

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία

«Μοντελοποίηση διεργασιών μονάδας αποτέφρωσης στερεών απορριμμάτων»



Καρδαράς Γεώργιος

Εξεταστική Επιτροπή

Καθ. Ευάγγελος Γιδαράκος (Επιβλέπων)

Καθ. Ευάγγελος Διαμαντόπουλος

Δρ. Μαρία Αϊβαλιώτη

Αναπληρωματικό Μέλος:

Επίκουρος καθ. Νικόλαος Ξεκουκουλωτάκης

Χανιά, Ιούλιος 2016

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με οιονδήποτε τρόπο στην εκπόνηση της. Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Γιδαράκο Ευάγγελο για την ευκαιρία να μελετήσω και να αναπτύξω ένα θέμα που με ενδιαφέρει βαθύτατα. Επίσης τον ευχαριστώ για τον χρόνο που μου διέθεσε καθώς και για τις συμβουλές του αλλά και τις γνώσεις που μου μετέδωσε. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον Ιωάννη Μουκάζη για την πολύτιμη συμβολή του.

Έπειτα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους του καθηγητές μου στη σχολή και ιδιαίτερα αυτούς που συμμετέχουν στην εξεταστική επιτροπή.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και την αδελφή μου για την υπομονή και την αμέριστη στήριξη τους.

Καρδαράς Γεώργιος

Χανιά, Ιούλιος 2016

Περίληψη

Η επεξεργασία, η διαχείριση και η μετέπειτα διάθεση των επεξεργασμένων απορριμμάτων έχει γίνει μια αναγκαιότητα στη σύγχρονη εποχή. Η αυξανόμενη παραγωγή οικιακών απορριμμάτων στον αναπτυγμένο κόσμο με την παράλληλη αύξηση ενεργειακής ζήτησης καθώς και οι αυξομειώσεις της τιμής του πετρελαίου μας αναγκάζει να στραφούμε σε εναλλακτικές πηγές παραγωγής ενέργειας που συνάμα θα μειώνουν και τον όγκο των απορριμμάτων.

Η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης στα περιβαλλοντικά θέματα και η πλέον γνώση του μεγέθους της καταστροφής που έχει προκαλέσει η ανθρώπινη δραστηριότητα έχουν κάνει την κοινωνία πιο δεκτική (ακόμα και την ελληνική) σε λύσεις διαχείρισης απορριμμάτων που στο παρελθόν θα ήταν εκτός λογικής της και άμεσα απορριπτέες.

Η θερμική επεξεργασία ήταν για χρόνια ταμπού για την ελληνική κοινωνία. Η παραπληροφόρηση και η άγνοια έκανε τον κόσμο ιδιαίτερος αρνητικό μπροστά σ' αυτή τη μορφή επεξεργασίας που λύνει ταυτόχρονα δύο από τα προβλήματά του: την συσσώρευση των απορριμμάτων και το ενεργειακό. Με την οικονομική κρίση να μαστίζει ακόμα (και θα συνεχίσει για χρόνια) την Ελλάδα είναι καιρός να προταθούν λύσεις καινοτόμες (για την χώρα μας) και να ξεφύγουμε από παρελθοντικές αντιλήψεις.

Η παρούσα διπλωματική στοχεύει στο να εξερευνήσει τις οικονομικές όσο και περιβαλλοντικές δυνατότητες του Ν. Αρκαδίας ως προς την αποτέφρωση απορριμμάτων με παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Μέχρι στιγμής ο κύριος τρόπος διαχείρισης των απορριμμάτων στην περιοχή είναι η εναπόθεσή τους σε χωματερές. Περιβαλλοντικά αυτή είναι η χειρότερη επιλογή και παρά το γεγονός ότι υπάρχει σχεδιασμός για αλλαγή στον τρόπο αντιμετώπισης αυτός υλοποιείται είτε με πολύ αργούς ρυθμούς ή και καθόλου. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι η εξάρτηση της Ελλάδας από τα ορυκτά καύσιμα που έρχεται σε αντίθεση με την Ευρωπαϊκή προοπτική για μείωση μέσα στην επόμενη πενταετία.

Τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής δείχνουν ότι η κατασκευή ενός εργοστασίου ΣΗΘΥΑ είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά εφικτή. Η μονάδα σχεδιάστηκε για να διαχειρίζεται 61.000 t ΑΣΑ ετησίως και θα έχει, ανάλογα και με τη σύσταση των ΑΣΑ την δυνατότητα να παράγει 55 GWh ηλεκτρικής και 119 GWh θερμικής ενέργειας και να αποφέρει κέρδη της τάξης των 9,6 εκατομμυρίων ευρώ ετησίως.

Abstract

Process, management and the later on disposal of the treated waste have become a necessity in modern day life. The continuous growth in waste production in the developed world alongside with the rise in energy demand and the fluctuations of crude oil prices has forced us to turn to alternative power sources that will decrease the waste volume.

Public awareness in environmental issues and the now knowledge of the level of the environmental destruction that the human activities have caused, made society receptive (even Greek one) to waste management solutions that in the past would have been out of reason and immediately rejected.

Thermal waste treatment was a taboo issue for Greek society. Misinformation and ignorance made public extremely negative in this form of treatment that solves in the same time two of the problems that this society faces, waste accumulation and energy shortage. With the economic crisis raging it is time to propound innovative solutions (for the country) and to break away from outmoded ideas.

This thesis aims to explore if the economic and environmental capabilities of Arcadia County meet the criteria for the operation of a waste to energy plant.

Deposition in unmonitored landfills is the main way that the wastes are treated in the region. Environmentally this is the worst-case scenario. There are plans for this to change but the implementation is either slow or not excising at all. Key information is the dependence of Greece in fossil fuels, which contradicts the European perspective for decreasing the fossil fuel use in the next five years.

The results of this thesis show that the operation of a waste to energy plant in Arcadia County is economically and environmentally feasible. The unit was designed to treat 61.000 tons of household waste annually and able to produce (depending on the waste composition) 55 GWh of electrical energy and 119 GWh of thermal energy. Annual revenues are somewhere between 9 and 10 million Euros.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
1 ^ο Κεφάλαιο -Εισαγωγή.....	13
1.1.Στερεά απόβλητα.....	15
1.2.Παραγωγή και σύσταση απορριμμάτων.....	17
1.3.Διαχείριση των ΑΣΑ	18
1.4.Επεξεργασία ΑΣΑ	25
1.4.1.Θερμική επεξεργασία ΑΣΑ	26
1.4.2.Αποτεφρωτήρες.....	29
1.4.3.Απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων	31
1.4.4.Επεξεργασία αερίων εκπομπών.....	34
1.4.5.Μείωση εκπομπών NO _x	38
1.4.6.Παραγωγή ατμού.....	41
1.5.Στάση των πολιτών απέναντι στο πρόβλημα.....	43
2 ^ο Κεφάλαιο – Περιοχή μελέτης	45
2.1.Περιφέρεια Πελοποννήσου	45
2.2.Κλίμα.....	47
2.3.Ενέργεια	49
2.4.Παραγωγή, ποιοτική σύσταση και χρονική εξέλιξη ΑΣΑ.....	50
2.5.Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων	51
3 ^ο Κεφάλαιο - Μεθοδολογία	53
3.1.Στόχος.....	53
3.2.Περιορισμοί.....	53
3.3.Μέθοδος	54
3.4.Πειραματική διαδικασία	54
3.5.Θεωρητικοί υπολογισμοί.....	58
3.6.Μοντέλο δικτύου ατμού	60
3.7.Βελτιστοποίηση δικτύου	62
3.8.Συνολική παραγωγή ενέργειας/κέρδη	63
3.9.Υπολογισμοί επένδυσης	63
3.10.Περιβαλλοντικό αποτύπωμα	64
3.11.Σχεδιαστικοί παράμετροι.....	69
3.12.Οικονομική βιωσιμότητα	73
3.13.Προσωπικό και συντήρηση	73
4 ^ο Κεφάλαιο - Παρουσίαση και επεξήγηση μοντέλου	75

5° Κεφάλαιο - Παρουσίαση Αποτελεσμάτων.....	85
5.1.Αποτελέσματα μοντέλων υπολογισμού.....	85
5.1.1.Σύσταση ΑΣΑ.....	86
5.1.2.Στοιχειακή ανάλυση.....	87
5.1.3.Ροές στον αποτεφρωτήρα.....	88
5.1.4.Απαιτούμενος αέρας – Απαέρια.....	88
5.1.5.Ενεργειακή απόδοση.....	89
5.2.Μοντέλο κύκλου ατμού στη MATLAB.....	89
5.2.1.Επικερδέστερος συνδυασμός παραμέτρων κύκλου ατμού.....	90
5.2.2.Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.....	91
5.3.Επενδυτικοί υπολογισμοί.....	93
5.3.1.Κόστος επένδυσης.....	93
5.3.2.Ετήσια κέρδη.....	93
5.4.Οικονομική αξιολόγηση.....	94
5.5.Σενάριο μείωσης ζυμώσιμων, χαρτιού, πλαστικών.....	97
5.6.Συζήτηση.....	99
5.7.Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.....	99
6° Κεφάλαιο – Συμπεράσματα.....	103
6.1.Συμπεράσματα.....	103
6.2.Περαιτέρω μελέτες.....	104
Βιβλιογραφία.....	107

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1.ΜΠΑ ανά περιοχή (Πηγή: World Bank, 2013).....	17
Πίνακας 2.ΜΠΑ ανά οικονομικό επίπεδο (Πηγή: World Bank, 2013).....	17
Πίνακας 3.Τα χαρακτηριστικά των πέντε εργοστασίων ανάκτησης βιοαερίου και παραγωγής ενέργειας της Ελλάδας (Μπουρτσάλας, 2011).....	23
Πίνακας 4.Συνοπτικά στοιχεία παραγωγής και διάθεσης ΑΣΑ στην Ελλάδα (Πηγή: Μπουρτσάλας, 2011).....	24
Πίνακας 5.Φυσικά στάδια που λαμβάνουν χώρα στις διάφορες θερμικές διεργασίες (Πηγή: Γιδαράκος, 2006).....	27
Πίνακας 6.Θερμικές και ηλεκτρικές ανάγκες περιοχής μελέτης (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2011).....	49
Πίνακας 7.Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ (Πηγή: ΠΕΣΔΑΠ).....	50
Πίνακας 8.Σύσταση ΑΣΑ Ν. Αρκαδίας (Πηγή: ΠΕΣΔΑΠ).....	50
Πίνακας 9.Μέση θερμοχωρητικότητα απαερίων ανά θερμοκρασία (Πηγή: Karlsson, Linderholm-Jönsson, 2012).....	58
Πίνακας 10.Περιγραφή κύκλου ατμού.....	61
Πίνακας 11.Προαποφασισμένες τιμές συστήματος ατμού.....	62
Πίνακας 12.Σενάρια υπολογισμών επένδυσης.....	63

Πίνακας 13.Όρια εκπομπών μονάδας ΣΗΘΥΑ σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2010/75.	71
Πίνακας 14.Σύσταση και στοιχειακή ανάλυση ΑΣΑ (Πηγή: Clavreul et al., 2014)	75
Πίνακας 15.Υπολογισμός ελάχιστης απαιτούμενης ποσότητας οξυγόνου για κάθε στοιχείο ξεχωριστά (Πηγή: Γιδαράκος, 2006)	76
Πίνακας 16.Συντελεστές μετατροπής για τον προσδιορισμό της ποσότητας των απαερίων κατά την διαδικασία καύσης ΑΣΑ (Πηγή: Kost, 1999)	78
Πίνακας 17.Σύσταση ΑΣΑ Ν. Αρκαδίας (Πηγές: ΠΕΣΔΑΠ; Goetze et al., 2014)	86
Πίνακας 18.Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ (Πηγή: Clavreulet al., 2014)	87
Πίνακας 19.Στοιχειακή σύσταση κλάσματος ΑΣΑ Ν. Αρκαδίας συγκριτικά με στοιχειακή σύσταση ΑΣΑ Δανίας (Πηγή: Goetze et al., 2016)	87
Πίνακας 20.Ροές στον αποτεφρωτήρα	88
Πίνακας 21.Αποτελέσματα απαιτούμενου αέρα – απαερίων συγκριτικά με τυπικές τιμές σύστασης απαερίων (Πηγή: Zevenhoven & Kilpinen, 2001)	88
Πίνακας 22.Αποτελέσματα ενεργειακής απόδοσης ΑΣΑ - Boiler	89
Πίνακας 23.Συνδυασμός με το μεγαλύτερο κέρδος	90
Πίνακας 24.Ηλεκτρική και θερμική απόδοση	91
Πίνακας 25.Μηνιαία παραγωγή	91
Πίνακας 26.Εκτιμώμενα κόστη	93
Πίνακας 27.Ετήσια κέρδη	93
Πίνακας 28.NPV και IRR σεναρίων	95
Πίνακας 29.Σενάρια υπολογισμών	97
Πίνακας 30.Σενάριο μείωσης	98
Πίνακας 31.Απαιτούμενος αέρας και απαέρια	98
Πίνακας 32.Διαμόρφωση κόμβων - Χειμώνας	117
Πίνακας 33.Διαμόρφωση κόμβων - Μάιος	118
Πίνακας 34.Διαμόρφωση κόμβων - Ιούνιος	119
Πίνακας 35.Διαμόρφωση κόμβων - Αύγουστος	120
Πίνακας 36.Διαμόρφωση κόμβων - Σεπτέμβριος	121
Πίνακας 37.Μέσος επιμερισμός κόστους επένδυσης μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (Πηγή: Ecoprolog; Martinez-Sanchez et al.)	122
Πίνακας 38.Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους επιλεγμένων μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (Πηγή: Ecoprolog; Karlsson, Linderholm-Jonsson)	122
Πίνακας 39.Στοιχεία κόστους αποτέφρωσης από εγκατεστημένες μονάδες (Πηγή: Ecoprolog)	123
Πίνακας 40.Μέσο κόστος αποτέφρωσης ΑΣΑ (Πηγή: Martinez-Sanchez et al., 2016)	124

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1.Κατηγορίες Στερεών Αποβλήτων (Πηγή: Νταρακάς, 2014)	13
Εικόνα 2.Διάγραμμα συσχέτισης οικονομικής ανάπτυξης-Αποβλήτων (Πηγή: Bloomberg.com)	14
Εικόνα 3.Διάγραμμα ΑΕΠ-Παραγωγής απορριμμάτων (Πηγή: EEA, 2012)	14
Εικόνα 4.Σύσταση ΑΣΑ ανάλογα με το μέσο εισόδημα των χωρών (Πηγή: World Bank, 2013)	18
Εικόνα 5.Πυραμίδα ιεράρχησης της διαχείρισης των αποβλήτων (Πηγή: European Environmental Agency, 2012)	20

Εικόνα 6.Χρονική εξέλιξη διαχείρισης ΑΣΑ στην Ε.Ε. (27) kg/κάτοικο (Πηγή: Eurostat, 2010).....	20
Εικόνα 7.Εκτίμηση υφιστάμενης κατάστασης για τους τρόπους διαχείρισης των ΑΣΑ στην ελληνική επικράτεια (Μπουρτσάλας, 2011)	23
Εικόνα 8.Βασική δομή μονάδας καύσης ΑΣΑ (Πηγή:msuweb.montclair.edu)	28
Εικόνα 9.Μονάδα κινούμενων εσχάρων (Πηγή:pudeb.com)	30
Εικόνα 10.Μονάδα ρευστοποιημένης κλίνης (Πηγή:nett21.gec.jp).....	31
Εικόνα 11.Κυκλώνας (Πηγή: en.Wikipedia.org)	32
Εικόνα 12.Ηλεκτροστατικός κατακρημνιστής (Πηγή:www.neundorfer.com).....	33
Εικόνα 13.Σακκόφιλτρο (Πηγή:www.zvvz.cz)	33
Εικόνα 14.Υγρή πληντρίδα (Πηγή:www.ustudy.in)	34
Εικόνα 15.Ξηρή διεργασία	36
Εικόνα 16.Ημίξηρη διεργασία (Πηγή:www.hz-inova.com).....	37
Εικόνα 17.Υγρή επεξεργασία (Πηγή:www.chiyoda-corp.com).....	38
Εικόνα 18.Αντιδραστήρας SCR (Πηγή: qizhonglabs.com).....	39
Εικόνα 19.Μέθοδος SNCR (Πηγή:www.hamonusa.com)	40
Εικόνα 20.Απλή διάταξη boiler (Πηγή: mechaengineerings.wordpress.com)	41
Εικόνα 21.Απλή διάταξη κύκλου ατμού (Πηγή: en.wikipedia.org)	41
Εικόνα 22.Κύκλος Rankine με ενδιάμεση θέρμανση. (Πηγή: en.Wikipedia.org)	42
Εικόνα 23.Χάρτης Περιφέρειας Πελοποννήσου (Πηγή : ΠΕΣΔΑΠ).....	45
Εικόνα 24.Μέση, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία Ν. Αρκαδίας (EMY, 2015)	47
Εικόνα 25.Μέση βροχόπτωση Ν. Αρκαδίας (EMY, 2015)	47
Εικόνα 26.Κλιματικός χάρτης Ελλάδας (eBooks.edu.gr)	48
Εικόνα 27.Μέση υγρασία Ν. Αρκαδίας (EMY, 2015).....	48
Εικόνα 28.Αυτόματος στοιχειακός αναλυτής (Πηγή: eurovector.it).....	56
Εικόνα 29.Αυτόματο θερμιδόμετρο (Πηγή: Εργαστηριακές σημειώσεις, 2006)	57
Εικόνα 30.Κατανομή θερμοκρασιών μέσα στον καυστήρα (AEB Amsterdam).....	59
Εικόνα 31.Κύκλος ατμού	60
Εικόνα 32.Συσσωρευτικές εκπομπές GHG (Πηγή: ISWA, 2009)	68
Εικόνα 33.Μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ	69
Εικόνα 34.Command window της Matlab.....	75
Εικόνα 35.Επεξήγηση μοντέλου	85
Εικόνα 36.Παραγόμενη θερμότητα vs παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.....	92
Εικόνα 37.Παραγωγή θερμότητας vs Ανάγκες	92
Εικόνα 38.ΚΠΑ vs Τόκος προεξόφλησης.....	95
Εικόνα 39.Spittelau, Βιέννη (Πηγή: wastewise.be).....	100
Εικόνα 40.Esbjerg, Δανία (Πηγή: industcards.com)	101
Εικόνα 41.Isseane, Γαλλία (Πηγή: industcards.com).....	101
Εικόνα 42.Filbournaverket, Σουηδία (Πηγή: industcards.com)	101

Ευρετήριο εξισώσεων

Εξίσωση 1.Αντιδράσεις απομάκρυνσης με $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ως προσροφητικό.....	36
Εξίσωση 2.Αντιδράσεις απομάκρυνσης με $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ως προσροφητικό.....	36
Εξίσωση 3.Κύριες αντιδράσεις απομάκρυνσης NO_x	38
Εξίσωση 4.Αντιδράσεις απομάκρυνσης NO_x - SCR	39
Εξίσωση 5.Αντιδράσεις απομάκρυνσης NO_x - SNCR	40

Αρκτικόλεξα

ΑΕΚΚ: Απόβλητα Εκσκαφών και Κατεδαφίσεων

ΑΗΗΕ: Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΑΣΑ: Αστικά Στερεά Απορρίμματα

ΔΕΥΑ: Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης-Αποχέτευσης

ΔΞΥΛ: Δέρματα-Ξύλο-Υφάσματα-Λάστιχα

ΕΒΑ: Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

ΕΜΑΚ: Εργοστάσια Μηχανικής Ανακύκλωσης

ΕΛΣΤΑΤ: Ελληνική Στατιστική Αρχή

ΕΣΜΦΑ: Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου

ΚΔΑΥ: Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών

ΚΠΑ: Καθαρή Παρούσα Αξία

ΜΠΑ: Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων

ΟΤΑ: Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης

ΟΤΚΖ: Οχήματα στο Τέλος Κύκλου Ζωής

ΠΕΣΔΑ: Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Απορριμμάτων

ΡΑΕ: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

ΣΑ: Στερεά Απόβλητα

ΣΗΘΥΑ: Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης

ΣΜΑ: Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

ΤΕΕ: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας

ΥΤ: Υγειονομική Ταφή

ΦοΔΣΑ: Φορείς Διαχείρισης Στερεών Απορριμμάτων

ΧΥΤΑ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ΧΥΤΕΑ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Επικίνδυνων Αποβλήτων

ΧΥΤΥ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

DCF: Discounted Cash Flow

EEA: European Environmental Agency

ESA: Environmental Services Association

FV: Future Value

HP: High Pressure

LP: Low Pressure

NPV: Net Present Value

OECD: Organization for Economic Co-operation and Development

PM: Particulate Matter

PV: Present Value

RDF: Refuse-Derived Fuel

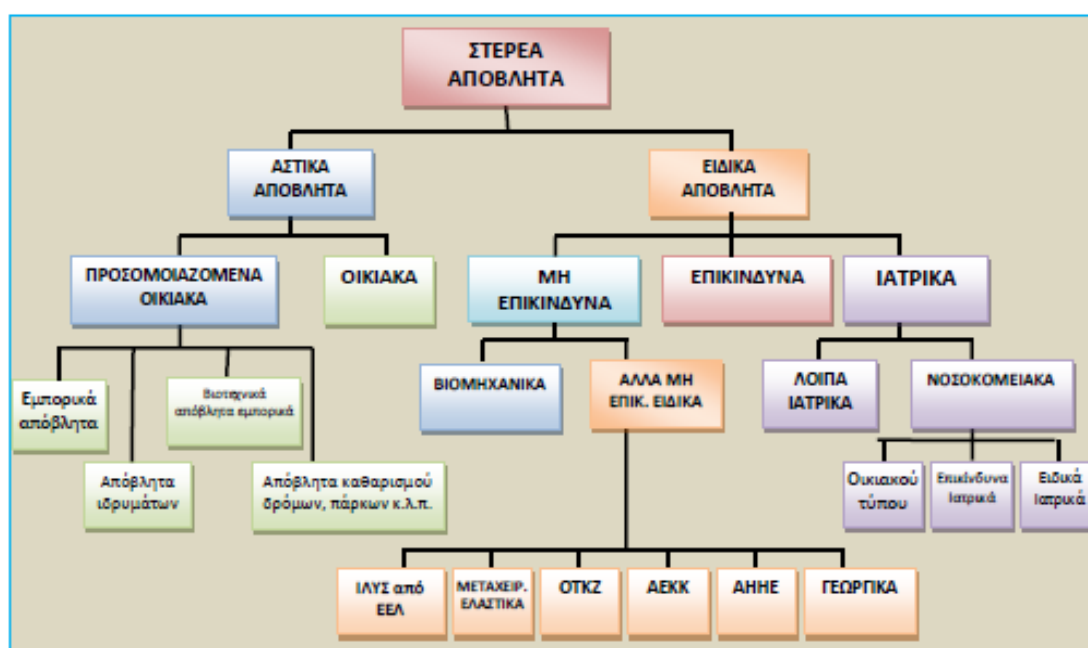
SCR: Selective Catalytic Reduction

SNCR: Selective Non-Catalytic Reduction

1^ο Κεφάλαιο -Εισαγωγή

Τα στερεά απόβλητα προκύπτουν από την παραγωγή, τη μεταφορά, την επεξεργασία και την κατανάλωση αγαθών και δημιουργούν κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου. Αποτελούν σημαντική αιτία υποβάθμισης του αστικού και φυσικού περιβάλλοντος με τεράστιες οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

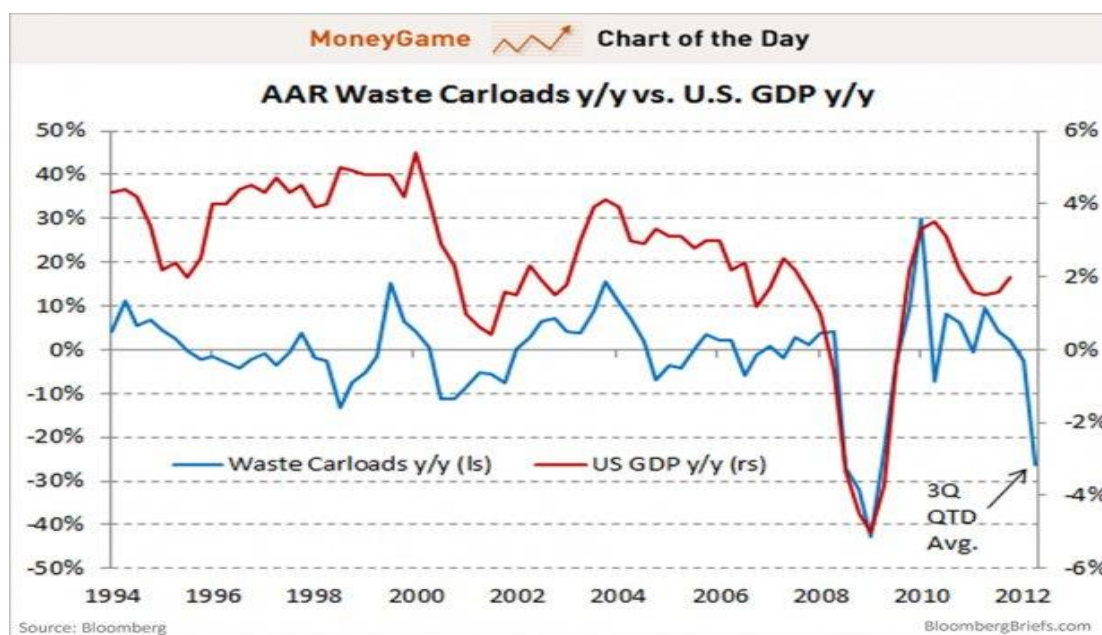
Τα στερεά απόβλητα μπορούν γενικά να κατηγοριοποιηθούν σε αστικά στερεά απόβλητα και σε ειδικά απόβλητα. Οι ομάδες αυτές μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω (Νταρακάς, 2014).



Εικόνα 1.Κατηγορίες Στερεών Αποβλήτων (Πηγή: Νταρακάς, 2014)

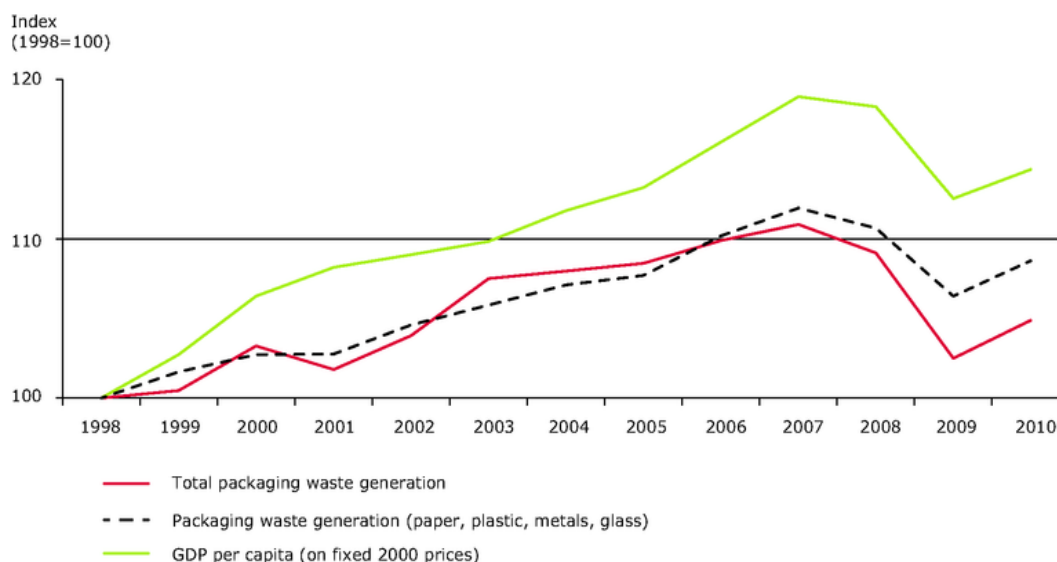
Η παραγωγή αποβλήτων στον σύγχρονο δυτικό κόσμο είναι ανάλογη με την τεχνολογική και την οικονομική ανάπτυξη. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος, στην Ελλάδα καταγράφεται σταδιακή αύξηση της παραγωγής: από 302 kg ανά άτομο το 1995 στα 408kg το 2000 και στα 478 kg το 2009. Στο στενό πυρήνα της Ευρώπης των «15» η παραγόμενη ποσότητα ανά άτομο κάθε χρόνο εκτοξεύεται στα 580 kg, ενώ οι πολίτες των νέων μελών από την Κεντρική και τη Νοτιοανατολική Ευρώπη παράγουν πολύ μικρότερη, μόλις 350 kg ανά κάτοικο. Σε κάθε Ευρωπαϊκό αναλογούν 490 kg απόβλητα από την κατανάλωση τροφών, τις συσκευασίες των προϊόντων και τις εν γένει καταναλωτικές δραστηριότητες της καθημερινότητας (Eurostat, 2015).

Σύμφωνα με τους οικονομολόγους Michael McDonough και Carl Riccadonna (Bloomberg.com, 2010) η παραγωγή αποβλήτων έχει κατά 82% συσχέτιση με την οικονομική ανάπτυξη και όπως χαρακτηριστικά σημειώνουν στην κατακλείδα του άρθρου “the more you produce the more you throw out”.



Εικόνα 2.Διάγραμμα συσχέτισης οικονομικής ανάπτυξης-Αποβλήτων (Πηγή: Bloomberg.com)

Η European Environmental Agency (EEA) το Νοέμβριο του 2012 εξέδωσε μελέτη που δείχνει το συσχετισμό του ΑΕΠ με την παραγωγή των απορριμμάτων συσκευασίας.



Εικόνα 3.Διάγραμμα ΑΕΠ-Παραγωγής απορριμμάτων (Πηγή: EEA, 2012)

Εξάγεται λοιπόν από τα παραπάνω διαγράμματα το συμπέρασμα ότι στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ) και στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) η οικονομική ανάπτυξη οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής των αποβλήτων και παρά την οικονομική κρίση του 2009 που επέφερε μείωση τόσο του ΑΕΠ των χωρών όσο και της παραγωγής η επερχόμενη ανάπτυξη προϊδεάζει και για την αύξηση των αποβλήτων. Τα διαγράμματα όμως μπορούν να διαβαστούν και ως εξής: η κατανάλωση (άρα και η παραγωγή αποβλήτων) οδηγεί στην

οικονομική ανάπτυξη. Ένα εύλογο ερώτημα που τίθεται είναι: αν γίνει εκμετάλλευση των απότοκων του καταναλωτισμού μπορεί αυτή να συνεισφέρει στην περεταίρω οικονομική ανάπτυξη;

Σε συνεδρίαση της επιτροπής περιβάλλοντος του Αγγλικού κοινοβουλίου στις 22 Οκτωβρίου του 2014 (HC 241) παρουσιάστηκε μελέτη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2015/0275 για τροποποίηση της 2008/98/EK) που προβλέπει ότι η καλύτερη διαχείριση των αποβλήτων μπορεί να αυξήσει το ΑΕΠ κατά 3% στην Ευρώπη και ακόμα η ESA (Environmental Services Association) προβλέπει ότι μια πιο κυκλική οικονομία (circular economy) μπορεί να παράξει 50.000 νέες θέσεις εργασίες στο Ηνωμένο Βασίλειο, να προσκαλέσει επενδύσεις 10 δις λιρών και να αυξήσει το ΑΕΠ κατά 3 δις λίρες (WME 0073; WME 0072; Going for Growth: A practical route to a Circular Economy, 2013).

Αυτές οι μελέτες δείχνουν, ότι η διαχείριση των αποβλήτων μπορεί να αποτελέσει τον κινητήριο μοχλό για την επανεκκίνηση της οικονομίας χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη κάτι που είναι ευρέως διαθέσιμο: “σκουπίδια” δηλαδή.

1.1.Στερεά απόβλητα

Ως Στερεά Απόβλητα (ΣΑ) σύμφωνα με τον Γιδαράκο (2006) χαρακτηρίζονται τα στερεά υλικά με ελάχιστο ή καθόλου υγρό περιεχόμενο τα οποία δεν έχουν κάποια χρησιμότητα και είναι δυνητικά επικίνδυνα. Περιλαμβάνουν απόβλητα των νοικοκυριών, των βιομηχανικών και εμπορικών εγκαταστάσεων, των γεωργικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων. Επίσης περιλαμβάνουν τα στερεά απόβλητα από τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, την επεξεργασία του πόσιμου νερού και τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αερίων εκπομπών. Είναι αντικείμενα ή υλικά τα οποία ο κάτοχός τους απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει. Ο χαρακτηρισμός μιας ουσίας ως απόβλητο δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητές της αλλά και από:

- Τις ισχύουσες οικονομικές συνθήκες
- Το κόστος απόρριψης
- Την ισχύουσα νομοθεσία

Ουσιαστικά, το τι είναι και τι δεν είναι ΣΑ είναι θέμα ορισμού ή σύμβασης. Ο Ευρωπαϊκός κατάλογος αποβλήτων (Απόφαση 94/3/EK, 2000/532/EK, 2001/118/EK) στην κατηγορία των ΣΑ περιλαμβάνει όλα τα απόβλητα με εξαίρεση:

1. Απόβλητα σε υγρή φάση χωρίς αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ρύπων
2. Αέριους ρύπους

Τα ΣΑ ομαδοποιούνται γενικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- 1. Αστικά απόβλητα (ΑΣΑ)**
- 2. Ειδικά απόβλητα**
 - i. Επικίνδυνα απόβλητα
 - ii. Μη επικίνδυνα απόβλητα
 - iii. Ιατρικά απόβλητα

Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ)

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα ΣΑ που παράγονται από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών (οικιακά ΣΑ), των εμπορικών δραστηριοτήτων (εμπορικά ΣΑ), του οδοκαθαρισμού καθώς και άλλα ΣΑ (ιδρύματα, επιχειρήσεις) τα οποία μπορούν από τη φύση τους ή τη σύνθεσή τους να εξομαλυνθούν με τα οικιακά ΣΑ. Σύμφωνα με την απόφαση 29407/3508 ΦΕΚ 1572/16-12-2002 «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή αποβλήτων» ως αστικά απόβλητα (ΑΣΑ) νοούνται «...τα οικιακά απόβλητα καθώς και άλλα απόβλητα που λόγω φύσης ή σύνθεσης είναι παρόμοια με τα οικιακά τα οποία διέπονται από τις διατάξεις της ΚΥΑ 69728/824/1996».

Εξαίρεση αποτελούν τα απόβλητα εκσκαφών και οικοδομικών κατεδαφίσεων, όπως επίσης και τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα.

Όπως αναφέρει ο Μουσιόπουλος (2002) η πιο δόκιμη κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων, όπως προκύπτει από σειρά δειγματοληψιών και αναλύσεων, περιλαμβάνει τις εξής ομάδες υλικών:

- **Ζυμώσιμα:** Περιλαμβάνονται τα υπολείμματα κουζίνας και κήπου
- **Χαρτί:** Περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από έντυπο υλικό και συσκευασίες προϊόντων
- **Μέταλλα:** Περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών. Είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (αλουμίνιο), κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων. Σε ορισμένες αναλύσεις εξετάζονται ως ξεχωριστή υποκατηγορία και οι μπαταρίες λόγω της σχετικά υψηλότερης επικινδυνότητάς τους
- **Γυαλί:** Όσον αφορά την ανακύκλωση, γίνεται διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος
- **Πλαστικό:** Περιλαμβάνεται το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη ανομοιογένειά της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.)
- **Δέρμα-Ξύλο-Λάστιχο-Υφασμα:** Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα
- **Αδρανή:** Περιλαμβάνονται χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα (π.χ. χώματα, πέτρες, κ.λπ.)
- **Λοιπά:** Στο κλάσμα αυτό καταλήγουν τα υλικά εκείνα που δε μπορούν να κατανεμηθούν σε καμία από τις άλλες κατηγορίες

1.2.Παραγωγή και σύσταση απορριμμάτων

Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή ΑΣΑ υπολογίζεται σε $1,3 \cdot 10^9$ t και αναμένεται να ξεπεράσει τους $2,2 \cdot 10^9$ t το 2025 (Hoorneweg & Bhada-Tata, 2012). Η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) σε παγκόσμιο επίπεδο ανέρχεται 1,2 kg/cap./day. Η παγκόσμια ΜΠΑ όμως είναι σχετικά παραπλανητικό μέγεθος καθώς υπάρχει μεγάλη ανομοιομορφία στην παραγωγή μεταξύ ηπείρων, χωρών αλλά ακόμα και εντός των ίδιων πόλεων (World Bank, 2013).

Παράγοντες που επηρεάζουν τη παραγωγή ΑΣΑ σύμφωνα με τον Μπουρτσάλα (2011):

- Πληθυσμιακή πυκνότητα (αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας αντιστοιχεί σε αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων)
- Πληθυσμιακές διακυμάνσεις (ιδιαίτερα για τουριστικές περιοχές)
- Εποχές χρόνου
- Συχνότητα συλλογής (αύξηση συχνότητας συλλογής αντιστοιχεί σε αύξηση της παραγωγής)
- Οικονομο-κοινωνικό, πολιτισμικό και μορφωτικό επίπεδο
- Γεωγραφική περιοχή
- Ηλικία καταναλωτών
- Εμπορική και βιομηχανική δραστηριότητα
- Ύπαρξη προγραμμάτων επεξεργασίας
- Ενημέρωση καταναλωτών
- Όγκος και είδος κάδων

Πίνακας 1.ΜΠΑ ανά περιοχή (Πηγή: World Bank, 2013)

Περιοχή	ΜΠΑ (kg/cap./day)
Αφρική (Υποσαχάρια)	0,65
Ανατολική Ασία	0,95
Ευρώπη & Κεντρική Ασία	1,1
Λατινική Αμερική & Καραϊβική	1,1
Μέση Ανατολή και Βόρεια Αφρική	1,1
Χώρες μέλη OECD	2,2
Νότια Ασία	0,45

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development (ΟΟΣΑ)

Πίνακας 2.ΜΠΑ ανά οικονομικό επίπεδο (Πηγή: World Bank, 2013)

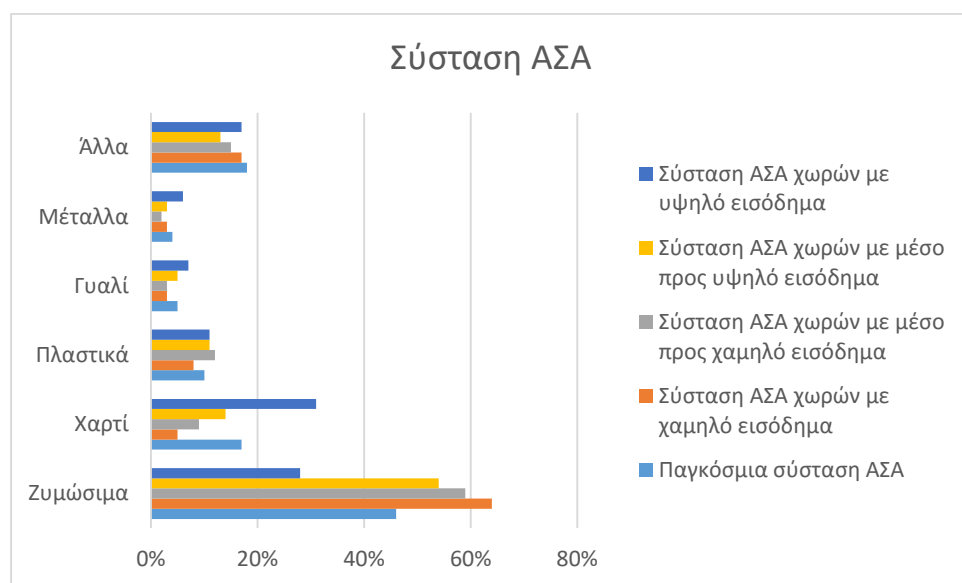
Οικονομικό Επίπεδο	ΜΠΑ (kg/cap./day)
Υψηλό	2,1
Μέσο προς υψηλό	1,2
Χαμηλό προς μέσο	0,79
Χαμηλό	0,6

Η κατηγοριοποίηση έγινε ως εξής: Υψηλό: 10.726\$ και πάνω, Μέσο προς υψηλό: 3.466 έως 10.725\$, Χαμηλό προς μέσο: 876 έως 3465\$, Χαμηλό: κάτω από 875\$. (Μέση μηνιαίοι μισθοί).

Η χάραξη μίας βιώσιμης πολιτικής διάθεσης απορριμμάτων, πέρα από την απλή απόθεση, (δηλ. η ανάκτηση υλικών ή και ενέργειας από αυτά) για μία περιοχή προϋποθέτει τη γνώση της περιεκτικότητάς τους. Οι παράγοντες που επιδρούν στην παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων επιδρούν ακόμη στην ποιότητα και τη σύσταση.

Η ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ είναι δυναμική παράμετρος που μεταβάλλεται τόσο τοπικά όσο και χρονικά. Τοπικά, η σύσταση μπορεί να διαφοροποιείται έντονα από χώρα σε χώρα, αλλά και μέσα στην ίδια χώρα από περιφέρεια σε περιφέρεια αλλά ακόμη και μέσα στην ίδια πόλη από περιοχή σε περιοχή. Χρονικά, η σύσταση μπορεί να μεταβάλλεται από έτος σε έτος, από εποχή σε εποχή αλλά ακόμη και από ημέρα σε ημέρα της εβδομάδας. Τα παραπάνω παρατηρούνται γιατί υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες που ξεκινούν από τις καταναλωτικές και διαιτολογικές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής, τις προτιμώμενες συσκευασίες και το σύνολο των δραστηριοτήτων τους. Για παράδειγμα, τα ελληνικά απορρίμματα εμφανίζουν αύξηση του ποσοστού του ζυμώσιμου κλάσματός τους κατά τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της αυξημένης κατανάλωσης φρούτων και νωπών λαχανικών.

Συνοπτικά, οι χώρες με χαμηλό μέσο εισόδημα έχουν μεγαλύτερο ποσοστό οργανικού κλάσματος στα ΑΣΑ ενώ το χαρτί και τα πλαστικά αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των ΑΣΑ των χωρών με υψηλό και μέσο εισόδημα.



Εικόνα 4. Σύσταση ΑΣΑ ανάλογα με το μέσο εισόδημα των χωρών (Πηγή: World Bank, 2013)

1.3. Διαχείριση των ΑΣΑ

Η διαχείριση των απορριμμάτων ήταν πάντα ένα σημαντικό θέμα και αρκετές φορές σημείο τριβής και εντάσεων. Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και η αστικοποίηση έδωσε καινούργια διάσταση στο πρόβλημα. Η περιβαλλοντικά ορθή και οικονομικά επωφελής διαχείριση των απορριμμάτων δεν αποτελεί πλέον πρόκληση μόνο των τοπικών αρχών αλλά ζήτημα εθνικής και παγκόσμιας σπουδαιότητας.

Η ΕΕ προσπαθεί να εφαρμόσει μια ανταγωνιστική και συνεχώς αναπτυσσόμενη πολιτική διαχείρισης των ΑΣΑ με στόχο την μετάβαση της Ευρώπης σε μια κυκλική οικονομία (2015/0595). Οι εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης, όπως η ανακύκλωση, η αποτέφρωση (με ή χωρίς την ανάκτηση της παραγόμενης θερμότητας) και η κομποστοποίηση συνεχώς κερδίζουν έδαφος. Το 2009 από τα $252 \cdot 10^6$ t παραγόμενων ΑΣΑ ανακυκλώθηκαν $60 \cdot 10^6$ t (24%), κομποστοποιήθηκαν $45 \cdot 10^6$ t (18%) και αποτεφρώθηκαν $50 \cdot 10^6$ t (20%) (Eurostat, 2011).

Υφιστάμενη κατάσταση στην Ε.Ε.

Η ΕΕ προωθεί την αειφόρο και φιλική για το περιβάλλον διαχείριση απορριμμάτων με σκοπό την διαφύλαξη της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος θεσπίζοντας τέσσερις βασικές, γενικές αρχές (2008/98/ΕΕ):

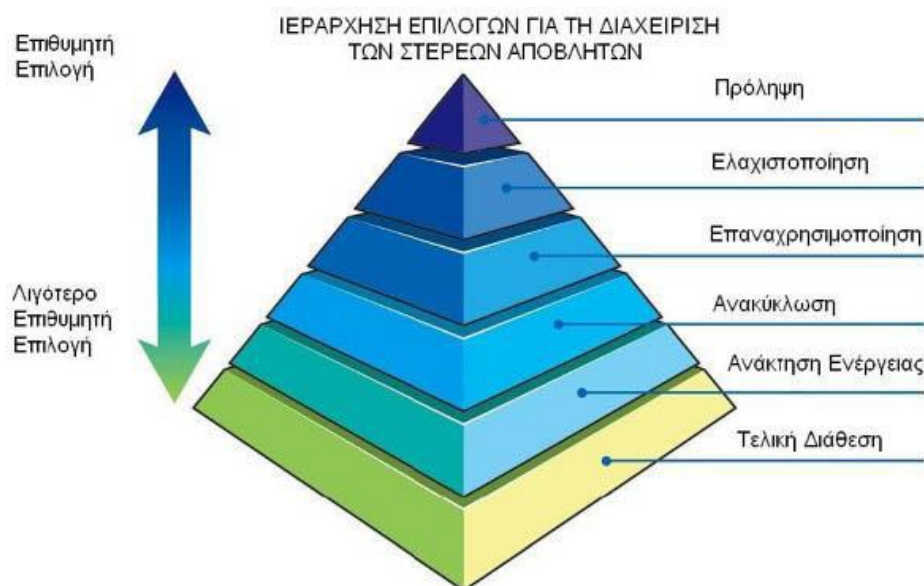
- Την αρχή της πρόληψης: η ελαχιστοποίηση της παραγωγής των στερεών αποβλήτων
- Την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»: η επιβολή προστίμων (χρηματικών ή ποινικών) σε όποιον προκαλεί οποιαδήποτε ζημία στο περιβάλλον
- Την αρχή της προφύλαξης: η λήψη μέτρων για την προφύλαξη του περιβάλλοντος από τη ρύπανση των αποβλήτων
- Την αρχή της γειτνίασης: η διάθεση και διαχείριση των αποβλήτων θα πρέπει να γίνεται κοντά στον τόπο παραγωγής τους

Η πολιτική της ΕΕ για τα απόβλητα στηρίζεται σε μια έννοια που είναι γνωστή ως ιεραρχία διαχείρισης των αποβλήτων και θεσπίζεται στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 75/442/ΕΟΚ, με βάση την οποία οι διάφορες εναλλακτικές επιλογές διαχείρισης των αποβλήτων χαρακτηρίζονται από «βέλτιστες» ως «χειρίστες» από περιβαλλοντική σκοπιά.

Οι επιλογές αυτές είναι:

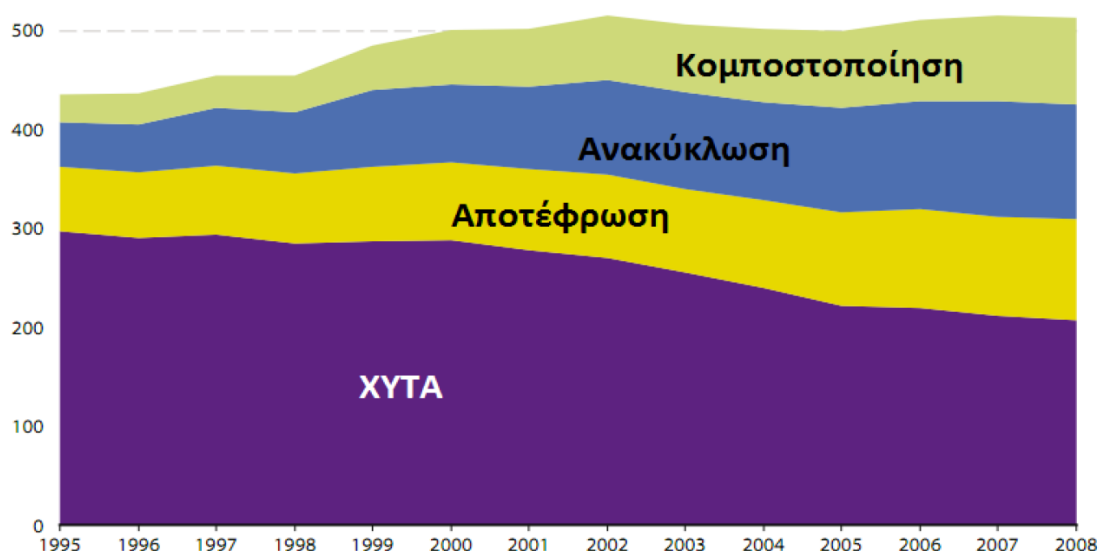
- Πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων
- Επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος
- Ανακύκλωση ή λιπασματοποίηση του προϊόντος
- Ανάκτηση της ενέργειας μέσω αποτέφρωσης
- Διάθεση σε χώρο υγειονομικής ταφής

Αυτό σημαίνει ότι, ιδανικά, τα απόβλητα πρέπει να προλαμβάνονται και ότι δεν μπορεί να προληφθεί πρέπει να επαναχρησιμοποιείται, να ανακυκλώνεται και να ανακτάται όσο είναι εφικτό, ενώ η υγειονομική ταφή πρέπει να αποτελεί την έσχατη λύση αφού είναι η πιο επιβλαβής επιλογή για το περιβάλλον. Η παραπάνω ιεράρχηση δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως απόλυτος κανόνας, δεδομένου ότι διαφορετικές μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων μπορεί να έχουν διαφορετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Συνεπώς, αν κάποια, χαμηλότερης θέσης στην ιεράρχηση εναλλακτική επιλογή επιφέρει λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε συγκεκριμένες συνθήκες, πρέπει και να προτιμάται. Ωστόσο ο στόχος μετάβασης σε μια κοινωνία ανακύκλωσης και ανάκτησης σημαίνει μετακίνηση σε ανώτερη θέση στην ιεράρχηση, απομάκρυνση από την υγειονομική ταφή και όλο και πιο εκτεταμένη ανακύκλωση και ανάκτηση.



Εικόνα 5.Πυραμίδα ιεράρχησης της διαχείρισης των αποβλήτων (Πηγή: European Environmental Agency, 2012)

Παρόλα αυτά, το 2010, στην ΕΕ τα αστικά απόβλητα κατέληγαν κατά 49% σε χώρους υγειονομικής ταφής, το 18% οδηγούταν προς αποτέφρωση ενώ το υπόλοιπο 33% προς ανακύκλωση και λιπασματοποίηση. Γενικά όμως, υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στα κράτη μέλη, οι οποίες κυμαίνονται από εκείνα τα οποία ανακυκλώνουν τις μικρότερες ποσότητες (90% ΧΥΤΑ, 10% ανακύκλωση και ανάκτηση ενέργειας) έως εκείνα που είναι ιδιαίτερα φιλικά με το περιβάλλον (10 % ΧΥΤΑ, 25% ανάκτηση ενέργειας και 65% ανακύκλωση).



