



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ
ΣΕ ΜΕΓΑΛΕΣ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΑΤΑΛΑΝΤΗ**

Γεωργία Σ. Βιλάνδου

Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ

Επιβλέπων:

Κίμων Χατζημπίρος, Αναπλ. Καθ. ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, με τίτλο «Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε μεγάλες τουριστικές εγκαταστάσεις. Μελέτη περίπτωσης: Αταλάντη», πραγματοποιήθηκε για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ.

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος «Διερεύνηση της ελαχιστοποίησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων τουριστικής ανάπτυξης κυρίως με βέλτιστη διαχείριση υδάτων», με επιστημονικό υπεύθυνο τον Αναπλ. Καθηγητή ΕΜΠ Κ. Χατζημπίρο.

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Κ. Χατζημπίρο, που μου ανέθεσε ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, καθώς και για την καθοδήγηση και την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ ιδιαιτέρως την Καθηγήτρια ΕΜΠ κα Α. Κατσίρη, για την πολύτιμη προσφορά της στην πραγματοποίηση της εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω στο Λέκτορα ΕΜΠ κ. Ν. Μουτάφη και τον Ερευνητή ΕΜΠ κ. Α. Κουκουβίνο για τις χρήσιμες συμβουλές τους στη διεκπεραίωση της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα εκ βάθρων να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική και υλική αρωγή που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, την κατανόηση και τη συμπαράστασή τους.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	2
Περιεχόμενα.....	3
Περίληψη	7
Extended Abstract	9
1 Εισαγωγή	11
1.1 Αντικείμενο της εργασίας.....	11
1.2 Μεθοδολογία.....	11
1.3 Διάρθρωση της εργασίας	12
2 Στοιχεία για την περιοχή μελέτης και το έργο	13
2.1 Γεωγραφική θέση της περιοχής	13
2.2 Γεωμορφολογία της περιοχής.....	14
2.3 Υδρογεωλογικές συνθήκες στον εξεταζόμενο χώρο	16
2.4 Υδρολογικές συνθήκες στον εξεταζόμενο χώρο	18
2.4.1 Κλίμα	18
2.4.2 Μετεωρολογικά και βροχομετρικά δεδομένα.....	19
2.4.3 Θερμοκρασία	21
2.4.4 Άνεμοι.....	21
2.4.5 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα	22
2.5 Καλλιέργειες και βλάστηση της περιοχής μελέτης.....	24
2.6 Γενική περιγραφή του υπό κατασκευή έργου.....	25
3 Τουριστική ανάπτυξη και περιβάλλον.....	28
3.1 Η τουριστική δραστηριότητα.....	28
3.2 Οι τουριστικοί πόροι και το περιβάλλον	29
3.3 Σχέση τουρισμού και περιβάλλοντος.....	29
3.4 Οι κυριότεροι τομείς αλληλεπίδρασης τουρισμού και περιβάλλοντος.....	30

3.5 Συμμετοχή του τουρισμού στη διατήρηση του περιβάλλοντος.....	32
3.6 Η συνεισφορά της τουριστικής επένδυσης Atalanti Hills στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	33
4 Διαχείριση στερεών αποβλήτων	35
4.1 Στερεά απόβλητα	36
4.2 Κατηγοριοποίηση.....	36
4.3 Διαχείριση απορριμμάτων	40
4.3.1 Ανάκτηση υλικών	40
4.3.2 Αξιοποίηση οργανικού κλάσματος οικιακών απορριμμάτων.....	41
4.3.2.1 Αερόβια επεξεργασία ή λιπασματοποίηση	43
4.3.2.2 Θερμική επεξεργασία.....	44
4.3.2.3 Αναερόβια επεξεργασία.....	45
4.3.2.4 Μικροβιολογία της αναερόβιας επεξεργασίας.....	46
4.3.2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση	47
4.3.2.6 Σύγκριση αερόβιας και αναερόβιας επεξεργασίας	49
4.4 Βιοαέριο	50
4.4.1 Βακτηριακή αποσύνθεση.....	50
4.4.2 Σύσταση και καύση Βιοαερίου	51
4.4.3 Αξιοποίηση του βιοαερίου.....	53
4.4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αξιοποίησης της βιομάζας με παραγωγή βιοαερίου	54
4.5 Πολιτική και προοπτικές για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	55
4.6 Διαχείριση των στερεών αποβλήτων στο υπό μελέτη τουριστικό συγκρότημα	56
4.6.1 Ανακύκλωση.....	56
4.6.2 Αναερόβια επεξεργασία αποβλήτων.....	58
4.6.3 Αναερόβιος αντιδραστήρας	59
4.6.4 Παραγωγή βιοαερίου	63
4.7 Απόβλητα Εκσκαφών και Κατασκευών	65
4.7.1 Απόβλητα Εκσκαφών	65
4.7.2 Απόβλητα Κατασκευών.....	65
4.7.3 Επεξεργασία ΑΕΚΚ.....	66

4.7.4 Επαναχρησιμοποίηση υλικών	67
4.7.5 Πλαίσιο διαχείρισης των ΑΕΚΚ στην Ελλάδα.....	68
4.7.6 Υπολογισμός παραγόμενων ποσοτήτων αποβλήτων κατασκευής και εκσκαφής.....	69
4.7.7 Προτάσεις αξιοποίησης των ΑΕΚΚ της τουριστικής εγκατάστασης.....	73
4.8 Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).....	73
4.8.1 Ενδεικτικοί υπολογισμοί των ΑΗΗΕ της εγκατάστασης	75
5 Διαχείριση υγρών αποβλήτων και σενάρια διαχείρισης υδάτων.....	78
5.1 Υγρά απόβλητα.....	78
5.2 Κατηγοριοποίηση.....	78
5.3 Προέλευση, ποσότητα και ποιότητα των υγρών οικιακών αποβλήτων.....	79
5.4 Στάδια επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων.....	80
5.5 Η σημασία της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών αποβλήτων	82
5.6 Εφαρμογές Επαναχρησιμοποίησης Υγρών Αποβλήτων	83
5.7 Απεριόριστη άρδευση -Νομοθετικό Πλαίσιο	84
5.8 Διαχείριση υδατικών πόρων μέσω επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων	85
5.9 Επαναχρησιμοποίηση γκρι νερού – προϋποθέσεις.....	86
5.10 Κίνητρα και αποτρεπτικοί παράγοντες για τη χρήση του γκρι νερού	91
5.11 Συλλογή και ταμίευση νερού	93
5.11.1 Αξιοποίηση των ομβρίων υδάτων.....	93
5.11.2 Απαιτούμενα Τεχνικά Έργα.....	94
5.11.2.1 Υδροληψίες.....	94
5.11.2.2 Αγωγοί μεταφοράς.....	94
5.11.2.3 Έργα Ταμίευσης.....	94
5.11.3 Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.....	96
5.12 Διαχείριση υδάτων και υγρών αποβλήτων στο τουριστικό συγκρότημα Atalanti Hills.....	97
5.12.1 Ποιότητα νερού από τις διάφορες πηγές υδροληψίας	97
5.12.2 Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης του νερού.....	98
5.12.2.1 Σενάριο 1.....	98
5.12.2.2 Σενάριο 2.....	99

5.12.2.3 Σενάριο 3.....	100
5.12.2.4 Σενάριο 4.....	100
5.13 Πρόταση για τη βέλτιστη διαχείριση του νερού.....	101
6 Εκτίμηση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου	102
6.1 Εισαγωγή	102
6.2 Φυσικό και ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	103
6.3 Αέρια του θερμοκηπίου	104
6.3.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	104
6.3.2 Χλωροφθοράνθρακες (CFC)	105
6.3.3 Μεθάνιο (CH ₄).....	105
6.3.4 Υποξείδιο του αζώτου (N ₂ O).....	106
6.3.5 Τροποσφαιρικό όζον (O ₃)	106
6.4 Πηγές εκπομπής.....	106
6.5 Εκπομπές Αερίων Θερμοκηπίου στο τουριστικό συγκρότημα Atalanti Hills.....	110
6.5.1 Εκπομπές Αερίων Θερμοκηπίου εντός της τουριστικής εγκατάστασης	110
6.5.2 Εκπομπές Αερίων Θερμοκηπίου εκτός της τουριστικής εγκατάστασης	112
7 Συμπεράσματα.....	117
Βιβλιογραφία	121

Περίληψη

Θέμα της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε μεγάλες τουριστικές εγκαταστάσεις και συγκεκριμένα σε έκταση 12.500 στρεμμάτων στην περιοχή της Αταλάντης, όπου πρόκειται να κατασκευαστούν ξενοδοχειακά συγκροτήματα, πολυτελείς κατοικίες και εγκαταστάσεις αναψυχής με την επωνυμία «Atalanti Hills».

Το τουριστικό συγκρότημα Atalanti Hills, θα απαρτίζεται από 3 γήπεδα γκολφ υψηλών προδιαγραφών, πολυτελή ξενοδοχειακά συγκροτήματα και πολυτελείς κατοικίες τα οποία θα κατανέμονται στο χώρο σε τρεις επιμέρους ζώνες (NOTOS, ZEPHYROS, BOREAS). Η ανάδειξη της ελληνικής υπαίθρου και η προώθηση φυσιολατρικών ενασχολήσεων αποτελούν βασικούς στόχους της επένδυσης.

Κύρια συνιστώσα για τον τουρισμό αποτελεί η ποιότητα του περιβάλλοντος, φυσικού και ανθρωπογενούς. Ωστόσο, η σχέση του τουρισμού με το περιβάλλον είναι πολύπλοκη καθώς περιλαμβάνει πολλές δραστηριότητες που μπορούν να έχουν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η διαφορά της υπό μελέτης τουριστικής επένδυσης έγκειται στο ότι εστιάζει στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στη διασφάλιση πολύτιμων φυσικών πόρων μέσω της χρήσης νέων τεχνολογιών.

Αρχικά στην εργασία γίνεται αναφορά στα στερεά απόβλητα και στις μεθόδους διαχείρισής τους. Στο συγκρότημα προτείνεται η εφαρμογή της ανάκτησης υλικών μέσω της ανακύκλωσης στις συσκευασίες και στα ανακυκλώσιμα υλικά και της αναερόβιας επεξεργασίας του ζυμώσιμου κλάσματος των απορριμμάτων, των κηπευτικών απορριμμάτων και της ιλύος που προκύπτει από τον βιολογικό καθαρισμό. Το παραγόμενο βιοαέριο από τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης θα αξιοποιείται για τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού (35%) και θερμότητας (65%) με σκοπό την κάλυψη μέρους εκ των ενεργειακών αναγκών της εγκατάστασης. Επίσης, πραγματοποιείται υπολογισμός των παραγόμενων αποβλήτων εκσκαφής και κατασκευής με ενδεικτική πρόταση διαχείρισης καθώς και απλοποιημένη εκτίμηση κάποιων βασικών αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Ακολουθούν τέσσερα σενάρια ανάλυσης προσφοράς και ζήτησης των υδάτων και παρουσίαση της επιλεγόμενης λύσης. Προτείνεται η συλλογή των ομβρίων υδάτων από τις στέγες των κατοικιών και των ξενοδοχειακών συγκροτημάτων, η αποθήκευσή τους σε δεξαμενές, η επεξεργασία τους και η διοχέτευση προς το δίκτυο

ύδρευσης. Τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από τις κατοικίες και τα ξενοδοχειακά συγκροτήματα, θα επεξεργάζονται απευθείας και θα προορίζονται για την άρδευση του γκολφ και των υπόλοιπων εκτάσεων -κήποι, καλλιέργειες κλπ. . Μόνο σε περιπτώσεις εξαιρετικά άνομβρων ετών θα χρειάζεται απόληψη μικρών ποσοτήτων από τα υπόγεια ύδατα για να συμπληρωθεί η αναγκαία ποσότητα που απαιτούν η ύδρευση και η άρδευση.

Τέλος, γίνεται ενδεικτική εκτίμηση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου λόγω χρήσης των εγκαταστάσεων θέρμανσης – ψύξης, των οδικών και εναέριων μετακινήσεων για τη μετάβαση στον τουριστικό προορισμό.

Extended Abstract

The theme of this postgraduate thesis is to minimize environmental impacts in a large- scale tourist facility named Atalanti Hills. The study area is around 12500 acres; it is located west of the village Exarchos, municipality of Atalanti, Greece. Three luxury hotels, independent houses, golf courses and leisure facilities are scheduled to be constructed. The study area will be divided into three sets of regions (NOTOS, ZEPHYROS, BOREAS).

Tourism activity is a key factor for environmental quality. A complicated relationship exists between tourism and environment as many environmental impacts could be caused. Impacts of tourism activity gradually may damage the natural and environmental resources. The difference with the investment Atalanti Hills is that focuses on using technology and methods that reduce environmental impacts. Furthermore, the use of technologies such as anaerobic digestion with biogas production, the use of rainwater and treated sewage leads to energy recovery (biogas utilization), saving natural resources (water) and generally reduce the environmental impacts in the region.

At the beginning, literature review about solid waste and their management is presented. In the tourist facility Atalanti Hills, recycling for the packaging and other specific solid waste materials along with energy recovery through anaerobic treatment for the solid residue from wastewater treatment (sludge), as well as for the biodegradable part of the solid waste and green wastes (grass cuttings and plant residues) is proposed.

Preliminary estimations showed that the readily available biomass for energy production will be 6.7 t/d. Conversion by anaerobic digestion yields up to 382750 m³/year biogas with an energy content of 2487875 kWh/year. After subtracting heat requirements to heat the digester, the produced heat can cover up to 45.3% of the energy requirements for hot water of the entire development. The digestate is a high quality compost that can be used in the gardens and green areas of the facility. In this way landfilling is avoided and a significant amount of energy is saved. The anaerobic digestion unit can be installed next to the wastewater treatment plant, restricting by that way the environmental impacts to only one site.

Also a simple estimation for the quantities of construction and demolition waste as well as waste of electrical and electronic equipment is placed

Four scenarios of integrated water and wastewater management are illustrated. The suggested solution is centered on collecting the rainwater from the roofs of hotels and houses as well as from the roads and the streams running through the tourist facility. Storing in tanks, treatment systems and canalizing to water supply are the next steps of the procedure. Golf courses and garden irrigation after tertiary treatment is proposed for wastewater from hotels and residences. Extraction from ground water in order to enhance water supply and irrigation will be necessary only in cases of dry hydrologically years.

Irrigation of golf courses and other recreational areas with direct public access is specifically regulated by a recent decision from the Ministry of Environment and Climate Change. The effluent standards with which treated wastewater must comply are quite strict: 1) total coliforms (TC/100 ml): ≤ 2 for the 80% of samples and ≤ 20 for the 95% of samples 2) BOD₅: ≤ 10 mg/L for the 80% of samples 3) suspended solids: ≤ 2 mg/L for the 80% of samples 4) turbidity ≤ 2 NTU, median value. The required treatment to achieve these standards is biological treatment followed by advanced tertiary treatment by membrane filtration and disinfection by chlorination, ozonation or UV irradiation.

For an integrated management scheme an indicative assessment as for greenhouse gases emission is placed. Carbon dioxide emissions –as the main greenhouse gas- from transport and air conditioning are examined. Increased burden on carbon dioxide emissions come from heating - cooling, followed by emissions from aircraft. The smallest contribution comes from emissions from car use. Energy savings based on energy production within the investment from renewable sources like solar, wind, energy crops (no great demand in water) and others are proposed for further investigation.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της εργασίας

Θέμα της μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε μεγάλες τουριστικές εγκαταστάσεις. Ειδικότερα εξετάζεται η περίπτωση έκτασης 12.500 στρεμμάτων στην περιοχή της Αταλάντης, όπου πρόκειται να κατασκευαστούν ξενοδοχειακά συγκροτήματα, πολυτελείς κατοικίες και εγκαταστάσεις αναψυχής με την επωνυμία «Atalanti Hills».

1.2 Μεθοδολογία

Στην παρούσα εργασία οι άξονες μελέτης είναι τρεις και αφορούν την ολοκληρωμένη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, τη βέλτιστη διαχείριση των υδάτων και των υγρών αποβλήτων και μία προσέγγιση εκτίμησης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου -κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα- στην τουριστική εγκατάσταση.

Στο τουριστικό συγκρότημα Atalanti Hills, η διαχείριση των στερεών αποβλήτων εστιάζεται στη μέγιστη αξιοποίηση των απορριμμάτων με το διαχωρισμό στην πηγή των ανακυκλώσιμων υλικών και του ζυμώσιμου κλάσματος και αξιοποίηση του ζυμώσιμου κλάσματος για την παραγωγή ενέργειας και λιπάσματος.

Η μέθοδος που διερευνάται συνίσταται στην συμπαραγωγή ενέργειας και θερμότητας από τη συγχώνευση του ζυμώσιμου κλάσματος των απορριμμάτων, της ιλύος του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων και των πράσινων υπολειμμάτων, από το κούρεμα του γκαζόν, τα κλαδέματα κήπων, τα χόρτα, τα φύλλα κλπ. .

Για τη βέλτιστη διαχείριση του νερού προτεραιότητα δόθηκε σε τρεις αρχές:

- Μέγιστη δυνατή επαναχρησιμοποίηση του νερού.
- Ελάχιστη δυνατή χρήση νερού από γεωτρήσεις.
- Οικονομικότερη λύση.

Σχετικά με την εκπομπή αερίων θερμοκηπίου, απλοποιημένοι υπολογισμοί και παραδοχές εκτίμησαν την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα -του κυριότερου αερίου του θερμοκηπίου- από τη λειτουργία εγκαταστάσεων θέρμανσης – ψύξης από τη μετακίνηση με αυτοκίνητο από την πρωτεύουσα προς την τουριστική εγκατάσταση και αντίστροφα και την μετάβαση με αεροπλάνο από το Λονδίνο στην Αθήνα και αντίστροφα.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Εκτός από την παρούσα εισαγωγή (κεφάλαιο 1) η εργασία αποτελείται από άλλα έξι κεφάλαια.

Στο κεφάλαιο 2, δίνονται βασικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης όπως γεωμορφολογικά στοιχεία, υδρολογικά, κλιματολογικά και τέλος γίνεται μία αδρομερής περιγραφή του τουριστικού συγκροτήματος Atalanti Hills.

Στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφεται η έννοια της τουριστικής δραστηριότητας με την πολυδιάστατη σχέση της με το περιβάλλον και επισημαίνεται η συνεισφορά της επένδυσης στη διατήρηση του περιβάλλοντος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο ορίζεται η έννοια του στερεού αποβλήτου, παρατίθεται βιβλιογραφική έρευνα μεθόδων επεξεργασίας για την αξιοποίηση των απορριμμάτων με έμφαση στην ανάκτηση υλικών μέσω ανακύκλωσης και στην αναερόβια χώνευση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων, των κηπευτικών αποβλήτων και της ύλης από το βιολογικό καθαρισμό καθώς αυτή είναι και η προτεινόμενη μέθοδος. Ακολουθεί ξεχωριστή ενότητα με την προτεινόμενη μέθοδο διαχείρισης στο υπό μελέτη τουριστικό συγκρότημα και απλούς υπολογισμούς. Περισσότερο έμφαση δίνεται στη διαχείριση των στερεών απορριμμάτων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, ορίζεται η έννοια των υγρών αποβλήτων, παρατίθενται βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις δυνατότητες και μεθόδους επαναχρησιμοποίησης τους και ακολουθούν η πρόταση για τη διαχείριση των υδάτων και των υγρών αποβλήτων στο συγκρότημα.

Στο έκτο κεφάλαιο, επιχειρείται μία ενδεικτική εκτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με απλούς υπολογισμούς.

Τέλος, τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας συνοψίζονται στο έβδομο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Στοιχεία για την περιοχή μελέτης και το έργο

2.1 Γεωγραφική θέση της περιοχής

Το υπό εξέταση έργο χωροθετείται στην περιοχή Έξαρχος της Αταλάντης και υπάγεται στο νομό Φθιώτιδας (εικόνα 2.1).

Ο Νομός Φθιώτιδος βρίσκεται στη Στερεά Ελλάδα και καταλαμβάνει το Βορειοανατολικό τμήμα της. Συνορεύει βόρεια με το Ν. Μαγνησίας, το Ν. Λαρίσης και το Ν. Καρδίτσας, δυτικά με το Ν. Ευρυτανίας, νότια με το Ν. Φωκίδος και το Ν. Βοιωτίας ενώ ανατολικά βρέχεται από τον Ευβοϊκό και Μαλιακό Κόλπο.



Εικόνα 2.1 Θέση του τουριστικού συγκροτήματος Atalanti Hills (Χατζημπίρος κ.α., 2011)

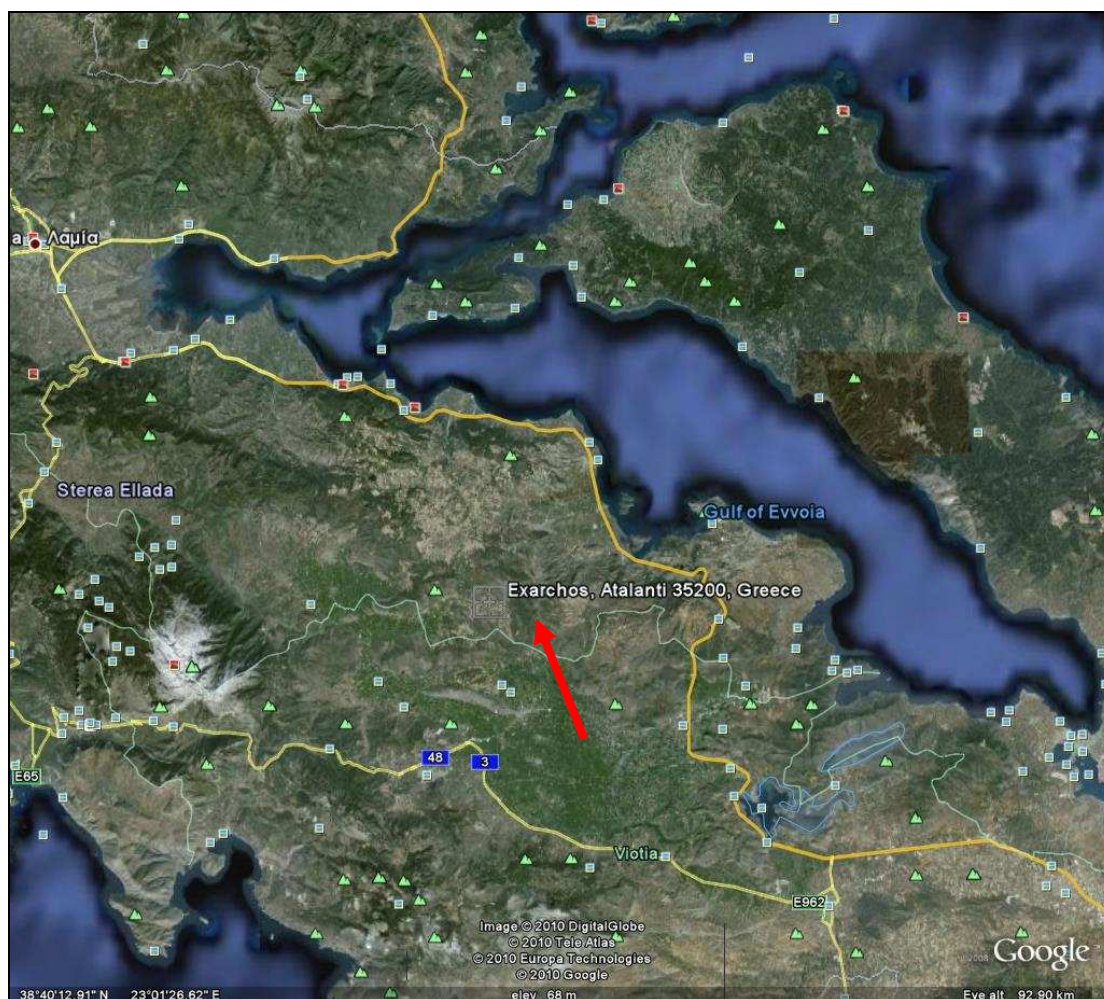
Τα κυριότερα όρη του Ν. Φθιώτιδος είναι η Όθηρη ή Όθρυς, ο Τυμφηστός (Βελούχι), τα Βαρδούσια, η Οίτη, το Καλλίδρομο, η Κνημίδα, το Χλωμό και ο Παρνασσός.

Βόρεια, ανατολικά και νότια, η περιοχή μελέτης συνορεύει με εκτάσεις που φέρουν πλούσια θαμνώδη βλάστηση, μέσης επί το πλείστον ανάπτυξης. Ακόμα νοτιότερα, πέραν των άμεσα συνορευουσών εκτάσεων με βλάστηση εκτείνονται

αγροτικές εκτάσεις, ενώ στα δυτικά με άμεση επαφή συνορεύει με αγροτικές εκτάσεις.

Η υπό μελέτη περιοχή χωροθετείται νότια του όρους Χλωμό και αποτελεί την λεκάνη απορροής του ρέματος Παπά (Καραπιδάκης, 2007). Το οικοπέδο βρίσκεται σε οροπέδιο.

Βόρεια του οικοπέδου, σε απόσταση περίπου 20 Km, είναι η Αταλάντη. Νότια, βρίσκεται ο Διόνυσος σε απόσταση περίπου 7.0 Km και ακόμα νοτιότερα - στα 10 Km- ο Ορχομενός. Στη δυτική πλευρά, σε ακτίνα 2.5 Km βρίσκεται ο Έξαρχος (εικόνα 2.2), ενώ ανατολικά στα 5.0 Km η Κυρτώνη (Φρουδάκης, 2007).



Εικόνα 2.2 Γεωγραφική ένδειξη του Έξαρχου –ένδειξη με κόκκινο βέλος- όπου απέχει 2.5 km από το υπό μελέτη οικοπέδο (Google Earth)

2.2 Γεωμορφολογία της περιοχής

Με βάση υδρογεωλογική μελέτη (Νικολάου, 2007), το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης μπορεί, σε γενικές γραμμές, να χαρακτηριστεί ως λοφώδες με τη μορφολογική έξαρση του όρους Χλωμό. Η μορφολογική αυτή έξαρση καταλαμβάνει

το ανατολικό και βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Το νότιο και βορειοδυτικό τμήμα της καταλαμβάνεται από δύο βυθίσματα, που χαρακτηρίζονται για το ήπιο ανάγλυφό τους, ενώ η υπόλοιπη περιοχή μελέτης έχει λοφώδες ανάγλυφο με σχεδόν ήπιες εξάρσεις και ταπεινώσεις.

Οι λοφώδεις εξάρσεις και το όρος Χλωμός (εικόνα 2.3) συνίστανται από ανθρακικά πετρώματα, στο χώρο των οποίων αναπτύσσονται μικρές τοπογραφικά ταπεινωμένες περιοχές, που καταλαμβάνονται από διάφορους σχηματισμούς και κατά κύριο λόγο από τα στρώματα της σχιστοκερατολιθικής¹ διάπλασης και οφιολίθους². Οι ορεινές αυτές εξάρσεις, έχουν όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ασβεστολιθικών περιοχών, δηλαδή ανώμαλη επιφάνεια εδάφους, απότομες πλαγιές, βαθιές χαράδρες, φτωχό υδρογραφικό δίκτυο και καρστικά φαινόμενα διαφόρων μορφών (δολίνες³, καταβόθρες⁴ κ.λπ.). Η γεωμορφολογική εικόνα των ασβεστολιθικών μαζών αλλάζει από τόπο σε τόπο και υποδηλώνει το βαθμό και το χαρακτήρα της διάβρωσης (Μουντράκης 1985, Παλυβός 2001).

Τα μικρά ομαλά τμήματα που διαμορφώνονται μέσα στις ανθρακικές μάζες, πληρώνονται από πηλούς και ερυθροχρώματα. Η δημιουργία τους οφείλεται σε τεκτονικά⁵ αίτια και καρστική⁶ διάβρωση.

Προκύπτει συνεπώς, ότι στην γεωμορφολογική διαμόρφωση της περιοχής έχει συντελέσει επίσης η έντονη και πολύπλοκη τεκτονική του Τεταρτογενούς, η οποία προκάλεσε τον κατατεμαχισμό της και την δημιουργία ανανεωμένου ανάγλυφου, που ήταν εκτεθειμένο σε μία έντονη διάβρωση, τα προϊόντα της οποίας συναντούμε σε διάφορες θέσεις με μορφή κορημάτων⁷ (Παυλίδης κ.α. 2004, Φωτιάδης και Παπαζαχαρίου 2007).

¹ Σχιστόλιθος: κατηγορία πετρωμάτων τα οποία παρουσιάζουν έντονη σχισμότητα.

² Οφιόλιθοι: σύμπλεγμα βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων.

³ Δολίνες: κοιλότητες στην επιφάνεια του εδάφους με σχήμα κυκλικό ή ελλειπτικό.

⁴ Καταβόθρα: φυσικός οχετός όπου χύνονται τα νερά των λιμνών και των ποταμών και δεν εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης. Κυλούν υπόγεια ως τη θάλασσα ή εμφανίζονται πιο κάτω.

⁵ Τεκτονική: κινήσεις και παραμορφώσεις των στρωμάτων της γης και των πετρωμάτων. Επίσης κλάδος γεωλογίας που ασχολείται με τη μελέτη της σημερινής δομής του γήινου φλοιού.

⁶ Καρστική διάβρωση: Διαβρωτική και διαλυτική ενέργεια του νερού η οποία εμφανίζεται σε πετρώματα που συνίστανται από ασβεστόλιθους, δολομίτες ή ορυκτά άλατα.

⁷ Κορήματα: θραύσματα των πετρωμάτων που παθαίνουν διάβρωση από διάφορες φυσικές αιτίες. (Μουντράκης, 1985)



Εικόνα 2.3 Ψευδοφωτοσκιασμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος (από ισοϋψείς 20m), (Παλυβός, 2001)

2.3 Υδρογεωλογικές συνθήκες στον εξεταζόμενο χώρο

Η περιοχή μελέτης δομείται κυρίως από ανθρακικούς γεωλογικούς σχηματισμούς και καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες.

Η δημιουργία καρστικών φαινομένων συνδέεται πάντα με την παρουσία ορισμένων πετρωμάτων τα οποία είναι ευδιάλυτα. Όταν τα πετρώματα είναι ευδιάλυτα, τα διάκενα που υπάρχουν στο εσωτερικό τους (ασυνέχειες) διευρύνονται με τη διεργασία της διάλυσης και παραμένουν ανοικτά για να είναι δυνατή η κίνηση του νερού μέσω αυτών στο υπέδαφος (Παλυβός, 2001).

Σημειώνεται ότι η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο όριο που χωρίζει τη λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Κηφισού και τη λεκάνη απορροής⁸ του ρέματος της Αταλάντης με τον υδροκρίτη⁹ να διασχίζει εγκάρσια την περιοχή των εγκαταστάσεων, αυτό σημαίνει ότι στην περιοχή μελέτης υπάρχουν τοπικές μόνο μισγάγγειες¹⁰, μικρά ρέματα παροδικής ροής και γενικά πτωχό υδρογραφικό δίκτυο¹¹

⁸ Κάθε υδρογραφικό δίκτυο διαθέτει μια λεκάνη συλλογής και απομάκρυνσης του νερού, η οποία συνήθως είναι μια επιφάνεια εδάφους που περιβάλλεται από υψώματα. Η λεκάνη αυτή λέγεται **λεκάνη απορροής** ή αποστράγγισης.

⁹ Στα όρια δυο γειτονικών λεκανών απορροής η γραμμή συνάντησης των ανηφορικών επιφανειών, στην οποία διαχωρίζονται τα νερά που θα καταλήξουν στην μια ή στην άλλη λεκάνη, λέγεται **γραμμή διαχωρισμού των νερών ή υδροκρίτης**.

¹⁰ Μέσα στη λεκάνη απορροής, η γραμμή συνάντησης των κατηφορικών επιφανειών του τοπογραφικού αναγλύφου, στην οποία συγκεντρώνονται τα απορρέοντα νερά, λέγεται **γραμμή συγκέντρωσης των νερών ή μισγάγγεια**.

που απαρτίζει τους ανάντη κλάδους των αντίστοιχων υδρογραφικών δικτύων. Έτσι το νότιο τμήμα του κτήματος βρίσκεται στην λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Κηφισού και το βόρειο τμήμα στην λεκάνη απορροής του ρέματος της Αταλάντης.

Συγκεκριμένα, από την πλευρά του ρέματος Αταλάντης, το κτήμα διατρέχει τμήμα του ρέματος Παπά, το οποίο μετά από διαδρομή αρκετών χιλιομέτρων συμβάλλει στο Πλατύρρεμα το οποίο με τη σειρά του σχηματίζει το κυρίως ρέμα Αταλάντης μετά την συμβολή διαφόρων μικρότερων ρευμάτων στο ύψος περίπου της ομώνυμης κωμόπολης.

Από την πλευρά του Β. Κηφισού, το κτήμα διατρέχει τμήμα του ρέματος Τούρκου, το οποίο καταλήγει στον Μέλανα ποταμό, ανατολικά του Ορχομενού. Δεν διατίθενται υδρομετρικά δεδομένα για κανένα από τα παραπάνω υδατορεύματα, ωστόσο η θέση του κτήματος και η γενικότερα ξηρή δίαιτα των υδατορευμάτων της ευρύτερης περιοχής συνηγορεί στην εκτίμηση ότι αυτά παρουσιάζουν μικρό και έντονα εποχιακό υδατικό δυναμικό (Νικολάου, 2007).

Βασική σημασία για την υδρογεωλογική έρευνα έχουν οι ασβεστόλιθοι που παρουσιάζουν μεγάλες πιθανότητες υπόγειας υδροφορίας, η οποία εξαρτάται από το βαθμό καρστικοποίησης έκαστου σχηματισμού και το συντελεστέ κατείσδυσης των επιφανειακών νερών στο πέτρωμα, καθώς και τα υδατοστεγανά πετρώματα, όπως η σχιστοκερατολιθική διάπλαση (πρακτικά στεγανός σχηματισμός με μικρή διαπερατότητα λόγω της έντονης τεκτονικής του καταπόνησης και συνεπώς μικρού υδρογεωλογικού ενδιαφέροντος) και τα λιθανθρακοπέρμια (οι σχηματισμοί αυτοί είναι οι τεκτονισμένοι άνευ δυνατότητας αποθήκευσης του υπόγειου νερού και συνεπώς χωρίς υδρογεωλογικό ενδιαφέρον) και ηφαιστειακά πετρώματα, σαν ρυθμιστικούς παράγοντας στη διαμόρφωση υδροφόρων οριζόντων, την διακίνηση και την κατανομή των υπόγειων νερών (Παυλίδης κ.α, 2004).

Η διαμόρφωση υδροφόρων οριζόντων και υδρογεωλογικών ενοτήτων εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες: τη βροχόπτωση, τον περατό στο νερό γεωλογικό σχηματισμό και το στεγανό υπόβαθρο με κατάλληλη τεκτονική μορφή ή το επίπεδο βάσεως, όταν πρόκειται για υπόβαθρο ανθρακικών πετρωμάτων. Κάτω από την συνύπαρξη τέτοιων προϋποθέσεων, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

¹¹ Ένα σύνολο επιφανειακών ρευμάτων νερού (ποταμών, χειμάρρων κλπ), που συνδέονται μεταξύ τους με καθορισμένο τρόπο και δημιουργούν συγκεκριμένους τύπους απορροής, λέγεται **υδρογραφικό δίκτυο** (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος 1999, Μαμάης 2009).

κατεισδύουν στο υπέδαφος και συγκεντρώνονται στους πόρους και τα καρστικά τεκτονικά διάκενα των πετρωμάτων, διαμορφώνοντας υδροφόρους ορίζοντες, υδρογεωλογικές ενότητες και περιοχές υδρογεωλογικών ενοτήτων (Καλλέργης, 2001).

Στα πλαίσια υδρολογικής μελέτης του Νικολάου (2007) εκτελέστηκε σειρά ερευνητικών υδρογεωτρήσεων, τόσο εντός όσο και εκτός του οικοπέδου για να εξακριβωθεί αν στην περιοχή των εγκαταστάσεων υπάρχει ικανοποιητική υπόγεια υδροφορία.

Συνοπτικά, το βάθος των ερευνητικών υδρογεωτρήσεων στο οποίο η παροχή του νερού που μπορεί να αντληθεί κρίνεται ικανοποιητική κυμαίνεται από 149 μέχρι και 383 μέτρα, ενώ η παροχή του νερού που μπορεί να επιτευχθεί κυμαίνεται από 35 έως και 200 m³/h με κατάλληλη διεύρυνση και κατάλληλα αντλητικά συγκροτήματα.

Επιπλέον κατά την εκτέλεση των δοκιμαστικών αντλήσεων η πτώση στάθμης μέσα στις ερευνητικές υδρογεωτρήσεις ήταν πολύ μικρή και μάλιστα κατά τη διακοπή της δοκιμαστικής άντλησης η επαναφορά στη στάθμη ηρεμίας ήταν άμεση. Αυτό φανερώνει το εξαιρετικά μεγάλο δυναμικό και τη μεγάλη διαπερατότητα και παραγορευτικότητα των υπόγειων καρστικών υδροφόρων οριζόντων της περιοχής.

2.4 Υδρολογικές συνθήκες στον εξεταζόμενο χώρο

2.4.1 Κλίμα

Η περιοχή μελέτης εμφανίζει όλα τα τυπικά χαρακτηριστικά του ξηροθερμικού μεσογειακού κλίματος (Φωτιάδης και Παπαζαχαρίου 2007). Η ποσότητα και κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, υγρασία, εξάτμιση, άνεμοι κ.λπ., για τα οποία γίνεται αναφορά στη συνέχεια, είναι οι παράγοντες που διαμορφώνουν τις κλιματολογικές συνθήκες ενός τόπου, επηρεάζουν δε το υδατικό δυναμικό αυτού.

Το νερό, πάνω ή κοντά στην επιφάνεια της λιθόσφαιρας έχει την τάση να κινείται ανοδικά προς την ατμόσφαιρα, με τη διαδικασία της εξάτμισης και της διαπνοής. Η υγρασία αυτή, στη συνέχεια επανέρχεται στην επιφάνεια της γης, με τη διαδικασία της συμπύκνωσης και ατμοσφαιρικής κατακρήμνισης (βροχόπτωση, χιονόπτωση κ.λπ.). Αυτή η συνεχής ανακύκλωση του νερού αποτελεί τον υδρολογικό κύκλο.



Εικόνα 2.4 Ο υδρολογικός κύκλος (<http://ga.water.usgs.gov/edu/>)

Έτσι μπορεί να πει κανείς ότι ο υδρολογικός κύκλος περιλαμβάνει τις συνολικές διαδικασίες από τη στιγμή που τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα πέφτουν στην επιφάνεια του πλανήτη μας, μέχρι την επιστροφή τους στην ατμόσφαιρα. Από το νερό που πέφτει στην ξηρά, ένα μέρος επιστρέφει αμέσως στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της εξάτμισης και της διαπνοής των φυτών, ένα μέρος παραμένει στην επιφάνεια της ξηράς και ένα μέρος εισέρχεται στο υπέδαφος (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

2.4.2 Μετεωρολογικά και βροχομετρικά δεδομένα

Πλησίον της περιοχής μελέτης, βροχομετρικά δεδομένα δίνονται από τους σταθμούς της Αταλάντης και του Παύλου που ανήκουν στο δίκτυο του ΥΠΕΚΑ. Οι παραπάνω σταθμοί διαθέτουν μόνο βροχομετρικά δεδομένα και όχι μετεωρολογικές παρατηρήσεις. Επιπλέον, εντός των ορίων του οικοπέδου υπάρχουν τρεις ιδιόκτητοι σταθμοί – Ρουπάκια, Παπά, Κυρτώνη που καταγράφουν βροχομετρικά δεδομένα.

Ο σταθμός της Αλιάρτου ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και διαθέτει παρατηρήσεις που αφορούν βροχόπτωση, σχετική υγρασία, θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιοφάνεια (Νικολάου, 2007).

Καθώς η Αλιάρτος αποτελεί τον πληρέστερο –από πλευράς δεδομένων- και πλησιέστερο στην περιοχή μελέτης μετεωρολογικό σταθμό, παρουσιάζονται κατά

κύριο λόγο, τα δεδομένα που συλλέγονται από τον προαναφερθέντα σταθμό. Στον Πίνακα 2.1, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των σταθμών και οι μετεωρολογικές παράμετροι που καλύπτουν.

Πίνακας 2.1 Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί και δεδομένα (Νικολάου, 2007)

Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Περίοδος μετρήσεων	Μετεωρολογικές Παράμετροι
ΑΤΑΛΑΝΤΗ (ΥΠΕΚΑ)	110	1954-2007	Βροχόπτωση
ΠΑΥΛΟΣ (ΥΠΕΚΑ)	200	1962-2007	Βροχόπτωση
ΑΛΙΑΡΤΟΣ (ΕΜΥ)	110	1966-2007	Βροχόπτωση, σχετική υγρασία, θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου, ηλιοφάνεια

Οι μέσες μηνιαίες και η μέση ετήσια τιμή των υδρομετεωρολογικών παρατηρήσεων στους σταθμούς Αταλάντη και Αλιάρτος παρουσιάζονται συνοπτικά στους πίνακες 2.2 και 2.3.

