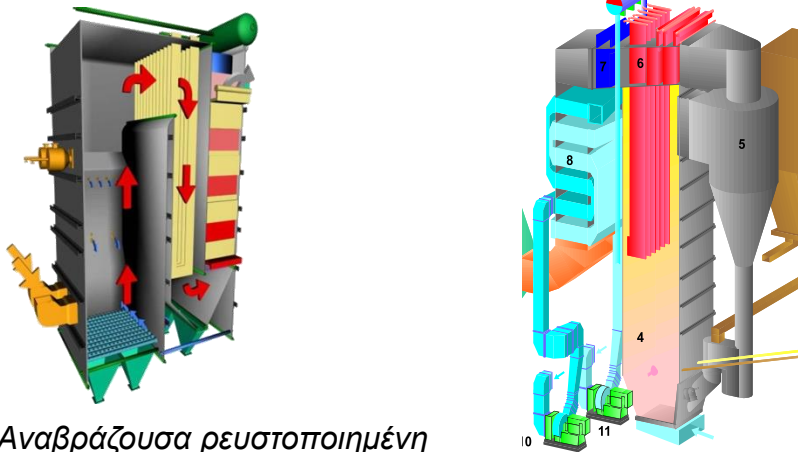


Αποτέφρωση σε ρευστοποιημένη κλίνη

Ένα σύστημα αποτέφρωσης με ρευστοποιημένη κλίνη αποτελείται από :

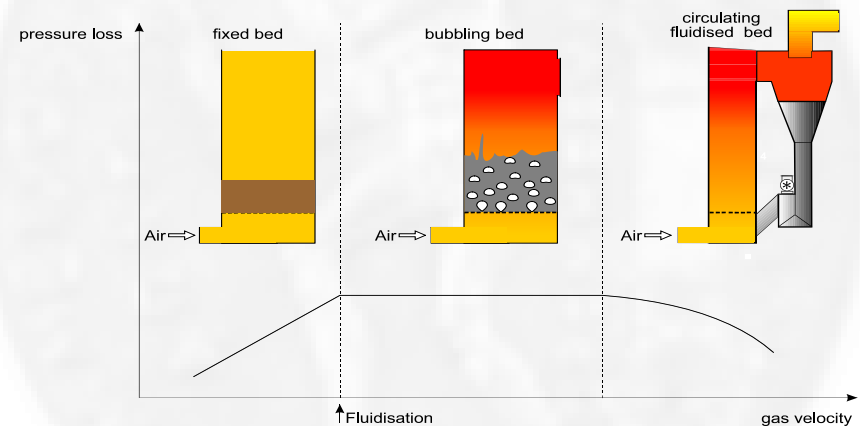
- Σύστημα προεπεξεργασίας και τροφοδοσίας αποβλήτων.
- Σύστημα προετοιμασίας των χημικών αντιδραστηρίων της κλίνης (πχ. CaO).
- Σύστημα προσαγωγής του αέρα καύσης.
- Ρευστοποιημένη κλίνη.
- Σύστημα απαγωγής της τέφρας.
- Κυκλωνικός διαχωριστής σωματιδίων (για την περίπτωση ρευστοποιημένης κλίνης με ανακυκλοφορία).

Κατηγορίες Ρευστοποιημένης κλίνης



(α) Αναβράζουσα ρευστοποιημένη κλίνη [Austrian Energy]

(β) Ρευστοποιημένη κλίνη ανακυκλοφορίας [Austrian Energy]



Πεδίο λειτουργίας ρευστοποιημένης κλίνης [Austrian Energy]



Βασικές αρχές για την καύση απορριμμάτων

- Μικρότερη δυνατή θερμοκρασία: 850°C με χρόνο παραμονής 2 δευτερόλεπτα.
- Στην περίπτωση στην οποία η κατά βάρος σύσταση των απορριμμάτων περιλαμβάνει πάνω από 1% Χλώριο, η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία θα πρέπει να παραμείνει το καυσαέριο για τουλάχιστον 2 δευτερόλεπτα είναι 1100°C



ΜΗΚW Mainz, Γερμανία



Πηγή: Martin Gmbh



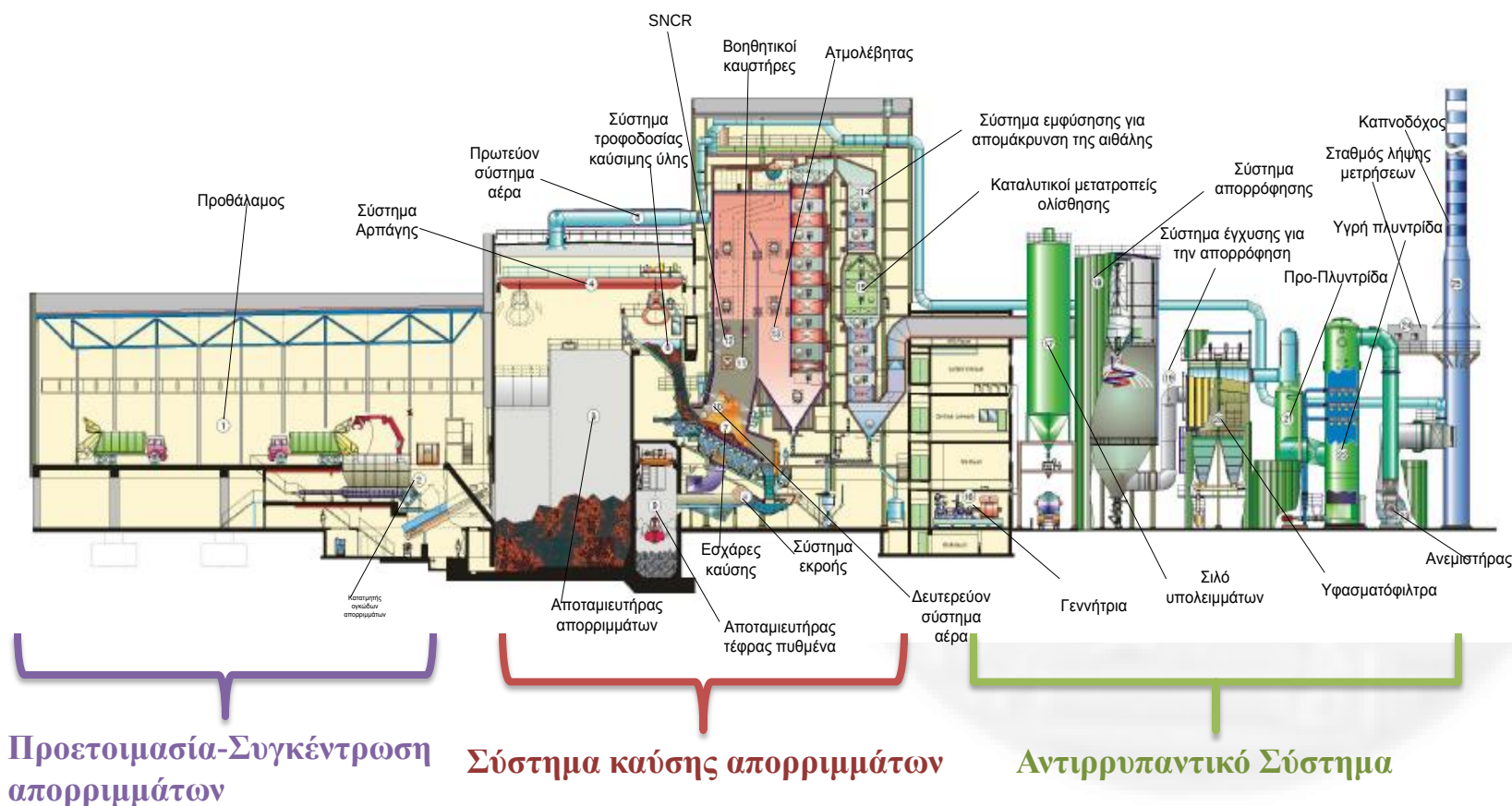
Σχηματική απεικόνιση μονάδας αποτέφρωσης