Εικόνα 6.Χρονική εξέλιξη διαχείρισης ΑΣΑ στην Ε.Ε. (27) kg/κάτοικο (Πηγή: Eurostat, 2010)

Η ΕΕ υιοθέτησε το 2002 το 6^ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον, μια νέα περιβαλλοντική στρατηγική που καθορίζει στόχους και περιγράφει σε γενικές γραμμές τα μέσα με τα οποία η ΕΕ μπορεί να κινηθεί προς μια βελτιωμένη διαχείριση των αποβλήτων, για την περίοδο 2002-2012.

Ταυτόχρονα απλοποιεί σημαντικά και αποσαφηνίζει το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο, ευθυγραμμίζόμενη με τους στόχους της ΕΕ για καλύτερη νομοθεσία. Συγκεκριμένα, αφορά τέσσερις βασικούς τομείς:

- Κλιματική αλλαγή
- Βιοποικιλότητα
- Περιβάλλον και υγεία
- Αειφόρος χρήση των φυσικών πόρων και διαχείριση αποβλήτων

Για την αντιμετώπιση πιο εξειδικευμένων περιβαλλοντικών προβλημάτων, με τον οικονομικά αποδοτικότερο τρόπο το συγκεκριμένο πρόγραμμα ενθαρρύνει την ανάπτυξη επτά θεματικών στρατηγικών:

1. Ατμοσφαιρική ρύπανση
2. Πρόληψη και Ανακύκλωση Αποβλήτων
3. Προστασία και Διαφύλαξη του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος
4. Έδαφος
5. Αειφόρος Χρήση Φυτοφαρμάκων
6. Αειφόρος Χρήση Πόρων
7. Αστικό Περιβάλλον

Κάθε στρατηγική βασίζεται σε ενδεδειγμένη έρευνα και επιστημονική τεκμηρίωση και θέτει σαφείς περιβαλλοντικούς στόχους που θα πρέπει να επιτευχθούν έως το 2020. Η εφαρμογή τους έχει σκοπό να οδηγήσει την ΕΕ στον δρόμο που θα την μετατρέψει σε μια οικονομικά και περιβαλλοντικά αποτελεσματική κοινωνία ανακύκλωσης, η οποία θα επιδιώκει να προλάβει τη δημιουργία αποβλήτων και στις περιπτώσεις που δεν το μπορεί, να τα χρησιμοποιεί ως πόρο.

Συγκεκριμένα, η θεματική στρατηγική αποβλέπει στα εξής:

1. Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
2. Ανανεωμένη έμφαση στην πλήρη εφαρμογή της υπάρχουσας νομοθεσίας
3. Απλοποίηση και εκσυγχρονισμός της υπάρχουσας νομοθεσίας
4. Προώθηση πιο φιλόδοξων πολιτικών πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων
5. Καλύτερη γνώση και πληροφόρηση
6. Ανάπτυξη κοινών προτύπων αναφοράς για την ανακύκλωση
7. Περαιτέρω διαμόρφωση της πολιτικής της ΕΕ στον τομέα της ανακύκλωσης
8. Εισαγωγή της έννοιας του κύκλου ζωής στην πολιτική για τα απόβλητα

Παρ' όλη όμως την επιτευχθείσα πρόοδο, δύο σημαντικά προβλήματα παρατηρούνται σήμερα:

1. Η διαρκής αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων στερεών αποβλήτων, με ρυθμούς ανάλογους της οικονομικής ανάπτυξης. Η οικονομική ύφεση που βιώνουμε ενδεχομένως να έχει επηρεάσει πτωτικά την τάση αυτή.
2. Η αύξηση των ποσοτήτων των στερεών αποβλήτων τα οποία καταλήγουν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), παρά την αύξηση του ποσοστού της

ανακύκλωσης και της αποτέφρωσης, ως συνέπεια των διαρκώς αυξανόμενων παραγόμενων ποσοτήτων.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, οι τάσεις αυτές οφείλονται κυρίως στην **μη ικανοποιητική εφαρμογή** της νομοθεσίας για τα απόβλητα και στην ενίσχυση της χρήσης προτύπων (π.χ. χρήση κριτηρίων για το τέλος του κύκλου ζωής των αποβλήτων).

Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα

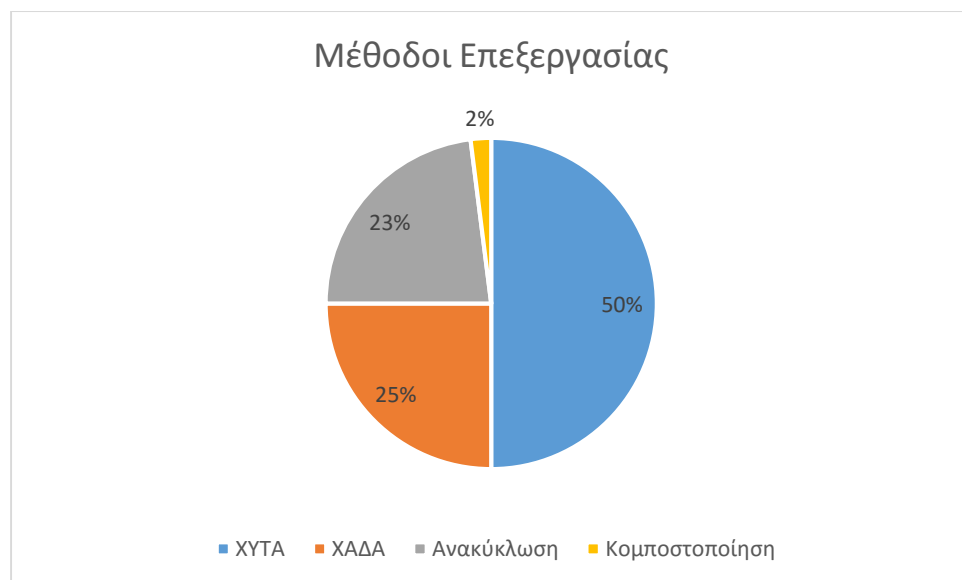
Στην Ελλάδα οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ), με την υποστήριξη των Περιφερειών, είναι υπεύθυνοι για τη συλλογή και μεταφορά των απορριμμάτων ενώ για την επεξεργασία και την τελική διάθεσή τους είναι οι Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ), με την υποστήριξη των Περιφερειών και της κεντρικής διοίκησης (ΥΠΕΚΑ, ΥΠΕΣ). Παρά όλα αυτά, το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων για τους περισσότερους δήμους χαρακτηρίζεται ανεπαρκές, καθώς υπάρχουν σοβαρές ελλείψεις σε εξοπλισμό και τεχνολογία, σε ανθρώπινο δυναμικό και σε χρηματοδότηση από το κράτος.

Οι ΦοΔΣΑ σήμερα, λειτουργούν τυπικά είτε ως Σύνδεσμοι των δήμων είτε ως Ανώνυμες Εταιρείες ενώ σε περιοχές της χώρας όπου δεν δύναται να ανταπεξέλθουν στις υποχρεώσεις τους είτε αδρανούν είτε το αντικείμενο τους υλοποιείται από άλλες νομικές οντότητες της αυτοδιοίκησης (δημοτικές ή διαδημοτικές επιχειρήσεις, Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης-Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) κλπ.) ή από υπηρεσίες των ίδιων των δήμων μέσω προγραμματικών συμβάσεων ή άτυπων συμφωνιών. Η ελάχιστη γεωγραφική περιοχή για τη σύσταση ενός ΦοΔΣΑ είναι η έκταση μιας διαχειριστικής ενότητας απορριμμάτων όμως επιτρέπεται η σύσταση ενός ΦοΔΣΑ που θα καλύπτει περισσότερες από μια διαχειριστικές ενότητες απορριμμάτων, εφ' όσον το επιθυμούν οι δήμοι των περιοχών αυτών. Σήμερα υφίστανται και λειτουργούν με όλες τις νομικές μορφές που αναφέρθηκαν παραπάνω, περίπου 96 ΦοΔΣΑ.

Με την εφαρμογή του Καλλικράτη προβλέπεται η σύσταση ΦοΔΣΑ με τη μορφή Συνδέσμων των δήμων, στους οποίους θα συγχωνευθούν οι σημερινοί ΦοΔΣΑ ανεξαρτήτως μορφής και η διαδικασία σύστασης και λειτουργίας των ως άνω συνδέσμων ΦοΔΣΑ θα καθορισθεί με Π.Δ. Σε κάθε περιφέρεια της χώρας θα αντιστοιχεί ένας ΦοΔΣΑ, με εξαίρεση τις νησιωτικές περιφέρειες Ιονίου, Βορείου και Νοτίου Αιγαίου, στις οποίες αντιστοιχεί ένας ΦοΔΣΑ σε κάθε Περιφερειακή Ενότητα. Έτσι, θα προκύψουν συνολικά 32 ΦοΔΣΑ - σύνδεσμοι ενώ για την Περιφέρεια Αττικής, προβλέπεται χωριστή ρύθμιση, με δημιουργία διαβαθμικού συνδέσμου (περιφέρεια – δήμοι).

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του Υπουργείου Εσωτερικών και των Περιφερειακών Σχεδιασμών Διαχείρισης Απορριμμάτων (2010), λειτουργούν 77 ΧΥΤΑ, προς εξυπηρέτηση 7.861.586 κατοίκων και ετήσια δυναμικότητα 3 εκατ. t. Συνολικά, βρέθηκε ότι από τους 5.981.000 t που εκτιμάται ότι παρήχθησαν το 2010, περίπου 3.031.570 t (50% των ολικών ΑΣΑ) διατίθενται σε ΧΥΤΑ. Επιπλέον, λειτουργούν 25 Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) και πρόκειται να κατασκευαστούν 82 νέοι, σύμφωνα με τους Περιφερειακούς Σχεδιασμούς Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΠΕΣΔΑ). Επίσης, υπάρχουν 3.036 Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) επίσημα καταγεγραμμένοι στο Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα (ΟΠΣ) του Υπουργείου Εσωτερικών (ΥΠΕΣ), από τους οποίους οι 316 είναι ενεργοί, οι 429 σε διαδικασία άμεσης αποκατάστασης και οι 2.291 έχουν ήδη αποκατασταθεί. Η μοναδική Περιφέρεια που έχει απαλλαχθεί πλήρως από ΧΑΔΑ

είναι η Δυτική Μακεδονία. Στους 316 ενεργούς ΧΑΔΑ διατίθενται περίπου 1.500.000 t ΑΣΑ, δηλαδή 25% των ολικών ΑΣΑ. Τα πρόστιμα, όμως, που επιβάλλονται από την ΕΕ για αυτούς τους ενεργούς ΧΑΔΑ ανέρχονται σε 34.000€ ανά ΧΑΔΑ ημερησίως, συνεπώς, στην Ελλάδα αναμένεται η επιβολή προστίμων της τάξεως των 10.744.000€ ημερησίως.



Εικόνα 7.Εκτίμηση υφιστάμενης κατάστασης για τους τρόπους διαχείρισης των ΑΣΑ στην ελληνική επικράτεια (Μπουρτσάλας, 2011)

Υπάρχουν πέντε εργοστάσια ανάκτησης βιοαερίου και παραγωγής ενέργειας τα οποία βρίσκονται στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων της Αττικής, στο ΧΥΤΑ Βόλου της Θεσσαλίας, στο ΧΥΤΑ Ταγαράδων Θεσσαλονίκης της Κεντρικής Μακεδονίας, στο ΧΥΤΑ Χανίων της Κρήτης και στο ΧΥΤΑ Καλαμάτας της Πελοποννήσου.

Πίνακας 3.Τα χαρακτηριστικά των πέντε εργοστασίων ανάκτησης βιοαερίου και παραγωγής ενέργειας της Ελλάδας (Μπουρτσάλας, 2011)

Τοποθεσία Ε.Μ.Α.Κ.	Έτος λειτουργίας	Δυναμικότητα	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ
Περιφέρεια Αττικής-Λιόσια	Μάρτιος 2001	300.000 τόνοι ΑΣΑ το έτος	23,5 MWe , 9,5 MWth
Περιφέρεια Θεσσαλίας- Βόλος	Ιούνιος 2008	110.000 τόνοι το έτος	1,25 MW (προβλεπόμενη νέα ισχύς :1,7MW)
Περιφέρεια Κ. Μακεδονίας- Ταγαράδες	Δεκέμβριος 2006	637.000 τόνοι/έτος	5 MW
Περιφέρεια Κρήτης-Χανιά	2005	70.000 τόνοι/έτος	2,3 MW
Περιφέρεια Πελοποννήσου- Καλαμάτα		20.000-40.000 τόνοι/έτος	
ΣΥΝΟΛΟ			32,5 MW

Η Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης και Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) είναι αρμόδια για την αξιοποίηση και ανακύκλωση ΑΣΑ. Η ΕΕΑΑ, σε συνεργασία με τους ΟΤΑ, είναι υπεύθυνη

για τη συλλογή (π.χ. διαθέτοντας μπλε τσάντες στα νοικοκυριά και τοποθετώντας μπλε κάδους στους ΟΤΑ, τη μεταφορά (με ειδικά οχήματα συλλογής) και διάθεση των ΑΣΑ σε ειδικά Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ). Χαρακτηριστικό είναι ότι στις Περιφέρειες Ανατολικής Μακεδονίας/Θράκης και Βορείου Αιγαίου δεν υπάρχουν ΚΔΑΥ, δεν υπάρχει κανένας τρόπος αξιοποίησης απορριμμάτων και όλα τα ΑΣΑ διατίθενται σε ΧΥΤΑ και ΧΑΔΑ. Είναι αναγκαία η περαιτέρω προώθηση της ανακύκλωσης και της αξιοποίησης των χρήσιμων υλικών που απορρίπτονται και επίσης του ζυμώσιμου κλάσματος των ΑΣΑ, διαμέσου της ανάκτησης του ενεργειακού τους περιεχόμενου, διότι εκτός των πολλαπλών θετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχουν, θα απαλλάσσουν τους ΟΤΑ και τους ΦοΔΣΑ από την πλήρη εξάρτηση από την ταφή, που οδηγεί σε αναζήτηση νέων χώρων, κατάχρηση πόρων και κοινωνικές αντιδράσεις για την χωροθέτηση τους (σύνδρομο “Not In My Back Yard”). Υπάρχουν πέντε εργοστάσια Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ), ένα στην Αττική (Άνω Λιόσια), δύο στην Κρήτη (Χανιά και Ηράκλειο), ένα στα Ιόνια νησιά (Κεφαλονιά) και ένα στην Πελοπόννησο (Καλαμάτα). Τα τρία πρώτα εφαρμόζουν τη μέθοδο της κομποστοποίησης, ενώ τα ΕΜΑΚ του Ηρακλείου και της Κεφαλονιάς εφαρμόζουν τη μέθοδο της βιοξήρανσης.

Η συνολική ποσότητα ΑΣΑ που αξιοποιούνται στα πέντε υπάρχοντα ΕΜΑΚ της Ελλάδας, εκτιμάται σε 602.000 t. Από αυτό το ποσό, ένα εκτιμώμενο 20% μετατρέπεται σε εδαφοβελτιωτικό (κακής ποιότητας διότι προέρχεται από σύμμεικτα απορρίμματα) και το υπόλοιπο για επιχώσεις στους ΧΥΤΑ ή σε έργα οδοποιίας. Συγκεκριμένα, το εργοστάσιο Αττικής δέχεται 1.200 t ΑΣΑ καθημερινά σε 250 μέρες ετήσιας λειτουργίας και παράγει ημερησίως 180 t compost, 398 t καύσιμου υλικού (RDF), 1 t συμπιεσμένων κουτιών αλουμινίου υψηλής καθαρότητας και 24 t σιδηρούχων μετάλλων. Λόγω του ότι δεν υπάρχει ενδιαφερόμενη αγορά για το compost και το RDF, αυτά τα προϊόντα διατίθενται στον ΧΥΤΑ της Φυλής. Το εργοστάσιο μειώνει την μάζα που καταλήγει στο ΧΥΤΑ κατά περίπου 23%, το οποίο μετατρέπεται σε ατμό και CO₂.

Πίνακας 4.Συνοπτικά στοιχεία παραγωγής και διάθεσης ΑΣΑ στην Ελλάδα (Πηγή: Μπουρτσάλας, 2011)

	t/έτος	Ποσοστό επί των συνολικών ΑΣΑ
Συνολικά Παραγόμενα	5.981.290	100%
Ανακύκλωση από ΕΜΑΚ	867.287	14,5%
Ανακύκλωση από ΕΕΑΑ	511.159	8,5%
Συνολική ανακύκλωση	1.378.446	23%
Κομποστοποίηση	119.625	2,00%
Ταφή σε ΧΥΤΑ	3.031.571	50,6%
Ταφή σε ΧΑΔΑ	1.459.434	24,4%
Συνολική ταφή	4.490.000	75%

Το ΕΜΑΚ Λιοσίων έχει πολύ μεγαλύτερη δυναμικότητα από το ΕΜΑΚ Χανίων, 300.000 t έναντι 70.000 t το έτος αντίστοιχα και για το λόγο αυτό παράγει μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας. Τέλος, στο ΕΜΑΚ Χανίων παράγονται ανακυκλώσιμα υλικά προς πώληση ενώ το συνολικό ποσό ΑΣΑ που ανακυκλώνεται στην Ελλάδα, είτε από την ΕΕΑΑ, είτε από τα

πέντε ΕΜΑΚ, είτε με άλλους τρόπους, εκτιμάται σε 1.375.000 t ετησίως, δηλαδή 23% των συνολικά παραγόμενων ΑΣΑ.

Από τα παραπάνω στοιχεία αντιλαμβανόμαστε ότι στην Ελλάδα είμαστε ακόμα μακριά από την ευρωπαϊκή στρατηγική για την βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων, επιλέγοντας μεθόδους που βρίσκονται στον πάτο της πυραμίδας (sustainable waste management ladder) και είναι περίπου 20 χρόνια πίσω από την αντίληψη της Ευρώπης (και του δυτικού κόσμου γενικότερα) για την βιωσιμότητα. Ο κυρίαρχος τρόπος διαχείρισης στην Ελλάδα είναι η κατασκευή ΧΥΤΑ ή η μετατροπή των υπαρχόντων σε ΧΥΤΥ.

Αυτή η μετατροπή είναι μια κάποια λύση γιατί περιλαμβάνει την ανακύκλωση και την διαλογή στην πηγή, δύο βασικά στοιχεία της βιώσιμης διαχείρισης αλλά είναι ακόμα μακριά από την Ευρωπαϊκή λογική που απομακρύνεται από την εδαφική διάθεση σαν μέρος της λύσης.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός σχεδίου βιώσιμης διαχείρισης απορριμμάτων στην Ελλάδα δεν είναι μόνο ο δογματισμός και η αναχρονιστικότητα στον τρόπο σκέψης της πολιτικής ηγεσίας αλλά και οι κοινωνικές αντιδράσεις και αντιλήψεις. Πριν την εκπόνηση ενός οποιουδήποτε σχεδίου θα πρέπει να γίνει συστηματική και σωστή ενημέρωση του κοινού ώστε η πλήρης κατανόηση του μεγέθους του προβλήματος των απορριμμάτων να γίνει βίωμα και να εξηγηθούν επισταμένως η λογική και οι τεχνολογίες που διέπουν την Ευρώπη στην βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων και ακόμα θα πρέπει να γίνουν γνωστά τα οικονομικά οφέλη μιας τέτοιου είδους διαχείρισης καθώς αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό επιχείρημα στην σημερινή οικονομική κατάσταση.

1.4.Επεξεργασία ΑΣΑ

Εισαγωγή

Έχοντας ως δεδομένο τη διασύνδεση οικονομικής ανάπτυξης και κατανάλωσης καθώς και την αύξηση του πληθυσμού, είναι ασφαλές να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι ποσότητες των ΑΣΑ θα συνεχίσουν να αυξάνονται. Το πως μπορούν να διαχειριστούν, ώστε να έχουν τις λιγότερες δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, είναι ένα θέμα που επιβάλλεται να αντιμετωπιστεί ορθά, μέσω φιλικών προς το περιβάλλον διεργασιών.

Γενικά, σαν ανθρώπινη θεώρηση, είναι καλύτερη η πρόληψη των αρνητικών συνεπειών παρά η ανεύρεση της θεραπείας που πολλές φορές δεν είναι δυνατόν να βρεθεί. Έτσι λοιπόν και στην οικονομία, σαν προέκταση της ανθρώπινης φύσης, η πρόληψη σε βάθος χρόνου αποφέρει μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη από την λήψη διορθωτικών μέτρων. Από οικολογικής πλευράς η πρόληψη θα μπορούσε να έχει αποτρέψει τις μεγάλες καταστροφές που έχει προκαλέσει η ανθρώπινη δραστηριότητα και θα μείωνε τις ανάγκες για διορθωτικές και επανορθωτικές κινήσεις που είναι αμφίβολο αν θα έχουν πραγματικό αποτέλεσμα.

Η πρόληψη όπως εκφράζεται και από την κοινοτική οδηγία 2008/98/ΕΕ είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της πολιτικής της ΕΕ για την διαχείριση των απορριμμάτων. Η αρχή της πρόληψης, όπως χαρακτηριστικά αναγράφεται στην οδηγία, έχει χαρακτήρα ρυθμιστικό και διαχειριστικό και γίνεται προσπάθεια να συμβιβαστούν οι αντίρροπες τάσεις της οικονομικής ανάπτυξης-ανταγωνισμού και της προστασίας του περιβάλλοντος (όχι πάντα με μεγάλη επιτυχία). Ακόμα η οδηγία προβλέπει την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την ανάκτηση για άλλους σκοπούς, ώστε να μειωθεί η ποσότητα των αποβλήτων προς επεξεργασία και διάθεση.

Οι τρόποι διαχείρισης των αποβλήτων διαφέρουν ανάλογα με τις κοινωνικές αντιλήψεις, τη χρονική περίοδο, τις οικονομικές συνθήκες, το τεχνολογικό επίπεδο και την επιστημονική έρευνα. Η αποτέφρωση-καύση αποτελούσε για ένα σημαντικό κομμάτι της ιστορίας τον κυρίαρχο τρόπο διαχείρισης των αποβλήτων. Πολύ αργά στην ιστορία, μετά την βιομηχανική επανάσταση, η επιστημονική έρευνα απέδειξε ότι η καύση ήταν ιδιαιτέρως επιζήμια για το περιβάλλον και τον άνθρωπο και εγκαταλείφθηκε. Τα τελευταία 30 χρόνια όμως η τεχνολογία επεξεργασίας των αέριων ρύπων και των στερεών υπολειμμάτων της καύσης την έχουν καταστήσει ένα τρόπο επεξεργασίας πράσινο και φιλικό προς το περιβάλλον ενώ ακόμα η διεθνής εμπειρία μας έχει δείξει ότι η μονάδες καύσης μπορούν να συμβάλλουν στην πράσινη οικονομία και στην αειφόρο ανάπτυξη.

Οι κύριες μέθοδοι επεξεργασίας είναι οι ακόλουθοι:

- Ανακύκλωση
- Μηχανική – Βιολογική επεξεργασία
- Εδαφική διάθεση
- Θερμική επεξεργασία

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται αναλυτικά μόνο η θερμική επεξεργασία.

1.4.1.Θερμική επεξεργασία ΑΣΑ

Η θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ αποσκοπεί κυρίως στην ελάττωση του όγκου τους, τη μετατροπή τους σε λιγότερο επιβλαβή υλικά ή και στην ενεργειακή ανάκτηση του περιεχομένου τους (ΚΥΑ 114218, 1997).

Κατά την θερμική επεξεργασία τα ΑΣΑ μετατρέπονται σε στερεά, υγρά και αέρια προϊόντα, ενώ εκλύεται θερμότητα. Ανάλογα με την ποσότητα του παρόντος οξυγόνου, διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες:

- Αποτέφρωση-καύση (incineration-combustion)
- Αεριοποίηση (gasification)
- Πυρόλυση (pyrolysis)
- Τεχνική του πλάσματος (plasma technology)

Βασικός στόχος των θερμικών διεργασιών είναι η μείωση του όγκου των αποβλήτων και της επικινδυνότητάς τους και όχι μόνο η ανάκτηση ενέργειας.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα φυσικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στις θερμικές διεργασίες:

Πίνακας 5.Φυσικά στάδια που λαμβάνουν χώρα στις διάφορες θερμικές διεργασίες (Πηγή: Γιδαράκος, 2006)

Στάδια Διεργασίας	Ξήρανση	Πυρόλυση	Αεριοποίηση	Καύση
Στάδιο 1	Ξήρανση	Ξήρανση	Ξήρανση	Ξήρανση
Στάδιο 2		Πυρόλυση	Πυρόλυση	Πυρόλυση
Στάδιο 3			Αεριοποίηση	Αεριοποίηση
Στάδιο 4				Καύση

Τη διαδικασία της θερμικής επεξεργασίας των αποβλήτων επηρεάζουν οι εξής παράμετροι:

- Η ομοιογένεια των αποβλήτων
- Το μέγεθος των κόκκων ή τεμαχίων και η κατανομή του μεγέθους
- Η ειδική επιφάνειά τους
- Η θερμική αγωγιμότητά τους
- Η θερμοκρασία ανάφλεξής τους
- Η δυνατότητα αποθήκευσής τους
- Το ειδικό βάρος τους
- Η θερμογόνος τιμή της καύσιμης ύλης
- Η ποσοτική σύνθεση της υπό καύση ύλης και της παραγόμενης στάχτης
- Η περιεκτικότητα σε πτητικά
- Η περιεκτικότητα σε επικίνδυνες ουσίες
- Η τήξη της παραγόμενης τέφρας

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας εξετάζεται η διεργασία της αποτέφρωσης.

Αποτέφρωση

Η αποτέφρωση αποτελεί ένα από τους τρόπους διαχείρισης των απορριμμάτων που επιτρέπει την αξιοποίηση και ανάκτηση του ενεργειακού τους περιεχομένου. Ανεξάρτητα από τον λόγο για τον οποίο επιλέχθηκε η καύση, δηλαδή αν έγινε για την επεξεργασία ή την παραγωγή ενέργειας, είναι σημαντικό να επιλέγονται οι βέλτιστες τεχνολογίες που ταιριάζουν στην σύσταση του κλάσματος των ΑΣΑ, στις περιβαλλοντικές συνθήκες στην περιοχή αλλά και στις ανάγκες της τοπικής κοινωνίας.

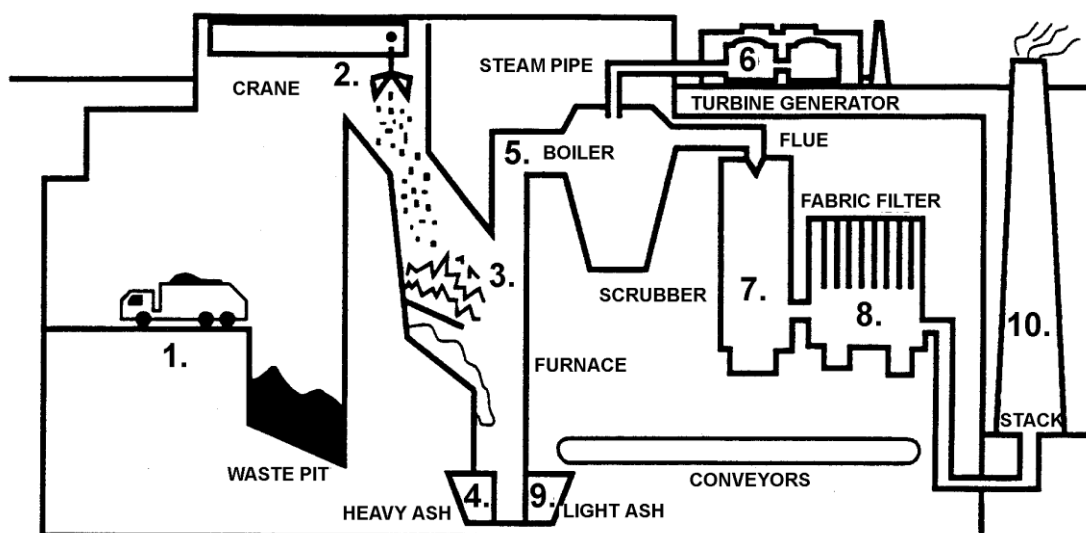
Σύμφωνα με τον Γιδαράκο (2006) η αποτέφρωση των στερεών αποβλήτων είναι η οξείδωση, δηλαδή η ένωση των χημικών στοιχείων που περιέχονται σε αυτά, με το οξυγόνο. Κατά την αποτέφρωση λαμβάνουν χώρα οι εξής φυσικές και χημικές διεργασίες:

- Ξήρανση του υλικού, σε θερμοκρασίες $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (εξάτμιση νερού)
- Πυρόλυση, σε θερμοκρασίες $> 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ (απομάκρυνση των πτητικών υλών)

- Έναυση, σε θερμοκρασίες 500-600 °C, ενίοτε με προσθήκη πετρελαίου. Το πετρέλαιο μπορεί να είναι αναγκαίο και για την διατήρηση της καύσης, αν η θερμογόνος δύναμη των ΑΣΑ δεν επαρκεί.
- Αεριοποίηση και καύση, σε θερμοκρασίες 850-1100 °C, όπου τα αέρια των προηγούμενων φάσεων οξειδώνονται πλήρως. (Σε θερμοκρασίες > 990 °C, ελαχιστοποιείται η έκλυση διοξινών, φουρανίων και άλλων εν δυνάμει επικίνδυνων ενώσεων).
- Ολοκλήρωση της καύσης. Η ολοκλήρωση της καύσης αποδίδει αρκετά αδρανποιημένο (ανόργανο) στερεό υπόλειμμα στο τέλος της εσχάρας.

Η European Commission (2000/76/EC) αναφέρει ότι η βασική δομή μιας μονάδας καύσης αποβλήτων περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Υποδοχή εισερχομένων αποβλήτων
- Αποθήκευση αποβλήτων και πρώτων υλών και προεπεξεργασία, όπου είναι απαραίτητο (επί τόπου ή σε άλλες εγκαταστάσεις)
- Τροφοδοσία αποβλήτων προς επεξεργασία
- Θερμική επεξεργασία αποβλήτων
- Ανάκτηση ενέργειας και μετατροπή (λέβητας)
- Καθαρισμός καυσαερίων
- Απομάκρυνση καυσαερίων
- Παρακολούθηση και έλεγχος των εκπομπών
- Έλεγχος και επεξεργασία των λυμάτων (προερχόμενα από την επιτόπου αποστράγγιση, την επεξεργασία των καυσαερίων, την αποθήκευση)
- Διαχείριση και επεξεργασία της προερχόμενης από την καύση τέφρας/τέφρας πυθμένα
- Απομάκρυνση/διάθεση στερεών υπολειμμάτων.



Εικόνα 8.Βασική δομή μονάδας καύσης ΑΣΑ (Πηγή:msuweb.montclair.edu)

Ανάλογα με την προεπεξεργασία των ΑΣΑ, δηλαδή αν είναι σύμμεικτα ή διαχωρισμένα, διακρίνουμε δύο ειδών μονάδες:

- **Μονάδες mass-fired**

Οι μονάδες τύπου mass-fired αποτελούν και την πλειοψηφία των μονάδων που λειτουργούν στην Ευρώπη. Έχουν το πλεονέκτημα ότι τα ΑΣΑ δεν χρειάζονται προεπεξεργασία αλλά και το μειονέκτημα ότι παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις στην ενεργειακή απόδοση που σχετίζεται με την ανομοιομορφία του προς επεξεργασία κλάσματος.

- **Μονάδες RDF-fired**

Οι μονάδες τύπου RDF-fired εισάγουν την έννοια της προεπεξεργασίας και της επαναχρησιμοποίησης στην διεργασία της αποτέφρωσης. Πριν την καύση γίνεται ανάκτηση και ανακύκλωση του γυαλιού, των μετάλλων και μέρους του χαρτιού και των πλαστικών.

Οι μονάδες αυτές πλεονεκτούν έναντι των mass-fired ως προς τις ενεργειακές διακυμάνσεις αλλά και τον καλύτερο έλεγχο των αερίων ρύπων, χρησιμοποιούνται όμως λιγότερο καθώς προϋποθέτουν μεγαλύτερο χώρο για την ανάπτυξη μονάδας προεπεξεργασίας.

1.4.2. Αποτεφρωτήρες

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι αποτεφρωτήρων που διαχωρίζονται ανάλογα με τον τρόπο που διακινούν τα απόβλητα μέσα στη ζώνη καύσης. Ο πιο κοινός τύπος είναι των κινούμενων εσχάρων ενώ ο λιγότερο χρησιμοποιούμενος είναι ο αποτεφρωτήρας ρευστοποιημένης κλίνης. Υπάρχει και ο αποτεφρωτήρας περιστρεφόμενου κλιβάνου αλλά αυτός χρησιμοποιείται κυρίως για ιατρικά απόβλητα και δεν έχει μεγάλη χρήση σε βιομηχανικού μεγέθους μονάδες.

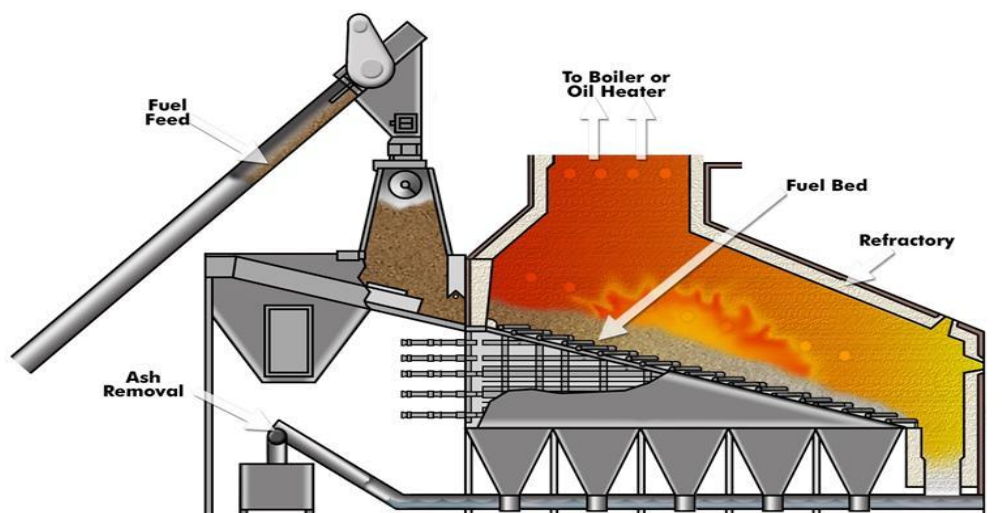
Σύμφωνα με την European Commission (2000/76/EC) οι προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν οι αποτεφρωτήρες των μονάδων καύσης απορριμμάτων είναι:

- Ακριβής ρύθμιση του πρωτογενούς αέρα
- Καμία μεταβολή στις διαστάσεις των διαθεσίμων ανοιγμάτων ροής για τον πρωτογενή αέρα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της εγκατάστασης
- Αποφυγή ανομοιογενειών στον πρωτογενή αέρα
- Μεταβλητότητα της ταχύτητας πρόωσης στις επιμέρους ζώνες.
- Καλή ανάμιξη
- Μικρή στροβίλωση σωματιδίων σκόνης
- Μικρές διαρροές υλικού από τη σχάρα (διαμέσου των ανοιγμάτων ροής αέρα)
- Αποφυγή της επικόλλησης τηγμένων υλικών στη σχάρα, όπως και της οξείδωσης των σχαρών
- Εύκολη αντικατάσταση των σχαρών
- Μακροί χρόνοι ακινησίας (διαστήματα συντήρησης)

Αποτεφρωτήρας κινούμενων εσχάρων

Είναι ο πιο κοινός τύπος αποτεφρωτήρα. Είναι ανθεκτικός και ικανός να διαχειριστεί κλάσματα ΑΣΑ με μεγάλη ανομοιομορφία.

Η θερμοκρασία καύσης κυμαίνεται από 850 έως 1100 °C και η τροφοδοσία γίνεται μέσω γερανού. Η σχάρα συνίσταται από πολλά μικρότερα τμήματα που επιτρέπουν στα ΑΣΑ να κατανέμονται ομοιόμορφα και έτσι να έχουμε καλύτερη απόδοση. Η τροφοδοσία του αέρα γίνεται κάτω από την σχάρα βοηθώντας στην ψύξη της. Η επανακυκλοφορία διασφαλίζει την πλήρη καύση. Τα απαέρια ψύχονται και η θερμότητα μεταφέρεται στο boiler. Από εκεί τα απαέρια οδηγούνται στο σύστημα επεξεργασίας αερίων. Η τέφρα απομακρύνεται και οδηγείται για περεταίρω επεξεργασία. Για την αποτελεσματικότερη καύση είναι απαραίτητο να ελέγχονται οι ταχύτητες τροφοδοσίας ΑΣΑ και αέρα.



Εικόνα 9. Μονάδα κινούμενων εσχάρων (Πηγή: pudeb.com)

Συνοπτικά οι αποτεφρωτήρες κινούμενων εσχάρων αποτελούνται συνήθως από τα εξής μέρη (European Commission, 2000/76/EC):

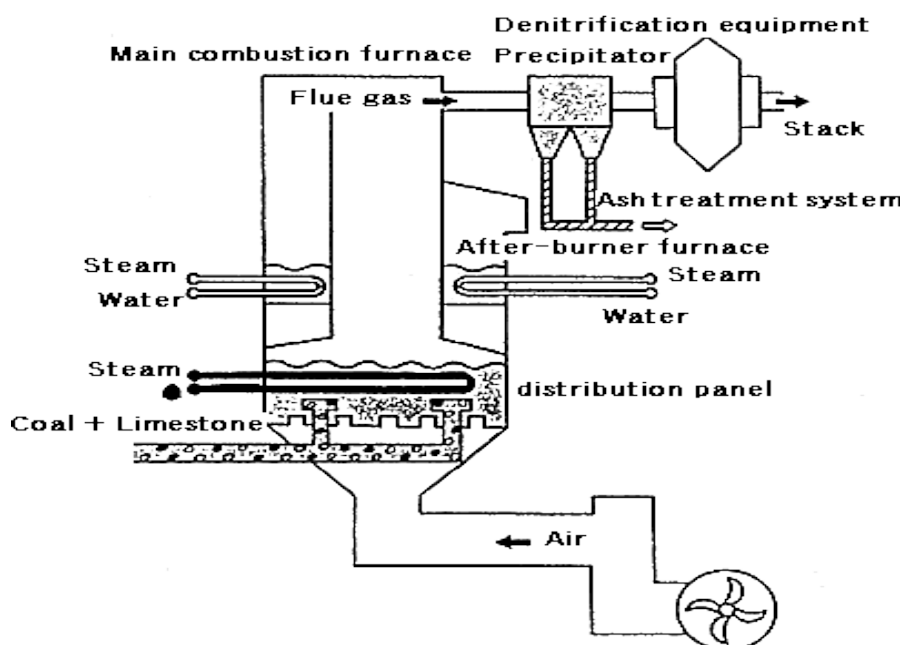
- Φρεάτιο τροφοδοσίας
- Μηχανική σχάρα (με ηλεκτρική ή υδραυλική κίνηση) και χοάνη υποδοχής των διαρροών από την εσχάρα
- Φλογοθάλαμος
- Δοχείο τέφρας
- Σύστημα εισαγωγής αέρα
- Σύστημα ελέγχου
- Βοηθητικοί καυστήρες για την εκκίνηση και διακοπή, όπως επίσης και για την εξασφάλιση μίας ελάχιστης θερμοκρασίας καύσης

Αποτεφρωτήρας ρευστοποιημένης κλίνης

Η θερμοκρασία καύσης κυμαίνεται από 750 έως 880 °C, τιμή που είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με τις άλλες τεχνολογίες αποτέφρωσης.

Η καύση γίνεται πάνω σε στρώμα άμμου, που αποτελείται από ενεργά υλικά για μείωση των εκπομπών SO_x. Η παροχή αέρα γίνεται διαμέσου διάτρητης πλάκας, κάτω από την κλίνη.

Συγκριτικά με τους αποτεφρωτήρες κινούμενων εσχάρων, αυτή η τεχνολογία δεν επιτρέπει μεγάλη ανομοιομορφία στην σύσταση των ΑΣΑ. Αυτό συμβαίνει γιατί το καύσιμο υλικό πρέπει να βρίσκεται σε συνεχή κίνηση.



Εικόνα 10. Μονάδα ρευστοποιημένης κλίνης (Πηγή: nett21.gec.jp)

1.4.3. Απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter, PM) αποτελούν μια σημαντική κατηγορία αέριας ρύπανσης. Ως PM (συνήθως καλούνται και σωματίδια) χαρακτηρίζεται κάθε σώμα, στερεό ή υγρό, εκτός του ύδατος, που βρίσκεται σε διασπορά και έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 0,0002 μm και μικρότερη από 500 μm περίπου. Η σκόνη, ο καπνός, η ιπτάμενη τέφρα αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αιωρούμενων σωματιδίων. Κάποια σωματίδια είναι αρκετά μεγάλα ή σκουρόχρωμα, ώστε καθίστανται ορατά σαν καπνός, ενώ άλλα είναι τόσο μικρά που δύναται να ανιχνευθούν μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Ορισμένα σωματίδια διαφεύγουν απευθείας από τις πηγές τους, όπως οι καπνοδόχοι και τα αυτοκίνητα. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, αέρια όπως CO, SO₂, NO_x, και VOC αντιδρούν με διάφορες ενώσεις του αέρα και δημιουργούν έτσι τα λεπτόκοκκα σωματίδια. Η φύση τους και

η χημική σύστασή τους ποικίλλει και εξαρτάται από την τοποθεσία, την εποχή του χρόνου και τις καιρικές συνθήκες. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων σε καθαρή ατμόσφαιρα είναι της τάξεως των $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Τα σωματίδια ταξινομούνται είτε ανάλογα με το μέγεθος τους, είτε ανάλογα με την προέλευση τους. Σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από $1 \mu\text{m}$ θεωρούνται ως σκόνη και λόγω του μικρού μεγέθους δεν αποτίθενται στο έδαφος αλλά συμπεριφέρονται ως αέρια. Σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από $10 \mu\text{m}$ συνήθως εναποτίθενται στο έδαφος. Τα σωματίδια της τέφρας που συναντώνται στα καυσαέρια ενός λέβητα με διάμετρο $100 \mu\text{m}$ ή μικρότερη ονομάζονται συνοπτικά ιπτάμενη τέφρα.

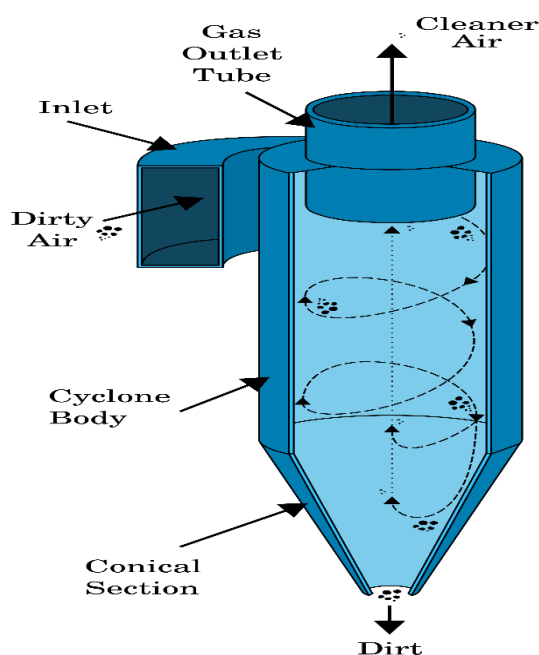
Η απόδοση συλλογής των σωματιδίων από τα καυσαέρια ποικίλει σημαντικά ανάλογα με το σύστημα αλλά συνήθως κυμαίνεται από 50% για απλά μηχανικά συστήματα, μέχρι και περισσότερο από 99% για τους ηλεκτροστατικούς κατακρημνιστές (Cooper&Alley, 2004).

Τα φίλτρα ιπτάμενων σωματιδίων χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Κυκλώνες
- Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές
- Σακκόφιλτρα
- Υγρές πληντρίδες

Κυκλώνες

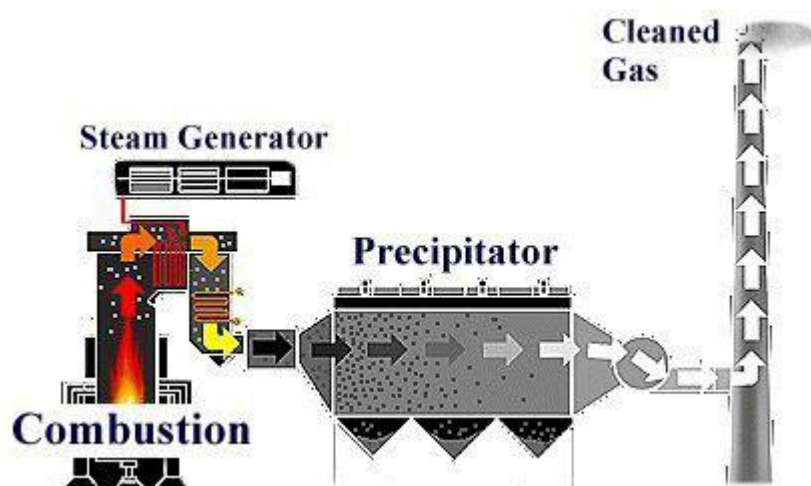
Στους κυκλώνες η φυγόκεντρος δύναμη χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των ιπτάμενων σωματιδίων. Τα αερίδια εξέρχονται του κυκλώνα από την κορυφή ενώ τα στερεά συλλέγονται από τον πάτο (Alvarez, 2006)



Εικόνα 11.Κυκλώνας (Πηγή: en.Wikipedia.org)

Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές

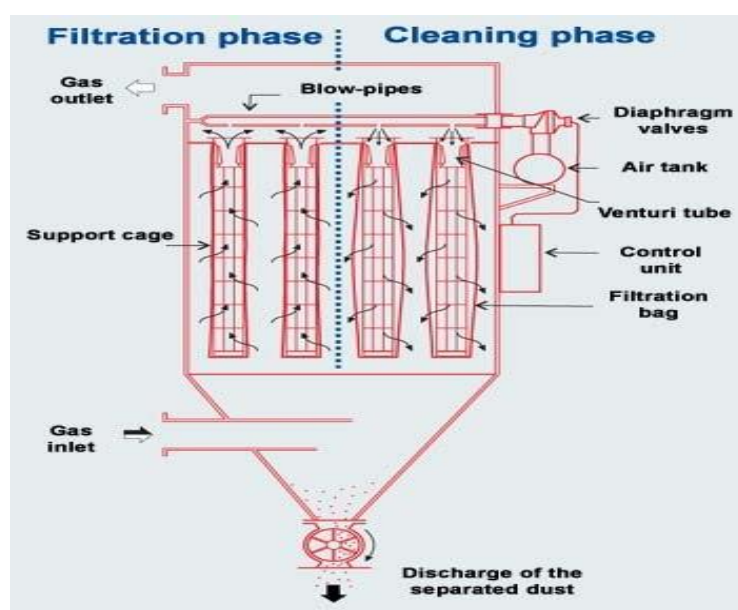
Τα απαέρια οδηγούνται διαμέσου δύο ηλεκτροδίων υψηλού ηλεκτρικού δυναμικού. Τα ηλεκτρόδια προσδίδουν αρνητικό φορτίο στα σωματίδια. Ο διαχωρισμός γίνεται όταν τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια προσκολλώνται σε θετικά φορτισμένο ηλεκτρόδιο. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την αρχή της διεργασίας καύσης γιατί παρουσιάζει υψηλή θερμική αντοχή (Alvarez, 2006)



Εικόνα 12. Ηλεκτροστατικός κατακρημνιστής (Πηγή: www.neundorfer.com)

Σακκόφιλτρα

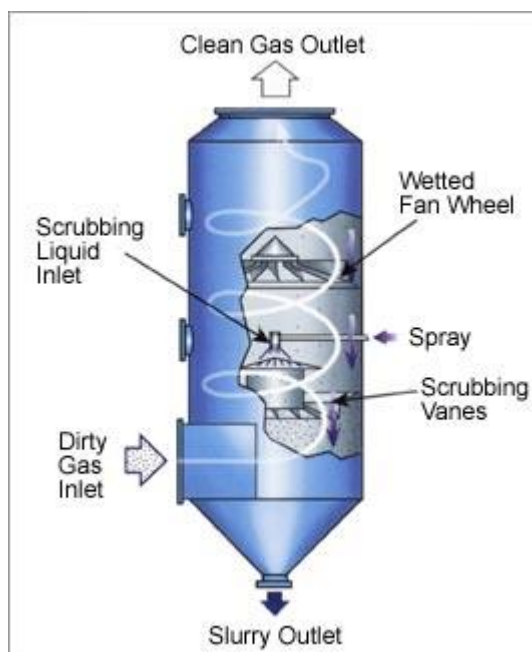
Τα σακκόφιλτρα είναι υφασμάτινα φίλτρα που απομακρύνουν τα σωματίδια παγιδεύοντάς τα σε ένα δίκτυο υφασμάτων σάκων. Όταν οι σάκοι γεμίζουν εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι για να αδειάσουν, όπως η ανάδευση, η εισαγωγή αέρα με ροή αντίθετη της ροής των απαερίων και ο υπερηχητικός καθαρισμός (Avfall, 2005)



Εικόνα 13. Σακκόφιλτρο (Πηγή: www.zvvz.cz)

Υγρές πληντρίδες

Οι υγρές πληντρίδες ψεκάζουν νερό ή/και διάλυμα έκπλυσης (π.χ. διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου) για να απομακρύνουν τα ιπτάμενα στερεά από τα αερία. Ο διαχωρισμός γίνεται με διάφορους μηχανισμούς όπως η πρόσκρουση ή η διάχυση. Το διάλυμα που περιέχει τα σωματίδια συλλέγεται από τον πάτο της πληντρίδας (Alvarez, 2006).