Πίνακας 2.2 Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης, βροχομετρικός σταθμός Αταλάντης (Νικολάου, 2007)

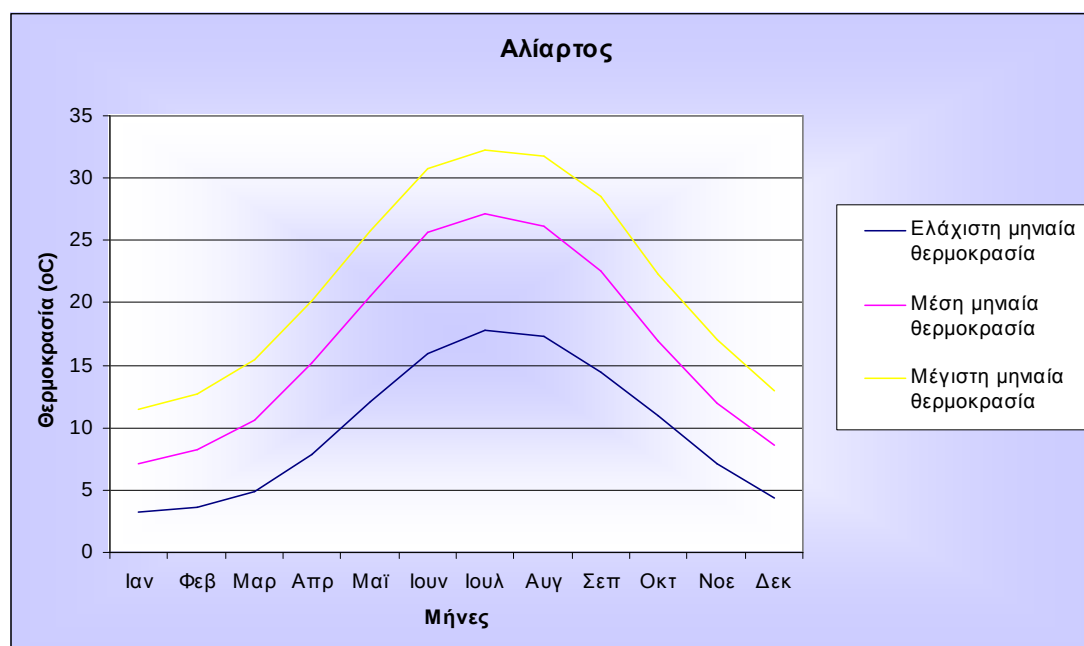
Παράμετρος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Έτος
Βροχόπτωση (mm)	87.2	68.7	90.2	44.0	31.3	17.9	15.0	14.9	15.2	71.9	88.6	86.0	630.9

Πίνακας 2.3 Μέσες τιμές υδρομετεωρολογικών παραμέτρων, μετεωρολογικός σταθμός Αλιάρτου (ΕΜΥ, περίοδος μετρήσεων 1966-2007)

Παράμετρος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Έτος
Βροχόπτωση (mm)	80.5	75.2	62.4	41.8	28.6	14.3	7.0	15.4	16.7	68.3	73.0	99.3	582.5
Θερμοκρασία (°C)	7.1	8.2	10.6	15.2	20.6	25.7	27.2	26.2	22.6	16.9	12.0	8.6	16.7
Ελάχιστη (°C)	3.2	3.6	4.9	7.9	12.1	15.9	17.8	17.3	14.4	10.9	7.1	4.3	10.0
Μέγιστη (°C)	11.5	12.7	15.4	20.2	25.8	30.8	32.2	31.7	28.5	22.3	17.1	12.9	21.8
Σχ. Υγρασία (%)	74.6	71.7	67.9	60.3	56.1	47.6	47.6	50.4	56.2	67.8	74.3	76.0	62.5
Ταχ. Ανέμου (kt)	4.3	4.8	4.8	4.9	4.5	4.7	4.9	4.5	4.2	3.9	3.3	3.8	4.4

2.4.3 Θερμοκρασία

Θερμοκρασιακά, το κλίμα είναι σχετικά ήπιο με πολύ θερμό θέρος. Το μέσο ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος ανέρχεται στους 11.8 °C, με την μικρότερη μέση ελάχιστη θερμοκρασία να εμφανίζεται τον Ιανουάριο (3.2 °C) και την μεγαλύτερη μέση μέγιστη θερμοκρασία τον Ιούλιο (32.2 °C). Η μέση ετήσια θερμοκρασία για το σταθμό Αλιάρτου ανέρχεται στους 16.7°C (γράφημα 2.1). Η θερμοκρασιακή κατανομή παρουσιάζεται και στο ακόλουθο γράφημα.

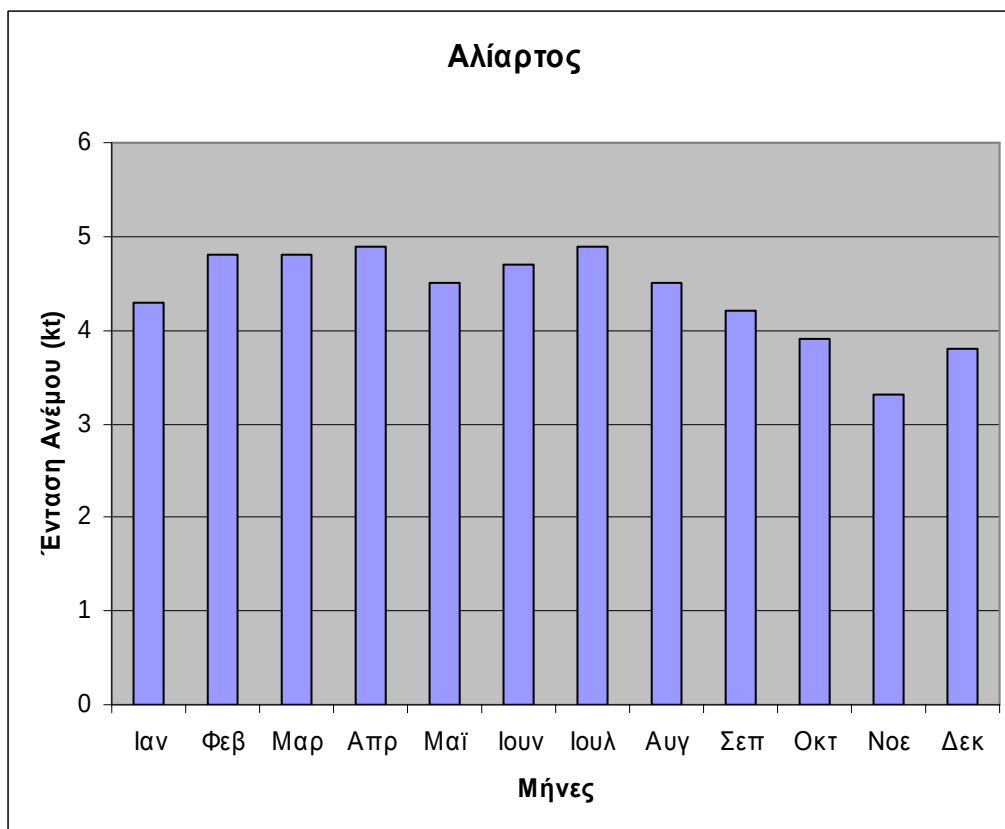


Γράφημα 2.1 Ελάχιστη, μέση και μηνιαία θερμοκρασία του Μετεωρ. Σταθμού Αλιάρτου (EMY, περίοδος μετρήσεων 1966-2007)

Φυσικά οι θερμοκρασίες αυτές δεν είναι χαρακτηριστικές για όλη την περιοχή μελέτης, ειδικά για τα ορεινά τμήματα της περιοχής όπου, λόγω αύξησης του απόλυτου υψομέτρου, οι θερμοκρασίες ασφαλώς μειώνονται σημαντικά.

2.4.4 Άνεμοι

Οι άνεμοι επηρεάζουν σημαντικά την εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια του εδάφους συμβάλλοντας έτσι στη διαμόρφωση του υδρολογικού κύκλου. Με βάση τα στοιχεία του σταθμού της Αλιάρτου οι επικρατέστεροι άνεμοι στην περιοχή μελέτης είναι οι Βορειοδυτικοί (ΒΔ) με μέση ταχύτητα 4.4 Knots (kt). Ας σημειωθεί ότι 1 knot ισοδυναμεί με 1 ναυτικό μίλι την ώρα ή περίπου με 1.8 km/h .

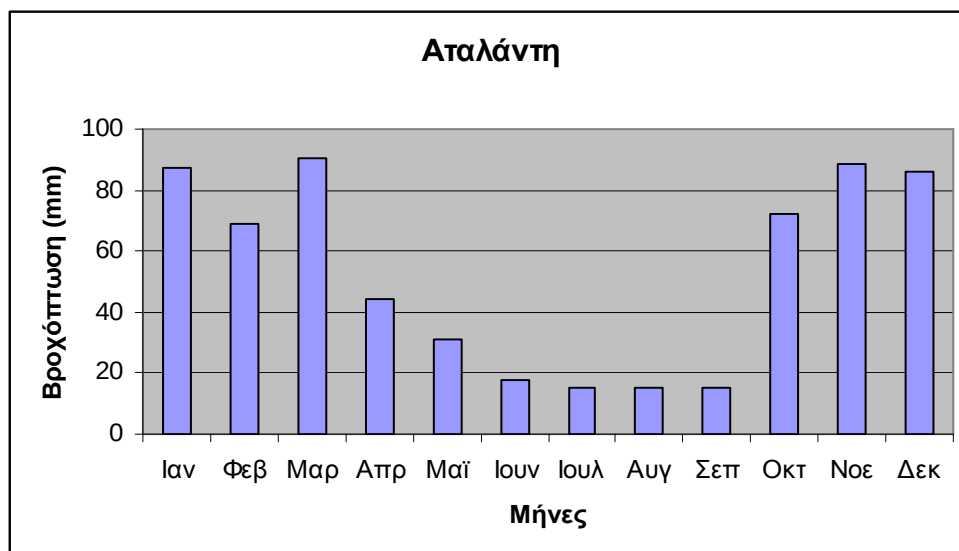


Γράφημα 2.2 Μέση μηνιαία κατανομή της έντασης των ανέμων -1 knot ισοδυναμεί με 1 ναυτικό μίλι την ώρα ή 1.852 km/h (ΕΜΥ, περίοδος μετρήσεων 1966-2007)

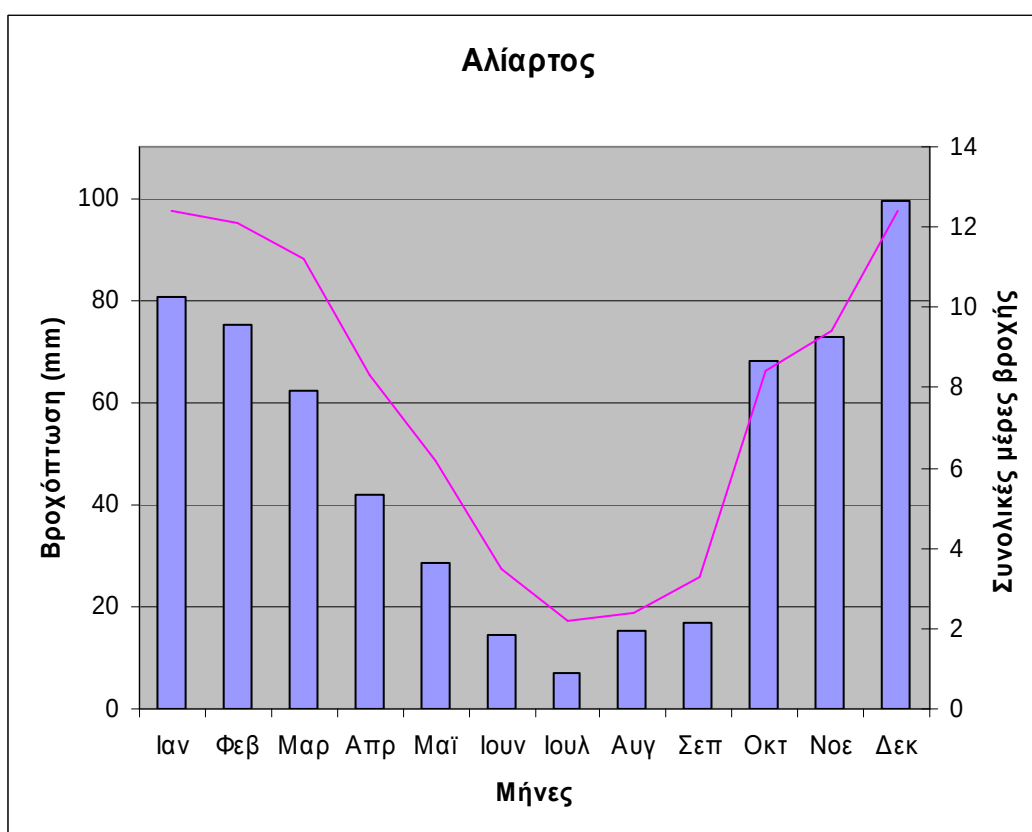
2.4.5 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα περιλαμβάνονται γενικά οι διάφορες μορφές (βροχή, χαλάζι, χιόνι, ομίχλη ή δρόσος) με τις οποίες φθάνει το νερό στην επιφάνεια του εδάφους. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης προκαλούνται κυρίως από την μηχανική ανύψωση και αδιαβατική ψύξη του αέρα υγρών ανέμων από τους ορεινούς όγκους που παρεμβάλλονται στη διεύθυνση κίνησης τους (Νικολάου, 2007).

Στα γραφήματα 2.3 και 2.4 δίνονται τα μέσα μηνιαία ύψη βροχοπτώσεων για το βροχομετρικό σταθμό Αταλάντης και το μετεωρολογικό σταθμό Αλιάρτου καθώς η βροχόπτωση αποτελεί μία από τις σπουδαιότερες παραμέτρους για το υδατικό ισοζύγιο της περιοχής.



Γράφημα 2.3 Μέση μηνιαία βροχόπτωση και συνολικές ημέρες βροχής στο σταθμό Αταλάντης (Βασισμένο στην υδρολογική μελέτη Νικολάου, 2007)



Γράφημα 2.4 Μέση μηνιαία βροχόπτωση και συνολικές ημέρες βροχής στο σταθμό Αλιάρτου (ΕΜΥ, περίοδος μετρήσεων 1966-2007)

Σύμφωνα με το γράφημα 2.4, στο μετεωρολογικό σταθμό της Αλιάρτου η μέση ετήσια βροχόπτωση έχει τιμή 582.5 mm κατ' έτος. Το μεγαλύτερο ποσοστό της

οποίας παρουσιάζεται επίσης από τον Οκτώβριο έως και τον Απρίλιο. Ως υγρότερος μήνας εμφανίζεται ο Δεκέμβριος (99.3 mm) ακολουθούμενος από τον Ιανουάριο (80.5 mm). Σύμφωνα με όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω η μέση ετήσια βροχόπτωση στον βροχομετρικό σταθμό Αταλάντης έχει τιμή 630,9 mm κατ' έτος και το μεγαλύτερο ποσοστό της οποίας παρουσιάζεται από τον Οκτώβριο έως και τον Απρίλιο. Ως υγρότεροι μήνες εμφανίζονται ο Μάρτιος (90.2 mm) και ο Νοέμβριος (88.6 mm) ακολουθούμενοι σε πολύ μικρή απόσταση από τον Ιανουάριο (87.2 mm) και τον Δεκέμβριο (86.0 mm).

2.5 Καλλιέργειες και βλάστηση της περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης έχει μικρές περιοχές με καλλιέργειες, τμήματα με χέρσα γη και η υπόλοιπη περιοχή είναι αρκετά ομοιόμορφη. Έχει πλούσια βλάστηση (μέσης ως επί το πλείστον ανάπτυξης, από αναγέννηση και αναβλάστηση ορισμένων προϋπαρχόντων ειδών μετά την πυρκαγιά που έκαψε την περιοχή προ δεκαπενταετίας περίπου) και διατηρεί σε μεγάλο βαθμό το φυσικό της χαρακτήρα. Σχεδόν σε όλη την επιφάνεια της έκτασης όπου εμφανίζεται θαμνώδης βλάστηση κυρίαρχα με τα ίδια περίπου ποσοστά ο σχίνος και το πουρνάρι και ακολουθούν λοιπά είδη.

Συγκεκριμένα τα κύρια είδη θάμνων και μικρών θάμνων που βρέθηκαν στην περιοχή κατά σειρά σπουδαιότητας είναι (Φωτιάδης και Παπαζαχαρίου, 2007):

- *Pistacia lentiscus* (Πιστάκια, λεντίσκος κ. σχίνος)
- *Quercus coccifera* (Πρίνος, κ.πουρνάρι)
- *Olea europaea* var. *Silvestris* (Ελιά Ευρωπαϊκή)
- *Pistacia terebinthus* (Πιστακιά, τερέβινθος κ. κοκορεβιθια)
- *Pyrus amygdaliformis* (Πύρος, αμυγδαλόμορφη κ. γκορτσιά)
- *Arbutus unedo* (κ. Κουμαριά)
- *Arbutus adrachne* (κ. Γλιστοκουμαριά)
- *Phyllyrea latifolia* (Φιλλυρεα, πλατύφυλλη κ. φυλλύκι)
- *Cistus* spp.(Κίστος)
- *Cistus creticus* (Κίστος, κρητικός)
- *Thymus vulgaris* (θυμάρι)
- *Calycotome* sp. (Ασπάλαθος)
- *Phlomis fruticosa* (Φλώμος)

Η πυκνότητα βλάστησης στα τμήματα που εμφανίζουν θαμνώδη νανώδη βλάστηση φθάνει το 10-50 %. Εξαίρεση αποτελούν οι παραρεμάτιες περιοχές όπου η πυκνότητα της βλάστησης μπορεί να φτάσει και το 80%.

Εκτός από πυρκαγιά που είχε κάψει τη περιοχή και εκτός από τη νομαδική κτηνοτροφική χρήση (που έχει επιφέρει σημειακές κακοποιήσεις), η έκταση δεν έχει δεχτεί άλλες ιδιαίτερες πιέσεις. Έντονος είναι ο ανταγωνισμός μεταξύ των ειδών.

Στην περιοχή μελέτης δεν παρατηρήθηκαν και δεν αναμένεται εμφάνιση σπανίων ειδών. Δεν παρατηρήθηκε η ύπαρξη θέσεων όπου να εμφανίζεται και αν επικρατεί μόνο ένα είδος. Σε όλες τις θέσεις υπάρχει μίξη και εμφάνιση σχεδόν στα ίδια ποσοστά όλων των υπαρχόντων ειδών της περιοχής που αναφέρονται παρακάτω (Καραπιδάκης 2007).

Η υπό μελέτη εξεταζόμενη περιοχή δεν ανήκει σε προστατευμένη περιοχή Natura. Γειτονικές περιοχές Natura 2000 είναι ο Εθνικός Δρυμός Παρνασσού, ο Εθνικός Δρυμός Οίτης και το όρος Καλλίδρομο που αποτελεί και την πιο κοντινή περιοχή από τις προηγούμενες (www.minenv.gr).

2.6 Γενική περιγραφή του υπό κατασκευή έργου

Το τουριστικό συγκρότημα Atalanti Hills, απαρτίζεται από 3 γήπεδα γκολφ υψηλών προδιαγραφών για την προώθηση φυσιολατρικών ενασχολήσεων, πολυτελή ξενοδοχειακά συγκροτήματα και πολυτελείς κατοικίες τα οποία κατανέμονται στο χώρο σε τρεις επιμέρους ζώνες (εικόνα 2.5). Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι οι τρεις τουριστικές ζώνες θα ενώνονται με εσωτερικό οδικό δίκτυο ήπιας κυκλοφορίας, ενώ ευνοείται η αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών μετακίνησης (ποδήλατο). Οι εγκαταστάσεις ανήκουν στη ΛΟΚΡΟΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.

Τα πρώτο ξενοδοχειακό συγκρότημα βρίσκεται στην περιοχή NOTOS και χωροθετείται στο νότιο τμήμα της ιδιόκτητης έκτασης. Στο βόρειο τμήμα του οικοπέδου βρίσκεται το ξενοδοχειακό συγκρότημα BOREAS ενώ ο ZEPHYROS αποτελεί το τρίτο ξενοδοχειακό συγκρότημα, στην νοτιοδυτική πλευρά του οικοπέδου. Τα τρία συγκροτήματα εκτός από την κύρια ξενοδοχειακή μονάδα θα απαρτίζονται από μονάδες bungalows, time – sharing, κατοικίες προσωπικού και κτίρια συνοδευτικά όπως spa, golf-house, golf-services, πολιτιστικό κέντρο, κέντρο tennis, κτίριο water park, κέντρο υδατοθεραπείας και κέντρο βοτανικής.

Από τα δεδομένα που συνέλεξε η ομάδα μελέτης του ΕΜΠ, η εξέλιξη των έργων έχει ως εξής (Χατζημπίρος κ.α., 2011):

- Μέχρι το 2014 θα κατασκευαστεί ένα ξενοδοχείο και 400 κατοικίες με συνολικό εμβαδόν 69909 τετραγωνικά μέτρα. Θα εξυπηρετούνται συνολικά 2175 κάτοικοι. Θα κατασκευαστούν επίσης δύο γήπεδα γκολφ έκτασης περίπου 1500 στρεμμάτων.
- Μέχρι το 2018 θα έχουν κατασκευαστεί και τα τρία ξενοδοχεία και 1200 κατοικίες με συνολικό εμβαδόν 215637 τετραγωνικά μέτρα. Θα εξυπηρετούνται συνολικά 5795 κάτοικοι. Θα έχουν κατασκευαστεί επίσης και τα τρία γήπεδα γκολφ με έκταση περίπου 2100 στρέμματα.
- Μέχρι το 2039 θα έχουν κατασκευαστεί και τα τρία ξενοδοχεία και το σύνολο των 5493 κατοικιών με συνολικό εμβαδόν 696693 τετραγωνικά μέτρα. Θα εξυπηρετούνται συνολικά 18674 κάτοικοι. Θα συνεχίσουν επίσης να χρησιμοποιούνται και τα τρία γήπεδα γκολφ με έκταση περίπου 2100 στρέμματα.

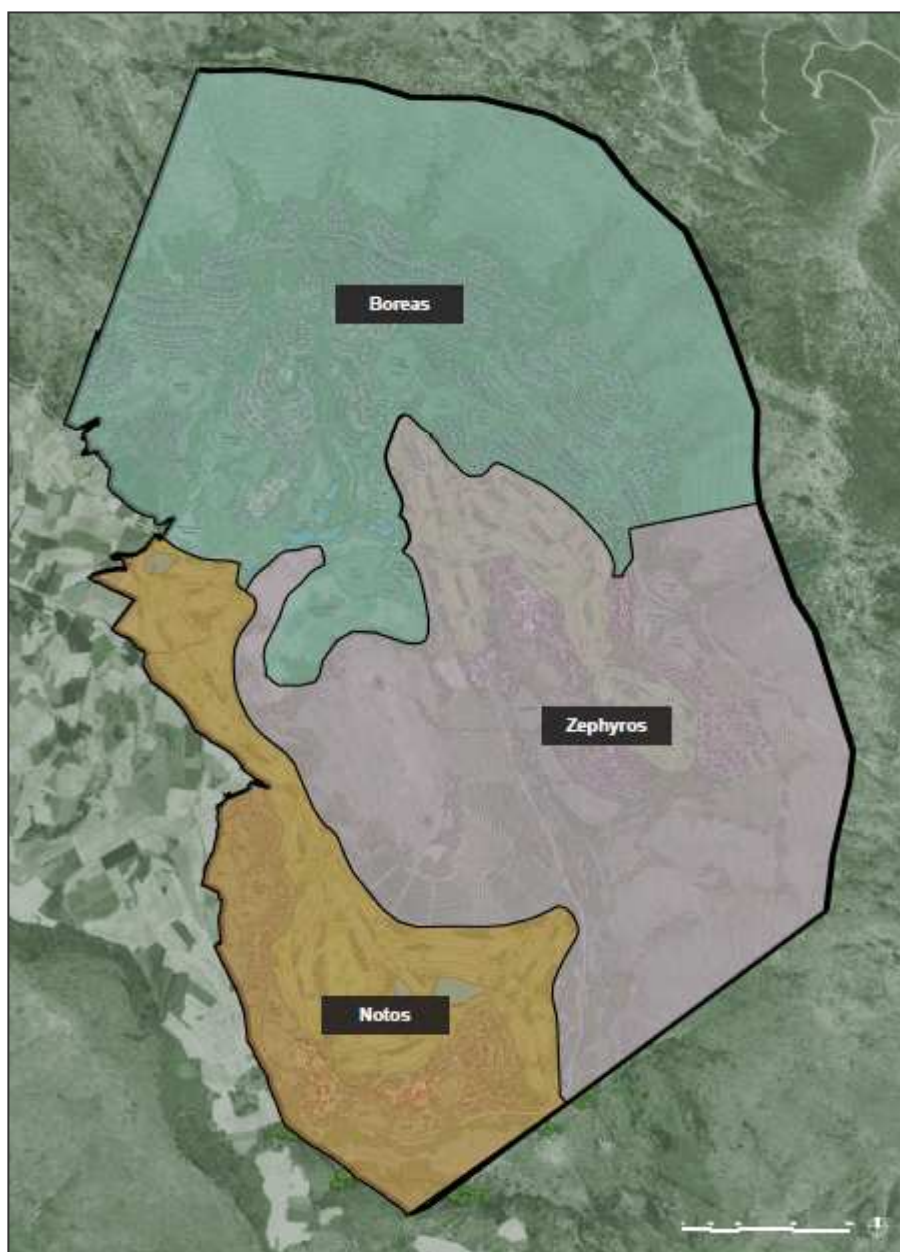
Ακολουθούν πίνακες με τις επιφάνειες των ξενοδοχείων και τον μέγιστο αριθμό φιλοξενούμενων σε ξενοδοχεία και κατοικίες.

Πίνακας 2.4 Επιφάνεια (κάλυψη, m²) ξενοδοχείων και κατοικιών για τα έτη 2014, 2018 και 2039

Έτος	Ξενοδοχεία	Κατοικίες	Σύνολο
2014	26392	43517	69909
2018	64569	151068	215637
2039	64569	632124	696693

Πίνακας 2.5 Μέγιστος αριθμός ατόμων σε ξενοδοχεία και κατοικίες για τα έτη 2014, 2018 και 2039

Έτος	Ξενοδοχεία	Κατοικίες	Σύνολο
2014	975	1200	2175
2018	2195	3600	5795
2039	2195	16479	18674



Εικόνα 2.5 Τα τρία σύνολα-περιοχές του Atalanti Hills (WATG, 2006)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Τουριστική ανάπτυξη και περιβάλλον

3.1 Η τουριστική δραστηριότητα

Στα πλαίσια του τουριστικού ανταγωνισμού, η τουριστική δραστηριότητα έχει διευρυνθεί και έχει λάβει πολλές διαφορετικές μορφές. Η δραστηριότητα αυτή αναφέρεται σε μία ευρύτερη περιοχή εγκαταστάσεων αναψυχής και σε ευρεία γεωγραφική περιοχή. Ένας ορισμός του τουρισμού δόθηκε από τον Matthieson και άλλους (1982): «Τουρισμός είναι η προσωρινή κίνηση ανθρώπων για προορισμούς εκτός του κανονικού τόπου εργασίας και διαμονής τους, οι δραστηριότητες που γίνονται κατά τη διάρκεια της παραμονής τους σ' αυτούς τους προορισμούς και οι διευκολύνσεις που δημιουργούνται για να παρέχουν ό,τι ικανοποιεί τις ανάγκες και τις επιθυμίες τους».

Υπάρχει προφανώς μία επικάλυψη μεταξύ διασκέδασης, αναψυχής και τουρισμού για πολλές περιπτώσεις που αυτά μοιράζονται το ίδιο εύρος των διευκολύνσεων οπότε οι επιπτώσεις τους επί του περιβάλλοντος είναι στενά συνδεδεμένες.

Η τουριστική δραστηριότητα, εξ ορισμού, συγκεντρώνεται σε συγκεκριμένες περιοχές (Καρβούνης και Γεωργακέλλος, 2003):

- Σε περιοχές που δημιουργούν τουρισμό όπου οι υπηρεσίες παρέχονται από ταξιδιωτικά πρακτορεία, τουριστικά γραφεία, μεταφορικούς οργανισμούς και γραφεία πληροφοριών.
- Σε περιοχές τουριστικών προορισμών που διαθέτουν μια συγκέντρωση θέλγητρων και ανέσεων. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει και η υπό μελέτη τουριστική εγκατάσταση.
- Σε ζώνες διακινήσεων οι οποίες συνδέουν γενικά πολλές περιοχές προορισμού.

Αν και η περιβαλλοντική επίδραση του τουρισμού χρειάζεται να εκτιμηθεί και στις τρεις προαναφερθείσες κατηγορίες, η δριμύτητα και η πολυπλοκότητα της επιπτώσεως του είναι πιο έκδηλη στις περιοχές τουριστικών προορισμών που διαθέτουν μια συγκέντρωση θέλγητρων και ανέσεων, για το λόγο ότι η «τουριστική δραστηριότητα» περιλαμβάνει πολλούς τύπους χρήσεως του χώρου.

3.2 Οι τουριστικοί πόροι και το περιβάλλον

Φυσικοί πόροι, ιστορικοί ή ανθρώπινα δημιουργήματα μπορεί να είναι οι βασικοί λόγοι για την ανάπτυξη ενός τουριστικού προϊόντος. Κατά τον ορισμό ενός μέρους ή μιας περιοχής ως τουριστικού προϊόντος, πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ των βασικών τουριστικών στοιχείων (το κυρίως τουριστικό στοιχείο που προσελκύει τους τουρίστες) και των δευτερευόντων στοιχείων που περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα τουριστικών ενδιαφερόντων (Krippendorf, 1982). Πάντως αυτά τα στοιχεία, τα δευτερεύοντα, παίζουν σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη ενός πλήρους τουριστικού προϊόντος.

Προκειμένου να εκτιμηθεί η επίπτωση του τουρισμού, είναι αναγκαίο να αναγνωρισθούν σαφώς τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος στο οποίο εγκαθίστανται τα τουριστικά προϊόντα. Με την ευρεία έννοια του, το «περιβάλλον» περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά του μέρους, όχι μόνο τα φυσικά αλλά και τα κοινωνικά. Αυτό το πλαίσιο περιέχει ολόκληρο το χώρο στον οποίο συμβαίνει η τουριστική δραστηριότητα. (Krippendorf, 1982). Ο χώρος αυτός μπορεί να είναι η ύπαιθρος, μια βουνοπλαγιά, ένα ποτάμι ή κάθε άλλο φυσικό περιβάλλον. Μπορεί εξίσου να είναι μία πόλη, ένα αγροτικό χωριό, ένα ιστορικό μνημείο ή ένα άλλο ανθρωπογενές περιβαλλοντικό στοιχείο.

3.3 Σχέση τουρισμού και περιβάλλοντος

Βασική παράμετρος για τον τουρισμό αποτελεί η ποιότητα του περιβάλλοντος, φυσικού και ανθρωπογενούς. Ωστόσο, η σχέση του τουρισμού με το περιβάλλον είναι πολύπλοκη καθώς περιλαμβάνει πολλές δραστηριότητες που μπορούν να έχουν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Πολλές από αυτές τις επιπτώσεις συνδέονται με τις κατασκευές της γενικής υποδομής όπως οι δρόμοι, τα αεροδρόμια, και οι τουριστικές εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν θέρετρα, ξενοδοχεία, εστιατόρια, άλλα συναφή καταστήματα, γήπεδα γκολφ και μαρίνες. Οι επιπτώσεις της τουριστικής ανάπτυξης μπορεί να καταστρέψουν βαθμιαία τους περιβαλλοντικούς πόρους από τους οποίους εξαρτάται αυτή η ανάπτυξη (Tosun, 2001).

Ωστόσο, ο τουρισμός είναι δυνατόν να δημιουργήσει θετικές συνέπειες στο περιβάλλον συμμετέχοντας στη περιβαλλοντική προστασία και τη διατήρηση των πόρων. Είναι ένας τρόπος να αυξηθεί η φροντίδα για τις περιβαλλοντικές αξίες και

μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο για οικονομική προστασία των φυσικών περιοχών και για αύξηση της οικονομικής τους σπουδαιότητας (Wahab and Pigram, 1997).

3.4 Οι κυριότεροι τομείς αλληλεπίδρασης τουρισμού και περιβάλλοντος

Συνέπειες με αρνητική χροιά εμφανίζονται από τον τουρισμό όταν το επίπεδο χρήσεως από τους επισκέπτες είναι μεγαλύτερο από την ικανότητα του περιβάλλοντος να αντέξει αυτή τη χρήση μέσα σε αποδεκτά όρια αλλαγών. Ανεξέλεγκτες συμβατικές τουριστικές δραστηριότητες είναι πιθανές απειλές για τις φυσικές περιοχές. Μπορεί να ασκηθεί εντονότατη πίεση σε μία περιοχή και να οδηγήσει σε επιπτώσεις όπως η διάβρωση του εδάφους, η αυξημένη ρύπανση, οι απορρίψεις αποβλήτων στη θάλασσα, η απώλεια φυσικών οικοσυστημάτων, η αυξημένη πίεση σε διάφορα είδη και οι πυρκαγιές των δασών. Αυτά συχνά συνδέονται με προβλήματα διαθέσεως υδατικών πόρων και μπορεί να ωθεί τους τοπικούς πληθυσμούς να ανταγωνίζονται για τη χρήση των κρίσιμων φυσικών πόρων (Καρβούνης και Γεωργακέλλος, 2003).

• Φυσικοί πόροι

Η τουριστική ανάπτυξη μπορεί να ασκήσει πίεση στους φυσικούς πόρους όταν αυξάνεται η κατανάλωση σε περιοχές όπου οι πόροι είναι ήδη σπάνιοι.

Υδατικοί πόροι

Το νερό και ειδικά το γλυκό νερό, είναι ένας από τους πιο κρίσιμους φυσικούς πόρους. Η τουριστική βιομηχανία, γενικά, υπερκαταναλώνει υδάτινους πόρους για ξενοδοχεία, πισίνες, γήπεδα γκολφ και προσωπική χρήση νερού από τους τουρίστες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε στενότητα νερού και υποβάθμιση της προσφοράς του καθώς και στη δημιουργία μεγαλύτερου όγκου υγρών αποβλήτων (International Labour Organization, 2010).

Τοπικοί πόροι

Ο τουρισμός μπορεί να δημιουργήσει μεγάλη πίεση στους τοπικούς πόρους όπως είναι η ενέργεια, τα τρόφιμα και άλλες πρώτες ύλες που μπορεί να βρίσκονται

ήδη σε στενότητα προσφοράς. Μεγαλύτερη εκμετάλλευση και μεταφορά αυτών των πόρων επιφέρει αρνητικές συνέπειες (International Labour Organization, 2010).

Έδαφος

Η υπέρμετρη κατασκευή εγκαταστάσεων φιλοξενίας και άλλων υποδομών για τη διευκόλυνση της τουριστικής δραστηριότητας επιφέρουν άμεσες επιπτώσεις επί των φυσικών πόρων όπως μεταλλεύματα, γόνιμο έδαφος, δάση, υδροβιότοποι και παρθένα φύση (Cohen, 1978).

- **Ρύπανση**

Ο τουρισμός μπορεί να προξενήσει μορφές ρύπανσης όπως αέριες εκπομπές, θόρυβο, στερεά απόβλητα, υγρά απόβλητα ακόμα και οπτική ρύπανση.

Αέρας και θόρυβος

Οι εναέριες, οι οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές αυξάνονται συνεχώς λόγω της αύξησης του αριθμού των τουριστών και τη μεγαλύτερη κινητικότητά τους. Οι εκπομπές από μεταφορές και από παραγωγή ενέργειας και από τη χρήση αυτής συνδέονται με την όξινη βροχή, τη θέρμανση του πλανήτη και τη φωτοχημική ρύπανση (Boudel et al., 1994).

Στερεά απόβλητα

Σε περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις τουριστικών δραστηριοτήτων και παρουσία φυσικών θέλγητρων η διάθεση των αποβλήτων είναι ένα σοβαρό πρόβλημα, ενώ η ακατάλληλη διάθεσή τους μπορεί να ρυπάνει το φυσικό περιβάλλον.

Υγρά απόβλητα

Η κατασκευή ξενοδοχείων και εγκαταστάσεων αναψυχής οδηγεί σε αυξημένη ρύπανση από λύματα. Τα υγρά απόβλητα έχουν ρυπάνει θάλασσες και λίμνες γύρω από τουριστικούς προορισμούς, καταστρέφοντας την πανίδα και τη χλωρίδα.

Αισθητική τοπίου

Η τουριστική δραστηριότητα παρεμβαίνει στην αισθητική του τοπίου με αλλοιώσεις στα φυσικά χαρακτηριστικά και την τοπική αρχιτεκτονική (η λεγόμενη

«αρχιτεκτονική ρύπανση», (Tosun, 2001)) άλλοτε σε μικρότερο και άλλοτε σε μεγαλύτερο βαθμό. Σε αυτό συνεισφέρει και η έλλειψη σχεδιασμού χρήσεως της γης καθώς και οικοδομικών κανονισμών (Cohen, 1978).

- **Φυσικές επιπτώσεις**

Ένα οικοσύστημα είναι μία γεωγραφική περιοχή που περιλαμβάνει όλους τους ζώντες οργανισμούς (ανθρώπους, φυτά, ζώα και μικροοργανισμούς), το φυσικό τους περιβάλλον (όπως το χώμα, το νερό και ο αέρας) και τους φυσικούς κύκλους που υποστηρίζουν αυτά. Τυπικές φυσικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων. Τα οικοσυστήματα που απειλούνται κυρίως από την υποβάθμιση, είναι οικολογικά ευαίσθητες περιοχές όπως οι αλπικές, τα τροπικά δάση, οι υγροβιότοποι κ.λ.π. (Cohen 1978, Hughes 2001).

3.5 Συμμετοχή του τουρισμού στη διατήρηση του περιβάλλοντος

Η τουριστική βιομηχανία μπορεί να συμμετάσχει στη διατήρηση του περιβάλλοντος με :

Βελτιωμένη περιβαλλοντική διαχείριση και προγραμματισμός

Σωστή περιβαλλοντική διαχείριση των τουριστικών εγκαταστάσεων και ειδικώς των ξενοδοχείων μπορεί να αυξήσει τα οφέλη για τις φυσικές περιοχές. Αυτό όμως απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό για ελεγχόμενη ανάπτυξη, που να βασίζεται στην ανάλυση των περιβαλλοντικών πόρων της περιοχής. Ο προγραμματισμός συμβάλλει στις επιλογές μεταξύ αλληλοσυγκρουόμενων χρήσεων ή στην εξεύρεση τρόπων να γίνουν αυτές συμβατές. Με τον πρώιμο σχεδιασμό για τουριστική ανάπτυξη είναι δυνατόν να προληφθούν λάθη και έτσι να αποφευχθεί η βαθμιαία υποβάθμιση των περιβαλλοντικών πόρων που είναι σημαντικοί για τον τουρισμό (Wahab and Pigram 1997, Cohen 1978).

Βελτίωση της περιβαλλοντικής συνείδησης

Ο τουρισμός δύνανται να συμμετάσχει σοβαρά στην προστασία του περιβάλλοντος, στη διατήρηση και αναβάθμιση της βιοποικιλότητας και στη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων. Λόγω της ελκυστικότητάς τους, χώροι πρωτόγονοι και

φυσικές περιοχές αναγνωρίζονται ως ανεκτίμητοι και η μεγαλώνει η ανάγκη να διατηρηθεί η ελκυστικότητά τους (Wahab and Pigram, 1997).

3.6 Η συνεισφορά της τουριστικής επένδυσης Atalanti Hills στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 3.5, εκτός από τις αρνητικές πλευρές της τουριστικής ανάπτυξης είναι εφικτή η συνεισφορά του τουρισμού στη διατήρηση του περιβάλλοντος.

Η επένδυση που εξετάζεται στην παρούσα εργασία αποτελεί τουριστική ανάπτυξη διαφορετικού τύπου που εστιάζει στη χρήση της τεχνολογίας και σε μεθόδους που μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Όπως διαπιστώνεται από τα κεφάλαια που ακολουθούν, η επένδυση Atalanti Hills στοχεύει στην παροχή τουριστικών υπηρεσιών και ανέσεων διασφαλίζοντας κατά το δυνατόν περισσότερο την ακεραιότητα του φυσικού χώρου. Με βάση τη μελέτη EOS Masterplan (WATG, 2006) μόνο το 9% από τα 12500 στρέμματα θα οικοδομηθεί γεγονός που υποδεικνύει το μικρό ποσοστό παρέμβασης στο φυσικό χώρο. Επιπλέον, η χρήση τεχνολογιών όπως η αναερόβια χώνευση για το ζυμώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων, τα κηπευτικά απορρίμματα και την ιλύ από βιολογικό καθαρισμό με παραγωγή βιοαερίου, η αξιοποίηση των ομβρίων υδάτων και των επεξεργασμένων λυμάτων οδηγεί σε ανάκτηση ενέργειας (αξιοποίηση βιοαερίου), εξοικονόμηση φυσικών πόρων (νερό) και γενικότερα μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην περιοχή.

Από τους τομείς αλληλεπίδρασης μεταξύ τουριστικής δραστηριότητας και περιβάλλοντος που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 3.4 παρουσιάζονται στη συνέχεια τα οφέλη σε κάθε έναν από αυτούς λόγω της εφαρμογής των τεχνολογιών που προαναφέρθηκαν.

Διατήρηση φυσικών πόρων

Οι οικονομίες σε όλο τον κόσμο σήμερα εξαρτώνται από το αργό πετρέλαιο. Υπάρχει κάποια διαφωνία μεταξύ των επιστημόνων για το πόσο θα διαρκέσει αυτό το ορυκτό καύσιμο, αλλά σύμφωνα με κάποιους ερευνητές, έχει ήδη επέλθει η «πετρελαϊκή αιχμή¹²» ή αναμένεται να επέλθει πολύ σύντομα (Ralston, 2008).

¹² Ως πετρελαϊκή αιχμή: το χρονικό σημείο κατά το οποίο έχει επιτευχθεί ο μέγιστος ρυθμός παραγωγής αργού

Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, το βιοαέριο από την αναερόβια χώνευση είναι μόνιμα ανανεώσιμο καθώς έχει παραχθεί από βιομάζα, η οποία είναι μία έμβια αποθήκη της ηλιακής ενέργειας μέσω της φωτοσύνθεσης. Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας συνεπώς βελτιώνει το ενεργειακό ισοζύγιο της περιοχής και συμβάλλει σημαντικά στη διατήρηση των φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Ακόμα, το βιοαέριο έχει ένα πρόσθετο πλεονέκτημα σε σχέση με άλλα βιοκαύσιμα (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ). Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης χρειάζεται τη μικρότερη ποσότητα νερού. Αυτή η πτυχή είναι πολύ σημαντική λόγω των αναμενόμενων μελλοντικών ελλείψεων ύδατος σε πολλές περιοχές του κόσμου (ΚΑΠΕ, 2010).