Mainz, Γερμανία

1 γραμμή καύσης με εσχάρες

Θερμική ισχύς : 48 MW_{th}

Ροή απορριμμάτων: 142.000tn/y (17,8 tn/h)





Ενδεικτικά Έργα στην Ευρώπη

Μονάδες Αποτέφρωσης

Rotterdam



Wien Spittelau





Ορισμός Αεριοποίησης

Η αεριοποίηση ορίζεται ως η θερμοχημική μετατροπή ενός στερεού οργανικού υλικού σε αέριο φορέα ενέργειας με τη βοήθεια κάποιου μέσου αεριοποίησης

Κατηγορίες Αεριοποίησης-Θερμογόνος ικανότητα αερίου

Διεργασία	Μέσον αεριοποίησης	Θερμογόνος ικανότητα αερίου (MJ/Nm ³)
Αυτοθερμική αεριοποίηση	Αέρας	4-7
Αυτοθερμική αεριοποίηση	Οξυγόνο	10-12
Αλλοθερμική αεριοποίηση	Υδρατμός	15-20



Εφαρμογές Αεριοποίησης

1. Παραγωγή θερμότητας

Χρήση του παραγόμενου αερίου ως καύσιμο σε λέβητα αερίου.

2. Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας

Χρήση του παραγόμενου αερίου ως καύσιμο σε:

- i. MEK
- ii. Μικροστρόβιλο
- iii. Συνδυασμένο κύκλο αεριοστροβίλου – ατμοστροβίλου (B-IGCC)
- iv. Κελιά καυσίμου
- v. Μηχανές Stirling

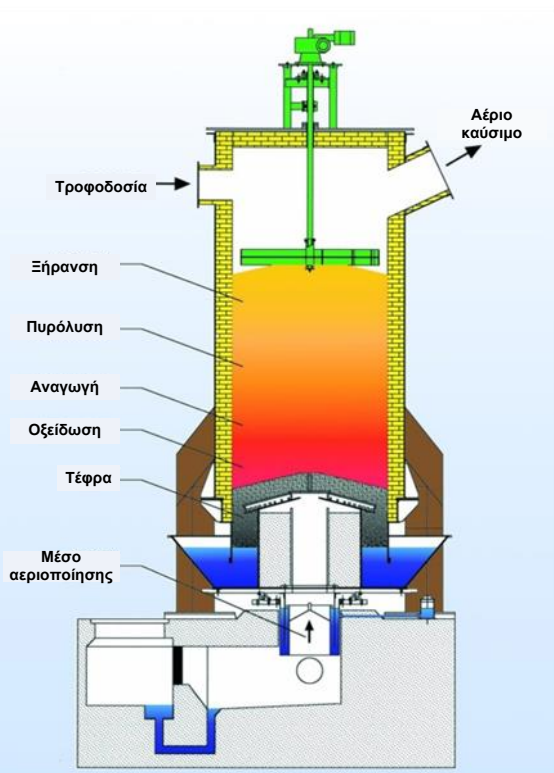
3. Παραγωγή Υγρών Βιοκαυσίμων και Χημικών

- i. Παραγωγή μεθανόλης, αιθανόλης και DME
- ii. Fischer – Tropsch synthesis
- iii. Συνθετικού Φυσικού Αερίου
- iv. Υδρογόνου
- v. Χημικών προϊόντων

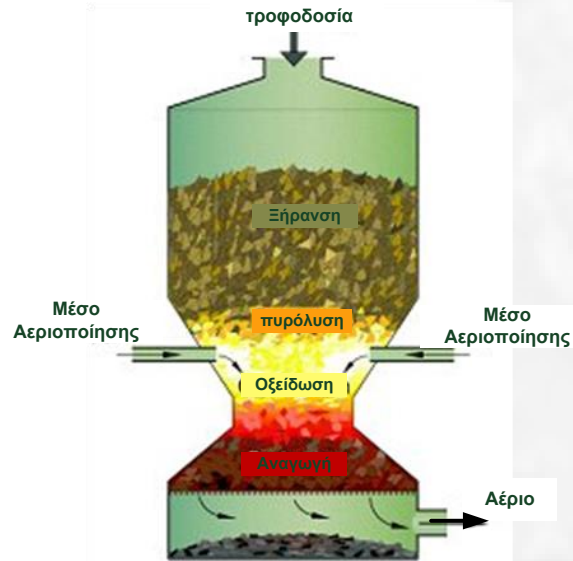


Αντιδραστήρες αεριοποιητών

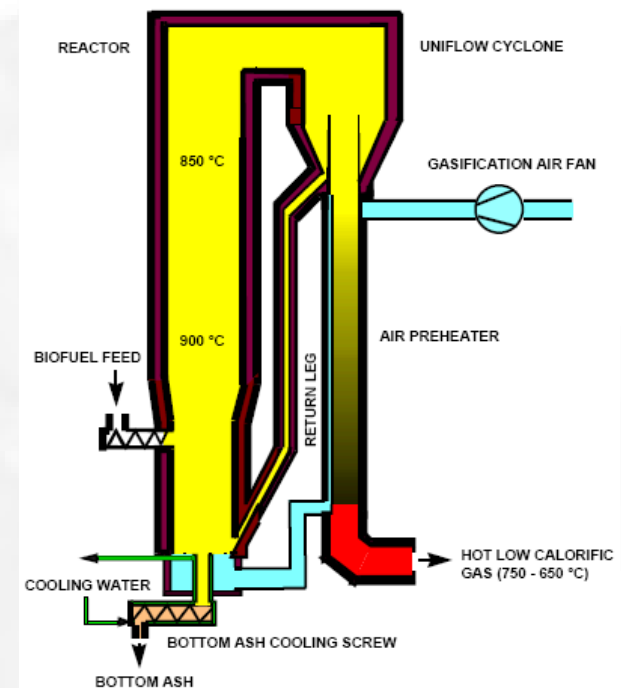
1. Αντιδραστήρες Σταθερής Κλίνης
2. Αντιδραστήρες Ρευστοποιημένης κλίνης



Σταθερής κλίνης ανερχόμενης ροής



Σταθερής κλίνης κατερχόμενης ροής



Ρευστοποιημένης κλίνης
[Foster Wheeler]



Γιατί Αεριοποίηση;

- **Πλεονεκτήματα Αεριοποίησης:**

- Αέριο σύνθεσης ιδιαίτερα εύχρηστο (αεριοστροβίλοι, παλινδρομικές ΜΕΚ,
- συνδυασμένος κύκλος)
- Δυνατότητα επίτευξης υψηλών βαθμών απόδοσης
- Μικρότερη παροχή όγκου αερίου σύνθεσης από ότι τα καυσαέρια και συνεπώς μικρότερη διάταξη καθαρισμού.

- **Μειονεκτήματα Αεριοποίησης:**

- •Τεχνολογία μη ευρέως εμπορικά διαθέσιμη
- •Υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας

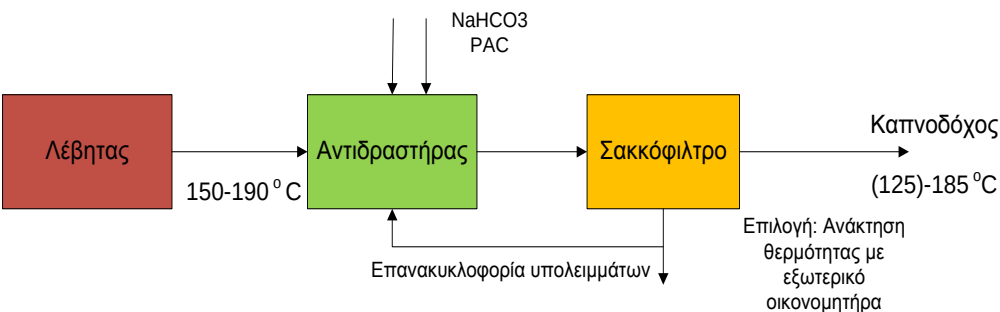


Σύστημα Αντιρρύπανσης (1)