Εικόνα 14.Υγρή πληντρίδα (Πηγή:www.ustudy.in)

1.4.4.Επεξεργασία αερίων εκπομπών

Τα αέρια προϊόντα της αποτέφρωσης περιέχουν μια ποικιλία ουσιών που είναι επικίνδυνες για το περιβάλλον. Οι ουσίες που εκπέμπονται στα αέρια της καύσης συνοψίζονται παρακάτω (Hu et al., 2001):

- **Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2):** Ένας t ΑΣΑ με την καύση παράγει 0,7 ως 1,7 t διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο εκλύεται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα και συνεπώς συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO):** Είναι τοξικό αέριο και προκύπτει από την ατελή καύση των οργανικών ενώσεων. Υψηλές συγκεντρώσεις του στα καυσαέρια πρέπει να αποφεύγονται καθώς μπορεί να σχηματιστεί εκρηκτικό μίγμα.
- **Μεθάνιο:** Αν η καύση λαμβάνει χώρα κάτω από οξειδωτικές συνθήκες, τότε οι εκπομπές μεθανίου στα καυσαέρια είναι μηδενικές. Ωστόσο, σχηματίζεται στο φρεάτιο τροφοδοσίας, όπου, λόγω της υποπίεσης, μεταφέρεται στην εστία καύσης ως πρωτογενής αέρας καύσης και εκεί μετατρέπεται.
- **Υδροχλώριο:** Το 50% του χλωρίου που περιέχεται στα ΑΣΑ προέρχεται από PVC, το οποίο κατά την καύση μετατρέπεται σε HCl. Μέρος αυτού μπορεί να αντιδράσει περαιτέρω προς σχηματισμό άλλων ρύπων (χλωρίδια μετάλλων, ανόργανες ενώσεις).

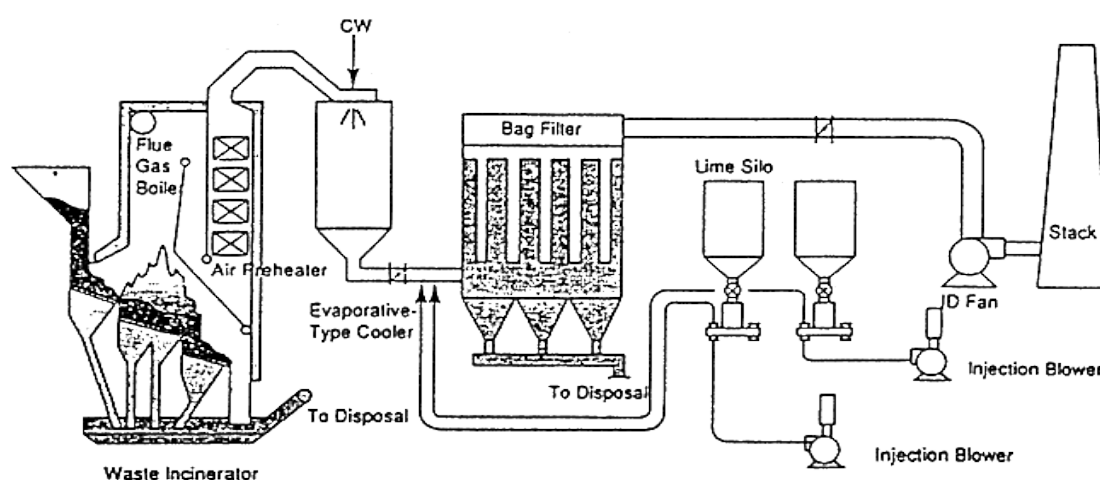
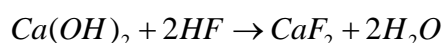
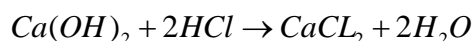
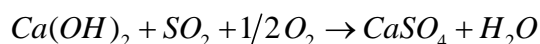
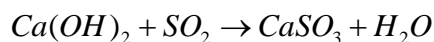
- **Υδροφθόριο:** Οι πηγές εκπομπής HF στις μονάδες καύσης είναι πιθανώς τα φθοριωμένα πλαστικά και τα φθοριωμένα υφάσματα.
- **Οξείδια θείου:** Αν τα απορρίμματα περιέχουν θειούχες ενώσεις, τότε πιο πιθανός είναι ο σχηματισμός διοξειδίου του θείου (SO_2) κατά την καύση. Όμως, κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες, είναι πιθανός και ο σχηματισμός SO_3 . Πηγές θείου στα απορρίμματα είναι το χαρτί, οι γυψοσανίδες, λυματολάσπη κλπ.
- **Οξείδια αζώτου:** Διάφορα οξείδια του αζώτου εκπέμπονται από τις μονάδες καύσης τα οποία μπορεί να είναι τοξικά, όξινα ή να έχουν επιπτώσεις στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Τα NO και NO_2 προέρχονται από την μετατροπή του αζώτου που περιέχεται στα απορρίμματα αλλά και στον αέρα καύσης. Στη δεύτερη περίπτωση, η ποσότητα που παράγεται είναι σημαντική σε θερμοκρασίες άνω των 1000°C .
- **Διοξίνες/Φουράνια (PCDD/F):** Από τους πιο επικίνδυνους ρύπους των καυσαερίων είναι οι διοξίνες, γνωστές και ως πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες (PCDD), οι οποίες αποτελούνται από δύο αρωματικούς δακτυλίους ενωμένους με ένα ζεύγος ατόμων οξυγόνου. Εξίσου επικίνδυνοι ρύποι είναι και τα φουράνια (PCDF), τα οποία διαφέρουν από τις διοξίνες μόνο στο ότι οι δύο αρωματικοί δακτύλιοι συνδέονται με ένα άτομο οξυγόνου. Η επικινδυνότητα και τοξικότητα των παραπάνω ουσιών συμβαδίζει με ενδείξεις για τη συμβολή τους σε διαδικασίες καρκινογένεσης σε ανθρώπους. Οι διοξίνες και τα φουράνια παράγονται σχεδόν σε όλες τις διαδικασίες καύσης, σε μικρές ποσότητες. Παρόλα αυτά, από εργαστηριακές δοκιμές, είναι γνωστό ότι μια θερμοκρασία δημιουργίας τους είναι οι 300°C και λαμβάνει χώρα στην αέρια φάση. Η δημιουργία διοξινών και φουρανίων ενθαρρύνεται με την αύξηση στην περιεκτικότητα του οξυγόνου ενώ βασική πηγή τους, κατά την αποτέφρωση των απορριμμάτων, θεωρείται η παρουσία οργανικών ενώσεων στα απορρίμματα, ιδιαίτερα στις συσκευασίες.
- **Υδράργυρος (Hg):** Εντοπίζεται σε μπαταρίες, θερμόμετρα, οδοντικά αμαλγάματα. Είναι πολύ τοξικό μέταλλο και χωρίς επαρκή έλεγχο, η καύση απορριμμάτων που περιέχουν υδράργυρο αυξάνει πολύ τις εκπομπές. Συνήθως, αναπτύσσεται μία ισορροπία μεταξύ του μεταλλικού υδραργύρου και του HgCl_2 . Σε περιπτώσεις υψηλής συγκέντρωσης υδροχλωρίου στα καυσαέρια, παραμένει στη μορφή HgCl_2 , που είναι πολύ πιο εύκολο να αφαιρεθεί από τα καυσαέρια.
- **Τοξικά μέταλλα:** Τέτοια είναι το κάδμιο, που βρίσκεται σε μπαταρίες, το θάλλιο, το αντιμόνιο, το αρσενικό, το χρώμιο, το νικέλιο κ.ά.. Πρόκειται για τοξικά και καρκινογόνα μέταλλα και η κατακράτησή τους εξαρτάται από τον αποτελεσματικό διαχωρισμό τους από τη σκόνη στην οποία είναι δεσμευμένα λόγω της τάσης ατμών των ενώσεών τους, κυρίως των οξειδίων.
- **Αμμωνία:** κατά την καύση ΑΣΑ, η αμμωνία προκύπτει σαν πρόσθετο κατά την επεξεργασία των καυσαερίων και πιο συγκεκριμένα, στην απομάκρυνση των νιτρικών οξέων.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν προσροφητικά υλικά, όπως ο άσβεστος και ο ενεργός άνθρακας για την μείωση των εκπομπών HCl , SO_2 , PCDD και υδραργύρου είναι η ξηρή, η ημίξηρη και η υγρή επεξεργασία.

Ξηρή επεξεργασία

Η διεργασία βασίζεται στην εισαγωγή ξηρού προσροφητικού υλικού στη ροή των αερίων και στη συνέχεια στην συλλογή αυτών με χρήση φίλτρων. Ένα μέρος του προσροφητικού υλικού μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Στην ξηρή διεργασία μπορεί να γίνει χρήση διάφορων αντιδραστηρίων όπως ασβεστόλιθος, CaCO_3 , CaO , άσβεστος και Ca(OH)_2 .

Εξίσωση 1. Αντιδράσεις απομάκρυνσης με Ca(OH)_2 ως προσροφητικό



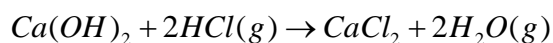
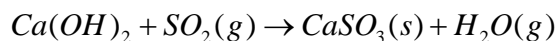
Εικόνα 15. Ξηρή διεργασία

Το στερεό υπόλειμμα της διεργασίας πρέπει να διατεθεί σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής Επικινδύνων Αποβλήτων (XYTEA).

Ημίξηρη επεξεργασία

Το προσροφητικό υλικό προστίθεται στο ρεύμα των καυσαερίων ως υδατικό διάλυμα. Σε αυτή τη διαδικασία η θερμότητα των καυσαερίων χρησιμοποιείται για την εξάτμιση του υγρού μέρους του διαλύματος για να αντιδράσει μετά το προσροφητικό υλικό με τις ουσίες που είναι προς μείωση.

Εξίσωση 2. Αντιδράσεις απομάκρυνσης με Ca(OH)_2 ως προσροφητικό



HZI Semi Dry System



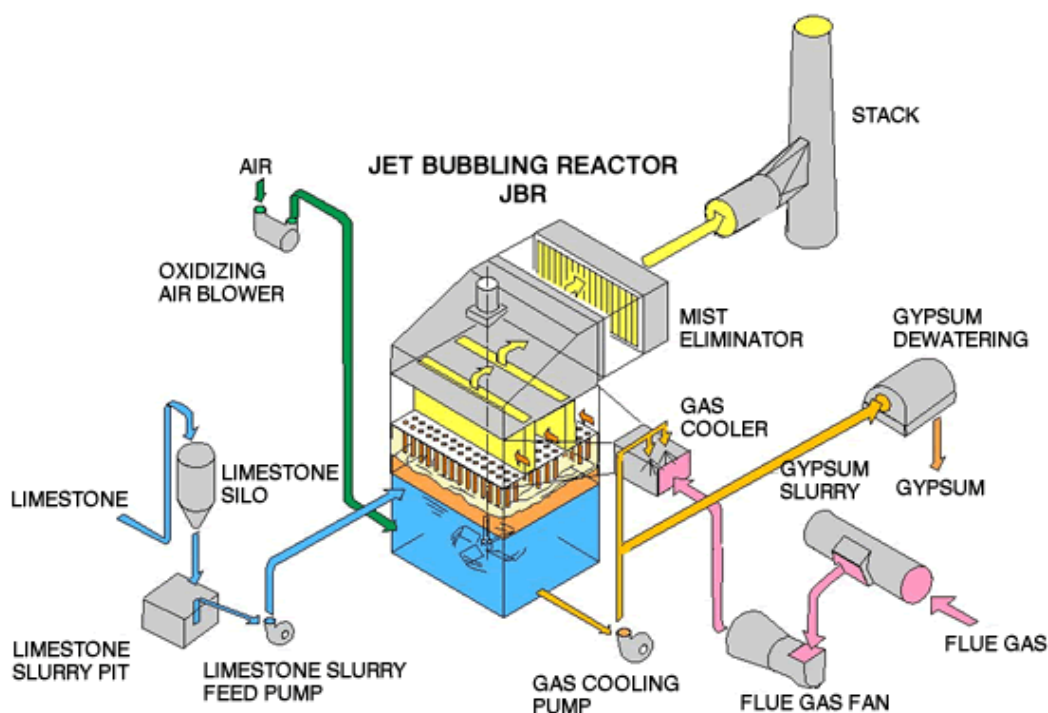
- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| 1 Flue gas inlet | 6 Residue discharge |
| 2 Additive injection | 7 Clean gas chamber |
| 3 Residue recirculation to reactor | 8 Water injection |
| 4 Raw gas inlet fabric filter | 9 Fluidised bed reactor |
| 5 Residue bunker | 10 Clean gas outlet |

Εικόνα 16. Ημίξηρη διεργασία (Πηγή: www.hz-inova.com)

Το στερεό υπόλειμμα της διεργασίας πρέπει να διατεθεί σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής Επικινδύνων Αποβλήτων (ΧΥΤΕΑ).

Υγρή επεξεργασία

Η υγρή επεξεργασία είναι πιο εξελιγμένη μέθοδος από τις άλλες δύο. Με αυτή τη μέθοδο οι τοξίνες απομακρύνονται από τα απαέρια σε τρία βήματα. **Βήμα πρώτο:** τα απαέρια ψύχονται στην θερμοκρασία κορεσμού. **Βήμα δεύτερο:** υγρή πληντρίδα με υγρό περιεχόμενο χαμηλού pH παγιδεύει HCl, HF, υδράργυρο και τοξικά μέταλλα. **Βήμα τρίτο:** η χρήση ασβεστού ανεβάζει το pH. Ο ασβεστός αντιδρά με το SO₂ και σχηματίζει θειώδες ασβέστιο που στη συνέχεια οξειδώνεται σε θειϊκό ασβέστιο. Μετά την υγρή επεξεργασία το συμπύκνωμα διοξινών που παραμένει απομακρύνεται με σακκόφιλτρο που περιέχει ενεργό άνθρακα.



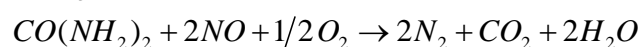
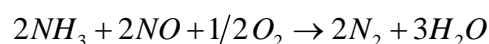
Εικόνα 17.Υγρή επεξεργασία (Πηγή:www.chiyoda-corp.com)

Τα σακκόφιλτρα που περιέχουν τις διοξίνες μπορούν να αποτεφρωθούν.

1.4.5.Μείωση εκπομπών NO_x

Για την μείωση των εκπομπών NO_x χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές τεχνολογίες, η επιλεκτική καταλυτική μείωση (Selective Catalytic Reduction, SCR) και η επιλεκτική μη καταλυτική μείωση (Selective Non Catalytic Reduction, SNCR). Τα κύρια συστατικά που χρησιμοποιούνται για την μείωση των NO_x είναι η NH₃ και η CO(NH₂)₂ (ουρία).

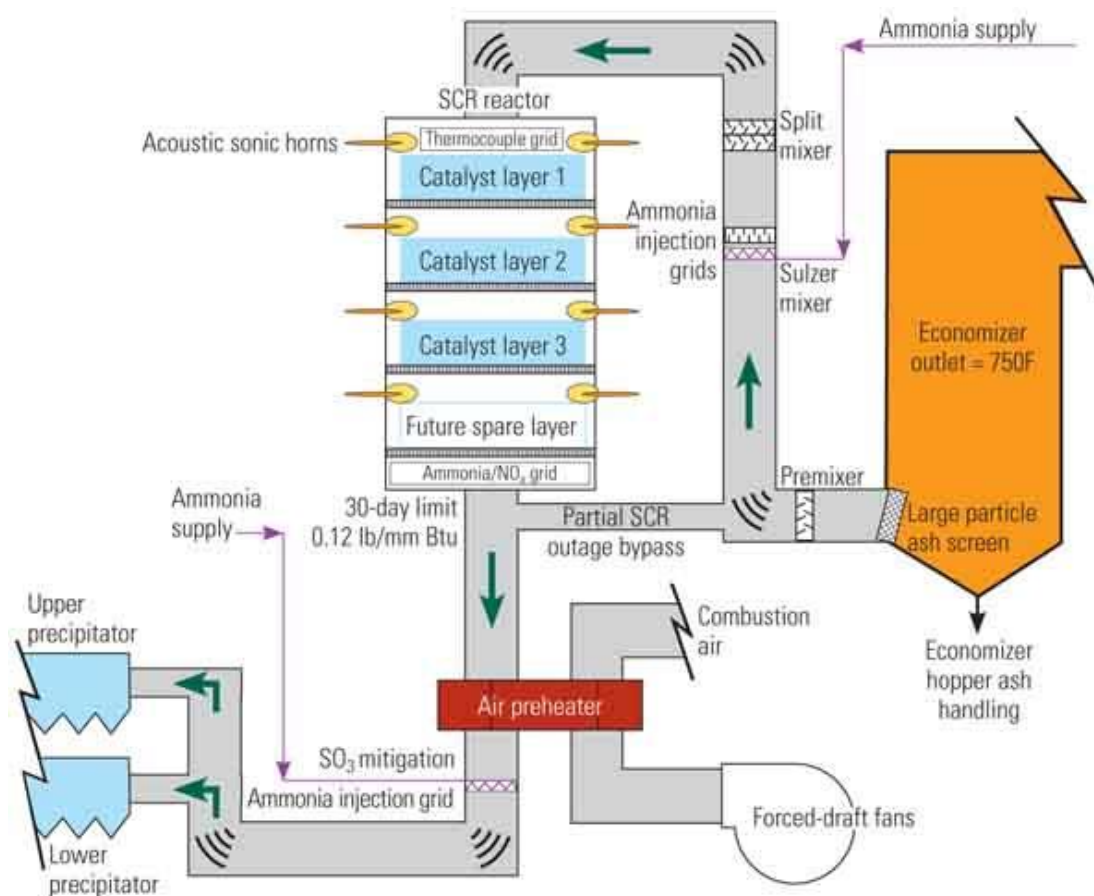
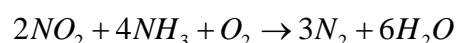
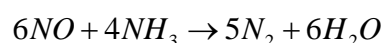
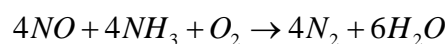
Εξίσωση 3.Κύριες αντιδράσεις απομάκρυνσης NO_x



Επιλεκτική καταλυτική μείωση - SCR

Η SCR χρησιμοποιεί NH_3 ως αναγωγικό και οξείδια του βαναδίου και του τιτανίου ως καταλύτες. Καθώς τα αερίδια διέρχονται από τον καταλύτη, η NH_3 αντιδρά με τα NO_x προς παραγωγή H_2O και αζώτου. Για να είναι αποτελεσματική η μέθοδος απαιτείται θερμοκρασία μεταξύ 180 και 450°C. Αυτό έχει ως συνέπεια την ανάγκη για επαναθέρμανση των αερίων μετά τα φίλτρα αφαίρεσης σωματιδίων καθιστώντας έτσι τη μέθοδο ενεργοβόρα. Η απόδοση της μεθόδου κυμαίνεται από 43-97% (Cembureau, 2006).

Εξίσωση 4. Αντιδράσεις απομάκρυνσης NO_x - SCR

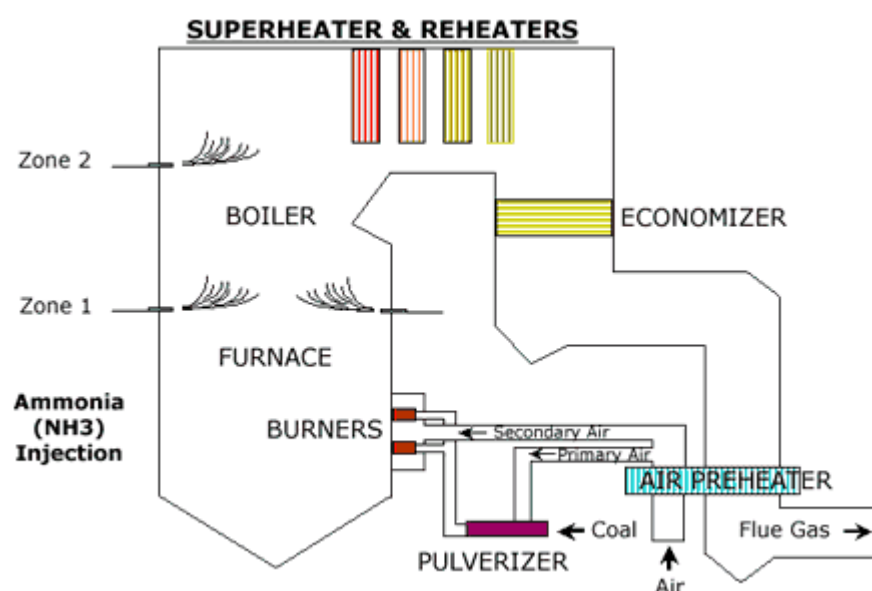
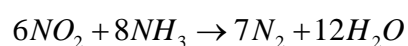
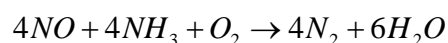


Εικόνα 18. Αντιδραστήρας SCR (Πηγή: qizhonglabs.com)

Επιλεκτική μη καταλυτική μείωση – SNCR

Η SNCR χρησιμοποιεί NH_3 ή $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ως αναγωγικό. Η NH_3 (ή η $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) εγχέεται στα απαέρια, που πρέπει να βρίσκονται σε θερμοκρασίες 850 έως 1100 °C και παράγονται H_2O και άζωτο. Η απόδοση της μεθόδου είναι 50-60%. Συγκριτικά με την SCR η SNCR είναι πολύ πιο απλή μέθοδος αλλά επειδή χρησιμοποιεί μεγαλύτερη ποσότητα αναγωγικών έχει υψηλότερο λειτουργικό κόστος. Σημαντικές παράμετροι για τη χρήση της μεθόδου είναι η καλή ανάμειξη των καυσαερίων και της NH_3 , με τη δημιουργία τυρβών και η παρατήρηση του βέλτιστου ελάχιστου χρόνου παραμονής στον αντιδραστήρα (Cembureau, 2006)

Εξίσωση 5. Αντιδράσεις απομάκρυνσης NO_x - SNCR



Εικόνα 19. Μέθοδος SNCR (Πηγή: www.hamonusa.com)

1.4.6. Παραγωγή ατμού

Boiler

Το boiler είναι το σημείο όπου γίνεται η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ των αερίων της καύσης και του νερού που τροφοδοτείται στην μονάδα. Αρχικά τα αερία θερμαίνονται στον προθερμαντήρα (air pre-heater). Στη συνέχεια το νερό ζεσταίνεται στον εξοικονομητή (economizer) και κατόπιν αεριοποιείται με την έκθεση του στη θερμότητα των αερίων στο boiler. Ο ατμός περνάει στον υπερθερμαστή (super heater) αυξάνοντας έτσι την θερμοκρασία του και τέλος ο υπερθερμασμένος ατμός οδηγείται στις τουρμπίνες (turbines) για παραγωγή ενέργειας. Εξοικονόμηση μπορεί να προκύψει εκτρέποντας μέρος του υπερθερμασμένου ατμού στον εξοικονομητή και στην προθέρμανση των αερίων.

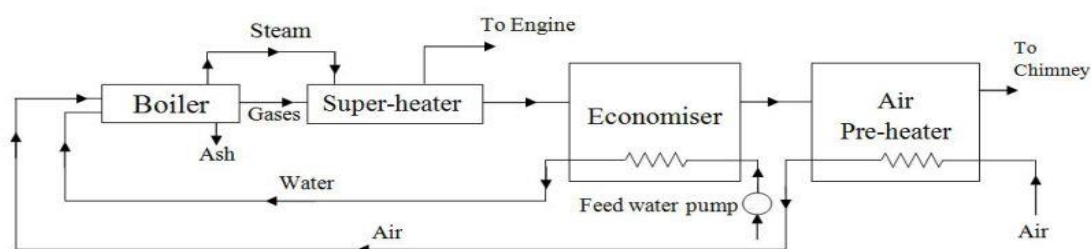
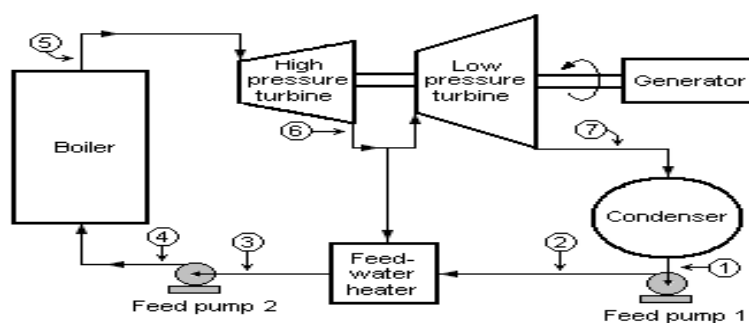


Fig- Schematic diagram of a boiler plant

Εικόνα 20. Απλή διάταξη boiler (Πηγή: mechaengineering.wordpress.com)

Κύκλος ατμού

Η κύρια πηγή ενέργειας σε μια μονάδα αποτέφρωσης προέρχεται από τη διεργασία της συμπύκνωσης. Η εξαγωγή αυτής της ενέργειας μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Ο ατμός περνάει από μια τουρμπίνα μη συμπύκνωσης (non-condensing turbine, back pressure turbine), όπου η συμπύκνωση γίνεται στο δίκτυο τηλεθέρμανσης. Εναλλακτικά γίνεται χρήση τουρμπινών υψηλής και χαμηλής πίεσης (HP and LP turbines, condensing turbines). Ο ατμός περνάει από υπερθερμαντές που υπάρχουν ανάμεσα στις τουρμπίνες. Η συμπύκνωση λαμβάνει χώρα σε συμπυκνωτή πριν το δίκτυο τηλεθέρμανσης. Μπορεί να γίνει συνδυασμός με χρήση αρχικά τουρμπινών συμπύκνωσης και στη συνέχεια μη συμπύκνωσης. Ανακυκλοφορία είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί από την τουρμπίνα υψηλής πίεσης και από τον συμπυκνωτή.



Εικόνα 21. Απλή διάταξη κύκλου ατμού (Πηγή: en.wikipedia.org)

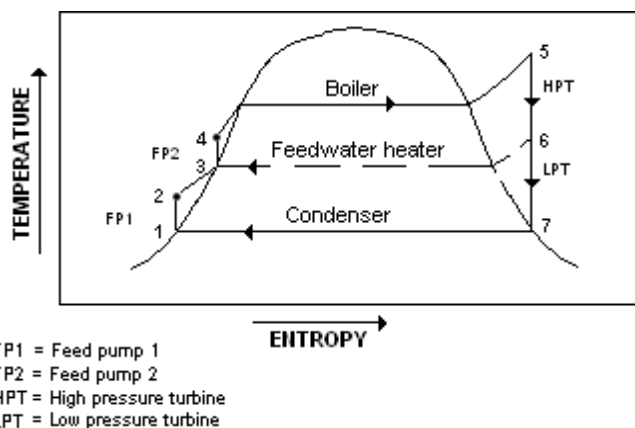
Οι συνήθεις επιλογές για τον κύκλο ατμού μιας μονάδας είναι, θερμοκρασία 400 °C και πίεσης 40 bar. Θερμοκρασία υψηλότερη των 400 °C μπορεί να προκαλέσει θερμική διάβρωση, η οποία για να ξεπεραστεί θα πρέπει οι σωλήνες του boiler να είναι κατασκευασμένες από κράμα χάλυβα, πράγμα που αυξάνει το επενδυτικό κόστος. Υψηλές τιμές θερμοκρασίας και πίεσης μπορούν να επιλεγούν αλλά αυτό επηρεάζει τη σχέση μεταξύ παραγόμενης θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (μεγαλύτερη παραγωγή θερμικής και χαμηλότερη ηλεκτρικής ενέργειας) καθώς και μεγαλύτερη καταπόνηση στα μηχανικά μέρη.

Κύκλος Rankine

Ο υπολογισμός της θεωρητικής ενέργειας που παράγεται από μια μονάδα περιγράφεται από τον κύκλο του Rankine. Ο κύκλος περιγράφει τις θερμοδυναμικές ιδιότητες ενός φορέα ενέργειας (energy carrier) ανάλογα με τη θερμότητα που εισάγεται και εξάγεται στο σύστημα.

Στις μονάδες συμπαραγωγής ο κύκλος του Rankine υπόκειται σε περιορισμούς που θέτονται από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες. Η μηχανική αντοχή και το μέγεθος της μονάδας για παράδειγμα είναι εσωτερικοί παράγοντες, εξωτερικοί είναι το τοπικό κλίμα, η ποιότητα του καυσίμου και οι εξωτερικές πηγές ψύξης όπως οι πύργοι ψύξης και το δίκτυο τηλεθέρμανσης.

Ένα παράδειγμα κύκλου Rankine με δύο τουρμπίνες (HP και LP), δύο βήματα αναθέρμανσης, ένα συμπυκνωτή, δύο αντλίες τροφοδοσίας και σύνδεση σε δίκτυο τηλεθέρμανσης παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα. Οι περιορισμοί που έχουν τεθεί είναι, θερμοκρασία 400 °C και πίεση 40 bar.



Εικόνα 22.Κύκλος Rankine με ενδιάμεση θέρμανση. (Πηγή: en.Wikipedia.org)

1.5.Στάση των πολιτών απέναντι στο πρόβλημα

Με την οδηγία 2008/98/ΕΚ τα κράτη μέλη θέσπισαν μέτρα έτσι ώστε οι καταναλωτές να ενθαρρύνονται ως προς τη διαδικασία πρόληψης, επαναχρησιμοποίησης, επεξεργασίας και αξιοποίησης των αποβλήτων.

Οι πολίτες ενημερώνονται πλήρως σχετικά με:

- Ιεράρχηση των αποβλήτων
- Τα συστήματα συλλογής στα οποία έχουν πρόσβαση
- Το ρόλο τους στην επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και τις άλλες μορφές αξιοποίησης των αποβλήτων
- Τις δυνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία ως αποτέλεσμα της παρουσίας επικίνδυνων ουσιών στα απόβλητα

Παρόλες τις προσπάθειες της ΕΕ και των θεσμικών οργάνων των υπόλοιπων χωρών δεν έχει ανοίξει πραγματικά και αποτελεσματικά η συζήτηση μεταξύ των πολιτών για την επεξεργασία των απορριμμάτων και τις προοπτικές αξιοποίησής τους. Η παραπληροφόρηση, η ημιμάθεια αλλά και οι επιστημονικές διενέξεις έχουν πολώσει το κλίμα (κυρίως στις ΗΠΑ) και δεν αφήνουν πεδίο για διάλογο.

Οι περιβαλλοντικές οργανώσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν τον δρόμο για πραγματική ενημέρωση έχουν αναλωθεί σε κινήσεις εντυπωσιασμού και υποκρισίας απαιτώντας αλλαγή πλεύσης στον τομέα του περιβάλλοντος χωρίς να θέτουν αιτήματα για αλλαγή του πολιτικού πλαισίου.

Στην Ελλάδα σύμφωνα με έρευνα της Alco κατά το 4^ο τρίμηνο του 2014 το 56% των πολιτών δηλώνει ότι θα επιθυμούσε μεγαλύτερη ενημέρωση για θέματα ανακύκλωσης και επεξεργασίας ΑΣΑ.

Γενικά, στην Ελλάδα, πάρα το γεγονός ότι αρκετοί δηλώνουν ενημερωμένοι και ευαισθητοποιημένοι πάνω στα περιβαλλοντικά θέματα, στην πράξη αποδεικνύεται το αντίθετο. Στην δημιουργία κατάλληλης περιβαλλοντικής συνείδησης δεν βοηθάει ούτε και η πολιτεία καθώς είτε οι επιλογές που κάνει για τη διαχείριση των απορριμμάτων έχουν οσμή σκανδάλων είτε δεν διέπονται από τη διεθνή εμπειρία και πρακτική.

Πρόσφατα παραδείγματα που ενισχύουν την καχυποψία του κόσμου είναι η πυρκαγιά στην μονάδα ανακύκλωσης στον Ασπρόπυργο και το σκάνδαλο με τον ΧΥΤΑ Πάφου.

2^ο Κεφάλαιο – Περιοχή μελέτης

2.1.Περιφέρεια Πελοποννήσου

Η Περιφέρεια Πελοποννήσου αποτελεί το νοτιότερο χερσαίο άκρο της χώρας και συγκροτείται από τους νομούς Αργολίδας, Αρκαδίας, Κορινθίας, Λακωνίας και Μεσσηνίας, καλύπτοντας συνολική έκταση 15.490 km², το οποίο αποτελεί το 11,7% της συνολικής έκτασης της χώρας.

Η διοίκηση της Περιφέρειας βρίσκεται στην Τρίπολη, η οποία είναι και πρωτεύουσα του Νομού Αρκαδίας.



Εικόνα 23.Χάρτης Περιφέρειας Πελοποννήσου (Πηγή : ΠΕΣΔΑΠ)

Ο συνολικός πληθυσμός της Πελοποννήσου ανερχόταν κατά το 2011 σε 638.942 κατοίκους, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 5,9% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Η πληθυσμιακή πυκνότητα της συγκεκριμένης Περιφέρειας είναι 41,2 κάτοικοι ανά km².

Το 37,1% του πληθυσμού της Περιφέρειας απασχολείται στον πρωτογενή τομέα, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της ΕΣΥΕ κατά το 2011, το 16,1% απασχολείται στον δευτερογενή τομέα, και το 46,8% στον τριτογενή. Επιπρόσθετα, το 46,1% του πληθυσμού είναι αστικός και το 53,9% είναι αγροτικός.

Η εν λόγω Περιφέρεια συνορεύει βορειοανατολικά, με την Περιφέρεια Αττικής και βορειοδυτικά με την Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας. Επιπρόσθετα, συνορεύει και βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος (ανατολικά και νότια), το Ιόνιο Πέλαγος (Δυτικά), τον Κορινθιακό και Πατραϊκό κόλπο (Βόρεια). Η Πελοπόννησος ενώνεται μέσω του Ισθμού της Κορίνθου με την

Αττική και μέσω της γέφυρας του Ρίου Αντιρρίου με την Αιτωλοακαρνανία. Οι μεγάλοι ορεινοί όγκοι αποτελούν το 50,1% της συνολικής της έκτασης, το 19,9% είναι πεδινό και το υπόλοιπο 30% είναι ημιορεινό.

Νομός Αρκαδίας

Ο Ν. Αρκαδίας βρίσκεται στο κέντρο της περιφέρειας Πελοποννήσου, συνορεύει με όλους τους άλλους νομούς της και μόνο στα ανατολικά βρέχεται από θάλασσα. Είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση (4.419 km²).

Ο νομός αποτελείται από τις επαρχίες Μαντινείας, με πρωτεύουσα την Τρίπολη, Γορτυνίας, με πρωτεύουσα τη Δημητσάνα, Κυνουρίας, με πρωτεύουσα το Λεωνίδιο και Μεγαλόπολης, με πρωτεύουσα τη Μεγαλόπολη. Με την εφαρμογή του σχεδίου Καλλικράτης περιλαμβάνει 22 δήμους και μια κοινότητα.

Το έδαφος του νομού είναι κυρίως ορεινό. Η οικονομία είναι βασικά γεωργική και κτηνοτροφική. Η τοπική γεωργική παραγωγή είναι δημητριακά, βύσσινα, κεράσια, πατάτες, όσπρια, λαχανικά, μήλα, αχλάδια, αμύγδαλα, καρύδια και κρασί. Αξιόλογη είναι και η εμπορική δραστηριότητα λόγω της θέσης του νομού. Υπάρχουν πάντως και βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες, αρκετές από τις οποίες συγκεντρώνονται στη Βιομηχανική Περιοχή της Τρίπολης.

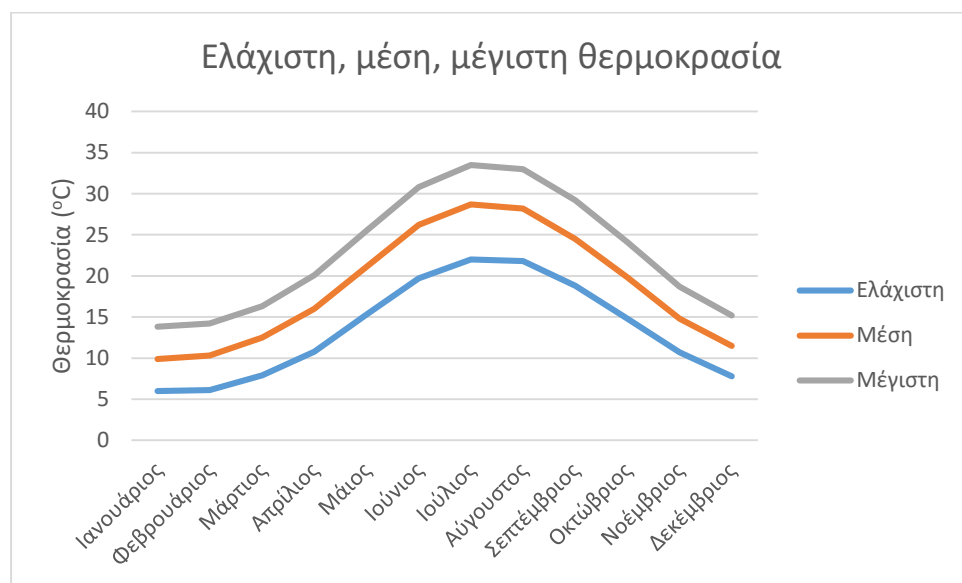
Από πλευράς ορυκτού πλούτου, στην περιοχή της Βυτίνας και των Δολιανών υπάρχουν λατομεία μαρμάρου. Στην περιοχή της Μεγαλόπολης υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα λιγνίτη όπου και λειτουργεί ο ατμοηλεκτρικός σταθμός της ΔΕΗ. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός της ΔΕΗ και το τεχνητό φράγμα του Λάδωνα αποτελούν σημαντικό έργο υποδομής για την Αρκαδία.

Ο νομός έχει πλήρως ανεπτυγμένο οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο. Από την Τρίπολη περνούν όλοι οι δρόμοι προς τη Νότια και Νοτιοδυτική Πελοπόννησο. Η λειτουργία της Εθνικής Οδού Τρίπολης-Αθηνών, αλλά και η επέκτασή της μέχρι την Καλαμάτα, είναι σημαντική για την εύκολη οδική πρόσβαση στον νομό, όπως και για την τοπική οικονομία.

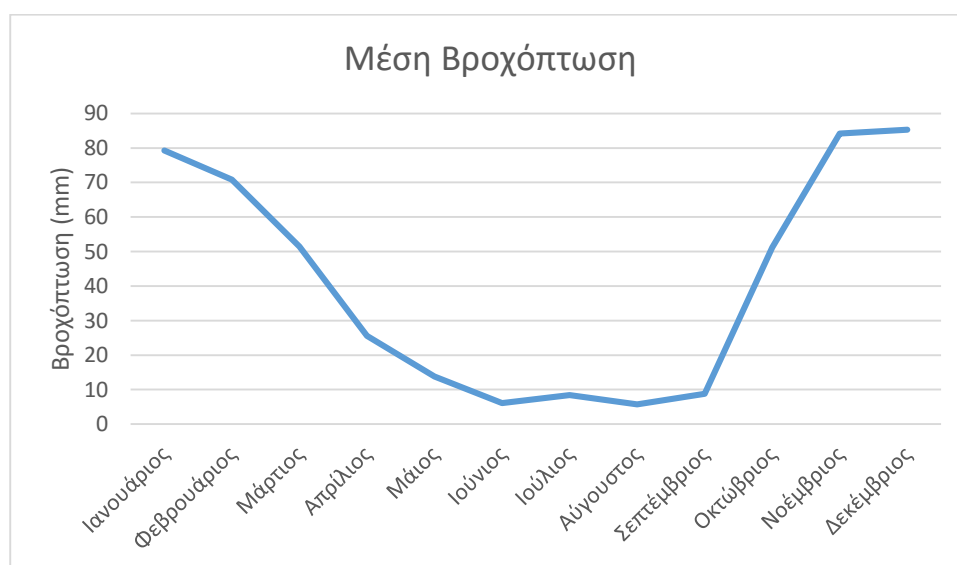
Σύμφωνα με την τελευταία απογραφή έχει 102.035 κατοίκους (ΕΛΣΤΑΤ, 2011) και πληθυσμιακή πυκνότητα 48 κατοίκων ανά km².

2.2.Κλίμα

Το κλίμα στο Ν. Αρκαδίας έχει το χαρακτήρα του μεσογειακού. Ξηρό έως υπέρξηρο, με υψηλή μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα και μικρές βροχοπτώσεις. Η μέση θερμοκρασία για την περίοδο 1981-2015 είναι 18,2 °C, η απόλυτη μέγιστη 41,4 °C, η μέση μέγιστη 31,7 °C, η απόλυτη ελάχιστη -2,2 °C, η μέση ελάχιστη 7 °C. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 250 mm, ο μέσος αριθμός ημερών βροχής 76,6 και ο μέσος αριθμός ημερών με χιονόπτωση 2,1.

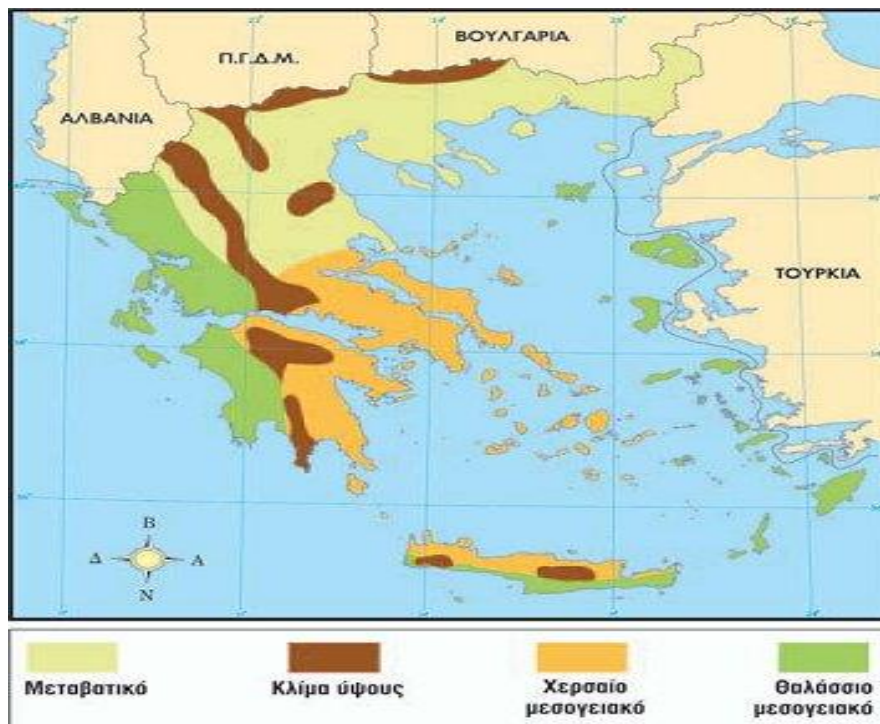


Εικόνα 24.Μέση, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία Ν. Αρκαδίας (EMY, 2015)



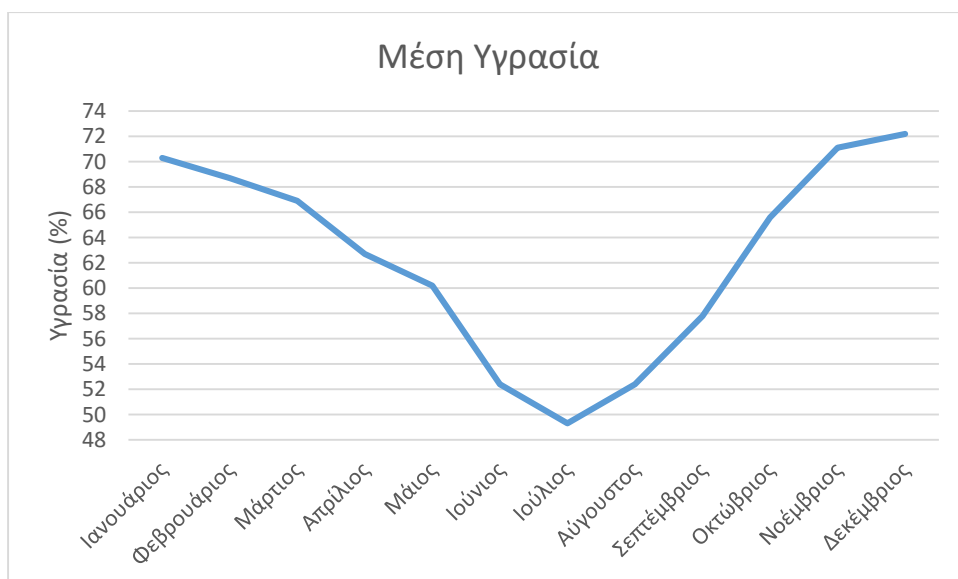
Εικόνα 25.Μέση βροχόπτωση Ν. Αρκαδίας (EMY, 2015)

Η περιοχή σύμφωνα με το κλιματικό χάρτη της Ελλάδας ανήκει στον Χερσαίο - μεσογειακό χαρακτήρα κλίματος, με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών κατά τη θερμή και ξηρή περίοδο μεγαλύτερο των 100 και μικρότερο των 125 ημερών.



Εικόνα 26.Κλιματικός χάρτης Ελλάδας (eBooks.edu.gr)

Οι περιοχές όπου βρίσκονται στα ψηλότερα υψόμετρα της περιοχής ανήκουν στον έντονο μέσο-μεσογειακό χαρακτήρα κλίματος, με αριθμό ξηρών ημερών κατά τη θερμή και ξηρή περίοδο, μεγαλύτερο των 75 ημερών και μικρότερο των 100 ημερών.



Εικόνα 27.Μέση υγρασία Ν. Αρκαδίας (EMY, 2015)

2.3.Ενέργεια

Στο Ν. Αρκαδίας παράγεται περίπου το 8% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ πανελλαδικά με τη συμβολή των θερμοηλεκτρικών και υδροηλεκτρικών σταθμών στη Μεγαλόπολη και τον Λάδωνα αντίστοιχα. Παρ' όλα αυτά παρουσιάζονται προβλήματα επάρκειας ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μεγαλύτερα εμφανίζονται κατά τους θερινούς μήνες όπου εισάγεται ρεύμα από σταθμούς εκτός Πελοποννήσου.

Το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου (ΕΣΜΦΑ), προβλέπει την κατασκευή αγωγού υψηλής πίεσης, μήκους 159 km, που θα συνδέει το ΕΣΜΦΑ από το σταθμό στους Αγίους Θεοδώρους του Ν. Κορινθίας μέχρι τον σταθμό ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ στη Μεγαλόπολη, ενώ θα διέρχεται από την ευρύτερη περιοχή των πόλεων της Κορίνθου, του Άργους, του Ναυπλίου και της Τρίπολης. Παρά τις εξαγγελίες κάτι τέτοιο δεν έχει υλοποιηθεί ακόμα. Σε ότι αφορά τις ΑΠΕ έχει αδειοδοτηθεί το φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 50 MW που προγραμματίζεται να εγκαταστήσει η ΔΕΗ Ανανεώσιμες στη Μεγαλόπολη.

Η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) διενήργησε κατά το χρονικό διάστημα Οκτωβρίου 2011 – Σεπτεμβρίου 2012, την Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά, με την οποία συλλέχθηκαν πληροφορίες αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας και τα επίπεδα κατανάλωσης για διαφορετικές χρήσεις (θέρμανση – ψύξη χώρων, ζεστό νερό χρήσης, μαγείρεμα, φωτισμός κ.α.) στον οικιακό τομέα, καθώς και τις ποσότητες και τα είδη των χρησιμοποιούμενων καυσίμων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, κατά μέσο όρο, κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει 13.994 kWh ετησίως για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του, οι ανάγκες ενός νοικοκυριού για θέρμανση χώρων και μαγείρεμα αποτελούν το 81% της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειάς του, ενώ συνολικά για την κάλυψη των ετήσιων ενεργειακών αναγκών του καταναλώνει πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρισμό σε ποσοστό 44,1% και 26,8 %, αντίστοιχα. Στο Ν. Αρκαδίας οι συνολικές ετήσιες ανάγκες ανέρχονται σε 475.950 MWh .

Πίνακας 6.Θερμικές και ηλεκτρικές ανάγκες περιοχής μελέτης (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2011)

Νομός Αρκαδίας	
Νοικοκυριά	34.011
Θερμική	348.409 MWh
Ηλεκτρική	127.541 MWh
Σύνολο	475.950 MWh

2.4.Παραγωγή, ποιοτική σύσταση και χρονική εξέλιξη ΑΣΑ

Σύμφωνα με τον ΠΕΣΔΑ, στο Ν. Αρκαδίας παρήχθησαν 46.623 t ΑΣΑ κατά το έτος 2011, με συντελεστή παραγωγής 1,32 kg /κάτοικο/ ημέρα. Για το έτος 2030 που αποτελεί και το έτος αναφοράς για τη σχεδιαζόμενη μονάδα προβλέπεται να παραχθούν 56.535 t ΑΣΑ.