Η αξιοποίηση του βρόχινου νερού μέσω της αποθήκευσης σε δεξαμενές με σκοπό την χρήση του στις τουριστικές εγκαταστάσεις ωφελεί διπλά. Αφενός ενισχύει τη διατήρηση ενός πολύτιμου φυσικού πόρου όπως το νερό, αφετέρου μειώνει ή εξαλείφει την πιθανότητα πραγματοποίησης γεωτρήσεων και χρήσης των υπογείων υδάτων. Το τελευταίο πλεονέκτημα είναι σημαντικό τόσο από πλευράς κόστους (χρήση μηχανημάτων κλπ.) όσο κυρίως από πλευράς εξάντλησης των υπογείων υδατικών αποθεμάτων.

Παρόμοια οφέλη εξοικονόμησης νερού προκύπτουν από την επεξεργασία των λυμάτων και χρήση τους στην άρδευση των κήπων και του γκολφ.

Μείωση της ρύπανσης

Η χρήση των στερεών καυσίμων όπως ο λιγνίτης, ο λιθάνθρακας, το ακατέργαστο πετρέλαιο μετατρέπει τον άνθρακα, που είναι αποθηκευμένος για εκατομμύρια έτη στον φλοιό της Γης, και τον απελευθερώνει ως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα. Η αύξηση της υφιστάμενης συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα προκαλεί την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου δεδομένου ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα αέριο του φαινομένου του θερμοκηπίου (ΑΦΘ). Η καύση του βιοαερίου επίσης απελευθερώνει CO₂, αλλά η κύρια διαφορά, όταν συγκρίνεται με τα ορυκτά καύσιμα, είναι ότι ο άνθρακας στο βιοαέριο ελήφθη πρόσφατα από την ατμόσφαιρα, από τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών (ΚΑΠΕ, 2010). Ο κύκλος άνθρακα του

πετρελαίου παγκοσμίως, μετά από το οποίο ο ρυθμός παραγωγής αρχίζει να φθίνει.

βιοαερίου είναι έτσι κλειστός μέσα σε έναν πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (μεταξύ ενός και αρκετών ετών). Η παραγωγή βιοαερίου μειώνει επίσης τις εκπομπές του μεθανίου (CH_4) και του νιτρώδους οξειδίου (N_2O) από την αποθήκευση και τη χρήση των ζωικών περιττωμάτων ως λίπασμα. Το δυναμικό ΑΦΘ του μεθανίου είναι 23 φορές και του νιτρώδους οξειδίου 296 φορές υψηλότερα απ' ό,τι του διοξειδίου του άνθρακα. Η χρήση του βιοαερίου υποκαθιστά τα ορυκτά καύσιμα από την παραγωγή ενέργειας και μειώνει έτσι τις εκπομπές του (Marland and Rotty, 1985).

Επιπρόσθετα, η μη χρήση αυτοκινήτων εντός της επένδυσης, με εξαίρεση οχήματα της εγκατάστασης, μειώνει την ατμοσφαιρική και ηχητική ρύπανση. Ας σημειωθεί πως αν τα οχήματα της εγκατάστασης κινούνται με ανανεώσιμη πηγή ενέργειας τότε η επιβάρυνση στην ατμόσφαιρα είναι μηδενική.

Μείωση των αποβλήτων

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα μετασχηματισμού των αποβλήτων (στερεών και υλός από βιολογικό καθαρισμό) σε έναν πολύτιμο πόρο, που αποτελεί πρώτη ύλη για την αναερόβια χώνευση. Η παραγωγή βιοαερίου είναι ένας άριστος τρόπος συμμόρφωσης με τους όλο και περισσότερο περιοριστικούς εθνικούς και ευρωπαϊκούς κανονισμούς και χρήσης των οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας ακολουθούμενη από την ανακύκλωση ως λιπάσματα. Οι τεχνολογίες του βιοαερίου συμβάλλουν στη μείωση του όγκου των αποβλήτων και των δαπανών για τη διάθεσή τους.

Στον τομέα των υγρών αποβλήτων γίνεται πλήρη επαναχρησιμοποίηση καθώς τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στην άρδευση των κήπων και του γκολφ. Συνεπώς επιτυγχάνεται εξοικονόμηση φυσικού πόρου (ύδατος) και εξάλειψη των υγρών αποβλήτων λόγω της ολικής επαναχρησιμοποίησής τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Διαχείριση στερεών αποβλήτων

4.1 Στερεά απόβλητα

Απόβλητα δημιουργούνται κατά τη διάρκεια όλων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων: παραγωγή, διανομή, κατανάλωση, ακόμα και κατά την αναψυχή στον ελεύθερο χρόνο. Η συλλογή και ο περιορισμός τους είναι ζωτικής σημασίας για τη δημόσια υγεία, την ασφάλεια και το περιβάλλον (Καρβούνης και Γεωργακέλλος, 2003).

Το απόβλητο είναι δύσκολο να οριστεί. Ο όρος κατά συνεκδοχή σημαίνει υλικό ασήμαντης αξίας, μαζί με την επιθυμία να απορριφθεί αυτό από την αρχική του θέση.

Σύμφωνα με τον Παναγιωτακόπουλο (2002) ως στερεά απόβλητα θεωρούνται τα στερεά ή ημιστερεά υλικά, τα οποία κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, δεν έχουν αρκετή αξία ή χρησιμότητα για τον κάτοχό τους ώστε αυτός να συνεχίσει να υφίσταται τη δαπάνη, τη μέριμνα ή το βάρος της διατήρησής τους. Συνεπάγεται λοιπόν ότι το κόστος απόρριψης ή αποβολής τους είναι μικρότερο από το κόστος διατήρησής τους.

Στερεά υλικά μπορούν να ανακύψουν ως παραπροϊόντα από δραστηριότητες των νοικοκυριών, των εμπορικών, τουριστικών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, των γεωργικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων καθώς και όλων των άλλων δραστηριοτήτων με τις οποίες ασχολείται ο άνθρωπος.

4.2 Κατηγοριοποίηση

Για μια σωστή και ολοκληρωμένη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, αλλά και για να υπάρξει ένα σαφές ενιαίο πλαίσιο αναφοράς η Ευρωπαϊκή Ένωση ορίζει ως «στερεό απόβλητο» κάθε ουσία ή αντικείμενο που περιλαμβάνεται στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ- Κοινοτική Απόφαση 2001/118/ΕΚ) και το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει. Ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων είναι ένας εναρμονισμένος μη εξαντλητικός κατάλογος ο οποίος μπορεί σε τακτά διαστήματα να αναθεωρείται ή εάν είναι απαραίτητο να ανασκευάζεται καθώς και να προσαρμόζεται στην επιστημονική και

τεχνική πρόοδο. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία (ΕΟΠ, 2010) τα στερεά απόβλητα διακρίνονται σε:

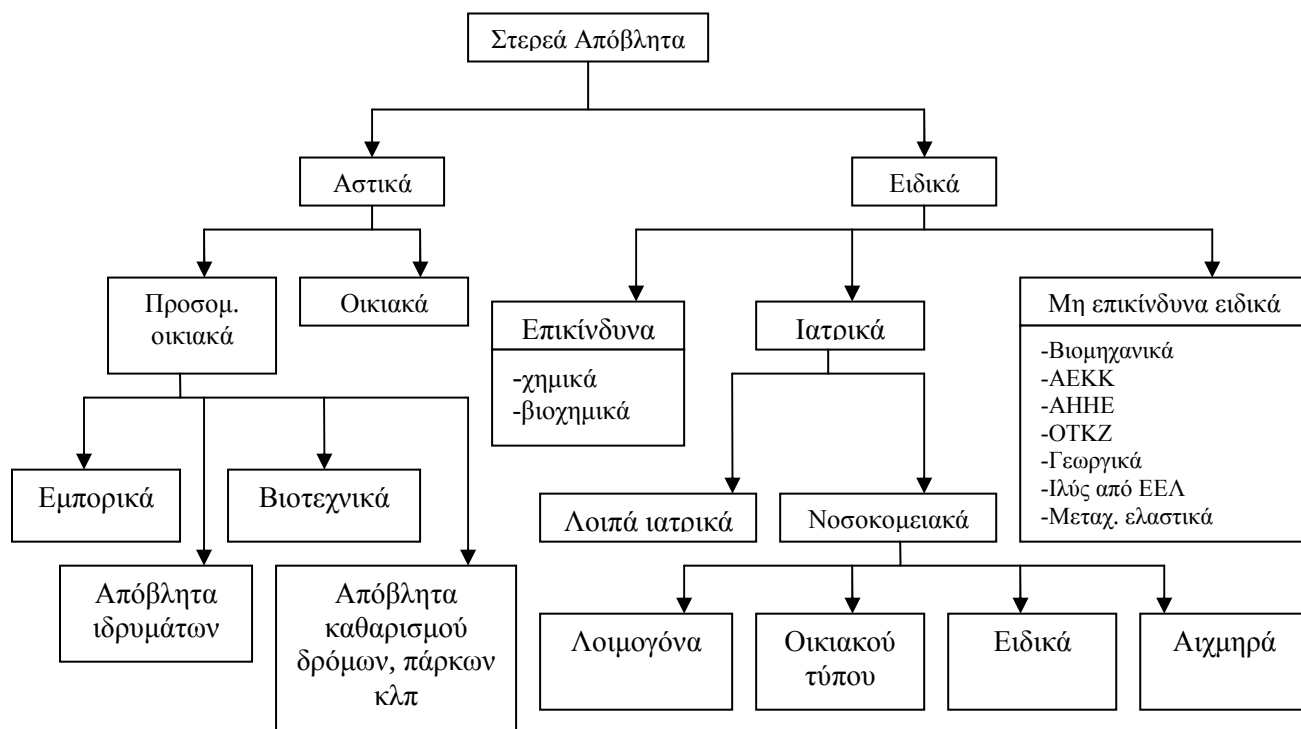
- Δημοτικά (αστικά) απόβλητα,
- Βιομηχανικά απόβλητα,
- Επικίνδυνα απόβλητα,
- Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ),
- Απόβλητα Ορυχείων και Λατομείων,
- Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ),
- Βιοδιασπώμενα (οργανικά) απόβλητα ή ζυμώσιμα,
- Απόβλητα συσκευασιών,
- Οχήματα στο Τέλος του Κύκλου Ζωής (ΟΤΚΖ) και Ελαστικά,
- Αγροτικά απόβλητα.

Σε μία μεγάλη τουριστική εγκατάσταση που περιλαμβάνει ξενοδοχεία, κατοικίες, χώρους αναψυχής και εστίασης, οι κυριότερες κατηγορίες αποβλήτων που δύνανται να προκύψουν είναι οι εξής: δημοτικά (αστικά απόβλητα), βιοδιασπώμενα (οργανικά) απόβλητα ή ζυμώσιμα, απόβλητα συσκευασιών, απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων, απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και πιθανώς οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής, ελαστικά και αγροτικά απόβλητα.

Η επένδυση Atalanti Hills είναι μία μεγάλη τουριστική εγκατάσταση που διαθέτει μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων αναψυχής μαζί με τα ξενοδοχειακά συγκροτήματα και τις κατοικίες. Περιλαμβάνει τις κατηγορίες αποβλήτων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Δεδομένου ότι προβλέπεται χώρος για καλλιεργήσιμες εκτάσεις είναι πιθανή η ύπαρξη αγροτικών αποβλήτων.

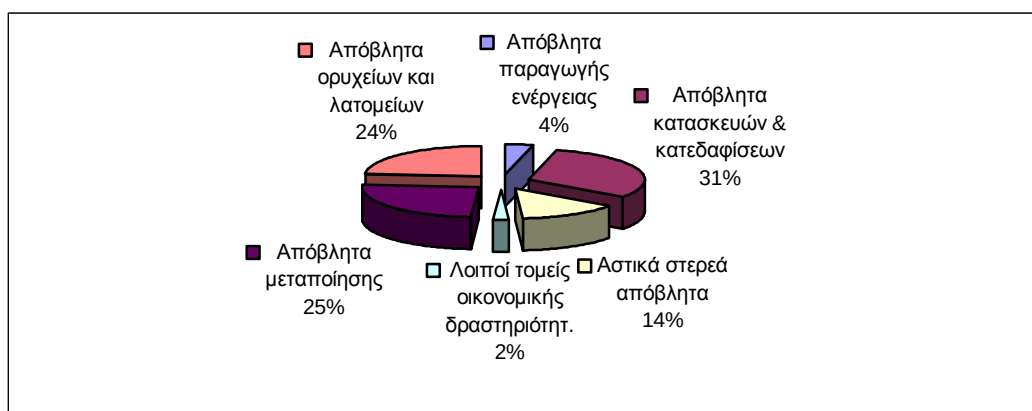
Για τις ποσότητες των αποβλήτων οι υπολογισμοί και οι εκτιμήσεις παρουσιάζονται στις παραγράφους 4.6 - 4.8. Στην παράγραφο 4.6 αναφέρονται οι ποσότητες των ζυμώσιμων και κηπευτικών αποβλήτων -και της ιλύος από τον βιολογικό καθαρισμό- που προκύπτουν από την υπό μελέτη τουριστική εγκατάσταση και προτείνονται τρόποι διαχείρισής τους. Στην παράγραφο 4.7 επιχειρείται εκτίμηση της ποσότητας των αποβλήτων εκσκαφής και κατασκευής με πρόταση διαχείρισής τους ενώ στην παράγραφο 4.8 προσεγγιστικά εκτιμάται η ποσότητα ορισμένων αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού της εγκατάστασης.

Στο σχήμα 4.1. δίνεται μια λεπτομερής κατηγοριοποίηση όλων των στερεών αποβλήτων.



Σχήμα 4.1 Κατηγοριοποίηση στερεών αποβλήτων (ΕΟΠ, 2010)

Σύμφωνα με έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (Ε.Ο.Π. 2010) οι κύριοι τομείς που καλύπτουν σχεδόν το σύνολο των στερεών αποβλήτων που παράγονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι τα ΑΕΚΚ (31%), τα απόβλητα μεταποίησης (25%), τα απόβλητα ορυχείων και λατομείων (24%), τα αστικά στερεά απόβλητα (14%), τα απόβλητα για την παραγωγή ενέργειας (4%) και τα απόβλητα από διάφορους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας (2%) (σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2 Συνολική παραγωγή αποβλήτων ανά τομέα στην Ευρώπη (Νταρακάς 2011, European Topic Center on Waste 2002)

Τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ), αποτελούν σχετικά μικρό ποσοστό (14%) του συνόλου των παραγόμενων στερεών αποβλήτων αλλά παρ' όλα αυτά, συχνά επισύρουν τη μεγαλύτερη προσοχή εκ μέρους των αρμοδίων για τη χάραξη πολιτικής, που οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι η συλλογή και η επεξεργασία τους κατά κανόνα εμπίπτουν στις αρμοδιότητες των δημοσίων αρχών αλλά και στην ανομοιογένεια που τα διακρίνει.

Τα οικιακά στερεά απορρίμματα αποτελούν μέρος των αστικών στερεών αποβλήτων όπως παρουσιάστηκε και στο σχήμα 4.1. Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να αναφερθεί και η μέση ποιοτική σύσταση των παραγόμενων οικιακών αποβλήτων της χώρας, η οποία παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.1 Σύσταση Αστικών Στερεών Απορριμμάτων στην Ελλάδα σε ποσοστό κατά βάρος (Κατσίρη, 2011)

Υλικό	Ποσοστό % κ.β.
Οργανικά-Ζυμώσιμα	40-60
Χαρτί-χαρτόνι	15-20
Πλαστικό	7-15
Μέταλλα	4-10
Αδρανή	4-10

Από τα στοιχεία του πίνακα 4.1 επισημαίνεται ότι το μεγαλύτερο κλάσμα των οικιακών απορριμμάτων συνίσταται από οργανικά-ζυμώσιμα υλικά σε ποσοστό που ξεπερνά το 40%, ενώ σημαντικό παρουσιάζεται το ποσοστό του χαρτιού που κυμαίνεται μεταξύ 15-20%. Σημειώνεται ότι η μεγάλη τιμή στο ποσοστό του χαρτιού και πλαστικών οφείλεται κυρίως στη συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση τυποποιημένων προϊόντων τα οποία διατίθενται στην αγορά συσκευασμένα, με αποτέλεσμα την παρουσία υψηλών ποσοστών συσκευασίας στα απορρίμματα. Επισημαίνεται πως από το 20% που αφορά το χαρτί-χαρτόνι, ένα ποσοστό της τάξης του 5%-8% περιλαμβάνει το έντυπο υλικό (Παπαχρήστου και Χατζηαγγέλου 1989, Παρισάκης κ.α. 1990, Παρισάκης κ.α 1991, Λέκκας Θ. κ.α 1991, Κανελλοπούλου κ.α. 2009).

4.3 Διαχείριση απορριμμάτων

Σύμφωνα με τις βασικές αρχές της περιβαλλοντικής πολιτικής και νομοθεσίας, η ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων και γενικά των αποβλήτων, πρέπει να αναπτύσσεται με βάση τα εξής στάδια, με φθίνουσα σειρά προτεραιότητας (Λοϊζίδου, 2006):

- Πρόληψη παραγωγής αποβλήτων
- Μείωση παραγόμενης ποσότητας ή /και του ρυπαντικού φορτίου
- Ανάκτηση υλικών με σκοπό την ανακύκλωση ή την επαναχρησιμοποίησή τους
- Ανάκτηση ενέργειας
- Αποτελεσματική επεξεργασία των αποβλήτων μετά την εφαρμογή διαδικασιών ανάκτησης
- Υγειονομική ταφή των υπολειμμάτων που προκύπτουν από τις παραπάνω διεργασίες

Ακολουθεί περιγραφή των μεθόδων ανάκτησης υλικών μέσω ανακύκλωσης και των μεθόδων επεξεργασίας του οργανικού φορτίου των απορριμμάτων με έμφαση στην αναερόβια χώνευση με παραγωγή βιοαερίου καθώς αποτελούν τις προτεινόμενες λύσεις εφαρμογής στο υπό μελέτη τουριστικό συγκρότημα.

4.3.1 Ανάκτηση υλικών

Η ανάκτηση υλικών ορίζεται ως η διαδικασία της συστηματικής ξεχωριστής συλλογής και διαλογής τους από τα απορρίμματα με σκοπό την επαναφορά τους στον κοινωνικό και οικονομικό κύκλο. Η επαναφορά αυτή μπορεί να επιτευχθεί μέσω των πρακτικών της ανακύκλωσης ή / και της επαναχρησιμοποίησης των ανακτηθέντων υλικών.

Ως ανακύκλωση ορίζεται η επανεπεξεργασία σε διαδικασία παραγωγής των αποβλήτων συσκευασιών ή άλλων προϊόντων, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για τον αρχικό τους σκοπό ή για άλλους σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης και της οργανικής ανακύκλωσης, αλλά εξαιρουμένης της ανάκτησης ενέργειας (Οδηγία 94/62/EK).

Το κυριότερο όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή πρακτικών ανάκτησης-ανακύκλωσης – επαναχρησιμοποίησης υλικών είναι η μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που οδηγούνται για τελική διάθεση, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα (Λοϊζίδου, 2006) :

- Εξοικονόμηση – μείωση απαιτήσεων για κατασκευή και λειτουργία χώρων υγειονομικής ταφής αποβλήτων
- Αύξηση του χρόνου ζωής των χώρων τελικής διάθεσης
- Μείωση των παραγόμενων ποσοτήτων στραγγισμάτων και αερίων από τους χώρους τελικής διάθεσης
- Μείωση του κόστους μεταφοράς των απορριμμάτων προς τους χώρους τελικής διάθεσης
- Μείωση των οχλήσεων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τη μεταφορά των αποβλήτων προς τους χώρους τελικής διάθεσης
- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων
- Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση της ρύπανσης που δημιουργείται κατά τη διαδικασία παραγωγής νέων προϊόντων
- Εξοικονόμηση πρώτων υλών
- Προστασία του περιβάλλοντος από τη μη απόρριψη αποβλήτων.

Στον πίνακα 4.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια οφέλη που προκύπτουν από την αντικατάσταση πρώτων υλών με δευτερογενείς (ανακτίσιμα υλικά).

Πίνακας 4.2 Οφέλη από αντικατάσταση πρώτων υλών με δευτερογενείς (Λοϊζίδου, 2006)

Μείωση (%)	Χαρτί	Γυαλί	Χαλκός	Αλουμίνιο
Ενέργεια	23-74	4-32	47-74	90-97
Αέρια ρύπανση	73-74	6-22	85-86	95
Ρύπανση υδάτων	35	-	76	97
Χρήση νερού	58-60	50	40	-

4.3.2 Αξιοποίηση οργανικού κλάσματος οικιακών απορριμμάτων

Το οργανικό φορτίο των οικιακών απορριμμάτων είναι ιδιαίτερα υψηλό και σύμφωνα με την Κοινοτική περιβαλλοντική πολιτική και νομοθεσία πρέπει να

λαμβάνονται μέτρα για την ανάκτησή του από το ρεύμα των στερεών αποβλήτων που οδηγείται για τελική διάθεση και περαιτέρω αξιοποίησή του. Με την εκτροπή του οργανικού κλάσματος από τα απορρίμματα επιτυγχάνεται η παραγωγή χρήσιμων δευτερογενών προϊόντων, μείωση των απαιτήσεων για την κατασκευή και τη λειτουργία χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και παράλληλη αύξηση του χρόνου ζωής τους, όπως επίσης και μείωση των εκπομπών βιοαερίου και των παραγόμενων στραγγισμάτων από τους χώρους αυτούς. Οι πρακτικές που εφαρμόζονται για την ανάκτηση/ αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων είναι οι εξής (Liu and Liptak 1997, Κατσίρη 2004, Σιούλας 2010):

- Λιπασματοποίηση (composting): Αερόβια ζύμωση που μετατρέπει υπό ελεγχόμενες συνθήκες τα βιοαποδομήσιμα οργανικά υλικά (υπολείμματα κουζίνας, χαρτί, απόβλητα από εργασίες σε κήπους κλπ.) σε σταθερές ανόργανες ενώσεις. Κατά την αποικοδόμηση παράγεται CO₂ και H₂O. Απομένει ως στερεό σταθεροποιημένο υπόλειμμα ο χούμος (humus ή compost) που αποτελεί είδος οργανικού λιπάσματος.
- Αναερόβια επεξεργασία: Μετατροπή της βιοαποδομήσιμης οργανικής ύλης σε βιοαέριο (μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα) σε ένα περιβάλλον αναερόβιο. Επακόλουθο της παραγωγής βιοαερίου είναι ένα οργανικό υπόλειμμα (digestate) υγρής μορφής που μπορεί να υποστεί περαιτέρω σταθεροποίηση ή στην υγρή του μορφή να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό.
- Θερμική επεξεργασία: Επιτυγχάνεται ανάκτηση των οργανικών υλικών (βιοαποδομήσιμων και μη), μέσω ανάκτησης ενέργειας. Υφίστανται διάφορες εναλλακτικές τεχνικές θερμικής επεξεργασίας όπως καύση (αποτέφρωση), αεριοποίηση, πυρόλυση και τεχνική πλάσματος.

Στις παραγράφους 4.3.2.1-4.3.2.5 περιγράφονται αναλυτικότερα οι τρεις προαναφερθείσες πρακτικές. Λεπτομερέστερη αναφορά γίνεται στην αναερόβια επεξεργασία, καθώς -όπως διαπιστώνεται στη συνέχεια- αποτελεί και την επιλεχθείσα μέθοδο εφαρμογής στο τουριστικό συγκρότημα.

4.3.2.1 Λιπασματοποίηση

Λιπασματοποίηση (composting) ονομάζεται η αερόβια αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων με τελικά προϊόντα διοξείδιο του άνθρακα, νερό, διάφορες ενώσεις και ένα σταθεροποιημένο οργανικό υλικό (humus-compost), (Κατσίρη 2004, Λοϊζίδου 2006).

Η αποσύνθεση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων κατά τη διαδικασία της λιπασματοποίησης είναι αποτέλεσμα της δράσης μικροοργανισμών που απαντώνται στη φύση και αναπτύσσονται ραγδαία σε οποιοδήποτε φυσικό οργανικό απόρριμμα που διατηρεί ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας και αερισμού. Οι μικροοργανισμοί αυτοί ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες, όπως βακτήρια, ακτινομύκητες, μύκητες, οι οποίοι και κατά την ανάπτυξη τους προκαλούν τη διάσπαση σύνθετων οργανικών ενώσεων (υδατάνθρακες, λίπη, κυτταρίνη, πρωτεΐνες κλπ) και απελευθερώνουν CO₂, H₂O και θερμότητα (Κατσίρη 2004, Ανδρεαδάκης 2009α).

Η λιπασματοποίηση διακρίνεται σε τρία στάδια, σε κάθε ένα από τα οποία επικρατούν διαφορετικές θερμοκρασίες: το μεσοφιλικό, το θερμοφιλικό και το κρυοφιλικό (Ανδρεαδάκης 2009α).

Μερικοί από τους παράγοντες που καθορίζουν το χημικό περιβάλλον για την αερόβια βιολογική αποσύνθεση είναι (Καρβούνης και Γεωργακέλλος 2003):

- Η σχέση άνθρακα προς άζωτο. Επηρεάζει το ποσοστό αποσυνθέσεως και καλό είναι να βασίζεται στο διαθέσιμο άνθρακα δηλαδή να αναφέρεται στο ποσοστό άνθρακα επί ξηρού βάρους και όχι στο συνολικό.
- Η περιεκτικότητα σε υγρασία. Περιεχόμενο υγρασίας 50- 60 % του συνολικού βάρους είναι ιδανικό. Πολύ υψηλά ποσοστά υγρασίας ενδέχεται να δημιουργήσουν αναερόβιες συνθήκες.
- Το απαραίτητο οξυγόνο.
- Το κατάλληλο pH.
- Η απουσία τοξικών συστατικών που θα μπορούσαν να παρεμποδίσουν τη μικροβιακή δραστηριότητα.

Τα υγρά που παράγονται κατά την κομποστοποίηση (στραγγίσματα – leachate) είναι αναγκαίο να συλλέγονται και να υφίστανται κατεργασία. Η σχεδίαση της εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνει συσκευές απομάκρυνσης των εν λόγω υγρών και δεξαμενές συγκέντρωσής τους.

Πιθανοί αποδέκτες του τελικού προϊόντος που προκύπτει από την αερόβια βιολογική επεξεργασία είναι γεωργικές εκμεταλλεύσεις, εγκαταστάσεις αθλητισμού, πάρκα, γήπεδα γκολφ, κήποι γραφείων και άλλα.

Συνοπτικά, το σταθεροποιημένο οργανικό υλικό που προκύπτει από την αερόβια βιολογική επεξεργασία, αν και όχι απόλυτα αδρανές, δεν έχει δυσάρεστη οσμή, έχει μειωμένη συγκέντρωση παθογόνων μικροοργανισμών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό. Το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο εύρος αγροτικών και θερμοκηπιακών εφαρμογών και μπορεί να περιορίσει τη διάβρωση του εδάφους, να βελτιώσει τη δομή και την υδατο-ικανότητα του εδάφους, να περιορίσει την ανάγκη χρήσης λιπασμάτων και να συμβάλει στον έλεγχο φυτοπαθογόνων οργανισμών.

Λόγω του υψηλού βαθμού σταθεροποίησης, η περαιτέρω αποδόμησή του μετά την εφαρμογή στο έδαφος είναι αργή, με συνέπεια να παραμένει ενεργό και να τροφοδοτεί με θρεπτικά τα φυτά για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Κατσίρη 2004, Ανδρεαδάκης 2009α).

Πρόκειται για έναν περιβαλλοντικά φιλικό και ευέλικτο τρόπο ανακύκλωσης οργανικών υλικών καθώς το παραγόμενο προϊόν (κομπόστ) είναι χρήσιμο και δεν αποτελεί υλικό που χρειάζεται απόρριψη.

4.3.2.2 Θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία αποτελεί ενδιαφέρουσα εφαρμογή στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων. Σύμφωνα με τον Ανδρεαδάκη (2010), κατά τη θερμική επεξεργασία γίνεται μετατροπή των στερεών απορριμμάτων σε αέρια και στερεά προϊόντα ενδεχόμενα δε και υγρά, με ταυτόχρονη ή επακόλουθη απελευθέρωση θερμικής ενέργειας. Απαραίτητη διαδικασία είναι η εξάτμιση της υγρασίας των στερεών αποβλήτων ή ιλύος. Όταν η θερμική επεξεργασία περιορίζεται στο στάδιο αυτό, ονομάζεται ξήρανση, η οποία έχει ενδιαφέρουσες εφαρμογές ιδίως στην περίπτωση ιλύος.

Τα συστήματα θερμικής επεξεργασίας μπορούν να διαχωριστούν με βάση τις ανάγκες τους σε οξυγόνο (αέρα). Η καύση με την ακριβή ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται για πλήρη καύση είναι γνωστή ως στοιχειομετρική καύση. Η καύση με περισσότερο οξυγόνο από το αναγκαίο για την στοιχειομετρική καύση ονομάζεται

καύση με περίσσεια οξυγόνου. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιείται ο όρος αποτέφρωση.

Η αεριοποίηση είναι η μερική καύση των στερεών απορριμμάτων κάτω από υποστοιχειομετρικές συνθήκες για την παραγωγή ενός μίγματος αερίων το οποίο περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες. Η πυρόλυση είναι η θερμική επεξεργασία των στερεών απορριμμάτων σε πλήρη απουσία οξυγόνου.

Σημασία για την επιτυχημένη εφαρμογή της αποτέφρωσης έχει η γνώση της σύστασης των ΑΣΑ και κυρίως της θερμογόνου δύναμής τους, που συνήθως έχει τιμή περίπου 2500 kcal/kg, δηλαδή κυμαίνεται στο 30-40% της αντίστοιχης δύναμης του άνθρακα που χρησιμοποιείται ως καύσιμο στη βιομηχανία. Η βασική πηγή της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ είναι η κυτταρίνη που περιέχεται κυρίως στο χαρτί, και στο χαρτόνι. Επίσης, σημαντική θερμογόνο δύναμη κατέχει και το πλαστικό.

4.3.2.3 Αναερόβια επεξεργασία

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης η οποία λαμβάνει χώρα και στη φύση μπορεί να προσδιοριστεί ως η βιολογική διεργασία κατά την οποία οργανικό υλικό, απουσία οξυγόνου, μετατρέπεται σε δύο κύρια τελικά προϊόντα, το βιοαέριο και το κομπόστ (Toerien and Hattingh, 1969). Το βιοαέριο είναι ένα αέριο καύσιμο, αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Το κομπόστ είναι το χωνευμένο υπόστρωμα, πλούσιο σε θρεπτικές ουσίες και έτσι χρησιμοποιείται ως λίπασμα για τα φυτά (Σιούλας 2010).

Σήμερα, η αναερόβια επεξεργασία με ταυτόχρονη παραγωγή μεθανίου είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την σταθεροποίηση της παραγόμενης λάσπης στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, ενώ χρησιμοποιείται ακόμη για την επεξεργασία στερεών απορριμμάτων και αστικών λυμάτων (Tchobanoglous and Burton 1991, Gunaseelan 1997).

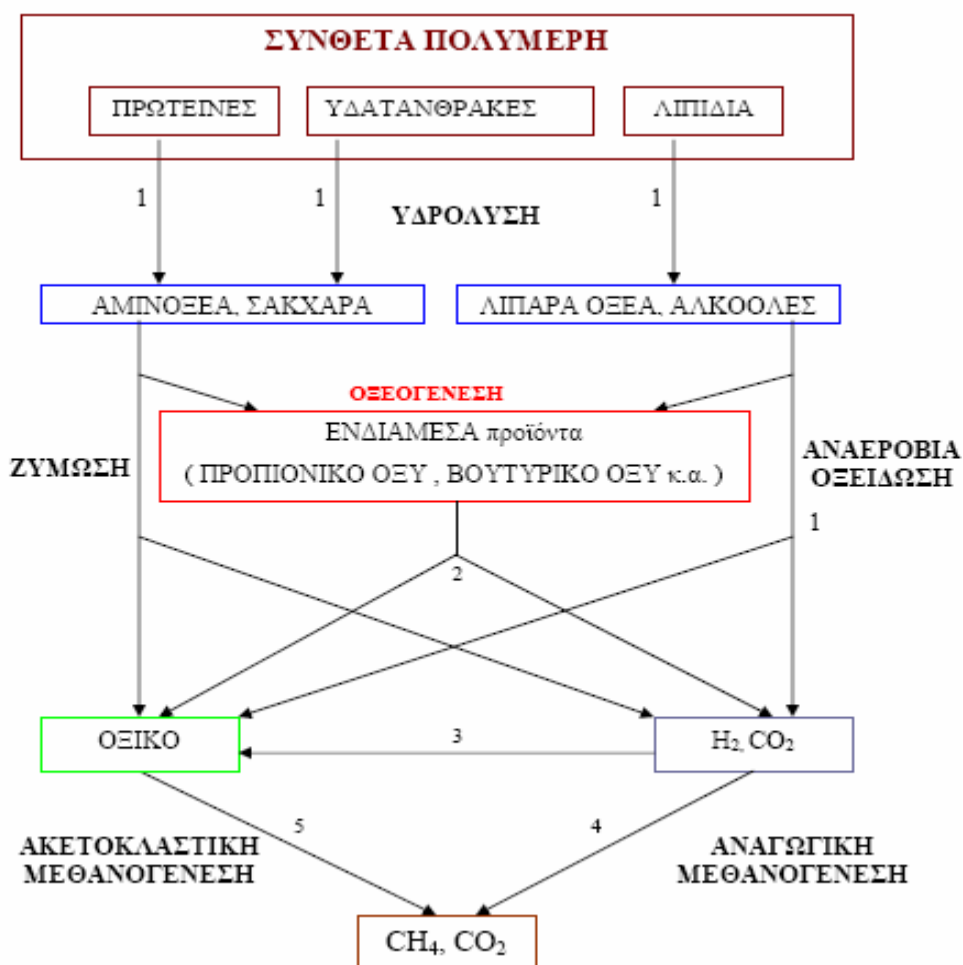
Γι' αυτό το λόγο τα τελευταία χρόνια καταβλήθηκαν σημαντικές προσπάθειες για να συνδεθούν η μικροβιολογία και η βιοχημεία της αναερόβιας χώνευσης και οι θεωρητικές και πρακτικές παρατηρήσεις των αναερόβιων βιοαντιδραστήρων.

4.3.2.4 Μικροβιολογία της αναερόβιας επεξεργασίας

Η βιολογική μετατροπή του οργανικού κλάσματος των στερεών αποβλήτων κάτω από αναερόβιες συνθήκες αποτελεί μία διαδικασία πολλαπλών σταδίων με οριζόντιες και παράλληλες αντιδράσεις (σχήμα 4.3) (Tchobanoglous et al., 1993). Το πρώτο στάδιο της διεργασίας συμπεριλαμβάνει την υδρόλυση του σύνθετου οργανικού κλάσματος σε διαλυτά προϊόντα μικρότερου μεγέθους έτσι ώστε να μπορούν να εισχωρήσουν διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης στο εσωτερικό του κυττάρου. Έπειτα οι σχετικά αυτές απλές ενώσεις ζυμώνονται ή οξειδώνονται αναερόβια σε πτητικά λιπαρά οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και αμμωνία. Τα πτητικά λιπαρά οξέα μετατρέπονται σε οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τέλος, παράγεται μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, είτε από την αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα από το υδρογόνο είτε από το οξικό (Toerien and Hattingh 1969, Pavlostathis and Giraldo-Gomez, 1991).

Η συνολική διαδικασία της μετατροπής του σύνθετου οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να υποδιαιρεθεί σε 7 στάδια (Pavlostathis and Giraldo-Gomez, 1991):

1. Υδρόλυση του σύνθετου οργανικού υλικού
2. Ζύμωση των αμινοξέων και των σακχάρων
3. Αναερόβια οξείδωση των μεγάλου μήκους λιπαρών οξέων και αλκοολών
4. Αναερόβια οξείδωση των ενδιάμεσων προϊόντων
5. Παραγωγή οξικού από διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο
6. Μετατροπή του οξικού σε μεθάνιο
7. Παραγωγή μεθανίου με αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα από υδρογόνο



Σχήμα 4.3 Μετατροπή του οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης (Pavlostathis and Giraldo - Gomez, 1991)

4.3.2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση

Εκτός από τα απαραίτητα υποστρώματα και τους κατάλληλους μικροβιακούς πληθυσμούς υπάρχουν και ορισμένοι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία, το pH, η αλκαλικότητα, τα θρεπτικά στοιχεία και οι τοξικές ουσίες που επιδρούν στη διαδικασία παραγωγής μεθανίου κατά την αναερόβια επεξεργασία.

Θερμοκρασία

Γενικά οι ρυθμοί των αντιδράσεων αυξάνονται με την θερμοκρασία μέχρι τους 60°C. Έχουν βρεθεί δυο βέλτιστες θερμοκρασιακές περιοχές για την λειτουργία αναερόβιων αντιδραστήρων, η μεσόφιλη (~35 °C) και η θερμόφιλη (55 °C με 60 °C), ανάμεσα στις οποίες οι ρυθμοί μειώνονται. Η μείωση αυτή θεωρείται ότι οφείλεται

στην έλλειψη προσαρμογής των μικροοργανισμών. Ωστόσο, έχει αναφερθεί αναερόβια επεξεργασία λυμάτων σε χωνευτήρες που λειτουργούσαν ακόμη και στους 15 °C (Zeeman et al, 1988).

pH

Οι περισσότερες διεργασίες αναερόβιας επεξεργασίας λειτουργούν σε περίπου ουδέτερο pH. Διαφοροποιήσεις από αυτή την περιοχή παρατηρούνται εξαιτίας της συσσώρευσης όξινων ή βασικών μεταβολικών προϊόντων όπως είναι τα λιπαρά οξέα ή η αμμωνία, αντίστοιχα. Κατά συνέπεια, ενώ η παραγωγή των οξέων από τους ζυμωτικούς μικροοργανισμούς συνεχίζεται, η μεθανογένεση έχει παρεμποδιστεί αυξάνοντας συνεχώς το πρόβλημα της οξύτητας στον αντιδραστήρα και οδηγώντας τελικά σε αποτυχία τη διεργασία. Ωστόσο, παραγωγή μεθανίου έστω και σε μικρές ποσότητες μπορεί να συμβεί είτε σε όξινο είτε σε βασικό περιβάλλον υποδηλώνοντας ότι η μεθανογένεση δεν περιορίζεται μόνο στα όρια του ουδέτερου pH (Zeeman et al., 1988).

Αλκαλικότητα

Μεθανογόνοι μικροοργανισμοί έχουν βρεθεί σε διαφορετικής αλκαλικότητας περιβάλλοντα, από γλυκά μέχρι υπεραλατούχα νερά ωστόσο έχει αναφερθεί ότι αλκαλικότητες πάνω από 0.2 M Na⁺ παρεμποδίζουν την παραγωγή μεθανίου (Zeeman, 1988).

Η επαρκής ποσότητα αλκαλικότητας είναι σημαντική για τη ρύθμιση του pH. Σε ένα αναερόβιο αντιδραστήρα παράγεται αλκαλικότητα (κατά τη διάσπαση των οργανικών υποστρωμάτων) κυρίως σε μορφή διττανθρακικών που βρίσκονται σε ισορροπία με το διοξείδιο του άνθρακα στην αέρια φάση, στο συγκεκριμένο pH.

Θρεπτικά

Για να πραγματοποιηθεί η διάσπαση των οργανικών μορίων και να παραχθεί μεθάνιο χρειάζεται να υπάρχουν στον αναερόβιο αντιδραστήρα κάποια απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη και των μεταβολισμό των μικροοργανισμών. Γενικά, τα επίπεδα στην τροφοδοσία των βασικών θρεπτικών C και N συνήθως εκφράζονται με το λόγο COD:N που πρέπει να κυμαίνεται από 400:7 έως 1000:7. Παρόμοια ο βέλτιστος λόγος N:P είναι 7:1 (Stronach et al, 1987).

Στις περισσότερες περιπτώσεις αναερόβιας επεξεργασίας αποβλήτων τα ιχνοστοιχεία που είναι απαραίτητα βρίσκονται σε περίσσεια στην τροφοδοσία.

Τοξικές ουσίες

Η διαδικασία της παραγωγής μεθανίου μπορεί να παρεμποδιστεί από διάφορες ουσίες που είναι τοξικές για την μεθανογένεση όπως είναι το οξυγόνο, η αμμωνία, τα λιπαρά οξέα, τα βαρέα μέταλλα, τα θειούχα και θειικά ιόντα και διάφορες άλλες ξеноβιοτικές ενώσεις. Το οξυγόνο είναι τοξικό ακόμα και σε ίχνη για τα αυστηρώς αναερόβια μεθανογόνα βακτήρια (Pavlostathis and Giraldo - Gomez, 1991).

4.3.2.6 Σύγκριση αερόβιας και αναερόβιας επεξεργασίας

Η λιπασματοποίηση (αερόβια βιολογική επεξεργασία) είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στη μείωση του όγκου του οργανικού φορτίου των απορριμμάτων με μειονέκτημα τις αυξημένες λειτουργικές ανάγκες σε ενέργεια.