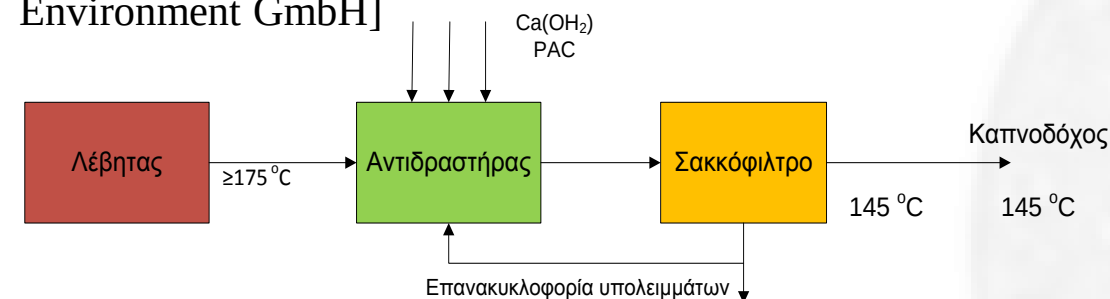
Συστατικό	Μέθοδος καθαρισμού	Αποδοτικότητα
Σωματίδια	Ηλεκτροστατικά φίλτρα Σακκόφιλτρα	99% 99.9%
Όξινα συστατικά HCL, HF, SO _x	Ξηρό σύστημα (σακκόφιλτρο): Ca(OH) ₂ , ενεργός άνθρακας ημι- ξηρό σύστημα (σακκόφιλτρο): αιώρημα του ύδατος και Ca(OH) ₂ , ενεργός άνθρακας πολύβαθμο σύστημα υγρής απομάκρυνσης : ύδωρ, NaOH ή/και Ca(OH) ₂	HCl 98%, SO ₂ 85% HCl 95-98%, SO ₂ 85-90% HCl 99%, HF 95%, SO ₂ >90%
NO _x	SNCR: αμμωνία Ουρία (Uria) SCR: αμμωνία Ενεργός άνθρακας	40-65% 60-75% 80-90% 40-60%
PCDD/DF	Ενεργός άνθρακας: στατική κλίνη Επικαλούμενο 'flugsstrom' Καταλυτική οξείδωση σε SCR ή μεμομωμένα	>99.9% >99.5% 97-99%
Υδράργυρος	Συστήματα ενεργού άνθρακα Χρήση προσθέτων (NaClO ₂ , Na ₂ S, SE, TMT, FeCl ₃)	98% 90-99%



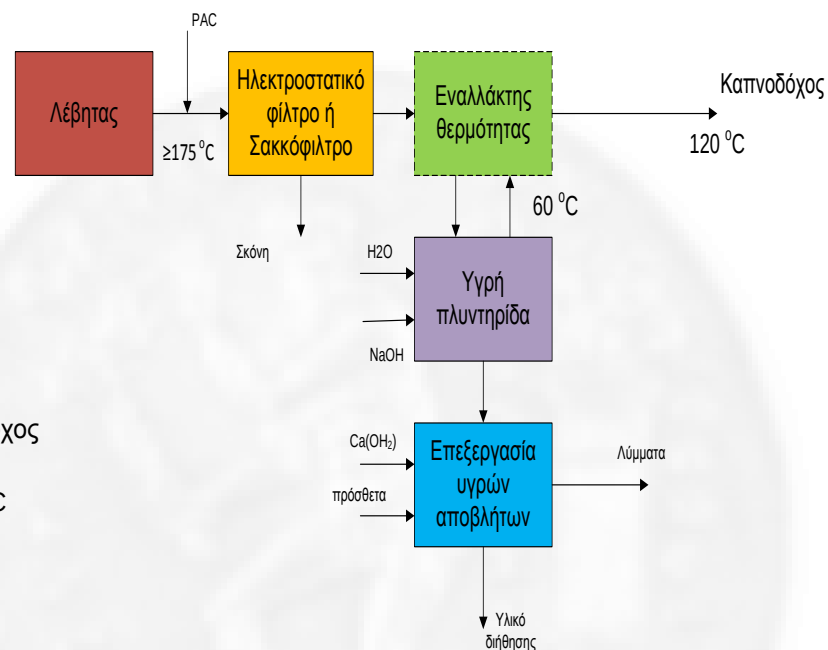
Σύστημα Αντιρρύπανσης (2)



Ξηρό σύστημα έπλυσης [ANDRITZ Energy & Environment GmbH]



Ημί-ξηρο σύστημα έκπλυσης [ANDRITZ Energy & Environment GmbH]



Υγρό σύστημα έκπλυσης [ANDRITZ Energy & Environment GmbH]



Καθαρισμός καυσαερίων – Οριακές τιμές εκπομπών

Οριακές τιμές εκπομπών :

Εκπομπές	Τιμή
Ιπτάμενη τέφρα	10
HCL	10
HF	1
NOx Για τα υπάρχοντα εργοστάσια	400
NOx Για νέα εργοστάσια	200
Cd & Tl	0.05
Hg	0.05
Sb, As, Pb	0.5
Cr, Co, Cu	0.5
Mn, Ni, V	0.5
Διοξίνες και Φουράνια	0.1
SO ₂	50
TOC	10

Οι οριακές τιμές εκφράζονται σαν καθημερινό μέσο όρο, 11% O₂, ξηρό, mg/Nm³ (διοξίνες ng/Nm³)

ΟΔΗΓΙΑ 2010/75/ΕΚ περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης) / Παράρτημα 6 – Μέρος 3



Σύγκριση Παραγωγή Διοξινών

Πηγή για εκπομπές διοξίνων	Εκπομπές Διοξινών
Σύγχρονο Εργοστάσιο θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων	0,01 ng/m ³
Εργοστάσιο θερμικής επεξεργασίας επικίνδυνων αποβλήτων	0,01 ng/m ³
Ανοικτή μη ελεγχόμενη καύση (πχ τζάκια)	10,00 ng/m ³
Πυροτεχνήματα	100,00 ng/m ³
Καιόμενη χωματερή (ΧΑΔΑ)	1000,00 ng/m ³

«Σύμφωνα με το Αγγλικό φορέα περιβάλλοντος, οι υπολογισμοί έδειξαν ότι, στα 15 λεπτά του εορτασμού της χιλιετίας με πυροτεχνήματα στο Λονδίνο, παρήχθησαν περισσότερες διοξίνες από αυτές που θα παραχθούν από τη λειτουργία για ένα αιώνα του εργοστασίου WTE που βρίσκεται στο Νοτιοανατολικό Λονδίνο»



Ενεργειακή Αξιοποίηση SRF

1. Μεικτή καύση σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας μεγάλης κλίμακας

Τα πιθανά οφέλη για τη βιομηχανία παραγωγής ενέργειας είναι :

- μείωση του κόστους καυσίμου.
- δυνατότητα μείωσης των εξόδων από την μη καταβολή προστίμων για τις εκπομπές CO₂ από ενεργοβόρες βιομηχανίες.
- εκπλήρωση των υποχρεώσεων για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας.

2. Χρήση στην τσιμεντοβιομηχανία

Η αλλαγή των δαπανηρών ορυκτών καυσίμων με RDF/SRF μπορεί να διατηρήσει την ανταγωνιστικότητα της τοπικής παραγωγής τσιμέντου και στην εκπλήρωση των περιβαλλοντικών στόχων που έχουν σχέση με την αλλαγή του κλίματος.

3. Χρήση σε εγκαταστάσεις αποκλειστικής αξιοποίησης SRF

Μία θερμική μονάδα αποκλειστικής χρήσης SRF σε συνδυασμό με μία εγκατάσταση ΜΒΕ ή μια κεντρική μονάδα αποτέφρωσης που τροφοδοτείται από διάφορες μονάδες ΜΒΕ.