Πίνακας 7.Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ (Πηγή: ΠΕΣΔΑΠ)

Παραγωγή ΑΣΑ	
	Νομός Αρκαδίας
2009	44.038 t
2010	45.270 t
2011	46.623 t
Πρόβλεψη 2030	56.535 t

Η ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ του Ν. Αρκαδίας συλλέχθηκε από τον Περιφερειακό Σχεδιασμό Διαχείρισης Απορριμμάτων Πελοποννήσου (ΠΕΣΔΑΠ):

Πίνακας 8.Σύσταση ΑΣΑ Ν. Αρκαδίας (Πηγή: ΠΕΣΔΑΠ)

Είδος	Ποσοστό
Ζυμώσιμα	41%
Χαρτί	29%
Πλαστικά	14%
Υφάσματα	2%
Λάστιχα	2,5%
Ξύλα	1%
Απορρίμματα κήπου	2%
Γυαλί	3,5%
Μέταλλα	3,5%
Αδρανή	1,5%

2.5.Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων

Στην Περιφέρεια υφίστανται οι εξής μονάδες επεξεργασίας:

- ΧΥΤΑ Κιάτου: Βρίσκεται στη θέση ‘Λιτσάρδα’ της περιοχής Μουλκίου του Δήμου Σικυωνίων, προς εξυπηρέτηση των Δήμων Σικυωνίων, Βέλου και Στυμφαλίας. Έχει συνολική έκταση 45 στρέμματα, και ο ενεργός χώρος ταφής είναι η Α φάση 10.950 m² και η Β φάση 5.830 m² και λειτουργεί από τον Μάρτιο του 2002. Σύμφωνα με τον Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας η δυναμικότητα του εν λόγω ΧΥΤΑ έχει σχεδόν εξαντληθεί, ενώ δέχεται 10.900 t το έτος. Υπεύθυνος φορέας λειτουργίας είναι η Διαδημοτική Επιχείρηση Καθαριότητας και Προστασίας Δήμων Σικυωνίων και Βέλου. Το Δεκέμβριο του 2014 η Ελλάδα καταδικάστηκε από το Δικαστήριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΔΕΕ). Σύμφωνα με την απόφαση του ΔΕΕ, η Ελλάδα παρέβη τις υποχρεώσεις που απορρέουν:
 1. Από την οδηγία 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα, μη λαμβάνοντας τα απαραίτητα μέτρα προκειμένου να διασφαλίσει ότι η διαχείριση των αποβλήτων στον ΧΥΤΑ Κιάτου πραγματοποιείται χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η ανθρώπινη υγεία και χωρίς να βλάπτεται το περιβάλλον
 2. Από την οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, καθώς ανέχεται τη λειτουργία του ΧΥΤΑ Κιάτου χωρίς ισχύουσα άδεια και δίχως να διασφαλίζει ότι ο κάτοχος των αποβλήτων, ή ο φορέας εκμετάλλευσης του εν λόγω ΧΥΤΑ, έχει τη δυνατότητα να αποδείξει ότι τα απόβλητα μπορούν να γίνουν δεκτά στον συγκεκριμένο χώρο σύμφωνα με τους όρους της άδειας
 3. Από την οδηγία 1999/31/ΕΚ, διότι οι ελληνικές αρχές δεν μερίμνησαν ώστε κατά τη λειτουργία του χώρου υγειονομικής ταφής αποβλήτων ο φορέας εκμετάλλευσης να έχει θέσει σε εφαρμογή το πρόγραμμα ελέγχου και παρακολουθήσεως
- ΧΥΤΑ Ξυλοκάστρου: Έχει κατασκευαστεί προς εξυπηρέτηση του Δήμου Ξυλοκάστρου, Ευρωστίνης και Φενεού (περίπου 30.000 κατοίκων) από το 2007, κόστισε 3 εκατομμύρια Ευρώ, αλλά δε λειτουργεί λόγω τεχνικών ελλείψεων
- ΕΜΑΚ Καλαμάτας: Είχε δυνατότητα επεξεργασίας 100 t την ημέρα και αξιοποίηση 20.000 έως 40.000 t το έτος. Ήταν η πρώτη μονάδα μηχανικής ανακύκλωσης και κομποστοποίησης στην Ελλάδα, η οποία είχε λειτουργήσει προβληματικά από το 1998 έως το 2002, έκλεισε και πλέον δε λειτουργεί λόγω γραφειοκρατίας αλλά αναμενόταν να επαναλειτουργήσει μέχρι το τέλος του 2010. Ο κακός σχεδιασμός και τα λάθη διαχείρισης οδήγησαν την μονάδα να κλείσει με δικαστική απόφαση

Επιπρόσθετα στην Περιφέρεια λειτουργεί ένα Κέντρο Διαλογής και Αξιοποίησης Υλικών (ΚΔΑΥ) στην Καλαμάτα, όπου σύμφωνα με την Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης και Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ), κατά το 2009, εξυπηρετήθηκαν 161.071 κάτοικοι με 1.938 κάδους και 7 κάδους. Κατά το ίδιο έτος ανακτήθηκαν 5.302 t αποβλήτων συσκευασίας και χαρτιού.

Στην εν λόγω Περιφέρεια υφίστανται 319 ΧΑΔΑ, εκ των οποίων οι 169 είναι αποκατεστημένοι, οι 79 είναι ενεργοί και οι 71 βρίσκονται σε διαδικασία άμεσης αποκατάστασης. Από τους 71 αυτούς ΧΑΔΑ οι 62 είναι με άδεια αποκατάστασης (30 υψηλής και μέσης επικινδυνότητας και 32 χαμηλής επικινδυνότητας) και οι 9 δεν έχουν άδεια

αποκατάστασης. Οι 30 ΧΑΔΑ υψηλής και μέσης επικινδυνότητας, που έχουν άδεια αποκατάστασης δεν έχουν χρηματοδοτηθεί, όπως επίσης και οι 32 ΧΑΔΑ χαμηλής επικινδυνότητας.

Τέλος, με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας στις 2 Αυγούστου 2010, οι 71 ανενεργοί ΧΑΔΑ επρόκειτο να κλείσουν μέσα στα επόμενα χρόνια. Μέχρι στιγμής 6 χρόνια μετά οι ΧΑΔΑ δεν έχουν κλείσει.

3^ο Κεφάλαιο - Μεθοδολογία

3.1.Στόχος

Ο κύριος στόχος της εργασίας είναι να εκτιμηθεί η πιθανότητα δημιουργίας μονάδας ΣΗΘΥΑ στο Ν. Αρκαδίας. Αυτό θα γίνει με την εκπλήρωση των παρακάτω προϋποθέσεων:

1. Εκτίμηση των ετήσιων ποσοτήτων ΑΣΑ και υπολογισμός της εκλυόμενης ενέργειας
2. Ανεύρεση των αναγκών σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια των κατοίκων του Ν. Αρκαδίας
3. Προσαρμογή ενός θερμοδυναμικά ορθού σχεδιαστικού μοντέλου στις ανάγκες της περιοχής
4. Εκτίμηση κόστους για τη συγκεκριμένη μονάδα
5. Προσαρμογή του οικονομικού και περιβαλλοντικού μοντέλου στις ανάγκες της περιοχής και χρήση των αποτελεσμάτων για την διερεύνηση της βιωσιμότητας μιας τέτοιας μονάδας

3.2.Περιορισμοί

Η θερμική επεξεργασία απορριμμάτων περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές τεχνολογίες όπως η αποτέφρωση, η πυρόλυση και η αεριοποίηση. Αυτή η εργασία θα περιοριστεί στην αποτέφρωση.

Σύμφωνα με τον ΠΕΣΔΑΠ η διαθέσιμη ποσότητα ΑΣΑ του Ν. Αρκαδίας θα ανέλθει σε περίπου 56.000 t κατά το έτος 2030. Η μονάδα θα σχεδιαστεί να επεξεργάζεται 61.000 t σε ετήσια βάση για να καλύψει τυχόν αύξηση στην παραγωγή ΑΣΑ καθώς και να επεξεργαστεί ένα μέρος των 62.768 t αγροτικών απορριμμάτων που προέρχονται από το κλάδεμα των δέντρων του Νομού. Ο υπολογισμός της θερμογόνου δύναμης των διαχωρισμένων κλασμάτων έγινε έμμεσα, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της στοιχειακής ανάλυσης των δειγμάτων και υπολογίζοντας θερμοδυναμικά το θερμικό περιεχόμενο.

Τα αποτελέσματα παρατίθενται στο 5^ο Κεφάλαιο.

3.3.Μέθοδος

Οι προδιαγραφές αυτής της μονάδας επιλέχθηκαν για ετήσια επεξεργασία 61.000 t ΑΣΑ.

Για τη διαστασιολόγηση της μονάδας τα απαραίτητα δεδομένα συλλέχθηκαν σε τρία βήματα:

1. Υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή:
 - Τρόποι διαχείρισης των ΑΣΑ και σύσταση
 - Τιμές ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας
 - Περιβαλλοντικοί κανόνες
 - Αποδοτικότητα υφιστάμενων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων
2. Ανάλυση των δεδομένων για επιλογή:
 - Τεχνολογία αποτέφρωσης
 - Αριθμός και μέγεθος καυστήρων
 - Επεξεργασία απαερίων
 - Τρόπος ψύξης
 - Μείωση NO_x
 - Επεξεργασία τέφρας και υπολειμμάτων
3. Τελική επιλογή μεγέθους της μονάδας και εκτίμηση των περιβαλλοντικών οικονομικών οφελών:
 - Συνολικό κόστος της μονάδας
 - Απόδοση σε σύγκριση με την ενεργειακή ζήτηση
 - Περιθώρια κέρδους
 - Υπολογισμός συνολικής ποσότητας απαερίων
 - Περιβαλλοντική σύγκριση με την υγειονομική ταφή και την κομποστοποίηση

3.4.Πειραματική διαδικασία

Προσδιορισμός υγρασίας, τέφρας, πτητικής ύλης

Το εργαστηριακό δείγμα αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά, δέρμα-ξύλο-ύφασμα-λάστιχο (ΔΞΥΛ), πλαστικά συσκευασίας και χαρτιά. Στο πεδίο έγινε η συλλογή του δείγματος και ο διαχωρισμός στα επιμέρους κλάσματα, ενώ η επεξεργασία και η προετοιμασία των δειγμάτων για τις απαραίτητες αναλύσεις έγινε στο εργαστήριο. Για τη συλλογή των ποσοτήτων απορριμμάτων από κάθε κλάσμα δεν χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός που ήταν πιθανό να αλληλοεπιδράσει με το δείγμα και να το αλλοιώσει. Για την παρασκευή του εργαστηριακού δείγματος χρησιμοποιήθηκε ο απαραίτητος εξοπλισμός ασφαλείας (γάντια, μάσκες) ενώ η μείωση του μεγέθους των υλικών έγινε με μαχαίρια και ψαλίδια (εργασία με το χέρι) ώστε να μην επηρεαστεί το περιεχόμενο σε υγρασία των απορριμμάτων.

Προσδιορισμός υγρασίας

Αντιπροσωπευτικό δείγμα ζυγίζεται σε αναλυτικό ζυγό με ακρίβεια 0,1 mg και θερμαίνεται για 24 ώρες στους 105 ± 3 °C. Στη συνέχεια φυλάσσεται σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας έως ότου έρθει σε θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου και κατόπιν ζυγίζεται ξανά. Η υγρασία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Υγρασία}\% = \left[\frac{W - B}{W} \right] \cdot 100$$

Όπου

W: Το αρχικό βάρος του δείγματος σε g

B: Το τελικό βάρος του δείγματος μετά την ξήρανση σε g

Προσδιορισμός τέφρας

Ο προσδιορισμός της τέφρας πραγματοποιείται κατά το πρότυπο ASTM E830 σύμφωνα με το οποίο τα δείγματα καίγονται σε θερμοκρασία 575 ± 25 °C για 1h. Μετά την καύση, τα δείγματα μεταφέρονται σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας, για την εξισορρόπηση των θερμοκρασιών μεταξύ του χωνευτηρίου και της ατμόσφαιρας. Κατόπιν ζυγίζονται στον αναλυτικό ζυγό και ο προσδιορισμός της τέφρας γίνεται από τη σχέση:

$$\text{Τέφρα}\% = \left[\frac{F - G}{W} \right] \cdot 100$$

Όπου

F: Βάρος χωνευτηρίου και τέφρας σε g

G: Βάρος χωνευτηρίου σε g

W: Αρχικό βάρος δείγματος σε g

Προσδιορισμός πτητικής ύλης

Ο υπολογισμός της γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ASTM E897. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό 1 g καλά ομογενοποιημένου και ξηραμένου δείγματος τοποθετείται σε προζυγισμένο χωνευτήριο το οποίο διαθέτει και καπάκι (closed crucible). Το χωνευτήριο στη συνέχεια τοποθετείται στον κλίβανο σε θερμοκρασία 950 ± 20 °C για 7 min. Έπειτα αφήνεται να έρθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέσα σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας. Η πτητική ύλη υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{ΠΥΞ}\% = \left[\frac{A - B}{A} \right] \cdot 100$$

Όπου

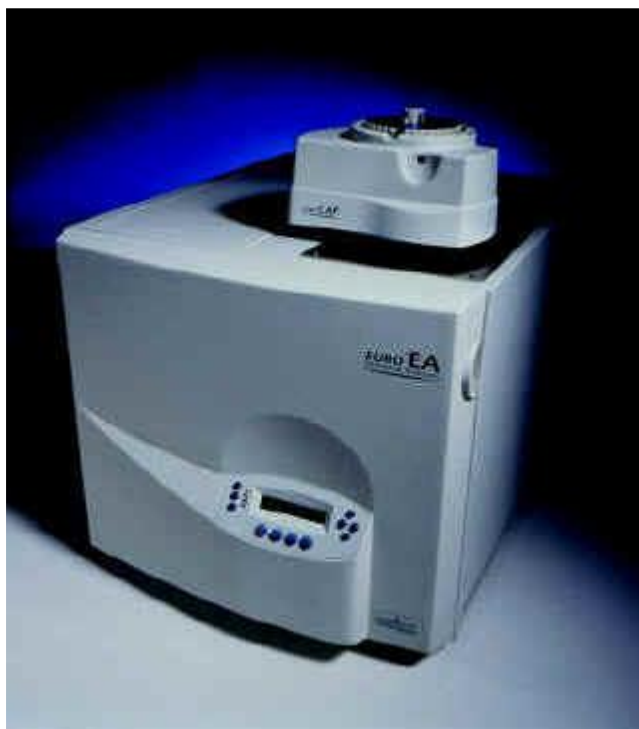
ΠΥΞ: Πτητική ύλη επί ξηρού

A: Βάρος δείγματος που αναλύεται σε g

B: Βάρος δείγματος μετά την καύση σε g

Προσδιορισμός άνθρακα, υδρογόνου, αζώτου και θείου.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός του άνθρακα, του υδρογόνου, του αζώτου και του θείου γίνεται με τον αυτόματο στοιχειακό αναλυτή EuroVector, Elemental Analysis CHNS-O. Ποσότητα δείγματος (mg) τοποθετείται σε μια κάψα κασσίτερου και στη συνέχεια πέφτει σε μια στήλη χαλαζία στους 1020 °C με σταθερή ροή ηλίου (He) (αέριο μεταφοράς). Μερικά δευτερόλεπτα πριν την πτώση των δειγμάτων στη στήλη καύσης, το ρεύμα αέρα εμπλουτίζεται με οξυγόνο υψηλής περιεκτικότητας για να επικρατήσει ένα ισχυρό οξειδωτικό περιβάλλον που εγγυάται την πλήρη καύση, ακόμη και των θερμικά ανθεκτικών ουσιών. Το αέριο καύσης οδηγείται μέσω μιας στήλης καταλυτών οξείδωσης, κατόπιν μέσω μιας επόμενης στήλης χαλκού που κατακρατεί τα οξείδια αζώτου και τις θεικές ενώσεις, που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της καύσης στην αναγωγή του στοιχειακού άζωτο και των οξειδίων του θείου. Τα προκύπτοντα τέσσερα συστατικά της καύσης ανιχνεύονται από έναν ανιχνευτή Θερμικής Αγωγιμότητας κατά σειρά N_2 , CO_2 , H_2O και SO_2 . Το σύνολο C, H, N, S υπολογίζονται με ακρίβεια 0,1 mg. Ο λόγος μεταξύ των στοιχείων είναι περισσότερο σημαντικός δεδομένου ότι ελαχιστοποιεί το σφάλμα του οργάνου. Το μέγεθος των δειγμάτων περιορίζεται από τη συνολική περιεκτικότητα σε άνθρακα. Ο στοιχειακός αναλυτής βελτιστοποιείται με τη χρήση 1-2 mg δείγματος, με μια συνολική περιεκτικότητα σε άνθρακα 80-200 μg . Αφού ολοκληρωθούν όλες οι διαδικασίες, γίνονται διορθώσεις ως προς τη βαρυτομετρική πίεση και ως προς άλλες παρεμβολές που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία της καύσης και λαμβάνονται καταγεγραμμένα τα συνολικά ποσοστά C, H, N, S συμπεριλαμβανομένων του άνθρακα των ανθρακικών ενώσεων, του υδρογόνου της υγρασίας και της ενυδάτωσης των πυριτικών ενώσεων.



Εικόνα 28. Αυτόματος στοιχειακός αναλυτής (Πηγή: eurovector.it)

Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη των δειγμάτων με τη βοήθεια αυτόματου θερμιδόμετρου AC-350 της LECO. Μία ποσότητα δείγματος τοποθετείται σε ειδικό υποδοχέα, μέσα από τον οποίο περνά ένα λεπτό σύρμα, που χρησιμοποιείται για την ανάφλεξή του. Η όλη συσκευασία τοποθετείται σε μία οβίδα υψηλής ανθεκτικότητας σε πίεση 440 psi και σε ατμόσφαιρα καθαρού O_2 . Η οβίδα περιβάλλεται από νερό, του οποίου η θερμοκρασία μετράτε με ένα ηλεκτρονικό θερμόμετρο ακριβείας 1/20.000 του ενός βαθμού Κελσίου. Σε ένα ισοθερμικό σύστημα υπάρχει δυνατότητα ανταλλαγής μερικής ενέργειας μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του νερού που περιβάλλει την οβίδα. Αυτό μπορεί να υπολογισθεί μετρώντας την αλλαγή θερμοκρασίας του νερού, όταν η οβίδα περιβάλλεται από νερό και πριν το δείγμα καεί.

Η θερμική ανταλλαγή λόγω συνθηκών περιβάλλοντος υπολογίζεται κατά τη διάρκεια της ανάλυσης. Ένας μικροεπεξεργαστής διαβάζει τη θερμοκρασία του νερού κάθε έξι λεπτά. Η επίδραση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπολογίζεται και τα αποτελέσματα διορθώνονται σύμφωνα με αυτή και με το μήκος του καμένου σύρματος. Επιπρόσθετα γίνεται διόρθωση βάσει της περιεκτικότητας N_2 , S και υγρασίας του δείγματος και εκτυπώνονται τα αποτελέσματα.

Με βάση την ανώτερη θερμογόνο δύναμη επί ξηρού, το ποσοστό υγρασίας επί του φυσικού δείγματος W_Φ και το ποσοστό τέφρας επί του φυσικού δείγματος A_Φ , μπορούν να υπολογιστούν οι εξής παράμετροι:

- Ανώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος $(A\Theta\Delta)_\Phi$
- Κατώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος $(K\Theta\Delta)_\Phi$

Οι σχέσεις που προσδιορίζουν τις παραπάνω τιμές έχουν ως εξής :

$$(A\Theta\Delta)_\Phi = (A\Theta\Delta)_\xi \cdot (1 - W_\Phi)$$

$$(K\Theta\Delta)_\Phi = (A\Theta\Delta)_\Phi - A'$$

Όπου

A' : $[9Y + W_\Phi] \cdot 2.450$ kJ/kg (θερμότητα εξαέρωσης του νερού σε ατμοσφαιρική πίεση)

Y : Ποσοστό περιεκτικότητας του δείγματος σε υδρογόνο



Εικόνα 29. Αυτόματο θερμιδόμετρο (Πηγή: Εργαστηριακές σημειώσεις, 2006)

3.5.Θεωρητικοί υπολογισμοί

Για τους θεωρητικούς υπολογισμούς αναπτύχθηκε κώδικας στη Matlab που δέχεται ως ορίσματα εισόδου την σύσταση των ΑΣΑ και υπολογίζει την υγρασία, την τέφρα, τον άνθρακα, το οξυγόνο, το υδρογόνο, το άζωτο και το θείο που περιέχονται στα ΑΣΑ. Στη συνέχεια γίνεται υπολογισμός του απαιτούμενου αέρα καύσης και η στοιχειακή ανάλυση των απαερίων. Τέλος υπολογίζει την ΚΘΔ των ΑΣΑ, τις απώλειες και την απόδοση του boiler. Ο πλήρης κώδικας παρατίθεται στο Παράρτημα IV.

Η κύρια πηγή ενέργειας προέρχεται από την καύση του άνθρακα και του υδρογόνου και σε μικρότερο βαθμό από το θείο και το άζωτο που περιέχονται στα ΑΣΑ, ενώ οι απώλειες από την περιεκτικότητα σε οξυγόνο και υγρασία (Martinez – Sanchez et al., 2016):

$$ΚΘΔ = 0,348 \cdot C\% + 0,939 \cdot H\% + 0,105 \cdot S\% + 0,063 \cdot N\% - 0,108 \cdot O\% - 0,0245 \cdot H_2O\%$$

Οι απώλειες προέρχονται από:

1. Την ανάγκη για ξήρανση του κλάσματος των ΑΣΑ.
2. Την περίσσεια οξυγόνου.

Πίνακας 9.Μέση θερμοχωρητικότητα απαερίων ανά θερμοκρασία (Πηγή:Karlsson, Linderholm-Jönsson, 2012)

Απαέρια		O ₂	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	N ₂	Μέση τιμή
Κλάσμα		0,072	0,206	0,0632	0,000004	0,657	
ρ	kg/m ³	1,429	1,977	0,597	3,049	1,251	1,33
C_p	kJ/(kg·K)	0,919	0,844	1,93	0,64	1,04	1,042
h[70]	kJ/kg	64,531	61,091	130,667	44,57	72,5	72,828
h[90]	kJ/kg	82,969	78,545	168	57,305	93,214	93,635
h[100]	kJ/kg	92,188	87,273	186,667	63,672	103,571	104,039
h[130]	kJ/kg	119,844	113,455	242,667	82,773	134,643	135,251
h[155]	kJ/kg	144,266	140,273	291,778	101,699	161,518	162,943
h[850]	kJ/kg	868,75	938,295	1773,056	656,25	935,179	969,267
h[1000]	kJ/kg	1035,938	1129,318	2130	785,469	1115,357	1158,317
h[1400]	kJ/kg	1491,25	1657,273	3165	1135,938	1610	1680,41

Σύσταση αερίων προϊόντων καύσης

Τα αέρια που παράγονται από την αποτέφρωση είναι αυτά που μεταφέρουν την ενέργεια στο boiler. Για τον προσδιορισμό της ενέργειας των αερίων πρέπει πρώτα να υπολογιστεί η θερμοκρασία καύσης. Η εξίσωση υπολογίζει τη μέγιστη θεωρητική θερμοκρασία που φτάνει μια αδιαβατική καύση.

$$T_g = \frac{H_i + l_v \cdot C_{pl} \cdot t_l}{g_v \cdot C_{pg}}$$

T_g : Θεωρητική θερμοκρασία αερίων

H_i : θερμιδική αξία καυσίμου

l_v : Ροή αέρα (πραγματική)

C_{pl} : Θερμοχωρητικότητα αέρα

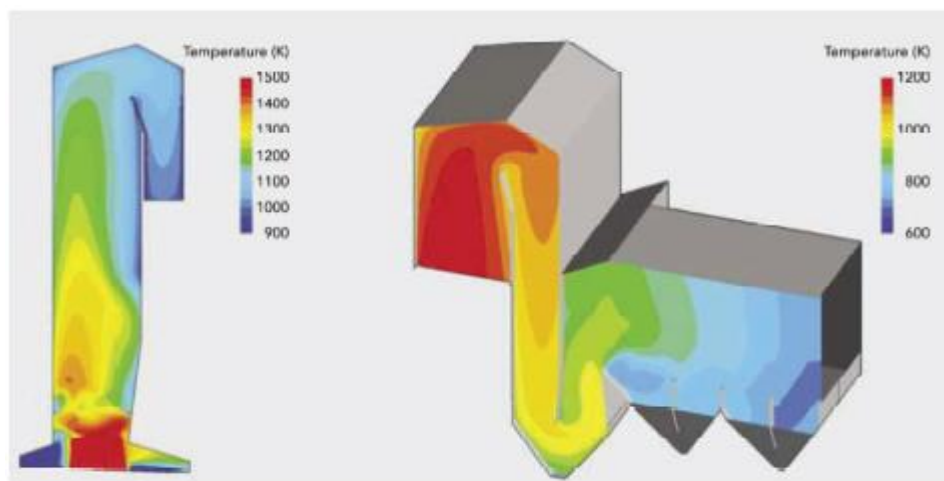
C_{pg} : Θερμοχωρητικότητα αερίων

t_l : Θερμοκρασία αέρα

g_v : Ροή αερίων (πραγματική)

Η κατανομή της θερμοκρασίας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η υψηλότερη θερμοκρασία μέσα στον αποτεφρωτήρα, κοντά στην εσχάρα, θα είναι πολύ κοντά στην υπολογιζόμενη θεωρητική. Οι διαστάσεις του αποτεφρωτήρα και του boiler, μαζί με τη παροχή αέρα στην εσχάρα, θα καθορίσουν την θερμοκρασία των αερίων.

Κατά την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του αποτεφρωτήρα και του boiler, στόχος είναι η μεγιστοποίηση της απόδοσης του boiler και παράλληλα διατήρηση της θερμοκρασίας εντός των ορίων λειτουργίας. Η θερμική αντίσταση του αποτεφρωτήρα θέτει τη μέγιστη θερμοκρασία της διεργασίας και η επεξεργασία των απαερίων την ελάχιστη. Συνήθως τα αέρια πρέπει να έχουν θερμοκρασία μεταξύ 155 και 130 °C. Μετά από αυτό, ένα μέρος από την παραμένουσα θερμική ενέργεια των αερίων χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του αέρα καύσης. Σε θερμοκρασίες μεταξύ 50 και 70 °C η ενέργεια απελευθερώνεται μέσα από την καμινάδα.

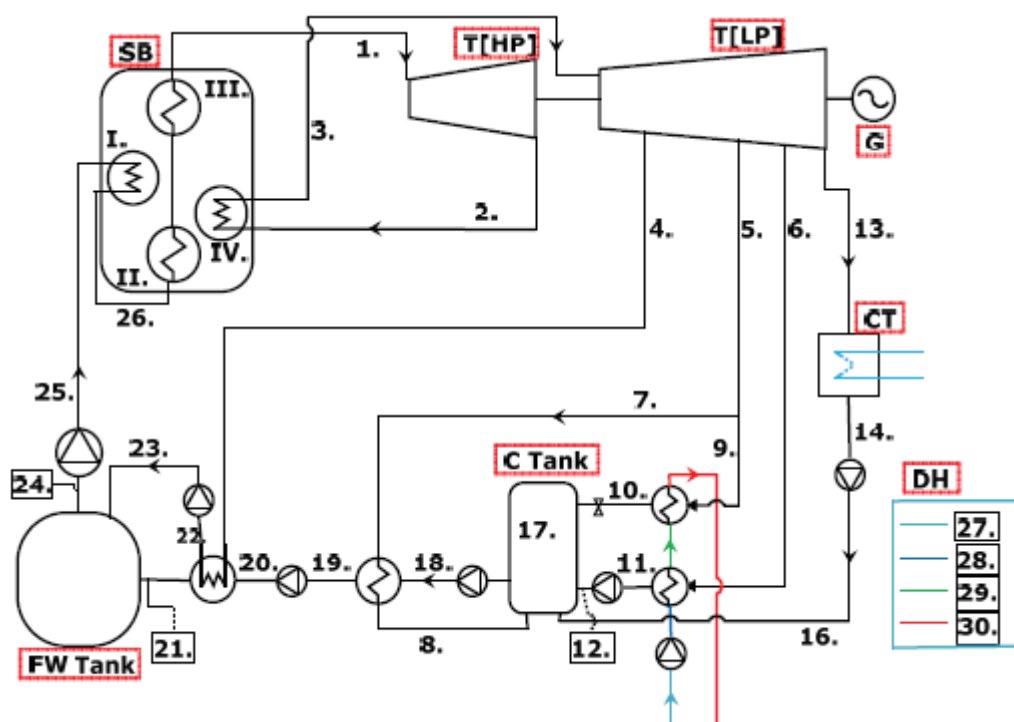


Εικόνα 30.Κατανομή θερμοκρασιών μέσα στον καυστήρα (AEB Amsterdam)

Τα κύρια συστατικά των αερίων σε μια διαδικασία αποτέφρωσης που χρειάζονται για τον υπολογισμό της ποσότητας των απαερίων είναι : O_2 , CO_2 , H_2O , SO_2 και N_2 . Οι ποσότητες που παράγονται εξαρτώνται από την στοιχειακή σύσταση των ΑΣΑ και την παροχή του αέρα.

3.6.Μοντέλο δικτύου ατμού

Για να εξασφαλιστεί η καλύτερη διαμόρφωση και παραμετροποίηση του δικτύου χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό μοντέλο στη Matlab που αναπτύχθηκε από τον Linus Karlsson και Thomas Linderholm Jonsson του πανεπιστημίου της Uppsala το 2012 και προσαρμόστηκε για να ταιριάζει στις συνθήκες και τις ανάγκες της περιοχής. Το μοντέλο προσαρμόζει τις παραμέτρους και καθορίζει ποιος συνδυασμός αποφέρει τα μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη. Οι δύο κύριες φυσικές σχέσεις που χρησιμοποιούνται για την βελτιστοποίηση είναι το ισοζύγιο μάζας και το ισοζύγιο ενέργειας. Η ενέργεια και η μάζα που εισέρχεται σε έναν κόμβο ισούται με την ενέργεια και την μάζα που εξέρχεται από αυτόν. Το σύστημα προσεγγίζεται ως ιδανικό και θεωρούμε ότι δεν έχουμε ενεργειακές απώλειες. Στο Παράρτημα IV παρατίθεται ο πλήρης κώδικας στη MATLAB. Το πρόγραμμα βελτιστοποιεί τον κύκλο της εικόνας 31. Η περιγραφή του κύκλου δίνεται στον πίνακα 10.



Εικόνα 31.Κύκλος ατμού

Πίνακας 10.Περιγραφή κύκλου ατμού

Κόμβος	Περιγραφή	Κόμβος	Περιγραφή
1	Έξοδος boiler/Είσοδος στροβίλου ΥΠ	16	Δεξαμενή συμπίεσης
2	Έξοδος στροβίλου ΥΠ/Είσοδος ενδιάμεσου υπερθερμαντήρα	17	Συμπυκνώματα
3	Έξοδος ενδιάμεσου υπερθερμαντήρα/Είσοδος στροβίλου χαμηλής πίεσης	18	Προθερμαντήρας συμπυκνωμάτων
4	Εξάτμιση στροβίλου χαμηλής πίεσης/Προθερμαντήρας δεξαμενής νερού	19	Προθερμαντήρας συμπυκνωμάτων
5	Εξάτμιση στροβίλου χαμηλής πίεσης	20	Προθερμαντήρας συμπυκνωμάτων/Είσοδος δεξαμενής νερού
6	Εξάτμιση στροβίλου χαμηλής πίεσης/Εναλλάκτης θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας	21	Προθερμαντήρας συμπυκνωμάτων
7	Προθερμαντήρας δεξαμενής νερού	22	Είσοδος δεξαμενής νερού
8	Προθερμαντήρας συμπυκνωμάτων	23	Τροφοδοσία δεξαμενής νερού
9	Εναλλάκτης θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας	24	Είσοδος εξοικονομητή
10	Συμπυκνωτής εναλλάκτη υψηλής θερμοκρασίας	25	Είσοδος boiler
11	Συμπυκνωτής εναλλάκτη χαμηλής θερμοκρασίας	26	Είσοδος DH
12	Είσοδος δεξαμενής συμπύκνωσης	27	Είσοδος DH
13	Εξάτμιση στροβίλου χαμηλής πίεσης	28	Θέρμανση χαμηλής θερμοκρασίας DH
14	Βαλβίδα συμπίεσης	29	Θέρμανση υψηλής θερμοκρασίας DH/Έξοδος
15	Είσοδος δεξαμενής συμπίεσης από βαλβίδα		

3.7.Βελτιστοποίηση δικτύου

Το μοντέλο προσαρμόζει τέσσερις παραμέτρους για να μεγιστοποιήσει το κέρδος.

1. Τη ροή της μάζας στο κόμβο 13: Η ελάχιστη τιμή είναι 0 και η μέγιστη αντιστοιχεί στη διαφορά μεταξύ της ανάγκης σε θερμότητα στο δίκτυο και της δυνατότητας παραγωγής.
2. Τη πτώση πίεσης μετά το στρόβιλο υψηλής πίεσης στο κόμβο 2: Η προαποφασισμένη τιμή στο κόμβο 6 καθορίζει την ελάχιστη πίεση στο κόμβο 2. Η χαμηλότερη πίεση στο κόμβο 2 είναι η ελάχιστη πίεση στο κόμβο 3. Η μέγιστη πίεση είναι η πίεση στην εκροή του boiler.
3. Τη ροή μάζας στους θερμομαντήρες του δικτύου DH, κόμβοι 6 και 9: Η ελάχιστη τιμή είναι 0 και η μέγιστη το υπόλοιπο από το κόμβο 1.
4. Τη πίεση και τα χαρακτηριστικά του προθερμαντήρα του νερού στο κόμβο 4: Η χαμηλότερη τιμή της πίεσης του δεύτερου προθερμαντήρα είναι η χαμηλότερη πίεση του κόμβου 6. Η μέγιστη τιμή είναι η τιμή της πίεσης στην εκροή του boiler. Η ροή μάζας στον προθερμαντήρα είναι το υπόλοιπο από τους κόμβους 1 και 3.

Οι προαποφασισμένες τιμές παρατίθενται στον πίνακα 11.

Πίνακας 11. Προαποφασισμένες τιμές συστήματος ατμού

Κόμβος	Περιγραφή	Πίεση (bar)	Θερμοκρασία (°C)	Ροή μάζας	Όρια
1	Εκροή boiler	40	400	1	
2	Εισροή υπερθερμαντήρα				Πίεση (6,18-40)
3	Εκροή υπερθερμαντήρα	40			
4&7	Προθερμαντήρες				Πίεση (0,5-40)
6	Εκροή στρόβιλου χαμηλής πίεσης	0,5	100		Ροή μάζας (0-1)
13	Εισροή δεξαμενής συμπίεσης				Ροή μάζας (0-1)
25	Εισροή εξοικονομητή	40			
26	Εισροή boiler	40	250	1	
27	Εισροή DH	2,35	70		
29	Εκροή DH	11,33	130		

3.8.Συνολική παραγωγή ενέργειας/κέρδη

Η απόδοση του boiler καθορίζει την παραγωγή ατμού που με τη σειρά του καθορίζει την συνολική παραγωγή σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Το κέρδος υπολογίστηκε με τις τρέχουσες τιμές για ηλεκτρικό ρεύμα και θερμότητα. Οι τελικές τιμές των υπό εξέταση παραμέτρων επιλέχτηκαν για να αποφέρουν μέγιστο κέρδος.

3.9.Υπολογισμοί επένδυσης

Η οικονομική βιωσιμότητα μιας επένδυσης εξακριβώνεται με πολλές οικονομικές μεθόδους. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Μειούμενων Χρηματικών Ροών (Discounted Cash Flow, DCF), (Hayyat, 2014). Οι υπολογισμοί έγιναν κάτω από το παρών φορολογικό και οικονομικό περιβάλλον και δεν λήφθηκε υπόψη μελλοντική ανάπτυξη ή ύφεση. Οι υπολογισμοί έγιναν σε ορίζοντα 20ετίας όπου είναι και η χρονική διάρκεια όπου το ΥΠΕΚΑ ορίζει για οικονομική βιωσιμότητα μονάδων ΑΠΕ πλην ηλιοθερμικών και φωτοβολταϊκών (ΥΠΕΚΑ, 2016). Για τη διερεύνηση του παράγοντα που επηρεάζει περισσότερο μια επένδυση δημιουργήθηκαν 12 συνολικά σενάρια:

Πίνακας 12.Σενάρια υπολογισμών επένδυσης

Σενάρια	Φόρος	Discount Rate	Υποθέσεις
Σενάριο 1 ^ο (Αρχικό)	29%	5%	-
Σενάριο 2 ^ο	29%	10%	-
Σενάριο 3 ^ο	29%	15%	-
Σενάριο 4 ^ο	29%	5%	+10% κόστος επένδυσης
Σενάριο 5 ^ο	29%	10%	+10% κόστος επένδυσης
Σενάριο 6 ^ο	29%	15%	+10% κόστος επένδυσης
Σενάριο 7 ^ο	29%	5%	+10% κόστος παραγωγής
Σενάριο 8 ^ο	29%	10%	+10% κόστος παραγωγής
Σενάριο 9 ^ο	29%	15%	+10% κόστος παραγωγής
Σενάριο 10 ^ο	29%	5%	-10% έσοδα
Σενάριο 11 ^ο	29%	10%	-10% έσοδα
Σενάριο 12 ^ο	29%	15%	-10% έσοδα

Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΕΒΑ)

Ο ΕΒΑ είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο το οποίο εξισώνει την παρούσα αξία των πρόσθετων ετήσιων ταμειακών ροών μετά από φόρους, οι οποίες προέρχονται από το πρόγραμμα, με το αρχικό κόστος του προγράμματος. Με άλλα λόγια, ο ΕΒΑ είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο το οποίο μηδενίζει την καθαρή παρούσα αξία του προγράμματος. Ο ΕΒΑ μιας επένδυσης υπολογίζεται ως εξής: εξισώνοντας την παρούσα αξία της αναμενόμενης καθαρής εισροής μετρητών με την παρούσα αξία της εκροής μετρητών (Βασιλείου, 2008). Ο υπολογισμός του ΕΒΑ έγινε με τη χρήση λογιστικού φύλλου excel.

Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Η μέθοδος της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα μιας επένδυσης με προαποφασισμένη έκπτωση προεξόφλησης ή ετήσιο ποσοστό απόδοσης. Μια επένδυση θεωρείται καλή αν η ΚΠΑ είναι θετική. Το ποσοστό εσωτερικής απόδοσης μιας επένδυσης είναι ίσο με την έκπτωση προεξόφλησης αν η ΚΠΑ είναι μηδέν (Moyer, 2011).

$$\sum_{n=0}^y \frac{CF}{(1+r)^n} PV$$

$$I - PV = NPV$$

$NPV > 0 \rightarrow$ Καλή επένδυση

NPV: ΚΠΑ

r: Έκπτωση προεξόφλησης

y: Χρόνος απόσβεσης

I: Κόστος επένδυσης

CF: Ετήσια έσοδα

Οι υποθέσεις έγιναν με επιτόκια προεξόφλησης 5-10 και 15%. Αυτές οι υποθέσεις είναι οι χειρότερες δυνατές καθώς στις παρούσες οικονομικές συνθήκες το επιτόκιο προεξόφλησης που έχει τεθεί από την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ΕΚΤ) είναι σχεδόν μηδενικό. Ενδεικτικά το επιτόκιο προεξόφλησης το 2007 ήταν 4,75%. Όπως και με τον ΕΒΑ έτσι και ο υπολογισμός της ΚΠΑ έγινε στο excel.

3.10. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

ΣΗΘΥΑ vs ΧΥΤΥ vs Κομποστοποίηση

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μιας μονάδας ΣΗΘΥΑ προέρχεται από έναν αριθμό αερίων του θερμοκηπίου, ρυπαντών και επικίνδυνων χημικών ενώσεων. Για να γίνει η σύγκριση μιας μονάδας ΣΗΘΥΑ με την υγειονομική ταφή και την κομποστοποίηση θα πρέπει να συγκριθούν οι εκπομπές τους.

Γενικά η αποτέφρωση θεωρείται από μεγάλη μερίδα του κόσμου ιδιαιτέρως ρυπογόνα και δεν θα έπρεπε να συγκαταλέγεται στις ενδεδειγμένες μεθόδους επεξεργασίας (Zero Waste, 2014).

Η επιστημονική έρευνα όμως ήδη από το 2009 (ISWA, 2009) έχει προσφέρει στοιχεία για το αντίθετο. Η International Solid Waste Association (ISWA) βασιζόμενη σε στοιχεία του Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) δημιούργησε μοντέλο που αναλύει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μεθόδων επεξεργασίας σε βάθος 30ετίας και καταλήγει σε ενδιαφέροντα αποτελέσματα που προσφέρουν πολλά στον διάλογο για τη διαχείριση των απορριμμάτων. Η κύρια σύγκριση αυτής της έρευνας είναι οι επιπτώσεις των διαφόρων εκπομπών στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αέριες εκπομπές ΣΗΘΥΑ

Από τη στοιχειακή ανάλυση της σύστασης των απορριμμάτων και τη ροή αέρα στο σύστημα υπολογίστηκε η ροή των αερίων.

$$CO_2 Emissions = MSW \cdot \sum_j (WF_j \cdot dm_j \cdot CF_j \cdot FCF_j \cdot OF_j) \cdot 44/12$$

Όπου

CO₂ Emissions : Αέριες εκπομπές CO₂ (Gg/yr)

MSW: ΑΣΑ που αποτεφρώθηκαν (Gg/yr)

WF_j: Κλάσμα συστατικού j στα ΑΣΑ

dm_j: Ξηρή ποσότητα συστατικού j στα ΑΣΑ

CF_j: Κλάσμα άνθρακα στη ξηρή ποσότητα

FCF_j: Κλάσμα ορυκτού άνθρακα στη συνολική ποσότητα άνθρακα του συστατικού j

OF_j: Συντελεστής οξείδωσης

44/12: Συντελεστής μετατροπής C σε CO₂

j: Συστατικό των ΑΣΑ όπως χαρτί, πλαστικό κ.α.

Αέριες εκπομπές ΧΥΤΥ

Η εναπόθεση σε ΧΥΤΥ διαφέρει από την αποτέφρωση καθώς η αποσύνθεση είναι μια διαρκής διαδικασία και τα απορρίμματα σε καμία φάση δεν χαρακτηρίζονται ως αδρανή. Έτσι τα απορρίμματα του προηγούμενου χρόνου θα συνεισφέρουν στις εκπομπές των απορριμμάτων του επόμενου, έχοντας ως αποτέλεσμα την εκθετική αύξηση των εκπομπών μεθανίου.

$$(1) \quad CH_4 = \left[\sum_x CH_{4\text{παραγωγή}_{x,T}} - R_T \right] \cdot (1 - OX_T)$$

Όπου :

CH₄ : Οι εκπομπές μεθανίου το χρόνο T

T : Το έτος αναφοράς

R_T: Η ανάκτηση μεθανίου κατά το έτος T

OX_T: Ο βαθμός οξείδωσης κατά το έτος T

$$(2) DDOC_m = W \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot MCF$$

Όπου :

$DDOC_m$: Η μάζα του βιοδιασπούμενου DOC που εναποτίθεται

W : Η μάζα των ΑΣΑ που εναποτίθενται

DOC : Βιοδιασπούμενος οργανικός άνθρακας

DOC_f : Κλάσμα DOC που μπορεί να αποσυντεθεί

MCF : Συντελεστής διόρθωσης για αερόβια διεργασία

$$(3) L_0 = DDOC_m \cdot F \cdot \frac{16}{12}$$

L_0 : Θεωρητική παραγωγή CH_4

F : Κλάσμα CH_4 στα παραγόμενα αέρια

$16/12$: Αναλογία μοριακού βάρους CH_4/C

$$(4) DDOC_{ma_T} = DDOC_{md_T} + (DDOC_{ma_{T-1}} \cdot e^{-k})$$

$$(5) DDOC_{mdco_{mp_T}} = DDOC_{ma_{T-1}} \cdot (1 - e^{-k})$$

Όπου :

T : Το έτος αναφοράς

$DDOC_{ma_T}$: Μάζα βιοδιασπώμενου οργανικού άνθρακα που συσσωρεύεται το έτος T

$DDOC_{ma_{T-1}}$: Μάζα βιοδιασπώμενου οργανικού άνθρακα που συσσωρεύεται το έτος $T-1$

$DDOC_{md_T}$: Μάζα βιοδιασπώμενου οργανικού άνθρακα που εναποτίθεται το έτος T

k : Σταθερά αντίδρασης

$$(6) CH_{4\text{παραγωγή}_T} = DDOC_{mdco_{mp_T}} \cdot F \cdot \frac{16}{12}$$

$CH_{4\text{παραγωγή}_T}$: Ποσότητα μεθανίου που παράγεται από βιοδιασπώμενα υλικά κατά το έτος T

Αέριες εκπομπές κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση είναι μια αερόβια διεργασία. Το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού βιοδιασπώμενου άνθρακα (DOC) που περιέχεται στα ΑΣΑ μετατρέπεται σε CO₂. Το μεθάνιο σχηματίζεται σε σημεία όπου επικρατούν αναερόβιες συνθήκες αλλά οξειδώνεται σε μεγάλο βαθμό στα σημεία που επικρατούν αερόβιες συνθήκες. Η εκτιμώμενη ποσότητα μεθανίου που εκλύεται στη ατμόσφαιρα κυμαίνεται από 1-2% της αρχικής ποσότητας άνθρακα.

Η κομποστοποίηση μπορεί ακόμα να παράξει N₂O. Η εκτιμώμενη ποσότητα N₂O που εκλύεται στην ατμόσφαιρα κυμαίνεται από 0,5-5% της αρχικής ποσότητας αζώτου (IPCC, 2007).

$$(1) CH_4 = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3} - R$$

CH₄ : Ποσότητα μεθανίου που εκλύεται το χρόνο T

M_i : Μάζα ΑΣΑ που εναποτίθενται

EF_i : Συντελεστής έκλυσης

R: Η ανάκτηση μεθανίου κατά το έτος T

$$(2) N_2O = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3}$$

N₂O : Ποσότητα μεθανίου που εκλύεται το χρόνο T

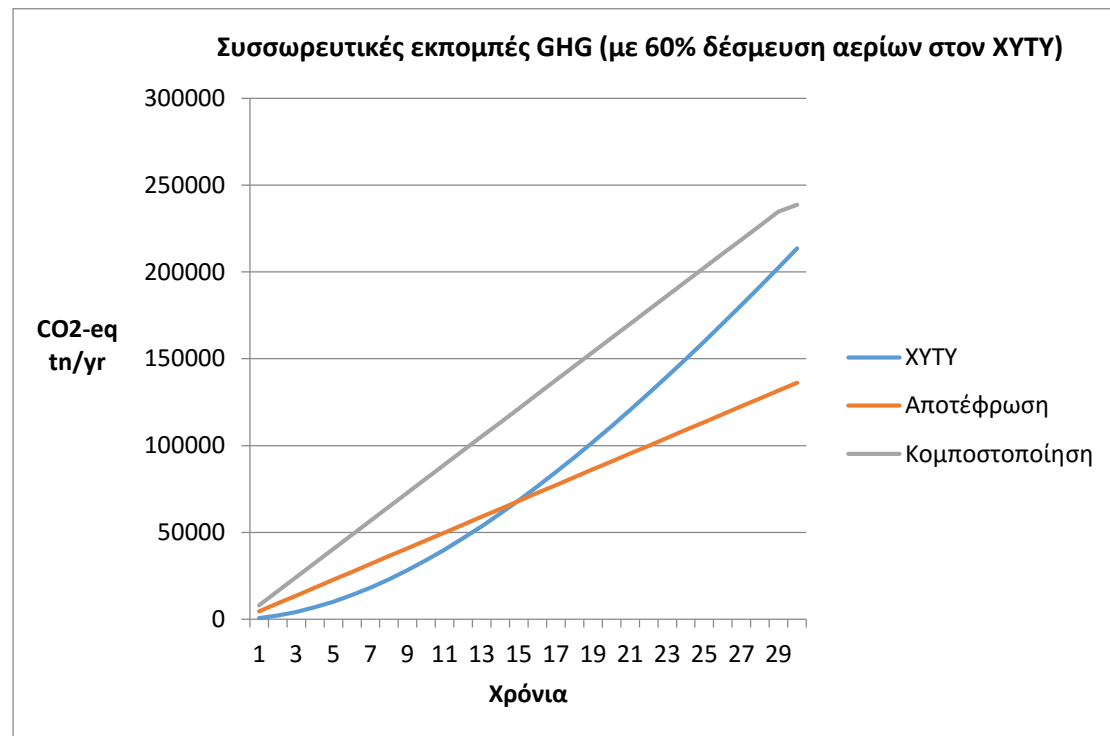
M_i : Μάζα ΑΣΑ που εναποτίθενται

EF_i : Συντελεστής έκλυσης

Για το μεθάνιο ο συντελεστής έκλυσης είναι 4 και για το N₂O είναι 0,3. Για τη μετατροπή του μεθανίου σε CO₂-eq πολλαπλασιάζεται η ποσότητα μεθανίου με 21 και για τη μετατροπή του N₂O σε CO₂-eq πολλαπλασιάζεται η ποσότητα του N₂O με 310. Για τη συνολική ποσότητα CO₂-eq προστίθεται η ποσότητα μεθανίου και N₂O που έχουν μετατραπεί.

Αποτελέσματα έρευνας

Σε βάθος 30ετίας η αποτέφρωση παρήγαγε τα λιγότερα GHG, ακολουθούμενη από την υγειονομική ταφή. Η κομποστοποίηση παρήγαγε το μεγαλύτερο ποσό GHG.



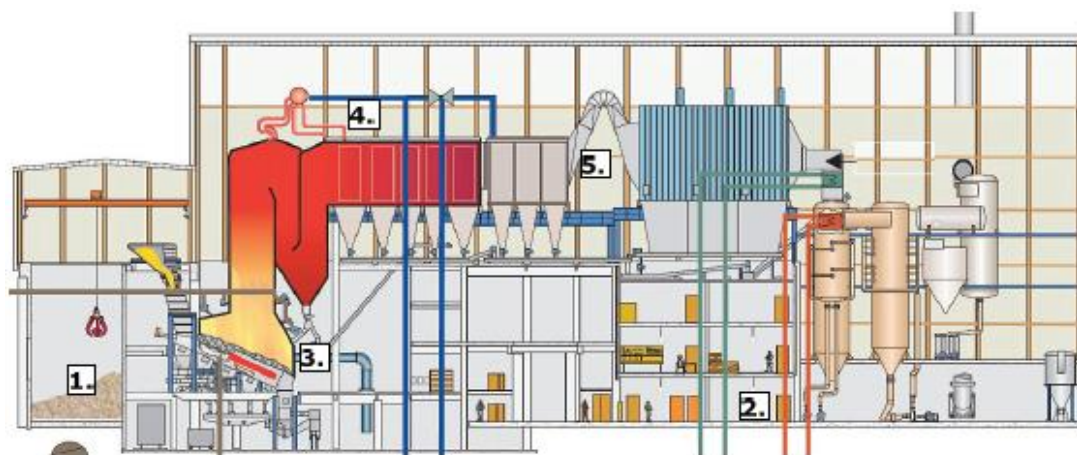
Εικόνα 32.Συσσωρευτικές εκπομπές GHG (Πηγή: ISWA, 2009)

Ευρήματα έρευνας

1. Η αποτέφρωση έχει το μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο από τις τρεις μελετώμενες μεθόδους.
2. Η κομποστοποίηση μειώνει τον όγκο των απορριμμάτων που καταλήγουν στην υγειονομική ταφή και μακροπρόθεσμα μειώνει τις εκπομπές των GHG αλλά αρχικά επιταχύνει την έκλυση και χρειάζονται πάνω από τρεις δεκαετίες για να εξισορροπηθούν με την υγειονομική ταφή.

3.11.Σχεδιαστικοί παράμετροι

Για να γίνει σωστή επιλογή των εξαρτημάτων και στοιχείων για μια μονάδα ΣΗΘΥΑ υπάρχουν πολλές παράμετροι και συνθήκες που πρέπει να συνυπολογιστούν. Αυτή η επιλογή έγινε με τη βοήθεια βιβλιογραφικών πηγών και διεθνών πρακτικών. Στην εικόνα 33 παρουσιάζεται μια τυπική μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ.