Η αναερόβια χώνευση έχει το πλεονέκτημα της υψηλής ανάκτησης ενέργειας λόγω παραγωγής βιοαερίου κατά την λειτουργία της ωστόσο διαθέτει υψηλό κόστος κατασκευής.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν αναπτυχθεί βιολογικά συστήματα για την αναερόβια χώνευση του οργανικού κλάσματος των στερεών απορριμμάτων γεγονός που εξαλείφει την ανάγκη διάθεσής του οργανικού κλάσματος σε Χ.Υ.Τ.Α. (Chan et al. 2009, Bonakdarpour et al. 2011). Επιπλέον σε μεγάλες εγκαταστάσεις οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τη λειτουργία αναερόβιου χωνευτή είναι χαμηλότερες από αυτές της λιπασματοποίησης (Cakir et al., 2005). Σημαντικό περιβαλλοντικό όφελος είναι η δυνατότητα συνδυασμού επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος με ιλύ και γεωργικά απόβλητα. Κατά αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι ποσότητες των αποβλήτων που θα διατίθενται σε Χ.Υ.Τ.Α., επιπλέον μειώνεται η ποσότητα νερού που πρέπει να προστεθεί στη διεργασία (για αναερόβια χώνευση με χαμηλή συγκέντρωση στερεών όπως στην υπό μελέτη περίπτωση) λόγω της υγρασίας της ιλύος (Tchobanoglous et al., 1993).

Συνοψίζοντας, συγκρίνοντας την αναερόβια επεξεργασία έναντι της λιπασματοποίησης προκύπτει ότι η αναερόβια χώνευση έχει (Craveiro et al, 1992, Chan et al. 2009): α) υψηλότερη απόδοση της διεργασίας όταν πρόκειται για

απόβλητα με υψηλό περιεχόμενο στερεών και αυξημένο ποσοστό σε λίπη, β) μη απαίτηση οξυγόνου (μειώνεται το ενεργειακό κόστος άρα και το λειτουργικό κόστος), γ) ανάκτηση ενέργειας μέσω παραγωγής μεθανίου (καύσιμο), δ) χαμηλότερες απαιτήσεις σε θρεπτικά, ε) δυνατότητα συνδυασμού με επεξεργασία ιλύος και γεωργικών αποβλήτων.

Με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα (Tchobanoglous et al., 1993) για την ποσότητα αζώτου σε διάφορα είδη αποβλήτων, ο συνδυασμός οργανικού κλάσματος με ιλύ και γεωργικά, πράσινα απόβλητα ενδέχεται να προσδώσει στην αναερόβια χώνευση οργανικό υπόλειμμα πλουσιότερο σε θρεπτικά έναντι της λιπασματοποίησης.

Από την άλλη πλευρά, η σχετικά μεγάλη ευαισθησία της διεργασίας και η λειτουργία της σε υψηλές θερμοκρασίες (30-35°C ή 50-55°C) μπορούν να αποτελέσουν μειονεκτήματα για την αποδοτική εφαρμογή της. Επί πρόσθετα, το παραγόμενο υπόλειμμα που χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό είναι υγρής μορφής γι' αυτό για τη μεταφορά του στους χώρους διάθεσης απαιτείται η χρήση βυτίων. Σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να σταθεροποιηθεί περαιτέρω ώστε να διατεθεί ως στερεό. Για χρήση του οργανικού υπολείμματος είτε ως υγρό (χρήση βυτίων αντί για φορτηγά) είτε ως στερεό (απαίτηση σταθεροποίησης) το λειτουργικό κόστος αυξάνεται.

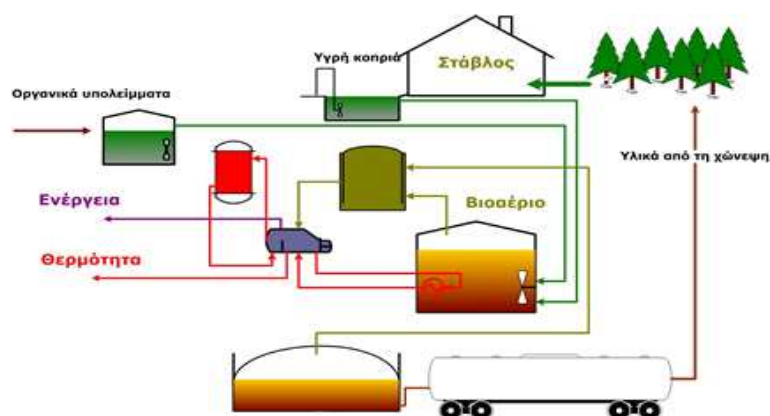
4.4 Βιοαέριο

4.4.1 Βακτηριακή αποσύνθεση

Τα βακτήρια τρέφονται με νεκρά ζώα και φυτά. Καθώς τα φυτά και τα ζώα αποσυντίθενται παράγουν ένα άχρωμο και άοσμο αέριο, το μεθάνιο. Το μεθάνιο είναι το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου που αποτελεί αέριο συμβατικό καύσιμο υποκατάστατο των υγρών συμβατικών καυσίμων όπως του πετρελαίου ντήζελ, του μαζούτ και άλλων. Το μεθάνιο είναι μια πάρα πολύ καλή πηγή ενέργειας. Μπορεί να καθαριστεί και να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας όπως το φυσικό αέριο. Μπορούμε με την καύση του να παράγουμε θερμότητα και ηλεκτρισμό (ΚΑΠΕ, 2010).



Σχήμα 4.4 Χωνευτής βιομάζας (www.biofuel.gr)



Σχήμα 4.5 Παράδειγμα βιοαερίου χρησιμοποιώντας ζωική κοπριά ως πρώτη ύλη (www.biofuel.gr)

4.4.2 Σύσταση και καύση Βιοαερίου

Το βιοαέριο είναι ένα αέριο καύσιμο, αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα (Σιούλας, 2010). Είναι πολύ σταθερό, μη-τοξικό, άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο.

Το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση είναι χημικά δεσμευμένο στο μεθάνιο. Οι ιδιότητες και η σύνθεση του βιοαερίου ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και τη δομή της πρώτης ύλης, το σύστημα της εγκατάστασης, τη θερμοκρασία, τον χρόνο παραμονής και άλλους παράγοντες.

Η μέση πυκνότητα του μεθανίου είναι 1.22 kg/Nm^3 είναι παρόμοια με αυτή του αέρα (1.29 kg/Nm^3). Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται κάποιες από τις μέσες τιμές σύνθεσης του βιοαερίου (ΚΑΠΕ, 2010).

Πίνακας 4.3 Σύνθεση του βιοαερίου

Συστατικό	Χημικός Τύπος	Περιεκτικότητα (% κ.ο)
Μεθάνιο	CH ₄	50-75
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	25-45
Υδρατμοί	H ₂ O	7 (40 °C)
Οξυγόνο	O ₂	<2
Άζωτο	N ₂	<2
Αμμωνία	NH ₃	<1
Υδρογόνο	H ₂	<1
Υδρόθειο	H ₂ S	<1



Σχήμα 4.6 Μονάδα παραγωγής 250kW ηλεκτρικής ενέργειας και 100kW θερμικής ενέργειας με την καύση βιοαερίου (www.biofuels.gr)

Εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού διοξειδίου του άνθρακα που περιέχει αποτρέπεται ο κίνδυνος έκρηξης, επομένως το βιοαέριο θεωρείται ένα πολύ ασφαλές καύσιμο για τις αγροτικές κατοικίες.

Κατά την καύση του βιοαερίου με περιεκτικότητα 60-70% σε μεθάνιο παράγεται μπλε φλόγα ενώ παράλληλα εκλύεται θερμογόνος δύναμη της τάξης των 4500-5500 kcal/m³ ή 18.8-23.0 MJ/m³. Ως 1 kcal έχει οριστεί η θερμότητα που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας 1 kg νερού κατά 1 βαθμό Κελσίου. Αυτό, παραδείγματος χάριν, σημαίνει πώς 3000 kcal/m³ επαρκούν για να βράσει περίπου 100 kg νερού από τους 20 βαθμούς Κελσίου, ή να ανάψει μια λάμπα των 60-100 W για 4-5 ώρες (www.biofuels.gr).

Η θερμική δύναμή του είναι άμεσα συνδεδεμένη με το ποσοστό του περιεχόμενου σε αυτό μεθανίου. Η περιεκτικότητα σε μεθάνιο με τη σειρά της εξαρτάται από την φύση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται κατά την χώνεψη. Από τη στιγμή που η σύσταση του αερίου ποικίλει, οι καυστήρες που έχουν σχεδιαστεί για φυσικό αέριο ή βουτάνιο όταν χρησιμοποιούνται ως καυστήρες βιοαερίου έχουν πολύ «μικρότερη» απόδοση. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ειδικά σχεδιασμένοι καυστήρες βιοαερίου (ΚΑΠΕ 2010). Ο βαθμός απόδοσης και η κατανομή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας παρουσιάζονται στην παράγραφο 4.4.3.

4.4.3 Αξιοποίηση του βιοαερίου

Η αξιοποίηση του βιοαερίου περιλαμβάνει:

- **Απευθείας θερμική αξιοποίηση στην βιομηχανία, σε θερμοκήπια, σε αναερόβιους χωνευτές**

Η απευθείας αξιοποίηση του βιοαερίου για θέρμανση προσφέρει υψηλή αποδοτικότητα. Η εφαρμοσιμότητα εξαρτάται από την σταθερότητα της ζήτησης και την απόσταση μεταφοράς των αερίων ως τις συσκευές καύσης (τόπους της ζήτησης).

- **Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας**

Επιτυγχάνεται από ηλεκτρογεννήτριες με την βοήθεια ειδικά τροποποιημένων μηχανών εσωτερικής καύσης. Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος απαιτείται παροχή αφυδατωμένου αερίου, με ικανή πίεση (τουλάχιστον 50mbar). Οι μηχανές πρέπει να ρυθμίζονται σε σχέση με την σύνθεσή του αερίου, κυρίως ως προς την περιεκτικότητα σε μεθάνιο.

Η θερμότητα των καυσαερίων μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη θερμικών απαιτήσεων άλλων τμημάτων της εγκατάστασης, έως και σε θερμοκρασία 50 - 90 °C, με την βοήθεια θερμικών εναλλακτών (συστήματα επεξεργασίας στραγγισμάτων, αναερόβιοι χωνευτές, κλίνες ξήρανσης κ.λπ.).

- **Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (ΣΗΘ)**

Συμπαράγωγή είναι η διαδοχική (ταυτόχρονη) παραγωγή και εκμετάλλευση δύο μορφών ενέργειας, ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής από ένα σύστημα μηχανών με τη χρήση του ίδιου καυσίμου. Με την συμπαράγωγή γίνεται ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας του καυσίμου και ανάλογη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

Το βασικότερο μέρος μιας εγκατάστασης ΣΗΘ είναι η μηχανή η οποία παράγει θερμότητα και ηλεκτρισμό. Σε περίπτωση αποτελεσματικής χρήσης της θερμικής συνιστώσας (π.χ. σε θερμοκήπια, χωνευτές), η συνολική καθαρή απόδοση μπορεί να φτάσει και το 85-90%. Από αυτό το ποσοστό η θερμική ενέργεια είναι της τάξης του 65% ενώ η ηλεκτρική 35% (ΚΑΠΕ 2010, Κατσίρη 2011).

Ο βασικός νόμος ο οποίος ορίζει τις εφαρμογές της ΣΗΘ είναι ο 2244/94. Η αρχική εξέταση γίνεται από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και ακολουθούν τα αρμόδια υπουργεία. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης εξάγεται από το άθροισμα του κόστους επένδυσης και του κόστους λειτουργίας και συντήρησης. Τα κεφάλαια μπορούν να αντληθούν από τραπεζικά δάνεια ή χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς με τη μέθοδο της «χρηματοδότησης από τρίτους» (ΚΑΠΕ, 2003).

4.4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αξιοποίησης της βιομάζας με παραγωγή βιοαερίου

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της αξιοποίησης της βιομάζας με παραγωγή βιοαερίου είναι τα ακόλουθα (Σιούλας, 2010):

- Η αναερόβια χώνευση είναι ελεγχόμενη και γνωστή τεχνολογία. Το βιοαέριο αξιοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας σε συγκρότημα συμπαραγωγής (ΣΗΘ).
- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας δεν συμβάλει καθόλου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και μπορεί να θεωρηθεί ως σύμμαχος στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.
- Από τη διαδικασία παράγεται υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό κατάλληλο για χρήση σε καλλιέργειες.
- Εξασφαλίζεται μηδενική παραγωγή αποβλήτων και 100% ανακύκλωση αποβλήτων και αποφυγή επιβάρυνσης ΧΥΤΑ.

Κύρια μειονεκτήματα μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου αποτελούν τα εξής:

- Υψηλό κόστος επένδυσης το οποίο όμως μπορεί να αποσβεστεί γρήγορα λόγω της επιδοτούμενης τιμής ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από βιομάζα.
- Η εγκατάσταση του βιοαερίου είναι μια σύνθετη μονάδα, γι' αυτό και απαιτείται συνεχής και συστηματικός έλεγχος / μέτρηση των κρίσιμων παραμέτρων για την καλή λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης.

4.5 Πολιτική και προοπτικές για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) διαφαίνεται ότι θα έχουν σημαντική συνεισφορά στο ενεργειακό σύστημα της χώρας στα επόμενα χρόνια. Παράλληλα, την τελευταία δεκαετία ένα θετικό κλίμα έχει δημιουργηθεί για την αντικατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πηγών καθώς συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η χρήση τους σχετίζεται με μία σειρά περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για το λόγο αυτό οι ΑΠΕ καταλαμβάνουν ολοένα και ψηλότερη θέση στην ενεργειακή ατζέντα. Η ανάπτυξη και περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ συνεισφέρει όχι μόνο στο ενεργειακό σύστημα αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος και στις ενεργειακές και περιβαλλοντικές δεσμεύσεις της χώρας.

Σύμφωνα με έκθεση του Υπουργείου Ανάπτυξης (2007) για την ενεργειακή πολιτική στην Ελλάδα, οι βασικοί στόχοι είναι:

- Η μείωση της πετρελαϊκής εξάρτησης της χώρας και σταδιακή υποκατάσταση του πετρελαίου από το Φυσικό Αέριο.
- Η ενίσχυση του συστήματος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η αύξηση της συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και των βιοκαυσίμων στο ενεργειακό σύστημα.
- Η επέκταση της χρήσης Φυσικού Αερίου με την ανάπτυξη νέων δικτύων μεταφοράς και διανομής.
- Η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου.
- Η ενίσχυση των διεθνών διασυνδέσεων της χώρας, στους τομείς του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού, με σκοπό να καταστεί η Ελλάδα σύγχρονο διεθνές διαμετακομιστικό κέντρο ενέργειας.
- Η επέκταση των ελέγχων σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας της αγοράς πετρελαιοειδών, με σκοπό την ενίσχυση του ανταγωνισμού.
- Η υλοποίηση των ενεργειακών υποδομών και των ιδιωτικών ενεργειακών επενδύσεων μέσω χρηματοδοτικών εργαλείων.
- Η κατάρτιση Μακροχρόνιου Ενεργειακού Σχεδιασμού με ορίζοντα το 2020.

Η υλοποίηση έργων βιοαερίου απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, αφού ληφθούν υπόψη τεχνολογικοί, κοινωνικοί (ενημέρωση εμπλεκομένων), περιβαλλοντικοί και

οικονομικοί παράγοντες. Μερικές φορές είναι δύσκολο να αναπτυχθούν πολλά έργα λόγω της ιδιομορφίας των περιοχών και της διαθεσιμότητας της πρώτης ύλης. Στις περισσότερες όμως των περιπτώσεων τα μη τεχνολογικά εμπόδια αναφέρονται ως τα πιο σημαντικά για την υλοποίηση ενός έργου.

Ο νόμος για τις ΑΠΕ (3468/2006) «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις (ΦΕΚ 129/Α/06)» προσανατολισμένος στην προώθηση των ΑΠΕ θέτει ένα νέο περιβάλλον στην ηλεκτροπαραγωγή και μεταξύ άλλων απλοποιεί την αδειοδοτική διαδικασία των έργων, ενώ ο συνολικός χρόνος αδειοδότησης μειώνεται (ΚΑΠΕ 2003, ΚΑΠΕ 2010).

Ο Νόμος αυτός βρίσκεται υπό αναθεώρηση κυρίως όσον αφορά την εγγυημένη τιμή πώλησης της ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαράγωγή για τα έργα βιοαερίου που αναμένεται να αυξηθεί από 73€/MWh που ισχύει σήμερα μέχρι και 200 €/MWh (ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας) και άρα θα παρέχει σοβαρό κίνητρο σε επενδυτές (Χατζημπίρος κ.α, 2011).

4.6 Διαχείριση των στερεών αποβλήτων στο υπό μελέτη τουριστικό συγκρότημα

Στις τουριστικές εγκαταστάσεις Atalanti Hills, η διαχείριση των στερεών αποβλήτων εστιάζεται στη μέγιστη αξιοποίηση των απορριμμάτων με το διαχωρισμό στην πηγή των ανακυκλώσιμων υλικών και του ζυμώσιμου κλάσματος και αξιοποίηση του ζυμώσιμου κλάσματος για την παραγωγή ενέργειας και λιπάσματος.

Η μέθοδος που διερευνάται στη συνέχεια συνίσταται στην συμπαράγωγή ενέργειας και θερμότητας από τη συγχώνευση του ζυμώσιμου κλάσματος των απορριμμάτων, της ιλύος του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων και των πράσινων υπολειμμάτων, από το κούρεμα του γκαζόν, τα κλαδέματα κήπων, τα χόρτα, τα φύλλα κλπ. .

4.6.1 Ανακύκλωση

Προτείνεται το σύστημα ανακύκλωσης συσκευασιών («μπλε» κάδοι) στους οποίους απορρίπτονται μαζί μεταλλικές και χάρτινες συσκευασίες, πλαστικό, γυαλί κ.α. καθώς και χωριστό σύστημα κάδων συλλογής του έντυπου υλικού. Προτείνεται να γίνει χωριστό σύστημα συλλογής του έντυπου υλικού από τις χάρτινες

συσκευασίες γιατί αναμένεται εξίσου σημαντική ποσότητα χαρτιού (5-8% των χάρτινων απορριμμάτων, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.2). Λόγω του υψηλού βιοτικού επιπέδου που παρέχει η εγκατάσταση και της χρήσης μεθόδων για την εξοικονόμηση φυσικών πόρων και προστασία του περιβάλλοντος οι τουρίστες που θα φιλοξενηθούν, αναμένεται ότι θα είναι αντίστοιχου βιοτικού επιπέδου, ευαισθητοποιημένοι περιβαλλοντικά ή πρόθυμοι να υιοθετήσουν την περιβαλλοντική πολιτική της εγκατάστασης και θα ανταποκριθούν θετικά στις διαδικασίες ανακύκλωσης.

Με βάση τους κανόνες της Ελληνικής Εταιρείας Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (Ε.Ε.Α.Α.), τα υλικά που μπορούν να απορριφθούν σε μπλε κάδους ανακύκλωσης είναι:

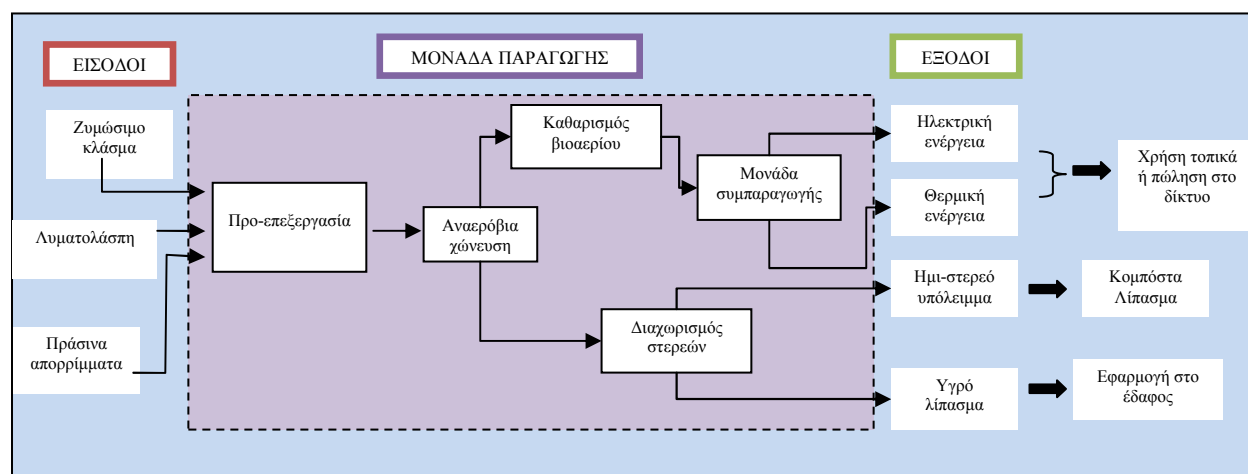
- χάρτινες συσκευασίες και χαρτοκιβώτια από π.χ. ηλεκτρικές συσκευές, χυμούς, γάλα, δημητριακά, πίτσα, μπισκότα, ζάχαρη, απορρυπαντικά, οδοντόκρεμες, χαρτοσακούλες κ.α.
- αλουμινένια κουτάκια από αναψυκτικά, μπύρες κ.α.
- γυάλινες συσκευασίες από π.χ. νερό, χυμούς, αναψυκτικά, αλκοολούχα ποτά, βαζάκια τροφίμων κ.α.
- πλαστικές συσκευασίες από π.χ. μπουκάλια νερού, αναψυκτικά, γιαούρτι, βούτυρο, λάδι, απορρυπαντικά, είδη καθαρισμού, σαμπουάν, αφρόλουτρα, αποσμητικά, πλαστικές σακούλες, φιλμ περιτυλίγματος κ.α.
- λευκοσιδηρές συσκευασίες από γάλα εβαπορέ, καφέ, τόνο, ζωοτροφές, τοματοπολτό, μπισκότα, κ.λπ. .

Τα συλλεγόμενα υλικά θα προωθούνται στο πλησιέστερο Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ Λαμίας) για περαιτέρω διαλογή και εν συνεχεία ανακύκλωση.

Τα υπόλοιπα ανακυκλώσιμα στερεά (μπαταρίες, οχήματα, ελαστικά οχημάτων, λαμπτήρες, ηλεκτρικές συσκευές, χρησιμοποιημένα έλαια και λιπαντικά κ.λπ.) θα διαχωρίζονται με διαλογή στην πηγή και θα προωθούνται στα υπάρχοντα αντίστοιχα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Ειδική διαχείριση θα πρέπει να προβλεφθεί για τα υπόλοιπα στερεά απόβλητα (έπιπλα, στρώματα, υφάσματα, δέρματα κ.λπ.) (Χατζημπίρος κ.α., 2011).

4.6.2 Αναερόβια επεξεργασία αποβλήτων

Μετά την απομάκρυνση των συσκευασιών, του χαρτιού και των ειδικών αποβλήτων, απομένει κυρίως το ζυμώσιμο κλάσμα των στερεών απορριμμάτων το οποίο απαιτεί κατάλληλη επεξεργασία για να αποφευχθούν σοβαρά προβλήματα υγιεινής, οσμών και αισθητικής. Αναερόβια επεξεργασία προτείνεται να γίνει για το ζυμώσιμο κλάσμα των στερεών απορριμμάτων (2678.7 kg/d), μαζί με τα κηπευτικά απορρίμματα (2349.7 kg/d), γνωστά και ως πράσινα απορρίμματα, καθώς και την λυματολάσπη (610.9 kg ολικών στερεών/d) από την εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων. Η διαδικασία υπολογισμού των προαναφερθέντων ποσοτήτων απορριμμάτων και λυματολάσπης παρουσιάζεται στην παράγραφο 4.6.3. Η διάταξη της αναερόβιας χώνευσης φαίνεται στο σχήμα 4.7.



Σχήμα 4.7 Διάγραμμα παραγωγής βιοαερίου και ενέργειας (Χατζημπίρος κ.α., 2011)

Σύμφωνα με τους Λαζαρίδη και Παυλόπουλο (2001) ως πράσινα απορρίμματα θεωρούνται το γρασίδι, τα χορτάρια, τα άνθη, τα φύλλα και τα κλαδιά από κλαδέματα δέντρων και θάμνων.

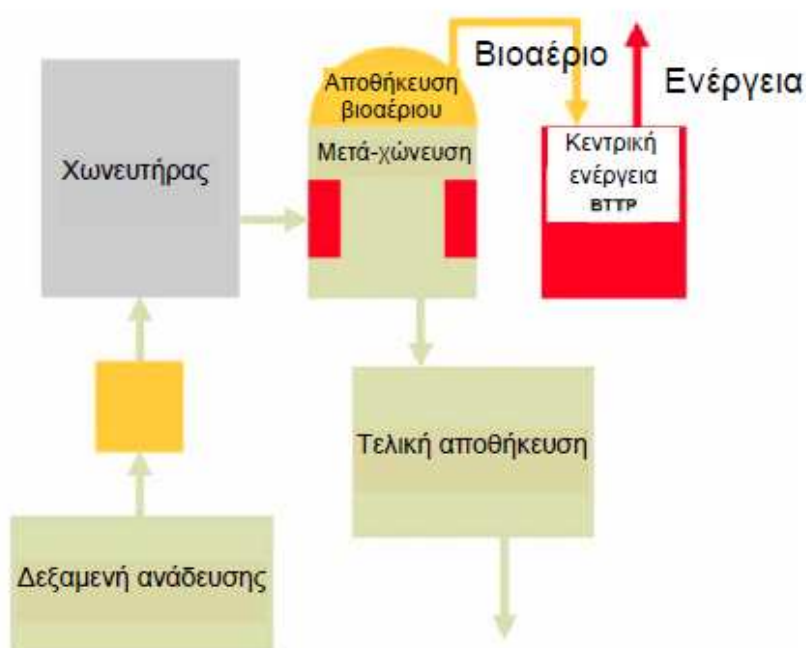
Επιπρόσθετα, το ζυμώσιμο κλάσμα που θα οδηγηθεί στην αναερόβια επεξεργασία συνίσταται κυρίως από υπολείμματα τροφίμων.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες παραγράφους, κατά την αναερόβια χώνευση παράγεται βιοαέριο και κομπόστ που αποτελεί το αποσυντεθειμένο υπόστρωμα από την παραγωγή του βιοαερίου. Η ενέργεια του βιοαερίου δύναται να υποστηρίξει συμπληρωματικά την θέρμανση και των ηλεκτρισμό διαφόρων μονάδων

στο υπό μελέτη τουριστικό συγκρότημα, ενώ το κομπόστ προτείνεται να αξιοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό.

4.6.3 Αναερόβιος αντιδραστήρας

Η κύρια μονάδα μιας εγκατάστασης βιοαερίου είναι ο χωνευτής (η δεξαμενή του αντιδραστήρα της αναερόβιας χώνευσης), ο οποίος συνοδεύεται από έναν αριθμό άλλων μονάδων όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 4.8.



Σχήμα 4.8 Κύριες συνιστώσες των εγκαταστάσεων βιοαερίου (ΚΑΠΕ, 2010)

Για τη διαστασιολόγηση του χωνευτή ακολουθήθηκε μία σειρά υπολογισμών η οποία παρουσιάζεται στη συνέχεια. Με βάση τις ποσοστιαίες πληρότητες των ξενοδοχείων και των διαφόρων μονάδων στο συγκρότημα και τον αριθμό των ατόμων (Πίνακες 4.4 και 4.5 (δεδομένα από την εταιρεία ΛΟΚΡΟΣ στην ομάδα μελέτης Χατζημπίρος κ.α. 2011)), προέκυψε η κατανομή ατόμων ανά μήνα. Να σημειωθεί ότι ως έτος αναφοράς ελήφθη το 2039 ώστε να συμπεριληφθεί ο μέγιστος αριθμός των κατοίκων – τουριστών.

Πίνακας 4.4 Πληρότητες των μονάδων του συγκροτήματος σε ποσοστά

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ξενοδοχεία	38	36	51	52	71	70	96	96	79	65	52	37
Επενδυτικές μονάδες	25	25	35	35	50	50	75	75	47	40	35	28
Άλλες μονάδες	40	55	60	60	90	90	99	99	85	80	66	40
Κατοικίες	9	7	17	17	20	35	60	60	28	28	9	9

Πίνακας 4.5 Πληθυσμός στις διάφορες μονάδες του συγκροτήματος για τις τρεις φάσεις κατασκευής

Έτος	2014	2018	2039
Ξενοδοχεία	975	2195	2195
Επενδυτικές μονάδες	675	1125	1125
Άλλες μονάδες	-	-	429
Κατοικίες	525	2475	14925
Σύνολο ατόμων	2175	5795	18674

Με βάση τις ποσοστιαίες πληρότητες και τον αριθμό ατόμων σε κάθε μονάδα (ξενοδοχεία, κατοικίες κλπ) κατασκευάζεται ο πίνακας 4.6 με την κατανομή των ατόμων ανά μήνα.

Πίνακας 4.6 Κατανομή ατόμων ανά μήνα

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ξενοδοχεία	834	790	1119	1141	1558	1537	2107	2107	1734	1427	1141	812
Επενδυτικές μονάδες	281	281	394	394	563	563	844	844	529	450	394	315
Άλλες μονάδες	172	236	257	257	386	386	425	425	365	343	283	172
Κατοικίες	1343	1045	2537	2537	2985	5224	8955	8955	4179	4179	1343	1343
Σύνολο ατόμων	2630	2352	4308	4330	5492	7709	12331	12331	6806	6399	3162	2642

Με βάση βιβλιογραφική έρευνα (Παπαχρήστου και Χατζηαγγέλου 1989, Παρισάκης κ.α. 1990, Σκορδίλης 1990, Παρισάκης κ.α 1991, Λέκκας Θ. κ.α 1991, ΕΣΔΚΝΑ 2003, Κατσίρη 2011) σχετικά με την ποιοτική ανάλυση απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές και δήμους της Ελλάδας με πληθυσμό παρόμοιου μεγέθους με το

τουριστικό συγκρότημα καταλήγουμε στην παραδοχή πως η παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων εκτιμάται ίση με 1.14 kg/άτομο/ημέρα που αντιστοιχεί σε 34.2 kg/άτομο/μήνα. Έτσι καταστρώνονται οι πίνακες 4.7 και 4.8 με τις μηνιαίες και ετήσιες παραγωγές απορριμμάτων. Αξίζει να σημειωθεί πως από την βιβλιογραφική ανασκόπηση που αναφέρθηκε προηγουμένως σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας αλλά και από τιμές παραγόμενων απορριμμάτων σε διεθνείς και ευρωπαϊκές ξενοδοχειακές μονάδες (Trung D. and Kumar S. 2005, Bohdanowicz and Martinac 2007, Rossello-Batle et al. 2010) διαπιστώνεται πως τα απορρίμματα από τουριστική εγκατάσταση κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με τις ποσότητες των απορριμμάτων των πόλεων.

Πίνακας 4.7 Κατανομή παραγόμενων απορριμμάτων (kg/μήνα)

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ξενοδοχεία	28526	27025	38285	39036	53299	52548	72066	72066	59305	48795	39036	27776
Επενδυτικές μονάδες	9619	9619	13466	13466	19238	19238	28856	28856	18083	15390	13466	10773
Άλλες μονάδες	5869	8069	8803	8803	13205	13205	14525	14525	12471	11737	9683	5869
Κατοικίες	45939	35730	86774	86774	102087	178652	306261	306261	142922	142922	45939	45939

Πίνακας 4.8 Ετήσια παραγωγή απορριμμάτων στις διάφορες μονάδες

	Απορρίμματα (t/έτος)
Ξενοδοχεία	557.8
Επενδυτικές μονάδες	200.1
Άλλες μονάδες	126.8
Κατοικίες	1526.2
Σύνολο	2410.8

Συνεπώς η ετήσια παραγωγή απορριμμάτων στο Atalanti Hills αναμένεται να είναι 2410.8 t/έτος ή 6.70 t/d. Στην αναερόβια επεξεργασία θα οδηγείται το ζυμώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων που αποτελεί περίπου το 40% κατά βάρος (Κατσίρη, 2011). Επομένως, το ζυμώσιμο κλάσμα εκτιμάται ισούται με 2.679 t/d ή 2678.7 kg /d.

Τα κηπευτικά απορρίμματα, όπως προαναφέρθηκε θα αποτελούνται από τα κουρέματα γκαζόν προερχόμενα από τα γήπεδα γκολφ καθώς και τα κλαδέματα των κήπων, φύλλα, κλπ. . Η έκταση πρασίνου στο τουριστικό συγκρότημα ανέρχεται σε 256.1 ha (WATG, 2006). Με βάση τη βιβλιογραφία (Tchobanoglous and Kreith,

2002) λαμβάνεται τιμή για τα πράσινα απορρίμματα ίση με 0.4 kg/κάτοικο-ημέρα τα οποία με αντίστοιχους υπολογισμούς όπως για τα ζυμώσιμα καταλήγουν σε παραγωγή 845.89 t/έτος ή 2349.7 kg/d.

Ομοίως και η λυματολάσπη που προκύπτει από το βιολογικό καθαρισμό θα οδηγηθεί στην αναερόβια επεξεργασία. Εκτιμάται για μεγάλη τουριστική εγκατάσταση (Tchobanoglous and Burton, 1991) πως η ποσότητα θα είναι 0.104 kg/κάτοικο/ημέρα DS (Dry solids - δηλαδή αναφέρεται σε ξηρή μάζα) ή 3.12 kg/κάτοικο/μήνα DS. Επομένως, αν ληφθούν υπόψη οι πληρότητες των μονάδων, η συνολική λυματολάσπη θα έχει μάζα 219.93 t/έτος ή 610.9 kg/d.

Τα χαρακτηριστικά των τριών ειδών βιομάζας είναι τα ακόλουθα (Tchobanoglous et al, 2002, Γιαννόπουλος κ.α. 2005, UNEP 2009):

Ζυμώσιμο κλάσμα απορριμμάτων

– Ποσοστό υγρασίας	70 %
– Ποσοστό ολικών στερεών, TS (Total Solids)	30 %
– Εξαερώσιμα, VS (Volatile Solids) ως ποσοστό των TS είναι	80 %

Κηρευτικά απορρίμματα

– Ποσοστό υγρασίας	60 %
– Ποσοστό TS	40 %
– Εξαερώσιμα (VS) ως ποσοστό των TS είναι	90 %

Λυματολάσπη

– Εξαερώσιμα (VS) ως ποσοστό των TS είναι	80 %
---	------

Οι υπολογισμοί φαίνονται στον πίνακα 4.7. Έγιναν οι εξής παραδοχές :

- Ως πυκνότητα της αραιωμένης βιομάζας χρησιμοποιήθηκε η τιμή 1000 kg/m³ καθώς το μίγμα απορριμμάτων/πρασίνων/ιλύος έχει αραιωθεί με νερό σε τελική περιεκτικότητα 10% στερεά.
- Χρησιμοποιείται αναερόβιος αντιδραστήρας ενός σταδίου¹³, πλήρους μίξης (CSTR), με χαμηλή συγκέντρωση στερεών («wet» digestion, <10%TS).
- Μεσόφιλη θερμοκρασία λειτουργίας (35-37 °C).

¹³ Ενός σταδίου σημαίνει ότι το στάδιο της υδρόλυσης και ακετογένεσης (μετατροπή των βιοαποδομήσιμων συστατικών σε γλυκόζη και αμινοξέα και κατόπιν σε λιπαρά οξέα) και το στάδιο της μεθανογένεσης (μετατροπή των προϊόντων της υδρόλυσης και ακετογένεσης σε αέριο πλούσιο σε μεθάνιο), λαμβάνουν χώρα σε ένα κοινό αντιδραστήρα (ΚΑΠΕ, 2010).

- Ο απαιτούμενος όγκος του αντιδραστήρα υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$\text{όγκος αντιδραστήρα (m}^3\text{)} = \frac{\text{ημερήσια εισροή πτητικών (kgVS /d)}}{\text{ρυθμό οργανικής φόρτισης (kg VS / m}^3\text{/d)}}$$

Πίνακας 4.9 Υπολογισμοί για τη διαστασιολόγηση του χωνευτή

	Ζυμώσιμα	Κηπευτικά	Λυματολάσπη	Σύνολο
Ποσότητες (kg/d)	2678.7	2349.7	-	-
Υγρασία (kg/d)	1875.1	1409.8	-	-
Ξηρά (kg TS/d)	803.6	939.9	610.9	2354.4
Εξαερώσιμα (kg VS/d)	642.9	845.9	488.7	1977.5
Ποσότητα έπειτα από αραίωση σε 10%TS (kg/d)				23544
Όγκος (m ³ /d)				23.5

Ύστερα από απλούς υπολογισμούς, για ημερήσια εισροή πτητικών ίση με 1977.5 kg VS/d και ρυθμό οργανικής φόρτισης 2.7 kg VS / m³. d, ο όγκος του χωνευτή είναι 732.4 m³. Επιπλέον, για ημερήσια εισροή αποβλήτων 23.5 m³/d και για τον υπολογισμένο όγκο αντιδραστήρα, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΧΠ) ισούται με 31 d.

Τα κριτήρια ικανοποιούνται καθώς σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Verma 2002, Γιαννόπουλος κ.α., 2005), για αναερόβια επεξεργασία οργανικών απορριμμάτων, διαχωρισθέντων στην πηγή, σε σύστημα ενός σταδίου, μεσοφιλικές θερμοκρασίες και χαμηλή συγκέντρωση στερεών ο ΥΧΠ κυμαίνεται από 14 – 30 d και ο ρυθμός οργανικής φόρτισης 1 – 4 kg VS/ m³/d .

4.6.4 Παραγωγή βιοαερίου

Σύμφωνα με το Εγχειρίδιο βιοαερίου (ΚΑΠΕ, 2010) η παραγωγή βιοαερίου ανά kgVS υπολογίζεται με βάση έναν συντελεστή παραγωγής για κάθε κατηγορία.

Για τα ζυμώσιμα ο συντελεστής κυμαίνεται από 0.50 – 0.60 m³/kg VS, για τα κηπευτικά απορρίμματα ισούται με 0.55 m³/kg VS (Κατσίρη, 2011) και για τη λυματολάσπη 0.40 – 0.60 (Sosnowski et al. 2003).

Επιλέγουμε συντελεστή παραγωγής βιοαερίου για τα ζυμώσιμα και τα πράσινα 0.55 m³/kg VS και 0.50 m³/kg VS για τη λυματολάσπη. Δεδομένου ότι 1 m³

βιοαερίου παράγει 5 - 7.5 kWh συνολικά (Κατσίρη, 2011) και με παραδοχή για την εγκατάστασή μας την τιμή 6.5 kWh μπορούμε να εξάγουμε τα ποσά της ενέργειας που παράγονται.

Πίνακας 4.10 Παραγωγή βιοαερίου

	Ζυμώσιμα	Κηπευτικά	Λυματολόαση	Σύνολο
Παραγωγή βιοαερίου (m ³ /έτος)	127290	167487.0	87973.0	382750.1
Ενέργεια (kWh/ έτος)	827386	1088665.5	571824.3	2487875.5

Από αυτή την ενέργεια αυτή και θεωρώντας απόδοση του λέβητα 90% και ότι η υπόλοιπη ενέργεια κατανέμεται σε ηλεκτρική 35% και θερμική 65%, (Κατσίρη, 2011) προκύπτει:

- Απώλειες λέβητα : 248787.6 kWh /έτος
- Αξιοποιήσιμη ενέργεια : 2239088 kWh /έτος
- Ηλεκτρική ενέργεια : 783680.8 kWh /έτος ή 783.6 MWh/έτος
- Θερμική ενέργεια : 1455407.2 kWh /έτος ή 1455.4 MWh/έτος

Ένα μέρος της θερμικής ενέργειας, περίπου 20%, θα χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του χωνευτή. Άρα παραμένει διαθέσιμη:

- Διαθέσιμη θερμική ενέργεια : 1164.3 MWh /έτος

Η ενέργεια του βιοαερίου, όπως προαναφέρθηκε, δύναται να αξιοποιηθεί για την κάλυψη μέρους των αναγκών ηλεκτρισμού και θερμότητας (ίσως σε συνδυασμό με φυσικό αέριο) στις μονάδες των εγκαταστάσεων. Σύμφωνα με την ενεργειακή μελέτη για το Atalanti Hills και συγκεκριμένα τους πίνακες 1, 2, 3 και 4 του Παραρτήματος Α (Φρουδάκης, 2007) οι ενεργειακές απαιτήσεις των ξενοδοχείων είναι:

- Ηλεκτρική ενέργεια (για ψύξη και λοιπές χρήσεις): 16260 MWh / έτος
- Ζεστό νερό χρήσης: 2567 MWh / έτος

Έτσι προκύπτει ότι η ενέργεια του βιοαερίου μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των ξενοδοχείων σε:

- Ηλεκτρισμό κατά 4.8 %

- Ζεστό νερό χρήσης κατά 45.3 %

Επισημαίνεται ότι η παραγωγή ενέργειας από την αξιοποίηση της βιομάζας θα μπορούσε να αυξηθεί σημαντικά αν χρησιμοποιηθούν και άλλες πηγές οργανικού υλικού όπως παραδείγματος χάριν ενεργειακές καλλιέργειες.

4.7 Απόβλητα Εκσκαφών και Κατασκευών

Στις ακόλουθες παραγράφους παρουσιάζονται τα κύρια συστατικά των αποβλήτων εκσκαφών και κατασκευών, οι τρόποι επεξεργασίας τους, το πλαίσιο διαχείρισής των αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ) στην Ελλάδα και υπολογίζεται η αναμενόμενη ποσότητα τους στο υπό μελέτη τουριστικό συγκρότημα.

4.7.1 Απόβλητα Εκσκαφών

Περιλαμβάνουν πρωτογενή χώματα εκσκαφών, άμμο, χαλίκι, πέτρες, πετρώματα και άργιλο. Τα άχρηστα υλικά εκσκαφών παράγονται σχεδόν σε κάθε κατασκευαστική δραστηριότητα, ιδιαίτερα στις υπόγειες κατασκευές και σε έργα της γεωτεχνικής μηχανικής και αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των αποβλήτων από οικοδομικές και άλλες συναφείς δραστηριότητες. Η σύσταση των υλικών από εκσκαφές εξαρτάται σημαντικά από τα τοπικά γεωλογικά δεδομένα και από το είδος της κατασκευής.