Μικτή καύση στερεών ανακτηθέντων καυσίμων (SRF) σε λιγνιτικές μονάδες στη Γερμανία

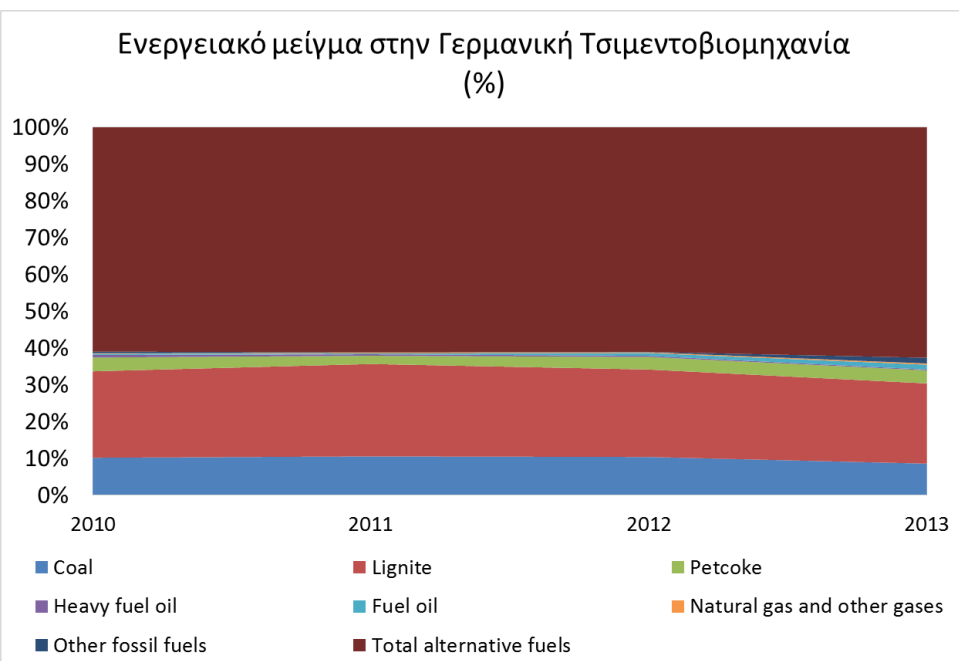


- Εκτεταμένες δοκιμές μικτής καύσης SRF σε λιγνιτικές μονάδες έχουν γίνει στις μονάδες της RWE στο Berrenrath (CFB)-65.000 τόνοι/έτος και στο Weisweiler (PC)-100.000 τόνοι/έτος, στα πλαίσια του προγράμματος RECOFUEL (στοιχεία από ΕΜΠ).
- Από οικονομικής πλευράς, η αντικατάσταση λιγνίτη με SRF αναμένεται να έχει θετικά αποτελέσματα (από αυξημένα τέλη διάθεσης και μείωση εκπομπών CO₂).
- Από τεχνικής πλευράς, το αυξημένο % Cl στα αέρια εισόδου στο λέβητα δεν αναμένεται να δημιουργήσει προβλήματα εφόσον η περιεκτικότητα του SRF δεν υπερβαίνει το 6% του καυσίμου του λιγνιτικού σταθμού (σε ενεργειακή βάση).
- Από περιβαλλοντικής πλευράς δεν διαπιστώθηκαν μεταβολές στις εκπομπές των αερίων ρυπαντών ενώ η τέφρα πληροί τις προδιαγραφές για ασφαλή διάθεση.
- Το μόνο που απαιτείται είναι η αναβάθμιση των συστημάτων αποθήκευσης του SRF και της τροφοδοσίας του στην εστία καύσης.

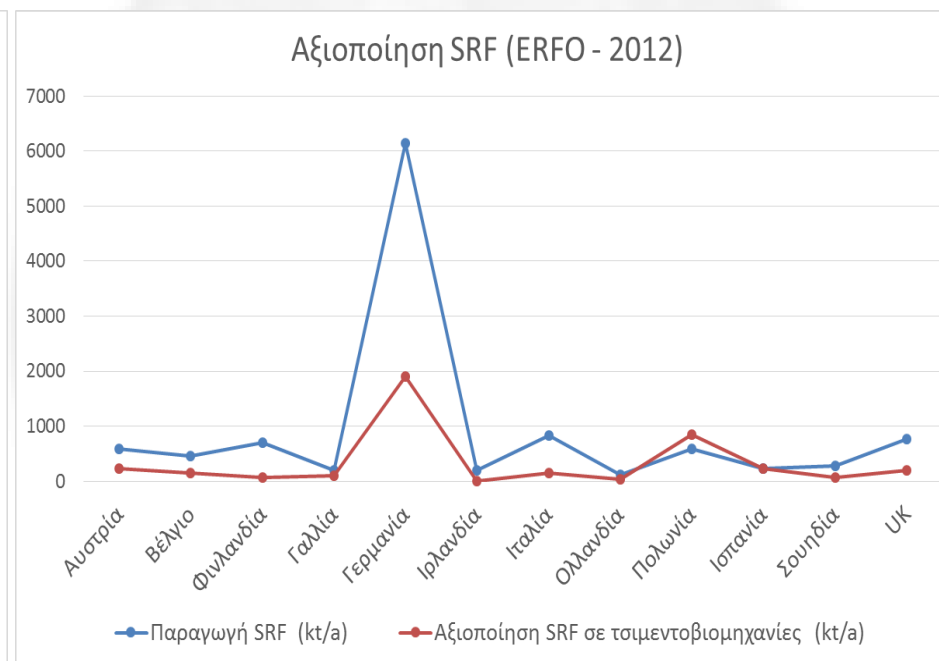


Ενεργειακή αξιοποίηση εναλλακτικών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία

- Πάνω από το 50% του θερμικού φορτίου της Γερμανικής τσιμεντοβιομηχανίας μόνο καλύπτεται από εναλλακτικά καύσιμα.
- Στην Ελλάδα, γίνεται προς το παρόν περιορισμένη απορρόφηση στερεών ανακτηθέντων καυσίμων από τις τσιμεντοβιομηχανίες



Πηγή: VDZ, 2013





Περιβαλλοντικό αποτύπωμα μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης RDF

Σύγκριση ενεργειακής αξιοποίησης RDF και ορυκτών καυσίμων σε σχέση με την επίδραση τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

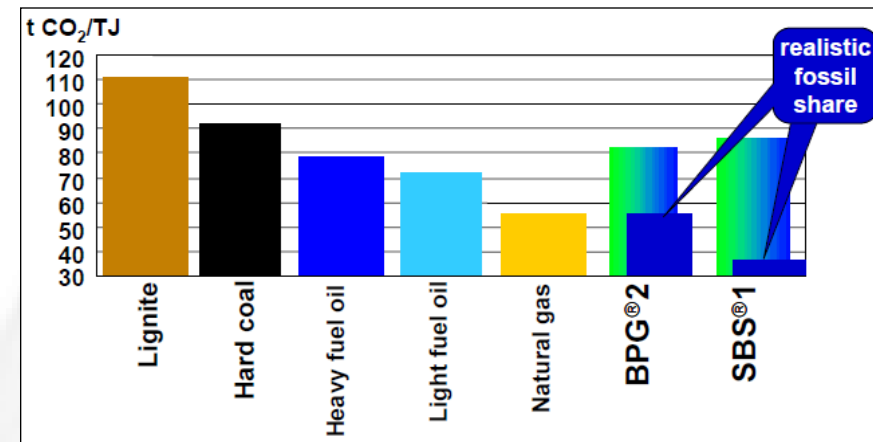
Καύσιμο	Θερμογόνος ικανότητα (MJ/kg)	Συνολικός συντελεστής εκπομπών CO ₂ (tn CO ₂ /GWh)	Συνολικός συντελεστής εκπομπών CO ₂ tn CO ₂ /tn καυσίμου	Βιογενές κλάσμα (%)	Συντελεστής εκπομπών CO ₂ με τη θεώρηση του βιογενούς κλάσματος tn CO ₂ /GWh
Λιγνίτης	7.8	382,12	828	0%	382.12
Λιθάνθρακας	30	329,56	2.746	0%	329.56
Πετρέλαιο	35,4	266,4	2.620	0%	266,4
Φυσικό αέριο	31,7	201,6	1.775	0%	201,6
RDF	12.9	374.82	1.340	51.71%	181