Εικόνα 33.Μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ

1. Τροφοδοσία ΑΣΑ
2. Σύστημα τηλεθέρμανσης
3. Εσχάρα αποτέφρωσης
4. Boiler
5. Σύστημα επεξεργασίας απαερίων

Χρόνος λειτουργίας

Η εύρεση ενός αξιόπιστου συστήματος που θα μειώνει το χρόνο προγραμματίστων διακοπών λειτουργίας είναι προτιμητέο. Γενικά 8.000 ώρες λειτουργίας ανά έτος και διακοπή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες για συντήρηση είναι ο συνηθισμένος χρόνος λειτουργίας αντίστοιχων μονάδων στο εξωτερικό (Ata, 2011).

Συσσώρευση ΑΣΑ

Η τρέχουσα παραγωγή ΑΣΑ στον Νομό είναι 46.623 t ετησίως και αναμένεται να φτάσει τους 56.535 t μέχρι το έτος 2030. Υπάρχει επίσης πρόβλεψη για επεξεργασία μέρους της ποσότητας των αγροτικών απορριμμάτων του Νομού, όπως τα ξύλα από το κλάδεμα των δέντρων, που μπορούν να εξισορροπήσουν οποιαδήποτε αυξομείωση στη ροή των ΑΣΑ. Με δεδομένο ότι η μονάδα θα λειτουργεί 8.000 ώρες, η ωριαία τροφοδοσία θα είναι 7,6 t/h. Η αποθήκευση των ΑΣΑ θα γίνεται σε σιλό που θα έχει τη δυνατότητα 1.300 t. Η πυκνότητα των ΑΣΑ είναι περίπου 250 kg/m³, έτσι η αποθήκη θα είναι περίπου 5.200 m³.

Γενικοί κανόνες διαστασιολόγησης σιλό αποθήκευσης (Weber, 2014):

- Ύψος υδροφόρου ορίζοντα
- Χωρητικότητα
- Σύσταση ΑΣΑ
- Τρόπος μεταφοράς ΑΣΑ
- Συχνότητα μεταφοράς ΑΣΑ
- Δυναμικότητα μονάδας ΣΗΘΥΑ

Σύσταση ΑΣΑ

Η επιλογή της αποτέφρωσης έγινε λόγω της μεγάλης ανομοιομορφίας στην σύσταση, στο θερμικό περιεχόμενο, στην υγρασία, στα τοξικά υλικά και στο μέγεθος των διαφόρων υλικών που υπάρχουν στα ΑΣΑ. Η αποτέφρωση όταν καλείται να διαχειριστεί ΑΣΑ με τόσο μεγάλες ανομοιομορφίες είναι συνήθως ακριβή αλλά έχει το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζεται προεπεξεργασία των απορριμμάτων. Λόγω των μεταβολών στο θερμικό περιεχόμενο είναι σημαντικό η μονάδα να μπορεί να ανταπεξέρχεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τις συνηθισμένες θερμοκρασίες λειτουργίας (Μουγκογιάννης, 2011).

Περιβαλλοντικοί κανονισμοί

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), για να ελέγχει τις βιομηχανικές εκπομπές, έχει αναπτύξει ένα γενικό πλαίσιο που βασίζεται στην ολοκληρωμένη αδειοδότηση. Αυτό σημαίνει ότι οι άδειες πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις συνολικές περιβαλλοντικές επιδόσεις μιας μονάδας προκειμένου να προλαμβάνεται η μετατόπιση της ρύπανσης από ένα στοιχείο, όπως η ατμόσφαιρα, τα ύδατα και το έδαφος, σε άλλο. Προτεραιότητα πρέπει να δίνεται στην πρόληψη της ρύπανσης με παρέμβαση στην πηγή και με την εξασφάλιση της συνετής χρήσης και διαχείρισης των φυσικών πόρων.

Οδηγία **2010/75/ΕΕ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 24ης Νοεμβρίου 2010, περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης).

Βασικά σημεία

- Η νομοθεσία καλύπτει τις εξής βιομηχανικές δραστηριότητες: ενέργεια, παραγωγή και επεξεργασία μετάλλων, ορυκτά προϊόντα, χημικά προϊόντα, διαχείριση αποβλήτων και άλλους τομείς όπως παραγωγή χαρτοπολτού και χαρτιού, σφαγεία και εντατική εκτροφή πουλερικών και χοίρων
- Όλες οι εγκαταστάσεις που καλύπτονται από την οδηγία πρέπει να προλαμβάνουν και να μειώνουν τη ρύπανση με την εφαρμογή βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών (ΒΔΤ), με την αποδοτική χρήση της ενέργειας, την πρόληψη και διαχείριση των αποβλήτων και τα μέτρα για την πρόληψη ατυχημάτων καθώς και τον περιορισμό των συνεπειών τους
- Οι εγκαταστάσεις μπορούν να λειτουργούν μόνο εάν κατέχουν άδεια και πρέπει να συμμορφώνονται με τους όρους που καθορίζονται σε αυτή
- Τα συμπεράσματα ΒΔΤ που εξέδωσε η Επιτροπή αποτελούν σημείο αναφοράς για τον καθορισμό των όρων της άδειας. Οι οριακές τιμές εκπομπών πρέπει να καθορίζονται σε επίπεδο το οποίο διασφαλίζει ότι οι εκπομπές ρύπων δεν

υπερβαίνουν τα επίπεδα που συνδέονται με τη χρήση των ΒΔΤ. Ωστόσο, οι οριακές τιμές μπορούν να υπερβούν αυτά τα επίπεδα, εάν αποδεικνύεται ότι αυτό θα οδηγούσε σε δυσανάλογο κόστος σε σχέση με τα περιβαλλοντικά οφέλη

- Οι αρμόδιες αρχές πρέπει να διεξάγουν τακτικές επιθεωρήσεις των εγκαταστάσεων
- Το κοινό πρέπει να έχει έγκαιρα τη δυνατότητα να συμμετάσχει στη διαδικασία αδειοδότησης

Πίνακας 13. Όρια εκπομπών μονάδας ΣΗΘΥΑ σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2010/75

Στοιχείο	Όριο	Χρονική περίοδος
Cd & Ti	0,05 mg/m ³	8 ώρες
Hg	0,05 mg/m ³	8 ώρες
Sb,As,Pb,Cr,Co	0,5 mg/m ³	8 ώρες
Cu,Mn,Ni,V	0,5 mg/m ³	8 ώρες
PCDDs	0,1 ng/m ³	24 ώρες
PCDFs	0,1 ng/m ³	24 ώρες
CO	50 mg/m ³	24 ώρες
Σκόνη	10 mg/m ³	24 ώρες
HCl	10 mg/m ³	24 ώρες
HF	1 mg/m ³	24 ώρες
SO₂	50 mg/m ³	24 ώρες
No_x	200 - 400 mg/m ³	24 ώρες

Ο πίνακας 13 παρουσιάζει συνοπτικά τα όρια εκπομπών για μια μονάδα ΣΗΘΥΑ όπως αυτά καθορίστηκαν από την ΕΕ με την κοινοτική οδηγία 2010/75.

Προσαρμογή της λύσης στις συνθήκες της περιοχής μελέτης

Η λύση που προτείνεται στην παρούσα εργασία προϋποθέτει τη δημιουργία δικτύου τηλεθέρμανσης στην περιοχή μελέτης. Η μονάδα θα πρέπει να ικανοποιεί τους περιορισμούς που θα του θέσει το δίκτυο ως προς την πίεση και την θερμοκρασία που εξάγεται.

Τα περισσότερα δίκτυα τηλεθέρμανσης δουλεύουν σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και πίεσης. Αυτό επηρεάζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας. Χαμηλώνοντας τη θερμοκρασία στο δίκτυο τηλεθέρμανσης είναι δυνατό να εξαχθεί περισσότερη ενέργεια από τον ατμό που εισέρχεται στους στρόβιλους.

Για την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι εναλλάκτες θερμότητας του δικτύου θερμότητας τροφοδοτούνται μέσα από δύο εξατμίσεις (exhausts) του στρόβιλου. Η πρώτη εξατμίσια τροφοδοτεί έναν εναλλάκτη θερμότητας που αυξάνει τη θερμοκρασία στο δίκτυο στους 100 °C ενώ ο δεύτερος την αυξάνει στους 130 °C. Στόχος είναι η μεγιστοποίηση της παραγωγής ατμού για επίτευξη καλύτερης ηλεκτρικής απόδοσης. Αυτό επιτυγχάνεται εξάγοντας τον ατμό στη χαμηλότερη δυνατή πίεση.

Τοποθεσία και τροφοδοσία νερού

Συγκριτικά με άλλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, μια μονάδα ΣΗΘΥΑ καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια. Ακόμα μερικά κομμάτια της μονάδας, όπως οι υγρές πληντρίδες

χρειάζονται πρόσβαση σε μεγάλη ποσότητα νερού για να λειτουργήσουν. Αν η μονάδα βρίσκεται μακριά από φυσική πηγή τροφοδοσίας νερού τότε είναι δύσκολο να είναι βιώσιμη (Alvarez, 2006).

Η χωροθέτηση της μονάδας θα γίνει σε περιοχή όπου δεν θα παραβιάζονται οι περιβαλλοντικοί κανόνες και θα υπάρχει δυνατότητα τροφοδοσίας της με νερό.

Οι κανόνες που διέπουν την χωροθέτηση των ΑΠΕ περιγράφονται στο: **Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού**. ΦΕΚ 2464 Β/03.12.2008 .

Σύμφωνα με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ) τα γενικά κριτήρια αξιολόγησης θέσεων χωροθέτησης μονάδας ΣΗΘΥΑ είναι τα εξής:

- Χωροταξικά
- Γεωλογικά
- Υδρογεωλογικά
- Υδρολογικά
- Περιβαλλοντικά
- Τεχνοοικονομικά

Ανάγκες ψύξης

Σε περιόδους που η ζήτηση σε θερμότητα είναι χαμηλότερη από την παραγωγή, όπως επί παραδείγματι τους καλοκαιρινούς μήνες, τότε το πλεόνασμα πρέπει να ψυχθεί είτε σε πύργους ψύξης είτε σε ψύκτες στο δίκτυο τηλεθέρμανσης (Alvarez, 2006). Για την ψύξη προτείνεται η αγορά του συστήματος GEA dry cooling tower και του συστήματος Air Cooling Condenser. Η τοποθέτησή τους μπορεί να γίνει είτε δίπλα στη μονάδα ή κοντά στο δίκτυο τηλεθέρμανσης.

Εσχάρα αποτέφρωσης

Σε αυτή την εργασία επιλέχθηκε η μέθοδος των κινούμενων εσχάρων για την αποτέφρωση των ΑΣΑ. Ο λόγος είναι ότι με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατή η διαχείριση ΑΣΑ με μεγάλη ανομοιομορφία ως προς την σύνθεσή τους και χωρίς να χρειάζονται προ-επεξεργασία. Για λόγους ασφαλείας προτείνεται δύο διαφορετικές γραμμές παραγωγής με την ίδια δυναμικότητα.

Στοιχεία δικτύου ατμού

Το μοντέλο του δικτύου ατμού κατασκευάστηκε στη MATLAB για την επιλογή των κατάλληλων ρυθμίσεων. Τα boiler, οι στρόβιλοι, οι γεννήτριες, οι πύργοι ψύξης, οι εναλλάκτες θερμότητας, η δεξαμενή συμπίκνωσης και οι δεξαμενές τροφοδοσίας νερού σχεδιάστηκαν για ταιριάζουν στα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων. Μερικά έχουν προκαθορισμένες τιμές και άλλα δυναμικές που προσαρμόζονται στα άλλα στοιχεία.

Boiler

Η δυναμικότητα των boiler καθορίζεται από την τροφοδοσία τους και το θερμικό περιεχόμενο των απορριμμάτων. Για την προφύλαξη απέναντι σε μια μελλοντική αύξηση των ΑΣΑ αλλά και σε απρόβλεπτες θερμικές αυξομειώσεις προτείνεται η ύπαρξη δύο boiler.

Στρόβιλοι υψηλής πίεσης, στρόβιλοι χαμηλής πίεσης και γεννήτριες

Το μοντέλο προβλέπει δύο βήματα στροβίλων με ένα ενδιάμεσο βήμα υπέρ-θέρμανσης. Οι μεγάλες μονάδες έχουν περισσότερα βήματα αλλά αυτό αυξάνει το κόστος της επένδυσης και κάτι τέτοιο δεν είναι σίγουρο ότι θα κάνει απόσβεση σε μια μικρή μονάδα όπως αυτή που προτείνεται. Η προτεινόμενη γεννήτρια είναι η Siemens SST-060.

Επεξεργασία αερίων και απομάκρυνση ιπτάμενων στερεών

Η επιλογή του συστήματος επεξεργασίας εξαρτάται από τους περιβαλλοντικούς κανόνες, τη παροχή νερού στη περιοχή χωροθέτησης και την ύπαρξη μονάδας επεξεργασίας υγρών λυμάτων. Η προτεινόμενη λύση επεξεργασίας είναι η ημίξηρη με άσβεστο ως αναγωγικό και σακκόφιλτρα με ενεργό άνθρακα. Ένα τέτοιο σύστημα είναι το Alstrom NID-system.

Μείωση εκπομπών οξειδίων αζώτου (NO_x)

Για την μείωση των εκπομπών NO_x επιλέγεται η SNCR. Παρουσίαση της τεχνικής έγινε στο 1^ο Κεφάλαιο.

3.12.Οικονομική βιωσιμότητα

Η διαφορά μεταξύ των τιμών πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας και της θερμότητας πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη σχεδίαση της μονάδας. Η ιδανική αναλογία μεταξύ των δύο υπολογίζεται για τη μεγιστοποίηση του κέρδους.

Όταν ο σχεδιασμός τελειώσει τότε η οικονομική βιωσιμότητά της πρέπει να συγκριθεί με παρόμοια σχέδια μονάδων του εξωτερικού, ώστε να μην επιλεχθούν στοιχεία που θα ανεβάσουν το κόστος της επένδυσης.

3.13.Προσωπικό και συντήρηση

Η επιλογή των κατάλληλων εξαρτημάτων που ταιριάζουν στα χαρακτηριστικά της μονάδας μειώνει τις ανάγκες για συντήρηση καθώς και το προσωπικό.

4^ο Κεφάλαιο - Παρουσίαση και επεξήγηση μοντέλου

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της ΚΘΔ, του απαιτούμενου αέρα καύσης και τον σχηματιζόμενο όγκο απαερίων προέρχονται από την βάση δεδομένων EASETECH (Clavreul et al., 2014) και παρατίθενται στον πίνακα 14.

Πίνακας 14.Σύσταση και στοιχειακή ανάλυση ΑΣΑ (Πηγή: Clavreul et al., 2014)

Ποσοστό χημικού στοιχείου (% υγρού βάρους)									
	Σύσταση (% υγρού βάρους)	C	H	S	N	O	Cl	Υγρασία	Τέφρα
<u>Οργανικά Υλικά</u>									
Ζυμώσιμα	41	17,6	2,5	0,1	1,7	8,4	0,4	67,1	2,5
Χαρτί	29	37,6	5,1	0,2	0,3	37,6	0	14,5	4,7
Πλαστικά	14	67,6	9,4	0,1	1,6	4	1,4	8,3	8
Υφάσματα	2	50,7	6,3	0,2	4,5	27,1	0	9,5	1,6
Λάστιχα	2,5	73,3	9,7	0	1,9	0	0	3,5	11,6
Ξύλα	1	34,9	4,6	0,1	0,2	32,4	0,1	12,5	15,8
Απορρίμματα κήπου	2	27,8	3,5	0,1	0,9	15,8	0,1	41,5	10,3
<u>Ανόργανα Υλικά</u>									
Γυαλί	3,5	0	0	0	0	0	0	7,7	92,3
Μέταλλα	3,5	3,1	0,5	0	0,1	0	0	4,1	92,3
Αδρανή	1,5	23,1	3,1	0,2	0,7	10,5	0,9	23,4	38,2
Σύνολο	100%	31,8	4,4	0,1	1,2	16,3	0,4	34,9	11,2
ΚΘΔ (GJ/Mg)	12,65								

Η στοιχειακή σύσταση των ΑΣΑ προήλθε από τον πολλαπλασιασμό του ποσοστού του εκάστοτε κλάσματος με το αντίστοιχο ποσοστό του περιεχόμενου στοιχείου. Η εισαγωγή των στοιχείων για τη σύσταση και την εισροή ΑΣΑ γίνεται με τον τρόπο που φαίνεται στην εικόνα 34.

```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Δώσε ποσοστό ζυμώσιμων = 41
Δώσε ποσοστό χαρτιού = 29
Δώσε ποσοστό πλαστικών = 14
Δώσε ποσοστό υφασμάτων = 2
Δώσε ποσοστό ελαστικών = 2.5
Δώσε ποσοστό ξύλων = 1
Δώσε ποσοστό απορριμμάτων κήπου = 2
Δώσε ποσοστό γυαλιών = 3.5
Δώσε ποσοστό μετάλλων = 3.5
Δώσε ποσοστό αδρανών = 1.5
fx Δώσε εισροή ΑΣΑ (kg/sec) = 2.12
  
```

Εικόνα 34. Command window της Matlab

Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικά οι τύποι που εισήχθησαν στη Matlab για την πραγματοποίηση των προαναφερθέντων υπολογισμών.

Ποσότητες στοιχείων

$$\text{Στοιχείο} = X\% \cdot Y\% (4.1.)$$

Όπου

Στοιχείο: Το εκάστοτε χημικό στοιχείο

X%: Η % περιεκτικότητα των ΑΣΑ σε X (π.χ. ζυμώσιμα)

Y%: Η % περιεκτικότητα του X σε Y (π.χ. περιεκτικότητα ζυμώσιμων σε C)

Απαιτούμενο οξυγόνο καύσης

Όγκος

$$O_x = \Pi_x \cdot VA (4.2.1.)$$

Μάζα

$$O_x = \Pi_x \cdot MA (4.2.2.)$$

Όπου

O_x : Απαιτούμενος όγκος ($m^3 O_2/kg X$) ή μάζα ($kg O_2/kg X$)

Π_x : Ποσότητα X στοιχείου

VA: Αναλογία όγκων

MA: Αναλογία μαζών

Πίνακας 15. Υπολογισμός ελάχιστης απαιτούμενης ποσότητας οξυγόνου για κάθε στοιχείο ξεχωριστά (Πηγή: Γιδαράκος, 2006)

Ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου	Αναλογία μαζών ($kg O_2/kg X$)	Αναλογία όγκων ($m^3 O_2/kg X$)
Omin,C	2,6642	1,8643
Omin,S	0,9981	0,6984
Omin,H	7,937	5,5541
Omin,O	-1	-0,6998

Απαιτούμενο ποσοστό αέρα

Όγκος

$$I_{\chi} = O_{\chi} \cdot 4,7737 \quad (4.3.1.)$$

Μάζα

$$L_{\chi} = O_{\chi} \cdot 4,3195 \quad (4.3.2.)$$

Όπου

I_{χ} : Η ελάχιστη απαιτούμενα ποσότητα αέρα για καύση στοιχείου X ($\text{m}^3 / \text{kg X}$)

L_{χ} : Η ελάχιστη απαιτούμενα ποσότητα αέρα για καύση στοιχείου X ($\text{kg} / \text{kg X}$)

Περίσσεια οξυγόνου

Όγκος

$$\Pi O_{\chi} = 1,5 \cdot I_{\chi} - I_{\chi} \quad (4.4.1.)$$

Μάζα

$$\Pi O_{\chi} = 1,5 \cdot L_{\chi} - L_{\chi} \quad (4.4.2.)$$

Όπου

ΠO_{χ} : Περίσσεια οξυγόνου ανά X στοιχείο

Απαιτούμενος όγκος αέρα

$$AA = 1,5 \cdot I_{\chi} \quad (4.5.1.)$$

Απαιτούμενη μάζα αέρα

$$AA = 1,5 \cdot L_{\chi} \quad (4.5.2.)$$

Σχηματιζόμενα αερία

Όγκος

$$V_{\chi} = \Pi_{\chi} \cdot VA \quad (4.6.1.)$$

Μάζα

$$M_x = \Pi_x \cdot MA(4.6.2.)$$

Όπου

V_x : Όγκος αερίου που προέρχεται από στοιχείο X

M_x : Μάζα αερίου που προέρχεται από στοιχείο X

Πίνακας 16. Συντελεστές μετατροπής για τον προσδιορισμό της ποσότητας των αερίων κατά την διαδικασία καύσης ΑΣΑ (Πηγή: Kost, 1999)

Σχηματιζόμενα αερία	Αναλογία μαζών	Αναλογία όγκων
$C \rightarrow CO_2$	3,6641 kg CO_2 /kg C	3,6641 m ³ CO_2 /kg C
$S \rightarrow SO_2$	1,9981 kg SO_2 /kg S	0,6817 m ³ SO_2 /kg S
$H \rightarrow H_2O$	8,9370 kg H_2O /kg H	11,1172 m ³ H_2O /kg H
$Αέρας \rightarrow O_2$	$(\lambda-1) \cdot O_x$ kg O_2 /kg	$(\lambda-1) \cdot O_x$ m ³ O_2 /kg
$Αέρας \rightarrow N_2$	$\lambda \cdot L_x \cdot 0,76849$ kg N/kg	$\lambda \cdot L_x \cdot 0,79052$ m ³ N/kg
$Αέρας \rightarrow H_2O$	$\lambda \cdot L_x \cdot 0,0062$ kg H_2O /kg	$\lambda \cdot L_x \cdot 0,01$ m ³ H_2O /kg
H_2O στα απόβλητα	1 kg H_2O /kg	1,2439 m ³ H_2O /kg

Οι τυπικές τιμές του συντελεστή λ για αποτεφρωτές αστικών αποβλήτων κυμαίνονται μεταξύ 1,5 και 2,2. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε $\lambda = 1,5$.

Ροές στον αποτεφρωτήρα

$$PH_2O = AΣΑ \cdot ΠΥ(4.7.1.)$$

$$Pash = (AΣΑ - PH_2O) \cdot ΠΤ(4.7.2.)$$

$$KY = (AΣΑ - PH_2O - Pash)(4.7.3.)$$

$$P_x = KY \cdot \Pi_x(4.7.4.)$$

Όπου

PH_2O : Ροή νερού σε kg/sec

AΣΑ: Εισερχόμενη ποσότητα σύμμεικτων ΑΣΑ (2,12 kg/sec)

ΠΥ: Ποσοστό υγρασίας ΑΣΑ

Pash: Ροή τέφρας σε kg/sec

ΠΤ: Ποσοστό τέφρας ΑΣΑ

KY: Τελική καύσιμη ύλη σε kg/sec

P_x : Ροή στοιχείου X σε kg/sec

Π_x : Ποσοστό στοιχείου X στα ΑΣΑ

Θερμογόνος δύναμη σε kJ/sec

$$K\Theta\Delta = (0,348 \cdot C\% + 0,939 \cdot H\% + 0,105 \cdot S\% + 0,063 \cdot N\% - 0,108 \cdot O\% - 0,0245 \cdot H_2O\%)(4.8.1.)$$

$$K\Theta\Delta_{kJ/kg} = K\Theta\Delta \cdot 1000(4.8.2.)$$

$$\Theta\Delta_{kJ/sec} = K\Theta\Delta_{kJ/kg} \cdot \text{Εισροή}_{\text{ΑΣΑ}}(4.8.3.)$$

Όπου

$K\Theta\Delta$: Η $K\Theta\Delta$ των ΑΣΑ (εκφρασμένη σε GJ/MG)

$K\Theta\Delta_{kJ/kg}$: Η $K\Theta\Delta$ των ΑΣΑ (εκφρασμένη σε kJ/kg)

$\text{Εισροή}_{\text{ΑΣΑ}}$: Η εισροή των ΑΣΑ στον αποτεφρωτήρα (εκφρασμένη σε kg/sec)

Θερμότητα εκπέμπεται κυρίως από τον άνθρακα και το υδρογόνο. Το θείο και το άζωτο έχουν κι αυτά θετικό θερμικό περιεχόμενο αλλά βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες. Η περίσσεια οξυγόνου και η υγρασία θεωρείται ότι καταναλώνουν ενέργεια.

Ενέργεια που παράγεται από το boiler σε MW

$$\Theta_{\text{outputMW}} = \Theta_{\text{output}} / 1000(4.9.1.)$$

$$\text{Filterlosses} = \Theta_{\text{outputMW}} \cdot 0,03(4.9.2.)$$

$$\text{Heatregain} = \Theta_{\text{outputMW}} \cdot 0,05(4.9.3.)$$

$$\text{Exhaust} = \Theta_{\text{outputMW}} \cdot 0,06(4.9.4.)$$

$$P_{\text{Boiler}} = \Theta_{\text{outputMW}} - \text{Filterlosses} - \text{Exhaust}(4.9.5.)$$

$$nb = P_{\text{boiler}} / \Theta_{\text{outputMW}}(4.9.6.)$$

Όπου

Θ_{outputMW} : Θερμογόνος δύναμη ΑΣΑ σε MW

Filterlosses : Απώλειες από τα φίλτρα σε MW

Heatregain : Ανάκτηση θερμότητας σε MW

Exhaust : Απώλειες από την έξοδο των καυσαερίων σε MW

P_{Boiler} : Ενέργεια που παράγεται στο boiler σε MW

nb : Συντελεστής απόδοσης boiler

Η ανάκτηση θερμότητας δεν χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της συνολικής ενέργειας που παράγεται στο boiler αλλά για την προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας και των απαερίων.

Στη συνέχεια τα αποτελέσματα εισάγονται στο μοντέλο κύκλου ατμού. Για την εκτέλεση πρέπει να εισάγονται μια σειρά δεδομένων για την περιοχή μελέτης και οι αρχικές ρυθμίσεις της μονάδας. Το μοντέλο βασίζεται στο διάγραμμα της εικόνας 31.

Η εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα ακολουθεί την εξής σειρά:

1. Εισαγωγή ωρών λειτουργίας ανά μήνα
2. Εισαγωγή τιμών πώλησης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας
3. Εισαγωγή συντελεστή εσωτερικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (τυπική τιμή 0,93)
4. Εισαγωγή συντελεστή θερμικών απωλειών από το δίκτυο τηλεθέρμανσης (τυπική τιμή 0,79)
5. Εισαγωγή θερμικών αναγκών περιοχής μελέτης
6. Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων:
 - Θερμοκρασία medel
 - Σχετική υγρασία
 - Απόλυτη υγρασία
 - Πυκνότητα ατμόσφαιρας
 - Θερμοχωρητικότητα αέρα
7. Εισαγωγή ροής ΑΣΑ στον αποτεφρωτήρα σε kg/sec (το αποτέλεσμα εισάγεται από το παραπάνω μοντέλο υπολογισμού)
8. Εισαγωγή ενέργειας που παράγεται από το boiler (το αποτέλεσμα εισάγεται από το παραπάνω μοντέλο υπολογισμού)
9. Εισαγωγή της μάζας αέρα που απαιτείται για την καύση και της μάζας των απαερίων που παράγονται (το αποτέλεσμα εισάγεται από το παραπάνω μοντέλο υπολογισμού)
10. Εισαγωγή θερμοκρασίας λειτουργίας μονάδας, θερμοκρασίας επανακυκλοφορίας απαερίων και θερμοκρασίας εξόδου στην καμινάδα
11. Εισαγωγή ενθαλπών αερίων για τις προαναφερθείσες θερμοκρασίες (τιμές από τον Πίνακα 8)
12. Εισαγωγή θερμοκρασίας αέρα που εισάγεται για την καύση, θερμοκρασίας επανακυκλοφορίας, θερμοκρασίας στην οποία θερμαίνεται ο αέρας

Τέλος το μοντέλο χρησιμοποιεί τα παραπάνω δεδομένα για τον υπολογισμό της παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ανά μήνα, την απόδοση της μονάδας, τα μηνιαία έσοδα ανά παραγόμενο τύπο ενέργειας και βρίσκει τον κατάλληλο συνδυασμό θερμοκρασίας, πίεσης, ενθαλπίας και κλάσματος μάζας για κάθε κόμβο ώστε να γίνει μεγιστοποίηση του κέρδους. Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς είναι οι ακόλουθοι:

1. Ισεντροπική απόδοση

Η ισεντροπική απόδοση για τους στροβίλους υψηλής πίεσης ($n_{T,HP}$) καθορίζεται σε 0,8 και για τους στροβίλους χαμηλής πίεσης ($n_{T,LP}$) υπολογίζεται από την εξίσωση :

$$n_{T,LP} = \frac{h_4 - h_7}{h_4 - h_{7is}}$$

Ο προκαθορισμένος κόμβος 7 καθορίζει την απόδοση για τους στροβίλους χαμηλής πίεσης.

2. Τροφοδοσία δεξαμενής νερού

Η δεξαμενή νερού συλλέγει το νερό πριν εισέλθει στο boiler. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν οι τύποι:

$$h_{17} \cdot m_{17} = h_{24} \cdot m_{24} + h_{30} \cdot m_{30}$$

$$h_{17} = \frac{h_{24} \cdot m_{24} + h_{30} \cdot m_{30}}{m_{24} + m_{30}}$$

3. Εναλλάκτης θερμότητας

Η θέρμανση του νερού στο δίκτυο τηλεθέρμανσης γίνεται σε δύο βήματα. Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο βημάτων αντιστοιχεί στη διαφορά της απαιτούμενης ροής μάζας για το κάθε βήμα. Η μάζα στον κόμβο 7 δεν είναι σταθερή και διαφέρει ανάλογα με τα ορίσματα εισόδου.

$$D = \frac{h_{11} - h_{12}}{h_7 - h_{13}}$$

$$m_{11} = D \cdot m_7$$

4. Δεξαμενή συμπύκνωσης

Στη δεξαμενή συγκεντρώνονται τα συμπυκνώματα από τους συμπυκνωτές του δικτύου τηλεθέρμανσης και του συλλέκτη συμπυκνωμάτων του δεύτερου προθερμαντήρα .

$$h_{14} \cdot m_{14} = h_{12} \cdot m_{12} + h_{15} \cdot m_{15} + h_{10} \cdot m_{10}$$

$$h_{10} = h_{14}$$

$$m_{14} = m_{12} + m_{15} + m_{10}$$

$$h_{14} = \frac{h_{12} \cdot m_{12} + h_{15} \cdot m_{15}}{m_{12} + m_{15}}$$

5. Προθέρμανση νερού

Η προθέρμανση του νερού γίνεται σε δύο βήματα. Ο κάθε προθερμαντήρας είναι σχεδιασμένος να συνεισφέρει το ίδιο. Τα χαρακτηριστικά του δεύτερου προθερμαντήρα καθορίζονται από την εξαγωγή της τουρμπίνας χαμηλής πίεσης.

$$h_5 \cdot m_{15} = h_9 \cdot m_9$$

6. Ισοζύγιο ενέργειας και μάζας

Τα ισοζύγια ενέργειας και μάζας είναι οι σημαντικότερες αντιδράσεις για τους υπολογισμούς. Η ενέργεια και η μάζα που εισέρχεται σε έναν κόμβο είναι ίση με την ενέργεια και την μάζα που εξέρχεται από αυτόν.

$$P = \varepsilon \nu \acute{\epsilon} \rho \gamma \epsilon \iota \alpha = W$$

$$h = \varepsilon \nu \theta \alpha \lambda \pi \acute{\iota} \alpha = kJ / kg$$

$$m = \rho \sigma \acute{\eta} \mu \acute{\alpha} \zeta \alpha \varsigma = kg / s$$

$$P_{in} = h_{in} \cdot m_{in} = h_{out} \cdot m_{out} = P_{out}$$

$$h_{28} \cdot m_{28} = h_9 \cdot m_9 - h_{10} \cdot m_{10} + h_{16} \cdot m_{16}$$

$$h_{28} = \frac{h_9 \cdot m_9 - h_{10} \cdot m_{10} + h_{16} \cdot m_{16}}{m_{28}}$$

$$h_{30} \cdot m_{30} = h_5 \cdot m_5 + h_{29} \cdot m_{29} + h_{24} \cdot m_{24}$$

$$h_{30} = h_{24}$$

$$m_5 = m_{30}$$

$$h_{30} = \frac{h_5 \cdot m_5 + h_{29} \cdot m_{29}}{m_5 + m_{24}}$$

$$h_{30} \cdot m_{30} = h_5 \cdot m_5 + h_{29} \cdot m_{29} + h_{24} \cdot m_{24}$$

7. Παραγωγή ενέργειας

Οι υπολογισμοί στο μοντέλο βασίζονται στους παρακάτω τύπους

Ενθαλπία

Η ενεργειακή απόδοση (output) του κάθε κόμβου μπορεί να περιγραφεί ως μεταβολή της ενθαλπίας στον κόμβο προς την συνολική μεταβολή.

$$O_5 = \frac{(h_4 - h_5) + (h_1 - h_3)}{(h_1 - h_{18}) + (h_4 - h_3)}$$

$$O_6 = \frac{(h_4 - h_6) + (h_1 - h_3)}{(h_1 - h_{18}) + (h_4 - h_3)}$$

$$O_7 = \frac{(h_4 - h_7) + (h_1 - h_3)}{(h_1 - h_{18}) + (h_4 - h_3)}$$

$$O_{12} = \frac{(h_{11} - h_{12})}{(h_1 - h_{18}) + (h_4 - h_3)}$$

$$O_{13} = \frac{(h_7 - h_{13})}{(h_1 - h_{18}) + (h_4 - h_3)}$$

8. Ενεργειακά Κλάσματα

Η αποδοτικότητα (efficiency) του κάθε κόμβου εξαρτάται από την ενεργειακή απόδοσή (output) του και την ροή μάζας.

$$OF_5 = O_5 \cdot m_5$$

$$OF_6 = O_6 \cdot m_6$$

$$OF_7 = O_7 \cdot m_7$$

$$OF_{12} = O_{12} \cdot m_{12}$$

$$OF_{13} = O_{13} \cdot m_{13}$$

9. Ηλεκτρική και θερμική απόδοση

Η ηλεκτρική και θερμική απόδοση (efficiency) περιγράφεται ως παραγόμενη ενέργεια για κάθε τύπο προς την συνολική ενέργεια.

$$n_{el} = \frac{OF_5 + OF_6 + OF_7}{m_1}$$

$$n_{thermal} = \frac{OF_{12} + OF_{13}}{m_1}$$

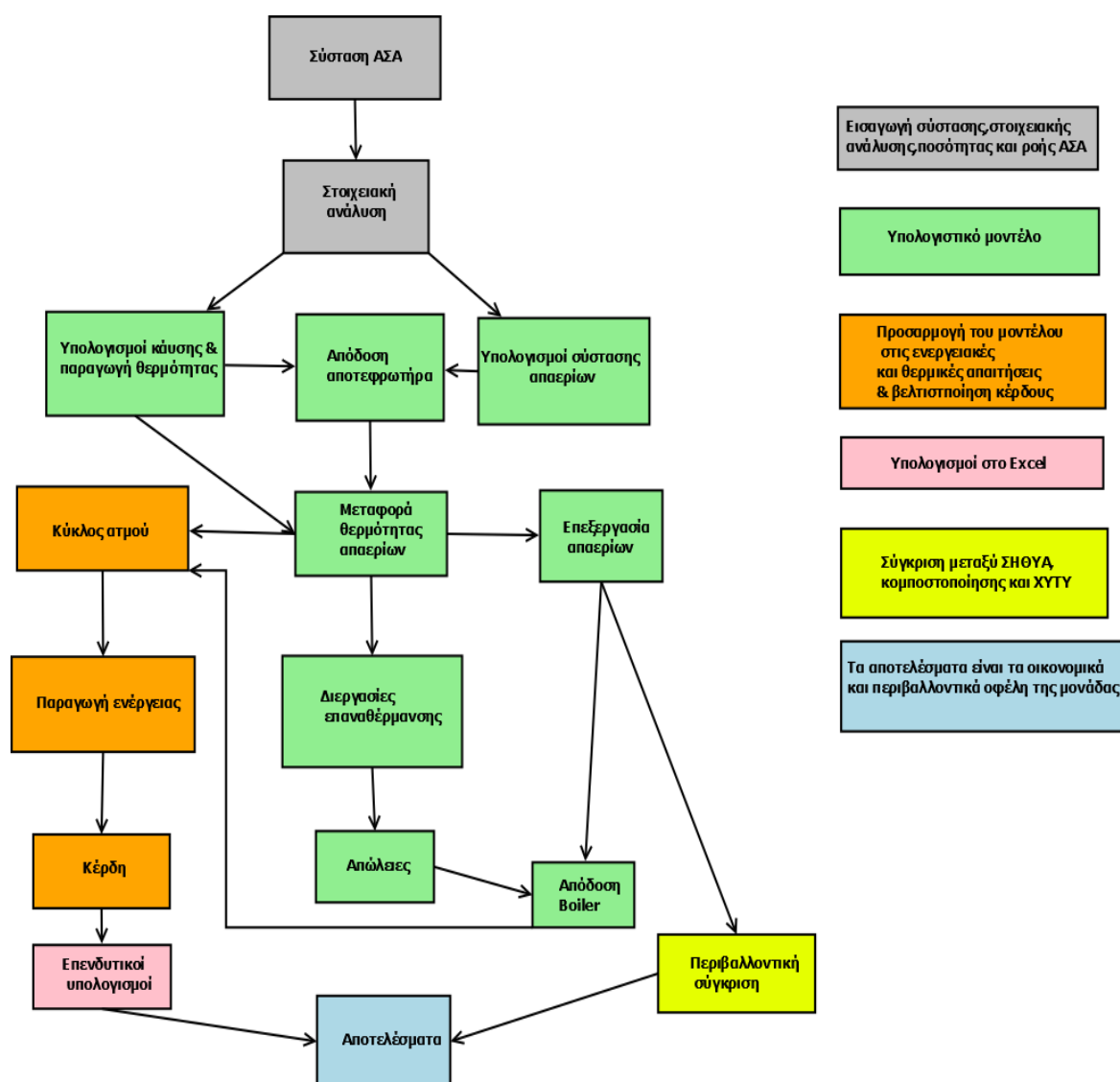
Έξοδος μοντέλου

Τα αποτελέσματα εξάγονται σε τέσσερα υπολογιστικά φύλλα Excel και παρουσιάζονται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

5^ο Κεφάλαιο - Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

5.1.Αποτελέσματα μοντέλων υπολογισμού

Ο σχεδιασμός της μονάδας έγινε με στοιχεία για τα ΑΣΑ από τον ΠΕΣΔΑ Πελοποννήσου και στοιχειακή ανάλυση από τους Clavreul et al. (2014). Έχοντας αυτά τα δεδομένα υπόψιν δημιουργήθηκε μοντέλο στη Matlab που υπολογίζει την θερμογόνο δύναμη των ΑΣΑ, τον απαιτούμενο αέρα καύσης και την ποσότητα των απαερίων ανάλογα με την σύσταση και την στοιχειακή ανάλυση. Τα αποτελέσματα εισάγονται στο μοντέλο κύκλου ατμού. Τέλος, παρατίθενται αποτελέσματα σεναρίου που προβλέπει μείωση των ζυμώσιμων, του χαρτιού και των πλαστικών. Στην εικόνα 35 παρουσιάζεται σχηματικά η σειρά των βημάτων που ακολουθεί το μοντέλο για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 35.Επεξήγηση μοντέλου

5.1.1.Σύσταση ΑΣΑ

Όπως έχει προαναφερθεί τα στοιχεία για την σύσταση των ΑΣΑ προέρχονται από τον ΠΕΣΔΑ Πελοποννήσου.

Πίνακας 17.Σύσταση ΑΣΑ Ν. Αρκαδίας (Πηγές: ΠΕΣΔΑΠ; Goetze et al., 2014)

Είδος	Ν. Αρκαδίας Σύσταση (% υγρού βάρους)	Δανία
<u>Οργανικά Υλικά</u>		
Ζυμώσιμα	41%	42,2%
Χαρτί	29%	11,8%
Πλαστικά	14%	11,7%
Υφάσματα	2%	1,6%
Λάστιχα	2,5%	1,6%
Ξύλα	1%	1,6%
Απορρίμματα κήπου	2%	3,5%
<u>Ανόργανα Υλικά</u>		
Γυαλί	3,5%	2,1%
Μέταλλα	3,5%	2,3%
Αδρανή	1,5%	21,6%

Δύο σημαντικές παρατηρήσεις μπορούν να γίνουν για τα δεδομένα του πίνακα 17.

1. Στη κατηγορία των αδρανών είναι δύσκολο να διαπιστωθεί η ακριβής σύστασή τους και αυτό μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα αλλά όχι κατά πολύ λόγω του μικρού ποσοστού τους
2. Για το Ν. Αρκαδίας αναμένεται μεγαλύτερο ποσοστό ζυμώσιμων σε σχέση με τους άλλους Νομούς της Περιφέρειας.

Έχοντας λοιπόν ως δεδομένο ότι η σύσταση είναι μια δυναμική παράμετρος, το μοντέλο δημιουργήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε η σύσταση να είναι όρισμα εισόδου.

5.1.2.Στοιχειακή ανάλυση

Η στοιχειακή ανάλυση που χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς προήλθε από την βάση δεδομένων EASETECH (Clavreulet al., 2014)

Πίνακας 18.Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ (Πηγή: Clavreulet al., 2014)

	Ποσοστό χημικού στοιχείου (% υγρού βάρους)							Τέφρα
	C	H	S	N	O	Cl	Υγρασία	
<u>Οργανικά Υλικά</u>								
Ζυμώσιμα	17,6	2,5	0,1	1,7	8,4	0,4	67,1	2,5
Χαρτί	37,6	5,1	0,2	0,3	37,6	0,0	14,5	4,7
Πλαστικά	67,6	9,4	0,1	1,6	4,0	1,4	8,3	8,0
Υφάσματα	50,7	6,3	0,2	4,5	27,1	0	9,5	1,6
Λάστιχα	73,3	9,7	0	1,9	0	0	3,5	11,6
Ξύλα	34,9	4,6	0,1	0,2	32,4	0,1	12,5	15,8
Απορρίμματα κήπου	27,8	3,5	0,1	0,9	15,8	0,1	41,5	10,3
<u>Ανόργανα Υλικά</u>								
Γυαλί	0	0	0	0	0	0	7,7	92,3
Μέταλλα	3,1	0,5	0	0,1	0	0	4,1	92,3
Αδρανή	23,1	3,1	0,2	0,7	10,5	0,9	23,4	38,2

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων της σύστασης και της στοιχειακής ανάλυσης για κάθε συστατικό των ΑΣΑ, το μοντέλο με χρήση του τύπου 4.1 υπολογίζει τη συνολική στοιχειακή ανάλυση (πίνακας 19).

Πίνακας 19.Στοιχειακή σύσταση κλάσματος ΑΣΑ Ν. Αρκαδίας συγκριτικά με στοιχειακή σύσταση ΑΣΑ Δανίας (Πηγή: Goetze et al., 2016)

	Ν. Αρκαδίας	Δανία
Στοιχείο	Ποσοστό	Ποσοστό (Μέσες τιμές)
Ανθρακας	31,8	28,4
Υδρογόνο	4,4	3,9
Οξυγόνο	16,3	12,2
Αζωτο	1,2	1,2
Θείο	0,1	0,1
Τέφρα	11,2	15,7
Υγρασία	34,9	38,2

Από τον πίνακα 19 παρατηρείται ότι το κλάσμα έχει υψηλότερο ποσοστό άνθρακα σε σχέση με το κλάσμα της Δανίας, πράγμα που αποδίδεται στις κοινωνικό-οικονομικές διαφορές μεταξύ των δύο λαών και έχει αντίκτυπο στη σύσταση του κλάσματος των ΑΣΑ. Για παράδειγμα τα ΑΣΑ που προέρχονται από την Ελλάδα παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό χαρτιού και πλαστικών λόγω του μικρότερου ποσοστού ανακύκλωσης. Η υγρασία ανέρχεται

στο 34,9% (9% μικρότερη από την Δανία), πράγμα που δικαιολογείται από το χαμηλότερο ποσοστό ζυμώσιμων στο ελληνικό κλάσμα (πίνακας 17).

5.1.3.Ροές στον αποτεφρωτήρα

Οι ροές στον αποτεφρωτήρα υπολογίζονται από τους τύπους 4.7.1.-4.7.4. εκφρασμένες σε kg/sec. Η μονάδα μέτρησης επιλέχθηκε για την ευκολότερη μετατροπή σε MW.

Πίνακας 20.Ροές στον αποτεφρωτήρα

Στοιχείο	Ροή (kg/sec)
Υγρασία	0,74
Τέφρα	0,24
Καύσιμη ύλη	1,14
Άνθρακας	0,67
Υδρογόνο	0,093
Άζωτο	0,02
Θείο	0,002

5.1.4.Απαιτούμενος αέρας – Απαέρια

Η σύσταση των ΑΣΑ παρέχει την μάζα του αέρα που απαιτείται για την πλήρη καύση καθώς και την μάζα των σχηματιζόμενων απαερίων.

Πίνακας 21.Αποτελέσματα απαιτούμενου αέρα – απαερίων συγκριτικά με τυπικές τιμές σύστασης απαερίων (Πηγή: Zevenhoven & Kilpinen, 2001)

	Μάζα (kg/kg ΑΣΑ)	Ποσοστό	Τυπικές Τιμές (%)
Απαιτούμενος αέρας	6,7	-	-
Απαέρια	7,2	-	-
CO ₂	-	10,6	6-12
SO ₂	-	0,02	0,01-0,06
H ₂ O	-	9,6	10-18
O ₂	-	6,5	7-14
N ₂	-	73,3	≈ 76

Παρατηρείται λοιπόν από τον πίνακα 21 ότι οι τιμές των απαερίων κυμαίνονται είτε εντός των τυπικών τιμών ή πολύ κοντά σε αυτές. Η ποσότητα του CO₂ βρίσκεται κοντά στο άνω

όριο της τυπικής τιμής κάτι που δικαιολογείται από την παρουσία υψηλού ποσοστού άνθρακα στο κλάσμα των ΑΣΑ.

5.1.5.Ενεργειακή απόδοση

Η συνολική ενέργεια των ΑΣΑ προήλθε από τον πολλαπλασιασμό των ροών στον αποτεφρωτήρα (πίνακας 20) με την αντίστοιχη θερμική συμβολή τους (Τύποι 4.8.1.-4.8.5.). Για παράδειγμα, το νερό (η υγρασία που περιέχει το κλάσμα των ΑΣΑ) με ροή 0,74 kg/sec και θερμική συμβολή -2.450 kJ/kg, αφαιρεί 1.813 kJ/sec ή 1,8 MW από την θερμογόνο δύναμη των ΑΣΑ. Η ενεργειακή απόδοση του boiler υπολογίζεται από τους τύπους 4.9.1.-4.9.6.

Πίνακας 22.Αποτελέσματα ενεργειακής απόδοσης ΑΣΑ - Boiler

	Ενέργεια (MW)
Ενέργεια ΑΣΑ	26,9
Απώλειες φίλτρων	0,6
Ανάκτηση ενέργειας	1,4
Απώλειες εξάτμισης	1,7
Παραγόμενη ενέργεια Boiler	24,6
Συντελεστής απόδοσης	0,91

Η θερμογόνος δύναμη των ΑΣΑ υπολογίστηκε στα 26,9 MW ή 12.650 kJ/kg ΑΣΑ, ενώ η παραγόμενη ενέργεια του boiler βρέθηκε στα 24,6 MW με συντελεστή απόδοσης 0,91 ή 91%.

5.2.Μοντέλο κύκλου ατμού στη MATLAB

Τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι ο επικερδέστερος συνδυασμός και η μηνιαία παραγωγή ενέργειας με αυτόν τον συνδυασμό.

5.2.1.Επικερδέστερος συνδυασμός παραμέτρων κύκλου ατμού

Ο συνδυασμός που ακολουθεί στον πίνακα 23 είναι αυτός που παρέχει το μεγαλύτερο κέρδος. Η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι σαφώς μεγαλύτερη από την τιμή πώλησης της θερμικής, έτσι, ο συνδυασμός του πίνακα 23 είναι αυτός που παράγει τη περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια. Είναι δυνατή η παραμετροποίηση του μοντέλο (αύξηση της πίεσης του ατμού) για μεγαλύτερη θερμική απόδοση.

Πίνακας 23.Συνδυασμός με το μεγαλύτερο κέρδος

Κόμβος	Θερμοκρασία (°C)	Πίεση (bar)	Ενθαλπία (kJ/kg)	Ροή μάζας (κλάσμα)	Εντροπία (kJ/kg*K)
1	400,00	40,00	3214,37	1,00	6,77
2	0,00	0,00		0,00	
3	203,14	6,18	2856,59	1,00	6,97
4	400,00	6,18	3270,43	1,00	7,70
5	277,37	2,57	3024,76	0,05	7,70
6	169,36	1,02	2814,83	0,48	7,70
7	100,00	0,50	2682,40	0,47	7,70
8	0,00	0,00		0,00	
9	169,36	1,02	2814,83	0,01	7,70
10	85,00	1,02	356,00	0,01	1,13
11	169,36	1,02	2814,83	0,47	7,70
12	100,00	1,02	419,10	0,47	1,31
13	70,00	0,32	293,02	0,47	0,95
14	85,00	1,02	356,00	0,95	1,13
15	70,00	1,02	293,08	0,47	0,95
16	85,00	7,80	356,53	0,95	1,13
17	123,09	7,80	517,25	1,00	1,56
18	123,09	40,00	519,54	1,00	1,56
19	250,00	40,00	1085,69	1,00	2,79
20	70,00	2,50	293,20	0,00	0,95
21	70,00	11,33	293,92	0,00	0,95
22	100,00	11,33	419,87	0,00	1,31
23	130,00	11,33	546,97	0,00	1,63
24	123,08	7,80	517,23	0,95	1,56
25	0,00	0,00		0,00	
26	0,00	0,00		0,00	
27	0,00	0,00		0,00	
28	92,98	7,80	390,04	0,95	1,23
29	92,98	7,80	390,04	0,95	1,23
30	123,17	2,57	517,23	0,05	1,56
31	123,17	7,80	517,64	0,05	1,56

5.2.2. Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας

Το μέγιστο κέρδος μπορεί να επιτευχθεί στην περίπτωση που το συνολικό ποσοστό ενέργειας κατανέμεται ποσοστιαία σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 24.