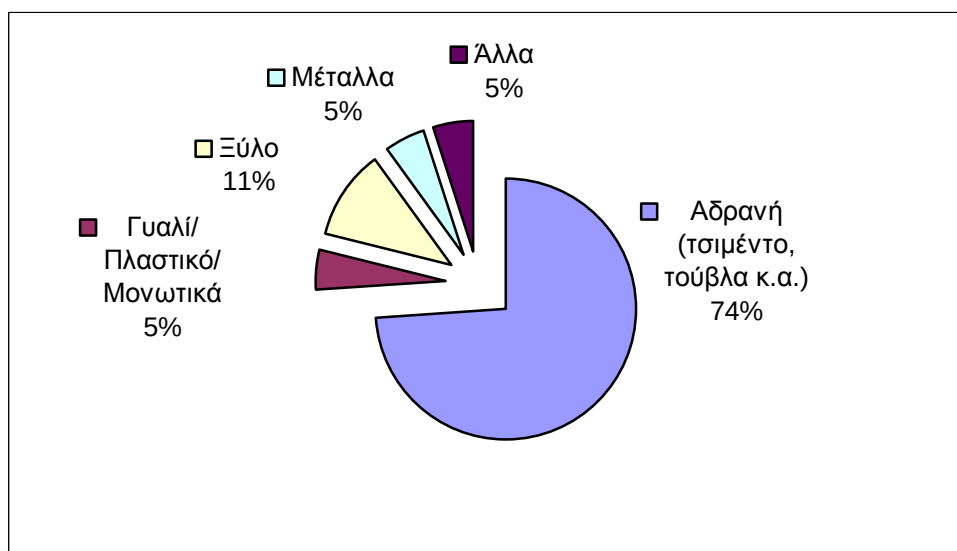
4.7.2 Απόβλητα Κατασκευών

Τα υλικά αυτά είναι χώματα, χαλίκι, υλικά κατασκευής συστημάτων απορροής υδάτων, θραύσματα ή τμήματα από μπετόν (σκυρόδεμα), επιχρίσματα, τούβλα, πλάκες επιστρώσεως πλακάκια, γύψος, άμμος, πέτρες και άλλα. Η σύσταση των υλικών αυτών ποικίλει ανάλογα με το είδος, τη μορφή, τη χρήση, το μέγεθος και το κυρίαρχο υλικό της κατασκευής. Επίσης, δύνανται να περιέχουν μέταλλα, χρώματα, κόλλες, ρητίνες, μονωτικά υλικά, διαλύτες κλπ. (Λοϊζίδου, 2006).

Τα απόβλητα από κατασκευές χωρίζονται συνοπτικά στις εξής κατηγορίες:

- Κατεστραμμένα υλικά
- Υλικά που δεν χρησιμοποιήθηκαν
- Υλικά συσκευασίας
- Άλλα βοηθητικά υλικά

Στο σχήμα 4.9 που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση σύσταση των αποβλήτων εκσκαφών κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ).



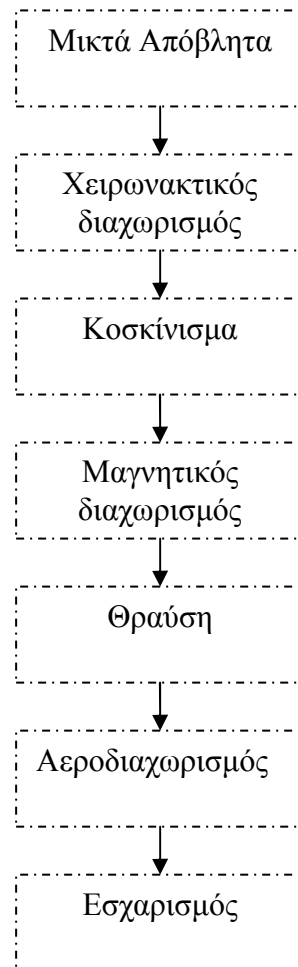
Σχήμα 4.9 Μέση σύσταση των ΑΕΚΚ (European Topic Center On Waste, 2002)

4.7.3 Επεξεργασία ΑΕΚΚ

Τα απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις περιλαμβάνουν ποικίλα υλικά. Ένα μέρος αυτών των υλικών μπορεί με κατάλληλο διαχωρισμό να επαναχρησιμοποιηθεί ή να ανακυκλωθεί. Το αδρανές μίγμα (τούβλα, πλακάκια κ.λπ.) δύναται να οδηγηθεί σε ειδικούς θραυστήρες και να αξιοποιηθεί ως υποκατάστατο πρώτης ύλης. Άλλα υλικά όπως ξύλα μπορούν να αποτεφρωθούν με παράλληλο ενεργειακό κέρδος, ενώ ένα μικρό ποσοστό δεν μπορεί να αξιοποιηθεί και πρέπει αφού υποστεί επεξεργασία να οδηγηθεί σε ειδικούς χώρους υγειονομικής ταφής. Όσον αφορά στην τεχνική της ανακύκλωσης, αυτή βρίσκει ευρεία εφαρμογή στον τομέα κατασκευής και συντήρησης δρόμων όπου σε κάποιες χώρες το ποσοστό ανακύκλωσης αγγίζει το 100%.

Το μίγμα των απόβλητων από κατασκευές και κατεδαφίσεις υφίσταται χειροδιαλογή προτού οδηγηθεί στο μαγνητικό διαχωριστή και στο κόσκινο για πρώτη φορά. Ακολουθεί εκ νέου διαχωρισμός για την απομάκρυνση των πλαστικών, ξύλων, χαρτιών και των μη σιδηρούχων μεταλλικών αποβλήτων. Τα μικτά απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις οδηγούνται στη συνέχεια σε ειδικούς θραυστήρες με σιαγόνες (jaw crusher) και ακολούθως σε μαγνητικό διαχωριστή πριν περάσουν από τον διαχωριστή (air separator) ο οποίος απομακρύνει τα ελαφρά υλικά (μικρά

κομμάτια χαρτιού και πλαστικού) που δεν απομακρύνθηκαν με τον προηγούμενο διαχωρισμό και το κλάσμα των αδρανών υλικών 0-4mm. Το κλάσμα των 4-45mm δύναται να κοσκινιστεί με τη ίδια διαδικασία που περιγράφηκε για τα πλακάκια τα τούβλα και το σκυρόδεμα. Κάποιες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις διαθέτουν ακόμα και μονάδες κομποστοποίησης και επεξεργασίας ξύλου. Στο σχήμα 4.10 που ακολουθεί απεικονίζεται η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω.



Σχήμα 4.10 Διαδικασία επεξεργασίας

4.7.4 Επαναχρησιμοποίηση υλικών

Ορισμένα υλικά που υπάρχουν στα απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Λόγω του ότι είναι απαραίτητος ο προσεκτικός διαχωρισμός, η ταυτοποίηση καθώς και ο έλεγχος των υλικών που προκύπτουν, το κόστος ανάκτησης υλικών χαμηλής αξίας όπως τούβλα και πλακάκια

είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερο από αυτό της αγοράς νέων υλικών. Συνεπώς, η επαναχρησιμοποίηση υλικών χαμηλής αξίας δεν προτιμάται, σε αντίθεση με προϊόντα υψηλότερης αξίας όπως διάφορα μέταλλα και η ξυλεία τα οποία ανακτώνται σε μεγαλύτερο βαθμό.

Τμήματα ξυλείας (δοκάρια υποστήριξης στέγης, πόρτες κλπ) συχνά επαναχρησιμοποιούνται. Τροχοπέδη στην επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση της ξυλείας, αποτελεί το γεγονός ότι συνήθως έχει ρυπανθεί από πολλά υλικά όπως βίδες, καρφιά, μπογιές και συντηρητικά

Υπάρχουν δύο διαδεδομένες μέθοδοι για την ανακύκλωση των υλικών κατασκευής του οδοστρώματος. Η μέθοδος της επιτόπιας ανακύκλωσης στο χώρο αποκατάστασης του δρόμου (*in situ*) και η μέθοδος της ανακύκλωσης σε κεντρική εγκατάσταση παραγωγής ασφαλτομίγματος (*ex situ*). Διευκρινίζεται ότι καμία από τις δύο μεθόδους δεν παρέχει διαχωρισμό των υλικών του ασφαλτικού οδοστρώματος στα δύο βασικά του συστατικά την άσφαλτο και τα αδρανή, καθώς και οι δύο βελτιώνουν απευθείας το αρχικό υλικό. Για την επιλογή της μεθόδου ανακύκλωσης, γίνεται δειγματοληψία του παλαιού υλικού του ασφαλτοτάπητα και με εργαστηριακές εξετάσεις καταγράφονται τα χαρακτηριστικά του.

Όσον αφορά στις δύο πρώτες κατηγορίες, οι ποσότητες των αποβλήτων μπορούν να περιορισθούν με καλύτερο έλεγχο στη διαχείριση των αποθεμάτων και την αρτιότερη εκπαίδευση των εργαζομένων, με στόχο τη μείωση πρόκλησης φθορών στα δομικά υλικά. Η θέσπιση ενός εσωτερικού δικτύου ώστε τα υλικά που περισσεύουν να επιστρέφονται στον παροχέα ή να μεταφέρονται σε άλλο κατασκευαστικό χώρο μπορεί να είναι επίσης χρήσιμη. Η έλλειψη οργάνωσης σε αυτό τον τομέα έχει ως αποτέλεσμα την απόθεση υλικών από κατασκευές καλής ποιότητας, ως μικτά απόβλητα κατασκευών σε χώρους διάθεσης.

4.7.5 Πλαίσιο διαχείρισης των ΑΕΚΚ στην Ελλάδα

Όσον αφορά στην υφιστάμενη διαχείριση των αδρανών αποβλήτων στην Ελλάδα, δεν υπάρχει ένα οργανωμένο δίκτυο συλλογής και αξιοποίησης των υλικών που περιέχονται στα απόβλητα αυτά. Οι ενέργειες αξιοποίησης που λαμβάνουν χώρα χαρακτηρίζονται αποσπασματικές και έγκεινται στην δραστηριότητα των εργολάβων που έχουν αναλάβει τα αντίστοιχα έργα. Αξιοποιούνται κυρίως χρήσιμα υλικά όπως καλώδια, κουφώματα, γυαλιά, ενώ το ρεύμα των αδρανών χρησιμοποιείται σε άλλα

έργα για εργασίες επιχωματώσεων και για την αποκατάσταση παλαιών λατομείων. Οι ποσότητες που δεν αξιοποιούνται οδηγούνται σε ένα μικρό ποσοστό είτε σε ΧΥΤΑ, είτε σε χωματερές, ενώ μεγάλες ποσότητες απορρίπτονται ανεξέλεγκτα σε ρέματα, σε παλαιά λατομεία και εν γένει στο φυσικό περιβάλλον.

Η Οδηγία της Ε.Ε. (1999/31) απαγορεύει τη διάθεση αδρανών υλικών και εν γένει μάζων στους ΧΥΤΑ και επιβάλλει τη διάθεση τους σε ανεξάρτητους χώρους ταφής αδρανών. Επιπροσθέτως ο Νόμος «περί ίδρυσης Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων» περιλαμβάνει και τα υλικά κατεδάφισης στην κατηγορία «άλλα προϊόντα» και προβλέπει την έκδοση του αντίστοιχου προεδρικού διατάγματος. Κατά αναλογία με τα αντίστοιχα προεδρικά διατάγματα που έχουν εκδοθεί (ελαστικά, ΑΗΗΕ), οι παραγωγοί των ΑΕΚΚ οφείλουν να συστήσουν ή ίδιοι ή να συμμετέχουν σε συλλογικά συστήματα διαχείρισης. Πριν από την έναρξη των εργασιών που αφορούν εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις, οι διαχειριστές ΑΕΚΚ υποχρεούνται να υποβάλλουν στοιχεία σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων που θα παραχθούν από τη δραστηριότητά τους, παρέχοντας πληροφορίες για τον τόπο και τη δραστηριότητα από όπου προέκυψαν τα απόβλητα, τη συνολική ποσότητα που εκτιμάται ότι θα παραχθεί, την ποσότητα που θα αξιοποιηθεί και το μη αξιοποιήσιμο υπόλειμμα που θα οδηγηθεί προς ταφή.

4.7.6 Υπολογισμός παραγόμενων ποσοτήτων αποβλήτων κατασκευής και εκσκαφής

Για την εκτίμηση της ποσότητας των αποβλήτων εκσκαφής και κατασκευής (ΑΕΚ) χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο υπολογισμού που έχει αναπτύξει η Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, βάσει ανάλυσης στατιστικών στοιχείων που περιέχει.

Οι παράμετροι που λαμβάνει υπόψη το μοντέλο για την εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων των ΑΕΚ είναι:

- Επιφάνεια νέων κατασκευών και προσθηκών / επεκτάσεων
- Εκτίμηση όγκου παραγόμενων ΑΕΚ ανά 100 m²
- Πυκνότητα αποβλήτων (σχέση όγκου / βάρους)

Αποβλήτα κατασκευής

Η παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων κατασκευής υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$CW = [NC + EX] * VW * D$$

όπου:

CW: Αποβλήτα κτηριακών κατασκευών σε τόνους

NC: Εμβαδόν νέων κατασκευών

EX: Προσθήκες σε υφιστάμενες οικοδομές

VW: Όγκος παραγόμενου αποβλήτου ανά εμβαδόν νέας οικοδομής

D: Πυκνότητα αποβλήτου

Από βιβλιογραφικά δεδομένα (Κανελλοπούλου κ.α., 2009) , ο όγκος παραγόμενου αποβλήτου ανά εμβαδόν νέας οικοδομής (VW) λαμβάνεται ίσος με $0.06 \text{ m}^3/\text{m}^2$ και η πυκνότητα αποβλήτου κατασκευής (D), ίση με 1.6 t/m^3 .

Με δεδομένες τις επιφάνειες των ξενοδοχείων και των κατοικιών στις τρεις φάσεις κατασκευής του έργου, είναι εφικτός ο υπολογισμός των αποβλήτων κτηριακών κατασκευών σε τόνους.

Πίνακας 4.11 Επιφάνειες ξενοδοχείων και κατοικιών σε m^2 , ανά φάση κατασκευής

Έτος	Ξενοδοχεία	Κατοικίες	Σύνολο
2014	26392	43517	69909
2018	64569	151068	215637
2039	64569	632124	696693

Στους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη οι νέες κατασκευές. Συνεπώς, στα έτη 2018 και 2039 δεν θα συμπεριληφθούν οι επιφάνειες που κατασκευάστηκαν το 2014.

Πίνακας 4.12 Επιφάνειες (m^2) των νέων κατασκευών που έγιναν σε ξενοδοχεία και κατοικίες, ανά έτος κατασκευής

Έτος	Ξενοδοχεία	Κατοικίες	Σύνολο
2014	26392	43517	69909
2018	38177	107551	145728
2039	0	481056	481056

Θεωρούμε $NC = 0$, δηλαδή για το κάθε έτος που μελετάται δεν θα υπάρχει προσθήκη σε υφιστάμενες μονάδες. Αυτό σημαίνει ότι το 2014 θα κατασκευαστούν 43517 m^2 για κατοικίες χωρίς να γίνει άλλη προσθήκη τον ίδιο χρόνο. Έπειτα, το 2018 θα κατασκευαστούν άλλα 107551 m^2 χωρίς να συνεπάγεται ότι αυτά τα τετραγωνικά θα αποτελούν προσθήκη σε υφιστάμενες μονάδες.

Συνεπώς, η παραγόμενη ποσότητα σε τόνους, για τρεις φάσεις του έργου είναι:

Πίνακας 4.13 Παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων κατασκευής σε τόνους για τις τρεις φάσεις δημιουργίας του έργου

Έτος	CW (t)
2014	6711.3
2018	20701.1
2039	66882.5

Απόβλητα εκσκαφής

Η εξίσωση για τα απόβλητα εκσκαφών είναι:

$$EW = ND * ES * ED * D$$

όπου:

EW: Απόβλητα εκσκαφών σε τόνους

ND: Αριθμός αδειών νέων κατασκευών

ES: Μέση επιφάνεια εκσκαφής

ED: Μέσο βάθος εκσκαφής

D: Πυκνότητα παραγόμενου αποβλήτου

Από βιβλιογραφικά δεδομένα (Κανελλοπούλου κ.α., 2009), η μέση επιφάνεια εκσκαφής (ES) λαμβάνεται ίση με 130 m^2 , το μέσο βάθος εκσκαφής (ED) ίσο με 3 m και η πυκνότητα αποβλήτου εκσκαφής (D), ίση με 1.4 t/m^3 .

Με δεδομένο των αριθμό των μονάδων που θα κατασκευαστούν (πίνακας 4.14), είναι εφικτός ο υπολογισμός των αποβλήτων εκσκαφής σε τόνους.

Πίνακας 4.14 Αριθμός μονάδων προς κατασκευή

Ξενοδοχεία και άλλες μονάδες			
Έτος	2014	2018	2039
Ξενοδοχεία	1	3	3
Επενδυτικές μονάδες	225	375	375
Άλλες μονάδες	0	0	143
Κατοικίες	175	825	4975
Σύνολο	401	1203	5496

Καθώς μας ενδιαφέρει ο αριθμός των νέων αδειών, για τα έτη 2018 και 2039 θα αφαιρεθούν οι προϋπάρχουσες μονάδες.

Συνεπώς καταλήγουμε στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.15 Επιφάνειες (m²) των νέων κατασκευών που έγιναν σε ξενοδοχεία και κατοικίες, ανά έτος κατασκευής

Έτος	2014	2018	2039
Ξενοδοχεία	1	2	0
Επενδυτικές μονάδες	225	150	0
Άλλες μονάδες	0	0	143
Κατοικίες	175	650	4150
Σύνολο	401	802	4293

Επομένως η παραγόμενη ποσότητα για τις τρεις φάσεις του έργου είναι:

Πίνακας 4.16 Παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων εκσκαφής

Έτος	CW (t)
2014	218946
2018	437892
2039	2343978

Ακολουθεί ενδεικτική πρόταση διαχείρισης των παραγόμενων ποσοτήτων αποβλήτων εκσκαφής και κατασκευής.

4.7.7 Ενδεικτική πρόταση διαχείρισης των αποβλήτων εκσκαφής και κατασκευής της τουριστικής εγκατάστασης

Υλικά εκσκαφών από την τουριστική εγκατάσταση βάσει και της γεωμορφολογίας της περιοχής (παράγραφος 2.2) είναι κυρίως χώματα, χαλίκι, πέτρες και πετρώματα. Τα υλικά κατασκευών συνίστανται κατά κύριο λόγο από χώματα, χαλίκι, θραύσματα ή τμήματα από μπετόν (σκυρόδεμα), υλικά κατασκευής συστημάτων απορροής υδάτων, επιχρίσματα, τούβλα, ξυλεία, πλάκες επιστρώσεως, άμμος, πέτρες, μονωτικά υλικά, μέταλλα.

Όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση των υλικών, προτείνεται η ανάκτηση ξυλείας, μετάλλων, πετρών και των υλικών κατασκευής των δρόμων ύστερα από κατάλληλο διαχωρισμό. Ειδικότερα για τις πέτρες λόγω της αφθονίας τους και της καλής τους ποιότητας (παράγραφος 2.2) μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμο υλικό στην κατασκευαστική δραστηριότητα της εγκατάστασης δεδομένου ότι σε μεγάλο ποσοστό τα οικήματα θα είναι πέτρινα.

Τα χαμηλής αξίας υλικά όπως τούβλα και πλακάκια είναι προτιμότερο να οδηγηθούν σε ειδικούς θραυστήρες με σκοπό την αξιοποίησή τους ως υποκατάστατο πρώτης ύλης. Στα υπόλοιπα υλικά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο και δεν έχουν οδηγηθεί σε επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση προτείνεται η ταφή τους σε ειδικούς χώρους υγειονομικής ταφής.

Μέχρι σήμερα τα υποψήφια συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΕΚΚ που έχουν αξιολογηθεί θετικά για την χορήγηση Πιστοποιητικού Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΠΕΔ) καλύπτουν γεωγραφικά τις Περιφέρειες Αττικής και Κεντρικής Μακεδονίας και τους Νομούς Λάρισας, Σάμου, Λακωνίας & Μεσσηνίας, οι οποίες δεν καλύπτουν την υπό μελέτη περιοχή (<http://www.minenv.gr>).

4.8 Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)

Τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά απόβλητα περιλαμβάνουν ένα πλατύ και αναπτυσσόμενο εύρος ηλεκτρονικών συσκευών που ποικίλουν από μεγάλες οικιακές συσκευές όπως ψυγεία, κλιματιστικά, κινητά τηλέφωνα, ηχοσυστήματα και αναλώσιμα ηλεκτρονικά μέχρι υπολογιστές και τα οποία έχουν απορριφθεί από τους

χρήστες τους. Αυτό που καθιστά «απόβλητο» την όποια συσκευή δεν είναι τόσο ο τόπος στον οποίο βρίσκεται όσο η ένδειξη ολοκλήρωσης του κύκλου της ωφέλιμης ζωής της (Γκαϊντατζής κ.α., 2009).

Τα είδη του Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού κατατάσσονται, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή και την Ελληνική νομοθεσία, στις παρακάτω 10 διακριτές κατηγορίες προϊόντων (Γκαϊντατζής κ.α., 2009):

1. Μεγάλες οικιακές συσκευές
2. Μικρές οικιακές συσκευές
3. Εξοπλισμός τεχνολογιών της πληροφορίας και της τηλεπικοινωνίας
4. Καταναλωτικά αγαθά
5. Φωτιστικά είδη
6. Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρουμένων των μεγάλης κλίμακας στατικών βιομηχανικών εργαλείων)
7. Παιχνίδια και εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού
8. Ιατροτεχνολογικά προϊόντα (εξαιρουμένων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων)
9. Όργανα ελέγχου και ρύθμισης
10. Αυτόματοι πωλητές

Διάφορες μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της ποσότητας των ΑΗΗΕ που παράγονται σε κάθε χώρα. Κάθε μέθοδος χρησιμοποιεί διαφορετικές υποθέσεις και παραμέτρους για την εκτίμηση των ΑΗΗΕ και πιο συγκεκριμένα (EPA, 2001):

- **Μέθοδος εφοδιασμού αγοράς (Market supply method):** Υπολογίζει τα ΑΗΗΕ χρησιμοποιώντας τη μέση διάρκεια ζωής των προϊόντων ΗΗΕ και στοιχεία πωλήσεων
- **Μέθοδος εφοδιασμού αγοράς Α (Market supply A method):** Παρόμοια την προηγούμενη μέθοδο με τη διαφορά ότι χρησιμοποιεί στατιστική κατανομή για την εκτίμηση της μέσης διάρκειας ζωής των προϊόντων ΗΗΕ
- **Μέθοδος Stanford (Stanford method):** Παρόμοια με τη μέθοδο εφοδιασμού αγοράς, αλλά συνεκτιμά και τη διαφοροποίηση της μέσης διάρκειας ζωής των προϊόντων ΗΗΕ και ιδιαίτερα των προϊόντων του τομέα πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (PC's)

- **Μέθοδος Carnegie Mellon:** Τροποποιημένη εκδοχή της μεθόδου εφοδιασμού αγοράς η οποία λαμβάνει υπόψη τη διαχείριση των προϊόντων ΗΗΕ στο τέλος κύκλου ζωής τους.
- **Μέθοδος χρονικών βημάτων (time step method):** Υπολογίζει τα παραγόμενα ΑΗΗΕ χρησιμοποιώντας στοιχεία πωλήσεων από τον ιδιωτικό αλλά και βιομηχανικό τομέα και την αρχή διατήρησης της μάζας
- **Προσεγγιστική μέθοδος (Estimate Method):** Απλοποιημένη εκδοχή της μεθόδου εφοδιασμού αγοράς
- **Μέθοδος ICER:** Υπολογίζει τα ΑΗΗΕ εκτιμώντας των αριθμό παλαιών προϊόντων που αντικαθίστανται από καινούρια

Όπως αναφέρθηκε κάθε μέθοδος χρησιμοποιεί διαφορετικές παραμέτρους οι οποίες περιγράφονται ακολούθως (EPA, 2001):

- Μέση διάρκεια ζωής (average lifetime): Ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος που καθορίζεται από τη συμπεριφορά των καταναλωτών και τις κοινωνικές συνθήκες της κάθε χώρας
- Συντελεστής διείσδυσης στα νοικοκυριά (household penetration): Πρόκειται για τον αριθμό συσκευών που κάθε νοικοκυριό διαθέτει (στοιχεία διατηρούν οι εταιρίες έρευνας αγοράς)
- Πληθυσμός και αριθμός νοικοκυριών: Απαραίτητα στοιχεία για την εκτίμηση της συνολικής ποσότητας των ΑΗΗΕ
- Συντελεστής διείσδυσης για τη βιομηχανία (industrial penetration) : Συνήθως στοιχεία για αυτή την παράμετρο υπάρχουν μόνο για τους Η/Υ και για τα υπόλοιπα προϊόντα γίνονται υποθέσεις
- Μέσο βάρος (average weight): Η εκτίμηση αυτής της παραμέτρου πραγματοποιείται με βάση στοιχεία από προηγούμενες μελέτες ή στοιχεία κατασκευαστών

4.8.1 Ενδεικτικοί υπολογισμοί των ΑΗΗΕ της εγκατάστασης

Ακολούθως επιχειρείται ενδεικτικός υπολογισμός της ποσότητας ΑΗΗΕ από την εγκατάσταση χρησιμοποιώντας την Προσεγγιστική Μέθοδο (Estimate Method).

Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και ως μέθοδος “Κατανάλωσης και Χρήσης” χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της ποσότητας των ΑΗΗΕ στην Ολλανδία καθώς και στη Γερμανία και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Σαξωνίας (EPA, 2001). Ακολουθεί η εξίσωση που χρησιμοποιεί η προσεγγιστική μέθοδος.

Παραγωγή ΑΗΗΕ= απόθεμα νοικοκυριών/ μέση διάρκεια ζωής

Όπου, απόθεμα νοικοκυριών= αριθμός νοικοκυριών* συντελεστής διείσδυσης νοικοκυριών ή πληθυσμός/μέσο μέγεθος νοικοκυριών* συντελεστής διείσδυσης νοικοκυριών/100

Θεωρούνται οι παραδοχές :

- Έτος βάσης : 2039. Το 2039 θα έχει ολοκληρωθεί όλη η οικοδόμηση της εγκατάστασης και θα μπορεί να φιλοξενήσει τον μέγιστο αριθμό ατόμων (18674).
- Ο ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός που θα εκτιμηθεί αφορά: ψυγεία, ηλεκτρικές κουζίνες, κλιματιστικά, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τηλεοράσεις.
- Οι κατοικίες φιλοξενούν 3 άτομα και τα ξενοδοχεία περιλαμβάνουν δίκλινα δωμάτια.
- Σε κάθε κατοικία υπάρχει 1 τηλεόραση, 1 ηλεκτρ. κουζίνα, 1 ψυγείο, 1 ηλεκτρονικός υπολογιστής και 3 κλιματιστικά (για την παραδοχή του αριθμού κλιματιστικών ανά άτομο βλ. και παράγραφο 6.5.1).
- Κάθε δωμάτιο ξενοδοχείου διαθέτει 1 τηλεόραση, 1 ψυγείο, 1 ηλεκτρονικό υπολογιστή και 2 κλιματιστικά. Δεδομένου ότι εκτός των δωματίων τα ξενοδοχεία διαθέτουν μεγάλους χώρους ψυχαγωγίας, εστίασης και άλλων δραστηριοτήτων η παραδοχή για τον αριθμό των κλιματιστικών θεωρείται λογική.
- Η μέση διάρκεια ζωής του εξοπλισμού είναι: τηλεόραση 5 χρόνια, ηλεκτρ. κουζίνα 10 χρόνια, ψυγείο 10 χρόνια, κλιματιστικό 12 χρόνια και ηλεκτρονικός υπολογιστής 3 χρόνια. Για την Προσεγγιστική Μέθοδο χρησιμοποιείται μέσος όρος όλου του εξοπλισμού που στην περίπτωση μας είναι 8 χρόνια (Robinson, 2009).

Σχετικά με την εκτίμηση για τη μέση διάρκεια ζωής του εξοπλισμού θεωρείται ότι κινείται στα λογικά πλαίσια αν ληφθεί υπόψη ότι:

-Ένας Η/Υ θεωρείται ξεπερασμένος τεχνολογικά μετά την πάροδο 5 ετών αλλά ελάχιστο ποσοστό καταλήγει σε χώρους διάθεσης σε διάστημα 5ετίας. Η πλειοψηφία των Η/Υ απορρίπτεται από τον καταναλωτή 8-11 χρόνια μετά την αγορά τους (ΕΡΑ, 2001).

Επομένως, από τα δεδομένα του πίνακα 2.5 της παραγράφου 2.6 έχουμε 16479 άτομα μπορούν να φιλοξενηθούν στις κατοικίες το 2039. Διαιρώντας δια τρία (3 άτομα ανά κατοικία) προκύπτει ο αριθμός των νοικοκυριών 5493. Αντίστοιχα για τα ξενοδοχεία, από τον ίδιο πίνακα διαιρώντας τον αριθμό των ατόμων δια δύο (2 άτομα ανά δωμάτιο) προκύπτουν 1098 δωμάτια.

Με βάση τις παραδοχές για τον αριθμό συσκευών ανά δωμάτιο ξενοδοχείου και ανά κατοικία ο συντελεστής διείσδυσης των κατοικιών είναι 7 και των ξενοδοχείων 5.

Άρα αξιοποιώντας τις εξισώσεις της Προσεγγιστικής Μεθόδου:

Αποθέματα των ξενοδοχείων είναι $1098 \cdot 5 = 5490$ μονάδες εξοπλισμού

Αποθέματα των κατοικιών είναι $5493 \cdot 7 = 38451$ μονάδες εξοπλισμού

Παραγωγή ΑΗΗΕ = $(5490+38451)/8 = 5493$ μονάδες / έτος

Τα απόβλητα ΑΗΗΕ μπορούν να οδηγούνται σε μία από τις 7 μονάδες επεξεργασίας ΑΗΗΕ που λειτουργούν σε όλη τη χώρα. Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται είναι η πλήρης αποσυναρμολόγηση και η επιλεκτική απομάκρυνση των στοιχείων που απαιτεί η νομοθεσία. Η απορρύπανση των ψυγείων (ανάκτηση του χλωροφθοράνθρακα, CFC) επιτυγχάνεται με εξειδικευμένες σταθερές μονάδες (<http://www.minenv.gr>).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Διαχείριση υγρών αποβλήτων και σενάρια διαχείρισης υδάτων

5.1 Υγρά απόβλητα

Τα υγρά απόβλητα προέρχονται στην ουσία από το νερό που τροφοδοτείται σε έναν οικισμό, αφού πρώτα χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα εφαρμογών. Ανάλογα με την πηγή προέλευσης, τα υγρά απόβλητα ορίζονται ως το σύνολο των υγρών απορροών ή των ρύπων που μεταφέρονται από την υγρή φάση και απομακρύνονται από κατοικίες, ιδρύματα, εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μαζί με υπόγεια ύδατα, επιφανειακά νερά και όμβρια ύδατα που πιθανώς να υπάρχουν στην περιοχή.

Ας διασαφηνιστεί σε αυτό το σημείο και ο όρος ιλύς που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τα εναπομείναντα υλικά που παράγονται κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων (Metcalf & Eddy, 2003).

5.2 Κατηγοριοποίηση

Τα απόβλητα που καταλήγουν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με την προέλευσή τους σε (Metcalf & Eddy, 2003):

- Αστικά απόβλητα που προέρχονται από σπίτια, γραφεία, σχολεία, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κτλ.
- Βιομηχανικά απόβλητα, τα οποία διοχετεύονται από τις βιομηχανίες και τις βιοτεχνίες στο αποχετευτικό σύστημα χωρίς επεξεργασία ή μετά από μερική επεξεργασία.
- Επιφανειακά νερά απορροής, τα νερά της βροχής μαζί με τα προϊόντα έκπλυσης των δρόμων τα οποία καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα.
- Νερά που εισρέουν στο αποχετευτικό σύστημα λόγω της μη απόλυτης στεγανότητάς του και που προέρχονται από τον υδροφόρο ορίζοντα μαζί με τα νερά επιφανειακής απορροής.

Ως αστικά λύματα καθορίζονται τα υγρά οικιακά απόβλητα στα οποία περιέχονται και υγρά απόβλητα από ιδρύματα, όπως νοσοκομεία, υπηρεσίες και λοιπά. Τα λύματα αυτά περιέχουν αιωρούμενες και διαλυτές ανόργανες και οργανικές ουσίες που προέρχονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και από την ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται. Η σύσταση και η πυκνότητα των λυμάτων εξαρτάται

από τις τοπικές συνήθειες των κατοίκων, την κατανάλωση του νερού στη περιοχή μελέτης, την εποχή, την ημερήσια διακύμανση κτλ. .

Τα βιομηχανικά απόβλητα απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα (Rowe and Abdel-Magid, 1995).

5.3 Προέλευση, ποσότητα και ποιότητα των υγρών οικιακών αποβλήτων

Τα οικιακά υγρά απόβλητα προέρχονται, κυρίως, από τη χρήση του νερού ύδρευσης και έτσι η ημερήσια παροχή τους είναι δυνατόν να βασισθεί στις μετρήσεις της κατανάλωσης του νερού. Ένα ποσοστό της τάξεως του 80 – 90 % της οικιακής κατανάλωσης καταλήγει στην αποχέτευση. Το υπόλοιπο καταναλώνεται στην πόση, τη μαγειρική, το πότισμα των κήπων και σε άλλες χρήσεις, ενώ μια ποσότητα χάνεται λόγω της εξάτμισης. Η ποσότητα των παραγόμενων οικιακών αποβλήτων ανά άτομο διαφέρει τόσο μεταξύ των χωρών όσο και μεταξύ περιοχών της ίδιας χώρας, Έτσι λοιπόν, έχουν διαπιστωθεί ποσότητες που κυμαίνονται από 150 l/κάτοικο-ημέρα μέχρι και 500 l/κατ-ημ ανάλογα την περιοχή και τη χώρα (Διαλυνάς 1994, Metcal & Eddy 2003).

Οι βασικές ρυπαντικές παράμετροι των οικιακών λυμάτων είναι:

- Αιωρούμενα στερεά (Suspended Solids-TSS)
- Οργανικό φορτίο (το οποίο προσδιορίζεται με τις παραμέτρους COD και BOD₅)
- Ενώσεις του αζώτου
- Ενώσεις του φωσφόρου
- Κολοβακτηρίδια

Τα αιωρούμενα στερεά μαζί με τα διαλυμένα στερεά (Dissolved Solids, DS) αποτελούν τα ολικά στερεά (Total Solids, TS). Τόσο τα αιωρούμενα όσο και τα ολικά στερεά διακρίνονται σε πτητικά (Volatile Solids, VS) και σταθερά (Fixed Solids, FS). Τα πτητικά είναι αυτά που αεριοποιούνται σε θερμοκρασία 550 °C και αντιπροσωπεύουν κυρίως τα οργανικά στερεά ενώ τα σταθερά είναι το υπόλειμμα της καύσης και αποτελούνται από ανόργανα στερεά (Χαραλάμπους, 2007).

Όπως και στην περίπτωση της ποσότητας των οικιακών λυμάτων, η ποσότητά τους παρουσιάζει επίσης μία σχετική σταθερότητα. Συγκεκριμένα τα

ποσοτικά τους χαρακτηριστικά μπορούν να εκτιμηθούν ως εξής (Metcalf & Eddy 2003, Χαραλάμπους 2007):

- Βιοαποδομήσιμο οργανικό φορτίο, εκφρασμένο ως BOD_5 : 85 g/κατ-ημέρα
- Αιωρούμενα στερεά (Total Suspended Solids, TSS) : 95 g/κατ-ημέρα
- Ολικό άζωτο: 15-20% της τιμής του BOD_5 ή 9-12 g/κατ-ημέρα
- Ολικός φώσφορος : 4-5% της τιμής του BOD_5 ή 3-4 g/κατ-ημέρα
- Πτητικά αιωρούμενα στερεά (Volatile Suspended Solids, VSS): 70-80% των αιωρούμενων στερεών (SS).

5.4 Στάδια επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

Η επεξεργασία καθαρισμού των λυμάτων αποβλέπει στην απομάκρυνση, εξουδετέρωση ή κατάλληλη τροποποίηση των επιβλαβών χαρακτηριστικών τους, ώστε να εξαλειφθούν ή να ελαττωθούν σε αποδεκτό επίπεδο οι δυσμενείς για τον τελικό αποδέκτη (έδαφος, επιφανειακά νερά κλπ.) συνέπειες (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Τα βασικά στάδια καθαρισμού των αστικών λυμάτων είναι τρία: ο πρωτοβάθμιος ή μηχανικός καθαρισμός, ο δευτεροβάθμιος και ο τριτοβάθμιος ή προχωρημένος καθαρισμός. Το κάθε στάδιο μπορεί να περιλαμβάνει φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες απομάκρυνσης των διαφόρων ουσιών από τα απόβλητα. Στις φυσικές η απομάκρυνση γίνεται με την εκμετάλλευση των φυσικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων, στις χημικές γίνεται με την προσθήκη χημικών ουσιών και πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων και στις βιολογικές με κάποια βιολογική διεργασία (Μαρκαντωνάτος 1990, Στάμου και Βογιατζής 1994). Ο διαχωρισμός αυτός βέβαια είναι συμβατικός καθώς στην πράξη πολλές διεργασίες είναι δυνατόν να ανήκουν σε πολλά στάδια.

Ο πρωτοβάθμιος καθαρισμός περιλαμβάνει συνήθως εσχάρισμα (και αφαίρεση άμμου, σε περίπτωση που αυτή εμπεριέχεται στο εισερχόμενο προς επεξεργασία ρεύμα). Επίσης, πραγματοποιείται πρωτοβάθμια καθίζηση για την απομάκρυνση των αιωρούμενων οργανικών και ανόργανων στερεών. Το ρυπαντικό φορτίο (οργανικά, στερεά, μικρόβια) μπορεί να ελαττωθεί κατά μέσο όρο, από 35-50% (Μαρκαντωνάτος 1990, Metcalf & Eddy, 2003).

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία συνίσταται κυρίως σε βιολογική αποδόμηση των οργανικών ουσιών και στη συνέχεια απομάκρυνση των σχηματιζόμενων

αιωρημάτων με δευτεροβάθμια καθίζηση. Η ελάττωση του ρυπαντικού φορτίου (BOD_5 , αιωρούμενα στερεά, κολοβακτηριοειδή) κατά το δευτεροβάθμιο καθαρισμό (σε συνδυασμό με τον πρωτοβάθμιο) είναι κατά μέσο όρο της τάξης του 80-90%.

Η τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων, αφαιρεί σχεδόν όλο το ποσοστό των παθογόνων ουσιών κυρίως με χημικές αλλά και φυσικές ή βιολογικές διαδικασίες. Κύριος σκοπός είναι η αφαίρεση του φωσφόρου και του αζώτου είτε για την αντιμετώπιση κινδύνων ευτροφισμού -μεγάλη συγκέντρωση θρεπτικών σε υδάτινο αποδέκτη με δυσμενείς συνέπειες για τα ιχθυρά-, είτε και για επαναχρησιμοποίηση της τελικής απορροής για δευτερεύουσες χρήσεις (Χατζημπίρος 2003, Metcalf & Eddy, 2003).

Η απολύμανση (συνήθως με χλωρίωση) για την αντιμετώπιση των παθογόνων παραγόντων μπορεί να ελαττώσει το μικροβιακό φορτίο μέχρι και 99% (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται προτάσεις διάθεσης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων και ιλύος.

Πίνακας 5.1 Προτάσεις διάθεσης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και ιλύος (προσαρμογή από Μανδηλαρά, 2009)

Επεξεργασμένα υγρά λύματα		
Διάθεση σε υδάτινο αποδέκτη		Επαναχρησιμοποίηση (αξιοποίηση)
-Επιφανειακά νερά (πόσιμα, κολύμβησης) -Θαλάσσια νερά (κολύμβησης, ιχθυοκαλλιέργειες)		-Ιχθυοκαλλιέργειες -Άρδευση -Βιομηχανία
Επεξεργασμένη ιλύς		
Διάθεση		Επαναχρησιμοποίηση (αξιοποίηση)
-Θάλασσα -Χωματερή -Αποτέφρωση -Έδαφος		-Κομποστοποίηση (εδαφοβελτιωτικό) -Βιοαέριο -Πετρέλαιο

5.5 Η σημασία της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών αποβλήτων

Η έλλειψη νερού τα τελευταία χρόνια έχει οδηγήσει τη διεθνή κοινότητα στην προσπάθεια εξεύρεσης νέων πηγών νερού, όπως είναι τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, όταν αποφεύγεται η διάθεσή τους σε υδάτινους αποδέκτες, μπορούν να αξιοποιηθούν με διάφορους τρόπους, σημαντικότεροι των οποίων είναι η άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων με σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, η χρήση αυτών στην βιομηχανία και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων.

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων βιολογικών σταθμών, αποτελεί μία διεθνή πρακτική, η οποία βρίσκει εφαρμογή στα εδάφη, σε καλλιεργούμενες και προβληματικές εκτάσεις, σε εγκαταστάσεις και σε χρήσεις εντός των αστικών συγκροτημάτων (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Η εφαρμογή της προτεινόμενης επαναχρησιμοποίησης στην χώρα μας μέχρι σήμερα αφορά κυρίως την άρδευση εκτάσεων καλλιεργήσιμων και μη και αποτελεί έναν από τους πιο ενδεδειγμένους τρόπους επαχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων.