Ενεργειακή αξιοποίηση ανακτηθέντων καυσίμων, πλεονεκτήματα - ανησυχίες

Πλεονεκτήματα της ενεργειακής αξιοποίησης

- Εξοικονόμηση ορυκτών καυσίμων
- Εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων σε σχέση με την αποτέφρωση MSW (βλ. Διάγραμμα)
- 50-70% κβ βιογενές περιεχόμενο στο SRF → μείωση των εκπομπών CO₂
- Αξιοποίηση υφιστάμενων εγκαταστάσεων (τσιμεντοβιομηχανία, ηλεκτροπαραγωγή) για μικτή καύση του SRF → μικρό κόστος επένδυσης, επωφελείς οικονομίες κλίμακας



Ειδικές εκπομπές CO₂ από στερεά καύσιμα

Ανησυχίες

- Ανησυχία σχετικά με τις αποκλίσεις των ελέγχων που εφαρμόζονται σε μονάδες αποκλειστικής αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης
- Ποιοτικός έλεγχος καυσίμου, πιθανοί ρυπαντές στο SRF (Cl, Βαρέα μέταλλα)
- Απαραίτητη η δημόσια αποδοχή και εμπιστοσύνη

**Ανάγκη για προτυποποίηση
και κατηγοριοποίηση του SRF**

Φρεάτιο άντλησης

Precipitation

Gas well

Filter

Landfill

Drains for seepage

Πρωτεύον οριζόντιο δίκτυο

Gas collection pipe

Ventilator and filter unit

Επεξεργασία-αφύγρανση βιοαερίου

Transformer

Generating set

Connection to electricity grid

- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου σε ΧΥΤΑ

- Προϋποθέσεις εκμετάλλευσης
 - Καταλληλότητα (πρώτη ύλη - τεχνολογία)
 - Επαρκής ποσότητα (οικονομικότητα)
 - Τεχνογνωσία (υλοποίηση – λειτουργία)
- Αξιολόγηση του δυναμικού βιοαερίου
 - Δημιουργία μαθηματικών μοντέλων προσομοίωσης
 - Ανάλυση ελεύθερα εκλυόμενου βιοαερίου από την επιφάνεια
 - Ανιχνευτικές γεωτρήσεις και δοκιμαστική άντληση 2 μηνών
- Έργα διαχείρισης βιοαερίου
 - Ενδεχόμενη αραίωση / πύκνωση δικτύου ανά τομέα (εξαρτάται από τα απορρίμματα)
 - Ευελιξία ρύθμισης δικτύου – απομόνωσης επιμέρους περιοχών
 - Καταγραφή υγρασίας εντός της απορριμματικής μάζας
 - Παρακολούθηση χρονικής εξέλιξης σύστασης βιοαερίου



Είδη κινδύνων: Τεχνικοί, Οικονομικοί, Θεσμικοί



Η ΜΕΚ – λειτουργία με βιοαέριο

- Φτωχό καύσιμο:
 - Η παρουσία CO_2 επηρεάζει την καύση, καθώς επιβραδύνει τον ρυθμό διάδοσης του μετώπου της φλόγας, κατά συνέπεια κατά την περίοδο εκτόνωσης παρατηρούνται υψηλότερες θερμοκρασίες καυσαερίων και χαμηλότερη αποδοτικότητα.
 - Η παρουσία CO_2 επηρεάζει την καύση, καθώς ελαττώνει την τάση του μίγματος για προανάφλεξη (πειράκια).
- Κακό καύσιμο:
 - Μειωμένη ζωή λιπαντικών.
 - Αυξημένο κόστος λιπαντικών (πιο εξελιγμένα)
 - Παρ' όλα αυτά επικαθίσεις και αυξημένες φθορές





Εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου στα ΧΥΤΑ στην Ελλάδα



Μονάδα Συμπαραγωγής στα Άνω Λίοσια

- Συνολική εγκατεστημένη ισχύς: 23,58 MW
- Κατανάλωση 12.000 m³/h βιοαερίου από τα κύτταρα ΧΥΤΑ της ΟΕΔΑ Άνω Λιοσίων
- Χρήση θερμότητας στην παρακείμενη εγκατάσταση επεξεργασίας Στραγγισμάτων ΧΥΤΑ – Εξατμιστής Άλμης
- Πώληση Ηλεκτρικής ενέργειας στον ΛΑΓΗΕ Α.Ε
- Εξοικονόμηση 148.000 t CO₂ ετησίως από την αντίστοιχη παραγωγή με ορυκτά καύσιμα



Μονάδα Συμπαραγωγής στους Ταγαράδες

- Συνολική εγκατεστημένη ισχύς: 5,048 MW
- Πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο ΛΑΓΗΕ Α.Ε.



Αξιοποίηση Βιοαερίου ΧΥΤΑ Φυλής

- Κατανάλωση 5.000 m³/h βιοαερίου από τα κύτταρα ΧΥΤΑ της ΟΕΔΑ Άνω Λιοσίων
- Εξοικονόμηση 65.000 t CO₂ ετησίως από την αντίστοιχη παραγωγή με ορυκτά καύσιμα



Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (Ν. 4254/2014)