Πίνακας 24. Ηλεκτρική και θερμική απόδοση

	Ηλεκτρική απόδοση	Θερμική απόδοση
Ιανουάριος	0,28	0,72
Φεβρουάριος	0,28	0,72
Μάρτιος	0,28	0,72
Απρίλιος	0,28	0,72
Μάιος	0,29	0,66
Ιούνιος	0,32	0,41
Ιούλιος	0	0
Αύγουστος	0,33	0,32
Σεπτέμβριος	0,31	0,49
Οκτώβριος	0,28	0,72
Νοέμβριος	0,28	0,72
Δεκέμβριος	0,28	0,72

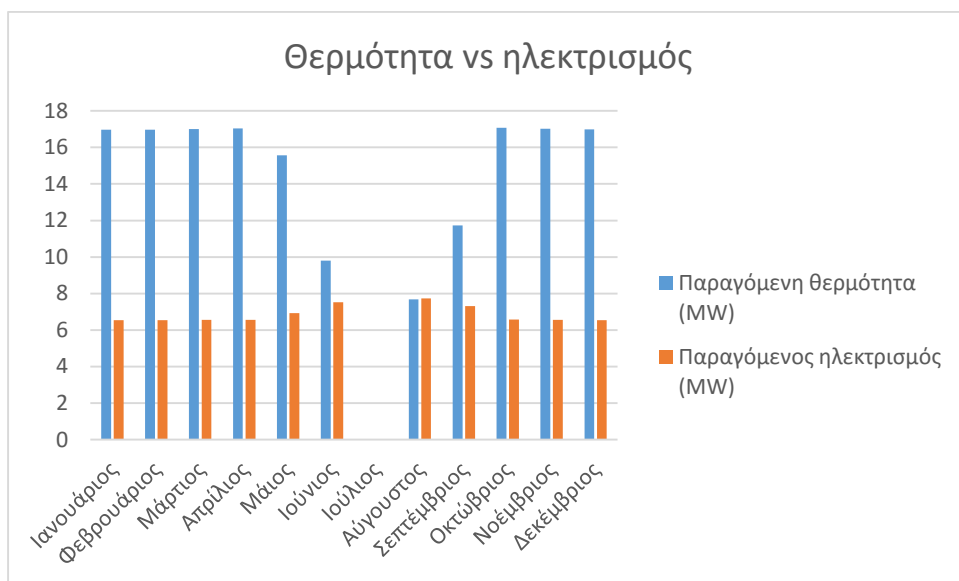
Τους χειμερινούς μήνες η συνολική ενέργεια οδηγείται σε ποσοστό άνω του 70% προς παραγωγή θερμικής ενέργειας ενώ τους καλοκαιρινούς κάτω από 50%.

Η μηνιαία παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας παρουσιάζεται στον πίνακα 25.

Πίνακας 25. Μηνιαία παραγωγή

	Θερμική ενέργεια (MW)	Ηλεκτρική ενέργεια (MW)	Θερμικές ανάγκες (MW)	Συνολικά κέρδη (ευρώ)	Κέρδη από θερμότητα (ευρώ)	Κέρδη από ηλεκτρισμό (ευρώ)
Ιανουάριος	16,97	6,54	102,81	941.556 €	543.954 €	397.602 €
Φεβρουάριος	16,98	6,54	98,24	850.651 €	491.436 €	359.215 €
Μάρτιος	17	6,55	71,22	942.969 €	544.770 €	398.199 €
Απρίλιος	17,04	6,57	21,59	914.619 €	528.391 €	386.227 €
Μάιος	15,57	6,92	12,55	919.467 €	498.846 €	420.621 €
Ιούνιος	9,8	7,52	7,9	746.002 €	303.806 €	442.196 €
Ιούλιος	0	0	5,22	0 €	0 €	0 €
Αύγουστος	7,68	7,74	6,04	700.969 €	240.728 €	460.241 €
Σεπτέμβριος	11,72	7,32	9,42	793.952 €	363.488 €	430.464 €
Οκτώβριος	17,08	6,58	23	947.245 €	547.240 €	400.005 €
Νοέμβριος	17,02	6,56	57,45	913.759 €	527.895 €	385.864 €
Δεκέμβριος	16,99	6,55	93,7	942.297 €	544.382 €	397.915 €
Σύνολο	163,84	75,38	509,14	9.613.484 €	5.134.935 €	4.478.549 €

Η γραφική απεικόνιση του πίνακα 24 εκφρασμένη σε MW παραγόμενης ενέργειας δίνεται στην εικόνα 36. Παρατηρείται ότι τον Αύγουστο η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπερβαίνει την παραγωγή θερμότητας καθώς είναι ο μήνας με τις χαμηλότερες θερμικές ανάγκες (εικόνα 37).



Εικόνα 36.Παραγόμενη θερμότητα vs παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Από τον πίνακα 25 και την εικόνα 37 παρατηρείται ότι από τον Μάιο μέχρι τον Σεπτέμβριο (εκτός από τον Ιούλιο όπου η μονάδα θα παραμένει κλειστεί για συντήρηση) η παραγωγή θερμότητας υπερβαίνει την κατανάλωση. Το πλεόνασμα μπορεί είτε να οδηγηθεί σε πύργο ψύξης ή να αποτελέσει ευκαιρία για επενδύσεις σε μονάδες που να έχουν την δυνατότητα να εκμεταλλευτούν αυτή την ενέργεια.



Εικόνα 37.Παραγωγή θερμότητας vs Ανάγκες

5.3.Επενδυτικοί υπολογισμοί

5.3.1.Κόστος επένδυσης

Το επενδυτικό κόστος υπολογίστηκε με βάση πέντε διαφορετικές μονάδες, στο Kempten της Γερμανίας, στο Halle της Γερμανίας, στο Posieux της Ελβετίας, στο Urvier της Ελβετίας και στο Chisinaut της Μολδαβίας (industcards.com; eew-energyfromwaste.com; avfallsverige.se) καθώς και ενδεικτικές προσφορές από την vonRoll (ηλεκτρολογικός εξοπλισμός, αποτεφρωτήρες), την Siemens (boiler) και την Alstrom (πύργος ψύξης). Τα εκτιμώμενα κόστη παρατίθενται στον πίνακα 26.

Πίνακας 26.Εκτιμώμενα κόστη

Τύπος	Κόστος [Μ€]
Αποτεφρωτήρας, SNCR, Boiler	13
Σιλό αποθήκευσης	3
Στρόβιλος, Γεννήτρια, Συμπυκνωτές	1,5
Σύστημα επεξεργασίας αερίων	2
Πύργος ψύξης	0,5
Απρόβλεπτα κόστη (10% της επένδυσης)	2
Συνολικά	22

5.3.2.Ετήσια κέρδη

Τα ετήσια έσοδα από την πώληση θερμότητας και ηλεκτρισμού είναι ένα από τα αποτελέσματα του μοντέλου. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα κέρδη για το πρώτο έτος λειτουργίας της μονάδας και παρουσιάζονται με και χωρίς φόρους για να καταφανεί η επιβάρυνση λόγω της αυξημένης φορολογίας. Το κόστος μισθοδοσίας, προμήθειας χημικών και καυσίμων καθώς και η συντήρηση υπολογίστηκε με βάση την μελέτη “Estimation of marginal costs at existing waste treatment facilities” των Martinez-Sanchez et al. (2014).

Πίνακας 27.Ετήσια κέρδη

Χωρίς φόρους	Μ€	Με Φόρους	Μ€
Επένδυση	22	Επένδυση	22
Έσοδα	9,6	Έσοδα	9,6
Μισθοί	-0,5	Μισθοί	-0,5
Εσ. Κατ. Ενέργειας	-0,2	Εσ. Κατ. Ενέργειας	-0,2
Επεξεργασία τέφρας	-0,5	Επεξεργασία τέφρας	-0,2
Επεξεργασία αερίων	-0,5	Επεξεργασία αερίων	-0,5
Συντήρηση	-1,1	Συντήρηση	-1,1
Σύνολο	7	Φόρος 29%	-2,8
		Σύνολο	4

5.4.Οικονομική αξιολόγηση

Ως οικονομική αξιολόγηση ορίζουμε την συγκριτική ανάλυση δύο ή περισσότερων εναλλακτικών ως προς το κόστος τους και τις συνέπειές τους. Η οικονομική αξιολόγηση των περιβαλλοντικών έργων εισάγεται για την αποτίμηση των καθαρών οφελών τους σε νομισματικούς όρους.

Μια μέθοδος αποτίμησης είναι η Μέθοδος Μειούμενων Χρηματικών Ροών (Discounted Cash Flow, DCF). Η ανάλυση DCF μειώνει τις προβλέψεις των ετήσιων εσόδων (Future Values) κατά ποσοστό ίσο με το Discount Rate για να τις προσαρμόσει στις τρέχουσες τιμές (Present Values) της αγοράς. Η επένδυση κρίνεται ως καλή αν το άθροισμα της χρονοσειράς PV είναι μεγαλύτερο του επενδυτικού κόστους (Hayyat, 2014).

$$(1) DCF = PV_1 + PV_2 + \dots + PV_n$$

$$(2) PV = \frac{FV}{(1+r)^n}$$

$$(3) NPV = \left(\sum_1^n PV \right) - I \geq 0$$

Όπου :

DCF : Μειούμενες χρηματικές ροές

PV : Παρούσα αξία των μελλοντικών εσόδων μας

FV : Μελλοντικά έσοδα

NPV : Καθαρή παρούσα αξία

I : Αρχική επένδυση

r : Ο τόκος προεξόφλησης

n : Ο χρόνος σε έτη.

Ανάλυση DCF στο Excel

Είναι κοινό να χρησιμοποιείται το Excel ή αλλά παρόμοια προγράμματα για διάφορες οικονομικές αναλύσεις. Το Excel έχει ένα μεγάλο εύρος οικονομικών και λογιστικών εξισώσεων, τρεις από τις χρησιμότερες είναι αυτές για τον υπολογισμό της NPV, της PV και του EBA (IRR).

NPV

Η συνάρτηση ‘NPV’ υπολογίζει την ΚΠΑ μιας επένδυσης χρησιμοποιώντας ένα τόκο προεξόφλησης και μια χρονοσειρά μελλοντικών εσόδων .

Σύνταξη : +NPV(rate;value1;value;....)

PV

Η συνάρτηση **'PV'** αποδίδει την παρούσα αξία μιας επένδυσης, δηλαδή το συνολικό ποσό στο οποίο ανέρχεται αυτή τη στιγμή μια σειρά μελλοντικών πληρωμών.

Σύνταξη : $+PV(rate;nper;pmt;type)$

IRR

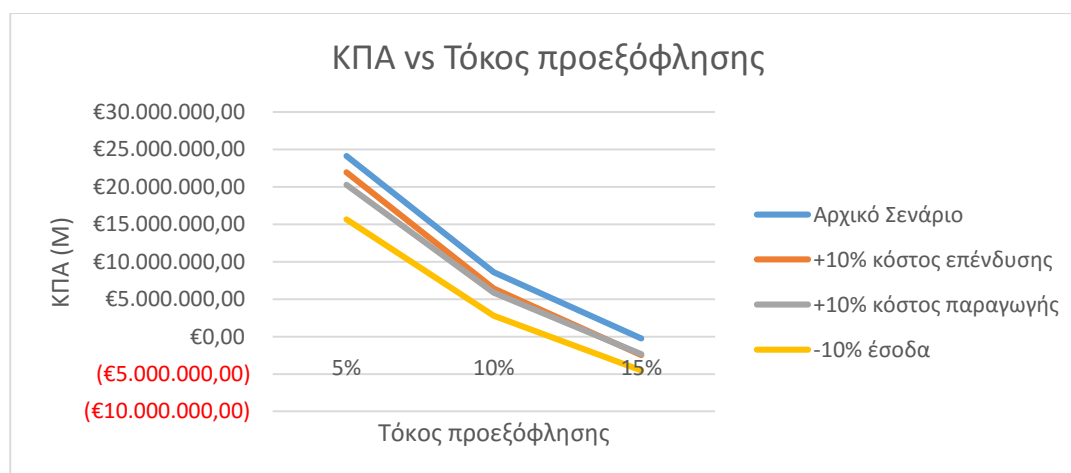
Η συνάρτηση **'IRR'** αποδίδει τον ΕΒΑ μιας σειράς ταμειακών ροών

Σύνταξη : $+IRR(value;guess)$

Τα αποτελέσματα του μοντέλου δείχνουν ότι η σχεδιαζόμενη μονάδα μας αποφέρει καθαρά έσοδα της τάξης των 4.000.000 ευρώ ετησίως με ΚΠΑ 24.155.946 ευρώ και ΕΒΑ 15%. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η συγκεκριμένη μονάδα είναι μια αρκετά καλή επένδυση. Για την κάλυψη των αβεβαιοτήτων της οικονομικής ζωής δημιουργήθηκαν αλλά 11 σενάρια. Τα αποτελέσματα αυτών παρατίθενται στον πίνακα 28.

Πίνακας 28. NPV και IRR σεναρίων

Σενάριο	Φόρος	Discount Rate	Υπόθεση	NPV	IRR
1ο	29%	5%	-	24.155.946,52 €	15%
2ο	29%	10%	-	8.615.756,96 €	15%
3ο	29%	15%	-	-255.940,05 €	15%
4ο	29%	5%	+10% κόστος επένδυσης	21.955.946,52 €	13%
5ο	29%	10%	+10% κόστος επένδυσης	6.415.756,96 €	13%
6ο	29%	15%	+10% κόστος επένδυσης	-2.455.940,05 €	13%
7ο	29%	5%	+10% κόστος παραγωγής	20.265.367,73 €	13%
8ο	29%	10%	+10% κόστος παραγωγής	5.866.337,04 €	13%
9ο	29%	15%	+10% κόστος παραγωγής	-2.353.886,84 €	13%
10ο	29%	5%	-10% έσοδα	15.649.773,08 €	12%
11ο	29%	10%	-10% έσοδα	2.804.761,35 €	12%
12ο	29%	15%	-10% έσοδα	-4.528.292,84 €	12%



Εικόνα 38. ΚΠΑ vs Τόκος προεξόφλησης

Γενικά, από τον πίνακα 28 παρατηρείται ότι ο τόκος προεξόφλησης (επιτόκιο με το οποίο η κεντρική τράπεζα χρεώνει τις τράπεζες για δάνεια) είναι η κύρια παράμετρος που καθορίζει την ΚΠΑ και συνεπώς το κατά πόσο η επένδυση είναι καλή ή όχι. Η συσχέτιση αποτυπώνεται καλύτερα στο διάγραμμα της εικόνας 38.

Σε μια επένδυση οι πηγές αβεβαιότητας είναι πολλές. Το οικονομικό περιβάλλον, οι καταναλωτικές συνήθειες, ο ανταγωνισμός, τα απρόβλεπτα έξοδα κ.α. μπορούν να πιέσουν τα έσοδα και να οδηγήσουν σε απώλειες. Από την ανάλυση DCF το κύριο εύρημα είναι ότι ο τόκος προεξόφλησης είναι η παράμετρος που επηρεάζει την επένδυση περισσότερο από κάθε άλλη. Για παράδειγμα μια μείωση 10% στα έσοδα μειώνει την ΚΠΑ της επένδυσης κατά 33% ενώ μια αύξηση του Discount Rate κατά 5% μειώνει την ΚΠΑ κατά 62%.

5.5.Σενάριο μείωσης ζυμώσιμων, χαρτιού, πλαστικών

Η αποτέφρωση χαρακτηρίζεται συχνά ως ανταγωνιστική της ανακύκλωσης. Ο λόγος λοιπόν της δημιουργίας ενός σεναρίου μείωσης είναι για να καταφανεί ο συνεργατικός χαρακτήρας που μπορούν να έχουν, ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές. Ακόμα η Ευρωπαϊκή στρατηγική για την κυκλική οικονομία (2015/0595) θέτει ως στόχο προς τα κράτη-μέλη την ανακύκλωση του 65% του κλάσματος των ΑΣΑ μέχρι το 2030. Ένα τέτοιο σενάριο λοιπόν θα κρίνει την βιωσιμότητα της μονάδας κατά την ενσωμάτωση της Κοινοτικής Οδηγίας.

Σύμφωνα με τον ΠΕΣΔΑ Πελοποννήσου στο Ν. Αρκαδίας παράγονται 62.768 t αγροτικών απορριμμάτων από το κλάδεμα των δέντρων. Η διαχείριση αυτών γίνεται ατομικά με την τεχνική της ανεξέλεγκτης καύσης. Οι κίνδυνοι που δημιουργεί αυτή η πρακτική είναι η εκδήλωση πυρκαγιάς και η τοπική αύξηση της αέριας ρύπανσης. Η χρήση των κλαδεμάτων τα τελευταία χρόνια σαν καύσιμη ύλη για την θέρμανση χώρων μειώνει τους κινδύνους εκδήλωσης πυρκαγιάς αλλά δεν λύνει το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης. Η κεντρική διαχείριση λοιπόν σε μονάδες αποτέφρωσης είναι προτιμότερη καθώς η καύση γίνεται σε ελεγχόμενο χώρο, διαθέτει τις βέλτιστες τεχνολογίες ελέγχου της αέριας ρύπανσης και παράγει αρκετή θερμότητα για να αντισταθμίσει την παράλογη αύξηση στις τιμές πώλησης των ορυκτών καυσίμων.

Για τις ανάγκες του σεναρίου αυτού έγινε υπόθεση ότι θα λειτουργεί στο Νομό μονάδα ανακύκλωσης που θα μειώνει το ποσοστό του χαρτιού στα ΑΣΑ κατά 14%, των πλαστικών κατά 4% και των ζυμώσιμων κατά 11%. Ακόμα προϋποθέτει ότι θα γίνεται επεξεργασία του 28% των αγροτικών απορριμμάτων του Νομού, ήτοι 17.690 t.

Πίνακας 29.Σενάρια υπολογισμών

Είδος	Αρχικό Σενάριο	Σενάριο μείωσης
	Ποσοστό	Ποσοστό
Ζυμώσιμα	41%	30%
Χαρτί	29%	15%
Πλαστικά	14%	10%
Υφάσματα	2%	2%
Λάστιχα	2,5%	2,5%
Ξύλα	1%	30%
Απορρίμματα κήπου	2%	2%
Γυαλί	3,5%	3,5%
Μέταλλα	3,5%	3,5%
Αδρανή	1,5%	1,5%

Αποτελέσματα σεναρίου

Για την παραγωγή των αποτελεσμάτων έγινε χρήση του μοντέλου με τα δεδομένα του σεναρίου μείωσης και παρήχθη ο πίνακας 30.

Πίνακας 30.Σενάριο μείωσης

	Θερμική ενέργεια (MW)	Ηλεκτρική ενέργεια (MW)	Θερμικές ανάγκες (MW)	Συνολικά κέρδη (ευρώ)	Κέρδη από θερμότητα (ευρώ)	Κέρδη από ηλεκτρισμό (ευρώ)
Ιανουάριος	16,78	6,47	102,81	931.011 €	537.862 €	393.149 €
Φεβρουάριος	16,79	6,47	98,24	841.121 €	485.931 €	355.190 €
Μάρτιος	16,81	6,48	71,22	932.386 €	538.656 €	393.730 €
Απρίλιος	16,85	6,49	21,59	904.323 €	522.443 €	381.879 €
Μάιος	15,39	6,84	12,55	909.072 €	493.207 €	415.865 €
Ιούνιος	9,69	7,43	7,9	737.532 €	300.356 €	437.175 €
Ιούλιος	0	0	5,22	0 €	0 €	0 €
Αύγουστος	7,59	7,65	6,04	692.997 €	237.990 €	455.007 €
Σεπτέμβριος	11,59	7,23	9,42	784.950 €	359.366 €	425.583 €
Οκτώβριος	16,88	6,51	23	936.549 €	541.061 €	395.488 €
Νοέμβριος	16,83	6,49	57,45	903.486 €	521.960 €	381.526 €
Δεκέμβριος	16,8	6,47	93,7	931.732 €	538.278 €	393.454 €
Σύνολο	162	74,53	509,14	9.505.159 €	5.077.111 €	4.428.048 €

Από τον πίνακα 30 παρατηρείται ότι με τα δεδομένα του σεναρίου μείωσης επέρχεται μείωση στην παραγωγή ενέργειας καθώς και στα έσοδα κατά 0,01%. Επίσης, από τον πίνακα 31 για τον απαιτούμενο αέρα και τα απαέρια εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι διαφοροποιήσεις είναι απειροελάχιστες και δεν επηρεάζουν το επενδυτικό κόστος και το σύστημα επεξεργασίας απαερίων. Ακόμα και εάν συνυπολογισθεί η μείωση των εσόδων, αυτή είναι πολύ μικρή και δεν επηρεάζει αρνητικά την επένδυση.

Πίνακας 31.Απαιτούμενος αέρας και απαέρια

	Αρχικό σενάριο	Σενάριο μείωσης
	Μάζα (kg/kg ΑΣΑ)	Μάζα (kg/kg ΑΣΑ)
Απαιτούμενος αέρας	6,7	6,5
Απαέρια	7,2	7,11
Είδος	Ποσοστό	Ποσοστό
CO ₂	10,6	10,9
SO ₂	0,02	0,01
H ₂ O	9,6	9,8
O ₂	6,5	6,4
N ₂	73,3	72,9

Η αποτέφρωση λοιπόν που συνδυάζεται με ανακύκλωση και επεξεργασία αγροτικών απορριμμάτων μπορεί να είναι βιώσιμη.

5.6.Συζήτηση

Η εργασία αυτή είχε ως βασική ιδέα τη διερεύνηση της δυνατότητας δημιουργίας μονάδας ΣΗΘΥΑ στο Ν. Αρκαδίας. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν διαφορετικά οικονομικά σενάρια καθώς και η προοπτική της μείωσης των ζυμώσιμων, των πλαστικών και του χαρτιού στο κλάσμα των ΑΣΑ σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή στρατηγική για την κυκλική οικονομία (2015/0595). Ακόμα εισήχθη η επεξεργασία των αγροτικών απορριμμάτων (κλαδέματα) του Νομού. Εξετάστηκαν, μέσω μοντελοποίησης η ενεργειακή απόδοση και τα οικονομικά οφέλη από την λειτουργία μιας μονάδας ΣΗΘΥΑ. Η μοντελοποίηση του κύκλου ατμού πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Matlab και μέσω του μοντέλου που αναπτύχθηκε από τους Karlsson και Linderholm-Jonsson και τροποποιήθηκε για να ταιριάζει στη σύσταση των ΑΣΑ και στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μοντελοποίηση χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων και τις δυνατότητες εφαρμογής της αποτέφρωσης ως μέθοδο επεξεργασίας των ΑΣΑ του Ν. Αρκαδίας.

5.7.Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής διαπιστώθηκε ότι η παραγωγή ΑΣΑ συνδέεται ευθέως με την αστικοποίηση του πληθυσμού και το επίπεδο ζωής του (World Bank, 2013).

Με την εισαγωγή της Οδηγίας 2008/98/EK διασφαλίζεται ότι η καύση των ΑΣΑ είναι ισοδύναμη των υπόλοιπων τεχνολογιών ενεργειακής ανάκτησης και παρέχει προβάδισμα σε σχέση με την διάθεση των ΑΣΑ σε ΧΥΤ. Τέλος, μειώνει την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και προσφέρει αντισταθμιστικά οφέλη στην τοπική κοινωνία για την αποδοχή της.

Γενικά, η καύση των ΑΣΑ μπορεί να θεωρηθεί φιλική προς το περιβάλλον. Οι αέριες εκπομπές των μονάδων ΣΗΘΥΑ παραμένουν χαμηλές, κάτω από τα όρια που θέτουν οι Κοινοτικές Οδηγίες (2010/75) ενώ οι εκπομπές τοξικών και επικίνδυνων ουσιών, όπως οι διοξίνες και τα φουράνια είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα και δεν θέτουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία (Πίνακας 13). Οι εκπομπές σε GHG είναι σαφώς μικρότερες σε σύγκριση με τις ανάλογες στους ΧΥΤΥ (ISWA 2009). Η μείωση του όγκου των ΑΣΑ που προκύπτει ανέρχεται στο 90% και στο βάρος κατά 75% (Γιδαράκος, 2006). Η τέφρα και η ιπτάμενη τέφρα που παράγονται σε μονάδες ΣΗΘΥΑ μπορούν μετά από κατάλληλη επεξεργασία είτε να διατεθούν σε ΧΥΤΥ είτε να χρησιμοποιηθούν σε έργα οδοποιίας ή ως υλικά οικοδομών.

Σύμφωνα με την βέλτιστη διαθέσιμη τεχνολογία, η καύση είναι μια οικονομική λύση με ελάχιστες (ή ελεγχόμενες) περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες περιορίζονται σε τοπικό επίπεδο. Η μεγάλη μείωση στον όγκο των ΑΣΑ που επιτυγχάνεται, ελαχιστοποιεί τις απαιτήσεις μεγάλων χώρων διάθεσης και αμβλύνει τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σημαντικό είναι και το γεγονός ότι η ενέργεια που παράγεται σε μεγάλο ποσοστό της (60%) θεωρείται ΑΠΕ (ΡΑΕ, 2011). Επομένως, η ένταξη της καύσης των ΑΣΑ στον σχεδιασμό της ολοκληρωμένης διαχείρισης των απορριμμάτων είναι σε θέση να προσφέρει

σημαντική βοήθεια στην Ελλάδα για την επίτευξη του στόχου για 40% ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ μέχρι το 2020 (ν.3851/2010).

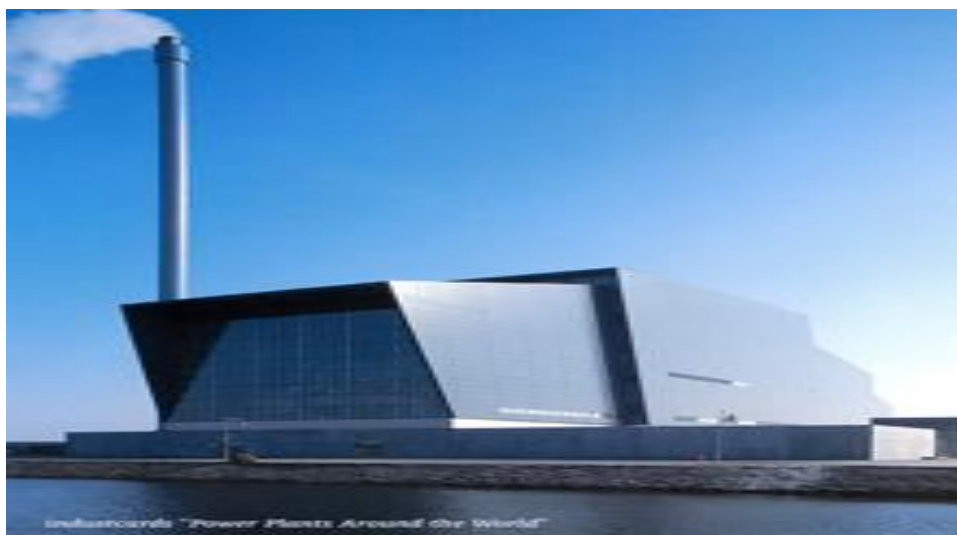
Τα αποτελέσματα αυτής της διπλωματικής εργασίας δείχνουν ότι η ενσωμάτωση μιας μονάδας ΣΗΘΥΑ στο σύστημα παραγωγής ενέργειας του Ν. Αρκαδίας μπορεί να αποβεί οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμη.

Η κοινή γνώμη που επικρατεί είναι πάντως αρνητική στην ιδέα της παραγωγής ενέργειας από ΑΣΑ και αυτό οφείλεται στην έλλειψη ενημέρωσης αλλά και στην κακή εμπειρία από έργα υγειονομικής ταφής. Η καύση των ΑΣΑ είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως στην υπόλοιπη Ευρώπη, μάλιστα σε χώρες όπως η Ελβετία και η Δανία φτάνει στο 50 % της συνολικής διαχείρισης των ΑΣΑ (Eurostat, 2015). Στην Ευρώπη υπάρχουν 430 μονάδες ΣΗΘΥΑ και 600 παγκοσμίως (industcards.com).

Οι μονάδες αποτέφρωσης εκτός από τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη μπορούν να αναβαθμίσουν το αστικό τοπίο και να αποτελέσουν “τουριστικές ατραξιόν”. Όπως φαίνεται και στις παρακάτω φωτογραφίες, μια μονάδα αποτέφρωσης μπορεί να ενταχθεί επιτυχημένα στον αστικό ιστό ή στο φυσικό περιβάλλον και να περιορίσει τις οπτικές οχλήσεις που προκαλούσαν παρόμοιες μονάδες κατά το παρελθόν.



Εικόνα 39. Spittelau, Βιέννη (Πηγή: wastewise.be)



Εικόνα 40.Esbjerg, Δανία (Πηγή: industcards.com)



Εικόνα 41.Isseane, Γαλλία (Πηγή: industcards.com)



Εικόνα 42.Filbörnerket, Σουηδία (Πηγή: industcards.com)

Περιβαλλοντικά, μια μονάδα ΣΗΘΥΑ είναι σε θέση να βελτιώσει τις υπάρχουσες συνθήκες ως προς τα αέρια του θερμοκηπίου που απελευθερώνονται. Τα τοξικά απόβλητα είναι το αρνητικό μέρος με την αποτέφρωση απορριμμάτων αλλά υιοθετώντας ένα σύστημα εναπόθεσης και επεξεργασίας των αδρανών υλικών επιτυγχάνονται χαμηλότερες τιμές τοξικών ρύπων σε σχέση με αυτές της υγειονομικής ταφής.

6^ο Κεφάλαιο – Συμπεράσματα

6.1.Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της εργασίας προκύπτει το συμπέρασμα ότι μια μονάδα ΣΗΘΥΑ για το Ν. Αρκαδίας είναι μια συμφέρουσα λύση με πολλαπλά οικονομικά οφέλη:

1. Για την εκτίμηση των ετήσιων ποσοτήτων ΑΣΑ χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τον ΠΕΣΔΑΠ. Είναι απαραίτητη αναλυτική έρευνα που εξακριβώνει τις ποσότητες και την σύσταση των ΑΣΑ στην Ελλάδα. Στην ελληνική βιβλιογραφία είναι δύσκολο να βρεθεί ακριβής σύσταση ΑΣΑ καθώς τα περισσότερα στοιχεία είναι πολύ γενικά και συνήθως αφορούν μια ευρύτερη περιοχή. Ο υπολογισμός της εκλυόμενης ενέργειας έγινε με θεωρητικά δεδομένα και απέδωσε 22 MW, 15 MW θερμική ενέργεια και 7 MW ηλεκτρική. Αυτές οι ποσότητες μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες του Νομού κατά 37% και 39% αντίστοιχα
2. Η διαπίστωση των ενεργειακών αναγκών έγινε μέσα από στοιχεία κατανάλωσης της ΔΕΗ. Οι ενεργειακές απαιτήσεις ανέρχονται σε 348 GWh θερμικής και 128 GWh ηλεκτρικής. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας δε παρουσιάζει μεγάλες αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια του έτους, εκτός από την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ αντίθετα η κατανάλωση θερμικής παρουσιάζει μεγάλες μηνιαίες αυξομειώσεις. Ενδεικτικά μεταξύ Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου υφίσταται μείωση ζήτησης κατά 4% ενώ μεταξύ Φεβρουαρίου και Μαρτίου κατά 28%
3. Μια μονάδα ΣΗΘΥΑ μπορεί να διαχειριστεί επιτυχώς τα ΑΣΑ του Ν. Αρκαδίας. Οι 61.000 t ΑΣΑ που αναμένονται κατά το έτος 2030 είναι δυνατόν να επεξεργαστούν από μια μονάδα που θα βρίσκεται πιθανότατα στο κέντρο του Νομού (ΒΙΠΕ Τρίπολης). Η συλλογή των ΑΣΑ από όλες τις περιοχές του Νομού ήδη πραγματοποιείται για να οδηγηθούν στα ΚΔΑΥ, στους ΣΜΑ και στα ΕΜΑΚ που υπάρχουν πλησίον της Τριπόλεως
4. Οικονομικά είναι συμφέρουσα επένδυση και μπορεί να προσφέρει πολλαπλά αντισταθμιστικά οφέλη στην περιοχή. Από την οικονομική ανάλυση παρατηρείται ότι από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να εξαχθούν έσοδα της τάξης των 4,5 εκατομμυρίων ευρώ περίπου. Η θερμική ενέργεια που παράγεται έχει την δυνατότητα να αποφέρει κέρδη ύψους περίπου 5,1 εκατομμυρίων ευρώ
5. Με την μείωση των ζυμώσιμων, του χαρτιού και των πλαστικών παρέχεται η δυνατότητα επεξεργασίας μέρους των 62.768 t αγροτικών απορριμμάτων (κλαδέματα) του Νομού. Ακόμα προσεγγίζονται οι στόχοι για μείωση κατά 65% (μέσω ανακύκλωσης) του κλάσματος των ΑΣΑ και η μείωση της εδαφικής διάθεσης στο 10% της ολικής ποσότητας ΑΣΑ μέχρι το 2030 σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή στρατηγική για την κυκλική οικονομία (2015/0595)
6. Η μονάδα θα συμβάλει στο κλείσιμο των ΧΑΔΑ και στη βελτίωση των συνθηκών ζωής στα αστικά κέντρα του Νομού. Από τους 319 ΧΑΔΑ του Νομού έχουν αποκατασταθεί οι 169 ενώ για του υπόλοιπους 150 η Περιφέρεια επιβαρύνεται με 34.000 ευρώ ημερησίως από πρόστιμα που της επιβάλει η ΕΕ. Η λειτουργία λοιπόν μιας μονάδας επεξεργασίας του συνόλου των ΑΣΑ θα επιταχύνει την διαδικασία αποκατάστασης των ενεργών ΧΑΔΑ και θα εξοικονομήσει πολύτιμους οικονομικούς

πόρους που θα μπορούσαν να διατεθούν για την ανάπτυξη των υποδομών του Νομού (για παράδειγμα το οδικό δίκτυο)

7. Η παραγωγή των ΑΣΑ θα συνεχίσει να αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση του πληθυσμού, του βαθμού αστικοποίησης και της οικονομικής ανάπτυξης. Αυτό είναι ένα γενικό συμπέρασμα και εξάγεται μέσα από την μελέτη των πηγών για την εκπόνηση της διπλωματικής, είναι όμως σημαντικό να αναφερθεί γιατί καταδεικνύει την αναγκαιότητα της λήψης άμεσων μέτρων για την διαχείριση των απορριμμάτων στην ελληνική επικράτεια
8. Η περιοχή μελέτης (Ν. Αρκαδίας), έχει άμεση ανάγκη σχεδιασμού ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης και επεξεργασίας ΑΣΑ που θα περιλαμβάνει όλες τις σύγχρονες μεθόδους. Ο σχεδιασμός επιβάλλεται να γίνει με βάση τις περιβαλλοντικές και οικονομικές ανάγκες της περιοχής και όχι με πολιτικές σκοπιμότητες. Η αναγκαιότητα προκύπτει από τα προβλήματα που δημιουργούνται ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπου επικρατεί και η μεγαλύτερη παραγωγή ΑΣΑ.
9. Η χρήση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνολογιών καθώς και η ενσωμάτωση των κοινοτικών οδηγιών στους κανόνες λειτουργίας της μονάδας διασφαλίζει την προστασία του περιβάλλοντος

6.2.Περαιτέρω μελέτες

Η ακρίβεια των δεδομένων καθορίζει και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Για να μπορέσει αυτή η διπλωματική να παράγει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα πρέπει να γίνουν κάποιες επιπλέον μελέτες και έρευνες. Οι σημαντικότερες είναι:

1. Διερεύνηση των μελλοντικών οικονομικών παραμέτρων για την Ελλάδα
 - Ύφεση
 - Τιμές ενέργειας
 - Κατανάλωση αγαθών
 - Μισθοί
 - Διεθνείς οικονομικές σχέσεις.
2. Απορρίμματα
 - Αναλυτική σύσταση
 - Μελλοντική συσσώρευση
 - Δυνατότητες σε διαλογή και ανακύκλωση
 - Ξεκάθαρο περιβαλλοντικό νομικό πλαίσιο
3. Μοντέλο
 - Ανάπτυξη μοντέλου πλήρους παραμετροποίησης
 - Φιλικότερο UI
 - Χρήση αλγορίθμων βελτιστοποίησης
4. Μέθοδοι επεξεργασίας
 - Συγκριτική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Απόφαση 2000/532/EK. (2000). Αντικατάσταση της απόφασης 94/3/EK για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1 στοιχείο α) της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου και της απόφασης 94/904/EK του Συμβουλίου για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων κατ' εφαρμογή του άρθρου 1 παράγραφος 4 της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα.
- Απόφαση 2001/118/EK. (2001). Τροποποίηση της απόφασης 2000/532/EK όσον αφορά τον κατάλογο αποβλήτων.
- Απόφαση 49828. (2008). Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού.
- Βασιλείου, Δ., Ηρειώτης Ν. (2008). Χρηματοοικονομική Διοίκηση. *Rosili*.
- ΕΛΣΤΑΤ (2013). Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011 – 2012.
- Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Πελοποννήσου, (2012). Στρατηγικός Σχεδιασμός.
- Ιωάννου, Α., Λαζαρίδη, Κ., Καλογήρου, Σ. (2010). Χωρική ανάλυση της συλλογής αποβλήτων (ΑΣΑ) στην Ελλάδα. *Πανελλήνια Γεωγραφικά Συνέδρια, Συλλογή Πρακτικών*.
- Κράλλης, Κ. (2002). Θεωρία καύσης. *Πανεπιστημιακές σημειώσεις, ΤΕΙ Χαλκίδας, Χαλκίδα*.
- Μουγκογιάννης, Ν. (2011). Η ένταξη της καύσης στην ολοκληρωμένη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων της περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας. *Πανεπιστήμιο Πατρών*.
- Μουσιόπουλος, Ν., Καραγιαννίδης, Α. (2002). Διαχείριση απορριμμάτων. *Πανεπιστημιακές σημειώσεις, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη*.
- Μπουρτσάλας Α., Θέμελης Ν., Καλογήρου, Ε. (2011). Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις Περιφέρειες της Ελλάδος. *Earth Engineering Center, Columbia University*.
- Νόμος 3851. (2010). Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
- Νταρακάς, Ε., (2014). Διαχείριση στερεών αποβλήτων. *Πανεπιστημιακές σημειώσεις, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη*.
- Ντζαμίλης, Π., Χάβας, Γ. (2004). Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση αστικών απορριμμάτων περιφέρειας Κρήτης. *Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης*.
- Οδηγία 2015/0595/EK. (2015). Τροποποίηση της οδηγίας 2008/98/EK για τα απόβλητα.
- Οδηγία 2008/98/ΕΕ. (2008). Οδηγία για τα απόβλητα και κατάργηση ορισμένων οδηγιών.
- Οδηγία 75/442/ΕΟΚ. (1975). Περί των στερεών αποβλήτων.
- Οδηγία 2000/76/EK. (2000). Αποτέφρωση των αποβλήτων.
- Οδηγία 1999/31/EK. (1999). Περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων.
- Οδηγία 2010/75/ΕΕ. (2010). Περί βιομηχανικών εκπομπών.
- Οικονομόπουλος, Α. (2007). Διαχείριση οικιακού τύπου απορριμμάτων / Προβλήματα Εθνικού Σχεδιασμού και ορθολογικές λύσεις. *Πανεπιστημιακές σημειώσεις Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης*.

- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ), (2006). Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα.
- ΥΠΕΚΑ (2015). Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ).
- ΥΠΕΚΑ (2016). Περιγραφή σχήματος λειτουργικής ενίσχυσης στους τομείς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης.
- Υ.Α. 29407/3508. (2002). Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων.
- Υ.Α.69728/824. (1996). Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων
- Υ.Α. 114218. (1997). Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Διεθνής

- Alvarez, H. (2006). ENERGITEKNIK-DEL 2, UPPL. 3., STUDENTLITTERATUR.
- Ata, B., Lee, D., & Tongarlak, M. H. (2012). Optimizing organic waste to energy operations. Manufacturing & Service Operations Management.
- Cooper, C. D., & Alley, F. C. (2002). Air pollution control: A design approach. Waveland Press.
- Clavreul, J., Baumeister, H., Christensen, T.H., Damgaard, A. (2014). An environmental assessment system for environmental technologies.
- Environmental Services Association. Going for growth: A practical route to a circular economy. June 2013.
- Gidarakos, E., Havas, G., & Ntzamilis, P. (2006). Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete. Waste management.
- Götze, R., Pivnenko, K., Boldrin, A., Scheutz, C., & Astrup, T. F. (2016). Physico-chemical characterization of material fractions in residual and source-segregated household waste in Denmark. Waste Management.
- Hayyat. Economic evaluation using DCF method. Wah Engineering College. January 2014.
- HC 241. House of Commons. Environment, Food and Rural Affairs Committee. Waste management in England. Fourth Report of Session 2014–15. October 2014.
- Hoorweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste: a global review of solid waste management.
- Hu, S. W., & Shy, C. M. (2001). Health effects of waste incineration: a review of epidemiologic studies. Journal of the Air & Waste Management Association.
- Hutton, B., Horan, E., Norrish, M. (2009). Waste management options to control greenhouse gas emissions – Landfill, compost or incineration? ISWA.
- IPCC, A. (2007). Intergovernmental panel on climate change. Climate change 2007: Synthesis report.
- Jordan. Environmental Policy in the European Union: Actors, Institutions, and Processes. Earthscan, 2012.
- Karlsson, L., & Linderholm Jönsson, T. (2012). Pre-feasibility Study of a Waste to Energy Plant in Chisinau, Moldova.
- Kost. Thermische Abfallbehandlung. Technische Univeritaet Dresden, Dresden (1999).
- Linero, A. A., Leibacher, U., & Bellin, C. (2007). High dust SCR succeeds at cementeria di monselice. In Air and Waste Management Association Annual Conference and Exhibition, Pittsburgh, PA.

- Martinez-Sanchez, V., Hulgaard, T., Hindsgaul, C., Riber, C., Kamuk, B., & Astrup, T. F. (2016). Estimation of marginal costs at existing waste treatment facilities. *Waste Management*.
- Moyer, C. (2011). Contemporary financial management. *Nelson Education*.
- Neuffer, B., & Laney, M. (2007). Alternative Control Techniques Document Update: NOx Emissions from New Cement Kilns. US Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards., Sector Policies and Programs Division.
- Papachristou, E., Darakas, E., Bellou, A., Ioannidou, D., Alivanis, K., Petridis, G., & Savvides, J. (2002). Qualitative and Quantitative Analysis of Municipal Solid Waste in Thessaloniki. Division of Hydraulics and Environmental Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Association of Local Authorities of Greater Thessaloniki, Greece.
- Preston, F. (2012). A global redesign? shaping the circular economy. *Energy, Environment and Resource Governance*.
- Psomopoulos, C. S., Bourka, A., & Themelis, N. J. (2009). Waste-to-energy: A review of the status and benefits in USA. *Waste Management*.
- Reforms, E. P. (2012). Going For Growth. Part II.
- Schneider, S. H., & Moss, R. (1999). Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting. Unpublished document.
- Shrieves, R. E., & Wachowicz Jr, J. M. (2001). Free Cash Flow (FCF), Economic Value Added (EVA™), and Net Present Value (NPV): A reconciliation of variations of Discounted-Cash-Flow (DCF) valuation. *The engineering economist*.
- Sverige, A. (2010). Swedish waste management 2010. Retrieved June, 20, 2011.
- Weber. Layout Planning of Waste-to-Energy Plants (2014).
- Wilson, B., Williams, N., Liss, B., & Wilson, B. (2013). A comparative assessment of commercial technologies for conversion of solid waste to energy.
- WME 0072. Written evidence submitted by the Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). November 2013
- WME 0073. Written evidence submitted by the Chartered Institution of Wastes Management (CIWM). May 2014.
- World Bank Group, ed. World Development Indicators 2013. World Bank Publications, 2013.
- Zevenhoven, R., & Kilpinen, P. (2001). Control of pollutants in flue gases and fuel gases (pp. 951-22). Espoo, Finland: Helsinki University of Technology.

Ιστοσελίδες

http://articles.economictimes.indiatimes.com/2012-10-26/news/34750402_1_economica-garbage-economic-indicator

<http://www.eea.europa.eu/el>

<http://ec.europa.eu/eurostat>

<http://www.bloomberg.com/europe>

<http://ec.europa.eu/>

<http://www.oecd.org/>

http://www.emy.gr/hnms/greek/index_html

<https://www.dei.gr/el>

<https://www.zerowasteurope.eu/>

<http://zerowaste.com/>

<http://www.industcards.com/>

<http://www.avfallsverige.se/>

<http://www.eew-energyfromwaste.com/>

<http://www.ecoprog.com>

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tsdpc240>

<http://ebooks.edu.gr/>

Παράρτημα Ι

Νομοθετικό πλαίσιο

Ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο

Λόγω των διαρκώς επιδεινούμενων περιβαλλοντικών προβλημάτων που σχετίζονται με την διαχείριση των απορριμμάτων, η χάραξη κοινής στρατηγικής αντιμετώπισης του προβλήματος ήταν απαραίτητη. Η ΕΕ θέσπισε βασικές οδηγίες σχετικά με τα απόβλητα

- **Οδηγία 2006/12/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 5^{ης} Απριλίου 2006, περί των αποβλήτων καθορίζει το νομικό πλαίσιο για τον χειρισμό των αποβλήτων στην Κοινότητα. Η οδηγία ορίζει βασικές αρχές όπως τί είναι απόβλητο, ανάκτηση και διάθεση και θεσπίζει τις ουσιαστικές απαιτήσεις για τη διαχείριση των αποβλήτων, ιδίως την υποχρέωση οργανισμού ή επιχείρησης που διεξάγει εργασίες διαχείρισης αποβλήτων να έχει άδεια ή να είναι καταχωρημένος και την υποχρέωση των κρατών μελών να καταρτίζουν σχέδια διαχείρισης αποβλήτων. Θεσπίζει επίσης βασικές αρχές, όπως η υποχρέωση διαχείρισης των αποβλήτων κατά τρόπο που να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, η ενθάρρυνση της εφαρμογής της ιεράρχησης των αποβλήτων και, σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», η απαίτηση κατά την οποία το κόστος διάθεσης των αποβλήτων πρέπει να βαρύνει τον κάτοχο των αποβλήτων ή προηγούμενους κατόχους ή παραγωγούς του προϊόντος από το οποίο προέκυψαν τα απόβλητα.
- **Απόφαση αριθ. 1600/2002/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 22ας Ιουλίου 2002, για τη θέσπιση του έκτου κοινοτικού προγράμματος δράσης για το περιβάλλον. Η απόφαση ζητεί τη θέσπιση ή την αναθεώρηση νομοθεσίας για τα απόβλητα, συμπεριλαμβανομένης της αποσαφήνισης της διάκρισης μεταξύ αποβλήτου και μη αποβλήτου, καθώς και τη θέσπιση μέτρων για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων και τη διαχείριση των αποβλήτων, μεταξύ των οποίων και ο ορισμός στόχων.
- **Οδηγία 2008/98/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19^{ης} Νοεμβρίου 2008 σχετικά με τα απόβλητα. Τέθηκε σε ισχύ στις 12/12/2008. Η οδηγία Θεσπίζει ένα νομικό πλαίσιο επεξεργασίας των αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Έχει σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας υπογραμμίζοντας τη σημασία της κατάλληλης διαχείρισης των αποβλήτων, των τεχνικών ανάκτησης και ανακύκλωσης για τη μείωση των πιέσεων στους πόρους και τη βελτίωση της χρήσης τους.

Βασικά σημεία

- Η νομοθεσία θεσπίζει την ιεράρχηση των αποβλήτων: πρόληψη, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση για άλλους σκοπούς -όπως ανάκτηση ενέργειας- και διάθεση
- Επιβεβαιώνει την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», όπου ο αρχικός παραγωγός αποβλήτων πρέπει να πληρώσει για το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων

- Εισάγει την έννοια της «διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού». Στην έννοια αυτή περιλαμβάνεται η υποχρέωση αποδοχής και διάθεσης από τους κατασκευαστές των επιστρεφόμενων προϊόντων που παραμένουν μετά τη χρήση
- Προβαίνει σε διάκριση μεταξύ αποβλήτων και υποπροϊόντων
- Η διαχείριση των αποβλήτων θα πρέπει να πραγματοποιείται χωρίς να δημιουργείται κίνδυνος για το νερό, τον αέρα, το έδαφος, τα φυτά ή τα ζώα, χωρίς να προκαλείται όχληση από θόρυβο ή οσμές, ή να επηρεάζεται δυσμενώς το τοπίο ή οι τοποθεσίες ιδιαίτερου ενδιαφέροντος
- Οι παραγωγοί ή κάτοχοι αποβλήτων θα πρέπει να τα επεξεργάζονται μόνοι τους ή να εμπιστευτούν την επεξεργασία τους σε έναν επίσημα αναγνωρισμένο φορέα εκμετάλλευσης. Απαιτείται άδεια και περιοδική υποβολή σε επιθεωρήσεις
- Οι αρμόδιες εθνικές αρχές θα πρέπει να καταρτίσουν σχέδια διαχείρισης αποβλήτων και προγράμματα πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων
- Ειδικές προβλέψεις εφαρμόζονται για τα επικίνδυνα απόβλητα, τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια και τα βιολογικά απόβλητα
- Προβλέπει στόχους ανακύκλωσης και ανάκτησης που θα πρέπει να επιτευχθούν έως το 2020 για τα οικιακά απόβλητα (50 %) και τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων (70 %)
- Η νομοθεσία δεν καλύπτει κάποιους τύπους αποβλήτων όπως ραδιενεργά στοιχεία, αποχαρακτηρισμένα εκρηκτικά, περιττώματα, λύματα και πτώματα ζώων
- **Κανονισμός 1357/2014** της Επιτροπής της 18^{ης} Δεκεμβρίου 2014 για την αντικατάσταση του παραρτήματος III της οδηγίας 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών .

Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο

Με την θέσπιση των οδηγιών , το κάθε κράτος μέλος υποχρεούται να μεταφέρει τις νομοθετικές και κανονιστικές διατάξεις/μεταρρυθμίσεις στο εθνικό δίκαιο .Στην Ελλάδα η διαχείριση των απορριμμάτων διέπεται πλέον από το παρακάτω θεσμικό πλαίσιο :

1. Γενικό πλαίσιο

- **N. 2939/2001 (ΦΕΚ 179/Α/06.08.2001)** «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών άλλων προϊόντων – Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις», όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 3854/10 (ΦΕΚ 94/Α/23.06.2010) «Τροποποίηση της νομοθεσίας για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων και τον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις» και το Ν.4042/2012,
- **N.4042/2012 (ΦΕΚ 24/Α/13-2-2012)** «Ποινική Προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/EK – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/EK – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» που ενσωματώνει στο εθνικό δίκαιο την οδηγία-πλαίσιο 2008/98/ΕΕ για τα απόβλητα,

- **N. 4014/11 (ΦΕΚ 209/A/21-9-11)** «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος» όπως τροποποιήθηκε και ισχύει (Άρθρο 12).
- **Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ)**, σύμφωνα με το Παράρτημα της Απόφασης 2002/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις Αποφάσεις 2001/118/ΕΚ, 2001/119/ΕΚ και 2001/573/ΕΚ της Επιτροπής Ε.Κ.
- **Κανονισμός (ΕΚ) 1013/2006** Για τις μεταφορές αποβλήτων, όπως έχει τροποποιηθεί, συμπληρωθεί και ισχύει.
- **ΚΥΑ 114218/1997 (ΦΕΚ 1016 Β)** «Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων»
- **ΚΥΑ 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572 Β)** «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων»
- **ΚΥΑ 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909 Β)** «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης», όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.
- **ΚΥΑ 22912/1117/2005 (ΦΕΚ 759 Β)** «Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων»
- **ΚΥΑ Η.Π. 4641/232/2006 (ΦΕΚ 168 Β)** «Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών μικρών ΧΥΤΑ σε νησιά και απομονωμένους οικισμούς κατ' εφαρμογή του άρθρου 3 (παρ.4) σε συνδυασμό με το άρθρο 20 (Παρ.Ι) της υπ' αριθμ.29407/3508/2002 ΚΥΑ»
- **ΚΥΑ Η.Π.13588/725/2006**: Μέτρα, όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ «για τα επικίνδυνα απόβλητα» του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1991. Αντικατάσταση της υπ.αριθ.19396/1546/1997 ΚΥΑ «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων (ΦΕΚ Β'604/28-3-2006)».
- **ΚΥΑ Η.Π. 24944/1159/2006**: Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 5 (παρ. Β) της υπ' αριθμ. 13588/725 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων κ.λπ.» (Β'383) και σε συμμόρφωση με τις διατάξεις του άρθρου 7 (παρ.1) της οδηγίας 91/156/ΕΚ του Συμβουλίου της 18ης Μαρτίου 1991».και του «Εθνικού Σχεδιασμού διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων», που προβλέπονται στο άρθρο 5 της ίδιας ΚΥΑ (ΦΕΚ Β'791/30-6-2006)
- **ΚΥΑ 8668/2007 (ΦΕΚ Β'287/2-3-2007)**: Έγκριση Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΕΣΔΕΑ), σύμφωνα με το άρθρο 5 (παρ.Α) της υπ' αριθμ. 13588/725 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων κ.λπ.» (Β' 383) και σε συμμόρφωση με τις διατάξεις του άρθρου 7 (παρ.1) της υπ' αριθμ. 91/156/ΕΚ οδηγίας του Συμβουλίου

της 18ης Μαρτίου 1991. Τροποποίηση της υπ' αριθμ.13588/725/2006 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων ... κ.λπ.» (Β' 383) και της υπ' αριθμ.24944/1159/206 κοινή υπουργική απόφαση «Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων ... κ.λπ.» (Β' 791).

- **KYA 7589/731/2000 (ΦΕΚ Β 514)** Για τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη διαχείριση των πολυχλωροδιφαινυλίων και πολυχλωροτριφαινυλίων
- **KYA 18083/1098 Ε.103/ 2003 (ΦΕΚ Β 606)** Σχέδια διάθεσης/απολύμανσης συσκευών που περιέχουν PCB. Γενικές κατευθύνσεις για τη συλλογή και μετέπειτα διάθεση συσκευών και αποβλήτων με PCB, σύμφωνα με το άρθρο 7 της κοινής υπουργικής απόφασης 7589/731/2000 (Β' 514).
- **KYA με αρ. Κ.Υ.Α.146163/2012** «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Αποβλήτων Υγειονομικών Μονάδων», που εκδόθηκε κατ' εξουσιοδότηση του άρθρου 38, παρ.7 του ν.4042/2012.

2. Ανακύκλωση-Συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων

- **N. 2939/2001 (ΦΕΚ 179/Α/06.08.2001)** «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών άλλων προϊόντων – Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις» όπως τροποποιήθηκε και ισχύει.
- **N. 3854/2010 (ΦΕΚ 94/Α/23.06.2010)** «Τροποποίηση της νομοθεσίας για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων και τον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις» όπως τροποποιήθηκε και ισχύει.
- **KYA 104826/2004 (ΦΕΚ 849 Β/9.6.2004)** «Καθορισμός ύψους ανταποδοτικών τελών από ατομικά ή συλλογικά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών / άλλων προϊόντων (όπως αυτά ορίζονται στο άρθρο 2, παρ. 4, του Ν. 2939/2001) σε εφαρμογή των άρθρων 7 (παρ. Β1, εδ. α3 και παρ. Β2, εδ. α5) και του άρθρου 17 του Ν. 2939/2001 "Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων κλπ." (Α'179)»
- **KYA 112145/2004 (ΦΕΚ 1916 Β/24.12.2004)** «Ξεχωριστή αναγραφή της χρηματικής εισφοράς επί των τιμολογίων πώλησης σε όλα τα στάδια πώλησης των ελαστικών των οχημάτων, των ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών, του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, των οχημάτων, των λιπαντικών ελαίων, εκτός των τιμολογίων που απευθύνονται στους τελικούς αγοραστές χρήστες - επιτηδευματίες
- **KYA 9268/469/07 (ΦΕΚ 286 Β)** «Τροποποίηση των ποσοτικών στόχων για την ανάκτηση και ανακύκλωση των αποβλήτων των συσκευασιών σύμφωνα με το άρθρο 10 (παρ. Α1, τελευταίο εδάφιο) του ν. 2939/2001 (Α' 179), καθώς και άλλων διατάξεων του νόμου αυτού, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας

2004/12/EK «για την τροποποίηση της οδηγίας 94/62/EK για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας», του Συμβουλίου της 11ης Φεβρουαρίου 2004»

- **KYA 9303/454/E103/2009 (ΦΕΚ 408 Β/5.3.09)** Καθορισμός ύψους ανταποδοτικών τελών από ατομικά ή συλλογικά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών / άλλων προϊόντων για την έκδοση πιστοποιητικού εναλλακτικής διαχείρισης (Π.Ε.Δ).
- **KYA 41624.2057.E103/2010 (ΦΕΚ 1625B/11-10-2010)**. Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των χρησιμοποιημένων ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών
- **KYA 36259/1757/E103/2010 (ΦΕΚ 1312B/ 24-08-2010)**. Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ)
- **ΠΑ 82/2004 (ΦΕΚ Α 64/2.3.04)** «Αντικατάσταση της 98012/2001/ KYA «Καθορισμός μέτρων και όρων για τη διαχείριση των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων» (Β' 40).» «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των Αποβλήτων των Λιπαντικών Ελαίων»
- **ΠΑ 109/2004 (ΦΕΚ Α 75/5.3.04)** «Μέτρα και όροι για την εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών των οχημάτων. Πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείρισή τους»
- **ΠΑ 116/2004 (ΦΕΚ Α 81/5.3.04)** «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, των χρησιμοποιημένων ανταλλακτικών τους και των απενεργοποιημένων καταλυτικών μετατροπέων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/53/EK «για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους» του Συμβουλίου της 18ης Σεπτεμβρίου 2000»
- **ΠΑ 117/2004 (ΦΕΚ Α 82/5.3.04)** «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις των Οδηγιών 2002/95 «σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού» και 2002/96 «σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού» του Συμβουλίου της 27ης Ιανουαρίου 2003»
- **ΠΑ 15/2006 (ΦΕΚ Α 12/ 3.2.06)** «Τροποποίηση του Προεδρικού Διατάγματος 117/2004 (Α' 82), σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/108 «για την τροποποίηση της οδηγίας 2002/96 σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)» του Συμβουλίου της 8ης Δεκεμβρίου 2003
- **ΥΑ αρ.οικ.133480 (ΦΕΚ2711/Β/27.11.2011)**. Τροποποίηση Παραρτήματος ΙΒ του ΠΑ 117/2004.

3. Φορείς διαχείρισης στερεών αποβλήτων

Τα θέματα των φορέων διαχείρισης στερεών αποβλήτων ρυθμίζονται ειδικότερα από τις παρακάτω διατάξεις:

- **ΚΥΑ 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909 Β)** «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης», όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.
- **Ν. 3536/2007 (ΦΕΚ Α 42/23.2.2007)**. Ειδικές ρυθμίσεις θεμάτων μεταναστευτικής πολιτικής και λοιπών ζητημάτων αρμοδιότητας Υπουργείου Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης (Άρθρο 30)
- **Ν. 3852/2010 (ΦΕΚ Α' 87/7.6.2010)**. Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης - Πρόγραμμα Καλλικράτης.
- **Ν. 3854/2010 (ΦΕΚ Α' 94/23.06.2010)**. Τροποποίηση της νομοθεσίας για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων και τον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις.
- **Ν. 3979/2011 (ΦΕΚ Α 138 16.6.2011)**. Για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση και λοιπές διατάξεις (Άρθρο 42).
- **Ν.4071/2012 (ΦΕΚ Α' 85/11.04.2012)**. Ρυθμίσεις για την τοπική ανάπτυξη, την αυτοδιοίκηση και την αποκεντρωμένη διοίκηση Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/50/ΕΚ.

Παράρτημα II

Αποτελέσματα μοντέλου MATLAB

Χειμώνας

Πίνακας 32. Διαμόρφωση κόμβων - Χειμώνας

Κόμβος	Θερμοκρασία (°C)	Πίεση (Bar)	Ενθαλπία (kJ/kg)	Μάζα (κλάσμα)	Εντροπία (kJ/kg*K)
1	400	40	3214,374	1	6,771192
2	0	0		0	
3	203,1425894	6,18479	2856,595	1	6,967295
4	400	6,18479	3270,428	1	7,695201
5	277,3654584	2,567477	3024,758	0,048276	7,695201
6	169,3558802	1,017179779	2814,825	0,481724	7,695233
7	100	0,5	2682,397	0,47	7,695201
8	0	0		0	
9	169,3558802	1,017179779	2814,83	0,012969	7,695233
10	85,00444107	1,017179779	356,0039	0,012969	1,134423
11	169,3558802	1,017179779	2814,825	0,468755	7,695233
12	100	1,017179779	419,0994	0,468755	1,307014
13	70	0,315006357	293,0182	0,47	0,954992
14	85,00444107	1,017179779	356,0039	0,951724	1,134423
15	70	1,017179779	293,0756	0,47	0,954951
16	85,00444107	7,8	356,5315	0,951724	1,133955
17	123,085414	7,8	517,2517	1	1,560491
18	123,085414	40	519,5404	1	1,557519
19	250	40	1085,686	1	2,793329
20	70	2,5	293,1969	0	0,954862
21	70	11,33	293,9189	0	0,954335
22	100	11,33	419,8741	0	1,306207
23	130	11,33	546,9716	0	1,633791
24	123,0807183	7,8	517,2317	0,951724	1,560441
25	0	0		0	
26	0	0		0	
27	0	0		0	
28	92,97649228	7,8	390,0378	0,951724	1,226471
29	92,97649228	7,8	390,0378	0,951724	1,226471
30	123,1668635	2,567477	517,2317	0,048276	1,561851
31	123,1668635	7,8	517,6449	0,048276	1,561365

Μάϊος

Πίνακας 33.Λιαμόρφωση κόμβων - Μάϊος

Κόμβος	Θερμοκρασία (°C)	Πίεση (Bar)	Ενθαλπία (kJ/kg)	Μάζα (κλάσμα)	Εντροπία (kJ/kg*K)
1	400	40	3214,374	1	7,695233
2	0	0		0	7,695233
3	203,1425894	6,18479	2856,595	1	7,695233
4	400	6,18479	3270,428	1	7,695233
5	399,9965685	6,18479	3270,429	0,056007	7,695233
6	169,3558802	1,01718	2814,825	0,471098	7,695233
7	100	0,5	2682,397	0,407105	7,695233
8	0	0		0	7,695233
9	169,3558802	1,01718	2814,83	0,065072	7,695233
10	82,2051747	1,01718	344,2507	0,065072	7,695233
11	169,3558802	1,01718	2814,825	0,406026	7,695233
12	100	1,01718	419,0994	0,406026	7,695233
13	70	0,315006	293,0182	0,407105	7,695233
14	82,2051747	1,01718	344,2507	0,943993	7,695233
15	70	1,01718	293,0756	0,407105	7,695233
16	82,2051747	7,8	344,7824	0,943993	7,695233
17	158,5805421	7,8	669,4144	1	7,695233
18	158,5805421	40	671,4176	1	7,695233
19	250	40	1085,686	1	7,695233
20	70	2,5	293,1969	0	7,695233
21	70	11,33	293,9189	0	7,695233
22	100	11,33	419,8741	0	7,695233
23	130	11,33	546,9716	0	7,695233
24	158,578001	7,8	669,4033	0,943993	7,695233
25	49,50536446	0,120513	2465,151	0,06579	7,695233
26	47,50536446	0,120513	198,9096	0,06579	7,695233
27	47,50536446	1,01718	198,9874	0,06579	7,695233
28	122,5754679	7,8	515,0855	0,943993	7,695233
29	122,5754679	7,8	515,0855	0,943993	7,695233
30	158,6000546	6,18479	669,4033	0,056007	7,695233
31	158,6000546	7,8	669,5999	0,056007	7,695233

Ιούνιος

Πίνακας 34. Διαμόρφωση κόμβων - Ιούνιος

Κόμβος	Θερμοκρασία (°C)	Πίεση (Bar)	Ενθαλπία (kJ/kg)	Μάζα (κλάσμα)	Εντροπία (kJ/kg*K)
1	400	40	3214,374	1	6,771192
2	0	0		0	
3	203,1425894	6,18479	2856,595	1	6,967295
4	400	6,18479	3270,428	1	7,695201
5	357,4993698	4,634513	3184,326	0,056628	7,695202
6	169,3558802	1,01718	2814,825	0,323227	7,695233
7	100	0,5	2682,397	0,259855	7,695201
8	0	0		0	
9	169,3558802	1,01718	2814,83	0,064061	7,695233
10	69,66461956	1,01718	291,6678	0,064061	0,950855
11	169,3558802	1,01718	2814,825	0,259167	7,695233
12	100	1,01718	419,0994	0,259167	1,307014
13	70	0,315006	293,0182	0,259855	0,954992
14	69,66461956	1,01718	291,6678	0,943372	0,950855
15	70	1,01718	293,0756	0,259855	0,954951
16	69,66461956	7,8	292,2262	0,943372	0,950452
17	146,5859264	7,8	617,6511	1	1,806738
18	146,5859264	40	619,7708	1	1,803245
19	250	40	1085,686	1	2,793329
20	70	2,5	293,1969	0	0,954862
21	70	11,33	293,9189	0	0,954335
22	100	11,33	419,8741	0	1,306207
23	130	11,33	546,9716	0	1,633791
24	146,5820948	7,8	617,6347	0,943372	1,806699
25	49,50536446	0,120513	2465,151	0,36029	
26	47,50536446	0,120513	198,9096	0,36029	0,671404
27	47,50536446	1,01718	198,9874	0,36029	0,671364
28	110,4159621	7,8	463,5647	0,943372	1,42272
29	110,4159621	7,8	463,5647	0,943372	1,42272
30	146,6286319	4,634513	617,6347	0,056628	1,807522
31	146,6286319	7,8	617,9256	0,056628	1,807176

Αύγουστος

Πίνακας 35. Διαμόρφωση κόμβων - Αύγουστος

Κόμβος	Θερμοκρασία (°C)	Πίεση (Bar)	Ενθαλπία (kJ/kg)	Μάζα (κλάσμα)	Εντροπία (kJ/kg*K)
1	400	40	3214,374	1	6,771192
2	0	0		0	
3	203,1425894	6,18479	2856,595	1	6,967295
4	400	6,18479	3270,428	1	7,695201
5	340,7298449	4,117754	3150,637	0,056878	7,695205
6	169,3558802	1,01718	2814,825	0,267822	7,695233
7	100	0,5	2682,397	0,2047	7,695201
8	0	0		0	
9	169,3558802	1,01718	2814,83	0,063664	7,695233
10	64,96442617	1,01718	271,984	0,063664	0,893059
11	169,3558802	1,01718	2814,825	0,204158	7,695233
12	100	1,01718	419,0994	0,204158	1,307014
13	70	0,315006	293,0182	0,2047	0,954992
14	64,96442617	1,01718	271,984	0,943122	0,893059
15	70	1,01718	293,0756	0,2047	0,954951
16	64,96442617	7,8	272,5559	0,943122	0,892676
17	142,0468357	7,8	598,1624	1	1,760039
18	142,0468357	40	600,3198	1	1,756652
19	250	40	1085,686	1	2,793329
20	70	2,5	293,1969	0	0,954862
21	70	11,33	293,9189	0	0,954335
22	100	11,33	419,8741	0	1,306207
23	130	11,33	546,9716	0	1,633791
24	142,0425623	7,8	598,1441	0,943122	1,759995
25	49,50536446	0,120513	2465,151	0,4706	
26	47,50536446	0,120513	198,9096	0,4706	0,671404
27	47,50536446	1,01718	198,9874	0,4706	0,671364
28	105,8334503	7,8	444,2067	0,943122	1,371927
29	105,8334503	7,8	444,2067	0,943122	1,371927
30	142,0980504	4,117754	598,1441	0,056878	1,760958
31	142,0980504	7,8	598,4663	0,056878	1,760568

Σεπτέμβριος

Πίνακας 36. Διαμόρφωση κόμβων - Σεπτέμβριος

Κόμβος	Θερμοκρασία (°C)	Πίεση (Bar)	Ενθαλπία (kJ/kg)	Μάζα (κλάσμα)	Εντροπία (kJ/kg*K)
1	400	40	3214,374	1	6,771192
2	0	0		0	
3	203,1425894	6,18479	2856,595	1	6,967295
4	400	6,18479	3270,428	1	7,695201
5	372,8086912	5,151272	3215,222	0,056399	7,695199
6	169,3558802	1,01718	2814,825	0,373006	7,695233
7	100	0,5	2682,397	0,309405	7,695201
8	0	0		0	
9	169,3558802	1,01718	2814,83	0,064421	7,695233
10	73,88605977	1,01718	309,3569	0,064421	1,002127
11	169,3558802	1,01718	2814,825	0,308585	7,695233
12	100	1,01718	419,0994	0,308585	1,307014
13	70	0,315006	293,0182	0,309405	0,954992
14	73,88605977	1,01718	309,3569	0,943601	1,002127
15	70	1,01718	293,0756	0,309405	0,954951
16	73,88605977	7,8	309,9047	0,943601	1,001706
17	150,6582051	7,8	635,1805	1	1,848311
18	150,6582051	40	637,2636	1	1,84472
19	250	40	1085,686	1	2,793329
20	70	2,5	293,1969	0	0,954862
21	70	11,33	293,9189	0	0,954335
22	100	11,33	419,8741	0	1,306207
23	130	11,33	546,9716	0	1,633791
24	150,6548096	7,8	635,1659	0,943601	1,848277
25	49,50536446	0,120513	2465,151	0,26119	
26	47,50536446	0,120513	198,9096	0,26119	0,671404
27	47,50536446	1,01718	198,9874	0,26119	0,671364
28	114,5269993	7,8	480,957	0,943601	1,467844
29	114,5269993	7,8	480,957	0,943601	1,467844
30	150,6928419	5,151272	635,1659	0,056399	1,848961
31	150,6928419	7,8	635,4254	0,056399	1,848664

Παράρτημα III

Εκτίμηση επενδυτικού κόστους

Ο πίνακας 37 παρέχει τον μέσο επιμερισμό κόστους επένδυσης μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (Ecoprog; Martinez-Sanchez et al.)

Πίνακας 37. Μέσος επιμερισμός κόστους επένδυσης μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (Πηγή: Ecoprog; Martinez-Sanchez et al.)

Παράμετρος Κόστους	Ανεξάρτητη της δυναμικότητας της μονάδας	Εξαρτημένη από την δυναμικότητα της μονάδας
Αξία γης	3%	-
Έργα πολιτικού μηχανικού	20%	-
Εξοπλισμός διεργασιών	-	37,5%
Επεξεργασία αερίων και υγρών αποβλήτων	-	17%
Εξοπλισμός ελέγχου	-	12%
Επεξεργασία στερεών υπολειμμάτων	-	1%
Παρακολούθηση έργου	4,5%	-
Αρχική λειτουργία και επιμόρφωση προσωπικού	1%	-
Άλλα	4%	-
Σύνολο	32,5%	67,5%

Παρατηρείται ότι το 67,5% του επενδυτικού κόστους εξαρτάται από την δυναμικότητα της μονάδας και το 32,5% είναι ανεξάρτητη.

Πίνακας 38. Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους επιλεγμένων μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (Πηγή: Ecoprog; Karlsson, Linderholm-Jonsson)

Περιοχή	Έτος λειτουργίας	Δυναμικότητα (t/year)	Κόστος επένδυσης (Μ€)	Ειδικό κόστος επένδυσης (€/t ΑΣΑ)
Kempten, Γερμανία	1996	78.000	82	1.051
Halle, Γερμανία	2007	80.000	47	588
Posieux, Ελβετία	2006	45.000	20	444
Urvier, Ελβετία	2007	60.000	30	500
Chisinau, Μολδαβία	2014	400.000	144	360

Από τον πίνακα 38 παρατηρείται ότι κατά την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας το ειδικό κόστος επένδυσης μειώνεται.

Πίνακας 39.Στοιχεία κόστους αποτέφρωσης από εγκατεστημένες μονάδες (Πηγή: Ecoprog)

Χώρα	Μέσο κόστος επένδυσης (€/t ΑΣΑ)
Ισπανία	400
Πορτογαλία	330
Αυστρία	700
Βέλγιο	500

Από τον πίνακα 39 γίνεται κατανοητό ότι το μέσο κόστος επένδυσης εξαρτάται από το οικονομικό επίπεδο της χώρας. Έτσι λόγω έλλειψης στοιχείων για την Ελλάδα, έγινε η υπόθεση ότι το κόστος επένδυσης θα είναι ίδιο με της Πορτογαλίας, μιας χώρας με παρόμοιο αριθμό πληθυσμού και δημοσιονομικούς δείκτες.

Εκτίμηση ετήσιων εξόδων

Επεξεργασία τέφρας

Το κόστος για την επεξεργασία της τέφρας προέρχεται από την διάθεση της αέριας και της υπολειμματικής τέφρας.

Τύποι:

$$ADcost = FADC + BADC$$

$$FADC = FADP \cdot m^{FA}$$

$$BADC = BADP \cdot (m^{BA} - NFe^{BA} \cdot SEf_{FE} - Fe^{BA} \cdot SEf_{NFe}) - NFe^{BA} \cdot SEf_{FE} \cdot NFeP - m^{BA} - NFe^{BA} \cdot SEf_{FE} - FE^{BA} \cdot SEf_{NFe} FeP$$

$$m^{FA} = \sum \left(\frac{i\%}{100} \cdot \frac{Ash\%^i}{100} \cdot SRFA^i \right)$$

$$m^{BA} = \sum \left(\frac{i\%}{100} \cdot \frac{Ash\%^i}{100} \cdot (1 - SRFA^i) \right)$$

Επεξεργασία απαερίων

Τύποι:

$$FGCCost = SNCRCost + WSSCost + WCCost + WWCost + DRCost$$

$$SNCRCost = m_{AW} \cdot AWP$$

$$WSSCost = (m_{CaCO_3}^{HCl} + m_{CaCO_3}^{HF} + m_{CaCO_3}^{SO_2}) \cdot LSP$$

$$WCCost = m_{water}^{FGC} \cdot WP$$

$$m_{water}^{FGC} = m_{water}^{Scrubber} - CW$$

$$WWCost = m_{wastewater} \cdot WWP$$

$$m_{wastewater} \cong m_{water}^{Scrubber}$$

$$DRCost = m_{AC} \cdot ACP$$

Εσωτερική κατανάλωση ενέργειας

$$PCCost = \% PC \cdot LHV \cdot PP$$

Σταθερά έξοδα

$$AFC = ACAPEX + AIC + AMC + ALC$$

$$ACAPEX = \frac{CAPEX}{\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \right]}$$

$$AIC = ai\% \cdot CAPEX$$

$$AMC = am \cdot CAPEX$$

$$ALC = NE \cdot AGS$$

$$FC = \frac{AFC}{NLHV \cdot AWA} \cdot LHV$$

Πίνακας 40. Μέσο κόστος αποτέφρωσης ΑΣΑ (Πηγή: Martinez-Sanchez et al., 2016)

	Κόστος (€/t)
Επεξεργασία τέφρας	3,7
SNCR	1,7
Υγρές πληντρίδες	0,6
Επεξεργασία διοξινών	0,4

Παράρτημα IV

Πλήρης κώδικας MatLab

```
clearall
closeall
clc

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Εύρεση ποσοτήτων στοιχείων ΑΣΑ
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Ποσότητες σε kg

trofika = input ('Δώσε ποσοστό ζυμώσιμων = ');
xarti = input ('Δώσε ποσοστό χαρτιού = ');
plastika = input ('Δώσε ποσοστό πλαστικών = ');
yfasmata = input ('Δώσε ποσοστό υφασμάτων = ');
lastixa = input ('Δώσε ποσοστό ελαστικών = ');
ksyla = input ('Δώσε ποσοστό ξύλων = ');
apkhrou = input ('Δώσε ποσοστό απορριμμάτων κήπου = ');
gyali = input ('Δώσε ποσοστό γυαλιών = ');
metalla = input ('Δώσε ποσοστό μετάλλων = ');
adranh = input ('Δώσε ποσοστό αδρανών = ');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Στοιχειακή ανάλυση
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Ανθρακας

Ctr = 17.6;
Cxar = 37.6;
Cpl = 67.7;
Cyf = 50.7;
Cla = 73.3;
Cks = 34.9;
Cap = 27.8;
Cg = 0;
Cmet = 3.1;
Cadr = 23.1;

%Υδρογόνο

Htr = 2.5;
```

```
Hxar = 5.1;  
Hpl = 9.4;  
Hyf = 6.3;  
Hla = 9.7;  
Hks = 4.6;  
Hap = 3.5;  
Hg = 0;  
Hmet = 0.5;  
Hadr = 3.1;
```

%Θείο

```
Str = 0.1;  
Sxar = 0.2;  
Spl = 0.1;  
Syf = 0.2;  
Sla = 0.1;  
Sks = 0.1;  
Sap = 0.1;  
Sg = 0;  
Smet = 0;  
Sadr = 0.2;
```

%Αζωτο

```
Ntr = 1.7;  
Nxar = 0.3;  
Npl = 1.6;  
Nyf = 4.5;  
Nla = 1.9;  
Nks = 0.2;  
Nap = 27.8;  
Ng = 0;  
Nmet = 0.1;  
Nadr = 1.2;
```

%Οξυγόνο

```
Otr = 8.4;  
Oxar = 37.6;  
Opl = 4;  
Oyf = 27.1;  
Ola = 0;  
Oks = 32.4;  
Oap = 15.8;  
Og = 0;  
Omet = 0;  
Oadr = 10.5;
```

%Χλώριο

```
Cltr = 0.4;
```

```

Clxar = 0;
Clpl = 1.4;
Clyf = 0;
Clla = 0;
Clks = 0.1;
Clap = 0.1;
Clg = 0;
Clmet = 0;
Cladr = 0.9;

```

%Υγρασία

```

Ytr = 67.1;
Yxar = 14.5;
Ypl = 8.3;
Yyf = 9.5;
Yla = 3.5;
Yks = 12.5;
Yap = 41.5;
Yg = 7.7;
Ymet = 4.1;
Yadr = 23.4;

```

%Τέφρα

```

Ttr = 2.5;
Txar = 4.7;
Tpl = 8;
Tyf = 1.6;
Tla = 11.6;
Tks = 15.8;
Tap = 10.3;
Tg = 92.3;
Tmet = 92.3;
Tadr = 38.2;

```

%ΣύστασηΑΣΑ

```

CASA =
(Ctr*trofika+Cxar*xarti+Cpl*plastika+Cyf*yfasmata+Cla*lastixa+Cks*ksy
la+Cap*apkhrou+Cg*gyali+Cmet*metalla+Cadr*adranh)/100;

```

```

HASA =
(Htr*trofika+Hxar*xarti+Hpl*plastika+Hyf*yfasmata+Hla*lastixa+Hks*ksy
la+Hap*apkhrou+Hg*gyali+Hmet*metalla+Hadr*adranh)/100;

```

```

SASA =
(Str*trofika+Sxar*xarti+Spl*plastika+Syf*yfasmata+Sla*lastixa+Sks*ksy
la+Sap*apkhrou+Sg*gyali+Smet*metalla+Sadr*adranh)/100;

```

```

NASA =
(Ntr*trofika+Nxar*xarti+Npl*plastika+Nyf*yfasmata+Nla*lastixa+Nks*ksy
la+Nap*apkhrou+Ng*gyali+Nmet*metalla+Nadr*adranh)/100;

OASA =
(Otr*trofika+Oxar*xarti+Opl*plastika+Oyf*yfasmata+Ola*lastixa+Oks*ksy
la+Oap*apkhrou+Og*gyali+Omet*metalla+Oadr*adranh)/100;

CLASA =
(Cltr*trofika+Clxar*xarti+Clpl*plastika+Clyf*yfasmata+Clla*lastixa+Cl
ks*ksyla+Clap*apkhrou+Clg*gyali+Clmet*metalla+Cladr*adranh)/100;

YASA =
(Ytr*trofika+Yxar*xarti+Ypl*plastika+Yyf*yfasmata+Yla*lastixa+Yks*ksy
la+Yap*apkhrou+Yg*gyali+Ymet*metalla+Yadr*adranh)/100;

TASA =
(Ttr*trofika+Txar*xarti+Tpl*plastika+Tyf*yfasmata+Tla*lastixa+Tks*ksy
la+Tap*apkhrou+Tg*gyali+Tmet*metalla+Tadr*adranh)/100;

Apotelesmata (1,2) = CASA ;
Apotelesmata (2,2) = HASA ;
Apotelesmata (3,2) = SASA ;
Apotelesmata (4,2) = NASA ;
Apotelesmata (5,2) = OASA ;
Apotelesmata (6,2) = YASA ;
Apotelesmata (7,2) = TASA ;

xlswrite('Apotelesmata.XLS', Apotelesmata)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Θερμική δύναμη ΑΣΑ
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
LHV = 0.348*CASA+0.939*HASA+0.105*SASA+0.063*NASA-0.108*OASA-
0.0245*YASA;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Θερμική δύναμη που εκπέμπεται από το boiler
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

ASA = input('Δώσε εισροή ΑΣΑ (kg/sec) = ');

LHVASA = LHV*ASA;

ThermaloutputMW = LHVASA;

Lossfilter = ThermaloutputMW * 0.02247191; %0.46;

```



```

Heatregain = ThermaloutputMW * 0.053737; %1.1;
Exhaust = ThermaloutputMW * 0.06253; %1.28;
PBoiler = ThermaloutputMW - Lossfilter - Heatregain - Exhaust;
TotalPBoiler = PBoiler + Heatregain;
nb = TotalPBoiler/ThermaloutputMW;

Apotelesmata (1,6) = ThermaloutputMW ;
Apotelesmata (2,6) = Lossfilter ;
Apotelesmata (3,6) = Heatregain ;
Apotelesmata (4,6) = Exhaust ;
Apotelesmata (5,6) = PBoiler ;
Apotelesmata(6,6) = TotalPBoiler ;
Apotelesmata (7,6) = nb ;

xlswrite('Apotelesmata.XLS', Apotelesmata)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Απαιτούμενο οξυγόνο καύσης και ποσότητα απαερίων
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

C = CASA/100; %0.449;
H = HASA/100; %0.0577;
O = OASA/100; %0.2227;
N = NASA/100; %0.0237;
S = SASA/100; %0.0016;

%Απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου

%Αναλογία όγκων

oC = C*1.8643;
oH = H*5.5541;
oO = O*(-0.6998);
oS = S*0.6984;

omin = oC+oH+oO+oS;

%Αναλογία μαζών

OC = C * 2.6642;
OH = H * 7.9370;
OO = O * (-1);
OS = S * 0.9981;

Omin = OC+OH+OO+OS;

%Απαιτούμενο ποσοστό αέρα

%Όγκος αέρα

```

```

IC = oC*4.7737;
IH = oH*4.7737;
IO = oO*4.7737;
IS = oS*4.7737;

```

```

Imin = IC+IH+IO+IS;

```

%Μάζααέρα

```

LC = OC*4.3195;
LH = OH*4.3195;
LO = OO*4.3195;
LS = OS*4.3195;

```

```

Lmin = LC+LH+LO+LS;

```

%Περίσσεια

%Όγκος

```

EOv= 1.5*Imin - Imin;

```

%Μάζα

```

EOm = 1.5*Lmin -Lmin;

```

%Απαιτούμενος όγκος αέρα

```

ADv = 1.5*Imin;

```

%Απαιτούμενη μάζα αέρα

```

ADm = 1.5*Lmin;

```

%Σχηματιζόμενα απάέρια

%Όγκος

```

FGCV = C*1.8534;
FGHV = H*11.1172;
FGOV = 0.5*omin;
FGSV = S*0.6817;
FGNV = 1.5*0.79052*Imin;
FGH2OV = 1.5*Imin*0.01;

```

```

FGV = FGCV+FGHV+FGOV+FGSV+FGNV+FGH2OV;

```

%Μάζα

```

FGCM = C*3.6641;
FGHM = H*8.937;
FGOM = 0.5*Omin;
FGSM = S*1.9981;
FGNM = 1.5*0.76849*Lmin;
FGH2OM = 1.5*Lmin*0.0062;

FGM = FGCM+FGHM+FGOM+FGSM+FGNM+FGH2OM;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Σύνθεση αερίων
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Ποσοστά

PCO2 = (FGCV/FGV)*100;
PSO2 = (FGSV/FGV)*100;
PH2O = ((FGHV+FGH2OV)/FGV)*100;
PO2 = (FGOV/FGV)*100;
PN2 = (FGNV/FGV)*100;

Apotelesmata (1,8) = ADm ;
Apotelesmata (2,8) = FGM ;
Apotelesmata (3,8) = PCO2 ;
Apotelesmata (4,8) = PSO2 ;
Apotelesmata (5,8) = PH2O ;
Apotelesmata (6,8) = PO2 ;
Apotelesmata (7,8) = PN2 ;

xlswrite('Apotelesmata.XLS', Apotelesmata)

% Cooling tower test = sampling frequency for the flow
TillKylning(1,12)=0;
test=0.00001;
testar=10;

%Year Data (1)
Sekunder = [744,672,744,720,744,720,0,728,720,744,720,744]*3600;
DriftTimmar = [744,672,744,720,744,720,0,728,720,744,720,744]; %total
8000 operating hours .No operating hours in July and 16 less hours in
August.
Timmar = [744,672,744,720,744,720,744,744,720,744,720,744];

%Operating time (2)
DriftTid = 8000 ; %Working hours 8000 hours per year

% Price el-Heat (3)
elkWhPriceBani = 8.785; %Euro cents/kWh
heatGcalPriceLei = 37.06; %Euro/Gcal

```

```

elMWhPriceLei =elkWhPriceBani*1000/100 ; %Euros/Mhw
heatMWhPriceLei =heatGcalPriceLei*1.1622 ;%Euros/Mwh

elkJs = elMWhPriceLei/(60*60*1000);
heatkJs = heatMWhPriceLei/(60*60*1000);

%Internal electricity use including pumps (4)

IntEl=0.93; % Internal electricity use

%Preferred district heating MWh , kJs (5)

ForlostInatet=0.79; % District heating loss assumption
DHperMonthMWh=[76489.92,66020.13,52988.76,15541.2,9339.39,5685.48,388
0.44,4491.9,6783.84,17113.59,41364.27,69715.08]; %MWh
DHperMonthkJs
=[76489.92,66020.13,52988.76,15541.2,9339.39,5685.48,3880.44,4491.9,6
783.84,17113.59,41364.27,69715.08]*1000*3600; %kJs

%Climate Data (6)
MedelTemp
=[13.8,14.2,16.3,20.1,25.5,30.8,33.5,33,29.2,24.1,18.7,15.2];
FuktRelativ = [ 70,68,66,62,60,52,49,52,57,65,71,72]/100;
FuktAbsolutTotkgm3
=[8.36,8.45,9.32,10.98,14.24,16.83,18.33,18.92,16.89,14.48,11.39,9.37
]/1000; %kg/m3
Luftdenskgm3 = 1.13 ;%kg/m3 Estimated to be the same throughout the
year
FuktAbsolutkgm3=FuktRelativ.*FuktAbsolutTotkgm3;
Angkvot = FuktAbsolutkgm3./Luftdenskgm3;
cpluft= 1.0; %kj/kg K
r0=2500; %kj/kg
cpanga =1.86 ;%kj/kgK
Luftdens = 1.25 ;%kg/m3

%Fuel Data (7)
bransle= ASA; %[kg/s] 6.875tn/h

%Boiler power (8)
BoilerPower = TotalPBoiler*1000; %kW

% Air Data and flue gas data (9)
Luftmangd = ADm;%kg air/kg fUEL 9.26;%n=1,55. 6.88; % Fran
emisionsjamforelse.xls
RokGasmand = FGM;% kg fLUE GAS /kg fUEL 9.89;% ; %kg/kg
Diff =RokGasmand-Luftmangd;
LuftFlode =Luftmangd*bransle; %kg
TotRokgas = RokGasmand*bransle ;% kg

%Flue gas temperatures in Celsius (10)

```

```

RokgasTempInnanPanna = 850 ; %Flue gas temperature before operating
steam boiler.
RokgasTempEfterRening = 130 ; %Flue gas temperature after
purification
RokgasTempFinal = 70 ; %Exhaust temperature before chimney

%Flue gas enthalpies kJ/kg (11)
RokGasEntalpiInnanPanna = 1020.431;
RokGasEntalpiEfterRening = 138.265 ;
RokGasEntalpiFinal = 74.45 ;
DeltaRokGasEntalpi = RokGasEntalpiEfterRening-RokGasEntalpiFinal;

% The temperature of the primary and secondary air (12)

Luftvarme1 = 115 ;
Luftvarme2 = 50 ;
Luftvarme3 = 850;

%Calculates data for air and the cost to heat it up (13)

for i=1:12 % Months

    hluft(1,i)=(cpluft*MedelTemp(1,i))+(Angkvot(1,i)*(r0+(cpanga*MedelTem
    p(1,i))));
    hluftOnsk1(1,i)=(cpluft*Luftvarme1)+Angkvot(1,i)*(r0+(cpanga*Luftvarm
    e1));
    hluftOnsk2(1,i)=(cpluft*Luftvarme2)+Angkvot(1,i)*(r0+(cpanga*Luftvarm
    e2));
    hluftOnsk3(1,i)=(cpluft*Luftvarme3)+Angkvot(1,i)*(r0+(cpanga*Luftvarm
    e3));
    Luftvarmeforlost(1,i) = (0.6*LuftFlode*(hluftOnsk1(1,i)-
    hluft(1,i)))+(0.4*LuftFlode*(hluftOnsk2(1,i)-hluft(1,i)));

    %Residual energy (14)

    EnergiAngakW(1,i) = BoilerPower -Luftvarmeforlost(1,i);% kW power
    steam
    EnergiAnga(1,i)=EnergiAngakW(1,i)/1000 ; %MW power steam
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%
%Winter
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%

%The program optimizes the steam cycle to get the most profit
%from the sale of electricity and district heating (DH).
% The program varies four parameters

```

```

% • The mass flow to the cooling tower in case of a summer month
% • The pressure drop after the high pressure turbine, node 3,
% • The mass flow to the "district heating grid heaters" , node 6 and
11 ,
% • The pressure in node 5 and the following characteristics for that
point.

testar=10;
n=testar+1;
nn=n*n;
nnn=nn*n;
nnnn=nnn*n;
B=nnn+1;

%(15)
pmin =6.18479;
pmax =6.1848;
%(16)
minm = 0.47;
maxm =0.48;
%(17)
p5max=pmin;
p5min=1.0172 ;
a=31; % number of nodes

%(18)
%Creating test matrix

p=zeros(B,a); %pressure
T=zeros(B,a); %temperature
m=zeros(B,a); %mass Flow
h=zeros(B,a); %Enthalpy
ss=0.003; %Small value used to get above or below saturations point
%(19)
%Initial values

m(1:B,1)=1;
m(1:B,19) = m(1:B,1);
m(1:B,18) = m(1:B,1);

T(1:B,19) = 250;

p(1:B,19) = 40;
p(1:B,20) = 2.5; T(1:B,20)= 70;
p(1:B,21) = 11.33; T(1:B,21) = T(1:B,20);
p(1:B,22) =p(1:B,21); T(1:B,22) = 100 ;
p(1:B,23) = p(1:B,21); T(1:B,23) = 130;
p(1:B,1) = 40 ; T(1:B,1) = 400 ;
T(1:B,12) = T(1:B,22);
T(1:B,13) = T(1:B,21);
T(1:B,15) = T(1:B,13);
T(1:B,4) = 400;

```

```

T(1:B,6) = 130;
T(1:B,7) = 100;

%(20)
for b=1:B
p(b,6) = xsteam('psat_T',T(b,12))+ss;
p(b,7) = 0.5;
p(b,12) = xsteam('psat_T', T(1,12))+ss;
p(b,13) = xsteam('psat_T', T(1,13))+ss;
end

p(1:B,9) = p(1:B,6);
p(1:B,10) = p(1:B,9);
p(1:B,9) = p(1:B,6) ;
p(1:B,11) = p(1:B,6);
p(1:B,15) = p(1:B,12) ;
p(1:B,14) = p(1:B,12);
p(1:B,18) = p(1:B,19) ;

for i = 1:a
for b=1:B
h(b,i)=XSteam('h_pt',p(b,i),T(b,i));
end
end
%(21)
i=1; %calculation index
k=1; %calculation index
o=1; %calculation index

s1=xsteam('s_pt',p(1,1),T(1,1));

for j = pmin:(pmax-pmin)/testar:pmax

    p(i,3) = j;
    p(i,4) = p(i,3);
    T(i,3) =xsteam('T_ps',j,s1);
    his(i,3) =xsteam('h_pt',j,T(i,3));

h(i,3)= -(0.8*(h(i,1)-his(i,3))-h(i,1));
T(i,3) = xsteam('T_ph',p(i,3),h(i,3));

p(i:(i+nn),3) = p(i,3);
p(i:(i+nn),4) = p(i,3);
T(i:(i+nn),3) = T(i,3);
T(i:(i+nn),3) = T(i,3);
h(i:(i+nn),3) = h(i,3);

```

```

h(i:(i+nn),4) = xsteam('h_pt',p(i,4),T(i,4));
s(i:(i+nn),4) = xsteam('s_pt', p(i,4),T(i,4));
his(i:(i+nn),7) = xsteam('h_ps', p(i,7),s(i,4));
nisLT(i:(i+nn),7) = (h(i,4)-h(i,7))/(h(i,4)-his(i,7));
his(i:(i+nn),6) = xsteam('h_ps', p(i,6),s(i,4));
h(i:(i+nn),6) = -(nisLT(i,7)*(h(i,4)-his(i,6))-h(i,4));
T(i:(i+nn),6) = xsteam('T_ph',p(i,6),h(i,6));
T(i:(i+nn),11) = T(i,6);
h(i:(i+nn),11) = h(i,6);

```

```

h1112=h(i,11)-h(i,12);
h713=h(i,7)-h(i,13);
till14faktor(i:(i+nn),1)=h713/h1112;

```

```

T(i:(i+nn),9) = T(i,6);

```

```

h(i:(i+nn),9) = xsteam('h_pt',p(i,9),T(i,9));

```

```

i=i+nn;

```

```

for f =minm:(maxm-minm)/testar:maxm
    m(k:(k+n),7) =f*m(1,1);
    m(k:(k+n),11) =m(k,7)*till14faktor(k,1);
    m(k:(k+n),12)=m(k:(k+n),11);
    m(k:(k+n),13)=m(k:(k+n),7);
    m(k:(k+n),15)=m(k:(k+n),13);

```

```

m95(k:(k+n),1)=m(1,1)-(m(k,11)+m(k,7));

```

```

k=k+n;

```

```

for P= p5min:(p5max-p5min)/testar:p5max

```

```

    p(o,5) = P;
    p(o,17) =7.8;
    p(o,16) = p(o,17);
    his(o,5) = xsteam('h_ps', p(o,5),s(o,4));
    h(o,5) = -( nisLT(o,7)*(h(o,4)-his(o,5))-h(o,4));
    T(o,5) = xsteam('T_ph',p(o,5),h(o,5));

```

```

m(o,5) = 4*(m95(o,1)*h(o,9))/(h(o,5)+4*h(o,9));

```



```

m(o,9) = m95(o,1)-m(o,5);
m(o,6) = m(o,11)+m(o,9);
m(o,10)= m(o,9);
m(o,14) = m(o,12)+m(o,15)+m(o,10);
m(o,16) = m(o,14);
m(o,28) = m(o,16);
m(o,29) = m(o,28);
m(o,24) = m(o,29);
m(o,30) = m(o,5);
m(o,31) = m(o,30);
m(o,17) = m(o,24)+m(o,31);

%Condensation tank

h(o,14)=(h(o,12)*m(o,12)+h(o,15)*m(o,15))/(m(o,12)+m(o,15));
h(o,10) = h(o,14);
T(o,14) = xsteam('T_ph',p(o,14),h(o,14));
T(o,10) = T(o,14);
T(o,16) = T(o,14);
h(o,16) = xsteam('h_pt',p(o,16),T(o,16));

h(o,28) = (h(o,9)*m(o,9)- h(o,10)*m(o,10)+h(o,16)*m(o,16))/m(o,28);
p(o,28)=p(o,16);
p(o,29)=p(o,28);
T(o,28) = xsteam('T_ph',p(o,28),h(o,28));
T(o,29) = T(o,28);
h(o,29) = h(o,28);
p(o,29) = p(o,17);
p(o,24) = p(o,29);

h(o,30) = (m(o,5)*h(o,5)+m(o,29)*h(o,29))/(m(o,5)+m(o,24));

h(o,24) = h(o,30);
p(o,30) = p(o,5);
T(o,30) = xsteam('T_ph',p(o,30),h(o,30));
T(o,24) = xsteam('T_ph',p(o,24),h(o,24));
T(o,31) = T(o,30);
p(o,31) = p(o,17);
m(o,31) = m(o,30);
h(o,31) =xsteam('h_pt',p(o,31),T(o,31));

h(o,17) = (m(o,31)*h(o,31)+m(o,24)*h(o,24))/(m(o,30)+m(o,24));
T(o,17) = xsteam('T_ph',p(o,17),h(o,17));
p(o,29) = p(o,24);

```

```

T(o,18) = T(o,17);
h(o,18) = xsteam('h_pt',p(o,18),T(o,18));

if p(o,3) < p(o,5)
m(o,3) = m(o,1)-m(o,5);
else
m(o,3) = m(o,1);
end
m(o,4) = m(o,3);

steamFrac(o,30) = xsteam('vx_ph',p(o,30),h(o,30));
steamFrac(o,28) = xsteam('vx_ph',p(o,28),h(o,28));
steamFrac(o,17) = xsteam('vx_ph',p(o,17),h(o,17));

%(22)
pumpar(o,1) = (h(o,16)-h(o,14))+(h(o,31)-h(o,30))+(h(o,18)-
h(o,17))+(h(o,15)-h(o,13))+(h(o,21)-h(o,20));

%(23)
%Power connector

input(o,1) = ((h(o,1)-h(o,18))+(h(o,4)-h(o,3))+ pumpar(o,1));
verkn(o,5) = (h(o,4)-h(o,5)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);
verkn(o,6) = (h(o,4)-h(o,6)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);
verkn(o,7) = (h(o,4)-h(o,7)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);

%(24)
verkn(o,12) = (h(o,11)-h(o,12))/input(o,1);
verkn(o,13) = (h(o,7)-h(o,13))/input(o,1);

%(25)
for r=1:13

if verkn(o,r) < 0 || verkn(o,r) > 1
    verkn(o,r)= 0;

elseif steamFrac(o,30) >0
    verkn(o,r)= 0;

elseif steamFrac(o,28) >0
    verkn(o,r)= 0;
end

end

%(26)
% Energy fraction of the total flow. el

```

```

verknm(o,5) = verkn(o,5)*m(o,5);
verknm(o,6) = verkn(o,6)*m(o,6);
verknm(o,7) = verkn(o,7)*m(o,7);
%(27)
% Energy fraction of the total flow .heat / thermal

verknm(o,12) = verkn(o,12)*m(o,12);
verknm(o,13) = verkn(o,13)*m(o,13);
totverknm(o,1) = (verknm(o,5)+verknm(o,6)+verknm(o,7))/m(o,1);

% Electrical efficiency

totverknm(o,2) = (verknm(o,12)+verknm(o,13))/m(o,1);

% Central heating efficiency
%(28)
% Total sales revenue
totverknm(o,3)
=(elMWhPriceLei*totverknm(o,1)+heatMWhPriceLei*totverknm(o,2));

o=o+1;
end
end
end

Y=(1:a);
RESULTATvinter(1,:)=Y;

totverknm(1,a) = 0;
max(totverknm(:,3));
[qV,z]=find(totverknm==max(totverknm(:,3)));

BastaElVinter =totverknm(qV,1) ;
BastaVarmeVinter =totverknm(qV,2) ;

vinter =[1,2,3,4,10,11,12];

for i = vinter

    EnergiFV(1,i) =
EnergiAnga(1,i)*BastaVarmeVinter*DriftTimmar(1,i);%MW*DriftTimmar =
energy in one month i Mwh
    EnergiEl(1,i) = EnergiAnga(1,i)*BastaElVinter*DriftTimmar(1,i) ;%
MW*DriftTimmar = energy in one month i Mwh
    Elverknm(1,i) = BastaElVinter;
    Heatverknm(1,i) = BastaVarmeVinter;

end

```

```

totverknm(qV,3);
p(qV,17);

for i=1:a
sV(i,1) = xsteam('s_pT',p(qV,i),T(qV,i));
end

Components(:,1)=T(qV,:);
Components(:,2)=p(qV,:);
Components(:,3)=h(qV,:);
Components(:,4)=m(qV,:);
Components(:,5)=sV(:,1);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%
%May
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%

%The program optimizes the steam cycle to get the most profit
%from the sale of electricity and district heating (DH).
% The program varies four parameters
% • The mass flow to the cooling tower in case of a summer month
% • The pressure drop after the high pressure turbine, point 3,
% • The mass flow to the "district heating grid heaters" , point 6
and 11 ,
% • The pressure in point 5 and the following characteristics for
that point.

n=11;
nn=n*n;
nnn=nn*n;
nnnn=nnn*n;

a=31; % number of nodes
B=nnn+1;

p=zeros(B,a); %Pressure, bar
T=zeros(B,a); %temperature, C
m=zeros(B,a); %massflow.
h=zeros(B,a); % enthalpy
ss=0.003; % To get away from instability areas for the program Xsteam
around the saturation curve
DHperMonthMWh=[76489.92,66020.13,52988.76,15541.2,9339.39,5685.48,388
0.44,4491.9,6783.84,17113.59,41364.27,69715.08];

test=0.00001;
EnergiFV(1,5)=0;