5.6 Εφαρμογές Επαναχρησιμοποίησης Υγρών Αποβλήτων

Η εφαρμογή του ανακτημένου νερού, στο σχεδιασμό και στην υλοποίηση της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης του νερού, καθορίζει την απαίτηση επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων για την προστασία της δημόσια υγείας και του περιβάλλοντος καθώς και το βαθμό αξιοπιστίας που απαιτείται για την μέθοδο και την λειτουργία της επεξεργασίας. Στη συνέχεια αναλύονται οι επτά κυριότερες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης των αστικών υγρών αποβλήτων (Metcalf & Eddy, 2003):

1. Άρδευση αγροτικών εκτάσεων. Αποτελεί την κυριότερη χρήση ανακτημένου νερού. Επίσης, προσφέρει σημαντικές προοπτικές και για μελλοντικές εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού.
2. Άρδευση πάρκων, γηπέδων γκολφ, κοινόχρηστων χώρων και ακάλυπτων χώρων γύρω από εμπορικά καταστήματα, γραφεία και βιομηχανίες.
3. Βιομηχανικές δραστηριότητες, κυρίως για ψύξη και ανάγκες διαφόρων διεργασιών. Το νερό ψύξης είναι η επικρατέστερη εφαρμογή βιομηχανικής επαναχρησιμοποίησης, το οποίο είτε σε πύργους ψύξης είτε σε δεξαμενές ψύξης αποτελεί την μεγαλύτερη απαίτηση πολλών βιομηχανιών σε νερό. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία βιομηχανικών χρήσεων, όπου εκτός από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, απαιτείται καλύτερη επεξεργασία για την εξασφάλιση κατάλληλης ποιότητας ανακτημένου νερού.
4. Ο εμπλουτισμός των υπόγειων νερών, είτε μέσω λεκανών διασποράς είτε με απευθείας έκχυση στον υπόγειο υδροφόρα. Ο εμπλουτισμός των υπογείων νερών σχετίζεται με την ενσωμάτωση του ανακτημένου νερού στο υπόγειο νερό, την αποθήκευση στον υπόγειο υδροφόρα, την δημιουργία υδραυλικού φράγματος για την παρεμπόδιση της διείσδυσης και ανάμιξης του θαλασσινού νερού με το γλυκό νερό των παράκτιων υδροφορέων.
5. Χρήσεις αναψυχής/περιβαλλοντικές. Περιλαμβάνει έναν αριθμό μη πόσιμων χρήσεων που σχετίζονται με δραστηριότητες που έχουν ως βάση το νερό, όπως

υγρότοποι αναψυχής, εμπλουτισμός υδροβιότοπων και ενίσχυση χειμάρρων. Η συλλογή του ανακτημένου νερού μπορεί να ενσωματωθεί στο χωροταξικό σχεδιασμό των αστικών περιοχών. Τεχνητές λίμνες, λεκάνες αποθήκευσης σε γήπεδα γκολφ και επιφανειακοί ταμιευτήρες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές τροφοδοσίας νερού. Η χρήση του ανακτημένου νερού σε υγροτόπους έχει εξυπηρετήσει διάφορους σκοπούς, όπως την δημιουργία υγροτόπου, την αποκατάσταση ενός υγροτόπου και τον εμπλουτισμό του οικοσυστήματος.

6. Χρήση μη πόσιμου νερού σε εφαρμογές όπως η πυρόσβεση, ο κλιματισμός, ο καθαρισμός τουαλετών και για οικοδομική χρήση. Τυπικά για οικονομικούς λόγους, αυτές οι χρήσεις καθίσταται δευτερεύουσες και εξαρτώνται από την απόσταση που βρίσκεται η μονάδα επεξεργασίας και ανάκτησης του νερού από το σημείο εφαρμογής και κατά πόσο μπορεί να συνδυασθεί η επαναχρησιμοποίηση του νερού με άλλη πιο διαδεδομένη εφαρμογή, όπως για άρδευση.
7. Χρήση για πόσιμο νερό, η οποία εφαρμόζεται μέσω ανάμιξης του ανακτημένου νερού με το ακατέργαστο πόσιμο ενός ταμιευτήρα πόσιμου νερού ή σπανιότερα, μέσω άμεσης διοχέτευσης του ανακτημένου νερού στο δίκτυο πόσιμου (επαναχρησιμοποίηση για πόσιμο νερό, «pipe – to – pipe»).

Σε όλες τις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων, βασικό ζήτημα προς εξέταση είναι η κατάλληλη επεξεργασία του ώστε να διαφυλαχθεί η δημόσια υγεία, η ποιότητα του εδάφους, των φυτών, του υπόγειου υδροφορέα και γενικά του τελικού αποδέκτη. Επιπλέον θέματα προς διερεύνηση ή περιορισμοί αποτελούν η επιφυλακτική αποδοχή εμπορευσιμότητας των καλλιεργειών από το ευρύ κοινό στην περίπτωση της άρδευσης αγροτικών εκτάσεων καθώς και θέματα υγείας σχετικά με τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών στη χρήση του ως πόσιμο νερό.

5.7 Απεριόριστη άρδευση -Νομοθετικό Πλαίσιο

Η χρήση της άρδευσης μέσω επεξεργασμένων λυμάτων εξετάζεται για το υπό μελέτη τουριστικό συγκρότημα και για το λόγο αυτό γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο.

Σύμφωνα με τους Διαλυνά (1994) και Ανδρεαδάκη (2009β), η απεριόριστη άρδευση αφορά σε είδη καλλιεργειών όπως λαχανικά, αμπέλια, ή καλλιέργειες των

οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά. Κατά την απεριόριστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι εφαρμογής του νερού, συμπεριλαμβανομένου και του καταιονισμού.

Από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) έχει ολοκληρωθεί η Κοινή Υπουργική Απόφαση «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις» που θεσπίζει τους όρους και τα μέτρα για ασφαλή επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Πιο συγκεκριμένα για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση αστικού πρασίνου ισχύει το άρθρο 6 μαζί με τους πίνακες 3, 4 και 6, στους οποίους αναφέρεται. Ο πίνακας 3 καθορίζει ως απαραίτητη επεξεργασία την βιολογική επεξεργασία, ακολουθούμενη από τριτοβάθμια επεξεργασία (π.χ. με μεμβράνες και απολύμανση με όζον).

Οι παραγόμενες συγκεντρώσεις των BOD₅ στην έξοδο της επεξεργασίας πρέπει να είναι μικρότερες ή ίσες με 10 mg/l για το 80% των δειγμάτων των SS μικρότερες ή ίσες του 2 mg/l για το 80% των δειγμάτων και οι τιμές θολότητας μικρότερες ή ίσες με 2 NTU ως διάμεση τιμή. Τα ολικά κολοβακτηρίδια να έχουν τιμή μικρότερη/ ίση από 2 (TC/100ml) για το 80% των δειγμάτων και μικρότερη/ ίση από 20 (TC/100ml) για το 95% των δειγμάτων. Στην τελικά παραγόμενη εκροή η συγκέντρωση αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερη από 2 και 15 mg/l αντίστοιχα.

5.8 Διαχείριση υδατικών πόρων μέσω επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων

Για τη διερεύνηση της βελτιστοποίησης της διαχείρισης των υδατικών πόρων θα εξεταστεί η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του γκρι νερού ή/ και του μαύρου νερού.

Στο γκρι νερό (greywater) περιλαμβάνονται τα λύματα τα οποία προέρχονται από τους οικιακούς νεροχύτες, το μπάνιο/ ντους, τα πλυντήρια ρούχων αλλά δεν περιλαμβάνονται τα απόβλητα της τουαλέτας (μαύρο νερό - blackwater). Κατά άλλους, στο μαύρο νερό συμπεριλαμβάνονται εκτός από τα απόβλητα τουαλέτας και τα απόβλητα του νεροχύτη της κουζίνας (Eriksson et al., 2002).

Περίπου το 50-80% των οικιακών υγρών αποβλήτων προέρχεται από την πλύση πιάτων, από το ντους, το νεροχύτη και τα πλυντήρια (Widiastuti et al., 2008).

5.9 Επαναχρησιμοποίηση γκρι νερού – προϋποθέσεις

Για την άμεση επαναχρησιμοποίηση του γκρι νερού ανακύπτουν θέματα σχετικά με την υγιεινή και τη νομιμότητά του. Ο κίνδυνος διάδοσης νοσημάτων εξαιτίας των μικροοργανισμών που υπάρχουν στα λύματα είναι μεγάλος σε περίπτωση άμεσης επαφής με το χέρι ή κατάποσης.

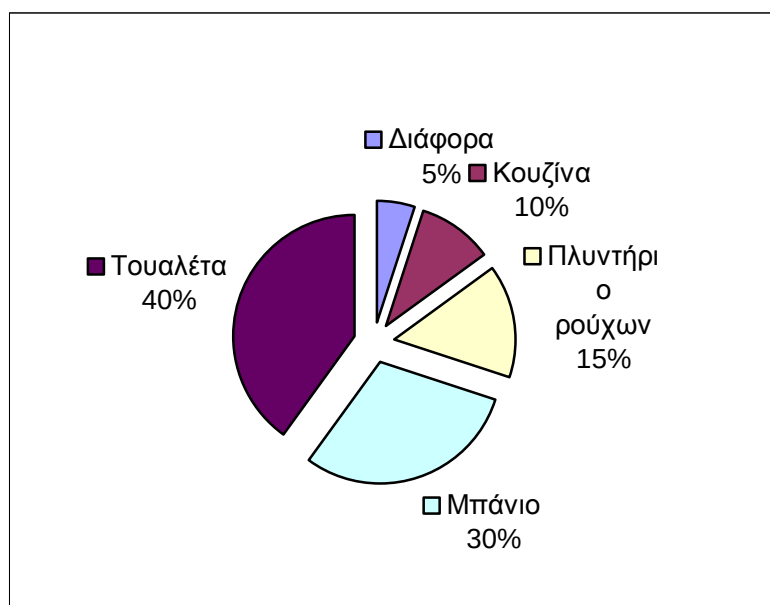
Ο κίνδυνος μόλυνσης του εδάφους και του υδάτινου αποδέκτη είναι ένα ακόμα πρόβλημα εξαιτίας της παρουσίας χημικών ουσιών στο γκρι νερό. Παράδειγμα τέτοιων ουσιών είναι τα φωσφορικά και οι ξενοβιοτικές οργανικές ενώσεις (XOC) που προέρχονται από τα χημικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στα σπίτια. (Eriksson, et al., 2002).

Ωστόσο, η επαναχρησιμοποίηση του γκρι νερού καθίσταται αποδεκτή κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας (Widiastuti et al., 2008). Τα προτεινόμενα στάδια επεξεργασίας καθώς και τα κριτήρια ποιότητας για επαναχρησιμοποίηση του γκρι νερού από διάφορες χώρες και οργανισμούς αναφέρονται σε επόμενες παραγράφους του ίδιου κεφαλαίου, στον πίνακα 5.4 και στο σχήμα 5.3 .

Μπορεί, συνεπώς, να επαναχρησιμοποιηθεί για χρήσεις όπως για το καζανάκι της τουαλέτας αλλά και για εξωτερικές χρήσεις – άρδευση κήπων, πάρκων, αγροτικών καλλιεργειών (Cristova-Boal et al., 1996).

Ιστορικά αναφέρεται ότι υπάρχουν 8 εκατομμύρια συστήματα διαχείρισης γκρι νερού στις ΗΠΑ, με 22 εκατομμύρια χρήστες. Σε διάστημα 60 χρόνων, δεν έχει καταγραφεί κανένα περιστατικό μόλυνσης ή διάδοσης παθογόνου νοσήματος. Συγκριτικά, 400 άνθρωποι στην Αμερική, δέχονται χτύπημα από κεραυνό κάθε χρόνο (<http://www.greywater.com>).

Η παραγωγή BOD από τα διάφορα σημεία μιας τυπικής κατοικίας 4 ατόμων φαίνεται στο Σχήμα 5.1, ενώ στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζεται η κατανομή των βασικών ρυπαντικών παραμέτρων μεταξύ «γκρι» και «μαύρου» νερού.



Σχήμα 5.1 Κατανομή παραγόμενου φορτίου BOD₅ ανά χρήση νερού (<http://www.greywater.com>)

Πίνακας 5.2 Κατανομή ρυπαντικού φορτίου μεταξύ γκρι και μαύρου νερού, g/κατ.ημ (Olsen et al, 1968)

Παράμετρος	Γκρι νερό	Μαύρο νερό	Σύνολο	% Γκρι	% Μαύρο
BOD ₅	25	20	45	56	44
COD	48	72	120	40	60
TS	77	53	130	59	41
SS	18	20	38	47	53
Ολικό N	1.1	11	12.1	9	91
Ολικός P	2.2	1.6	3.5	58	42
Κολοβακτηρίδια	83·10 ⁹	62·10 ⁹	145·10 ⁹	57	43
E-Coli	1.7·10 ⁹	3.8·10 ⁹	6·10 ⁹	36	64

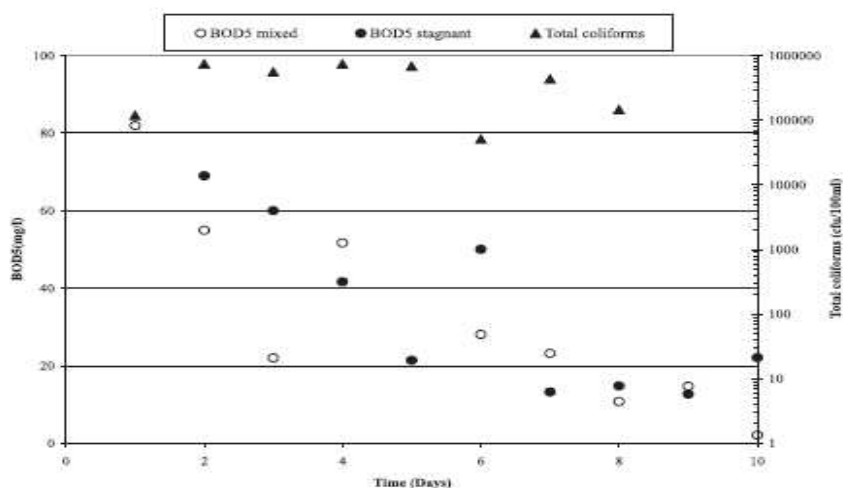
Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι το γκρι νερό έχει μειωμένο οργανικό φορτίο, σε σύγκριση με το φορτίο των τυπικών λυμάτων, αλλά έχει σημαντικό μικροβιακό φορτίο.

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων, από διάφορα σημεία παραγωγής τους τόσο σε μεμονωμένες κατοικίες όσο και σε οικιακά συγκροτήματα.

Πίνακας 5.3 Τυπική σύσταση γκρι νερού από διάφορες πηγές προέλευσης (Jeffrey et al., 1999)

	BOD₅ (mg/l)	COD (mg/l)	Θολότητα (NTU)	NH₃ (mg/l)	P (mg/l)	Ολικά Κολο/ειδή
Από νιπτήρα	109	263	-	9.6	2.58	-
Συνδυασμένο	121	371	69	1	0.36	-
Ένα άτομο	110	256	14	-	-	-
Μία οικογένεια	-	-	76.5	0.74	9.3	-
Πολυκατοικία	33	40	20	10	0.4	1·10 ⁶
Κολέγιο	80	146	59	10	-	-
Μεγάλο κολέγιο	96	168	57	0.8	2.4	5.2·10 ⁶

Στο Σχήμα 5.2 απεικονίζεται η μεταβολή των χαρακτηριστικών του γκρι νερού κατά τη διάρκεια αποθήκευσής του. Παρατηρείται μια μεγάλη απομείωση του οργανικού φορτίου με την αποθήκευση αλλά το μικροβιακό φορτίο παραμένει σε υψηλά επίπεδα.



Σχήμα 5.2 Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στα χαρακτηριστικά του γκρι νερού (Jeffrey et al., 1999)

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται ορισμένα όρια ποιότητας που θα πρέπει να πληροί το γκρι νερό προκειμένου να είναι δυνατή η ανακύκλωση του, όπως προτείνονται από διάφορες χώρες και οργανισμούς.

Πίνακας 5.4 Κριτήρια ποιότητας για επαναχρησιμοποίηση του οικιακού γκρι νερού (Jeffrey et al., 1999)

	Ολικά κολο/ειδή αριθμός/ 100 ml	Περιττωματικά κολο/ειδή	BOD ₅ (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Υπολειμματικό Cl ₂ (mg/l)	pH
ΗΠΑ, EPA	Μη ανιχνεύσιμα	-	10	2	1	6-9
Αυστραλία	<1	<4	20	2	-	-
Ηνωμένο Βασίλειο	Μη ανιχνεύσιμα	-	-	-	-	-
Ιαπωνία	<10	<10	10	5	-	6-9
ΠΟΥ*	1000(m) 200(g)	-	-	-	-	-
Γερμανία (g)	100	500	20	1-2	-	6-9

*ΠΟΥ: Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

(m)= μέγιστο όριο, (g) = Ενδεικτικό όριο

Για λόγους σύγκρισης της ποιότητας του γκρι νερού και άλλων υδάτων αναφέρεται στον πίνακα 5.5 και η ποιότητα νερού για διάφορες χρήσεις.

Πίνακας 5.5 Ποιότητα νερού για διάφορες χρήσεις (Burkhard et al., 2000)

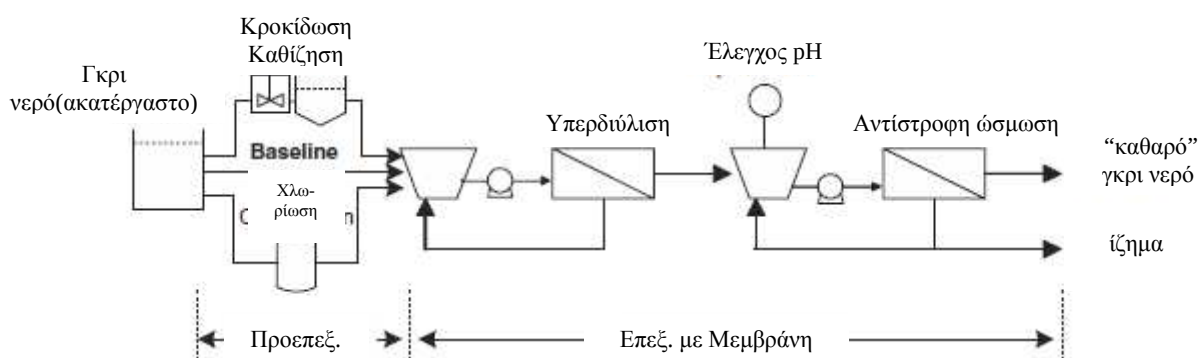
	Συγκέντρωση πόσιμου νερού ^a	Συγκέντρωση ομβρίων υδάτων ^c	Συγκέντρωση γκρι νερού ^c
Ολικά κολο/ειδή	0	3340 - 250000 (ml ⁻¹)	10 ³ -10 ⁷ (100ml ⁻¹)
Περιττωματικά κολο/ειδή	0	0-500 (100 ml ⁻¹)	10 ³ -10 ⁵ (100ml ⁻¹)
Σαλμονέλλα	0	0	0 (χλωρίωση)
Εντεροϊοί	0	1-300 (100 ml ⁻¹)	0 (χλωρίωση)
pH	5.5-9	6.6 – 7.85	3.8 – 5.7
Αμμωνία			0-0.02 (ml ⁻¹)

^a Πρότυπα ποιότητας Ηνωμένο Βασίλειο

^b Εργαστηριακές μετρήσεις (Burkhard et al., 2000)

^c Naisby (1997)

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν δημοσιευτεί πολλές έρευνες σχετικά με τα συστήματα επεξεργασίας του γκρι νερού με στόχο την επαναχρησιμοποίηση του (Friedler et al. 2008, Paris and Schlapp 2010, Ghunmi et al. , 2010). Στο σχήμα 5.4 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής μονάδας επεξεργασίας υψηλών προδιαγραφών για τον πλήρη καθαρισμό του γκρι νερού που περιλαμβάνει: χλωρίωση ή κροκίδωση σαν προ-επεξεργασία, ανάντη της υπερδιύλισης και στη συνέχεια αντίστροφη όσμωση.



Σχήμα 5.3 Διάγραμμα ροής των διεργασιών επεξεργασίας γκρι νερού (Friedler et al., 2008)

5.10 Κίνητρα και αποτρεπτικοί παράγοντες για τη χρήση του γκρι νερού

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα από την ανακύκλωση του γκρι νερού είναι :

- Λιγότερη κατανάλωση του πόσιμου νερού.
- Λιγότερα στάδια επεξεργασίας στην επεξεργασία του νερού (πιο απλοποιημένος μηχανισμός συνεπάγεται μείωση σφαλμάτων αλλά και χαμηλότερο κόστος).
- Καλύτερη διαχείριση άρα καλύτερη ποιότητα του νερού που οδηγείται τελικά στην επιφάνεια του εδάφους και στα υπόγεια ύδατα.
- Λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και χημικών για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Επιπλέον με τη χρήση του στην άρδευση μειώνεται η ποσότητα των χημικών που θα έπρεπε να προστεθούν ως λιπάσματα καθώς διαθέτει το ίδιο, θρεπτικά συστατικά αναγκαία για τα φυτά και τα δέντρα Αποτελεί βέλτιστη διαχείριση σε σύγκριση με την απλή απόρριψή των υγρών αποβλήτων σε ποτάμια και ωκεανούς. Εκεί τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στα απόβλητα δεν αξιοποιούνται ή ακόμα χειρότερα προκαλούν προβλήματα στους υδάτινους αποδέκτες (European Topic Center on Waste, 2002).
- Ανεφοδιασμός των υπόγειων υδάτων καθώς τα φυτά αντλούν τώρα για τις ανάγκες τους, λιγότερη ποσότητα από το υπόγεια νερά.



Σχήμα 5.4 Άρδευση με γκρι νερό σε εκτάσεις γκολφ, καλλιέργειες και δενδροφυτεύσεις αυτοκινητόδρομων (Metcalf& Eddy, 2007)

- Ανάπτυξη των φυτών και των δέντρων μέσω της άρδευσής τους με γκρι νερού.

Η χρήση του γκρι νερού στην άρδευση μπορεί να μην αποτελεί καλή επιλογή εάν (Ludwig, 2006):

- Υπάρχει κίνδυνος διαρροής στις σωληνώσεις του γκρι νερού ή φόβος για περιστατικά κατάποσης από τον άνθρωπο.
- Έχει υψηλότερο κόστος έναντι άλλων μεθόδων. Η χρήση του γκρι νερού λόγω της ανάγκης τοποθέτησης διπλού δικτύου για το διαχωρισμό των υγρών αποβλήτων αυξάνει το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας σε σχέση με ένα απλό σηπτικό σύστημα ή τον υπόνομο.
- Δεν δίνεται άδεια. Αρκετά νομοθετήματα (όπως παραδείγματος χάριν στη Βόρεια Αμερική) δεν δίνουν ξεκάθαρες οδηγίες για τη χρήση του γκρι νερού. Ωστόσο, με την μελλοντική απειλή της λειψυδρίας για πολλές περιοχές του πλανήτη αυτό πιθανόν να αλλάξει. Λόγοι ασφάλειας και υγείας συχνά εμποδίζουν την ανακύκλωση του γκρι νερού, παρόλο που δεν έχει καταγραφεί κανένα περιστατικό μόλυνσης ή παθογένειας από τη χρήση του.
- Η ωφέλεια από τη χρήση του είναι λιγότερη έναντι του κόστους. Όταν οι απαιτήσεις της νομοθεσίας υπαγορεύουν την εφαρμογή πολύπλοκου συστήματος ενώ η ροή του νερού είναι χαμηλή τότε η ανακύκλωση του γκρι νερού είναι οικονομικά ανέφικτη.
- Το χώμα δεν είναι κατάλληλο. Εάν το χώμα είναι είτε πολύ διαπερατό είτε όχι τόσο διαπερατό όσο θα έπρεπε, πιθανότατα να μην είναι δυνατή η ανακύκλωση του γκρι νερού ή θα πρέπει να τροποποιηθεί κατάλληλα το σύστημα.
- Το κλίμα δεν είναι κατάλληλο. Εάν είναι πολύ υγρό τότε δεν θα ωφελεί τόσο η χρήση του στην άρδευση και θα προτιμάται άλλος τρόπος διάθεσής του. Εάν είναι πολύ ψυχρό, η ανακύκλωσή του θα είναι δυνατή μόνο του θερμότερους μήνες. Στα ψυχρά κλίματα, η θερμότητα που έχει το γκρι νερό μπορεί να είναι πολύ πιο χρήσιμη από ότι το ίδιο το νερό.

5.11 Συλλογή και ταμίευση νερού

Για λόγους πληρέστερης κατανόησης των εννοιών που αναφέρονται στο κεφάλαιο 5.12 που ακολουθεί, κρίνεται σκόπιμη η παράθεση του παρόντος κεφαλαίου που αφορά στη συλλογή και ταμίευση των ομβρίων υδάτων του τουριστικού συγκροτήματος, όπως εξετάστηκε από την ομάδα μελέτης (Χατζημπίρος κ.α., 2011).

5.11.1 Αξιοποίηση των ομβρίων υδάτων

Τόσο για την περιοχή μελέτης όσο και για την ευρύτερη περιοχή δεν υπάρχουν δεδομένα παροχής των ρεμάτων, έτσι η εκτίμηση της επιφανειακής απορροής στηρίζεται αποκλειστικά σε δεδομένα βροχόπτωσης.

Από τις επιφάνειες των ξενοδοχείων και των κατοικιών ένα ποσοστό της τάξης του 70% αντιστοιχεί στις στέγες και τις άλλες αδιαπέρατες επιφάνειες (βεράντες, κ.λπ.). Οι κατακρημνίσεις στις στέγες είτε κατευθύνονται στα συστήματα υδρορροών είτε διαφεύγουν προς την ατμόσφαιρα. Λόγω του μικρού χρονικού διαστήματος που απαιτείται για την απορροή προς τις υδρορροές, οι απώλειες προς την ατμόσφαιρα είναι ιδιαίτερα μικρές της τάξης του 10% (Χατζημπίρος κ.α., 2011).

Επιπλέον, θα κατασκευαστεί στα όρια της επένδυσης οδικό δίκτυο με τρία είδη οδών πλάτους 7.3 m, 5.5 m και 2.0 m και μήκους 10990 m, 23740 m και 43700 m αντίστοιχα, σύμφωνα με το Masterplan (WATG, 2006). Θεωρήθηκε ότι μπορούν να συλλεγούν τα νερά από τις δύο πρώτες κατηγορίες, (κύριο και δευτερεύον οδικό δίκτυο). Ο συντελεστής απορροής επίσης λαμβάνεται ίσος με 90% (Χατζημπίρος κ.α., 2011).

Οι επιφανειακές απορροές είναι μικρές λόγω του καρστικοποιημένου υπεδάφους της περιοχής. Ο συντελεστής απορροής υπολογίζεται στο 5%, ο συντελεστής πραγματικής εξατμοδιαπνοής στο 55% και ο συντελεστής κατείσδυσης στο 40% (Χατζημπίρος κ.α., 2011).

Λόγω του ιδιαίτερα χαμηλού ποσοστού επιφανειακής απορροής (5% του συνόλου των κατακρημνίσεων) στην περιοχή μελέτης, πρακτικά το σύνολο της απορροής αυτής προέρχεται από πλημμυρικά γεγονότα.

Εξαιτίας της απρόβλεπτης εμφάνισης των πλημμυρικών γεγονότων, τόσο σε ένταση, όσο και σε διάρκεια και σε συχνότητα, η αξιοποίηση των νερών αυτών

μπορεί να επιτευχθεί μόνο με ταμίευση σε κατάλληλα διαμορφωμένους στεγανούς χώρους, επαρκούς χωρητικότητας.

5.11.2 Απαιτούμενα Τεχνικά Έργα

Οι εργασίες που απαιτούνται για την αξιοποίηση των επιφανειακών απορροών περιλαμβάνουν τρία επιμέρους τεχνικά έργα: α) Υδροληψίες, β) αγωγούς μεταφοράς και γ) έργα ταμίευσης.

5.11.2.1 Υδροληψίες

Ο σχεδιασμός των τεχνικών έργων απαιτεί υδροληψίες σε:

1. δομημένες επιφάνειες (ταράτσες κτιρίων και κατοικιών, συλλεκτήριες υδρορροές σε επικλινείς κεραμοσκεπείς στέγες, σε ακάλυπτους χώρους, βεράντες κλπ.)
2. επιφάνειες διαμορφωμένες αλλά μη δομημένες (δρόμοι, χώροι αναψυχής και αθλοπαιδιών κλπ) και
3. φυσικές μισγάγγειες

Κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις υδροληψιών απαιτεί διαφορετικό τρόπο λειτουργίας και μεθοδολογία σχεδιασμού. Λεπτομερέστερη αναφορά και περιγραφή εκφεύγει από τα όρια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

5.11.2.2 Αγωγοί μεταφοράς

Η διακίνηση του νερού από τις υδροληψίες προς τις δεξαμενές αποθήκευσης θα γίνεται δια βαρύτητας, με κλειστούς αγωγούς κατάλληλων διαστάσεων.

5.11.2.3 Έργα Ταμίευσης

Η ταμίευση των νερών που συλλέγονται από τις διάφορες πηγές προέλευσης, μπορεί να πραγματοποιηθεί σε επιφανειακές φυσικές κοιλότητες, υπογείως σε υδρο-αποθηκευτικούς γεωλογικούς σχηματισμούς και τέλος σε επιφανειακές ή υπόγειες τεχνητές λεκάνες αποθήκευσης.

Φυσικές κοιλότητες που θα μπορούσαν ενδεχομένως να στεγανοποιηθούν τεχνητά, δεν εντοπίστηκαν στην ευρύτερη περιοχή των έργων.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, τα πετρώματα στην υπό διερεύνηση περιοχή εμφανίζουν υψηλή έως πολύ υψηλή διαπερατότητα. Η υψηλή διαπερατότητα

των σχηματισμών προκύπτει και από τα στοιχεία των ερευνητικών γεωτρήσεων που έχουν διανοιχτεί στην περιοχή (Φωτιάδης, 2007), σύμφωνα με τα οποία ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας εντοπίζεται σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων. Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώνεται και από τα στοιχεία αντλητικών γεωτρήσεων που χρησιμοποιούνται για την άρδευση καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Κατά συνέπεια ως μόνη εναλλακτική λύση απομένει η ταμίευση σε τεχνητές λεκάνες αποθήκευσης και συγκεκριμένα σε ταμιευτήρες, λιμνοδεξαμενές και συμβατικές δεξαμενές.

Ταμιευτήρες

Οι ταμιευτήρες δημιουργούνται με την κατασκευή φραγμάτων (διαφόρων τύπων και συστημάτων στεγάνωσης). Μετά από επί τόπου επίσκεψη της ομάδας μελέτης (Χατζημπίρος κ.α., 2011) διαπιστώθηκε η ακαταλληλότητα κατασκευής φράγματος στις δύο βασικές μισγάγγειες της περιοχής λόγω σχετικά απότομης κατά μήκος κλίσης και της κατ' ανάγκη μικρής χωρητικότητας ταμιευτήρα για φράγματα μικρού σχετικά ύψους. Επιπλέον, η διαπερατότητα των πετρωμάτων καθιστά αδύνατη τη συγκράτηση και αποθήκευση του νερού. Αποκλείεται συνεπώς η περίπτωση ταμίευσης νερού σε ταμιευτήρα που θα δημιουργηθεί με την κατασκευή φράγματος.

Λιμνοδεξαμενές

Λιμνοδεξαμενές καλούνται οι μικροί ταμιευτήρες που δημιουργούνται με την κατασκευή αναχώματος είτε στην κοίτη κάποιου υδρορεύματος, οπότε το ανάχωμα λειτουργεί σαν κλασικό φράγμα, είτε με διαμόρφωση κατάλληλου χώρου σε παρακείμενη περιοχή (Καπλανίδης, 2008). Το πρόβλημα της διαπερατότητας των πετρωμάτων μπορεί να αντιμετωπιστεί με στεγάνωση της λιμνοδεξαμενής με κατάλληλες μεμβράνες.

Ωστόσο, το γεγονός ότι οι λιμνοδεξαμενές είναι κατά κανόνα ανοιχτές, συνεπάγεται αυξημένες απώλειες λόγω εξάτμισης και αρνητικές συνέπειες λόγω έκθεσης του νερού στο ηλιακό φως (φαινόμενα διαστρωμάτωσης της θερμοκρασίας σε στάσιμα νερά των ταμιευτήρων, φαινόμενα ευτροφισμού, υποβάθμιση της ποιότητας του νερού). Ακόμα, η οπτική εικόνα που θα παρουσιάζει μία λιμνοδεξαμενή με την αναπόφευκτη περιοδική διακύμανση της στάθμης νερού και η μη εύρεση κατάλληλης θέσης κατασκευής αποτέλεσαν περιορισμούς και

προβληματισμούς που κατέληξαν σε απόρριψη της λύσης αυτής (Χατζημπίρος κ.α, 2011).

Συμβατικές δεξαμενές

Στην περίπτωση ανοιχτής δεξαμενής οπλισμένου σκυροδέματος παρουσιάζονται αντίστοιχα προβλήματα με τις ανοιχτές λιμνοδεξαμενές με αποτέλεσμα την απόρριψη της λύσης.

Η ταμίευση σε κλειστές (καλυμμένες) δεξαμενές με κατάλληλα τοιχώματα και στεγανοποίηση, έχουν (κατά κανόνα) το βασικό μειονέκτημα του σχετικά υψηλού κόστους κατασκευής, ανά κυβικό μέτρο χωρητικότητας. Αυτό όμως σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να αντισταθμιστεί από σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η δραστική μείωση απωλειών νερού λόγω εξάτμισης, η ομαλή προσαρμογή της δεξαμενής στο περιβάλλον από αισθητικής πλευράς, η δυνατότητα παροχέτευσης των πλημμυρικών παροχών και των φερτών υλών, πάνω από την οροφή της δεξαμενής και η μη έκθεση των νερών στο ηλιακό φως (Μπαλούτσος, 2009).

Συμπερασματικά, από την ομάδα μελέτης (Χατζημπίρος κ.α., 2011) θεωρήθηκε ως τεχνικά καλύτερη, οικονομικά προσφορότερη και περιβαλλοντικά ευνοϊκότερη, η εφαρμογή ταμίευσης σε κλειστές δεξαμενές από οπλισμένο σκυρόδεμα.

5.11.3 Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα

Οι υδροληψίες στις μισγάγγειες μπορούν να εκτρέψουν προς τις δεξαμενές αποθήκευσης ένα υψηλό ποσοστό των πλημμυρικών όγκων, αλλά δεν είναι οικονομικά εφικτό να εκτρέψουν το σύνολο του πλημμυρικού όγκου (Χατζημπίρος κ.α., 2011). Κατά συνέπεια μέρος των πλημμυρικών παροχών θα διέλθει πάνω από τις υδροληψίες και θα ρεύσει κατά μήκος των μισγαγγειών.

Προκειμένου να αξιοποιηθεί και αυτή η ποσότητα νερού προτάθηκε (Χατζημπίρος κ.α., 2011) η κατασκευή εγκάρσια στη ροή του χειμάρρου, μικρών τεχνικών έργων ανάσχεσης της ταχύτητας ροής. Τα έργα αυτά, που είναι μικρά φράγματα, οφελούν διπλά γιατί αφενός αυξάνεται η ποσότητα του νερού που κατισχύει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και τον εμπλουτίζει, αφετέρου συγκρατούν τις φερτές ύλες του χειμάρρου (Λέκκας Σ., 2007).

5.12 Διαχείριση υδάτων και υγρών αποβλήτων στο τουριστικό συγκρότημα Atalanti Hills

Για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων στις εγκαταστάσεις του Atalanti Hills προτείνεται η εξοικονόμηση υδατικών πόρων μέσω της τοπικής συλλογής και χρήσης του βρόχινου νερού ή μέσω της κεντρικής συλλογής του βρόχινου νερού, σε συνδυασμό με την πλήρη επαναχρησιμοποίησή των επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση του γκολφ, των κήπων και των καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

5.12.1 Ποιότητα νερού από τις διάφορες πηγές υδροληψίας

Από τη βιβλιογραφία (Villarreal and Dixon, 2005, Al-Salaymeh et al, 2010) δίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ομβρίων υδάτων που προέρχονται από τις ταράτσες και τα οποία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.6 Χαρακτηριστικά ποιότητας βρόχινου νερού από ταράτσες (Villarreal and Dixon, 2005, Al-Salaymeh et al, 2010)

	pH	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Ολικά στερεά, TS (mg/l)	Αιωρούμενα στερεά SS (mg/l)
Απορροή από στέγη	5.2- 7.9	7-24	44-120	6-13	10-56	60-379	3-281
Αποθηκευμένο σε δεξαμενή	6-8.2	3	6-151	-	1-23	33-421	0-19

Όπως φαίνεται το βρόχινο νερό έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε ολικά στερεά αλλά λόγω της περιεκτικότητας μικρών ποσοτήτων αιωρούμενων στερεών και μικρής οργανικής ρύπανσης πρέπει να υποστεί τυπική επεξεργασία αποτελούμενη από καθίζηση, κροκίδωση, διύλιση και απολύμανση.

Σχετικά πιο βεβαρημένη, ιδιαίτερα ως προς τα φερτά, αναμένεται να είναι η ποιότητα του νερού που θα συγκεντρωθεί από το οδικό δίκτυο, αλλά λόγω της χαμηλής κυκλοφορίας δεν αναμένεται αξιόλογη παρουσία ρύπων όπως βαρέα μέταλλα και οργανικά. Σε κάθε περίπτωση οι ρύποι αυτοί μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη χρήση των κατάλληλων κροκιδωτικών στο στάδιο της κροκίδωσης (αφορά στα μέταλλα) και με τη ενσωμάτωση ενός στρώματος ενεργού άνθρακα στα διυλιστήρια (αφορά στους οργανικούς ρύπους).

Τα νερά που θα συλλεχθούν από τις επιφανειακές απορροές με μικρά φράγματα θα είναι βεβαρημένα μόνο με φερτά τα οποία αφαιρούνται πολύ αποτελεσματικά στο στάδιο της καθίζησης.

5.12.2 Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης του νερού

Το νερό είναι ένα πολύτιμο αγαθό, που η αξία του θα εξακολουθήσει να αυξάνει στο μέλλον. Δεν αποτελεί εμπορικό προϊόν, αλλά βασική κληρονομιά κάθε γενεάς, που θα πρέπει να προστατεύεται και να υφίσταται ορθολογική διαχείριση σε κάθε ανθρώπινη κοινωνία.

Η χώρα μας γενικά θεωρείται πλούσια σε διαθέσιμους υδατικούς πόρους (6.500 m^3 νερού / κάτοικο και έτος). Όμως, η άνιση κατανομή των πόρων (χρονικά και χωρικά) και κυρίως η ανορθολογική διαχείριση τους, επιβάλλουν πολλές φορές τη συνεχή εξεύρεση νέων πόρων, υπό καθεστώς μάλιστα, πιεστικών αναγκών ύδρευσης και άρδευσης (Τόλη 2010, Αγγελάκης και Tchobanoglous 1995).

Για τη βέλτιστη διαχείριση του νερού ορίστηκαν οι παρακάτω αρχές (Χατζημπίρος κ.α., 2011):

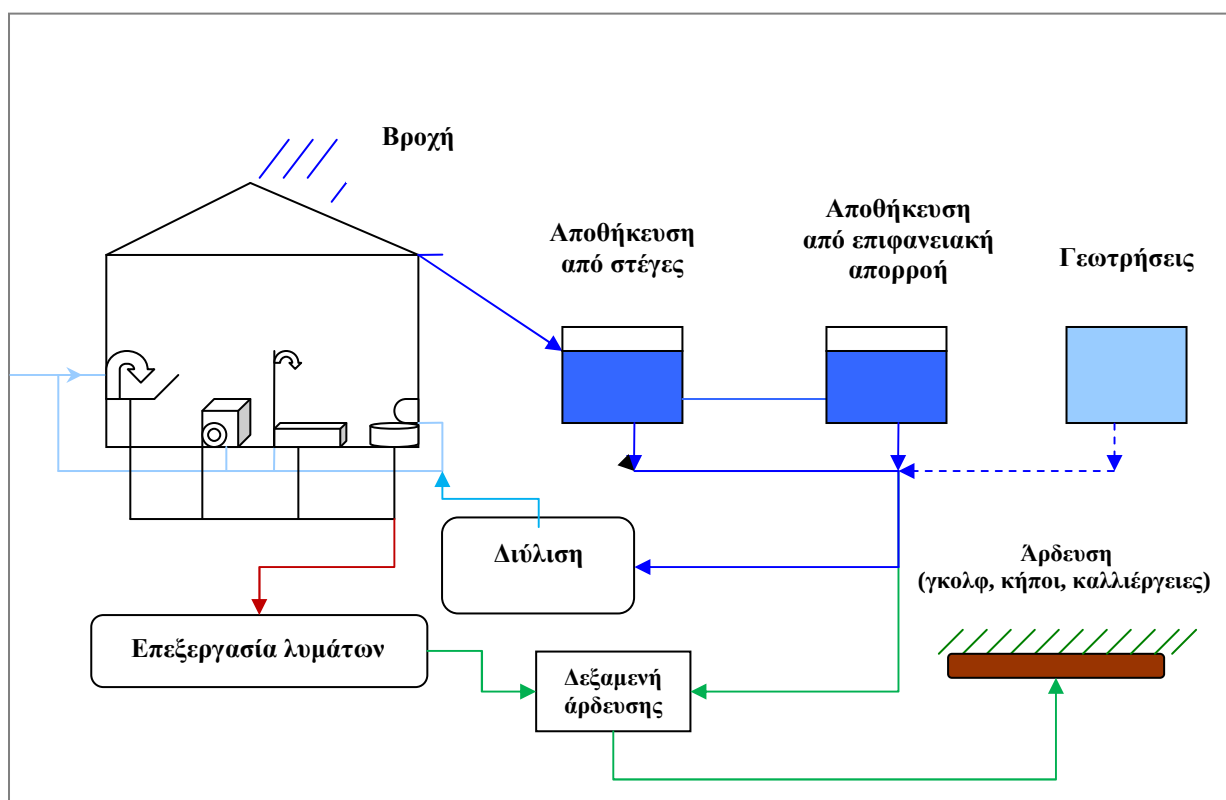
- Δίνεται προτεραιότητα στην μέγιστη δυνατή επαναχρησιμοποίηση του νερού.
- Δίνεται προτεραιότητα στην ελάχιστη δυνατή χρήση νερού από γεωτρήσεις.
- Δίνεται προτεραιότητα στην οικονομικότερη λύση.