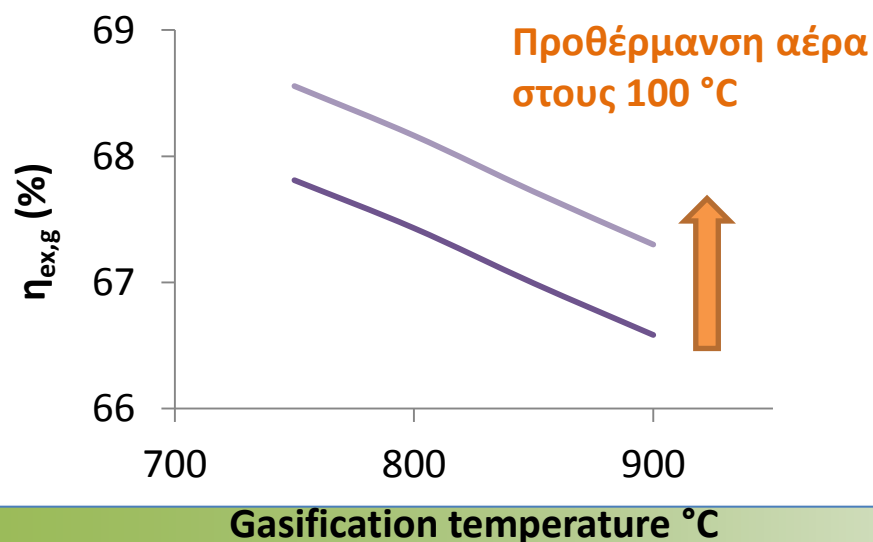
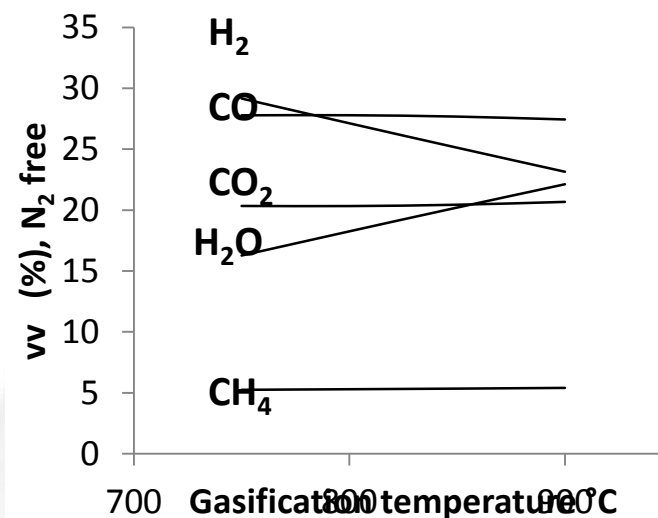
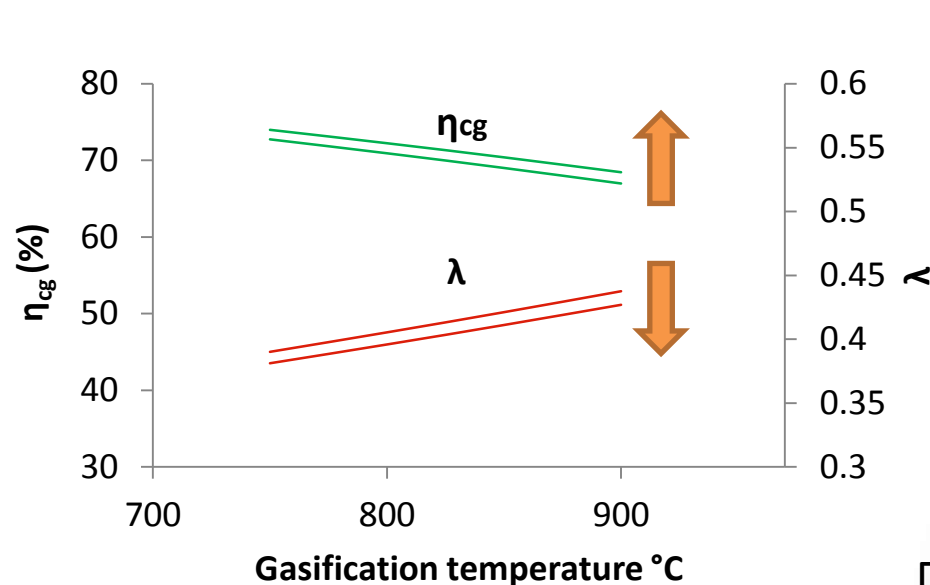
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΝΟΜΟΣ 4254/2014	Τιμή Ενέργειας (€/MWh) χωρίς ενίσχυση (ΧΕ)	Τιμή Ενέργειας (€/MWh) με ενίσχυση (ΜΕ)
Αερία εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρίσμου και βιοάεριο που προέρχεται από αναερόβια χώνευση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων και την οργανική ίλυ/λάσπη βιολογικών καθαρισμών και αξιοποιούνται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $\leq 2\text{MW}$	131	114
Αερία εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρίσμου και βιοάεριο που προέρχεται από αναερόβια χώνευση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων και την οργανική ίλυ/λάσπη βιολογικών καθαρισμών και αξιοποιούνται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $> 2\text{MW}$	108	94
Λοιπές ΑΠΕ εκτός φωτοβολταϊκών (συμπεριλαμβανομένου και των σταθμών ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων μη εντλασόμενων σε άλλη κατηγορία που πληρούν τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας όπως εκάστοτε αυτές ισχύουν)	90	80

Rankine cycle eff (%)	0.1226
Plant eff (%)	0.1020
!! Expression Error	

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Επίδραση θερμοκρασίας αεριοποίησης



Περισσότερος αέρας απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας, αύξηση λ

Ο "ψυχρός" βαθμός απόδοσης μειώνεται καθώς αυξάνεται το N_2 στο αέριο

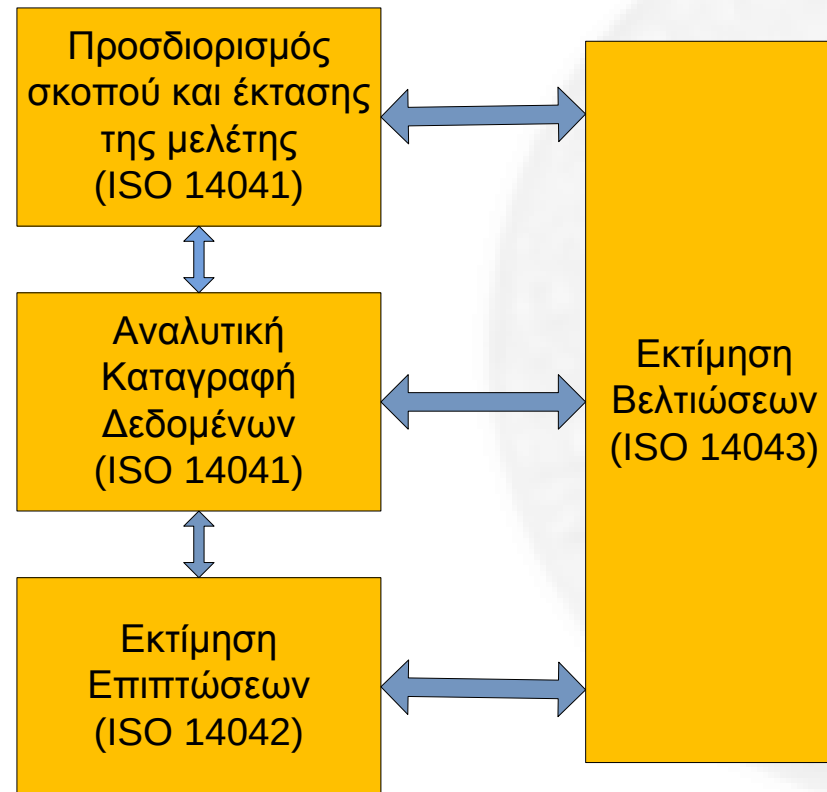
Ο εξεργειακός βαθμός ομοίως μειώνεται

Προθέρμανση του αέρα αεριοποίησης ευνοεί τόσο τον ψυχρό όσο και τον εξεργειακό βαθμό απόδοσης, ενώ μειώνει το λ



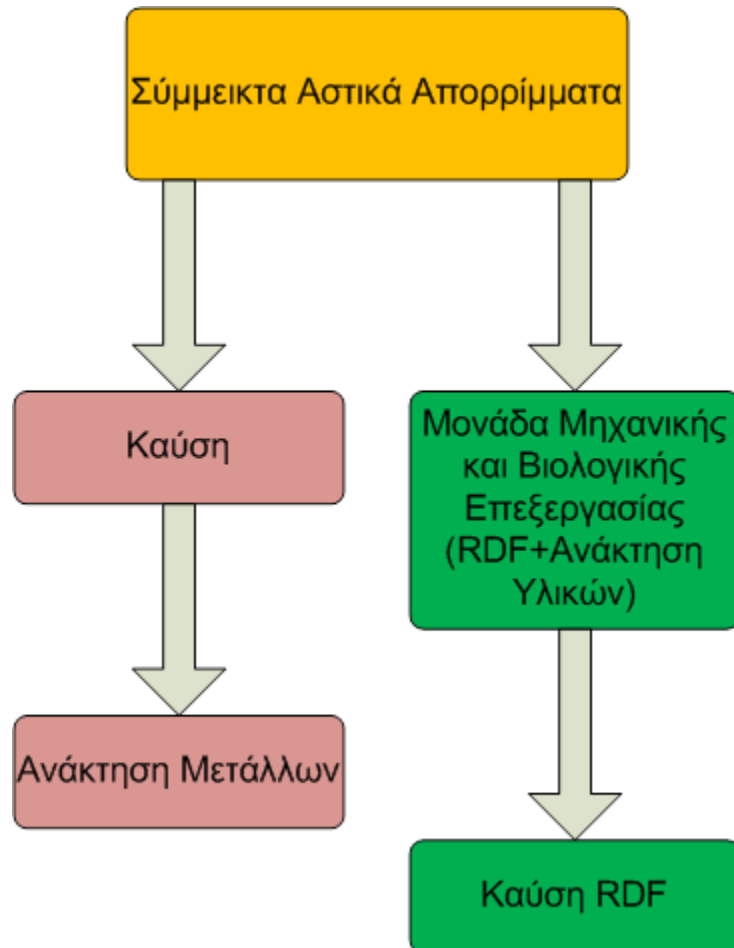
Ανάλυση Κύκλου ζωής: Ορισμός και Μεθοδολογία

Η ανάλυση κύκλου ζωής (Life Cycle Analysis, LCA) είναι μία συστηματική και αναλυτική μέθοδος που βοηθάει στην αναγνώριση, εκτίμηση και ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από μία μεμονωμένη δραστηριότητα ή μία πλήρη διαδικασία παραγωγής.