```

```

TillKylning(1,5) = 0.0658; %Initial value

while DHperMonthMWh(1,5) > EnergiFV(1,5)

    TillKylning(1,5) = TillKylning(1,5)-test ;

pmin =6.18479;
pmax =6.1848;

minm = ((1-TillKylning(1,5))/2)-0.06;
maxm = ((1-TillKylning(1,5))/2)-0.04;

p5max=pmin;
p5min=1.0172 ;

%Cooling tower

p(1:B,25) = xsteam('psat_t',50)-ss;
m(1:B,25) = TillKylning(1,5);
T(1:B,26) =(xsteam('Tsats_p',p(1,25)))-2;
p(1:B,26) = p(:,25);
m(1:B,26) = m(:,25);
T(1:B,27) = T(1:B,26);
m(1:B,27) = m(:,26);

%Declaration of initial values
m(1:B,1)=1;
p(1:B,1) = 40 ;
T(1:B,1) = 400 ;
T(1:B,4) = 400;
T(1:B,6) = 130;
T(1:B,7) = 100;
m(1:B,19) = m(1:B,1);
m(1:B,18) = m(1:B,1);
T(1:B,19) = 250;
p(1:B,19) = 40;
p(1:B,20) = 2.5;
T(1:B,20)= 70;
p(1:B,21) = 11.33;
T(1:B,21) = T(1:B,20);
p(1:B,22) =p(1:B,21);
T(1:B,22) = 100 ;
p(1:B,23) = p(1:B,21);
T(1:B,23) = 130;
T(1:B,12) = T(1:B,22);
T(1:B,13) = T(1:B,21);
T(1:B,15) = T(1:B,13);

```

```

for b=1:B

p(b,6) = xsteam('psat_T',T(b,12))+ss;
p(b,7) = 0.5; %xsteam('psat_T',T(b,7))+ss;
p(b,12) = xsteam('psat_T', T(1,12))+ss;

p(b,13) = xsteam('psat_T', T(1,13))+ss;
end

p(1:B,9) = p(1:B,6);
p(1:B,10) = p(1:B,9);
p(1:B,9) = p(1:B,6) ;
p(1:B,11) = p(1:B,6);
p(1:B,15) = p(1:B,12) ;
p(1:B,14) = p(1:B,12);
p(1:B,27) = p(1:B,12);
p(1:B,18) = p(1:B,19) ;

for i = 1:a
for b=1:B
    h(b,i)=XSteam('h_pt',p(b,i),T(b,i));
end

end

smax= xsteam('s_pt',p(1,7),T(1,7));

i=1; %calculationindex
k=1; %calculationindex
o=1; %calculationindex

s40400=xsteam('s_pt',40,400); %Entropy for first node
for j = pmin:(pmax-pmin)/10:pmax

    p(i,3) = j;

    p(i,4) = p(i,3);

    T(i,3) =xsteam('T_ps',j,s40400);

    his(i,3) =xsteam('h_pt',j,T(i,3));

    h(i,3)= -(0.8*(h(i,1)-his(i,3))-h(i,1));

```

```

T(i,3) = xsteam('T_ph',p(i,3),h(i,3));

p(i:(i+nn),3) = p(i,3);

p(i:(i+nn),4) = p(i,3);

T(i:(i+nn),3) = T(i,3);

T(i:(i+nn),3) = T(i,3);

h(i:(i+nn),3) = h(i,3);

h(i:(i+nn),4) = xsteam('h_pt',p(i,4),T(i,4));

s(i:(i+nn),4) = xsteam('s_pt', p(i,4),T(i,4));

his(i:(i+nn),7) = xsteam('h_ps', p(i,7),s(i,4));

nisLT(i:(i+nn),7) = (h(i,4)-h(i,7))/(h(i,4)-his(i,7));

his(i:(i+nn),6) = xsteam('h_ps', p(i,6),s(i,4));

h(i:(i+nn),6) = -(nisLT(i,7)*(h(i,4)-his(i,6))-h(i,4));

T(i:(i+nn),6) = xsteam('T_ph',p(i,6),h(i,6));

T(i:(i+nn),11) = T(i,6);

h(i:(i+nn),11) = h(i,6);

T(i:(i+nn),9) = T(i,6);

his(i:(i+nn),25) = xsteam('h_ps', p(i,25),s(i,4));

h(i:(i+nn),25) = -(nisLT(i,7)*(h(i,4)-his(i,25))-h(i,4));

T(i:(i+nn),25) = xsteam('T_ph',p(i,25),h(i,25));

h1112=h(i,11)-h(i,12);

h713=h(i,7)-h(i,13);

```

```

till14faktor(i:(i+nn),1)=h713/h1112;

h(i:(i+nn),9) = xsteam('h_pt',p(i,9),T(i,9));

i=i+nn;


for f =minm:(maxm-minm)/10:maxm

m(k:(k+n),7) =f*m(1,1);

m(k:(k+n),11) =m(k,7)*till14faktor(k,1);

m(k:(k+n),12)=m(k:(k+n),11);

m(k:(k+n),13)=m(k:(k+n),7);

m(k:(k+n),15)=m(k:(k+n),13);


m95(k:(k+n),1)=m(1,1)-(m(k,11)+m(k,7)+TillKylning(1,5));

k=k+n;


for P= p5min:(p5max-p5min)/testar:p5max

p(o,5) = P;

p(o,17) =7.8;

p(o,16) = p(o,17);

his(o,5) = xsteam('h_ps', p(o,5),s(o,4));

h(o,5)= -( nisLT(o,7)*(h(o,4)-his(o,5))-h(o,4));

T(o,5) = xsteam('T_ph',p(o,5),h(o,5));


m(o,5) = (m95(o,1)*h(o,9))/(h(o,5)+h(o,9));

m(o,9) = m95(o,1)-m(o,5);

```



```

m(o,6) = m(o,11)+m(o,9);

m(o,10)= m(o,9);

m(o,14) = m(o,12)+m(o,15)+m(o,10)+m(o,27); %The flow to the
condensate tank

m(o,16) = m(o,14);

m(o,28) = m(o,16);

m(o,29) = m(o,28);

m(o,24) = m(o,29);

m(o,30) = m(o,5);

m(o,31) = m(o,30);

m(o,17) = m(o,24)+m(o,31);

%Condensation tank

h(o,14) =
(h(o,15)*m(o,15)+h(o,12)*m(o,12)+h(o,27)*m(o,27))/(m(o,14)-m(o,10));

h(o,10) = h(o,14);

T(o,14) = xsteam('T_ph',p(o,14),h(o,14));

T(o,10) = T(o,14);

T(o,16) = T(o,14);

h(o,16) = xsteam('h_pt',p(o,16),T(o,16));

h(o,28) = (h(o,9)*m(o,9)-
h(o,10)*m(o,10)+h(o,16)*m(o,16))/m(o,28);

p(o,28)=p(o,16);

p(o,29)=p(o,28);

T(o,28) = xsteam('T_ph',p(o,28),h(o,28));

T(o,29) = T(o,28);

```

```

h(o,29) = h(o,28);

p(o,29) = p(o,17);

p(o,24) = p(o,29);


h(o,30) = (m(o,5)*h(o,5)+m(o,29)*h(o,29))/(m(o,5)+m(o,24));


h(o,24) = h(o,30);

p(o,30) = p(o,5);

T(o,30) = xsteam('T_ph',p(o,30),h(o,30));

T(o,24) = xsteam('T_ph',p(o,24),h(o,24));

T(o,31) = T(o,30);

p(o,31) = p(o,17);

m(o,31) = m(o,30);

h(o,31) =xsteam('h_pt',p(o,31),T(o,31));


h(o,17) = (m(o,31)*h(o,31)+m(o,24)*h(o,24))/(m(o,30)+m(o,24));

T(o,17) = xsteam('T_ph',p(o,17),h(o,17));

p(o,29) = p(o,24);


T(o,18) = T(o,17);

h(o,18) = xsteam('h_pt',p(o,18),T(o,18));


if p(o,3) < p(o,5)

    m(o,3) = m(o,1)-m(o,5);

```

```

else

    m(o,3) = m(o,1);

end

m(o,4) = m(o,3);

steamFrac(o,30) = xsteam('vx_ph',p(o,30),h(o,30));

steamFrac(o,28) = xsteam('vx_ph',p(o,28),h(o,28));

pumpar(o,1) = (h(o,16)-h(o,14))+(h(o,31)-h(o,30))+(h(o,18)-
h(o,17))+(h(o,15)-h(o,13))+(h(o,21)-h(o,20))+(h(o,27)-h(o,26));

%Power connector

input(o,1) = ((h(o,1)-h(o,18))+(h(o,4)-h(o,3))+ pumpar(o,1));

verkn(o,5) = (h(o,4)-h(o,5)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1); % el ur 5

verkn(o,6) = (h(o,4)-h(o,6)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1); % el ur 6

verkn(o,7) = (h(o,4)-h(o,7)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1); % el ur 7

verkn(o,25) = (h(o,4)-h(o,25)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1); % el ur 25

verkn(o,12) = (h(o,11)-h(o,12))/input(o,1);
verkn(o,13) = (h(o,7)-h(o,13))/input(o,1);

for r=1:13

    if verkn(o,r) < 0 || verkn(o,r) > 1

        verkn(o,r)= 0;

    elseif steamFrac(o,30) >0

        verkn(o,r)= 0;

```

```

elseif steamFrac(o,28) >0

    verkn(o,r)= 0;

end
end

% Energy fraction of the total flow. el

verknm(o,5) = verkn(o,5)*m(o,5);

verknm(o,6) = verkn(o,6)*m(o,6);

verknm(o,7) = verkn(o,7)*m(o,7);

verknm(o,25) = verkn(o,25)*m(o,25);

%Energy fraction of the total flow .heat / thermal

verknm(o,12) = verkn(o,12)*m(o,12);

verknm(o,13) = verkn(o,13)*m(o,13);

totverknm(o,1)
=(verknm(o,5)+verknm(o,6)+verknm(o,7)+verknm(o,25))/m(o,1); %
Elektrisk verkningsgrad
totverknm(o,2) = (verknm(o,12)+verknm(o,13))/m(o,1);

%Central heating efficiency
%Total sales revenue

totverknm(o,3) =
(elMWhPriceLei*totverknm(o,1)+heatMWhPriceLei*totverknm(o,2));

o=o+1;

end
end
end

Y=(1:a);

RESULTATjuni(1,:)=Y;

totverknm(1,a) = 0;

```

```

max(totverknm(:,3));

[q5,z]=find(totverknm==max(totverknm(:,1)));

% disp('p')

RESULTATjuni(2,:)=p(q5,:);

% disp('T')

RESULTATjuni(3,:)=T(q5,:);

% disp('m')

RESULTATjuni(4,:)=m(q5,:);

% disp('h')

RESULTATjuni(5,:)=h(q5,:);

RESULTATjuni(6,:)= totverknm(q5,:);

% disp('Profit')

% disp('q5')

RESULTATjuni(7,:)= q5;


DHperMonthMWh(1,5)

EnergiFV(1,5)=EnergiAnga(1,5)*totverknm(q5,2)*DriftTimmar(1,5);

EnergiFV(1,5)

EnergiEl(1,5) = EnergiAnga(1,5)*totverknm(q5,1)*DriftTimmar(1,5) ;

EnergiFV(1,5);

end

TillKylning(1,5)

Elverknm(1,5) = totverknm(q5,1);

Heatverknm(1,5) = totverknm(q5,2);

```

```

for i=1:a

    s5(i,1) = xsteam('s_pT',p(q5,i),T(q5,i));

end

Components(:,6)=T(q5,:);

Components(:,7)=p(q5,:);

Components(:,8)=h(q5,:);

Components(:,9)=m(q5,:);

Components(:,10)=s5(q5);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%
%June
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%

%The program optimizes the steam cycle to get the most profit
%from the sale of electricity and district heating (DH).
% The program varies four parameters
% • The pressure drop after the high pressure turbine, point 3,
% • The mass flow to the "district heating grid heaters" , point 6
and 11 ,
% • The pressure in point 5 and the following characteristics for
that point.
% • The mass flow to the cooling tower in case of a summer month


n=11;

nn=n*n;

nnn=nn*n;

nnnn=nnn*n;

a=31; % number of nodes

B=nnn+1;

p=zeros(B,a); %Pressure, bar

```

```

T=zeros(B,a); %temperature, C

m=zeros(B,a); %mass flow
h=zeros(B,a); % enthalpy

ss=0.003;
DHperMonthMWh
=[76489.92,66020.13,52988.76,15541.2,9339.39,5685.48,3880.44,4491.9,6
783.84,17113.59,41364.27,69715.08];

test=0.00001;

EnergiFV(1,6)=0;

TillKylning(1,6) = 0.3603;

while DHperMonthMWh(1,6) > EnergiFV(1,6)

    TillKylning(1,6) = TillKylning(1,6)-test ;

    pmin =6.18479;

    pmax =6.1848;

    minm = ((1-TillKylning(1,6))/2)-0.06;

    maxm =((1-TillKylning(1,6))/2)-0.02;

    p5max=pmin;

    p5min=1.0172 ;

    p(1:B,25) = xsteam('psat_t',50)-ss;

    m(1:B,25) = TillKylning(1,6);

    T(1:B,26) = xsteam('Tsat_p',p(1,25))-2;

    p(1:B,26) = p(:,25);

    m(1:B,26) = m(:,25);

    T(1:B,27) = T(1:B,26);

```

```
m(1:B,27) = m(:,26);
```

```
%Declaration of initial values
```

```
m(1:B,1)=1;
```

```
p(1:B,1) = 40 ;
```

```
T(1:B,1) = 400 ;
```

```
T(1:B,4) = 400;
```

```
T(1:B,6) = 130;
```

```
T(1:B,7) = 100;
```

```
m(1:B,19) = m(1:B,1);
```

```
m(1:B,18) = m(1:B,1);
```

```
T(1:B,19) = 250;
```

```
p(1:B,19) = 40;
```

```
p(1:B,20) = 2.5;
```

```
T(1:B,20)= 70;
```

```
p(1:B,21) = 11.33;
```

```
T(1:B,21) = T(1:B,20);
```

```
p(1:B,22) =p(1:B,21);
```

```
T(1:B,22) = 100 ;
```

```
p(1:B,23) = p(1:B,21);
```

```
T(1:B,23) = 130;
```

```
T(1:B,12) = T(1:B,22);
```

```
T(1:B,13) = T(1:B,21);
```

```
T(1:B,15) = T(1:B,13);
```



```

for b=1:B

    p(b,6) = xsteam('psat_T',T(b,12))+ss;

    p(b,7) = 0.5;

    p(b,12) = xsteam('psat_T', T(1,12))+ss;

    p(b,13) = xsteam('psat_T', T(1,13))+ss;

end

p(1:B,9) = p(1:B,6);

p(1:B,10) = p(1:B,9);

p(1:B,9) = p(1:B,6) ;

p(1:B,11) = p(1:B,6);

p(1:B,15) = p(1:B,12) ;

p(1:B,14) = p(1:B,12);

p(1:B,27) = p(1:B,12);

p(1:B,18) = p(1:B,19) ;

for i = 1:a

    for b=1:B

        h(b,i)=XSteam('h_pt',p(b,i),T(b,i));

    end

end

smax= xsteam('s_pt',p(1,7),T(1,7));

pmin = 6.18479;
pmax = 6.23;

i=1; %calculationindex

```

```

k=1; %calculationindex

o=1; %calculationindex

s40400=xsteam('s_pt',40,400);

for j = pmin:(pmax-pmin)/10:pmax
    p(i,3) = j;

    p(i,4) = p(i,3);

    T(i,3) =xsteam('T_ps',j,s40400);

    his(i,3) =xsteam('h_pt',j,T(i,3));

    h(i,3)= -(0.8*(h(i,1)-his(i,3))-h(i,1));

    T(i,3) = xsteam('T_ph',p(i,3),h(i,3));

    p(i:(i+nn),3) = p(i,3);

    p(i:(i+nn),4) = p(i,3);

    T(i:(i+nn),3) = T(i,3);

    T(i:(i+nn),3) = T(i,3);

    h(i:(i+nn),3) = h(i,3);

    h(i:(i+nn),4) = xsteam('h_pt',p(i,4),T(i,4));

    s(i:(i+nn),4) = xsteam('s_pt', p(i,4),T(i,4));

    his(i:(i+nn),7) = xsteam('h_ps', p(i,7),s(i,4));

    nisLT(i:(i+nn),7) = (h(i,4)-h(i,7))/(h(i,4)-his(i,7));

    his(i:(i+nn),6) = xsteam('h_ps', p(i,6),s(i,4));

    h(i:(i+nn),6)= -(nisLT(i,7)*(h(i,4)-his(i,6))-h(i,4));

    T(i:(i+nn),6) = xsteam('T_ph',p(i,6),h(i,6));

    T(i:(i+nn),11) = T(i,6);

```

```

h(i:(i+nn),11) = h(i,6);

T(i:(i+nn),9) = T(i,6);

his(i:(i+nn),25) = xsteam('h_ps', p(i,25),s(i,4));

h(i:(i+nn),25) = -(nisLT(i,7)*(h(i,4)-his(i,25))-h(i,4));

T(i:(i+nn),25) = xsteam('T_ph',p(i,25),h(i,25));


h1112=h(i,11)-h(i,12);

h713=h(i,7)-h(i,13);

till14faktor(i:(i+nn),1)=h713/h1112;

h(i:(i+nn),9) = xsteam('h_pt',p(i,9),T(i,9));

i=i+nn;


for f =minm:(maxm-minm)/10:maxm

    m(k:(k+n),7) =f*m(1,1);

    m(k:(k+n),11) =m(k,7)*till14faktor(k,1);

    m(k:(k+n),12)=m(k:(k+n),11);

    m(k:(k+n),13)=m(k:(k+n),7);

    m(k:(k+n),15)=m(k:(k+n),13);


    m95(k:(k+n),1)=m(1,1)-(m(k,11)+m(k,7)+TillKylning(1,6));

    k=k+n;


for P= p5min:(p5max-p5min)/testar:p5max

    p(o,5) = P;

```

```

p(o,17) =7.8;

p(o,16) = p(o,17);

his(o,5) = xsteam('h_ps', p(o,5),s(o,4));

h(o,5)= -( nisLT(o,7)*(h(o,4)-his(o,5))-h(o,4));

T(o,5) = xsteam('T_ph',p(o,5),h(o,5));

m(o,5) = (m95(o,1)*h(o,9))/(h(o,5)+h(o,9));

m(o,9) = m95(o,1)-m(o,5);

m(o,6) = m(o,11)+m(o,9);

m(o,10)= m(o,9);

m(o,14) = m(o,12)+m(o,15)+m(o,10)+m(o,27);

m(o,16) = m(o,14);

m(o,28) = m(o,16);

m(o,29) = m(o,28);

m(o,24) = m(o,29);

m(o,30) = m(o,5);

m(o,31) = m(o,30);

m(o,17) = m(o,24)+m(o,31);

%Condensation tank

h(o,14) =
(h(o,15)*m(o,15)+h(o,12)*m(o,12)+h(o,27)*m(o,27))/(m(o,14)-m(o,10));

h(o,10) = h(o,14);

T(o,14) = xsteam('T_ph',p(o,14),h(o,14));

T(o,10) = T(o,14);

T(o,16) = T(o,14);

```

```

h(o,16) = xsteam('h_pt',p(o,16),T(o,16));

h(o,28) = (h(o,9)*m(o,9) -
h(o,10)*m(o,10)+h(o,16)*m(o,16))/m(o,28);

p(o,28)=p(o,16);

p(o,29)=p(o,28);

T(o,28) = xsteam('T_ph',p(o,28),h(o,28));

T(o,29) = T(o,28);

h(o,29) = h(o,28);

p(o,29) = p(o,17);

p(o,24) = p(o,29);


h(o,30) =
(m(o,5)*h(o,5)+m(o,29)*h(o,29))/(m(o,5)+m(o,24));

h(o,24) = h(o,30);

p(o,30) = p(o,5);

T(o,30) = xsteam('T_ph',p(o,30),h(o,30));

T(o,24) = xsteam('T_ph',p(o,24),h(o,24));

T(o,31) = T(o,30);

p(o,31) = p(o,17);

m(o,31) = m(o,30);

h(o,31) =xsteam('h_pt',p(o,31),T(o,31));


h(o,17) =
(m(o,31)*h(o,31)+m(o,24)*h(o,24))/(m(o,30)+m(o,24));

T(o,17) = xsteam('T_ph',p(o,17),h(o,17));

```

```

p(o,29) = p(o,24);

T(o,18) = T(o,17);

h(o,18) = xsteam('h_pt',p(o,18),T(o,18));

if p(o,3) < p(o,5)

    m(o,3) = m(o,1)-m(o,5);

else

    m(o,3) = m(o,1);

end

m(o,4) = m(o,3);

steamFrac(o,30) = xsteam('vx_ph',p(o,30),h(o,30));

steamFrac(o,28) = xsteam('vx_ph',p(o,28),h(o,28));

pumpar(o,1) = (h(o,16)-h(o,14))+(h(o,31)-
h(o,30))+(h(o,18)- h(o,17))+(h(o,15)-h(o,13))+(h(o,21)-
h(o,20))+(h(o,27)-h(o,26));

%Power connector

input(o,1) = ((h(o,1)-h(o,18))+(h(o,4)-h(o,3))+
pumpar(o,1));

verkn(o,5) =(h(o,4)-h(o,5)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);

verkn(o,6) =(h(o,4)-h(o,6)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);

verkn(o,7) =(h(o,4)-h(o,7)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);

verkn(o,25) =(h(o,4)-h(o,25)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);

verkn(o,12) = (h(o,11)-h(o,12))/input(o,1);

```

```

        verkn(o,13) = (h(o,7)-h(o,13))/input(o,1);

for r=1:13

if verkn(o,r) < 0 || verkn(o,r) > 1

        verkn(o,r)= 0;

elseif steamFrac(o,30) >0

        verkn(o,r)= 0;

elseif steamFrac(o,28) >0

        verkn(o,r)= 0;

end

end

% Energy fraction of the total flow. el

        verknm(o,5) = verkn(o,5)*m(o,5);

        verknm(o,6) = verkn(o,6)*m(o,6);

        verknm(o,7) = verkn(o,7)*m(o,7);

        verknm(o,25) = verkn(o,25)*m(o,25);

% Energy fraction of the total flow .heat/thermal

        verknm(o,12) = verkn(o,12)*m(o,12);

        verknm(o,13) = verkn(o,13)*m(o,13);

        totverknm(o,1) =
(verknm(o,5)+verknm(o,6)+verknm(o,7)+verknm(o,25))/m(o,1); %
electrical efficiency

        totverknm(o,2) = (verknm(o,12)+verknm(o,13))/m(o,1); %
Central heating efficiency
% Total sales revenue

        totverknm(o,3) =
(elMWhPriceLei*totverknm(o,1)+heatMWhPriceLei*totverknm(o,2));

```

```

        o=o+1;

end

end

end

Y=(1:a);

RESULTATjuni(1,:)=Y;

totverknm(1,a) = 0;

max(totverknm(:,1));

[q6,z]=find(totverknm==max(totverknm(:,1)));
% disp('p')

RESULTATjuni(2,:)=p(q6,:);

% disp('T')

RESULTATjuni(3,:)=T(q6,:);

% disp('m')

RESULTATjuni(4,:)=m(q6,:);

% disp('h')

RESULTATjuni(5,:)=h(q6,:);

RESULTATjuni(6,:)= totverknm(q6,:);

% disp('Profit')

% disp('q')

RESULTATjuni(7,:)= q6;

DHperMonthMWh(1,6)

EnergiFV(1,6)=EnergiAnga(1,6)*totverknm(q6,2)*DriftTimmar(1,6);

```



```

EnergiFV(1,6)

EnergiEl(1,6) = EnergiAnga(1,6)*totverknm(q6,1)*DriftTimmar(1,6) ;

EnergiFV(1,6);

end

TillKylning(1,6)

Elverknm(1,6) = totverknm(q6,1);

Heatverknm(1,6) = totverknm(q6,2);

for i=1:a

    s6(i,1) = xsteam('s_pT',p(q6,i),T(q6,i));

end

Components(:,11)=T(q6,:);

Components(:,12)=p(q6,:);

Components(:,13)=h(q6,:);

Components(:,14)=m(q6,:);

Components(:,15)=s6(:,1);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%August
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

n=11;

nn=n*n;

nnn=nn*n;

nnnn=nnn*n;

a=31; % number of nodes

B=nnn+1;

p=zeros(B,a);

```

```

T=zeros(B,a);

m=zeros(B,a);

h=zeros(B,a);

ss=0.003;

DHperMonthMWh
=[76489.92,66020.13,52988.76,15541.2,9339.39,5685.48,3880.44,4491.9,6
783.84,17113.59,41364.27,69715.08];

test=0.00001;

EnergiFV(1,8)=0;

TillKylning(1,8) =0.47061;

while DHperMonthMWh(1,8) > EnergiFV(1,8)

    TillKylning(1,8) = TillKylning(1,8)-test ;

    pmin =6.18479;

    pmax =6.1848;

    minm = ((1-TillKylning(1,8))/2)-0.06;

    maxm =((1-TillKylning(1,8))/2)-0.04;

    p5max=pmin;

    p5min=1.0172 ;

    p(1:B,25) = xsteam('psat_t',50)-ss;

    m(1:B,25) = TillKylning(1,8);

    T(1:B,26) = xsteam('Tsat_p',p(1,25))-2;

    p(1:B,26) = p(:,25);

```

```

m(1:B,26) = m(:,25);

T(1:B,27) = T(1:B,26);

m(1:B,27) = m(:,26);

%Declaration of initial values

m(1:B,1)=1;
p(1:B,1) = 40 ;
T(1:B,1) = 400 ;
T(1:B,4) = 400;
T(1:B,6) = 130;
T(1:B,7) = 100;
m(1:B,19) = m(1:B,1);
m(1:B,18) = m(1:B,1);
T(1:B,19) = 250;
p(1:B,19) = 40;
p(1:B,20) = 2.5;
T(1:B,20)= 70;
p(1:B,21) = 11.33;
T(1:B,21) = T(1:B,20);
p(1:B,22) =p(1:B,21);
T(1:B,22) = 100 ;
p(1:B,23) = p(1:B,21);
T(1:B,23) = 130;
T(1:B,12) = T(1:B,22);
T(1:B,13) = T(1:B,21);
T(1:B,15) = T(1:B,13);

for b=1:B

    p(b,6) = xsteam('psat_T',T(b,12))+ss;

    p(b,7) = 0.5;

    p(b,12) = xsteam('psat_T', T(1,12))+ss;

    p(b,13) = xsteam('psat_T', T(1,13))+ss;

end

p(1:B,9) = p(1:B,6);
p(1:B,10) = p(1:B,9);
p(1:B,9) = p(1:B,6) ;
p(1:B,11) = p(1:B,6);
p(1:B,15) = p(1:B,12) ;

```

```

p(1:B,14) = p(1:B,12);
p(1:B,27) = p(1:B,12);
p(1:B,18) = p(1:B,19) ;

for i = 1:a

for b=1:B

    h(b,i)=XSteam('h_pt',p(b,i),T(b,i));

end

end

smax= xsteam('s_pt',p(1,7),T(1,7));

i=1; %index calculation
k=1; %index calculation
o=1; %index calculation
s40400=xsteam('s_pt',40,400);
pmin = 6.18479;
pmax = 10;

for j = pmin:(pmax-pmin)/10:pmax

    p(i,3) = j;

    p(i,4) = p(i,3);

    T(i,3) =xsteam('T_ps',j,s40400);

    his(i,3) =xsteam('h_pt',j,T(i,3));

    h(i,3)= -(0.8*(h(i,1)-his(i,3))-h(i,1));

    T(i,3) = xsteam('T_ph',p(i,3),h(i,3));

    p(i:(i+nn),3) = p(i,3);

    p(i:(i+nn),4) = p(i,3);

    T(i:(i+nn),3) = T(i,3);

```

```

T(i:(i+nn),3) = T(i,3);

h(i:(i+nn),3) = h(i,3);

h(i:(i+nn),4) = xsteam('h_pt',p(i,4),T(i,4));

s(i:(i+nn),4) = xsteam('s_pt', p(i,4),T(i,4));

his(i:(i+nn),7) = xsteam('h_ps', p(i,7),s(i,4));

nisLT(i:(i+nn),7) = (h(i,4)-h(i,7))/(h(i,4)-his(i,7));

his(i:(i+nn),6) = xsteam('h_ps', p(i,6),s(i,4));

h(i:(i+nn),6) = -(nisLT(i,7)*(h(i,4)-his(i,6))-h(i,4));

T(i:(i+nn),6) = xsteam('T_ph',p(i,6),h(i,6));

T(i:(i+nn),11) = T(i,6);

h(i:(i+nn),11) = h(i,6);

T(i:(i+nn),9) = T(i,6);

his(i:(i+nn),25) = xsteam('h_ps', p(i,25),s(i,4));

h(i:(i+nn),25) = -(nisLT(i,7)*(h(i,4)-his(i,25))-h(i,4));

T(i:(i+nn),25) = xsteam('T_ph',p(i,25),h(i,25));

h1112=h(i,11)-h(i,12);

h713=h(i,7)-h(i,13);

till14faktor(i:(i+nn),1)=h713/h1112;

h(i:(i+nn),9) = xsteam('h_pt',p(i,9),T(i,9));

i=i+nn;

for f =minm:(maxm-minm)/10:maxm

    m(k:(k+n),7) =f*m(1,1);

```

```

m(k:(k+n),11) =m(k,7)*till14faktor(k,1);

m(k:(k+n),12)=m(k:(k+n),11);

m(k:(k+n),13)=m(k:(k+n),7);

m(k:(k+n),15)=m(k:(k+n),13);


m95(k:(k+n),1)=m(1,1)-(m(k,11)+m(k,7)+TillKylning(1,8));

k=k+n;

```

```

for P= p5min:(p5max-p5min)/testar:p5max

```

```

    p(o,5) = P;
    p(o,17) =7.8;
    p(o,16) = p(o,17);
    his(o,5) = xsteam('h_ps', p(o,5),s(o,4));
    h(o,5)= -( nisLT(o,7)*(h(o,4)-his(o,5))-h(o,4));
    T(o,5) = xsteam('T_ph',p(o,5),h(o,5));

```

```

    m(o,5) = (m95(o,1)*h(o,9))/(h(o,5)+h(o,9));

```

```

    m(o,9) = m95(o,1)-m(o,5);

```

```

    m(o,6) = m(o,11)+m(o,9);

```

```

    m(o,10)= m(o,9);

```

```

    m(o,14) = m(o,12)+m(o,15)+m(o,10)+m(o,27);

```

```

    m(o,16) = m(o,14);

```

```

    m(o,28) = m(o,16);

```

```

    m(o,29) = m(o,28);

```

```

    m(o,24) = m(o,29);

```

```

    m(o,30) = m(o,5);

```

```

    m(o,31) = m(o,30);

```

```

m(o,17) = m(o,24)+m(o,31);

%Condensation tank

h(o,14) =
(h(o,15)*m(o,15)+h(o,12)*m(o,12)+h(o,27)*m(o,27))/(m(o,14)-m(o,10));

h(o,10) = h(o,14);

T(o,14) = xsteam('T_ph',p(o,14),h(o,14));

T(o,10) = T(o,14);

T(o,16) = T(o,14);

h(o,16) = xsteam('h_pt',p(o,16),T(o,16));


h(o,28) = (h(o,9)*m(o,9)-
h(o,10)*m(o,10)+h(o,16)*m(o,16))/m(o,28);

p(o,28)=p(o,16);

p(o,29)=p(o,28);

T(o,28) = xsteam('T_ph',p(o,28),h(o,28));

T(o,29) = T(o,28);

h(o,29) = h(o,28);

p(o,29) = p(o,17);

p(o,24) = p(o,29);


h(o,30) =
(m(o,5)*h(o,5)+m(o,29)*h(o,29))/(m(o,5)+m(o,24));

h(o,24) = h(o,30);

p(o,30) = p(o,5);

```

```

T(o,30) = xsteam('T_ph',p(o,30),h(o,30));

T(o,24) = xsteam('T_ph',p(o,24),h(o,24));

T(o,31) = T(o,30);

p(o,31) = p(o,17);

m(o,31) = m(o,30);

h(o,31) =xsteam('h_pt',p(o,31),T(o,31));


h(o,17) =
(m(o,31)*h(o,31)+m(o,24)*h(o,24))/(m(o,30)+m(o,24));

T(o,17) = xsteam('T_ph',p(o,17),h(o,17));

p(o,29) = p(o,24);

T(o,18) = T(o,17);

h(o,18) = xsteam('h_pt',p(o,18),T(o,18));


if p(o,3) < p(o,5)

    m(o,3) = m(o,1)-m(o,5);

else

    m(o,3) = m(o,1);

end

m(o,4) = m(o,3);


steamFrac(o,30) = xsteam('vx_ph',p(o,30),h(o,30));

steamFrac(o,28) = xsteam('vx_ph',p(o,28),h(o,28));


pumpar(o,1) = (h(o,16)-h(o,14))+(h(o,31)-
h(o,30))+(h(o,18)-h(o,17))+(h(o,15)-h(o,13))+(h(o,21)-
h(o,20))+(h(o,27)-h(o,26));

%Power connector

```



```

        input(o,1) = ((h(o,1)-h(o,18))+(h(o,4)-h(o,3)) +
pumpar(o,1));

        verkn(o,5) = (h(o,4)-h(o,5)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);

        verkn(o,6) = (h(o,4)-h(o,6)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);

        verkn(o,7) = (h(o,4)-h(o,7)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);

        verkn(o,25) = (h(o,4)-h(o,25)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1);

% Energy from the district heat exchanger / total input energy

        verkn(o,12) = (h(o,11)-h(o,12))/input(o,1);

        verkn(o,13) = (h(o,7)-h(o,13))/input(o,1);

for r=1:13

if verkn(o,r) < 0 || verkn(o,r) > 1

        verkn(o,r)= 0;

elseif steamFrac(o,30) >0

        verkn(o,r)= 0;

elseif steamFrac(o,28) >0

        verkn(o,r)= 0;

end

end

% Energy fraction of the total flow. el

        verknm(o,5) = verkn(o,5)*m(o,5);

        verknm(o,6) = verkn(o,6)*m(o,6);

        verknm(o,7) = verkn(o,7)*m(o,7);

        verknm(o,25) = verkn(o,25)*m(o,25);

```

```

% Energy fraction of the total flow .heat/thermal

    verknm(o,12) = verkn(o,12)*m(o,12);

    verknm(o,13) = verkn(o,13)*m(o,13);

    totverknm(o,1) =
(verknm(o,5)+verknm(o,6)+verknm(o,7)+verknm(o,25))/m(o,1);

    totverknm(o,2) = (verknm(o,12)+verknm(o,13))/m(o,1);

% Central heating efficiency
% total sales revenue

    totverknm(o,3) =
(elMWhPriceLei*totverknm(o,1)+heatMWhPriceLei*totverknm(o,2));

    o=o+1;

end

end

end

Y=(1:a);

RESULTATaug(1,:)=Y;

totverknm(1,a) = 0;


[q8,z]=find(totverknm==max(totverknm(:,1)));

RESULTATaug(2,:)=p(q8,:);

% disp('T')

RESULTATaug(3,:)=T(q8,:);

% disp('m')

RESULTATaug(4,:)=m(q8,:);

% disp('h')

```

```

RESULTATaug(5,:)=h(q8,:);

RESULTATaug(6,:)= totverknm(q8,:);

% disp('Profit')

% disp('q8')

RESULTATaug(7,:)= q8;


DHperMonthMWh(1,8)

EnergiFV(1,8)=EnergiAnga(1,8)*totverknm(q8,2)*DriftTimmar(1,8);

EnergiFV(1,8)

EnergiEl(1,8) = EnergiAnga(1,8)*totverknm(q8,1)*DriftTimmar(1,8) ;

end

TillKylning(1,8)

Elverknm(1,8) = totverknm(q8,1);

Heatverknm(1,8) = totverknm(q8,2);

for i=1:a

    s8(i,1) = xsteam('s_pT',p(q8,i),T(q8,i));

end

Components(:,16)=T(q8,:);
Components(:,17)=p(q8,:);
Components(:,18)=h(q8,:);
Components(:,19)=m(q8,:);
Components(:,20)=s8(:,1);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%September
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

n=11;
nn=n*n;

```

```

nnn=nn*n;
nnnn=nnn*n;
a=31; % number of nodes
B=nnn+1;

p=zeros(B,a);
T=zeros(B,a);
m=zeros(B,a);
h=zeros(B,a);
ss=0.003;

EnergiFV(1,9)=0;
test=0.00001;
TillKylning(1,9) = 0.2612;

while DHperMonthMWh(1,9) > EnergiFV(1,9)

    TillKylning(1,9) = TillKylning(1,9)-test ;

    pmin =6.18479;

    pmax =6.1848;

    minm = ((1-TillKylning(1,9))/2)-0.06;

    maxm =((1-TillKylning(1,9))/2)-0.02;

    p5max=pmin;

    p5min=1.0172 ;

    p(1:B,25) = xsteam('psat_t',50)-ss;
    m(1:B,25) = TillKylning(1,9);
    T(1:B,26) = xsteam('Tsats_p',p(1,25))-2;
    p(1:B,26) = p(:,25);
    m(1:B,26) = m(:,25);
    T(1:B,27) = T(1:B,26);
    m(1:B,27) = m(:,26);

%Declaration of initial values
m(1:B,1)=1;
p(1:B,1) = 40 ;

```

```

T(1:B,1) = 400 ;
T(1:B,4) = 400;
T(1:B,6) = 130;
T(1:B,7) = 100;
m(1:B,19) = m(1:B,1);
m(1:B,18) = m(1:B,1);
T(1:B,19) = 250;
p(1:B,19) = 40;
p(1:B,20) = 2.5;
T(1:B,20)= 70;
p(1:B,21) = 11.33;
T(1:B,21) = T(1:B,20);
p(1:B,22) =p(1:B,21);
T(1:B,22) = 100 ;
p(1:B,23) = p(1:B,21);
T(1:B,23) = 130;
T(1:B,12) = T(1:B,22);
T(1:B,13) = T(1:B,21);
T(1:B,15) = T(1:B,13);

for b=1:B

    p(b,6) = xsteam('psat_T',T(b,12))+ss;

    p(b,7) = 0.5;

    p(b,12) = xsteam('psat_T', T(1,12))+ss;

    p(b,13) = xsteam('psat_T', T(1,13))+ss;

end

p(1:B,9) = p(1:B,6);

p(1:B,10) = p(1:B,9);

p(1:B,9) = p(1:B,6) ;

p(1:B,11) = p(1:B,6);

p(1:B,15) = p(1:B,12) ;

p(1:B,14) = p(1:B,12);

p(1:B,27) = p(1:B,12);

p(1:B,18) = p(1:B,19) ;

```

```

for i = 1:a

for b=1:B

    h(b,i)=XSteam('h_pt',p(b,i),T(b,i));

end

end

smax= xsteam('s_pt',p(1,7),T(1,7));

pmin = 6.18479;

pmax = 6.23;
i=1; %index calculation
k=1; %index calculation
o=1; %index calculation

s40400=xsteam('s_pt',40,400);

for j = pmin:(pmax-pmin)/10:pmax

    p(i,3) = j;

    p(i,4) = p(i,3);

    T(i,3) =xsteam('T_ps',j,s40400);

    his(i,3) =xsteam('h_pt',j,T(i,3));

    h(i,3)= -(0.8*(h(i,1)-his(i,3))-h(i,1));

    T(i,3) = xsteam('T_ph',p(i,3),h(i,3));


    p(i:(i+nn),3) = p(i,3);
    p(i:(i+nn),4) = p(i,3);
    T(i:(i+nn),3) = T(i,3);
    T(i:(i+nn),3) = T(i,3);

```

```

h(i:(i+nn),3) = h(i,3);
h(i:(i+nn),4) = xsteam('h_pt',p(i,4),T(i,4));
s(i:(i+nn),4) = xsteam('s_pt', p(i,4),T(i,4));
his(i:(i+nn),7) = xsteam('h_ps', p(i,7),s(i,4));
nisLT(i:(i+nn),7) = (h(i,4)-h(i,7))/(h(i,4)-his(i,7));
his(i:(i+nn),6) = xsteam('h_ps', p(i,6),s(i,4));
h(i:(i+nn),6) = -(nisLT(i,7)*(h(i,4)-his(i,6))-h(i,4));
T(i:(i+nn),6) = xsteam('T_ph',p(i,6),h(i,6));
T(i:(i+nn),11) = T(i,6);
h(i:(i+nn),11) = h(i,6);
T(i:(i+nn),9) = T(i,6);
his(i:(i+nn),25) = xsteam('h_ps', p(i,25),s(i,4));
h(i:(i+nn),25) = -(nisLT(i,7)*(h(i,4)-his(i,25))-h(i,4));
T(i:(i+nn),25) = xsteam('T_ph',p(i,25),h(i,25));

```

```

h1112=h(i,11)-h(i,12);
h713=h(i,7)-h(i,13);
till14faktor(i:(i+nn),1)=h713/h1112;
h(i:(i+nn),9) = xsteam('h_pt',p(i,9),T(i,9));
i=i+nn;

```

```

for f =minm:(maxm-minm)/10:maxm

```

```

    m(k:(k+n),7) =f*m(1,1);

```

```

    m(k:(k+n),11) =m(k,7)*till14faktor(k,1);

```

```

    m(k:(k+n),12)=m(k:(k+n),11);

```

```

    m(k:(k+n),13)=m(k:(k+n),7);

```

```

    m(k:(k+n),15)=m(k:(k+n),13);

```

```

    m95(k:(k+n),1)=m(1,1)-(m(k,11)+m(k,7)+TillKylning(1,9));
    k=k+n;

```

```

for P= p5min:(p5max-p5min)/testar:p5max

```

```

    p(o,5) = P;

```

```

    p(o,17) =7.8;

```

```

    p(o,16) = p(o,17);

```

```

    his(o,5) = xsteam('h_ps', p(o,5),s(o,4));

```

```

    h(o,5) = -( nisLT(o,7)*(h(o,4)-his(o,5))-h(o,4));

```

```

    T(o,5) = xsteam('T_ph',p(o,5),h(o,5));

```

```

m(o,5) = (m95(o,1)*h(o,9))/(h(o,5)+h(o,9));
m(o,9) = m95(o,1)-m(o,5);
m(o,6) = m(o,11)+m(o,9);
m(o,10)= m(o,9);
m(o,14) = m(o,12)+m(o,15)+m(o,10)+m(o,27);
m(o,16) = m(o,14);
m(o,28) = m(o,16);
m(o,29) = m(o,28);
m(o,24) = m(o,29);
m(o,30) = m(o,5);
m(o,31) = m(o,30);
m(o,17) = m(o,24)+m(o,31);

```

```

%Condensation tank

```

```

h(o,14) =(h(o,15)*m(o,15)+h(o,12)*m(o,12)+h(o,27)*m(o,27))/(m(o,14)-
m(o,10));
h(o,10) = h(o,14);
T(o,14) = xsteam('T_ph',p(o,14),h(o,14));
T(o,10) = T(o,14);
T(o,16) = T(o,14);
h(o,16) = xsteam('h_pt',p(o,16),T(o,16));

```

```

h(o,28) = (h(o,9)*m(o,9)-h(o,10)*m(o,10)+h(o,16)*m(o,16))/m(o,28);
p(o,28)=p(o,16);
p(o,29)=p(o,28);
T(o,28) = xsteam('T_ph',p(o,28),h(o,28));
T(o,29) = T(o,28);
h(o,29) = h(o,28);
p(o,29) = p(o,17);
p(o,24) = p(o,29);

```

```

h(o,30) = (m(o,5)*h(o,5)+m(o,29)*h(o,29))/(m(o,5)+m(o,24));

```

```

h(o,24) = h(o,30);
p(o,30) = p(o,5);
T(o,30) = xsteam('T_ph',p(o,30),h(o,30));
T(o,24) = xsteam('T_ph',p(o,24),h(o,24));
T(o,31) = T(o,30);
p(o,31) = p(o,17);
m(o,31) = m(o,30);
h(o,31) =xsteam('h_pt',p(o,31),T(o,31));

```



```

h(o,17) = (m(o,31)*h(o,31)+m(o,24)*h(o,24)) / (m(o,30)+m(o,24));
T(o,17) = xsteam('T_ph',p(o,17),h(o,17));
p(o,29) = p(o,24);
T(o,18) = T(o,17);
h(o,18) = xsteam('h_pt',p(o,18),T(o,18));

```

```

if p(o,3) < p(o,5)
    m(o,3) = m(o,1)-m(o,5);
else
    m(o,3) = m(o,1);
end
m(o,4) = m(o,3);

```

```

steamFrac(o,30) = xsteam('vx_ph',p(o,30),h(o,30));
steamFrac(o,28) = xsteam('vx_ph',p(o,28),h(o,28));

```

```

pumpar(o,1) = (h(o,16)-h(o,14))+(h(o,31)-h(o,30))+(h(o,18)-
h(o,17))+(h(o,15)-h(o,13))+(h(o,21)-h(o,20))+(h(o,27)-h(o,26));

```

```

%Power connector

```

```

input(o,1) = ((h(o,1)-h(o,18))+(h(o,4)-h(o,3))+ pumpar(o,1));

```

```

verkn(o,5) = (h(o,4)-h(o,5)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1); % el ur 5

```

```

verkn(o,6) = (h(o,4)-h(o,6)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1); % el ur 6

```

```

verkn(o,7) = (h(o,4)-h(o,7)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1); % el ur 7

```

```

verkn(o,25) = (h(o,4)-h(o,25)+h(o,1)-h(o,3))/input(o,1); % el ur 25

```

```

verkn(o,12) = (h(o,11)-h(o,12))/input(o,1);

```

```

verkn(o,13) = (h(o,7)-h(o,13))/input(o,1);

```

```

for r=1:13

```

```

if verkn(o,r) < 0 || verkn(o,r) > 1

    verkn(o,r)= 0;

elseif steamFrac(o,30) >0

    verkn(o,r)= 0;

elseif steamFrac(o,28) >0

    verkn(o,r)= 0;

end
end

% Energy fraction of the total flow. el

verknm(o,5) = verkn(o,5)*m(o,5);
verknm(o,6) = verkn(o,6)*m(o,6);
verknm(o,7) = verkn(o,7)*m(o,7);
verknm(o,25) = verkn(o,25)*m(o,25);

% Energy fraction of the total flow .heat/thermal

verknm(o,12) = verkn(o,12)*m(o,12);
verknm(o,13) = verkn(o,13)*m(o,13);
totverknm(o,1) =
    (verknm(o,5)+verknm(o,6)+verknm(o,7)+verknm(o,25))/m(o,1);
totverknm(o,2) = (verknm(o,12)+verknm(o,13))/m(o,1);

% Central heating efficiency
% Total sales revenue

totverknm(o,3)
=(elMWhPriceLei*totverknm(o,1)+heatMWhPriceLei*totverknm(o,2));

o=o+1;

end

end

end

Y=(1:a);

```

```

RESULTATsep(1,:)=Y;

totverknm(1,a) = 0;

max(totverknm(:,3));

[q9,z]=find(totverknm==max(totverknm(:,1)));

RESULTATsep(2,:)=p(q9,:);

% disp('T')

RESULTATsep(3,:)=T(q9,:);

% disp('m')

RESULTATsep(4,:)=m(q9,:);

% disp('h')

RESULTATsep(5,:)=h(q9,:);

RESULTATsep(6,:)= totverknm(q9,:);

% disp('Profit')

% disp('q9')

RESULTATsep(7,:)= q9;

DHperMonthMWh(1,9)
EnergiFV(1,9) = EnergiAnga(1,9)*totverknm(q9,2)*DriftTimmar(1,9);
EnergiEl(1,9) = EnergiAnga(1,9)*totverknm(q9,1)*DriftTimmar(1,9) ;
EnergiFV(1,9)
end
TillKylning(1,9)
Elverknm(1,9) = totverknm(q9,1);
Heatverknm(1,9) = totverknm(q9,2);
for i=1:a
s9(i,1) = xsteam('s_pT',p(q9,i),T(q9,i));
end
Components(:,21)=T(q9,:);
Components(:,22)=p(q9,:);
Components(:,23)=h(q9,:);
Components(:,24)=m(q9,:);
Components(:,25)=s9(:,1);

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%
%Economics
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%

Fortjanst(1,:) = EnergiFV*heatMWhPriceLei ; %Profits attributable
SALES of heat
Fortjanst(2,:) = EnergiEl*elMWhPriceLei*IntEl;%Profits attributable
SALES electricity. 7% internal use electricity
Fortjanst(3,:) = Fortjanst(1,:)+Fortjanst(2,:);% total

EffektFV = EnergiFV./DriftTimmar; % heating power
EffektEl = EnergiEl./DriftTimmar; % electric power

EffektDHperMonthMW=DHperMonthMWh./Timmar; %Network power

EffektDHperMonthMWmedForlust =EffektDHperMonthMW/ForlostInatet;
EffektFVenLinje=EffektFV/2;
month=(1:12);

TOTALEN(1,:)= month;
TOTALEN(2,:)=EnergiFV; % heat delivered MWh
TOTALEN(3,:)=EnergiEl; % electricity delivered MWh
TOTALEN(4,:)=DHperMonthMWh; % energy in the network
TOTALEN(5,:)=Fortjanst(3,:); % Profits
TOTALEN(7,:)=Fortjanst(1,:); %heat
TOTALEN(8,:)=Fortjanst(2,:); %el
TOTALEN(9,:)=EffektFV; % heating power
TOTALEN(10,:)=EffektEl; % electric power
TOTALEN(11,:)=EffektDHperMonthMW; %Network power
TOTALEN(13,:)=EffektDHperMonthMWmedForlust;

xlswrite('Results.XLS', TOTALEN)

xlswrite('NodData', Components)

Efficiencies(1,:) = Elverknm(1,:);
Efficiencies(2,:) = Heatverknm(1,:);

xlswrite('Efficiencies.XLS', Efficiencies)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

S = sum (Fortjanst(3,:))
Esoda = ((S-2578000)*0.71);
NCF = [-24578000 Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda
Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda Esoda
Esoda];

k=5;

format bank

n=1;

while n<=length(NCF)
    DCF(n)=NCF(n) / (1+k/100) ^ (n-1);
    n=n+1;

end
NPV=sum(DCF);
nform =[0:(length(NCF)-1)];
table = [nform' DCF']

NPV

```