Με βάση τις αρχές αυτές διακρίνονται καταρχήν τέσσερα σενάρια, από την αξιολόγηση των οποίων επιλέγεται και προτείνεται για εφαρμογή το σενάριο 1 το οποίο και παρουσιάζεται αναλυτικότερα.

5.12.2.1 Σενάριο 1

Σύμφωνα με το 1^ο σενάριο, συλλέγεται το νερό της βροχής από τις υδροληψίες συλλογής, από τις δομημένες επιφάνειες και από τις διαμορφωμένες αλλά μη δομημένες επιφάνειες, και καθοδηγείται σε δεξαμενές αποθήκευσης. Το νερό από τις δομημένες επιφάνειες θα μπορεί να αποθηκεύεται σε υπόγειες δεξαμενές πλησίον των κτιριακών συγκροτημάτων, κατανεμημένες στο χώρο ανάλογα με την πυκνότητα και την επιφάνεια των κτιρίων. Η περίσσεια των νερών για τα οποία δεν επαρκούν οι «τοπικές» δεξαμενές, θα παροχετεύεται στις δύο κεντρικές δεξαμενές νερού προς ύδρευση. Τα νερά από τις υδροληψίες και από τις διαμορφωμένες αλλά μη δομημένες επιφάνειες, θα οδηγούνται στις δύο κεντρικές δεξαμενές ύδρευσης.

Στο σενάριο αυτό δεν προβλέπεται εσωτερική ανακύκλωση γκρι νερού εντός των κατοικιών και άρα δεν απαιτεί πρόσθετες διατάξεις (διπλά δίκτυα, τοπική επεξεργασία, κλπ).



Σχήμα 5.5 Διαχειριστικό σενάριο 1

5.12.2.2 Σενάριο 2

Στο σενάριο αυτό που αποτελεί παραλλαγή του σεναρίου 1, το νερό από τις υδροληψίες θα αποθηκεύεται, θα διυλίζεται και θα δίνεται για ύδρευση. Το νερό από

τις δομημένες επιφάνειες θα αποθηκεύεται σε τοπικές δεξαμενές, εντός των κτιριακών συγκροτημάτων και θα χρησιμοποιείται χωρίς επεξεργασία στα καζανάκια.

Τα λύματα θα επεξεργάζονται και θα οδηγούνται στην άρδευση του γκολφ, των κήπων, των καλλιεργειών.

Σε σύγκριση με το σενάριο 1, οι ανάγκες επεξεργασίας νερού είναι μειωμένες όπως μειωμένος είναι και ο όγκος της κεντρικής δεξαμενής αποθήκευσης επιφανειακών νερών.

Μειονέκτημα αποτελεί η απαίτηση για διπλά δίκτυα στις κατοικίες. Η εφαρμογή διπλών δικτύων σε κάθε δωμάτιο ξενοδοχείου είναι οικονομικά ασύμφορη. Επίσης, δεν θα αξιοποιείται πλήρως το συλλεγόμενο νερό από τις δομημένες επιφάνειες.

5.12.2.3 Σενάριο 3

Στο σενάριο αυτό επιχειρείται η μείωση της ζήτησης του πόσιμου νερού μέσω της εσωτερικής ανακύκλωσης του γκρι νερού για χρήση στα καζανάκια.

Βασικό μειονέκτημα της λύσης αυτής, είναι η απαίτηση για διπλά δίκτυα στις κατοικίες. Επιπλέον, επειδή, σύμφωνα με στοιχεία της ομάδας μελέτης (Χατζημπίρος κ.α., 2011), οι ανάγκες της άρδευσης είναι μεγαλύτερες από τις ανάγκες της ύδρευσης και δεδομένου ότι τα επεξεργασμένα λύματα επαναχρησιμοποιούνται για την άρδευση, δεν υπάρχει κανένα όφελος από τη μείωση της χρήσης του πόσιμου, πέραν από την εξοικονόμηση στα έργα διύλισης πόσιμου νερού.

Επισημαίνεται επίσης ότι στην περίπτωση αυτή τα λύματα θα είναι πολύ περισσότερο βεβαρημένα ως προς το ρυπαντικό φορτίο, τουλάχιστον κατά 30% και άρα η επεξεργασία τους θα είναι δυσκολότερη.

5.12.2.4 Σενάριο 4

Το τέταρτο διαχειριστικό σχήμα για τα ύδατα έχει ως βάση τις προτάσεις του σεναρίου 1 και επιπλέον προτείνει την κατασκευή φραγμάτων και επιφανειακών ταμιευτήρων.

Η δημιουργία φραγμάτων σε επιλεγμένες θέσεις του οικοπέδου και επιφανειακών ταμιευτήρων για την συγκράτηση των ομβρίων υδάτων αποσκοπεί στην ενίσχυση των υδατικών αποθεμάτων του συγκροτήματος και την ελαχιστοποίηση ή εξάλειψη της ανάγκης χρήσης υπογείων υδάτων.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2 καθώς και στην παράγραφο 5.11.2.3, τα πετρώματα στην υπό διερεύνηση περιοχή εμφανίζουν υψηλή έως πολύ υψηλή διαπερατότητα. Η υψηλή διαπερατότητα των σχηματισμών προκύπτει και από τα στοιχεία των ερευνητικών γεωτρήσεων που έχουν διανοιχτεί στην περιοχή (Φωτιάδης, 2007), σύμφωνα με τα οποία ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας εντοπίζεται σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων.

Συνεπώς αποτελεί ιδιαίτερα αποτρεπτικό παράγοντα λόγω της απώλειας πολύ μεγάλων ποσοτήτων νερού.

5.13 Πρόταση για τη βέλτιστη διαχείριση του νερού

Προτείνεται να υιοθετηθεί το πρώτο σενάριο διαχείρισης για τους ακόλουθους λόγους:

- Εξασφαλίζεται η ελάχιστη δυνατή χρήση νερού από γεωτρήσεις, αφού το σύνολο των υδρευτικών αναγκών καλύπτεται από τα συλλεγόμενα επιφανειακά νερά, ενώ, σε συνδυασμό με την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, επιτυγχάνεται η κάλυψη των αρδευτικών αναγκών για το γκολφ και τους κήπους.
- Αξιοποιείται στο μέγιστο δυνατό βαθμό το συλλεγόμενο νερό από τις δομημένες και τις διαμορφωμένες επιφάνειες.
- Δεν απαιτείται η χρήση διπλών δικτύων ύδρευσης ή διπλών δικτύων αποχέτευσης μέσα στις κατοικίες και τα ξενοδοχεία, επιτυγχάνοντας οικονομία πόρων και αποφεύγοντας τους κινδύνους από τυχόν λανθασμένη χρήση.

Σημειώνεται ότι σύμφωνα με υπολογισμούς της ομάδας μελέτης (Χατζημπίρος κ.α., 2011) ο όγκος των κεντρικών δεξαμενών για την αποθήκευση των επιφανειακών νερών είναι σχετικά μεγάλος (281 χιλ. κυβικά μέτρα για την ύδρευση και 120 χιλιάδες κυβικά μέτρα για την άρδευση) επίσης απαιτείται υψηλός βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων προκειμένου να καταστούν κατάλληλα για την άρδευση των χώρων πρασίνου, με τους οποίους έρχεται σε επαφή το κοινό.

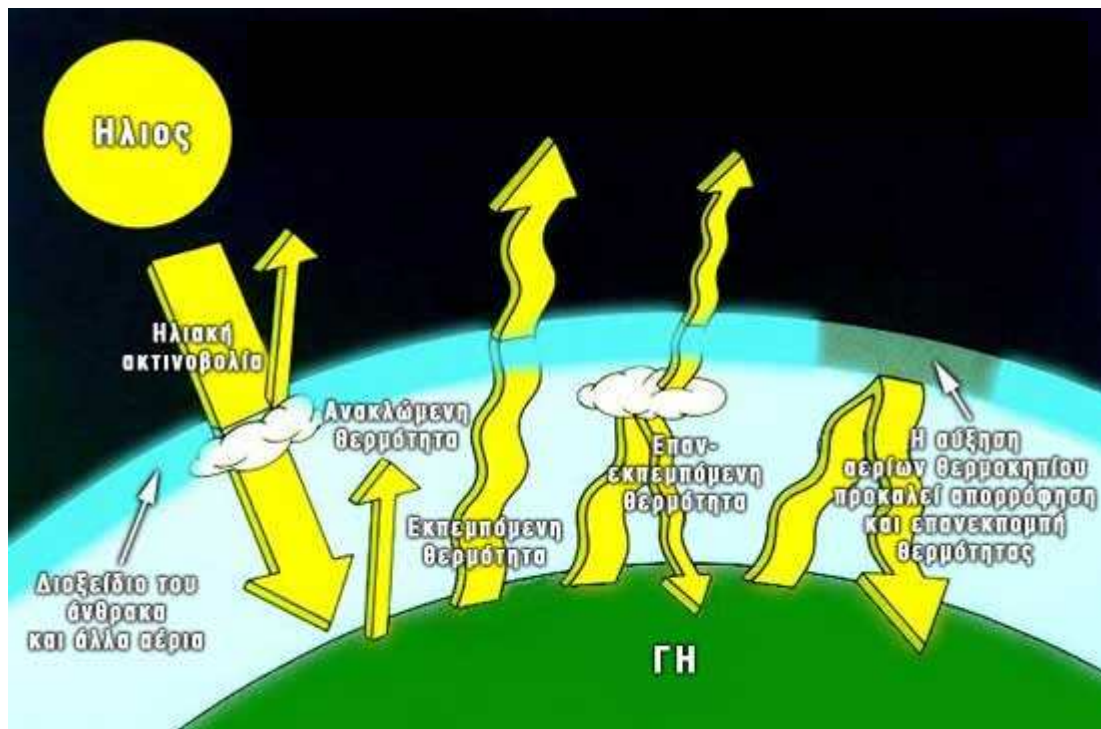
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Εκτίμηση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου

6.1 Εισαγωγή

Η επιστημονική έννοια του φαινομένου του θερμοκηπίου καθιερώθηκε από το Γάλλο Φυσικό Joseph Fourier. Το 1824, ο Fourier δημοσίευσε τις «Γενικές παρατηρήσεις για τη θερμοκρασία του πλανήτη και των πλανητικών χώρων», όπου παρουσιάζει την ιδέα σύμφωνα με την οποία ο «ατμοσφαιρικός φάκελος» της Γης συμπεριφέρεται όπως τα γυάλινα παράθυρα ενός θερμοκηπίου (Fourier 1824, Bard 2004).

Η επιφάνεια της γης διαχέει την ενέργεια που έλαβε από τον ήλιο, με μορφή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος (υπέρυθρη). Μόνο το 51% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από την επιφάνεια της Γης και χρησιμοποιείται για την θέρμανση της επιφάνειας και της χαμηλότερης ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρα), για την τήξη των πάγων ή του χιονιού, την εξάτμιση των υδάτων και την πρόκληση της φωτοσυνθέσεως στα φυτά. Από το υπόλοιπο 49%, το 4% ανακλάται από την επιφάνεια και επιστρέφει προς το διάστημα, το 26 % ανακλάται πίσω από τα νέφη και τα σωματίδια της ατμόσφαιρας και το 19 % απορροφάται από τα ατμοσφαιρικά αέρια, σωματίδια και νέφη (σχήμα 6.1), (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος 1999, Bard 2004).

Τα αέρια αυτά δηλαδή το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), το μεθάνιο (CH_4), το όζον (O_3) και άλλα αέρια απορροφούν υπέρυθρη ακτινοβολία και θερμαίνόμενα αρχίζουν να εκπέμπουν προς κάθε κατεύθυνση υπέρυθρη ακτινοβολία, αλλά το 90% οδηγείται στο έδαφος, το οποίο θερμαίνεται περαιτέρω, ενισχύεται η υπέρυθρη ακτινοβολία του και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται αενάως (Spash et al., 1989).



Σχήμα 6.1 Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου (www.econews.gr)

6.2 Φυσικό και ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου

Πρόκειται για ένα γεωφυσικό φαινόμενο που είναι ουσιώδες και απαραίτητο για την ύπαρξη, διατήρηση και εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη. Χωρίς αυτό το μηχανισμό η μέση θερμοκρασία της γης θα ήταν περίπου κατά 35°C χαμηλότερη, δηλαδή περίπου -20°C αντί για $+15^{\circ}\text{C}$ που είναι σήμερα και η ύπαρξη ζωής θα ήταν αδύνατη, τουλάχιστον στη μορφή που τη γνωρίζουμε σήμερα. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, στις φυσικές του διαστάσεις δεν είναι επιβλαβές, αντίθετα είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη στους 15°C περίπου.

Το ανησυχητικό είναι η ενίσχυση του φαινομένου σαν αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπικών αερίων αυξάνουν την ικανότητα της ατμόσφαιρας να παγιδεύει την υπέρυθη ακτινοβολία της γης, επιδρώντας έτσι στο κλίμα. Το φυσικό επακόλουθο της αύξησης των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων από τον άνθρωπο, είναι λοιπόν, η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και, συνεπώς, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη (Maslin, 2004).

6.3 Αέρια του θερμοκηπίου

Οι υδρατμοί έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρ' όλα αυτά, η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Ζιώμας, 2007). Τα κυριότερα αέρια της ατμόσφαιρας που ευθύνονται για την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου (ανθρωπογενής συνιστώσα), καθώς και ο βαθμός συνεισφοράς τους παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1

Πίνακας 6.1 Αέρια του θερμοκηπίου και ο βαθμός συνεισφοράς τους (Ζιώμας, 2007)

Αέριο	Συνεισφορά (%)
Διοξείδιο του άνθρακα	50-60
Χλωροφθοράνθρακες	15-25
Μεθάνιο	12-20
Υποξείδιο του Αζώτου	5
Όζον και άλλα αέρια	11

Όπως παρατηρείται, σε παγκόσμιο επίπεδο, οι εκπομπές CO₂, CH₄ και N₂O, συνεισφέρουν κατά 60%, 15% και 5% αντίστοιχα, στην ανθρωπογενή επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου ενώ οι χλωροφθοράνθρακες, το όζον και άλλα αέρια μοιράζονται το υπόλοιπο ποσοστό της τάξης του 20% (Guo and Zhou, 2007).

Ακολουθεί παρουσίαση των κυριότερων αερίων του θερμοκηπίου με εκτενέστερη αναφορά στο διοξείδιο του άνθρακα ως το αέριο με τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο εν λόγω φαινόμενο.

6.3.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Η συνεισφορά του διοξειδίου του άνθρακα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι καταλυτική. Εκλύεται άμεσα στην ατμόσφαιρα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και έμμεσα από την εκχέρσωση δασικών εκτάσεων. Τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα εκτιμάται ότι αυξάνονται κατά 3- 4 % κάθε δεκαετία και κατά 0.4 - 0.5 % περίπου κάθε χρόνο. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, αν συνεχίσει ο ίδιος ρυθμός αύξησης των καύσεων πάνω στον πλανήτη, η συγκέντρωση του CO₂ το έτος 2030 θα έχει διπλασιαστεί. Μία τέτοια αύξηση της συγκέντρωσης

του CO₂ πιθανολογείται ότι θα προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3-5 °C. Συγχρόνως όμως αναμένεται μία ελάττωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων σαν συνέπεια της αυξανόμενης χρήσης των ήπιων μορφών ενέργειας (Marland and Rotty 1985, Dowd 1985).

Όμως, ακόμη και αν σταματήσει η αυξανόμενη εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα η αποκατάστασή του στα επιθυμητά επίπεδα θα καθυστερήσει πολύ. Ας σημειωθεί πως το διοξείδιο του άνθρακα έχει χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα 100 χρόνια (Guo and Zhou, 2007).

Ιστορικά αναφέρεται ότι οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι γνωστές με ακρίβεια από το 1958, αλλά με βάση μετρήσεις στον πάγο και των ισοτόπων του άνθρακα στους δακτυλίους των δένδρων έχουν υπολογιστεί και για τις τελευταίες χιλιετίες. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας περιόδου των παγετώνων, οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα προσδιορίστηκαν στα 200 ppm (μέρη στο εκατομμύριο), αλλά στο τέλος της περιόδου, πριν περίπου 15000 χρόνια, βρέθηκε ότι εκτοξεύτηκαν στα 280 ppm.

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μετράται με πολύ καλή ακρίβεια από το 1957 σε δύο σταθμούς στον κόσμο. Ο πρώτος βρίσκεται στο Manua Loa, στη Χαβάη, και ο δεύτερος στο Νότιο Πόλο. Από τις μετρήσεις αυτές φαίνεται καθαρά η ανοδική πορεία της συγκέντρωσης του CO₂ (Marland and Rotty 1985, Ζιώμας 2007).

Παρ' ότι το CO₂ παραμένει το πιο σημαντικό αέριο που αναμένεται να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη οι αθροιστικές κλιματικές επιδράσεις των άλλων αερίων θερμοκηπίου εκτιμάται ότι θα είναι παρόμοιας εμβέλειας (Guo and Zhou, 2007).

6.3.2 Χλωροφθοράνθρακες (CFC)

Οι χλωροφθοράνθρακες έχουν αποκλειστικά ανθρωπογενή προέλευση και δεν υπήρχαν στην ατμόσφαιρα πριν το 1930. Θεωρούνται υπεύθυνοι για χημικές αντιδράσεις στην στρατόσφαιρα που προκαλούν μείωση της στοιβάδας του όζοντος. Επίσης αποτελούν ισχυρότατα αέρια του θερμοκηπίου (Χατζημήτρος 2003).

6.3.3 Μεθάνιο (CH₄)

Αυξάνεται κάθε χρόνο κατά 1-2 %, ως αποτέλεσμα της ταχύτατης αύξησης στους τομείς κατανάλωσης τροφίμων, χρήσης καυσίμων και διάθεσης αποβλήτων. Το

μεθάνιο έχει χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα περίπου 12 χρόνια (Wuebbles et al., 2002).

6.3.4 Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

Είναι μη τοξικό αέριο. Παράγεται από βακτηριακή δράση στο νερό και το χώμα, από τη διάσπαση αζωτούχων λιπασμάτων και από την καύση των ορυκτών καυσίμων ως υποπροϊόν. Κάθε χρόνο τα επίπεδα του αυξάνονται κατά 0.25 – 0.4 %, ενώ μπορεί να παραμείνει στην ατμόσφαιρα μέχρι και 170 χρόνια (Ζιώμας, 2007).

6.3.5 Τροποσφαιρικό όζον (O_3)

Το όζον εκτός από την στρατόσφαιρα (άνωτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, μέχρι περίπου 49 km), όπου σχηματίζει χαρακτηριστική στοιβάδα και απορροφά μέρος από την προσπίπτουσα υπεριώδη ακτινοβολία, υπάρχει και στην τροπόσφαιρα (κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, μέχρι περίπου 11 km). Το τροποσφαιρικό όζον βρίσκεται σε πολύ μικρή συγκέντρωση, η οποία αυξάνεται με τη ρύπανση. Το 75% σχεδόν του τροποσφαιρικού όζοντος παράγεται με τη φωτοχημική δράση του ηλιακού φωτός σε αέριους ρύπους όπως τα οξείδια του αζώτου και οι υδρογονάνθρακες. Η ετήσια αύξησή του φτάνει το 2%, ενώ ο χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα δεν ξεπερνάει τις 3 εβδομάδες (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος 1999, Χατζημπίρος 2003).

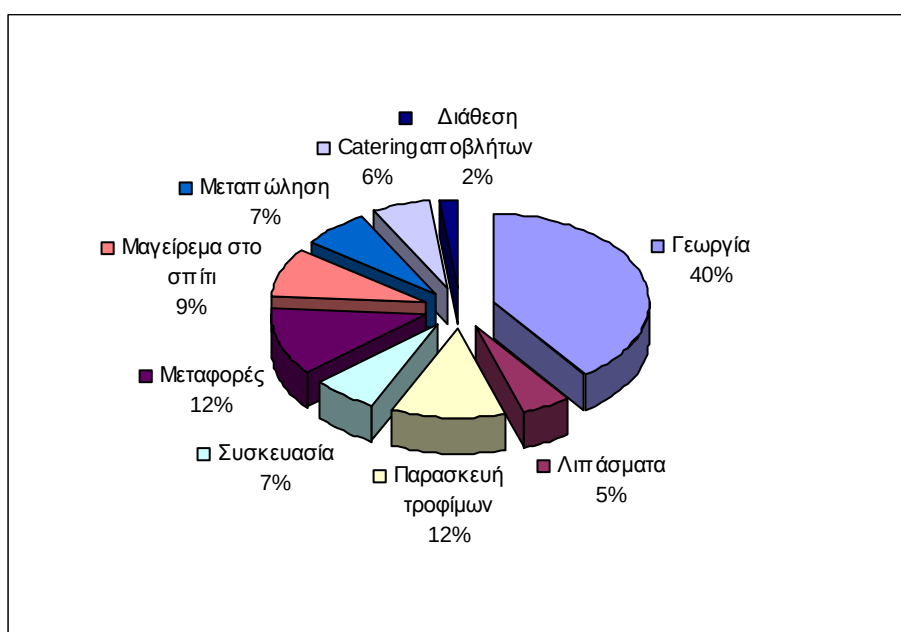
6.4 Πηγές εκπομπής

Σύμφωνα με τους Marland and Rotty 1985, Dowd 1985 και Garnett 2011 τα αέρια που ευθύνονται για την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, εκλύονται από ανθρώπινες δραστηριότητες που αφορούν κυρίως:

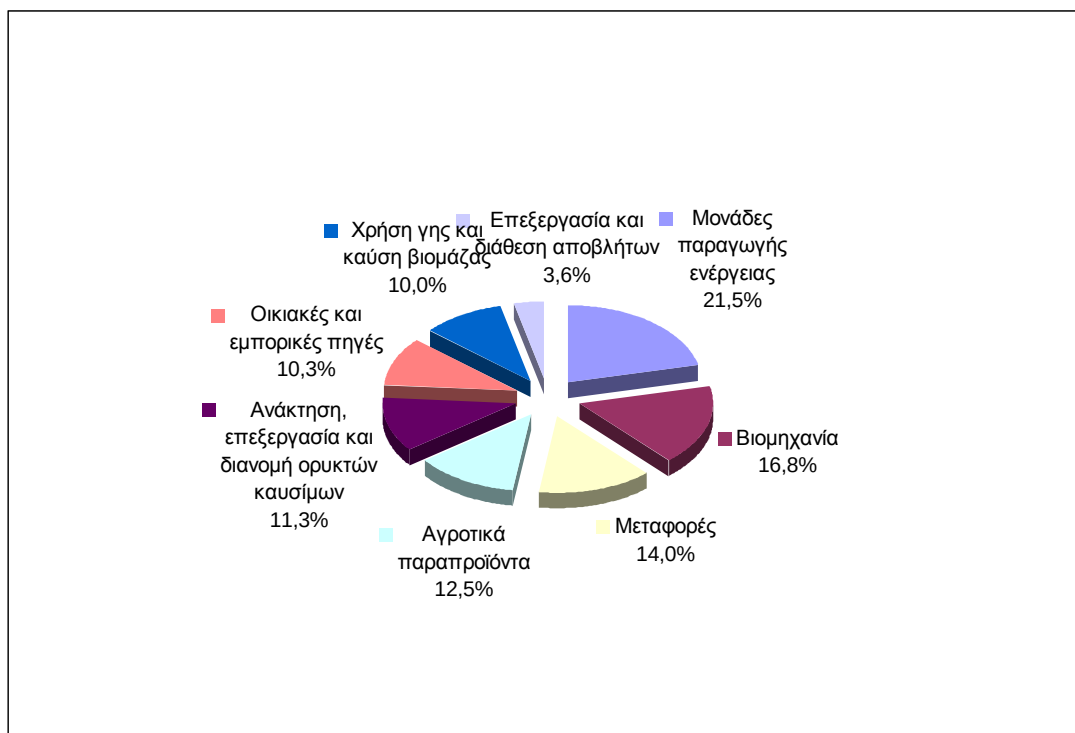
- Τον ενεργειακό τομέα (συμπεριλαμβανομένων και των μεταφορών), που με τη χρήση ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, πετρέλαιο, βενζίνη κ.λ.π.) ευθύνεται για το 60% περίπου των συνολικών εκπομπών. Από τις εκπομπές αυτές, το 45% αφορά το διοξείδιο του άνθρακα, ενώ το υπόλοιπο 15% περιλαμβάνει άλλα αέρια, με κυριότερα το μεθάνιο, το τροποσφαιρικό όζον, το μονοξείδιο του άνθρακα και άλλες ενώσεις.
- Την αποψίλωση δασικών εκτάσεων, που συνεισφέρει στην παραγωγή επιπλέον αερίων του θερμοκηπίου κατά 15%. Από τα αέρια αυτά κυριότερο είναι το

διοξείδιο του άνθρακα – που αποτελεί περίπου το 10%- ενώ η καύση και η αποσύνθεση των δασών αποτελούν πηγές υποξειδίου του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου, που καλύπτουν το υπόλοιπο 5%.

- Το υπόλοιπο 25% των εκπομπών οφείλεται σε οικιακές και εμπορικές πηγές, στην αγροτική παραγωγή και γεωργία. Στη γεωργία κυριότερα εκπεμπόμενα αέρια είναι το μεθάνιο, που προέρχεται από την εκτροφή των βοοειδών και τις καλλιέργειες ρυζιού, το υποξείδιο του αζώτου, που απελευθερώνεται λόγω της χρήσης λιπασμάτων και το διοξείδιο του άνθρακα, που εκλύεται από γεωργικές βιομηχανίες (σχήματα 6.2 και 6.3).

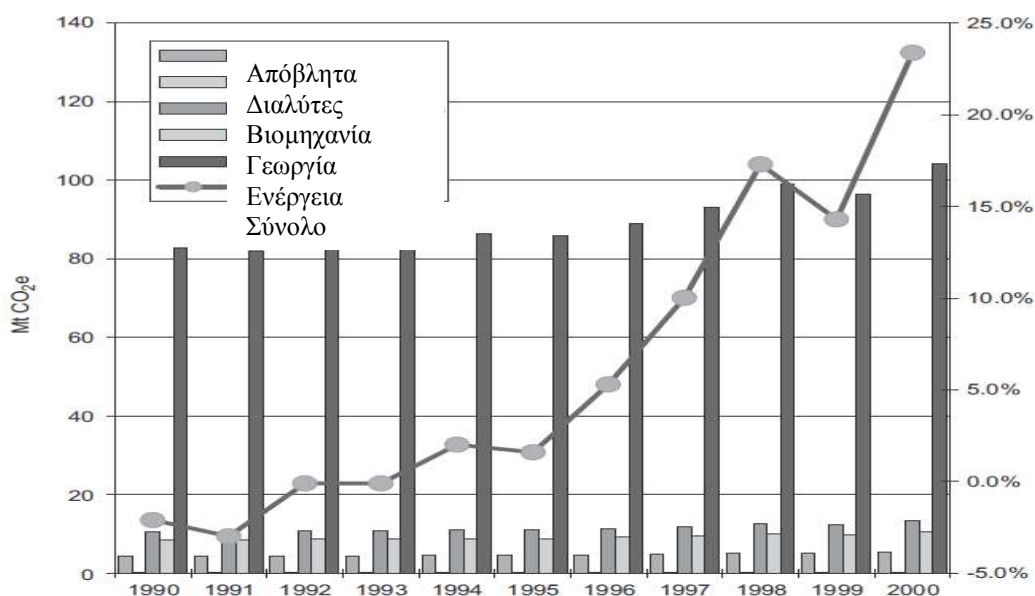


Σχήμα 6.2 : Ανάλυση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από την τροφική αλυσίδα στο Ηνωμένο Βασίλειο – δεν περιλαμβάνεται η αλλαγή χρήσης γης (Βασισμένο σε Garnett, 2011)



Σχήμα 6.3 Ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα για το έτος 2000 (Βασισμένο σε EPA, 2011)

Η συμμετοχή του ενεργειακού τομέα και των άλλων δραστηριοτήτων, στο σύνολο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου απεικονίζεται στο γράφημα 6.1.



Γράφημα 6.1 Εκπομπές CO₂ (MtCO₂e –μεγατόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα) ανά παραγωγικό τομέα (Tsoutsos et al.,2008)

Ο τομέας της παραγωγής αποτελεί το πιο σημαντικό παράγοντα εκπομπών CO₂. Ο γεωργικός τομέας συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές N₂O, λόγω της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων, καθώς και στις εκπομπές CH₄, λόγω της ανεξέλεγκτης διάθεσης γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων. Άλλες σημαντικές πηγές εκπομπών CH₄ είναι αστικές περιοχές διάθεσης αποβλήτων. Τέλος, η βιομηχανία αποτελεί τη μοναδική πηγή ενώσεων φθορίου. Σε γενικές γραμμές, οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χρήση της ενέργειας αποτελούν τις κυριότερες πηγές για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, περίπου το 77.9%, η γεωργία ανέρχεται σε 7.9%, οι βιομηχανικές διεργασίες σε 9.9%, τα απόβλητα σε 4.1% και η χρήση διαλυτών σε 0.1% (Tsoutsos et al., 2008).

Το μεγάλο μερίδιο της ευθύνης του τομέα της ενέργειας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι πολιτικές μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει, πρωτίστως και εντατικά, να επικεντρωθούν στην παραγωγή, διανομή και χρήση της ενέργειας, με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να είναι προφανώς ο κύριος στόχος.

Πίνακας 6.2 Εκτίμηση της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου λόγω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Tsoutsos et al., 2008)

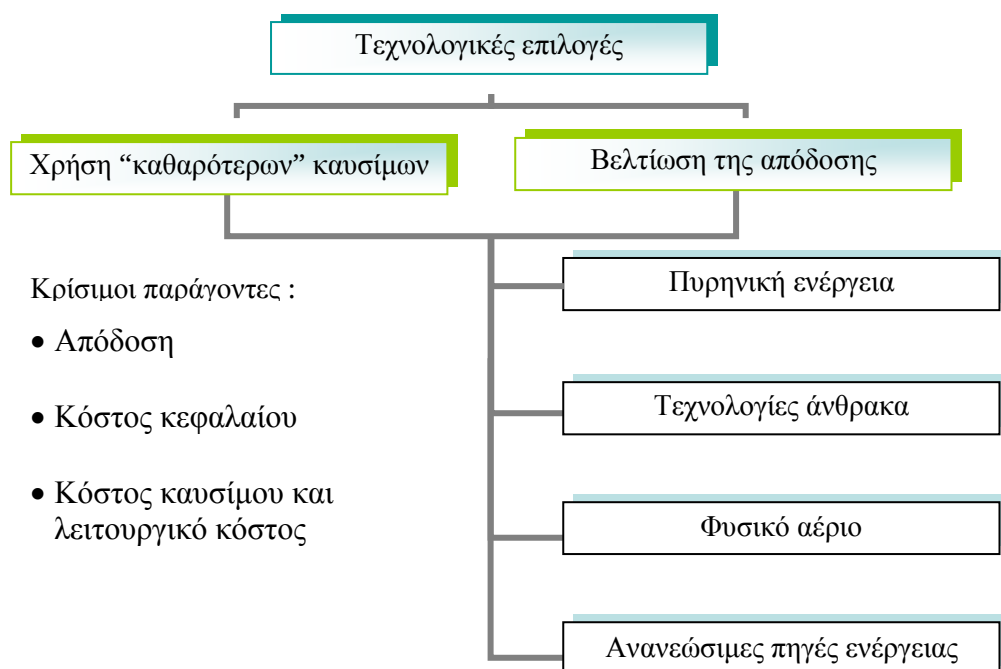
Κατηγορία επένδυσης	Μείωση CO ₂ (kt)
Άνεμος	1405.2
Γεωθερμία	0
Μικρά υδροηλεκτρικά	114.0
Ηλιακά θερμικά συστήματα	6.3
Βιομάζα	ΔΥ
Φωτοβολταϊκά	1.6
Σύνολο	1557

-ΔΥ : Δεν έχει υπολογιστεί

Υπάρχουν δύο βασικές τεχνολογικές λύσεις για την μείωση των εκπομπών CO₂ από την παραγωγή ενέργειας:

- Χρήση “καθαρότερων” καυσίμων δηλαδή πηγών ενέργειας φιλικότερων προς το περιβάλλον ώστε να επιτυγχάνονται χαμηλότερα επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Και οι δύο επιλογές περιορίζονται από παράγοντες όπως οι τεχνολογικές εξελίξεις, η αποδοτικότητα της τεχνολογίας και το κόστος (σχήμα 6.4).



Σχήμα 6.4 Τεχνολογικές επιλογές και κρίσιμοι παράγοντες για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Βασισμένο στους Papadopoulos 2001, Tsoutsos et al., 2008)

6.5 Εκπομπές Αερίων Θερμοκηπίου στο τουριστικό συγκρότημα Atalanti Hills

6.5.1 Εκπομπές Αερίων Θερμοκηπίου εντός της τουριστικής εγκατάστασης

Εντός της τουριστικής εγκατάστασης θα μελετηθεί η εκπομπή αερίων θερμοκηπίου λόγω θέρμανσης – ψύξης καθώς θεωρείται ότι αποτελεί πρόσθετο παράγοντα επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας μέσω των εκπομπών. Η κατανάλωση τροφής – άρα οι εκπομπές λόγω παρασκευής φαγητού- θα συνέβαινε ούτως ει άλλως για τον τουρίστα συνεπώς δεν λαμβάνεται υπόψη στους παρακάτω υπολογισμούς.

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα των πινάκων 4.4 – 4.6, που περιέχουν τις ποσοστιαίες πληρότητες, τον αριθμό ατόμων σε κάθε μονάδα (ξενοδοχεία, κατοικίες κλπ), την κατανομή των ατόμων ανά μήνα, καθώς και τις ακόλουθες παραδοχές, κατασκευάζεται ο πίνακας 6.3 με τον αριθμό των κλιματιστικών ανά μήνα κατά τις περιόδους που λειτουργεί θέρμανση ή ψύξη.

Παραδοχές:

- Έτος αναφοράς: 2039
- 6 μήνες θέρμανση (Νοέμβριος - Απρίλιος) και 6 μήνες ψύξη (Μάιος - Οκτώβριος)
- 1 εγκατάσταση θέρμανσης - ψύξης ανά άτομο (λόγω του μεγάλου μεγέθους των κατοικιών θεωρείται λογική προσέγγιση)
- 24ωρη λειτουργία των εγκαταστάσεων θέρμανσης - ψύξης (κλιματιστικών)
- Σύγχρονο κλιματιστικό 9000 Btu

Πίνακας 6.3 Αριθμός κλιματιστικών σε λειτουργία ανά μήνα

Θέρμανση						
Μήνας	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ
Ξενοδοχεία	1141	812	834	790	1119	1141
Επενδυτικές μονάδες	394	315	281	281	394	394
Άλλες μονάδες	283	172	172	236	257	257
Κατοικίες	1343	1343	1343	1045	2537	2537
Ψύξη						
Μήνας	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ
Ξενοδοχεία	1558	1537	2107	2107	1734	1427
Επενδυτικές μονάδες	563	563	844	844	529	450
Άλλες μονάδες	386	386	425	425	365	343
Κατοικίες	2985	5224	8955	8955	4179	4179

Για 24ωρη λειτουργία ένα σύγχρονο κλιματιστικό 9000 Btu τύπου καταναλώνει 24 kwh (ΔΕΗ Α.Ε., <http://www.dei.gr/>) και προκαλεί εκπομπή 19.536 kg CO₂, καθώς αντιστοιχούν 0.814 kg CO₂/KWh (<http://safeclimate.net/>). Συνεπώς, για ένα μήνα (30 μέρες) και 24ωρη λειτουργία ένα σύγχρονο κλιματιστικό 9000 Btu τύπου προκαλεί εκπομπή 586.08 kg CO₂ (Πίνακας 6.4).

Οι εκπομπές CO₂ αναφέρονται στον πίνακα που ακολουθεί σε τόνους ανά μήνα και παρουσιάζεται σε γράφημα η μηνιαία κατανομή τους.

Πίνακας 6.4 Εκπομπές CO₂ σε t/ μήνα

Θέρμανση						
Μήνας	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ
Ξενοδοχεία	669	476	489	463	656	669
Επενδυτικές μονάδες	231	185	165	165	231	231
Άλλες μονάδες	166	101	101	138	151	151
Κατοικίες	787	787	787	612	1487	1487
Σύνολο	1853	1548	1542	1379	2525	2538
Ψύξη						
Μήνας	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ
Ξενοδοχεία	913	901	1235	1235	1016	836
Επενδυτικές μονάδες	330	330	495	495	310	264
Άλλες μονάδες	226	226	249	249	214	201
Κατοικίες	1749	3062	5248	5248	2449	2449
Σύνολο	3219	4518	7227	7227	3989	3750

6.5.2 Εκπομπές Αερίων Θερμοκηπίου εκτός της τουριστικής εγκατάστασης

Εκτός της τουριστικής εγκατάστασης, εκπέμπονται αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία σχετίζονται με το υπό μελέτη συγκρότημα, λόγω των μετακινήσεων επίγειων και εναέριων μέσων μεταφοράς.

Συγκεκριμένα, στις κατοικίες και στα ξενοδοχειακά συγκροτήματα μπορούν να φιλοξενηθούν άτομα προερχόμενα τόσο από την Ελλάδα όσο και από το εξωτερικό.

Για έναν απλοποιημένο υπολογισμό των εκπεμπόμενων αερίων θα θεωρήσουμε δύο παραδοχές:

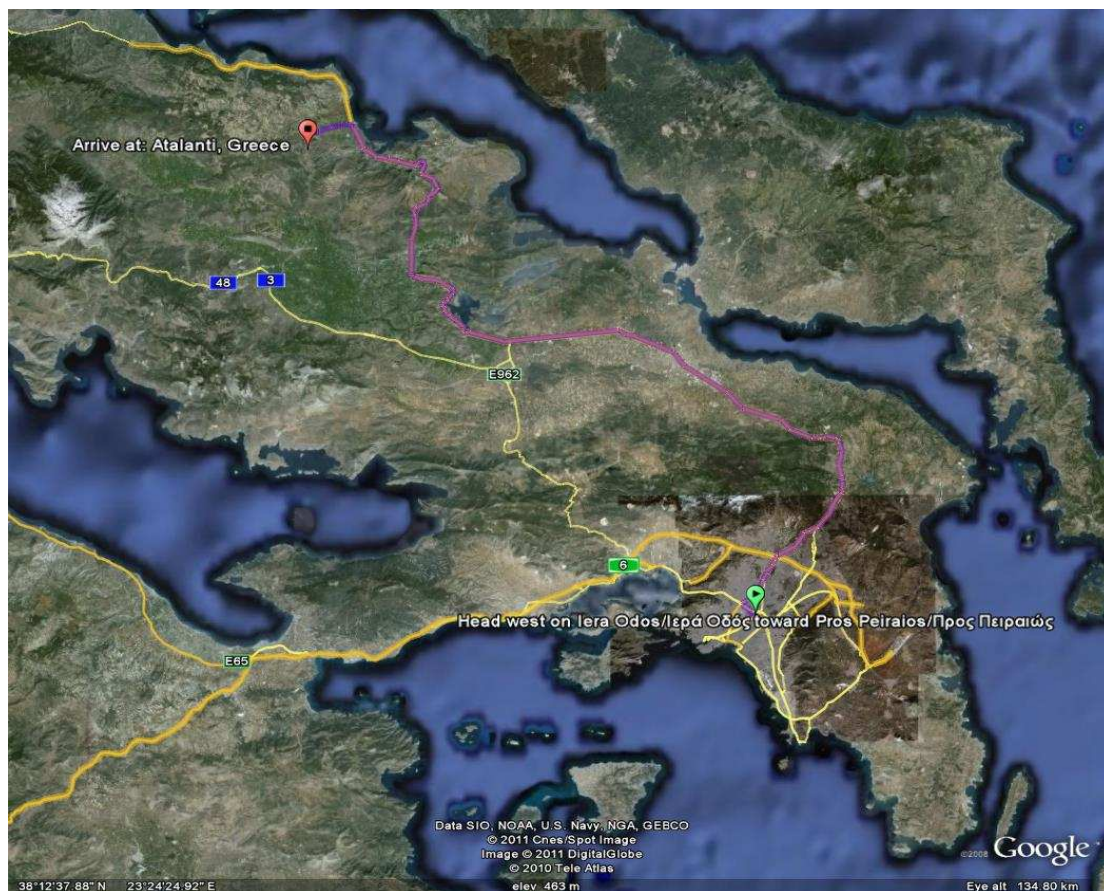
- Καθώς αναμένεται μεγάλη προσέλευση τουριστών από την Αγγλία, θα υπολογιστεί η εκπομπή αερίων θερμοκηπίου για την εναέρια μετακίνηση Λονδίνο – Αθήνα και αντίστροφα.
- Για την μετακίνηση μέσω αυτοκινήτου ως υπό εξέταση απόσταση θα θεωρηθεί η διαδρομή Αθήνα – Αταλάντη και αντιστρόφως.

Μετάβαση στις εγκαταστάσεις του Atalanti Hills οδικώς

Για έναν απλοποιημένο υπολογισμό των εκπεμπόμενων αερίων από την οδική μετακίνηση, θεωρείται ότι οι κάτοικοι της εγκατάστασης μεταβαίνουν από την Αθήνα στην Αταλάντη και αντιστρόφως χρησιμοποιώντας αυτοκίνητο. Υιοθετούνται οι εξής παραδοχές:

- Έτος βάσης : 2039
- Κάθε άτομο παραμένει στην τουριστική εγκατάσταση για 1 μήνα

- Δύο επιβαίνοντες ταξιδεύουν με κάθε όχημα
- Τα οχήματα είναι βενζινοκίνητα (1400 cc)



Σχήμα 6.5 Διαδρομή Αθήνα – Αταλάντη (Google Earth)

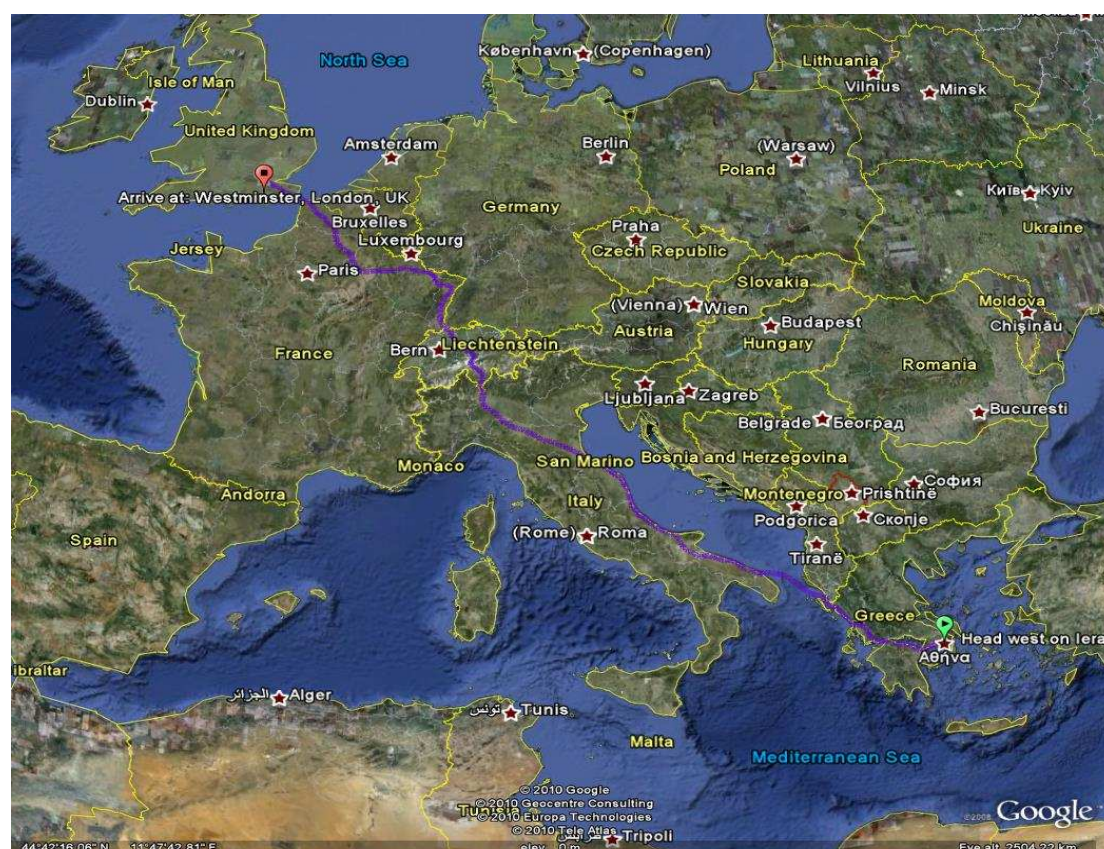
Η χιλιομετρική απόσταση των δύο σημείων, Αθήνα – Αταλάντη, ορίζεται σε 146 km. Λαμβάνεται ως μέσος όρος κατανάλωσης για αυτοκίνητα αυτής της κατηγορίας και για διαδρομή εκτός πόλης τα 5.6 λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα. Για τους ρύπους τα 140 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά χιλιόμετρο θεωρήθηκαν ικανοποιητική προσέγγιση με βάση τα αντίστοιχα στοιχεία (Σ.Ε.Α.Α, 2009). Υπολογίζεται συνεπώς ότι καταναλώνονται περίπου 8.2 l καυσίμου ενώ εκπέμπονται 20.44 Kg CO₂/όχημα. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή αυτή με τον αριθμό των οχημάτων προκύπτουν οι εκπομπές CO₂ σε kg για απλή διαδρομή Αθήνα- Αταλάντη, οι οποίες διπλασιάζονται για να συμπεριληφθεί και η επιστροφή. Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας (Πίνακας 6.5) των αποτελεσμάτων εκφρασμένος σε τόνους CO₂.

Πίνακας 6.5 Εκπομπές CO₂ (σε t) ανά μήνα για διαδρομή (Αθήνα - Αταλάντη και Αταλάντη - Αθήνα)

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ξενοδοχεία	17.0	16.2	22.9	23.3	31.9	31.4	43.1	43.1	35.4	29.2	23.3	16.6
Επενδυτικές μονάδες	5.7	5.7	8.0	8.0	11.5	11.5	17.2	17.2	10.8	9.2	8.0	6.4
Άλλες μονάδες	3.5	4.8	5.3	5.3	7.9	7.9	8.7	8.7	7.5	7.0	5.8	3.5
Κατοικίες	27.5	21.4	51.9	51.9	61.0	106.8	183.0	183.0	85.4	85.4	27.5	15.3
Σύνολο	53.8	48.1	88.1	88.5	112.3	157.6	252.0	252.0	139.1	130.8	64.6	41.8

Μετακίνηση με αεροπλάνο (διαδρομή Λονδίνο – Αθήνα και αντίστροφα)

Εκτός της μετάβασης στο χώρο των εγκαταστάσεων με αυτοκίνητο, είναι δυνατή η προσέλευση τουριστών μέσω αεροπλάνου μέχρι την Αθήνα και στη συνέχεια η χρήση αυτοκινήτου έως το συγκρότημα Atalanti Hills. Οι εκτός Ελλάδας τουρίστες θα είναι κατά βάση Ευρωπαίοι με μεγάλο ποσοστό προσέλευσης από το Λονδίνο. Για το λόγο αυτό, εξετάζεται η αεροπορική διαδρομή Λονδίνου – Αθήνας και αντίστροφα.



Σχήμα 6.6 Διαδρομή Αθήνα – Λονδίνο (Google Earth)

Ενδεικτικά ακολουθεί απλοποιημένος υπολογισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα λόγω χρήσης αεροπλάνου.

Παραδοχές:

- Αεροπλάνο τύπου Airbus A320, χωρητικότητας 150 ατόμων και χρήση κηροζίνης ως καύσιμο (Nojoumi, et al., 2009)
- Όλοι οι τουρίστες του συγκροτήματος έρχονται από το Λονδίνο
- Σε κάθε αεροπορική πτήση όλοι οι επιβάτες (150) είναι τουρίστες που θα φιλοξενηθούν στο συγκρότημα Atalanti Hills
- Κάθε τουρίστας μένει το πολύ ένα μήνα

Η κηροζίνη ως καύσιμο αεροπλάνου εκπέμπει 2.58 kg CO₂/l καυσίμου (<http://www.eia.gov/oiaf/1605/excel/Fuel%20Emission%20Factors.xls>).

Μέση κατανάλωση καυσίμου ανά μίλι είναι 9.76 l/mile ή 6.1 l/km (<http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a320family/technology-and-innovation/>). Η χιλιομετρική απόσταση Λονδίνου – Αθήνας είναι 2403 km. Συνεπώς καταναλώνονται 6.1 (l/km) * 2403 (km) = 14658.3 l καυσίμου και εκπέμπονται 14658.3 (l) * 2.58 (kg CO₂/l) = 37818.4 kg CO₂ ή 37.8 t CO₂ σε κάθε αεροπορική πτήση Λονδίνου – Αθήνας. Από τον πίνακα 4.6 που αφορά την κατανομή των ατόμων ανά μήνα στις διάφορες μονάδες του συγκροτήματος διαιρώντας με τη χωρητικότητα του αεροπλάνου προκύπτει ο πίνακας 6.6 που παρουσιάζει τον αριθμό των πτήσεων που θα πραγματοποιηθούν ανά μήνα ώστε να μεταβούν όλοι οι τουρίστες του συγκροτήματος (που θα φιλοξενηθούν στα ξενοδοχεία, τις κατοικίες και όλες τις άλλες μονάδες) από το Λονδίνο στην Αθήνα.

Πίνακας 6.6 Αριθμός πτήσεων ανά μήνα για τη διαδρομή Λονδίνου- Αθήνας

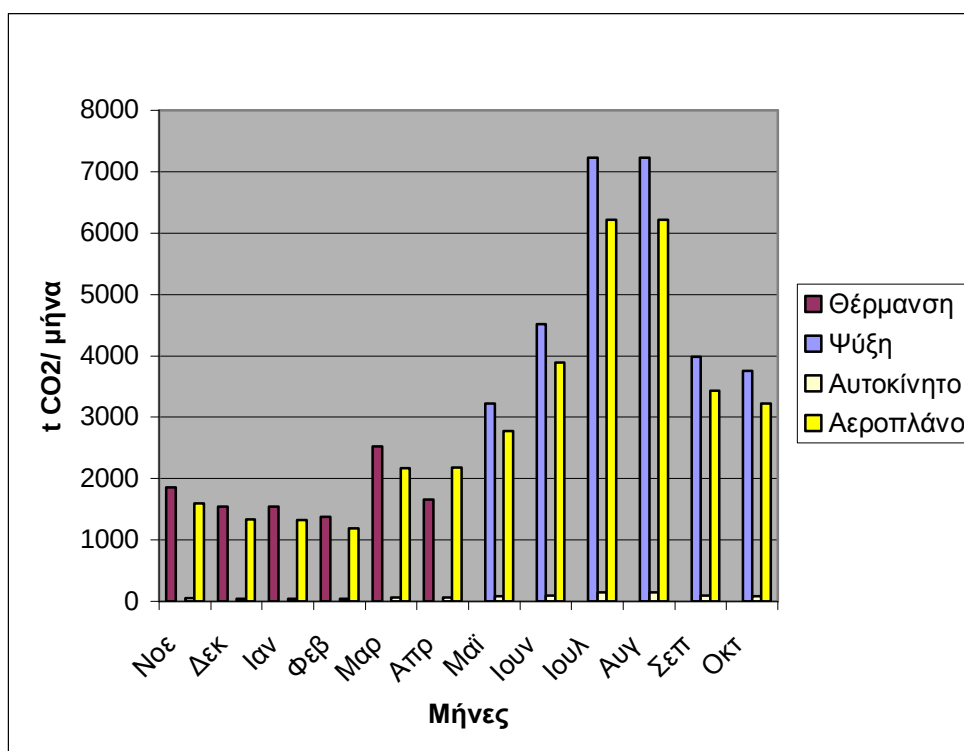
Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Αεροπλάνα	18	16	29	29	37	51	82	82	45	43	21	18

Όπως υπολογίστηκε για μία διαδρομή Λονδίνου – Αθήνας εκπέμπονται 37.8 t CO₂. Πολλαπλασιάζοντας τους 37.8 t CO₂ που εκπέμπονται επί τον αριθμό των πτήσεων για κάθε μήνα εξάγονται οι τόνοι CO₂ που εκπέμπονται μηνιαίως λόγω της χρήσης αεροπλάνου. Για να συμπεριληφθεί και η επιστροφή δηλαδή η πτήση Αθήνας – Λονδίνου τα αποτελέσματα πολλαπλασιάζονται επί δύο (πίνακας 6.7).

Πίνακας 6.7 Τόνοι CO₂ που εκπέμπονται λόγω μετακίνησης των τουριστών με αεροπλάνο για τη διαδρομή Λονδίνου – Αθήνας μετ’ επιστροφής

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν
t CO ₂	1326.3	1186.1	2172.2	2183.3	2769.3	3887.2
Μήνας	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
t CO ₂	6217.7	6217.7	3432.1	3226.6	1594.2	1332.2

Στο γράφημα 6.2 έχουν συμπεριληφθεί και οι εκπομπές CO₂ από τα κλιματιστικά και από τις οδικές μετακινήσεις. Το γράφημα 6.2 δείχνει πως την μεγαλύτερη επιβάρυνση σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατέχουν οι εγκαταστάσεις θέρμανσης – ψύξης, ακολουθούν οι μετακινήσεις με αεροπλάνο ενώ η επιβάρυνση λόγω χρήσης αυτοκινήτου συγκριτικά είναι μηδαμινή.



Γράφημα 6.2 Εκπομπές CO₂ (t/μήνα) από τη μετακίνηση με αυτοκίνητο στις διαδρομές Αθήνα-Αταλάντη (και αντίστροφα), από τη χρήση αεροπλάνου για την πτήση Λονδίνου-Αθήνα (και αντίστροφα) καθώς και από τη λειτουργία των εγκαταστάσεων θέρμανσης- ψύξης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας επιχειρήθηκε η εκτίμηση των ποσοτήτων κυρίως όσον αφορά τον τομέα των στερεών απορριμμάτων και εν συνεχεία των υγρών αποβλήτων που προκύπτουν από την τουριστική επένδυση Atalanti Hills, καθώς και η διατύπωση προτάσεων ελαχιστοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δύνανται να προκληθούν από τη λειτουργία μιας μεγάλης τουριστικής εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε ενδεικτική εκτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου λόγω μετακίνησης με αυτοκίνητο από την πρωτεύουσα προς τον τουριστικό προορισμό και αντίστροφα καθώς και λόγω των εγκαταστάσεων ψύξης και θέρμανσης. Στη συνέχεια διατυπώνονται τα βασικά συμπεράσματα, οι παρατηρήσεις και οι προτάσεις από την συνολική εκπόνηση της εργασίας:

- Η τουριστική δραστηριότητα βρίσκεται σε άμεση αλληλεξάρτηση με το περιβάλλον. Η κατάχρηση των φυσικών πόρων λόγω ανεξέλεγκτης τουριστικής ανάπτυξης αποτελεί αρνητική περιβαλλοντική συνέπεια με αλυσιδωτές αντιδράσεις στην ισορροπία των οικοσυστημάτων. Από την άλλη πλευρά, ο τουρισμός υπό το πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης των δραστηριοτήτων του, είναι δυνατόν να οδηγήσει στην διατήρηση του περιβάλλοντος.
- Στην υπό μελέτη περίπτωση, είναι δυνατή η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η εξοικονόμηση φυσικών πόρων μέσω της χρήσης τεχνολογιών όπως η αναερόβια χώνευση (του ζυμώσιμου κλάσματος των απορριμμάτων, των κηπευτικών απορριμμάτων και της ιλύος του βιολογικού καθαρισμού) με παραγωγή βιοαερίου, η αξιοποίηση των ομβρίων υδάτων και η επεξεργασία των λυμάτων για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών.
- Στον τομέα των στερεών αποβλήτων, προτεινόμενη μέθοδος στο υπό μελέτη συγκρότημα, είναι η ανάκτηση υλικών μέσω της ανακύκλωσης στις συσκευασίες και στα υπόλοιπα ανακυκλώσιμα υλικά όπως αυτά ορίζονται από την Ελληνική Εταιρία Ανάκτησης Ανακύκλωσης. Τα συλλεγόμενα υλικά θα προωθούνται στο πλησιέστερο Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ Λαμίας) για περαιτέρω διαλογή και εν συνεχεία ανακύκλωση.

- Το ζυμώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων, τα κηπευτικά απορρίμματα και η ιλύς που θα προέρχεται από την λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού θα επεξεργάζονται με τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Το βιοαέριο και το κομπόστ που προκύπτουν ως προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας θα αξιοποιούνται στην συμπαραγωγή ηλεκτρισμού- θέρμανσης και ως εδαφοβελτιωτικό, αντίστοιχα.
- Βάσει των υπολογισμών, η ενέργεια του βιοαερίου μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των ξενοδοχείων σε ηλεκτρισμό κατά 4.8% και σε ζεστό νερό χρήσης κατά 45.3%. Τα ποσοστά αυτά είναι αξιόλογα και θα μπορούσαν να αυξηθούν περαιτέρω με τη χρήση ενεργειακών καλλιεργειών στους χώρους του συγκροτήματος.
- Οι υπολογισμοί για τις ποσότητες του ζυμώσιμου κλάσματος και των κηπευτικών απορριμμάτων εκφράζουν με ασφάλεια την τάξη μεγέθους των αναμενόμενων αποβλήτων. Ικανοποιητική ως προς την τάξη μεγέθους θεωρείται και η εκτίμηση των αποβλήτων εκσκαφής και κατεδάφισης. Ωστόσο, ο όγκος παραγόμενου αποβλήτου ανά εμβαδόν νέας οικοδομής (VW) και η πυκνότητα αποβλήτου κατασκευής (D), ποικίλουν ανάλογα με το είδος της οικοδομής και τα υλικά που χρησιμοποιούνται. Λεπτομερέστερη βιβλιογραφική ανασκόπηση και έρευνα είναι αναγκαία για πιο ακριβείς τιμές. Η πρόταση διαχείρισης των ΑΕΚΚ είναι ενδεικτική. Λεπτομερέστερη μελέτη στο θέμα αυτό θα παρέχει καλύτερα αποτελέσματα αξιοποίησης των ΑΕΚΚ.
- Ο υπολογισμός του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι απλοποιημένος και δηλωτικός μόνο της τάξης μεγέθους των πέντε αποβλήτων που εξετάστηκαν (ηλ. κουζίνα, ψυγείο, τηλεόραση, Η/Υ, κλιματιστικό). Για ακριβή υπολογισμό των ΑΗΗΕ καταλληλότερη, σύμφωνα με προσωπική εκτίμηση, είναι η μέθοδος Stanford (βλ. παράγραφο 4.8) η οποία συνεκτιμά και τη διαφοροποίηση της μέσης διάρκειας ζωής των προϊόντων ΗΗΕ και ιδιαίτερα των προϊόντων του τομέα πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (PC's). Η μέθοδος καλό θα είναι να εφαρμοστεί για τις τρεις φάσεις κατασκευής (2014, 2018, 2039) και να συμπεριληφθούν όλα τα πιθανά ΑΗΗΕ.
- Στον τομέα της διαχείρισης υδάτων δίνεται έμφαση στη μέγιστη επαναχρησιμοποίηση του νερού, στην ελάχιστη δυνατή απόληψη από γεωτρήσεις και στην εφαρμογή της οικονομικά αρτιότερης επιλογής.

- Το επικρατέστερο σενάριο από τα τέσσερα που εξετάστηκαν σχετικά με τη διαχείριση υδάτων και υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη συλλογή νερού της βροχής την αποθήκευσή του σε δεξαμενές και την διοχέτευση σε ύδρευση και άρδευση. Επιπλέον το νερό της ύδρευσης μετά τη χρήση του, θα συλλέγεται από τους αγωγούς ακαθάρτων και αφού υποστεί κατάλληλη βιολογικής επεξεργασία θα αποθηκεύεται στις δεξαμενές άρδευσης.
- Σχετικά με την εκπομπή αερίων θερμοκηπίου από τις δραστηριότητες της τουριστικής εγκατάστασης μία συνολική εκτίμηση και ολοκληρωμένη πρόταση διαχείρισης απαιτεί ανάλυση κύκλου ζωής η οποία φεύγει από τα όρια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.
- Στην παρούσα εκτίμηση δεν συμπεριλαμβάνονται άλλες δραστηριότητες όπως η θέρμανση νερού, η κατανάλωση ενέργειας από την εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων, από την παρασκευή τροφής, από τα υπηρεσιακά οχήματα, από τις μετακινήσεις των εργαζομένων, από τις οικοδομικές εργασίες, από την κατασκευή των δομικών υλικών κ.λπ. .
- Βάσει των υπολογισμών μεγαλύτερα ποσοστά εκπομπών παρατηρούνται τους μήνες Μάρτιο- Απρίλιο (περίπου 2538 τόνοι / μήνα) και Ιούλιο- Αύγουστο (περίπου 7227 τόνοι / μήνα) λόγω της αυξημένης προσέλευσης των τουριστών σε σχέση με το υπόλοιπο έτος.
- Η εκπομπή αερίων θερμοκηπίου λόγω μετακίνησης με αυτοκίνητο από την πρωτεύουσα προς την τουριστική εγκατάσταση και αντίστροφα, θα συνεισφέρει περισσότερο τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο λόγω μεγαλύτερης -συγκριτικά- προσέλευσης τουριστών. Αριθμητικά εκτιμάται σε 252 τόνους ανά μήνα.
- Η μεγαλύτερη επιβάρυνση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προέρχεται από τις εγκαταστάσεις θέρμανσης – ψύξης και ακολουθούν οι εκπομπές των αεροπλάνων. Η μικρότερη συνεισφορά προέρχεται από τις εκπομπές λόγω χρήσης αυτοκινήτου. Για ακριβή υπολογισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα λόγω μετακίνησης με αεροπλάνο απαιτείται ανάλυση με πολλές παραμέτρους όπως ο αριθμός των τουριστών που προέρχονται από το εξωτερικό, η χώρα από όπου ξεκινούν το ταξίδι τους, η συχνότητα προσέλευσης και άλλα.
- Προτάσεις για ενεργειακή εξοικονόμηση βασίζονται στην παραγωγή ενέργειας εντός της εγκατάστασης από ανανεώσιμες πηγές, όπως φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, ενεργειακές καλλιέργειες (χωρίς μεγάλη απαίτηση σε νερό) και

άλλα. Οι προτάσεις αυτές δύνανται να αποτελέσουν μία νέα μελέτη για διερεύνηση ενεργειακής αυτονομίας της εγκατάστασης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Αγγελάκης Α., G. Tchobanoglous, *Υγρά απόβλητα – Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και διάθεση εκροών*, Πανεπιστημιακές εκδ. Κρήτης, 1995.
- Ανδρεαδάκης Α., *Θερμική επεξεργασία αστικών στερεών αποβλήτων και ιλύος*, Σημειώσεις του μαθήματος: Διαχείριση Στερεών Απορριμμάτων και Ιλύος, Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2010.
- Ανδρεαδάκης Α., *Αρχές και μέθοδοι Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων*, Σημειώσεις του μαθήματος: Διαχείριση Στερεών Απορριμμάτων και Ιλύος, Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2009α.
- Ανδρεαδάκης Α., *Θεσμικό Πλαίσιο και Απαιτούμενη Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων*, Σημειώσεις του μαθήματος Διαχείριση Στερεών Απορριμμάτων και Ιλύος, Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2009β.
- Γιαννόπουλος Δ., Ε. Βουδριάς, Α. Αϊβαζίδης, *«Αναερόβια επεξεργασία αστικών στερεών αποβλήτων: εξέλιξη και προοπτικές»*, ΤΕΕ, Αθήνα, 2005.
- Γκαϊντατζής Γ., Κ. Αγγελάκογλου, Δ. Ακτσόγλου, *Ηλεκτρονικά Απόβλητα- Περιβαλλοντικά προβλήματα και υφιστάμενη διαχείριση*, 1^ο Ελληνοκινέζικο φόρουμ για το περιβάλλον, ΤΕΕ, Αθήνα, 2009.
- Διαλυνάς Γ., *Λειτουργία και συντήρηση μικρών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων*, πρόγραμμα Petra II, Action Business Center, Χαλάνδρι, 1994.
- ΕΟΠ- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, *Το Ευρωπαϊκό περιβάλλον- κατάσταση και προοπτικές- Συγκεφαλαιωτική έκθεση*, European Environment Agency, 2010.
- Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων & Κοινοτήτων Ν. Αττικής, *Μελέτη προσέγγισης του κόστους λειοτεμαχισμού και μεταφόρτωσης-μεταφοράς ογκωδών αντικειμένων και*

απορριμμάτων πρασίνου, με τις αυτοκινούμενες μονάδες και τον στόλο ημιρυμουλκούμενων του ΕΣΔΚΝΑ, Αθήνα 2003.

- Ζιώμας Ι., *Ατμόσφαιρα – Ατμοσφαιρική ρύπανση*, σημειώσεις του μαθήματος Περιβαλλοντική Επιστήμη, σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2007.
- Κανελλοπούλου Γ., Α-Σ Λαβράνος, Γ. Μαρτζούκος, Γ. Χόφμαν, *Διαχείριση απορριμμάτων Κέρκυρας*, ΤΕΕ, Κέρκυρα, 2009.
- Καλλέργης Γ., *Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία*, τόμος 2, ΤΕΕ, Αθήνα, 2001.
- ΚΑΠΕ, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα*, ΚΑΠΕ, 2003.
- ΚΑΠΕ, *Εγχειρίδιο Βιοαερίου*, ΚΑΠΕ, 2010.
- Καπλανίδης Α., Τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Πρακτικά 1^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Μεγάλων Φραγμάτων, τ.2 σελ. 119-123, ΤΕΕ, ΤΕΕ-Τμ. ΚΔΘ, Λάρισα, 2008.
- Καρβούνης Σ., Δ. Γεωργακέλλος, *Διαχείριση του Περιβάλλοντος, Επιχειρήσεις & Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Αθήνα, 2003.
- Καραπιδάκης Ε., *Πυροπροστασία – Δασοτεχνική μελέτη*, Αθήνα, 2007.
- Κατσίρη Α., *Ενέργεια από Βιομάζα*, Σημειώσεις του μαθήματος Ενεργειακή Τεχνολογία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2011.
- Κατσίρη Α., *Λιπασματοποίηση απορριμμάτων*, σημειώσεις του μαθήματος: Διαχείριση στερεών απορριμμάτων και ιλύος, Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων», σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2004.
- Κουτσογιάννης Δ. και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, 3^η έκδοση, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- Λαζαρίδη Κ. και Κ. Παυλόπουλος, *Ολοκληρωμένη διαχείριση οργανικών αποβλήτων και υπολειμμάτων*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 2001.
- Λέκκας Θ., Γ. Γιαννόπουλος, Ι. Ραζής, *Συγκριτική παρουσίαση μεθόδων διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 1991.
- Λέκκας Σ., Εμπλουτισμός καρστικών υδροφορέων σε περιοχές με υδατικό έλλειμμα στη Λακωνία, παρουσίαση διημερίδας: *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων στην Υδρολογική Λεκάνη του Ποταμού Ευρώτα*, Σπάρτη, 2007.
- Λοϊζίδου Μ., *Στερεά απόβλητα*, σημειώσεις του μαθήματος Περιβαλλοντική Επιστήμη, σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2006.

- Μαμάης Δ., *Τύποι υδατικών οικοσυστημάτων*, σημειώσεις του μαθήματος: Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2009.
- Μανδηλαρά Γ., *Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων- Μικροβιολογική ποιότητα- Νομοθεσία*, σημειώσεις μαθημάτων, Τμήμα Εφαρμοσμένης Μικροβιολογίας, Εθνική Σχολή Δημόσιας Υγείας, Αθήνα, 2009.
- Μαρκαντωνάτος Γ. *Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων – αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα, ζωϊκά απορρίμματα*, εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1990.
- Μουντράκης Δ., *Γεωλογία της Ελλάδας*, Θεσσαλονίκη, 1985.
- Μπαλούτσος Γ., *Μέτρα εξοικονόμησης νερού από τις βροχές στα βουνά της χώρας μας: Μια πρώτη γραμμή άμυνας κατά των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος*, Τριμηνιαία Έκδοση του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας, τεύχος 37, σελ 20-25, Αθήνα, 2009.
- Νικολάου Λ., *Οριστική υδρογεωλογική μελέτη ευρύτερης περιοχής τουριστικών εγκαταστάσεων Atalanti Hills*, Αθήνα, 2007.
- Νταρακάς Ε., *Στοιχεία Χημείας Περιβάλλοντος*, σημειώσεις μαθημάτων, πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 2011.
- Οδηγία 94/62/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, “Για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας,” Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, (Εθνική συμμόρφωση Ν. 2939/2001, ΦΕΚ 179/Α), L 365, pp. 10-23, 1994.
- Οδηγία 96/61/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, *Εξέταση των τεχνολογιών πρόληψης και περιορισμού της ρύπανσης δραστηριοτήτων του κλάδου διαχείρισης αποβλήτων - υποβολή προτάσεων για εφαρμογή των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών*, Παράρτημα Ι, εδάφιο 5, 1996.
- Παλυβός Ν., *Γεωμορφολογική μελέτη της ευρύτερης περιοχής Αταλάντης Φθιώτιδος*, Διδακτορική διατριβή Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα, 2001.
- Παναγιωτακόπουλος Δ., *Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων*, Ζυγός, 2002.
- Παπαχρήστου Ε., Η. Χατζηαγγέλου, *Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των αστικών απορριμμάτων του Δήμου Ρόδου*, εκδ. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1989.

- Παρισάκης Γ., Α. Σκορδίλης, Α. Ανδιανόπουλος, Θ. Λώλος, Ι. Ανδριανόπουλος, Χ. Τσομπανίδης, Γ. Λώλος, Ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση των οικιακών απορριμμάτων του Δήμου Χανίων Κρήτης, Ε.Μ.Π. Εργαστήριο Αναλυτικής και Ανόργανου Χημείας, Αθήνα 1990.
- Παρισάκης Γ., Α. Σκορδίλης, Α. Ανδιανόπουλος, Θ. Λώλος, Ι. Ανδριανόπουλος, Χ. Τσομπανίδης, Γ. Λώλος, Ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση των οικιακών απορριμμάτων της Νήσου Κω, Ε.Μ.Π. Εργαστήριο Αναλυτικής και Ανόργανου Χημείας, Αθήνα 1991.
- Παυλίδης Σ., Σ. Βαλκανιώτης, Α. Γκανάς, Δ. Κεραμυδάς, Σ. Σμπόρας, Το ενεργό ρήγμα της Αταλάντης – επανεκτίμηση με νέα γεωλογικά δεδομένα, *πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας* τόμος XXXVI, σελ.1560-1567, Θεσ/νίκη, 2004.
- Σιούλας Κ., *Δράσεις του έργου Big > East (Biogas for Eastern Europe) στην Ελλάδα*, ΚΑΠΕ 2^η εκστρατεία ενημέρωσης, Φεβρουάριος, 2010.
- Σκορδίλης Α., *Εισαγωγή στην επεξεργασία των απορριμμάτων- Μηχανική διαλογή*, ΤΕΕ, Αθήνα, 1990.
- Στάμου Α., Ζ. Βογιατζής, *Βασικές αρχές και σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων*, 2^η έκδοση, ΤΕΕ, Αθήνα, 1994.
- Τόλη Κ., *Πρόγραμμα Συλλογής Ομβρίων Υδάτων στα Ελληνικά Νησιά*, παρουσίαση ημερίδας με θέμα: *Υδατικοί Πόροι Υποχρέωση για Διατήρηση και Προστασία*, Αθήνα, 2010.
- Υπουργείο Ανάπτυξης, *1η Έκθεση για τον Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020*, Μέρος 1, Αθήνα, 2007.
- Φρουδάκης Α. - RODAX, *Ενεργειακή μελέτη*, 2007.
- Φωτιάδης Δ. και Α. Παπαζαχαρίου, *Τεχνικογεωλογική μελέτη*, Αθήνα, 2007.
- Χαραλάμπους Α., *Υδατικό Περιβάλλον*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2007.
- Χατζημπίρος Κ., *Οικολογία, Οικοσυστήματα και προστασία του περιβάλλοντος*, Αθήνα, 2003.
- Χατζημπίρος Κ., Α. Κατσίρη, Ν. Μουτάφης, Α. Κουκουβίνος, Γ. Βιλάνδου, *Διερεύνηση της ελαχιστοποίησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων τουριστικής ανάπτυξης κυρίως μέσω βέλτιστης διαχείρισης υδάτων*, Τελική Έκθεση, Αθήνα, 2011.

Βιβλιογραφία

- Al-Jayyousi O. R., *Greywater reuse : towards sustainable water management*, Desalination 156, pp. 181-182, 2003.
- Bard E., *Greenhouse effect and ice ages: historical perspective*, Climate and Environment (Climate) External Geophysics, Geoscience 336 pp. 603–638, 2004.
- Bohdanowicz P., I. Martinac, *Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels – Case study of Hilton International and Scandic in Europe*, Energy and Buildings 39, pp. 82-95, 2007.
- Bonakdarpour B., I. Vyrides, D. Stuckey, *Comparison of the performance of one stage and two stage sequential anaerobic – aerobic biological processes for the treatment of reactive-azo dye-containing synthetic wastewaters*, International Biodeterioration & Biodegradation 65, Issue 4, pp. 591-599, 2011.
- Boudel R.W, D.L. Fox, D.B. Turner, A. C. Stern, *Fundamentals of air pollution*, Third Edition, Academic Press, 1994.
- Burkhard R., A. Deletic, A. Craig, *Techniques for water and wastewater management: a review of techniques and their integration in planning*, Urban Water 2, pp. 197-221, 2000.
- Cakir F.K., M.K. Stenstrom, *Greenhouse gas production: A comparison between aerobic and anaerobic wastewater treatment technology*, Water Research 39, Issue 17, pp. 4197-4203, 2005.
- Chan Y., M. Fong Chong, C. Lim Law, D. Hassell, *A review on anaerobic–aerobic treatment of industrial and municipal wastewater*, Chemical Engineering Journal 155, Issues 1-2, pp. 1-18, 2009.
- Christova-Boal D., R. E. Edenb, S. McFarlane, *An investigation into greywater reuse for urban residential properties*, Desalination 106, pp. 391-397, 1996.
- Cohen E., *The impact of tourism on the physical environment*, Annals of Tourism Research, vol.5, issue 2, pp. 215-237, 1978.
- Craveiro F., J. Malina, *Anaerobic degradation of phenol and bioregeneration of granular activated carbon*, Journal of Hazardous Materials 28, Issues 1-2, pp. 189-190, 1991.
- Dowd R.M, *The greenhouse effect*, Environmental Science and Technology, vol. 20, No 8, pp. 767, 1985.

- EPA-Environmental Protection Agency of Ireland, *Waste from electrical and electronic equipment in Ireland: A status report*, p 68-76, Ireland, 2001.
- EPA-Environmental Protection Agency, *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2009*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, U.S.A., 2011.
- Eriksson E., K. Auffarth, M. Henze, and A. Ledin, *Characteristics of greywater*, Urban Water, 4(1) pp.85–104, 2002.
- European Topic Center on Waste, *Review of selected waste streams: sewage sludge, construction and demolition waste, waste oils, waste from coal-fired power plants and biodegradable municipal waste*, Technical Report, European Environment Agency, 2002.
- Fourier J., *General Remarks on the temperatures of the globe and planetary spaces - Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires*, Ann. Chim. Phys. 27, pp. 136–167, 1824.
- Friedler E., I. Katz, C. G. Dosoretz, *Chlorination and coagulation as pretreatments for greywater desalination*, Desalination 222, pp.38–49, 2008.
- Garnett T., *Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)?*, Food policy 36, pp. 523-532, 2011.
- Ghunmi L. A, G. Zeeman, M. Fayyad, J. B. van Lier, *Grey water treatment in a series anaerobic – Aerobic system for irrigation*, Bioresource Technology 101 pp. 41–50, 2010.
- Guo J. and C. Zhou, *Greenhouse gas emissions and mitigation measures in Chinese agroecosystems*, Agricultural and Forest Meteorology 142, pp. 270–277, 2007.
- Gunaseelan V., *Anaerobic digestion of biomass for methane production: a review*, Biomass and Bioenergy 13, Nos 1/2, pp. 83-114, 1997.
- Hughes P., *Animals, values and tourism structural shifts in UK dolphin tourism provision*, Tourism Management 22, pp. 321-329, 2001.
- International Labour Organization, *Developments and challenges in the hospitality and tourism sector, Issues paper for discussion at the Global Dialogue Forum for the Hotels, Catering, Tourism Sector*, GENEVA , 23- 24 November 2010.

- Jeffrey P., R. Seaton, S. Parsons , T. Stephenson , B. Jefferson, *Exploring water recycling options for urban environments: a multi-criteria modelling approach*, Urban Water 1, pp. 187-200, 1999.
- Krippendorff J., *Towards new tourism Policies: The importance of environmental and sociocultural factors*, Butterworth & Co (Publishers) Ltd, 1982.
- Liu D., B. Liptak, *Environmental engineers' handbook*, second edition, New York, 1997.
- Ludwig A., *Create an Oasis with Greywater Choosing, Building and Using Greywater Systems*, Oasis Design, 2006.
- Marland G. and R.M. Rotty, *Greenhouse gases in the atmosphere: what do we know?*, JAPCA, vol. 135, No 10, pp 1033-1038, 1985.
- Maslin M., *Global Warming: A very short introduction*, Oxford University Press, New York, 2004.
- Matthieson, J., and G. Wall, *Tourism : Economic, physical and social impacts*. Longman Group, U.K. , 1982.
- Metcalf & Eddy, Inc., *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, revised by G. Tchobanoglous, F. L. Burton, H. D. Stensel, 4th edition, Mc Graw-Hill, 2003.
- Metcalf & Eddy, Inc., *Water Reuse- Issues, Technologies and Applications*, Mc Graw-Hill, 2007.
- Naisby C., *Greywater recycling and rainwater harvesting. A viable mean of domestic water conservation?*, Master Thesis, Department of Geography and Civil Engineering, University of Leeds, 1997.
- Nojoumi H., I. Dincer, G.F. Naterer, *Greenhouse gas emissions assessment of hydrogen and kerosene-fueled aircraft propulsion*, International journal of hydrogen energy 34 pp. 1363-1369, 2009.
- Olsen E., A. Tullander, S. Ahl, *Residential Wastewater*, The Swedish Nation Institute for Building Research. Box 27S-102 52 Stockholm 27, SWEDEN, 1968.
- Papadopoulos A.M., *Reducing CO₂ emissions and deregulating the electricity sector in europe: a contradictory development?*, Global Nest: the Int. J. Vol 3, No 1, pp 59-70, 2001.
- Paris S., C. Schlapp, *Greywater recycling in Vietnam — Application of the HUBER MBR process*, Desalination 250 pp.1027–1030, 2010.

- Pavlostathis, S. G. and E. Giraldo-Gomez., *Kinetics of Anaerobic Treatment*. Water Science & Technology 24 pp. 35-59, 1991.
- Ralston J., *Peak oil: The eventual end of the oil age*, Washington University Academic Press, 2008. (διαθέσιμο στην ιστοσελίδα : <http://www.peakoil.net/publications/peak-oil-the-eventual-end-of-the-oil-age>).
- Robinson B., *E-waste: An assessment of global production and environmental impacts*, Science of the Total Environment 408, pp. 183-191, 2009.
- Rossello-Batlle B., A. Moia, A. Cladera, V. Martinez, *Energy use, CO₂ emissions and waste throughout the life cycle of a sample of hotels in the Balearic Islands*, Energy and Buildings 42, pp. 547-558, 2010.
- Rowe R.D., Abdel – Magid I.M., *Handbook of Wastewater Reclamation and Reuse*, Lewis Publication, U.S.A., 1995.
- Sosnowski P., A.Wieczorek, S.Ledakowicz, *Anaerobic co-digestion of sewage sludge and organic fraction of municipal solid wastes*, Advances in Environmental Research 7 , pp. 609–616, 2003.
- Spash C. L., Ralph C. d' Arge, *The greenhouse effect and intergenerational transfers*, Energy Policy, Butterworth & Co (Publishers) Ltd, 1989.
- Stronach S., T. Rudd, J. Lester, *Start-up of Anaerobic Bioreactors on High Strength Industrial Wastes*, Biomass 13, pp. 173-197, 1987.
- Tchobanoglous G and F. Burton, *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*, Mc Graw-Hill, New York, 1991.
- Tchobanoglous G and F. Kreith, *Handbook of solid waste management*, Mc Graw-Hill Handbooks, New York, 2002.
- Tchobanoglous G., H. Theisen, S. Vigil, *Integrated solid waste management*, Mc Graw- Hill, New York, 1993.
- Toerien D. F. and W. H. J. Hattingh, *Anaerobic digestion, the microbiology of anaerobic digestion*, Water Research Pergamon Press 3, pp. 385-416, 1969.
- Tosun C., *Challenges of sustainable tourism development in the developing world: the case of Turkey*, Tourism Management 22, pp. 289-303, 2001.
- Trung D., Kumar S., *Resource use and waste management in Vietnam hotel industry*, Journal of Cleaner Production 13 pp. 109–116, 2005.
- Tsoutsos T., E. Papadopoulou, A. Katsiri, A. M. Papadopoulos, *Supporting schemes for renewable energy sources and their impact on reducing the emissions*

of greenhouse gases in Greece, Renewable and Sustainable Energy Reviews 12 pp.1767–1788, 2008.

- UNEP-United Nations Environment Programme, *Developing Integrated Solid Waste Management, Plan Training Manual Volume 1, Waste Characterization and Quantification with Projections for Future*, Japan, 2009.
- Villarreal E.L. and A. Dixon, *Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden*. Building and Environment, 40 (9), pp. 1174-1184, 2005.
- Wahab S. and J. Pigram, *Tourism, development, growth, the challenge of sustainability*, Routledge, 1997.
- WATG, *EOS Master Plan*, 2006.
- Widiastuti N., W. Hongwei, M. Angb, D. Zhanga, *The potential application of natural zeolite for greywater treatment*, Desalination 218, pp. 271–280, 2008.
- Wuebbles D. J., K. Hayhoe, *Atmospheric methane and global change*, Earth-Science Reviews 57 pp. 177–210, 2002.
- Zeeman G., K. Sutter, T. Vens, M. Koster, A. Wellinger, *Psychrophilic Digestion of Dairy Cattle and Pig Manure: Start-up Procedures of Batch, Fed-batch and CSTR-type Digesters*, Biological Wastes 26, pp.15-31, 1988.

Διαδικτυακές Αναφορές

- Γεωλογική Υπηρεσία Η.Π.Α, <http://ga.water.usgs.gov/edu/>
- ΔΕΗ Α.Ε., Ορθολογική Χρήση Ενέργειας / Κατανάλωση Οικιακών Συσκευών / Κλιματισμός, <http://www.dei.gr/Default.aspx?id=5103&nt=18>.
- Ε.Ε.Α.Α., Ελληνική Εταιρεία Ανάκτησης Ανακύκλωσης, <http://www.herrco.gr/>.
- ΕΜΥ- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, <http://www.hnms.gr>.
- Ιστοσελίδα Δήμου Αταλάντης, <http://www.atalanti.gov.gr> .
- Σ.Ε.Α.Α-Σύνδεσμος Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων, έκδοση για την κατανάλωση καυσίμων Ιούλιος 2009, <http://www.seaa.gr/common/statistics.asp> .
- CO₂ emissions from purchased electricity, <http://safeclimate.net> .

- Energy Information Administration of Unites States,
<http://www.eia.gov/oiaf/1605/excel/Fuel%20Emission%20Factors.xls>
- <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a320family/technology-and-innovation>
- <http://www.biofuels.gr>.
- <http://www.econews.gr>
- <http://www.greywater.com>.
- <http://www.letsgogreen.com/greywater-recycling.html>.
- <http://www.minenv.gr>.