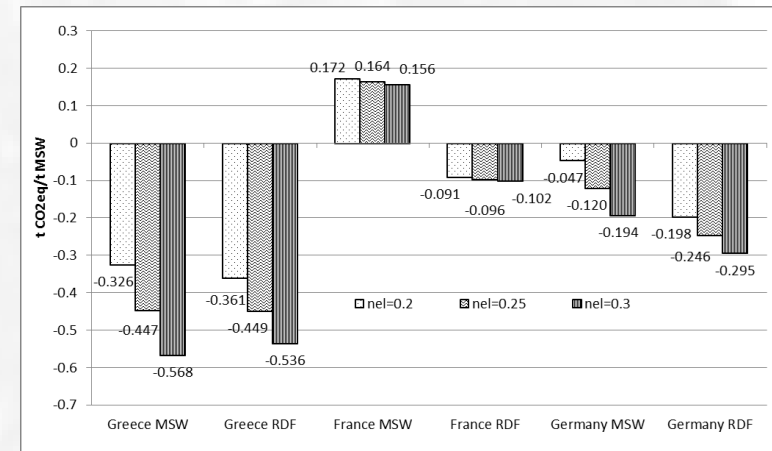
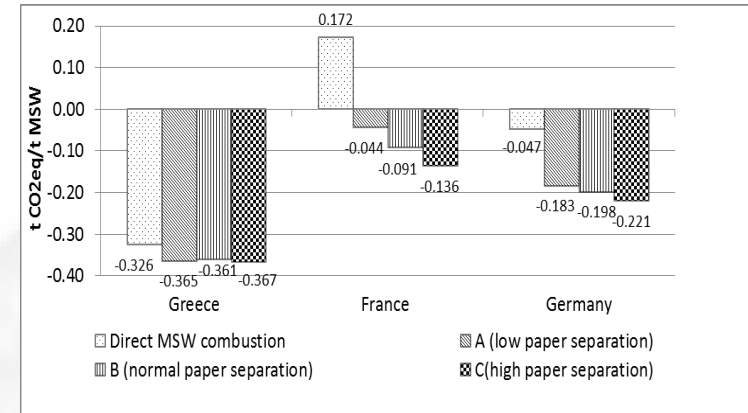
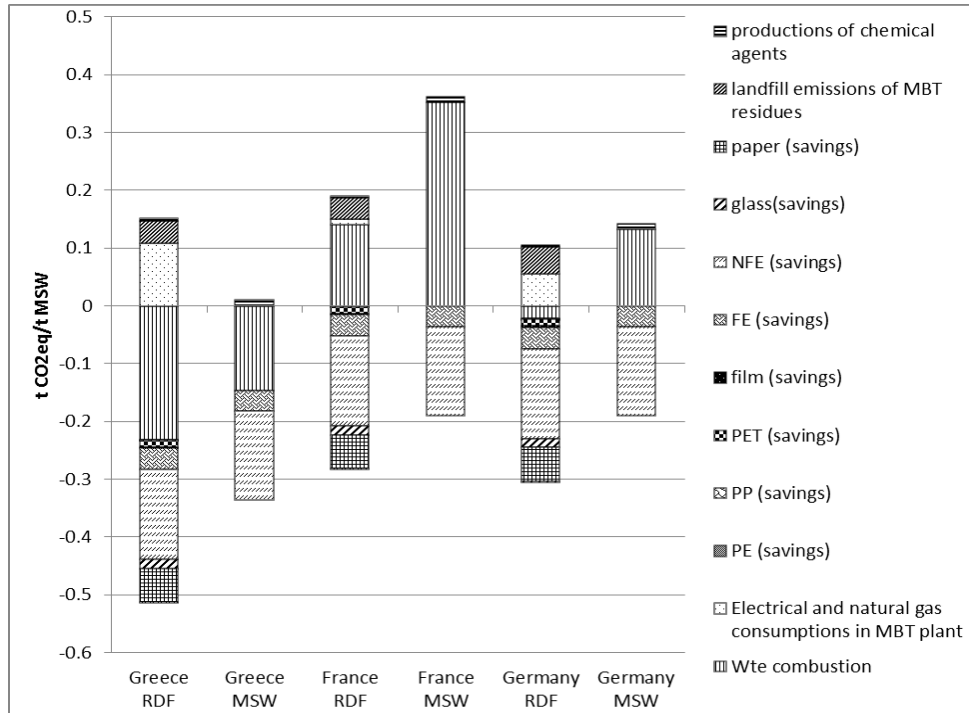
Παράδειγμα Ανάλυσης Κύκλου ζωής



Σύγκριση καύσης ΑΣΑ και καύσης SRF για ηλεκτροπαραγωγή βάσει των αρχών της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σχετικά με τη συνολική επίδρασή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου



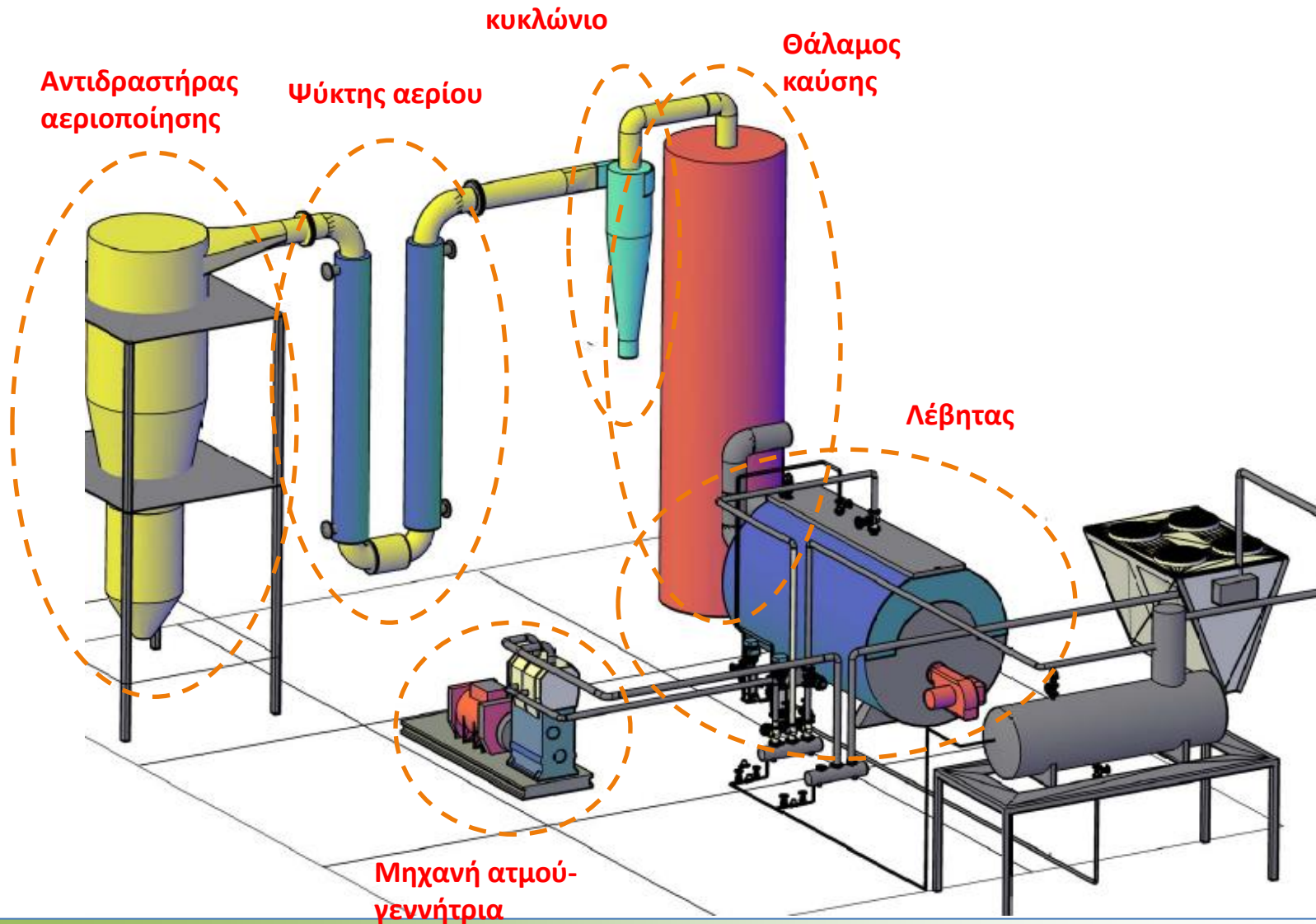
Αποτελέσματα Ανάλυσης Κύκλου ζωής



1. D.S. Kourkoumpas, S. Karellas, S. Kouloumoundras, G. Koufodimos, P. Grammelis, E. Kakaras, Comparison of Waste-to Energy Processes by Means of Life Cycle Analysis Principles regarding the Global Warming Potential Impact: Applied Case Studies in Greece, France and Germany. Waste and Biomass Valorization, April 2015, DOI 10.1007/s12649-015-9367-2



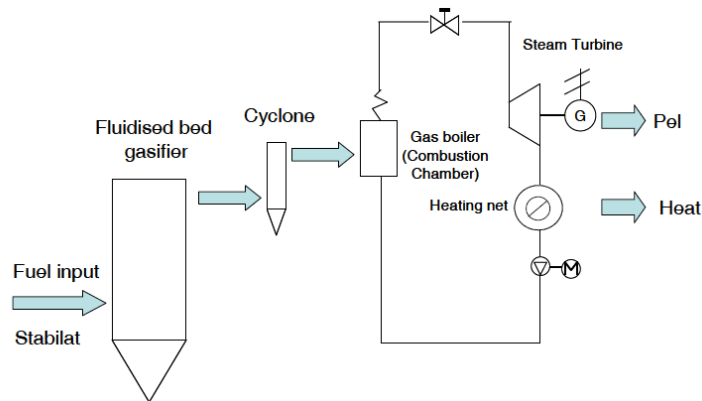
Προσομοίωση εγκατάστασης ενεργειακής αξιοποίησης Stabilat®





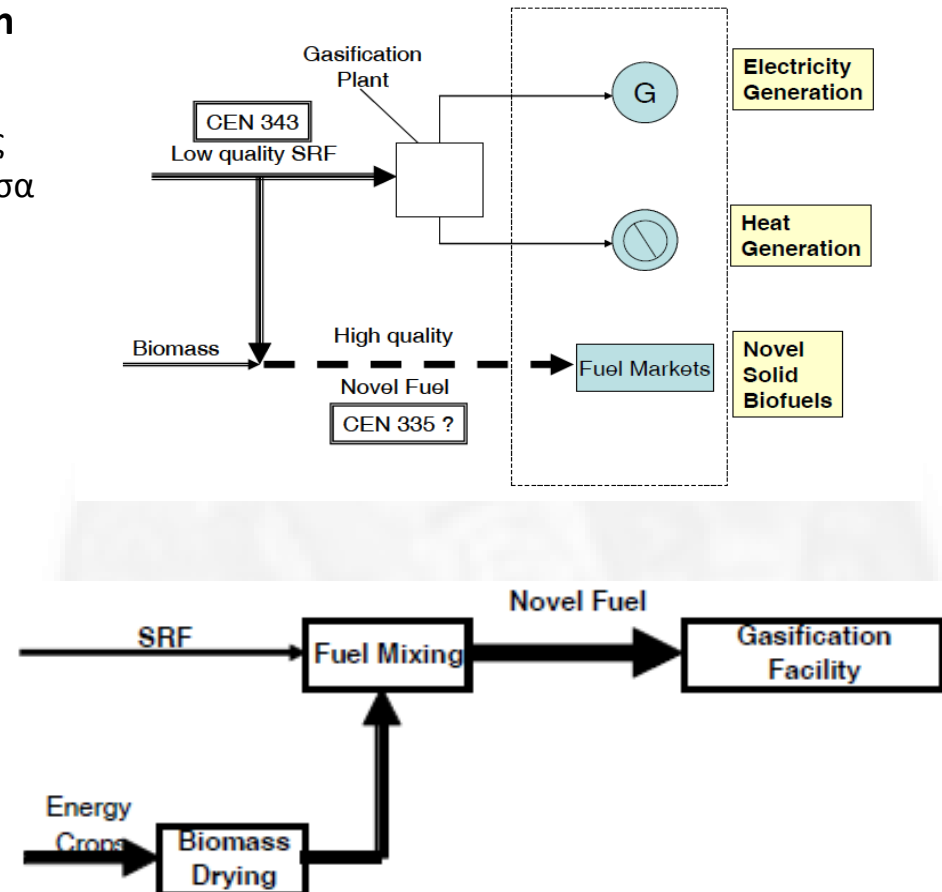
Polystabilat: POLYgeneration through gasification of the solid recovered fuel STABILAT

Ενεργειακή αξιοποίηση μέσω της μεθόδου αεριοποίησης
του στερεού δευτερογενούς καυσίμου από την υπάρχουσα
MBT στο Osnbruck



GAS-BIORE: GASification of BIOfuels and REcovered Fuels

(Αεριοποίηση βιοκαυσίμων και ανακτηθέντων
καυσίμων)



Σύζευξη τεχνολογιών "state-of-the-art" όπως, ανακύκλωση απορριμμάτων και βιολογική ξήρανση, αεριοποίηση δευτερογενών καυσίμων και ξήρανση βιομάζας υψηλής υγρασίας. Αξιοποίηση ενός καινοτόμου καυσίμου που θα συνίσταται από στερεά δευτερογενή καύσιμα (SRF≈12.500 τον./έτος) και βιομάζα (≈12.500 τον./έτος)



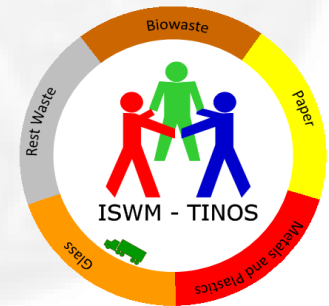
Ενδεικτικά πιλοτικά έργα στην Ελλάδα

Ελλάδα-Κίνα: Θερμική Αξιοποίηση RDF

Βελτιστοποίηση διαδικασίας της
αεριοποίησης του RDF



LIFE ISWM-TINOS: Πιλοτική μονάδα
κομποστοποίησης και σύστημα διαλογής στην
πηγή

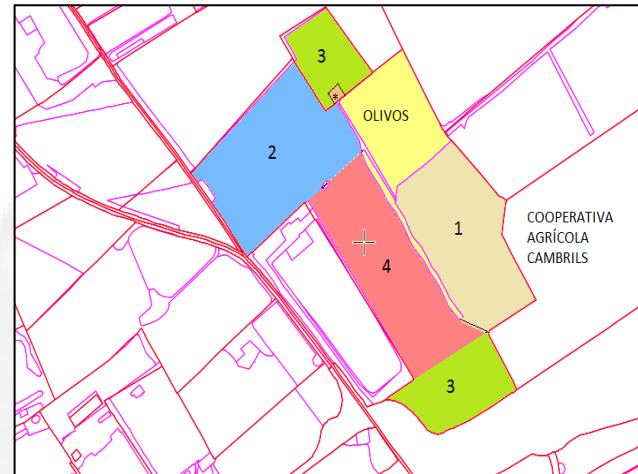




COOP2020

Πιλοτικό πρόγραμμα στην πόλη Cambrils της Ισπανίας για την εξοικονόμηση ενέργειας σε αγροτικούς συνεταιρισμούς

- Τοποθέτηση ανεμογεννητριών
- Ενεργειακές καλλιέργειες
- Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια
- Μονάδα συμπαραγωγής με την αξιοποίηση οργανικών υπολειμμάτων





Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας