



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΙΙ: ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος Βιομηχανίας Παραγωγής Τσιμέντου

Μελίνα Μαργαρίτα Μουτσάκη

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ελένη Γρηγοροπούλου

ΑΘΗΝΑ 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της εργασίας Καθηγήτρια του Ε.Μ.Π. κα Ελένη Γρηγοροπούλου τόσο για την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον που έδειξε κατά την ανάθεση ενός τόσο αξιόλογου θέματος, όσο και για τη συμπαράσταση και την καθοδήγησή της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου. Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο Τμήμα Περιβάλλοντος, Ποιότητας και Βιώσιμης Ανάπτυξης της Εταιρείας Τσιμέντων «TITAN Α.Ε.», και συγκεκριμένα στον κ. Τζωρτζίνη, για το σύνολο των στοιχείων και δεδομένων που παρείχαν καθώς και για την άμεση ανταπόκριση σε ότι χρειαζόταν κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Φυσικά δεν θα παρέλειπα την κα. Ιωάννα Νυδριώτη της οποίας είμαι βαθιά ευγνώμων που με την προθυμία της, την συνεχή της στήριξη και τις πληροφορίες που μου παρείχε, με βοήθησε πολύ σε ολόκληρη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου. Τέλος επιθυμώ να ευχαριστήσω τις φίλες, τους φίλους και την οικογένειά μου για την στήριξη τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι ο υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος του Εργοστασίου Παραγωγής Τσιμέντου της Εταιρείας Τσιμέντων «TITAN A.E.» στο Καμάρι Βοιωτίας. Είναι γεγονός ότι τα διαθέσιμα αποθέματα γλυκού νερού εξαντλούνται ολοένα και περισσότερο και υποβαθμίζεται η ποιότητά τους εξαιτίας της αλόγιστης χρήσης τους από τον άνθρωπο καθώς και της ρύπανσης που αυτή προκαλεί στα υδατικά συστήματα. Το Υδατικό Αποτύπωμα αποτελεί ένα νέο και πολύτιμο εργαλείο για την εκτίμηση της χρήσης νερού και παραγωγής υγρών αποβλήτων στοχεύοντας στην ορθολογική διαχείριση του νερού σε όλους του τομείς, με έμφαση στον Βιομηχανικό τομέα που μελετάται στην παρούσα εργασία.

Αρχικά πραγματοποιείται καταγραφή των βιομηχανιών του κλάδου μεταποίησης στην Ελλάδα με βάση τον κύκλο εργασιών τους και των παραγόμενων προϊόντων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση του μεγέθους της προς μελέτη βιομηχανίας με άλλες βιομηχανίες του ίδιου και διαφορετικών κλάδων στην Ελλάδα. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα διαθέσιμα αποθέματα γλυκού νερού στις χώρες της Ευρώπης όπως και οι καταναλώσεις νερού στους τομείς της Γεωργίας, Αλιείας, Δασοκομίας και της Βιομηχανίας καθώς και στον αστικό ιστό, με σκοπό να εκτιμηθεί το μέγεθος της κατανάλωσης νερού στην Ελλάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες. Ειδικότερα για τον Βιομηχανικό τομέα της Ελλάδας παρουσιάζονται οι καταναλώσεις νερού και οι ποσότητες των παραγόμενων υγρών αποβλήτων στις μεγαλύτερες ελληνικές βιομηχανίες ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση τους με τις αντίστοιχες ποσότητες της προς μελέτη βιομηχανίας. Επίσης παραθέτονται δεδομένα ειδικών καταναλώσεων νερού άλλων βιομηχανιών παραγωγής τσιμέντου από την διεθνή βιβλιογραφία

Στην συνέχεια, παρουσιάζεται αναλυτικά η μέθοδος υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος σύμφωνα με τη μέθοδο των Gerbens-Leenes & Hoekstra σε μια βιομηχανία. Αναλύονται και οι 3 συνιστώσες του αποτυπώματος (μπλε, πράσινη, γκρι) και υπογραμμίζονται τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό του. Έπειτα αναλύεται η διαδικασία παραγωγής τσιμέντου του Εργοστασίου, εντοπίζονται οι μονάδες που καταναλώνουν νερό ή/και παράγουν υγρά απόβλητα και ποσοτικοποιείται η κατανομή του νερού στο Εργοστάσιο. Διαπιστώνεται ότι η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού πραγματοποιείται στους πύργους ψύξης και τα σακόφιλτρα για την ψύξη των απαερίων του κλιβάνου, στις διεργασίες δηλαδή που αναπτύσσονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες και επομένως έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες ψύξης. Επίσης μεγάλη ποσότητα νερού χρησιμοποιείται και στις υδροφόρες για την εξάλειψη της σκόνης. Στο Εργοστάσιο μεγάλες ποσότητες νερού ανακυκλώνονται για την ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού. Τέλος συλλέγεται βρόχινο νερό, που αποτελεί ανανεώσιμη πηγή νερού. Προκειμένου να κατανοηθεί το μέγεθος της κατανάλωσης νερού στις διάφορες διεργασίες του Εργοστασίου πραγματοποιούνται συγκρίσεις με δεδομένα συνολικών καταναλώσεων νερού και καταναλώσεων νερού στις διάφορες διεργασίες άλλων βιομηχανιών παραγωγής τσιμέντου, σε όρους ειδικής κατανάλωσης νερού, που αντλήθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία. Ως προς την συνολική ειδική κατανάλωση νερού, οι τιμές του Εργοστασίου είναι παρόμοιες με εκείνες της διεθνούς βιβλιογραφίας. Οι ειδικές καταναλώσεις νερού των διαφόρων διεργασιών του Εργοστασίου είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Βάσει των διαθέσιμων δεδομένων οι υπολογισμοί επικεντρώνονται μόνο στις συνιστώσες (μπλε, πράσινη, γκρι) των λειτουργικών υδατικών αποτυπωμάτων των μονάδων καθώς και του

συνολικού λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του Εργοστασίου για τα έτη 2016 έως 2019. Το μεγαλύτερο συνολικό λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα του εργοστασίου σημειώνεται το έτος 2017 και είναι 482453,9 m³, με μεγαλύτερη την τιμή της μπλε συνιστώσας στα 453519 m³, στη συνέχεια της γκρι συνιστώσας στα 23934,9 m³ και τέλος της πράσινης στα 5000 m³. Ανάμεσα στις επιμέρους μονάδες το μεγαλύτερο λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα και τα τέσσερα έτη έχει η μονάδα της έψησης-πύργου ψύξης/σακόφιλτρων το οποίο είναι 217001,4 m³ (το έτος 2017). Σημαντικές είναι και οι τιμές των γκρι συνιστωσών των μονάδων των υδροφόρων και των γραφείων, των οποίων οι τιμές προέκυψαν για ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα. Δεν υπάρχουν δεδομένα εκτίμησης των Υδατικών Αποτυπωμάτων άλλων βιομηχανιών παραγωγής τσιμέντου, ωστόσο οι ειδικές καταναλώσεις νερού (συνολικές και των διαφόρων διεργασιών) που παρουσιάστηκαν και προέρχονται από τη σχετική επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας μπορούν να αποτελέσουν ένα μέτρο σύγκρισης της χρήσης νερού. .

Ως προς την κατανάλωση νερού στις βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου και στο Εργοστάσιο Καμαρίου τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια πτωτική τάση, πιθανόν εξαιτίας της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών και συστημάτων ανακύκλωσης νερού. Η ελάττωση των μπλε συνιστωσών των υδατικών αποτυπωμάτων των επιμέρους μονάδων για τα έτη 2017 έως 2019 μάλλον οφείλεται σε μείωση της παραγωγικότητας. Οι γκρι συνιστώσες που υπολογίστηκαν παριστάνουν την ανώτερη δυνατή τιμή για δεδομένη παροχή και στην πραγματικότητα αναμένονται μικρότερες αφού τα υγρά απόβλητα υφίστανται κάποια επεξεργασία και συνεπώς θα έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση ρύπων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως μεγάλη τιμή της πράσινης συνιστώσας του υδατικού αποτυπώματος του Εργοστασίου είναι επιθυμητή αφού μεταφράζεται σε αξιοποίηση υδατικών πόρων. Ακόμα διαπιστώνεται πως η χρήση ανακυκλωμένου νερού στο Εργοστάσιο μειώνει τουλάχιστον κατά 50% το Υδατικό του Αποτύπωμα.

Στο τέλος παρατίθενται προτάσεις αρχικά για ενέργειες που πρέπει να γίνουν για τον υπολογισμό του Συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος του Εργοστασίου, όπως προσθήκη μετρητών νερού σε περισσότερα σημεία και υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος της εφοδιαστικής αλυσίδας του Εργοστασίου. Έπειτα προτείνονται τρόποι για την μείωση του Λειτουργικού Υδατικού Αποτυπώματος του Εργοστασίου, όπως επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων από τις υδροφόρες, ενέργειες για την μείωση των απωλειών νερού και ο καλύτερος έλεγχος των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται για την μείωση των απαιτήσεων ψύξης.

ABSTRACT

The goal of the current study is the assessment of Water Footprint of TITAN Cement Manufacturing plant at Kamari, Viotia. The availability of water resources decreases and their quality degrades due to increased water consumption for human activities and wastewater production. Water Footprint constitutes a new and valuable tool for the estimation of water use and wastewater generation leading to sustainable water management in all sectors focusing on Manufacturing sector, which is being investigated in the current study.

Firstly, the industries of the manufacturing sector in Greece are recorded based on their turnover and products, so that it is possible to compare the size of the industry to be studied with other industries of the same and different sectors in Greece. In addition, the available fresh water resources in European countries are presented as well as water consumption in the sectors of Agriculture, Fishery, Forestry, Industry and urban areas, in order to estimate the level of water consumption in Greece compared to other European countries. Especially for the Greek Industrial sector, water consumption and wastewater generation data are presented for the largest Greek manufacturing industries so that it is possible to compare them with the corresponding quantities of the industry to be studied. Data on specific water consumption of other cement industries from the international literature are also presented.

Then, the methodology of Industrial Water Footprint Assessment introduced by Gerbens-Leenes & Hoekstra is analyzed. The three components of the footprint (blue, green, grey) are explained in detail and the necessary data for the calculation. The cement manufacturing processes of the plant are thoroughly analyzed. Water consuming and wastewater generating processes are mapped and water distribution across the processes is quantified. The most water consuming process of the plant is the Conditioning tower for the cooling of the hot kilns exhaust gases in bag filters. Large water quantities are also needed for dust suppression in the plant. Also, the plant uses renewable water resources, as rainwater is collected and reused in the plant. In order to understand the level of water consumption in the various processes of the plant, comparisons are made with data from the international literature of total water consumption of a cement manufacturing plant and water consumption in the specific processes, in terms of specific water consumption. The comparison showed that total specific water consumption in Kamari plant is similar to other plants presented in the international literature. As for specific water consumption of the various processes the values were lower in Kamari compared to those in international literature.

Based on the available data, the calculations focus only on the components (blue, green, grey) of the Operational Water Footprint of the units as well as the total Operational Water Footprint of the plant for the years 2016 to 2019. The largest total operational water footprint of the plant is calculated at 482453.9 m³ for 2017. The blue component is at 453519 m³, the grey component is at 23934.9 m³ and the green component is at 5000 m³. Concerning the operational water footprint of the processes the largest value is calculated for the cooling tower / bag filter at 217001.4 m³ in 2017. The values for the grey components from runoff and utilities are also notable and they are calculated as untreated wastewater. There are no available Water Footprint Assessments for cement industries in the international literature, however a preliminary comparison could be achieved through the total specific water consumptions and the consumption of each process.

Water consumption in the cement industry and especially in the Kamari plant has been decreasing in recent years, mainly because of the development of new technologies and water recycling systems. The decrease in the blue components of the water footprints of the units for the years 2017 to 2019 is probably due to a decrease in productivity. The calculated grey components represent the highest possible value and are expected to be lower as the wastewater undergoes primary treatment and therefore the concentration of pollutants is expected to be lower. It is noteworthy that the plant has a large value of the green component, translated to consumption of renewable water resources. It is also found that the use of recycled water in the plant reduces its Water Footprint by at least 50%.

Finally, interventions are proposed concerning a complete calculation of the Total Water Footprint of the plant, such as adding more water meters and calculating the water footprint of the supply chain of the plant. Also, suggestions are made for reducing the Operational Water Footprint of the plant, such as treatment and reuse of wastewater runoff, actions for minimizing water losses and controlling the developed temperature so as to reduce cooling requirements.

Then ways are proposed to reduce the Operational Water Footprint of the Plant, such as treatment and reuse of liquid waste from aquifers, actions to reduce water loss and better control of temperatures developed to reduce cooling requirements.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	1
Abstract.....	1
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	7
Κεφάλαιο 2. Βιομηχανική δραστηριότητα στην Ελλάδα.....	9
2.1. Κατηγοριοποίηση βιομηχανικών κλάδων	9
2.2. Κύκλοι εργασιών και παραγόμενα προϊόντα ελληνικών βιομηχανιών	9
2.3. Η Βιομηχανία τσιμέντου στην Ελλάδα.....	11
Κεφάλαιο 3: Υδατικοί Πόροι και Κατανάλωση Νερού.....	13
3.1 Χρήση νερού στον γεωργικό τομέα	14
3.2 Αστική χρήση νερού	15
3.3 Χρήση νερού στη βιομηχανία.....	16
3.3.1 Κατανάλωση νερού στις βιομηχανίες της Ευρώπης.....	16
3.3.2 Κατανάλωση νερού στην Ελληνική Βιομηχανία	17
3.3.3 Κατανάλωση νερού στη βιομηχανία τσιμέντου.....	18
Κεφάλαιο 4. Το Υδατικό Αποτύπωμα.....	21
4.1 Μπλε Συνιστώσα Υδατικού Αποτυπώματος.....	21
4.2 Πράσινη Συνιστώσα Υδατικού Αποτυπώματος.....	22
4.3 Γκρι Συνιστώσα Υδατικού Αποτυπώματος.....	22
4.4 Υδατικό Αποτύπωμα Βιομηχανικής Μονάδας	23
4.4.1. Μέθοδος Υπολογισμού Υδατικού Αποτυπώματος Βιομηχανικής Μονάδας	24
Κεφάλαιο 5. Παρουσίαση Εργοστασίου TITAN.....	27
5.1 Παραγωγική διαδικασία	28
5.1.1 Θραύση πρώτων υλών	29
5.1.2. Προομογενοποίηση.....	29
5.1.3. Αλεση πρώτων υλών.....	30
5.1.4. Ομογενοποίηση φαρίνας.....	31
5.1.5. Εψηση	31
5.1.6. Ψύξη κλίνκερ.....	34
5.1.7. Άλεση τσιμέντου	35
5.1.8. Διατάξεις αποκονίωσης	37
5.1.9. Αποθήκευση τσιμέντου και διάθεση στην αγορά	39
5.2 Κατανάλωση νερού στο εργοστάσιο.....	40
Κεφάλαιο 6. Υπολογισμοί-Αποτελέσματα	45

6.1. Βήμα 1 ^ο : Καθορισμός των μονάδων του εργοστασίου	46
6.2 Βήμα 2 ^ο : Υπολογισμός επιμέρους λειτουργικών υδατικών αποτυπωμάτων των μονάδων του εργοστασίου	51
6.2.1 Λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα μονάδων M[1], M[2], M[3] και M[4]	53
6.2.2. Λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα μονάδων M[5], M[6], M[7] και M[8]	53
6.2.3. Λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα μονάδας M[9]	56
6.2.4 Λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα μονάδας M[10]	60
6.3. Βήμα 3 ^ο : Υπολογισμός του συνολικού λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της βιομηχανίας	65
6.3.1. Μπλε συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος εργοστασίου	65
6.3.2. Πράσινη συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος εργοστασίου ...	66
6.3.3. Γκρι συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος εργοστασίου	66
Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα	68
Κεφάλαιο 8. Προτάσεις	72
Βιβλιογραφία	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	86

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1 Ειδικές καταναλώσεις νερού σε βιομηχανίες τσιμέντου, από επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας.....	23
Πίνακας 5.1 Τύποι τσιμέντου ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης κλίνκερ, βάση του ευρωπαϊκού προτύπου EN 197-1	42
Πίνακας 5.2 Ειδική κατανάλωση νερού των διαφόρων διεργασιών στο εργοστάσιο Καμαρίου και σε άλλες βιομηχανίες.....	45
Πίνακας 6.1 Μονάδες εντός παραγωγικής διαδικασίας εργοστασίου.....	48
Πίνακας 6.2 Μονάδες εκτός παραγωγικής διαδικασίας εργοστασίου.....	49
Πίνακας 6.3 Εισερχόμενες ροές νερού στο σύστημα.....	49
Πίνακας 6.4 Ροές νερού που προορίζονται για χρήση στις μονάδες του εργοστασίου	51
Πίνακας 6.5 Ροές παραγόμενων υγρών αποβλήτων	51
Πίνακας 6.6 Κατανομή νερού διεργασιών στις επιμέρους μονάδες.....	52
Πίνακας 6.7 Πηγές νερού, παραγόμενα υγρά απόβλητα και χρήση ανακυκλωμένου νερού για ψύξη του εξοπλισμού στις μονάδες του εργοστασίου	53
Πίνακας 6.8 Τιμές ποσοτήτων νερού ΙΓ, ΒΡ, ΡΔ, ΡΨ, ΡΠ, ΑΠ, Ρ10, ΑΨ για τα έτη 2016-2019.....	55
Πίνακας 6.9 Ποσότητα ροών νερού ΡΔ5, ΡΔ6, ΡΔ7, ΡΔ8 για τα έτη 2016-2019.....	56
Πίνακας 6.10 Κατανομή νερού απωλειών στις επιμέρους μονάδες.....	58
Πίνακας 6.11 Εξαμιζόμενες ποσότητες νερού απωλειών από τις επιμέρους μονάδες για τα έτη 2016-2019	59
Πίνακας 6.12 Τιμές ποσότητας ΡΑ9 για τα έτη 2016-2019	61
Πίνακας 6.13 Τιμές Συγκεντρώσεων C _{max} , TSS και C _{effl} , TSS.....	62
Πίνακας 6.14 Τιμές παραγόμενων υγρών αποβλήτων ΡΑ10 για τα έτη 2016-2019	65
Πίνακας 6.15 Τιμές συγκεντρώσεων C _{max} και C _{effl} για τους ρύπους ΒΟD και CΟD.....	66

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 2.1 Κύκλοι εργασιών ανά βιομηχανικό κλάδο για το 2017	13
Γράφημα 2.2 Ετήσια παραγωγή τσιμέντου στην Ελλάδα από το 2009 έως το 2018.	14
Γράφημα 3.1 Ειδική κατανάλωση νερού στις βιομηχανίες τσιμέντου για τα έτη 2002-2019, από επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας.....	22
Γράφημα 6.1 Λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα μονάδων M[5], M[6], M[7], M[8] για τα έτη 2016-2019.....	60
Γράφημα 6.2 Γκρι υδατικό αποτύπωμα μονάδας M[9] για τα έτη 2016-2019.....	63
Γράφημα 6.3 Γκρι συνιστώσα υδατικού αποτυπώματος μονάδας M[9] για διάφορες συγκεντρώσεις TSS στις απορροές, για τα έτη 2016-2019	63
Γράφημα 6.4 Λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα μονάδας M[9] για τα έτη 2016-2019	64
Γράφημα 6.5 Γκρι υδατικά αποτυπώματα μονάδας M[10] για ρύπους BOD και COD των ετών 2016-2019	66
Γράφημα 6.6 Γκρι συνιστώσα υδατικού αποτυπώματος μονάδας M[10] για διάφορες συγκεντρώσεις BOD στα υγρά απόβλητα, έτη 2016-2019.....	67
Γράφημα 6.7 Γκρι συνιστώσα υδατικού αποτυπώματος μονάδας M[10] για διάφορες συγκεντρώσεις COD στα υγρά απόβλητα, έτη 2016-2019	68
Γράφημα 6.8 Λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα μονάδας M[10] για τα έτη 2016-2019.....	68
Γράφημα 6.9 Επιμέρους λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα των μονάδων του εργοστασίου για τα έτη 2016-2019	69
Γράφημα 6.10 Μπλε συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος εργοστασίου για τα έτη 2016-2019	70
Γράφημα 6.11 Γκρι συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος εργοστασίου	71
Γράφημα 6.12 Συνολικό Λειτουργικό Υδατικό αποτύπωμα εργοστασίου για τα έτη 2016-2019	72

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 5.1 Τοποθεσία εργοστασίου Καμαρίου.....	29
Εικόνα 5.2 Περιστρεφόμενοι κλίβανοι εργοστασίου Καμαρίου	36
Εικόνα 5.3 Ψύκτης τύπου έσχαρας εργοστασίου Καμαρίου	37
Εικόνα 5.4 Κατακόρυφος μύλος άλεσης τσιμέντου εργοστασίου Καμαρίου	39
Εικόνα 5.5 Σακόφιλτρο του ενός περιστρεφόμενου κλιβάνου του εργοστασίου Καμαρίου	40
Εικόνα 6.1 Τοποθεσία εργοστασίου Καμαρίου στη Λεκάνη Απορροής του Λεκανοπεδίου Αττικής.....	61

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1 Ετήσια παραγωγική ικανότητα τσιμέντου ανά εταιρεία	15
Σχήμα 5.1 Απλοποιημένο διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου Καμαρίου.....	31
Σχήμα 5.2 Σχέση μεταξύ μεθόδου παραγωγής κλίνκερ και του μήκους του περιστρεφόμενου κλιβάνου και κατανομή των ζώνων κατεργασίας μέσα σε αυτόν	34
Σχήμα 5.3 Κατανομή νερού στο εργοστάσιο Καμαρίου.....	42
Σχήμα 6.1 Διάγραμμα ροής νερού και μονάδες του εργοστασίου.....	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση νερού είναι απαραίτητη για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών αλλά και σε πολλές ανθρωπογενείς δραστηριότητες και τομείς της οικονομίας. Σε παγκόσμια κλίμακα, η κυριότερη χρήση νερού πραγματοποιείται στον Γεωργικό Τομέα, ενώ αξιοσημείωτες είναι και οι ποσότητες νερού που καταναλώνονται τόσο στην Βιομηχανία όσο και για αστική χρήση. Τα τελευταία χρόνια τα διαθέσιμα αποθέματα γλυκού νερού μειώνονται σημαντικά σε πολλές περιοχές του πλανήτη οδηγώντας σε μεγάλο εύρος κοινωνικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι απαιτήσεις σε νερό για τη βιομηχανία, τον αστικό ιστό και κυρίως τη γεωργία οδηγούν σε εξάντληση των υπόγειων υδατικών πόρων, περιορισμό των ρευμάτων των ποταμών και των λιμνών, αύξηση της ρύπανσης των υδάτων θέτοντας σε κίνδυνο την βιωσιμότητα των υδατινών οικοσυστημάτων. Έτσι αυξάνεται το κόστος επεξεργασίας και παροχής νερού και περιορίζεται η πρόσβαση σε νερό κατάλληλης ποιότητας σε πολλές περιοχές του πλανήτη [1].

Η ορθολογική διαχείριση του νερού καθώς και η υιοθέτηση μιας κουλτούρας που το αντιμετωπίζει ως μη ανανεώσιμο φυσικό πόρο κρίνεται απαραίτητη. Πάνω σε αυτό το σκεπτικό αναπτύχθηκε η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος από τον Arjen Hoekstra [2]. Το Υδατικό Αποτύπωμα εξετάζει τις επιπτώσεις της ανθρώπινης κατανάλωσης πάνω στα φυσικά συστήματα γλυκού νερού, μελετώντας την αλυσίδα παραγωγής και προσφοράς ενός προϊόντος, με σκοπό να γίνουν περισσότερο κατανοητά και αντιμετωπίσιμα προβλήματα όπως η λειψυδρία και η ρύπανση. Επιπλέον, λαμβάνει υπόψη τη σημαντική διάκριση μεταξύ της κατανάλωσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (μπλε συνιστώσα του υδατικού αποτυπώματος) και της κατανάλωσης του πράσινου νερού δηλαδή του νερού που προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (κυρίως το βρόχινο νερό). Συμπεριλαμβάνει επίσης το γκρι υδατικό αποτύπωμα με το οποίο υπολογίζονται οι επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού [3]. Το Υδατικό Αποτύπωμα μπορεί να υπολογιστεί για διάφορα συστήματα, όπως έναν καταναλωτή, μια βιομηχανία, μια χώρα κτλ. Στην περίπτωση των υδατικών αποτυπωμάτων των βιομηχανιών που είναι σημαντικοί καταναλωτές και ρυπαντές νερού, τα διαθέσιμα δεδομένα είναι ελλιπή αφήνοντας περιθώριο για πληθώρα ερευνών γύρω από αυτό το ζήτημα. Στην βάση αυτή, αποκτά επίσης ενδιαφέρον το γεγονός ότι βιομηχανίες που φαίνεται να μην καταναλώνουν νερό επειδή για παράδειγμα δεν ενσωματώνεται στο τελικό προϊόν τους, στην πραγματικότητα απαιτούν σημαντικές ποσότητες νερού για την παραγωγική τους διαδικασία.

Το τσιμέντο είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται ευρέως στον Κατασκευαστικό τομέα αφού αποτελεί βασική συνδετική ύλη για την παραγωγή σκυροδέματος. Η βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου που ανήκει στον Βιομηχανικό κλάδο των Μη Μεταλλικών Ορυκτών του τομέα Μεταποίησης είναι από τις από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες παγκοσμίως, όπως και στον ελλαδικό χώρο. Σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής τσιμέντου, οι περισσότερες πληροφορίες στη διεθνή βιβλιογραφία σχετίζονται με το αποτύπωμα άνθρακα του τσιμέντου και μεθόδους για την μείωση των αέριων εκπομπών και πολύ λίγα δεδομένα με την κατανάλωση νερού στη βιομηχανία τσιμέντου. Μπορεί το τσιμέντο να μην περιέχει νερό ως πρώτη ύλη, απαιτεί όμως σημαντικές ποσότητες νερού στην διαδικασία παραγωγής του. Οι περισσότερες αναφορές αφορούν το υδατικό αποτύπωμα του τσιμέντου χωρίς όμως να αναλύεται περαιτέρω η χρήση νερού και η παραγωγή υγρών αποβλήτων στα διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας [4], [5], [6]. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος μιας βιομηχανίας τσιμέντου στην Ελλάδα, με σκοπό την εκτίμηση της κατανάλωσης νερού στα διάφορα στάδια της παραγωγικής της διαδικασίας και τον

υπολογισμό των επιπτώσεων στην ποιότητα των υδάτων εξαιτίας της δραστηριότητάς της, ώστε να προταθούν τελικά παρεμβάσεις για την μείωση του υδατικού αποτυπώματος της βιομηχανίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

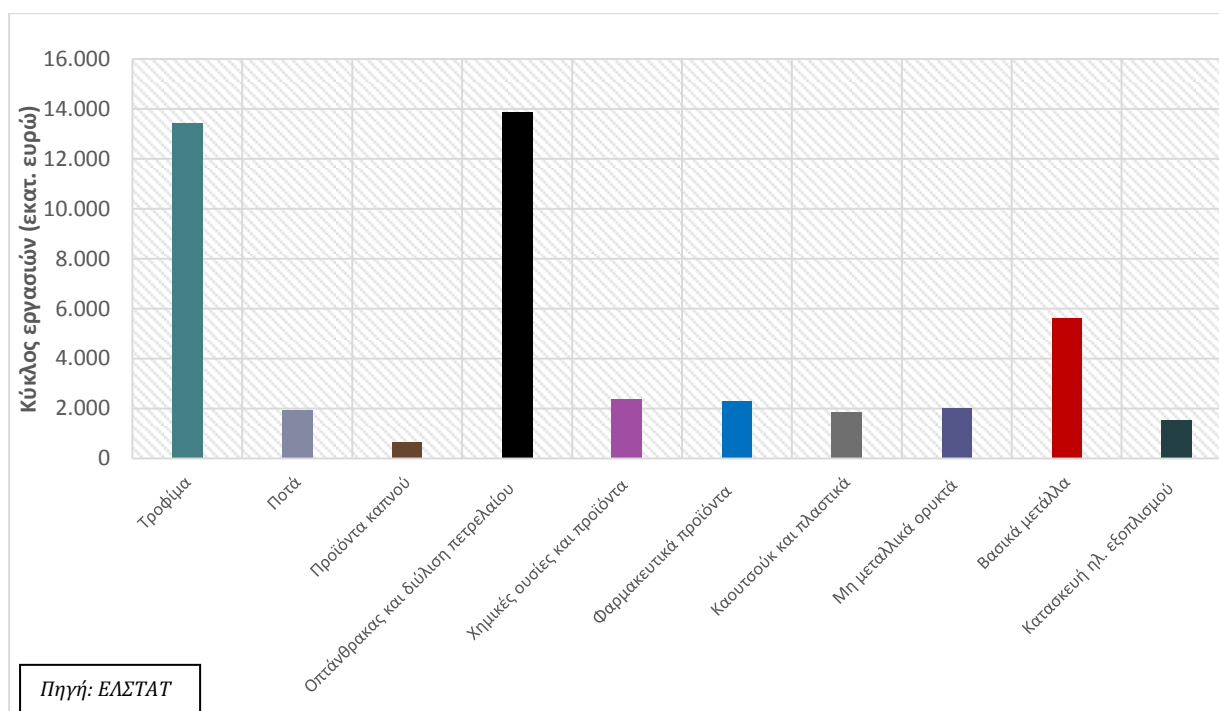
2.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΛΑΔΩΝ

Οι οικονομικές δραστηριότητες μιας χώρας χωρίζονται σύμφωνα με την Εθνική Ονοματολογία Οικονομικών Δραστηριοτήτων (NACE) σε επιμέρους τομείς. Μερικοί από αυτούς είναι ο τομέας της Γεωργίας, Δασοκομίας και Αλιείας (section A), ο τομέας της Λατόμευσης και Εξόρυξης (section B), ο τομέας της Μεταποίησης (section C), ο τομέας της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού και κλιματισμού (section D) και ο τομέας των κατασκευών (section F). Ο τομέας της μεταποίησης διαιρείται σε 33 επιμέρους κλάδους, ωστόσο στην παρούσα εργασία θα εξεταστούν 9 από αυτούς: τρόφιμα, ποτά, οπτάνθρακας και διύλιση πετρελαίου, χημικά, φαρμακευτικά προϊόντα, καουτσούκ και πλαστικά, μη μεταλλικά ορυκτά, βασικά μέταλλα, κατασκευή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Η βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου ανήκει στον κλάδο των μη μεταλλικών ορυκτών [7].

Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο μερίδιο στη σχετική διάρθρωση της μεταποίησης σε όρους παραγόμενου προϊόντος το κατέχουν οι κλάδοι των τροφίμων, καπνού και ποτών. Το μερίδιο αυτό είναι παραπλήσιο για το έτος 2015 (29%) με το 1995 (28%). Ο κλάδος με το αμέσως επόμενο μεγαλύτερο μερίδιο είναι η διύλιση πετρελαίου, ο οποίος έχει αυξήσει σημαντικά τη συμβολή του στη συνολική παραγωγή της μεταποίησης, από 18% το 1995 σε 27% το 2015. Άλλοι κλάδοι, όπως η Κλωστοϋφαντουργία, ένδυση, δέρμα και τα μη μεταλλικά ορυκτά, έχουν έρθει αντιμέτωποι με συρρίκνωση της παραγωγής τους, με αποτέλεσμα τα σχετικά τους μερίδια να έχουν περιοριστεί αισθητά. Συγκεκριμένα τα μη μεταλλικά ορυκτά ελαττώθηκαν από 6% το 1995 σε 3% το 2015 [8].

2.2. ΚΥΚΛΟΙ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ

Με βάση στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ), το έτος 2017 στην Ελλάδα δραστηριοποιούνταν 58300 μονάδες στον τομέα της μεταποίησης με συνολικό κύκλο εργασιών 56,3 δις ευρώ, ενώ στον τομέα ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού και κλιματισμού 7326 με συνολικό κύκλο εργασιών 21,6 δις ευρώ. Όπως φαίνεται, στο Γράφημα 2.1 τον μεγαλύτερο κύκλο εργασιών για το 2017 παρουσίασε ο κλάδος Οπτάνθρακα και Διύλισης Πετρελαίου (13,89 δις ευρώ), στην συνέχεια ακολουθεί ο κλάδος των Τροφίμων (13,44 δις ευρώ) και έπειτα ο κλάδος των Βασικών Μετάλλων (5,62 δις ευρώ). Ο κλάδος των μη μεταλλικών ορυκτών, στον οποίο ανήκει και η βιομηχανία τσιμέντου σημείωσε κύκλο εργασιών 2,04 δις ευρώ. Τα στοιχεία αυτά δεν επαρκούν για να έχουμε μια πλήρη εικόνα των μεγαλύτερων βιομηχανιών που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα ανά κλάδο, και για τον λόγο αυτόν αναζητήθηκαν στο διαδίκτυο οι μεγαλύτερες εταιρείες που έχουν παραγωγή στην Ελλάδα, και στη συνέχεια αντλήθηκαν από τις εκθέσεις Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης και τις Εκθέσεις Οικονομικών Δραστηριοτήτων της κάθε εταιρείας οι απαραίτητες πληροφορίες (π.χ. δυναμικότητα παραγωγής, οικονομικά στοιχεία). Στον συγκεντρωτικό Πίνακα Α.1. του Παραρτήματος παρουσιάζονται ανά βιομηχανικό κλάδο οι πιο πρόσφατοι κύκλοι εργασιών και το ύψος των παραγόμενων προϊόντων της κάθε εταιρείας.



Γράφημα 2.1 Κύκλοι εργασιών ανά βιομηχανικό κλάδο για το 2017

Για το έτος 2018, το μεγαλύτερο κύκλο εργασιών παρουσίασαν δύο εταιρείες που ανήκουν στο κλάδο «Οπτάνθρακας και Διύλιση Πετρελαίου»: τα Ελληνικά Πετρέλαια (9,769 δις ευρώ) και η Μοτορ Οϊλ (9,220 δις ευρώ). Μεγάλο κύκλο εργασιών για το ίδιο έτος είχε και η Δ.Ε.Η που ανήκει στον κλάδο «Ηλεκτρικό Ρεύμα», με το ποσό να αγγίζει τα 4,594 δις ευρώ. Στο κλάδο των τροφίμων μεγαλύτερο κύκλο εργασιών παρουσίασε η Chirita (485 εκατ. ευρώ), έπειτα τα Ελληνικά Γαλακτοκομεία (282 εκατ. ευρώ) και στη συνέχεια η ΙΟΝ (113,32 εκατ. ευρώ). Στον κλάδο της Ποτοποιίας μεγαλύτερο κύκλο εργασιών παρουσίασε η Coca Cola ΤΡΙΑ ΕΨΙΛΟΝ (480,7 εκατ. ευρώ) και μετά η Αθηναϊκή Ζυθοποιία (324,7 εκατ. ευρώ). Μεγάλο κύκλο εργασιών σημείωσε και η εταιρεία Παπαστράτος (482,56 εκατ. ευρώ το 2019) στον κλάδο των προϊόντων καπνού. Στον κλάδο των Βασικών Μετάλλων μεγαλύτερο κύκλο εργασιών σημείωσε η ΣΩΛΗΝΟΥΡΓΕΙΑ ΚΟΡΙΝΘΟΥ (429,73 εκατ. ευρώ), έπειτα η ΣΙΔΕΝΟΡ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΑΛΥΒΑ (389,1 εκατ. ευρώ) και τέλος η ΕΛΒΑΛΧΑΛΚΟΡ (243,4 εκατ. ευρώ). Στον κλάδο της Κατασκευής Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού μεγαλύτερο κύκλο εργασιών παρουσίασαν τα Ελληνικά Καλώδια (366,6 εκατ. ευρώ). Στον κλάδο των φαρμακευτικών προϊόντων το 2018 μεγαλύτερο κύκλο εργασιών παρουσίασε η NOVARTIS HELLAS (310,56 εκατ. ευρώ), έπειτα η ΒΙΑΝΕΞ (276,8 εκατ. ευρώ) και τέλος η ΠΦΑΙΖΕΡ (226,980 εκατ. ευρώ). Στον κλάδο Καουτσούκ και Πλαστικά μεγαλύτερο κύκλο εργασιών σημείωσαν τα ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΘΡΑΚΗΣ (322,7 εκατ. ευρώ) και στη συνέχεια τα ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ (139,2 εκατ. ευρώ). Το έτος 2017 στον κλάδο των Χημικών μεγαλύτερο κύκλο εργασιών παρουσίασε ο Σαραντής (299,68 εκατ. ευρώ) και έπειτα η ΜΕΓΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ (168,44 εκατ. ευρώ). Στον κλάδο των Μη Μεταλλικών Ορυκτών μεγαλύτερο κύκλο εργασιών το 2018 σημείωσε η ΗΡΑΚΛΗΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ (244,6 εκατ. ευρώ), έπειτα ο ΤΙΤΑΝ (229 εκατ. ευρώ) και στη συνέχεια η Χάλυψ Δομικά Υλικά (31,73 εκατ. ευρώ).

Σε όρους παραγόμενου προϊόντος τη μεγαλύτερη τιμή σημείωσαν δύο βιομηχανίες στον κλάδο Οπτάνθρακας και Διύλιση Πετρελαίου: η ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ το έτος 2018 (14,4 εκατ. τν προϊόντος) και τα Ελληνικά Πετρέλαια το 2019 που παρήγαγαν 14,2 εκατ. τν προϊόντος. Στον κλάδο των

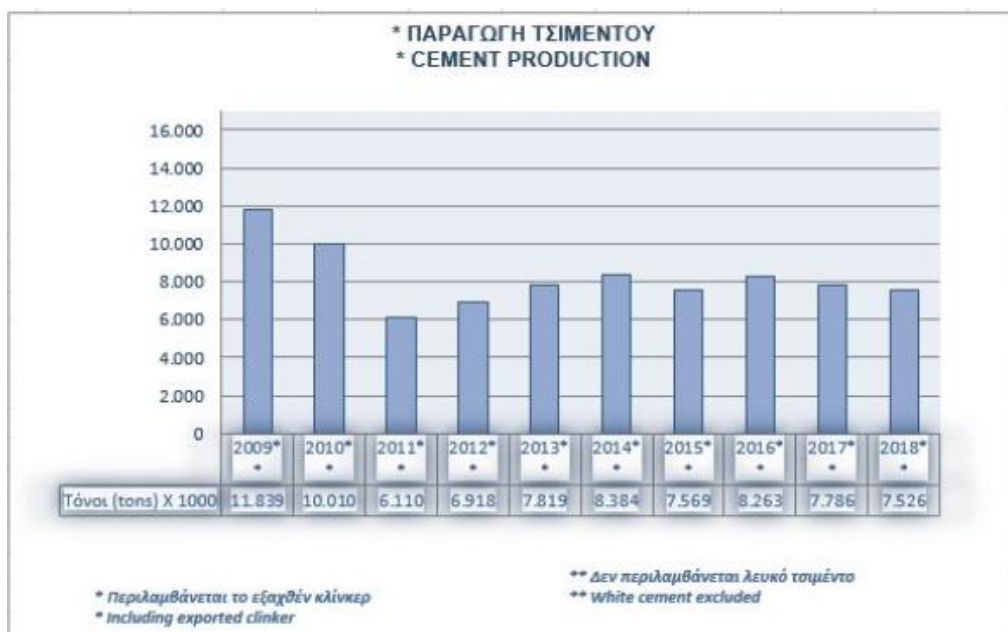
Τροφίμων το 2018 τα Ελληνικά Γαλακτοκομεία παρήγαγαν 164000 tn γάλακτος και η ION 18364 tn προϊόντος. Στον κλάδο της Ποτοποιίας η Coca Cola ΤΡΙΑ ΕΨΙΛΟΝ παρήγαγε 595792 m³ προϊόντος. Στον κλάδο των Χημικών η VITEX παρήγαγε το 2018 18760 tn, στον κλάδο των Φαρμακευτικών Προϊόντων η BIANEΞ παρήγαγε 100 εκατ. τεμάχια το 2016.

2.3. Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου, η οποία είναι μια αμιγώς μεταλλευτική-μεταλλουργική δραστηριότητα, είναι μια από τις σημαντικότερες βιομηχανικές δραστηριότητες στην Ελλάδα με μεγάλες εξαγωγικές δυνατότητες και σημαντική συμβολή στην εθνική οικονομία. Είναι η παλαιότερη ελληνική βιομηχανική δραστηριότητα, η οποία ξεκίνησε στις αρχές του 20ου αιώνα και συγκεκριμένα το 1902 με το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου στην Ελευσίνα της εταιρείας TITAN A.E. Το μεγάλο της πλεονέκτημα είναι η αφθονία ασβεστολίθου στην Ελλάδα που είναι η κυριότερη πρώτη ύλη στην παραγωγή τσιμέντου και αδρανών υλικών. Έχει άμεση σχέση με την παραγωγή σκυροδέματος που είναι το κυριότερο δομικό υλικό στην Ελλάδα, η οποία είναι μια σεισμογενής χώρα και έχει ανάγκη από ανθεκτικές κατασκευές σε κατοικίες και σε έργα κοινής ωφέλειας (δημόσια κτίρια, έργα υποδομής κλπ.). Μέχρι την έναρξη της οικονομικής κρίσης, ο κλάδος (τσιμεντοβιομηχανία, παραγωγή σκυροδέματος και οικοδομική δραστηριότητα) ήταν ο δυναμικότερος στην ελληνική οικονομία με μεγάλο αριθμό απασχολούμενων. Παρόλα αυτά, η τσιμεντοβιομηχανία ακόμη και σήμερα διατηρεί τη δυναμική της, λόγω της εξωστρέφειας και της διεθνούς παρουσίας των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή τσιμέντου [9].

Πριν την οικονομική κρίση, υπήρχε μεγάλη ανάπτυξη της βιομηχανίας τσιμέντου και σκυροδέματος, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Το 2005 η παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου ανήλθε σε 2350 εκατ. τόνους, από την οποία η Ελλάδα κατείχε το 0,65%. Επιπλέον, ήταν η πέμπτη χώρα της Ε.Ε. σε παραγωγή τσιμέντου (πρώτη ήταν η Ισπανία με 50 εκατ. τόνους, δεύτερη η Ιταλία και τρίτη η Γερμανία), η πρώτη ευρωπαϊκή χώρα σε εξαγωγές και μια από τις κυριότερες εξαγωγικές χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο. Έως τότε η Ελλάδα κατείχε το 6,1% της παραγωγής τσιμέντου στην Ε.Ε. Την ίδια χρονιά στην Ελλάδα η κατά κεφαλή ετήσια κατανάλωση τσιμέντου, η οποία αποτελεί μέτρο της οικονομικής δραστηριότητας στο χώρο του τσιμέντου, ήταν περίπου 1000 kg, μια από τις υψηλότερες τιμές στον κόσμο. Η τιμή αυτή οφειλόταν: α) Στον υψηλό ρυθμό ανάπτυξης της χώρας, β) Στους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004 που απαιτούσαν την κατασκευή μεγάλων αθλητικών εγκαταστάσεων, χώρων υποδοχής και εκδηλώσεων και γ) Στην ανέκαθεν πολύ ισχυρή επιθυμία των Ελλήνων για την απόκτηση ιδιόκτητων κατοικιών. Πάντως από το 2007 και εντονότερα μετά την παγκόσμια οικονομική κρίση του 2009, η οικοδομική δραστηριότητα στην Ελλάδα παρουσίασε πτωτική πορεία [10].

Σήμερα στον ελλαδικό χώρο υπάρχουν εννέα εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου, τέσσερα του Ομίλου TITAN (Καμάρι Βοιωτίας, Ελευσίνα, Θεσσαλονίκη, Δρέπανο Αχαΐας), τρία της εταιρείας ΑΓΕΤ «ΗΡΑΚΛΗΣ» του Ομίλου Lafarge Group (Βόλος, Μηλάκι Αλιβερίου, Χαλκίδα σε διακοπή λειτουργίας), ένα της εταιρείας Τσιμέντα «ΧΑΛΥΨ» του Ομίλου Italcementi Group στον Ασπρόπυργο και ένα της εταιρείας ΚΡΗΤΙΚΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ Α.Ε στο Ρέθυμνο. Η ετήσια παραγωγική δυναμικότητα των ελληνικών εργοστασίων παραγωγής τσιμέντου, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 2.2, άρχισε να μειώνεται από το 2009 (12 εκατ. τόνοι), σημειώνοντας την ελάχιστη τιμή της το 2011 (6 εκατ. τόνοι), ενώ από το 2011 έως το 2018 έχει σταθεροποιηθεί στους 8 εκατ. τόνους.



Γράφημα 2.2 Ετήσια παραγωγή τσιμέντου στην Ελλάδα από το 2009 έως το 2018 [11]

Η ετήσια παραγωγή τσιμέντου στην Ελλάδα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.1 διαμορφώνεται από τις εταιρείες ΤΙΤΑΝ (6,9 εκατ. τόνοι τσιμέντο), ΑΓΕΤ «ΗΡΑΚΛΗΣ» (6,7 εκατ. τόνοι τσιμέντο) και τα Τσιμέντα «ΧΑΛΥΨ» (1 εκατ. τόνοι τσιμέντο). Το 35% περίπου της παραγωγής εξάγεται σε χώρες της Ε.Ε., στις Η.Π.Α. και σε χώρες της Μέσης Ανατολής και της Αφρικής, ενώ το 65% διατίθεται στην ελληνική αγορά. Από το διατεθειμένο τσιμέντο στην ελληνική αγορά, σύμφωνα με το Ινστιτούτο Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών (Ι.Ο.Β.Ε), ποσοστό 70% διατίθεται χύμα και το 30% ενσაკισμένο. Το 80% του διατιθέμενου «χύμα» τσιμέντου στην ελληνική αγορά απορροφάται από τις εταιρείες παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος και κονιαμάτων, το 12-15% από τις κατασκευαστικές εταιρείες και το 5-8% από τις μονάδες παραγωγής προϊόντων τσιμέντου [9].



Σχήμα 2.1 Ετήσια παραγωγική ικανότητα τσιμέντου ανά εταιρεία [11]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ

Υδατικοί πόροι νοούνται τα διαθέσιμα αποθέματα γλυκού νερού που βρίσκονται σε επιφανειακά (λίμνες, ποτάμια και ρέματα) και σε υπόγεια νερά και προορίζονται για χρήση σε μια περιοχή. Για να μπορέσει κάποιο υδατικό σώμα να είναι αξιοποιήσιμο πρέπει ο υδατικός όγκος του να είναι διαθέσιμος ή και να μπορεί να διατεθεί για χρήση σε επαρκή ποσότητα, κατάλληλη ποιότητα, ενώ θα πρέπει να προσδιορίζεται και η χρονική περίοδος μέσα στην οποία μπορεί να ικανοποιήσει μια συγκεκριμένη ζήτηση. Ένας υδατικός πόρος, είναι δυνατό να χρησιμοποιείται ήδη ή να αποτελεί αποθηκευτικό δυναμικό στρατηγικής για το μέλλον. Αυτό όμως που τον καθορίζει είναι η τρέχουσα και η μελλοντική του αξιοπιστία, ενώ είναι δυνατό μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον και στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες μιας περιοχής, να επηρεάσουν το μέγεθος, την αξιοπιστία ή και να περιορίσουν τη χρήση του. Οι υδατικοί πόροι παγκοσμίως, κατανέμονται κυρίως στις φυσικές λίμνες, στις οποίες συγκεντρώνονται γύρω στα 200000 km³ νερού, στις τεχνητές λίμνες και στα ποτάμια που υπολογίζεται ότι έχουν 8,4 x10⁶ km³ αποθηκευμένο ή μετακινούμενο νερό στα ανώτερα 1000 μέτρα του φλοιού της Γης, ενώ περίπου άλλα τόσα κυβικά χιλιόμετρα βρίσκονται βαθύτερα [12].

Ένας σημαντικός όρος που σχετίζεται με τα ύδατα μιας χώρας είναι οι ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι, οι οποίοι αποτελούν το άθροισμα των εσωτερικών ροών νερού και των εισερχόμενων εξωτερικών ροών νερού στην χώρα. Οι εσωτερικές ροές είναι η διαφορά της ποσότητας νερού που μεταφέρεται από το έδαφος (συμπεριλαμβανόμενου των εσωτερικών επιφανειακών υδάτων) στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής των φυτών (evapotranspiration) από οποιοδήποτε προϊόν της συμπύκνωσης του νερού στην ατμόσφαιρα, το οποίο πέφτει από τα σύννεφα προς τη γη λόγω βαρύτητας (precipitation). Οι εισερχόμενες εξωτερικές ροές νερού αναφέρονται στην ποσότητα των υδατικών ροών ποταμών και υπογείων υδάτων που εισέρχονται από γειτονικές περιοχές (external inflow). Μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών η Νορβηγία έχει τα μεγαλύτερα αποθέματα ανανεώσιμων υδατικών πόρων (370996 εκατ. m³), η Μάλτα έχει τα λιγότερα (84 εκατ. m³). Στην Ελλάδα οι ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι φτάνουν τα 72000 εκατ. m³, από τα οποία οι εσωτερικές ροές νερού είναι 60000 εκατ. m³ και οι εισερχόμενες εξωτερικές ροές νερού είναι 12000 εκατ. m³ [13].

Η διαθεσιμότητα γλυκού νερού μιας χώρας καθορίζεται κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες και τις διασυννοριακές υδατικές ροές. Οι συνολικές ποσότητες επηρεάζονται και από το μέγεθος της χώρας, γι' αυτό το Ηνωμένο Βασίλειο, η Σουηδία, η Γαλλία και η Γερμανία είχαν τα μεγαλύτερα αποθέματα γλυκού νερού που κυμαίνονταν μεταξύ 173000 εκατ. m³ και 196000 εκατ. m³ (μακροπρόθεσμος ετήσιος μέσος όρος). Η ποσότητα των αποθεμάτων γλυκού νερού που αντιστοιχούν σε έναν κάτοικο είναι ένας χρήσιμος δείκτης σχετικά με την βιωσιμότητα των υδατικών πόρων μιας χώρας. Σύμφωνα με την αναφορά "World water development report" των Ηνωμένων Εθνών μια χώρα έχει πιέσεις στους υδατικούς πόρους όταν τα ετήσια υδατικά αποθέματα ανά κάτοικο είναι λιγότερα των 1700 m³. Από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αυτό έχει παρατηρηθεί στην Πολωνία, στην Τσεχία, την Κύπρο και την Μάλτα [13].

Η άντληση γλυκού νερού διαφέρει στις διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες και επηρεάζεται από το μέγεθος της κάθε χώρας, τους διαθέσιμους υδατικούς της πόρους, τις τεχνικές άντλησης, το κλίμα και την βιομηχανική και αγροτική δραστηριότητά της. Χωρίζεται σε "fresh surface water", δηλαδή επιφανειακό γλυκό νερό, "fresh ground water", δηλαδή υπόγειο γλυκό νερό και "non-fresh water", όπου ανήκει το νερό της θάλασσας, υφάλμυροι βάλτοι, λιμνοθάλασσες και περιοχές όπου υπάρχουν εκβολές ποταμών. Στην Ελλάδα το 2017 αντλήθηκαν 4386 εκατ. m³ επιφανειακού γλυκού νερού και 6854 εκατ. m³ υπόγειου γλυκού νερού, τιμές αρκετά μικρότερες

από εκείνες των άλλων Ευρωπαϊκών χωρών. Το ίδιο έτος, η ειδική άντληση γλυκού νερού για αστική χρήση στην Ελλάδα ήταν η μεγαλύτερη από όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες, ύψους 179,2 m³/κάτοικο. Στον Πίνακα Α.2. του Παραρτήματος παρουσιάζονται αναλυτικά οι ελάχιστες και μέγιστες αντλήσεις νερού στις Ευρωπαϊκές χώρες.

Η παροχή νερού μπορεί να γίνει είτε μέσω του δημόσιου δικτύου είτε ιδιωτικών γεωτρήσεων για διάφορες χρήσεις. Το ποσοστό της άντλησης για το δημόσιο δίκτυο μπορεί να είναι σχετικά μικρό και δίνει πληροφορίες για την άμεση κατανάλωση νερού από τον πληθυσμό της [13]. Ακόμα, είναι σημαντικό να αναλυθεί το ποσοστό χρήσης νερού στον γεωργικό τομέα, στον αστικό ιστό και στην βιομηχανία.

3.1 ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΤΟΜΕΑ

Στις Ευρωπαϊκές χώρες η χρήση νερού στον γεωργικό τομέα διαφέρει ανάλογα με το κλίμα, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά και την αγροτική παραγωγή της κάθε χώρας. Στις νότιες ευρωπαϊκές χώρες ο αγροτικός τομέας αποτελεί τον κυριότερο τομέα δραστηριότητας καθώς μεγάλο μέρος της οικονομίας τους βασίζεται στην παραγωγή και εξαγωγή αγροτικών προϊόντων. Επιπλέον στη νότια Ευρώπη παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες και μειωμένες βροχοπτώσεις κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες καθιστώντας την άρδευση απαραίτητη για την διατήρηση και αύξηση της ετήσιας παραγωγής. Αντίθετα, στην κεντρική και δυτική Ευρώπη η χρήση νερού είναι απαραίτητη κυρίως τα ξηρά καλοκαίρια για διατήρηση της παραγωγής. Οι χώρες της ΕΕ όπου παρουσιάζονται τα υψηλότερα ποσοστά άρδευσης είναι οι χώρες της Μεσογείου συμπεριλαμβανομένης της Ρουμανίας και της Βουλγαρίας. Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών η τάση στην χρήση νερού στην γεωργία ήταν ανοδική, λόγω των αυξανόμενων αναγκών για άρδευση. Εντούτοις, κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών σε διάφορες χώρες ο ρυθμός αύξησης έχει επιβραδυνθεί.

Σε εθνικό επίπεδο, ο όρος κατανάλωση νερού αφορά την συνολική καταναλισκόμενη ποσότητα νερού (συνήθως εκφρασμένη σε m³) σε κάποιον οικονομικό τομέα και ορίζεται συνήθως για χρονικό διάστημα ενός έτους. Η κατανάλωση νερού δεν μπορεί να αποτελέσει μέτρο σύγκρισης μεταξύ των διαφόρων κρατών, καθώς έχουν διαφορετικό μέγεθος, πληθυσμό κτλ που οδηγούν σε διαφορετικές απαιτήσεις για νερό. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται ο όρος της ειδικής κατανάλωσης νερού σε έναν οικονομικό τομέα που είναι το πηλίκο της συνολικής κατανάλωσης νερού της χώρας για ένα έτος αναφοράς, προς τον πληθυσμό της (για το ίδιο έτος). Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat, 2016), στον τομέα Γεωργίας, Δασοκομίας και Αλιείας, η Ελλάδα το έτος 2015 σημείωσε την μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση νερού (664,1 m³/κάτοικο), ακολουθούμενη από την Τουρκία (617,4 m³/κάτοικο) και την Ισπανία (321,8 m³/κάτοικο). Το 2016 σημείωσε την τρίτη μεγαλύτερη (313,8 m³/κάτοικο) μετά από την Τουρκία (640,9 m³/κάτοικο) και την Ισπανία (321, m³/κάτοικο). Στην συνέχεια, για το ίδιο έτος, ακολούθησαν χώρες των Βαλκανίων (Αλβανία, Σερβία, Βουλγαρία) καθώς και η Μάλτα και η Κύπρος. Το 2015 σε γενικές γραμμές σημειώθηκαν πολύ μικρά μεγέθη, πέραν των τριών μεγαλύτερων. Οι καθαρές ποσότητες κατανάλωσης νερού συμβαδίζουν με την κατάταξη που παρουσιάστηκε με εξαίρεση την περίπτωση της Πολωνίας η οποία τα έτη 2016-2017 είχε μια μέση κατανάλωση 1015,5 εκατομμύρια m³, τέταρτη μεγαλύτερη όλων των Ευρωπαϊκών χωρών (έναντι 50807 εκατ. m³ της Τουρκίας, 14948 εκατ. m³ της Ισπανίας και 3418 εκατ. m³ της Ελλάδας) αλλά πολύ χαμηλή ειδική κατανάλωση εξαιτίας του μεγάλου πληθυσμού της. Να σημειωθεί πως το νερό που προέρχεται από το δημόσιο δίκτυο είναι κατά πολύ μικρότερο από εκείνο που προέρχεται από ιδιωτικές ή άλλες παροχές για όλες σχεδόν τις ευρωπαϊκές χώρες.

Στο Παράρτημα (Γράφημα Α.1.) παρουσιάζονται αναλυτικά οι πιο πρόσφατες καταναλώσεις νερού στον τομέα Γεωργίας, Δασοκομίας και Αλιείας στις Ευρωπαϊκές χώρες.

3.2 ΑΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

Οι απαιτήσεις σε πόσιμο νερό και νερό για άλλες οικιακές χρήσεις αποτελούν σημαντικό ποσοστό της συνολικής ζήτησης νερού. Η κατανομή και η πυκνότητα του πληθυσμού είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Η αυξανόμενη αστικοποίηση αυξάνει τη ζήτηση νερού και μπορεί να οδηγήσει στην υπερεκμετάλλευση των τοπικών υδατικών πόρων. Το υψηλότερο βιοτικό επίπεδο και ο μεταβαλλόμενος τρόπος ζωής αλλάζουν επίσης τη ζήτηση νερού. Αυτό απεικονίζεται κυρίως σε αυξανόμενη οικιακή χρήση νερού, και μάλιστα για λόγους προσωπικής υγιεινής. Η μεγαλύτερη ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται στα νοικοκυριά καταναλώνεται στην τουαλέτα (31%), στους νιπτήρες μπάνιου και κουζίνας (24%) στο μπάνιο και στο ντους (20%) και στα πλυντήρια ρούχων και πιάτων (21%). Το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται για εξωτερική χρήση (π.χ. πότισμα κήπων) είναι ελάχιστο έναντι των άλλων χρήσεων (4%) [14].

Στην αστική χρήση νερού περιλαμβάνεται και η τουριστική. Η ένταση της χρήσης των φυσικών πόρων από τον τουρισμό μπορεί να συγκρουστεί με άλλες ανάγκες, ειδικά στις περιοχές όπου το καλοκαίρι οι υδατικοί πόροι είναι λιγοστοί και αυξάνεται ο ανταγωνισμός με άλλους τομείς της οικονομίας, όπως η γεωργία και η δασοπονία. Η τουριστική χρήση νερού είναι γενικά υψηλότερη από αυτή του μόνιμου πληθυσμού. Ένας τουρίστας καταναλώνει περίπου 300 L/μέρα, ενώ η οικιακή κατανάλωση στην Ευρώπη ποικίλει και μπορεί να είναι από 90 L/κάτοικο/ημέρα στη Λιθουανία μέχρι 270 L/κάτοικο/ημέρα στην Ισπανία [15]. Επιπλέον, ψυχαγωγικές δραστηριότητες, όπως οι πισίνες, το γκολφ, και τα αθλήματα νερού, ασκούν μεγάλες πιέσεις στους υδατικούς πόρους.

Το μεγαλύτερο μέρος της αστικής κατανάλωσης νερού χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση. Τη δεκαετία του '90 η αστική κατά κεφαλή χρήση μειώθηκε από 111 σε 95 m³/κάτοικο/έτος. Μια τέτοια τάση μπορεί να αποδοθεί σε πολλές αλλαγές όπως: αυξανόμενη αστικοποίηση, αλλαγές στον τρόπο ζωής, χρήση αποδοτικότερων τεχνολογιών και μέσων ταμίευσης νερού, χρήση των εναλλακτικών πόρων του νερού (αφαλάτωση, άμεση επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, μέτρηση κατανάλωσης και χρήση των οικονομικών μέσων (τιμολόγηση νερού και χρεώσεις). Η σύνδεση των συστημάτων παροχής νερού και των υπηρεσιών προς τον πληθυσμό έχει επίσης αυξηθεί, ειδικά στις Μεσογειακές χώρες [16].

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat), το έτος 2016 η Ελλάδα είχε την μεγαλύτερη ετήσια κατανάλωση νερού για αστική χρήση ανά κάτοικο (135,4 m³/κάτοικο), ακολουθούμενη από την Κύπρο (103,4 m³/κάτοικο) και την Νορβηγία (64,2 m³/κάτοικο). Οι υπόλοιπες χώρες, το ίδιο έτος, είχαν μια ειδική κατανάλωση που κυμαινόταν από 20-50 m³/κάτοικο. Το έτος 2017 (για το οποίο δεν υπήρχαν στοιχεία για την Ελλάδα), μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση είχε η Αλβανία (σχεδόν 100 m³/κάτοικο). Σε γενικές γραμμές, πέραν από τις ακραίες τιμές, οι ειδικές καταναλώσεις νερού για οικιακή χρήση στις Ευρωπαϊκές χώρες ήταν από 20 έως 60 m³/κάτοικο. Την μεγαλύτερη κατανάλωση νερού από όλες τις χώρες έχει η Γερμανία (3675 εκατ. m³ το 2016), με ειδική κατανάλωση 40 m³/κάτοικο. Στο Παράρτημα (Γράφημα Α.2.) παρουσιάζονται αναλυτικά οι πιο πρόσφατες καταναλώσεις νερού για αστική χρήση στις Ευρωπαϊκές χώρες.

3.3 ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

3.3.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

Σύμφωνα με δεδομένα της Eurostat, ο τομέας της Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι ο πιο υδροβόρος για όλες σχεδόν τις Ευρωπαϊκές χώρες. Σε αυτόν τον τομέα, η Βόρεια Μακεδονία το έτος 2014 (1620 m³/κάτοικο) και η Κύπρος το 2016 (1433 m³/κάτοικο) είχαν την μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση. Η Ελλάδα το 2016 είχε ειδική κατανάλωση 81,6 m³/κάτοικο. Δεύτερος πιο υδροβόρος τομέας είναι εκείνος των Κατασκευών στον οποίο πάλι πρωτοστατούν η Βόρεια Μακεδονία (1657 m³/κάτοικο το 2014) και η Κύπρος (1434 m³/κάτοικο το 2016). Η Ελλάδα το 2016 είχε ειδική κατανάλωση 85,2 m³/κάτοικο. Στον τομέα της Μεταποίησης μεγαλύτερες ειδικές καταναλώσεις σημείωσαν η Ολλανδία (189 m³/κάτοικο το 2016) και η Σουηδία (176 m³/κάτοικο το 2015). Η Ελλάδα το 2016 είχε ειδική κατανάλωση 4,3 m³/κάτοικο. Τις μεγαλύτερες συνολικές καταναλώσεις στον τομέα της Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και στο τομέα των Κατασκευών το 2016 είχαν η Γερμανία, η Ολλανδία, η Σουηδία και η Τουρκία, οι οποίες κυμαίνονταν από 10000 έως 16000 εκατ. m³. Στον τομέα της Μεταποίησης μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση είχαν η Ιταλία (4238 εκατ. m³, το 2016), η Γερμανία (4103 εκατ. m³, το 2016) και η Ολλανδία (3223 εκατ. m³, το 2016), ενώ η Ελλάδα το 2016 είχε 46,56 εκατ. m³. Στο Παράρτημα (Γράφημα Α.3.) παρουσιάζονται αναλυτικά οι καταναλώσεις νερού στους τομείς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Μεταποίησης, Εξόρυξης και Κατασκευών για τις Ευρωπαϊκές χώρες.

Η κατανάλωση νερού για τις βιομηχανίες μεταποίησης και παραγωγής ενέργειας αποτελεί πάνω από το 70% της συνολικής κατανάλωσης νερού (των βιομηχανιών) στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης και το μεγαλύτερο μέρος αυτής της κατανάλωσης προορίζεται για ανάγκες ψύξης. Από τις δύο αυτές κατηγορίες και για τις περισσότερες χώρες από τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα, η βιομηχανία παραγωγής ενέργειας έχει την μεγαλύτερη δαπάνη νερού η οποία κυμαίνεται από 52.2% (Λετονία) έως 99.4% (Κύπρος). Στις περισσότερες χώρες, οι κλάδοι διύλισης πετρελαίου και πετρελαϊκών προϊόντων και χημικών προϊόντων καταναλώνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες νερού σε σχέση με τους λοιπούς κλάδους της μεταποίησης. Η μέση τιμή κατανάλωσης είναι 10.9 m³/κάτοικο (ελάχιστο 0.2 m³/ κάτοικο σε Κύπρο και Μάλτα και μέγιστο 205.8 m³/ κάτοικο στη Φινλανδία). [17]

Συμπεραίνεται πως σε Ευρωπαϊκή κλίμακα, τα νοικοκυριά, η βιομηχανία παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και η βιομηχανία Μεταποίησης δαπανούν τις μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Η σχετική τους χρήση διαφέρει από χώρα σε χώρα. Για παράδειγμα υπάρχουν χώρες για τις οποίες οι τιμές κατανάλωσης νερού για νοικοκυριά και την βιομηχανία είναι σχεδόν ίσες όπως η Βουλγαρία, η Γερμανία και η Κροατία. Σε άλλες όπως η Ολλανδία και η Σουηδία οι τιμές κατανάλωσης νερού για την βιομηχανία είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες για τα νοικοκυριά (2 με 5 φορές), γεγονός που δείχνει την συμβολή της βιομηχανίας στην οικονομία των κρατών αυτών. Η Ελλάδα σε αντίθεση, έχει τη μεγαλύτερη τιμή κατανάλωσης νερού για τα νοικοκυριά και είναι περίπου 7,5 φορές μεγαλύτερη από τη βιομηχανία μεταποίησης. Αυτό το γεγονός αποδεικνύει την κυριαρχία του τομέα παροχής υπηρεσιών σε σχέση με τον τομέα μεταποίησης στον ελληνικό χώρο. Σε γενικές γραμμές όμως, αν εξαιρέσουμε την Ελλάδα και την Κύπρο, η κατανάλωση νερού για τις υπόλοιπες χώρες είναι περίπου οι ίδιες, μιας και οι βασικές ανάγκες σε νερό του πληθυσμού δεν αλλάζουν και πολύ. Αντιθέτως η βιομηχανική δραστηριότητα που συνδέεται με την κατανάλωση νερού για την παραγωγή ποικίλλει για τις διάφορες χώρες [13].

3.3.2 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Η ποσότητα νερού για βιομηχανική παραγωγή στην Ελλάδα αποτελεί περίπου το 0,8%¹ της συνολικής ποσότητας νερού που καταναλώνεται στον τομέα της μεταποίησης στις Ευρωπαϊκές χώρες. Στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το ποσό αυτό είναι κατά μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερο, δηλαδή περίπου 1,7%. Συγκεκριμένα το 2016 καταναλώθηκαν 46,56 εκατ. m³ στην Μεταποίηση και 879,57 εκατ. m³ για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας. Με σκοπό να βρεθούν οι βιομηχανικοί κλάδοι και κατ' επέκταση οι Βιομηχανίες που καταναλώνουν την περισσότερη ποσότητα νερού και που έχουν την μεγαλύτερη παραγωγή υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, αντλήθηκαν δεδομένα από τις Εκθέσεις Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης των μεγαλύτερων βιομηχανιών στην Ελλάδα. Οι πληροφορίες που βρέθηκαν είναι ελλιπείς επειδή αρκετές Εταιρείες δεν είχαν δημοσιεύσει Έκθεση Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης, και κάποιες που είχαν δημοσιεύσει δεν έδιναν στοιχεία για την κατανάλωση νερού ή/και την παραγωγή υγρών αποβλήτων.

Ο πιο υδροβόρος κλάδος φαίνεται να είναι εκείνος της Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος (Δ.Ε.Η 3126 εκατ. m³ το 2017 και 3341 εκατ. m³ το 2018). Ακολουθεί ο κλάδος Οπτάνθρακα και Διύλισης Πετρελαίου (Ελληνικά Πετρέλαια 11,8 εκατ. m³ το 2017 και ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ 4,089 εκατ. m³ το 2018), η εταιρεία VITEX (8,73 εκατ. m³ το 2018) από τον κλάδο των Χημικών Προϊόντων, η εταιρεία Δέλτα (1353971 m³ το 2017 και 1411184 m³ το 2018) από τον κλάδο των Τροφίμων και η Coca Cola ΤΡΙΑ ΕΨΙΛΟΝ από τον κλάδο της Ποτοποιίας (1024763 m³ το 2017). Μεγάλη κατανάλωση σημείωσαν οι βιομηχανίες τσιμέντου ΤΙΤΑΝ (10,8 εκατ. m³ το 2018 και 10,9 εκατ. m³ το 2019) και ΗΡΑΚΛΗΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ (1,144 εκατ. m³ το 2018 και 1,058 εκατ. m³ το 2019) από τον κλάδο των Μη Μεταλλικών Ορυκτών. Ο κλάδος των Φαρμακευτικών Προϊόντων είχε πολύ μικρότερη κατανάλωση σε σχέση με τους υπόλοιπους (η NOVARTIS 4223 m³ το 2018 και η Pfizer 1799 m³ το 2018).

Σε όρους ειδικής κατανάλωσης νερού τα στοιχεία είναι ακόμα λιγότερα και για να μπορούν να συγκριθούν θα χωριστούν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τη μονάδα μέτρησης του παραγόμενου προϊόντος. Στα προϊόντα που μετριοούνται σε λίτρα, η Αθηναϊκή Ζυθοποιία είχε ειδική κατανάλωση νερού 5L/L προϊόντος το 2014 και η Coca Cola ΤΡΙΑ ΕΨΙΛΟΝ 1,72 L/L προϊόντος το 2017. Στα προϊόντα που μετριοούνται σε κιλά, μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση είχε η εταιρεία ΕΛΒΑΛΧΑΛΚΟΡ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΧΑΛΚΟΥ & ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ από τον κλάδο των Βασικών Μετάλλων με 2,21 L/kg το 2019 στον τομέα έλασης αλουμινίου και 1,22 L/kg το 2019 στον τομέα σωλήνων χαλκού. Οι υπόλοιπες εταιρείες είχαν ειδική κατανάλωση από 0,23 έως 0,322 L/kg, και ανήκουν στους τομείς Οπτάνθρακα και Διύλιση Πετρελαίου, Μη Μεταλλικά Ορυκτά και Βασικά Μέταλλα. Συγκεκριμένα στον κλάδο των Μη Μεταλλικών Ορυκτών το 2019 η εταιρεία ΤΙΤΑΝ είχε ειδική κατανάλωση νερού 0,2559 L/kg και η εταιρεία ΗΡΑΚΛΗΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ είχε 0,17 L/kg.

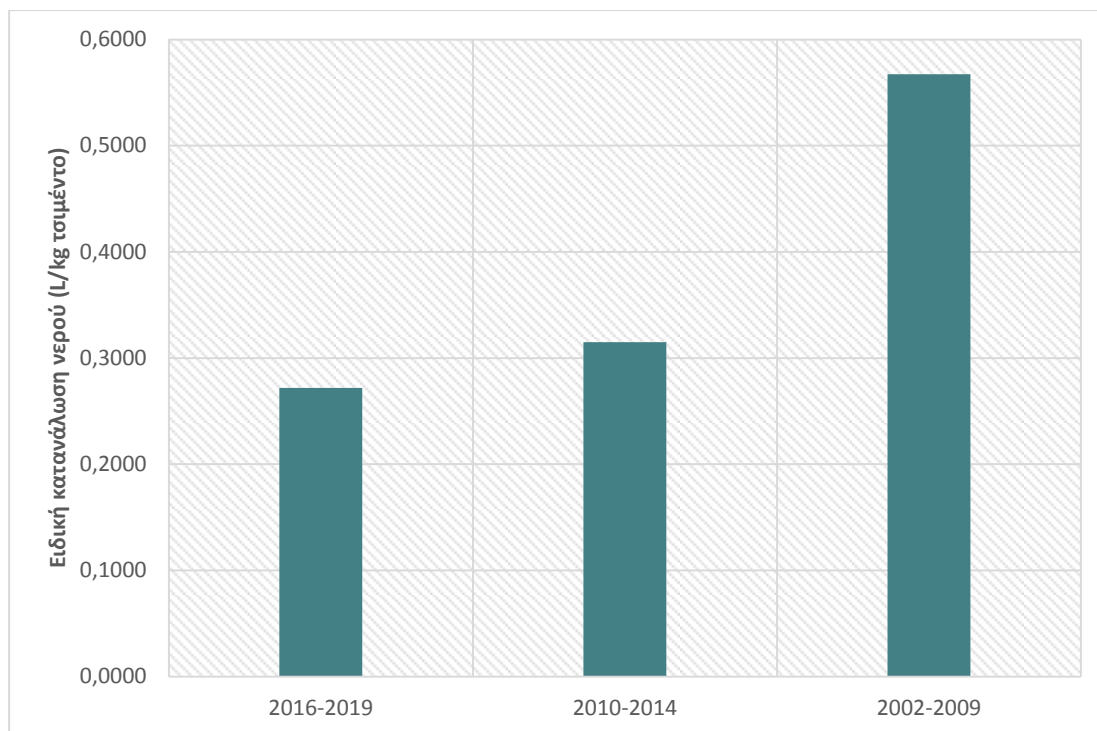
Σε όρους παραγόμενων υγρών αποβλήτων για το 2018 την μεγαλύτερη τιμή είχε η Δέλτα (43,76 εκατ. m³), έπειτα τα Ελληνικά Πετρέλαια (8 εκατ. m³), η ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ (3,33 εκατ. m³), η ΙΟΝ (1,88 m³) και η ΗΡΑΚΛΗΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ (370 χιλ. m³). Στο Παράρτημα (Πίνακας Α.4. και Πίνακας Α.5.) παρουσιάζονται αναλυτικά οι συνολικές και ειδικές καταναλώσεις νερού και η παραγόμενη ποσότητα υγρών αποβλήτων για διάφορες βιομηχανίες στην Ελλάδα.

¹ Στην πραγματικότητα τα ποσά αυτά είναι ακόμη μικρότερα, καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες.

3.3.3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Οι βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες πρώτων υλών και ενέργειας, καθιστώντας απαραίτητη την χρήση εναλλακτικών πρώτων υλών και καυσίμων όπως και τον έλεγχο των αέριων εκπομπών για την ελάττωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και την εξασφάλιση της βιωσιμότητας. Το νερό συνδέεται άμεσα με τα παραπάνω, καθώς χρησιμοποιείται ως μέσο ψύξης του μηχανολογικού εξοπλισμού και των αερίων που παράγονται, συνεισφέροντας σημαντικά στην ομαλή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας [18]. Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται στην προετοιμασία των πρώτων υλών, στην έψηση του κλίνκερ και στην ψύξη του κλίνκερ. Σημαντικός είναι επίσης ο ρόλος του νερού για την εξάλειψη της σκόνης, η οποία διαχέεται σε όλη την έκταση της μονάδας και αποτελεί κίνδυνο για το περιβάλλον. Σε πολλές μονάδες ψεκάζουν τους δρόμους με νερό για να αποφευχθεί η ανύψωση της σκόνης στον αέρα με την διέλευση των φορτηγών. Επίσης, ξεπλένουν με νερό τη σκόνη από τα σιλοφόρα οχήματα, τα σιλό αποθήκευσης των υλικών και όπου αλλού χρειαστεί, μέρος του οποίου στην συνέχεια εξατμίζεται και το υπόλοιπο καταλήγει σε κοντινούς υδάτινους αποδέκτες [19].

Σε μια βιομηχανία, ο όρος κατανάλωση νερού αφορά την συνολική καταναλισκόμενη ποσότητα νερού (συνήθως σε m^3) για την λειτουργία του εργοστασίου και μπορεί να οριστεί για διάφορα χρονικά διαστήματα (μέρα, μήνας, χρόνος). Η κατανάλωση νερού (για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα) δεν μπορεί να αποτελέσει μέτρο σύγκρισης μεταξύ των διαφόρων βιομηχανιών, καθώς έχουν διαφορετικές δυναμικότητες. Επομένως, κρίνεται αναγκαία η εισήγηση του όρου της ειδικής κατανάλωσης νερού, η οποία αντιπροσωπεύει την ποσότητα νερού που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας προϊόντος (εκφρασμένη σε κιλά συνήθως). Είναι δηλαδή ο λόγος της συνολικής κατανάλωσης νερού προς την παραγωγικότητα της μονάδας, για το ίδιο έτος. Προκειμένου να γίνει μια σύγκριση της ειδικής κατανάλωσης νερού στις βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου μεταξύ των τελευταίων δέκα ετών, πραγματοποιήθηκε η σχετική αναζήτηση στην διεθνή βιβλιογραφία. Τα δεδομένα, ανάλογα το έτος που αφορούν χωρίστηκαν σε τρία χρονικά διαστήματα: α) 2002-2009, β) 2010-2014 και γ) 2016-2019 και υπολογίστηκε ο μέσος όρος της ειδικής κατανάλωσης νερού για κάθε διάστημα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Γράφημα 3.1 και όλα τα δεδομένα για τις ειδικές καταναλώσεις νερού σε βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου παρουσιάζονται στον συγκεντρωτικό Πίνακα 3.1. Παρατηρώντας το Γράφημα 3.1, η ειδική κατανάλωση νερού στις βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου φαίνεται να έχει μειωθεί σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Ξεκινώντας από 0,567 L/kg τσιμέντο το διάστημα 2002-2010 έφτασε στα 0,272 L/kg τσιμέντο το διάστημα 2016-2019, δηλαδή σχεδόν υποδιπλασιάστηκε.



Γράφημα 3.1 Ειδική κατανάλωση νερού στις βιομηχανίες τσιμέντου για τα έτη 2002-2019, από επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας

Η ελάττωση της ειδικής κατανάλωσης νερού τα τελευταία χρόνια, οφείλεται σε δύο βασικούς λόγους: τη βελτίωση της τεχνολογίας παραγωγής τσιμέντου με την εφαρμογή αποδοτικότερων μεθόδων και τη χρήση συστημάτων ανακύκλωσης νερού. Η βασικότερη βελτίωση της τεχνολογίας παραγωγής τσιμέντου είναι η αντικατάσταση των υδροβόρων υγρών μεθόδων παραγωγής κλίνκερ από τις ξηρές. Στις υγρές μεθόδους απαιτούνται έως και 0,6 L/kg τσιμέντου για την προετοιμασία της τροφοδοσίας της περιστρεφόμενης κλιβάνου [19], ενώ στις ξηρές περίπου 0,272 L/kg τσιμέντο. Επίσης υπάρχουν και άλλες τροποποιήσεις ή βελτιώσεις που μπορούν να ελαττώσουν την κατανάλωση νερού, όπως στην περίπτωση των Furnomo et al. [18], το 2018. Στην έρευνά τους παρουσίασαν κάποιες βελτιώσεις στην λειτουργία του πύργου ψύξεως, χάρη στις οποίες η συνολική κατανάλωση νερού μειώθηκε από 12,1 m³/hour σε 9,6 m³/hour. Επίσης οι Valderamma et al. [20], το 2011 πρότειναν κάποιες τροποποιήσεις στην διαδικασία παραγωγής τσιμέντου με τις οποίες η κατανάλωση νερού θα μειωνόταν κατά 24%. Η χρήση ανακυκλωμένου νερού εφαρμόζεται πλέον σε πάρα πολλές μονάδες, όπως για παράδειγμα στον Όμιλο Cemex, έναν από τους μεγαλύτερους στον κλάδο παραγωγής τσιμέντου παγκοσμίως. Το ποσοστό των μονάδων του Ομίλου που χρησιμοποιούν ανακυκλωμένο νερό έχει αυξηθεί από 75% τα έτη 2009, 2010, 2011 [21], σε 84% τα έτη 2017, 2018, 2019 [22].

Πίνακας 3.1 Ειδικές καταναλώσεις νερού σε βιομηχανίες τσιμέντου, από επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας

Πηγή/Έτος	Ειδική κατανάλωση (L/kg τσιμέντο)	Πηγή/Έτος	Ειδική κατανάλωση (L/kg τσιμέντο)
[22]/2019	0,229	[28]/2014	0,185
[23]/2019	0,17	[29]/2013	0,281
[24]/2019	0,267	[29]/2012	0,260
[25]/2019	0,36	[30]/2011	0,314
[26]/2019	0,264	[20]/2011	0,556
[26]/2018	0,279	[29]/2011	0,254
[22]/2018	0,232	[31]/2010	0,3
[23]/2018	0,14	[30]/2010	0,317
[26]/2017	0,413	[32]/2010	0,360
[27]/2017	0,175	[33]/2006	0,521
[27]/2017	0,2	[33]/2006	1,028
[23]/2017	0,24	[33]/2006	0,537
[26]/2016	0,408	[34]/2002	0,195

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

Το «Υδατικό Αποτύπωμα» (Water Footprint) ενός προϊόντος ορίζεται ως ο συνολικός όγκος του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται άμεσα ή έμμεσα για την παραγωγή του. Υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη την ποσότητα του νερού που καταναλώνεται και ρυπαίνεται σε όλα τα στάδια της παραγωγικής αλυσίδας. Ο ορισμός του «υδατικού αποτυπώματος» εισήχθη για πρώτη φορά από τον Hoekstra το 2002 στο Διεθνές Συνέδριο για το εμπόριο εικονικού νερού στο Ντελφτ της Ολλανδίας [2]. Το υδατικό αποτύπωμα αποτελεί έναν εναλλακτικό δείκτη της χρήσης του νερού ο οποίος διαφέρει αισθητά από τους παλαιότερους δείκτες μέτρησης που υπολόγιζαν απλώς την υδροληψία στους διάφορους τομείς της οικονομίας. Οι ρίζες του υδατικού αποτυπώματος βρίσκονται στην αναζήτηση τρόπων σύνδεσης της ανθρώπινης κατανάλωσης με την χρήση νερού και του παγκοσμίου εμπορίου με τη διαχείριση υδατικών πόρων. Η εισαγωγή αυτής της νέας έννοιας είχε στόχο να υποστηρίξει ότι για μια καλύτερη διαχείριση του νερού θα πρέπει να συμπεριληφθεί μια καταναλωτική διάσταση και μια παγκόσμια διάσταση στην μελέτη του αντικειμένου [3].

Το υδατικό αποτύπωμα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας ολοκληρωμένος δείκτης δέσμευσης υδατικών πόρων για ένα προϊόν ή υπηρεσία, αφού αποτελεί ταυτόχρονα δείκτη και άμεσης αλλά και της έμμεσης χρήσης νερού, είτε από τον καταναλωτή είτε από τον παραγωγό. Επιπλέον, αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα κατανόησης του τρόπου με τον οποίο ο καταναλωτής συνδέεται με την παραγωγή των προϊόντων και με τη χρήση υδατινών πόρων. Είναι δηλαδή μια ογκομετρική μέτρηση της κατανάλωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ορισμοί του υδατικού αποτυπώματος δεν αφορούν το νερό ως γενική έννοια, αλλά συγκεκριμένα το γλυκό νερό, που αποτελεί σπάνιο φυσικό πόρο και καταλαμβάνει μόλις το 2,5% του συνολικού όγκου νερού του πλανήτη. Οι υπολογισμοί του υδατικού αποτυπώματος παρέχουν σαφείς πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα του νερού που διατίθεται για την ικανοποίηση διάφορων ανθρώπινων αναγκών αλλά και το μέγεθος της ρύπανσης των υδάτων που προκαλείται από αυτές. Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζεται συνήθως σε μονάδες όγκου νερού ανά μονάδα προϊόντος (π.χ. σε κυβικά μέτρα ανά τόνο,) ή σε μονάδες όγκου νερού ανά μονάδα χρόνου (π.χ. σε κυβικά μέτρα ανά χρόνο). Κατ' επέκταση το υδατικό αποτύπωμα μπορεί να οριστεί για έναν καταναλωτή (ή μια ομάδα καταναλωτών), για μια γεωγραφικώς καθορισμένη περιοχή (π.χ. μια λεκάνη απορροής ποταμού, μία πόλη ή μία χώρα), για μια καλλιέργεια και για μια επιχείρηση ή έναν οργανισμό. Στην τελευταία περίπτωση, η χρήση του γλυκού νερού αποτελείται από τρία διαφορετικά συστατικά: την μπλε, πράσινη και γκρι συνιστώσα. Οι δύο πρώτες έχουν σχέση με την προέλευση και την χρήση του νερού από την επιχείρηση ενώ η τρίτη έχει σχέση με την ρύπανση των υδάτων που προκαλείται κατά την λειτουργία της [3].

4.1 ΜΠΛΕ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ

Η μπλε συνιστώσα του υδατικού αποτυπώματος ορίζεται για μία διεργασία που αποτελεί μέτρος μιας επιχείρησης, μιας βιομηχανίας ή ενός οργανισμού και αντιπροσωπεύει τον όγκο του μπλε νερού (επιφανειακά και υπόγεια ύδατα) που χρησιμοποιείται σε αυτήν. Για την διαμόρφωση της μπλε συνιστώσας μιας διεργασίας, η οποία δίνεται από την εξίσωση (1), ερευνώνται οι ποσότητες νερού (δίνονται σε μονάδες όγκου) για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, που εξατμίζονται (evaporation), που ενσωματώνονται στο προϊόν (incorporation), και τέλος αυτές που είτε καταλήγουν σε διαφορετικούς σχηματισμούς από τους οποίους αντληθήκαν είτε σε διαφορετική χρονική περίοδο (lost return flow) [1].

$$WF_{proc,blue} = BlueWaterEvaporation + BlueWaterIncorporation + LostReturnFlow \quad (1)$$

Σε πολλές βιομηχανίες πραγματοποιείται ανακύκλωση ή/και επαναχρησιμοποίηση νερού. Στην ανακύκλωση μια ποσότητα νερού που προορίζεται για μια διεργασία επαναχρησιμοποιείται για τον ίδιο σκοπό, ενώ στην επαναχρησιμοποίηση νερού η ποσότητα νερού χρησιμοποιείται για διαφορετικό σκοπό. Η διαδικασία της ανακύκλωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με νερό που προέρχεται από επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ή από συμπύκνωση εξατμιζόμενου νερού. Οι παραπάνω ποσότητες δεν υπολογίζονται εκ νέου στην μπλε συνιστώσα, καθώς είναι ήδη ενσωματωμένες σε αυτήν και η πρόσθεσή τους θα έδινε εσφαλμένα αποτελέσματα. Ωστόσο είναι χρήσιμες όταν ελαττώνουν την κατανάλωση νερού της διεργασίας και κατ' επέκταση το υδατικό της αποτύπωμα.

4.2 ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ

Η πράσινη συνιστώσα του υδατικού αποτυπώματος αναφέρεται στην κατανάλωση των πράσινων υδατικών πόρων. Ο όρος πράσινο νερό αναφέρεται στο νερό το οποίο προέρχεται από βροχοπτώσεις και δεν διαφεύγει ή εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, αλλά είτε αποθηκεύεται στο έδαφος ή προσωρινά παραμένει πάνω στο έδαφος ή στη βλάστηση. Τελικά αυτό το μέρος εξατμίζεται ή απορροφάται μέσω της βλάστησης. Συγκεκριμένα, η πράσινη συνιστώσα του υδατικού αποτυπώματος, που δίνεται από την εξίσωση (2), περιγράφει τις ποσότητες βρόχινου νερού που καταναλώνονται σε μία διεργασία παραγωγής και αποτελεί το άθροισμα των ποσοτήτων νερού που εξατμίζονται (green water evaporation) και ενσωματώνονται (green water incorporation) [1].

$$WF_{proc,green} = GreenWaterEvaporation + GreenWaterIncorporation \text{ [όγκος/χρόνος]} \quad (2)$$

Τα όμβρια ύδατα αναφέρονται σε νερό το οποίο διαφορετικά θα κατέληγε στο έδαφος ή θα ήταν νερό απορροής ή και τα δύο. Αν υποθεθεί πως η χρήση του βρόχινου νερού προς κατανάλωση θα αφαιρούσε την ποσότητα αυτή από τις απορροές τότε θεωρείται πως ανήκει στην μπλε συνιστώσα. Αν υποθεθεί πως η χρήση του βρόχινου νερού προς κατανάλωση θα αφαιρούσε την ποσότητα αυτή από εκείνη που θα αποθηκευόταν στο έδαφος τότε θεωρείται πως ανήκει στην πράσινη συνιστώσα. Επομένως ανάλογα το πώς ορίζεται ότι θα δεσμευόταν η ποσότητα του βρόχινου νερού εάν δεν καταναλωνόταν, θα ανήκει είτε στην μπλε είτε στην πράσινη συνιστώσα. Στην περίπτωση που το βρόχινο νερό συλλέγεται για την ανάπτυξη καλλιεργειών, θεωρείται μέρος της πράσινης συνιστώσας [1].

Η κατανάλωση του πράσινου νερού στη γεωργία μπορεί να μετρηθεί, ή να εκτιμηθεί με μια σειρά από εμπειρικές σχέσεις ή μοντέλα καλλιέργειας κατάλληλα για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με βάση στοιχεία σχετικά με το κλίμα, το έδαφος αλλά και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας [2].

4.3 ΓΚΡΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ

Η γκρι συνιστώσα υδατικού αποτυπώματος για ένα στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας αποτελεί ένα δείκτη του βαθμού ρύπανσης του γλυκού νερού που συνδέεται με αυτό. Ορίζεται ως ο όγκος του νερού που απαιτείται για την αραίωση των ρύπων σε τέτοιο βαθμό ώστε η ποιότητα του διατιθέμενου (ή απορριπτόμενου) στο περιβάλλον νερού να παραμένει στα πρότυπα τα οποία ισχύουν και δίνεται από την εξίσωση (3) [1].

$$WF_{proc,gray} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \text{ [όγκος/χρόνος]} \quad (3)$$

Όπου,

L: το ρυπαντικό φορτίο (μάζα/ χρόνος)

C_{max} : το μέγιστο περιβαλλοντικό όριο συγκέντρωσης για το ρύπο (μάζα /όγκος)

C_{nat} : η φυσική συγκέντρωση ρύπου στο υδάτινο σώμα (μάζα /όγκος)

Αν οι ρύποι είναι μέρος των υγρών αποβλήτων που αποθέτονται σε ένα υδάτινο σώμα, τότε το φορτίο των ρύπων ισούται με τον όγκο των υγρών αποβλήτων επί τη διαφορά της συγκέντρωσης του ρύπου στα υγρά απόβλητα από τη συγκέντρωση του ρύπου που φυσιολογικά παρατηρείται στο σώμα [1]:

$$WF_{grey} = \frac{Effl \times (C_{effl} - C_{nat})}{C_{max} - C_{nat}} \text{ [όγκος/χρόνος]} \quad (4)$$

Όπου,

Effl: όγκος υγρών αποβλήτων

C_{effl} : συγκέντρωση ρύπου στα υγρά απόβλητα

Για ουσίες που δεν υπάρχουν στο υδάτινο σώμα ή σε περιπτώσεις που οι φυσικές συγκεντρώσεις ρύπων δεν είναι γνωστές ισχύει [1]:

$$WF_{grey} = \frac{Effl \times C_{effl}}{C_{max}} \text{ [όγκος/χρόνος]} \quad (5)$$

Τέλος, υπάρχει ένας όρος που ονομάζεται κρίσιμο φορτίο ρύπων, L_{crit} και αντιπροσωπεύει το φορτίο που θα καταναλώσει την ικανότητα αφομοίωσης του υδάτινου αποδέκτη (εξίσωση 6). Όταν το υπολογιζόμενο φορτίο ξεπεράσει την τιμή του κρίσιμου τότε η γκρι συνιστώσα ταυτίζεται με τον όγκο των υγρών αποβλήτων που απορρίπτεται [1].

$$L_{crit} = R(C_{max} - C_{nat}) \text{ [όγκος/χρόνος]} \quad (6)$$

Όπου,

R: ογκομετρική ροή αποβλήτων στον αποδέκτη (όγκος/χρόνος)

4.4 ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Το Υδατικό Αποτύπωμα μιας βιομηχανικής μονάδας ορίζεται ως ο συνολικός όγκος του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται, άμεσα και έμμεσα, προκειμένου να παράγει τα προϊόντα και τις υπηρεσίες της και εκφράζεται ως όγκος του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται ανά έτος. Το Υδατικό Αποτύπωμα μιας βιομηχανικής μονάδας αποτελείται από δύο μέρη: Α) το Λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα που αναφέρεται στην ποσότητα γλυκού νερού που χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία και στον ευρύτερο χώρο της μονάδας (άμεση χρήση του γλυκού νερού) και Β) το Υδατικό Αποτύπωμα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, δηλαδή την ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή όλων των αγαθών και υπηρεσιών που αποτελούν την είσοδο της παραγωγής στη συγκεκριμένη επιχειρηματική μονάδα (έμμεση χρήση νερού). Κατά συνέπεια, το Υδατικό Αποτύπωμα μιας βιομηχανικής μονάδας αναφέρεται στη χρήση του γλυκού νερού λαμβάνοντας υπόψη όλες τις δραστηριότητες και τα υλικά που χρησιμοποιούνται από αυτήν [35].

Το Υδατικό Αποτύπωμα μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για τις παραγωγικές βιομηχανίες ώστε να κατανοήσουν καλύτερα τη διαχείριση και τον καταμερισμό του νερού σε όλες τους τις διαδικασίες με στόχο την έγκαιρη λήψη αποφάσεων σχετικών με τη διαχείριση

νερού στη μονάδα, τη συνεργασία με τους κατάλληλους προμηθευτές και την βέλτιστη αλληλεπίδραση τις τοπικής κοινότητας και της κοινωνίας με τις επιχειρηματικές δραστηριότητες [36].

4.4.1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Το 2008, οι Gerbens- Leenes & Hoekstra [35], ανέπτυξαν μια μεθοδολογία υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε τύπο βιομηχανίας (μικρή, μεγάλη, ιδιωτική, δημόσια κλπ.). Ως βιομηχανία, ορίζουν μία οντότητα ή δραστηριότητα η οποία χαρακτηρίζεται από συνοχή με σκοπό τη μετατροπή πρώτων υλών σε τελικά προϊόντα. Για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος θα πρέπει η προς μελέτη βιομηχανία να έχει καθορισμένα όρια και διάγραμμα ροής. Δηλαδή να αποτυπώνεται σε ένα σύστημα όπου να διακρίνεται σαφώς από το περιβάλλον της, με γνωστές τις εισροές και εκροές από και προς αυτό. Παρακάτω παρουσιάζονται τα έξι επιμέρους βήματα της μεθοδολογίας των Gerbens- Leenes & Hoekstra για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος βιομηχανικής μονάδας:

1^ο Βήμα: Καθορισμός των μονάδων της βιομηχανίας

Σε πρώτο στάδιο, η βιομηχανία ορίζεται από την περιγραφή των μονάδων που την απαρτίζουν και καθορίζονται οι ετήσιες εισροές και εκροές σε κάθε μονάδα. Προτιμάται να επιλέγονται οι μονάδες με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αρκετά μικρές, τοποθετημένες σε ένα σημείο και η κάθε μια να παράγει ένα ομογενές προϊόν. Επίσης, μπορούν να διακριθούν και οι μονάδες που αφορούν την παροχή υπηρεσιών και αγαθών στις κύριες μονάδες παραγωγής (πχ για κάλυψη αναγκών προσωπικού).

2^ο Βήμα: Υπολογισμός του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της κάθε μονάδας

Σε αυτό το βήμα γίνεται ο υπολογισμός του όγκου του νερού που χρησιμοποιείται άμεσα στην παραγωγική διαδικασία. Το λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα της κάθε μονάδας i της βιομηχανίας, $BWF_o[i]$ (Business Water Footprint) αποτελείται από τρεις συνιστώσες: την μπλε, την πράσινη και τη γκρι, και δίνεται από τον τύπο:

$$BWF_o[i] = BWF_{o,blue}[i] + BWF_{o,green}[i] + BWF_{o,grey}[i] \quad (7)$$

Όπου,

$BWF_o[i]$: λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα της μονάδας i της βιομηχανίας, $m^3/year$

$BWF_{o,blue}[i]$: μπλε συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας i της βιομηχανίας, $m^3/year$

$BWF_{o,green}[i]$: πράσινη συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας i της βιομηχανίας, $m^3/year$

$BWF_{o,grey}[i]$: γκρι συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας i της βιομηχανίας, $m^3/year$

Η τιμή της μπλε συνιστώσας υπολογίζεται από τα δεδομένα της βιομηχανίας και την καταγραφή του γλυκού νερού που χρησιμοποιήθηκε, η τιμή της πράσινης συνιστώσας υπολογίζεται από την εξίσωση (2) και για τον υπολογισμό της γκρι συνιστώσας λαμβάνονται οι τιμές της συγκέντρωσης των ρύπων από μετρήσεις που γίνονται στα απόβλητα της βιομηχανίας, καθώς και τα επιτρεπτά όρια αυτών στον αποδέκτη σύμφωνα με την νομοθεσία. Το άθροισμα των λειτουργικών υδατικών αποτυπώματων των επιμέρους μονάδων της βιομηχανίας αποτελεί το λειτουργικό της υδατικό αποτύπωμα.

Βήμα 3ο: Υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος της εφοδιαστικής αλυσίδας

Σε αυτό το βήμα γίνεται ο υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος της κάθε πρώτης ύλης που εισέρχεται στη βιομηχανία, γεγονός που προϋποθέτει τον συνδυασμό δεδομένων για την διαδρομή των πρώτων υλών με τις εισροές που είναι διαθέσιμες από στοιχεία της ίδιας της βιομηχανίας. Αν υποτεθεί ότι υπάρχουν συνολικά n προϊόντα εισόδου j που προέρχονται από m διαφορετικές πηγές (προμηθευτές), το υδατικό αποτύπωμα της εφοδιαστικής αλυσίδας υπολογίζεται ως:

$$BFW_S[i] = \sum_{j=1}^n (\sum_{k=1}^m (PWF[k,j] * I[k,i,j])) \quad (8)$$

Όπου,

$BWF_S[i]$: υδατικό αποτύπωμα εφοδιαστικής αλυσίδας για τη μονάδα i της βιομηχανίας (m^3/year)

$PWF[k,j]$: το συνολικό υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος εισόδου j από πηγή k ($m^3/\text{μονάδα πρώτης ύλης}$)

$I[k,i,j]$: ο ετήσιος όγκος εισροής του προϊόντος εισόδου j από τον προμηθευτή k στη μονάδα i της βιομηχανίας (μονάδα πρώτης ύλης/year)

Βήμα 4ο: Υπολογισμός συνολικού υδατικού αποτυπώματος

Για τον υπολογισμό του συνολικού υδατικού αποτυπώματος της κάθε μονάδας i , $BWF[i]$, προσθέτονται το λειτουργικό της υδατικό αποτύπωμα με το υδατικό αποτύπωμα της εφοδιαστικής της αλυσίδας:

$$BWF[i] = BWF_o[i] + BWF_S[i] \quad (9)$$

Βήμα 5ο: Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος των προϊόντων ανά μονάδα της βιομηχανίας

Για την εύρεση του υδατικού αποτυπώματος κάθε προϊόντος στην έξοδο, διαιρείται το υδατικό αποτύπωμα της κάθε μονάδας με την ποσότητα του προϊόντος που παράχθηκε. Στην περίπτωση που η μονάδα παράγει παραπάνω από ένα προϊόντα, τότε θα πρέπει να υπάρχει μια κατανομή του νερού της μονάδας σε κάθε προϊόν, για να μη χρεώνεται όλο το νερό που χρησιμοποιεί η μονάδα σε κάθε ένα προϊόν και έτσι να μετράται πάνω από μια φορές. Η κατανομή νερού στα διάφορα προϊόντα της μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη μάζα, το ενεργειακό περιεχόμενο ή την οικονομική αξία του προϊόντος. Στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) είναι σύνηθες να πραγματοποιείται σύμφωνα με την οικονομική αξία. Στην έρευνα των Gerbens-Leenes και Hoekstra[35], υιοθετήθηκε η κατανομή νερού βασισμένη στην οικονομική αξία ενός προϊόντος και αποτυπώνεται στον παρακάτω τύπο:

$$PWF[i,j] = \frac{E_{t[i,j]} * BWF[i]}{O_{[i,j]}} \quad (10)$$

Όπου,

$PWF[i,j]$: υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος j που παράγεται στη μονάδα i ($m^3/\text{ποσότητα προϊόντος}$)

$E_{t[i,j]}$: η οικονομική αξία του προϊόντος j που παράγεται στη μονάδα i (χρηματικές μονάδες/year)

$E_t[i]$: η συνολική οικονομική αξία των προϊόντων της μονάδας i (χρηματικές μονάδες/year)

$O_{[i,j]}$: ποσότητα (σε μάζα ή όγκο) προϊόντος j που παράγεται στην μονάδα i το χρόνο

Βήμα 6^ο: Υπολογισμός του συνολικού υδατικού αποτυπώματος της βιομηχανίας

Στο τελευταίο βήμα υπολογίζεται το συνολικό υδατικό αποτύπωμα της βιομηχανίας αθροίζοντας τα υδατικά αποτυπώματα των επιμέρους μονάδων i . Προκειμένου να αποφευχθεί ο διπλός υπολογισμός θα πρέπει να αφαιρεθεί από το σύνολο ο όγκος του νερού που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή προϊόντων που τροφοδοτούν άλλες μονάδες της βιομηχανίας. Αυτό γίνεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$BWF = \sum_{i=1}^x (BWF[i]) - \sum_{i=1}^x (PWF[i, j] * O'[i, j]) \quad (11)$$

Όπου,

BWF: το συνολικό υδατικό αποτύπωμα της βιομηχανίας ($m^3/year$)

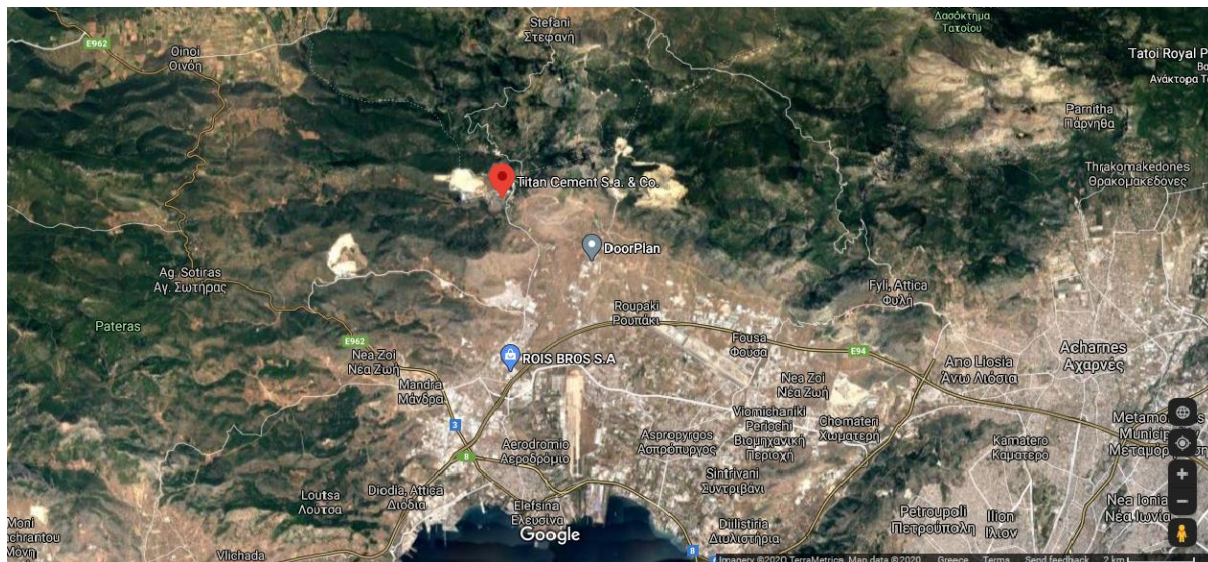
$O'[i, j]$: ετήσιος όγκος προϊόντος j από τη μονάδα i σε άλλη μονάδα της βιομηχανίας (ποσότητα σε μάζα ή όγκο προϊόντος j /χρόνο)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΤΙΤΑΝ

Ο Όμιλος TITAN γράφει μια ιστορία 119 χρόνων και είναι ενεργός στην παραγωγή τσιμέντου, έτοιμου σκυροδέματος, αδρανών υλικών, ιπτάμενης τέφρας, κονιαμάτων και άλλων δομικών υλικών. Σήμερα ο Όμιλος εδρεύει στην Αθήνα και δραστηριοποιείται σε 14 χώρες, οργανωμένες σε τέσσερις γεωγραφικούς τομείς: τις ΗΠΑ, την Ελλάδα μαζί με τη Δυτική Ευρώπη, τη Νοτιοανατολική Ευρώπη και την Ανατολική Μεσόγειο. Στην Ελλάδα υπάρχουν τέσσερα εργοστάσια του Ομίλου τα οποία βρίσκονται στο Καμάρι Βοιωτίας, στην Ελευσίνα, στην Θεσσαλονίκη και στο Δρέπανο Αχαΐας [37].

Το εργοστάσιο Καμαρίου του Ομίλου TITAN βρίσκεται στη θέση Καμάρι της κοινότητας Στεφάνης του νομού Βοιωτίας και λειτουργεί από το 1976. Έχει ετήσια δυναμικότητα 2,5 εκατομμύρια τόνους φαιού κλίνκερ, εκτείνεται σε οικόπεδο 515140 m² με κτηριακή κάλυψη 69791,25 m². Η συνολική εγκατεστημένη κινητήρια ισχύς του εργοστασίου ανέρχεται στους 81209,23HP και η συνολική θερμική ισχύς ανέρχεται στα 300000 kW. Από πλευράς ανθρώπινου δυναμικού το εργοστάσιο απασχολεί 156 εργαζομένους [38]. Σήμερα παράγει 2,6 εκατ. τόνους τσιμέντο, από τους οποίους το 70% εξάγεται στις ΗΠΑ και το 15% σε άλλες χώρες του εξωτερικού [39].

Στον χάρτη της Εικόνας 5.1, φαίνεται η τοποθεσία του εργοστασίου που βρίσκεται στην κόκκινη πινέζα. Όπως παρατηρείται στο χάρτη, το εργοστάσιο βρίσκεται εκτός κατοικημένης περιοχής, δίπλα στο λατομείο Καμαρίου. Οι κοντινότεροι οικισμοί είναι η Στεφανή που απέχει 5 km από το εργοστάσιο και η Μαγούλα που απέχει 6 km. Η βιομηχανία παραγωγής προϊόντων καπνού Παπαστράτος Α.Ε και η χημική βιομηχανία Vitex Α.Ε είναι οι κοντινότερες στην μονάδα, σε απόσταση περίπου 3,5 km η κάθε μία. Τέλος το εργοστάσιο απέχει περίπου 10 km από τη θάλασσα και συγκεκριμένα το λιμάνι της Ελευσίνας.



Εικόνα 5.1 Τοποθεσία εργοστασίου Καμαρίου (πηγή Google Maps)

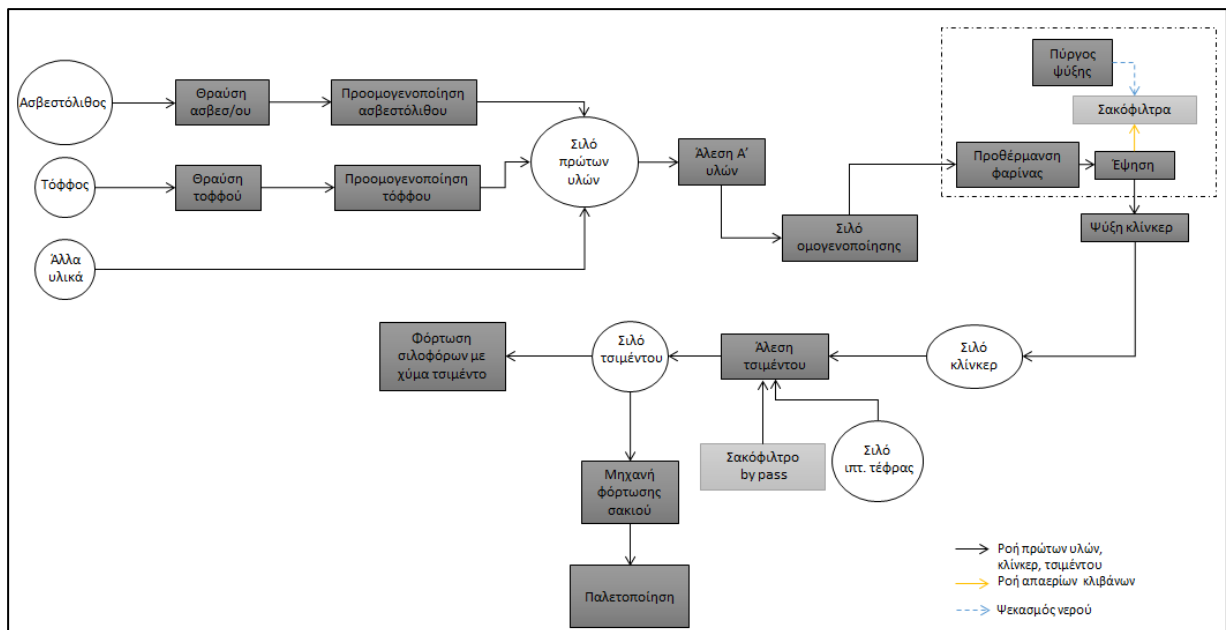
Όσον αφορά τα μετεωρολογικά δεδομένα, επειδή η περιοχή Καμαρίου βρίσκεται ακριβώς στα όρια μεταξύ του νομού Αττικής και του νομού Βοιωτίας, το κλίμα της έχει ένα συνδυασμό των χαρακτηριστικών των κλιμάτων και των δύο Νομών. Το κλίμα της Βοιωτίας είναι ξηρό ηπειρωτικό με κρύους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια, η μέση θερμοκρασία είναι 16-18 °C και το

μέσο ύψος των βροχών 500-600 mm [40]. Το κλίμα της Αττικής είναι εύκρατο και εντάσσεται κλιματολογικά στον μεσογειακό τύπο κλίματος. Γενικά οι ηλιόλουστες ημέρες αποτελούν πολύ συνηθισμένο φαινόμενο ακόμα και τον χειμώνα κατά τις Αλκυονίδες ημέρες, ενώ βροχές σημειώνονται κυρίως από τον Οκτώβριο έως και τον Απρίλιο με μέσο ύψος βροχής τα 400 –450 mm [41].

5.1 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Το εργοστάσιο έχει δύο γραμμές παραγωγής τσιμέντου που λειτουργούν παράλληλα. Η διαδικασία παραγωγής είναι ίδια και για τις δύο γραμμές, με την διαφορά ότι στην μία γραμμή παραγωγής παράγεται απλό τσιμέντο τύπου Portland, ενώ στην άλλη γραμμή παραγωγής παράγεται σύνθετο τσιμέντο. Η σχηματική απεικόνιση της γραμμής παραγωγής σύνθετου τσιμέντου παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Για την παραγωγή του απλού τσιμέντου τύπου Portland ακολουθείται η ίδια διαδικασία του Σχήματος 5.1 με την διαφορά ότι στην άλεση τσιμέντου δεν προστίθεται ιπτάμενη τέφρα και σκόνη από το σακόφιλτρο bypass.

Τα βασικά συστατικά του τσιμέντου είναι το ασβέστιο (Ca), το πυρίτιο (Si), το αργίλιο (Al) και ο σίδηρος (Fe), τα οποία λαμβάνονται από μη μεταλλικές ορυκτές ύλες, όπως ο ασβεστόλιθος, λευκός τόφος, σχίστης, αργιλόχωμα, ψαμμίτης. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα ορυκτά παρατίθενται στο Μέρος Β του Παραρτήματος. Γενικά, το ορυκτό που χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερη ποσότητα στη παραγωγή τσιμέντου είναι ο ασβεστόλιθος. Στο εργοστάσιο Καμαρίου ο ασβεστόλιθος χρησιμοποιείται σε ποσοστό 78-80% και για αυτό η μονάδα έχει κατασκευαστεί δίπλα στο λατομείο Καμαρίου όπου εξορύσσεται ασβεστόλιθος. Άλλες βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στο εργοστάσιο είναι μίγμα αργιλοχωμάτων ή υποκατάστατών τους, όπως σχίστης από το λατομείο Καμάριζας, ψαμμίτης από το λατομείο Γκιάφας και αμμούχος άργιλος από τα λατομεία Καταβόθρες και Λούτσα-Ρέμερι [38]. Με σκοπό την αναβάθμιση της ποιότητας και της οικονομικής βιωσιμότητας της παραγωγικής διαδικασίας χρησιμοποιούνται και άλλες ύλες όπως ο βωξίτης, η πυριτική άμμος καολίνης και τα αποφρύγματα σιδηροπυρίτη [42]. Οι εναλλακτικές πρώτες ύλες που αξιοποιούνται στο εργοστάσιο Καμαρίου αποτελούν το 8% των συνολικών πρώτων υλών και είναι η ιπτάμενη τέφρα και οι σκωρίες υψικαμίνων, παραπροϊόντα και απόβλητα άλλων κλάδων, όπως υγρή τέφρα (από τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια), απολεπίσματα εξέλασης σιδήρου, απόβλητα ανακύκλωσης γυαλιού, χρώματα εκσκαφών, υλικά κατεδαφίσεων και υπολείμματα παραγωγής σκυροδέματος [39]. Στο Παράρτημα παρατίθεται ο συγκεντρωτικός Πίνακας Β.1. των εναλλακτικών πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στο εργοστάσιο Καμαρίου, καθώς και η προέλευσή τους και οι καταναλισκόμενες ποσότητες.



Σχήμα 5.1 Απλοποιημένο διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου Καμαρίου

5.1.1 ΘΡΑΥΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1, το πρώτο στάδιο της διαδικασίας παραγωγής τσιμέντου είναι η θραύση του ασβεστόλιθου και του τόφφου, δηλαδή των κύριων πρώτων υλών. Τα ορυκτά μεταφέρονται στους θραυστήρες με στόχο την ελάττωση του μεγέθους τους σε 40 mm περίπου. Οι θραυστήρες, ανάλογα με την δύναμη που θραύουν το υλικό, είναι δυνατόν να χωρισθούν σε μηχανήματα στα οποία η θραύση γίνεται με συμπίεση (θραυστήρες με σιαγόνες, περιστροφικοί θραυστήρες, θραυστήρες με περιστρεφόμενους κυλίνδρους, τυμπανοθραυστήρες) και σε μηχανήματα στα οποία η θραύση γίνεται με δυνάμεις κρούσης, όπως είναι οι διάφορες μορφές θραυστήρων με σφυριά. Η επιλογή του θραυστήρα εξαρτάται από τη φύση του υλικού που πρόκειται να θραυσθεί, την υγρασία του υλικού, το αρχικό μέγεθος της τροφοδοσίας, το επιδιωκόμενο τελικό μέγεθος του υλικού, την επιδιωκόμενη παραγωγή και τις φθορές και το κόστος αποκατάστασής τους [10]. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους τύπους θραυστήρων παρατίθενται στο Μέρος Β του Παραρτήματος.

Στο εργοστάσιο Καμαρίου χρησιμοποιείται σφυροθραυστήρας δυναμικότητας 1000t/h για τη θραύση του ασβεστόλιθου, με μέγιστο μέγεθος προϊόντος 40 mm και δύο τυμπανοθραυστήρες με δυναμικότητα συγκροτήματος 300 t/h για τη θραύση του τόφφου, με μέγιστο μέγεθος προϊόντος 50 mm [38].

5.1.2. ΠΡΟΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ

Κατά την λατόμευση παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στη χημική και ενίοτε στην ορυκτολογική σύσταση τόσο του ασβεστόλιθου όσο και του τόφφου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή μείγματος πρώτων υλών που αποτελείται από τρία ή και τέσσερα συστατικά, τελείως διαφορετικής σύστασης, ακόμα και σε διαφορετικές παρτίδες των ίδιων υλικών. Επομένως είναι απαραίτητη η κατάλληλη ανάμειξη των ορυκτών πρώτων υλών, η οποία επιτυγχάνεται με προομογενοποίηση των υλικών. Η προομογενοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους: Α)Συνδυασμένη προομογενοποίηση όλων των συστατικών του μείγματος των πρώτων υλών και Β)Χωριστή προομογενοποίηση κάθε συστατικού και

ανάμειξη του στους μύλους. Συνήθως η προομογενοποίηση γίνεται σε στεγασμένες αποθήκες, όπου δημιουργούνται επιμήκεις σωροί από τα υλικά, στους οποίους οι ποσότητες τοποθετούνται κατά στρώματα και παραλαμβάνονται εγκάρσιες τομές σε φέτες, οπότε (θεωρητικά) κάθε φέτα αποτελείται από υλικό από όλα τα επιμέρους στρώματα του σωρού. Μια επιπλέον ανάγκη που εξυπηρετείται με την προομογενοποίηση είναι αυτή της δημιουργίας αποθεμάτων πρώτων υλών σε διάφορα σημεία της παραγωγικής διαδικασίας πριν από την έψηση, ώστε να μπορεί το εργοστάσιο να αντεπεξέλθει σε ενδεχόμενες ανωμαλίες που θα προκληθούν από σταματήματα στη λατόμηση ή στη θραύση. Έτσι δε θα αναγκαστεί να σταματήσει ο περιστρεφόμενος κλίβανος, γεγονός που με κάθε τρόπο αποφεύγεται ή επιδιώκεται να γίνεται σε όσο το δυνατόν αραιότερα χρονικά διαστήματα, επειδή επιφέρει σοβαρά λειτουργικά προβλήματα [10].

Στο εργοστάσιο Καμαρίου η προομογενοποίηση του ασβεστόλιθου και του τόφφου γίνεται σε ξεχωριστές στεγασμένες αποθήκες προομοιογένειας. Η τεχνική απόθεσης του ασβεστόλιθου πραγματοποιείται με την μέθοδο Chenron και σχηματίζονται δύο σωροί των 35000 t ο καθένας [38]. Στην μέθοδο αυτή, το υλικό αποτίθεται στο μέσο σου σωρού, κατά μήκος του μεγάλου οριζόντιου άξονά του, με αποτέλεσμα να ολισθαίνουν κατά μήκος των εξωτερικών πλευρών τα μεγάλα κομμάτια του υλικού και να δημιουργείται κοκκομετρικός διαχωρισμός στις εγκάρσιες τομές των σωρών [10]. Η τεχνική απόθεσης του τόφφου πραγματοποιείται με την μέθοδο Windrow και σχηματίζονται δύο σωροί των 16000 t ο καθένας [38]. Σε αυτή τη μέθοδο, το υλικό αποτίθεται κατά μήκος περισσότερων αξόνων παράλληλων με τον κεντρικό άξονα του σωρού, οπότε τα μεγαλύτερα κομμάτια εγκλωβίζονται στο εσωτερικό του σωρού [10].

4.1.3. ΑΛΕΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.1 μετά την προομογενοποίηση ακολουθεί το στάδιο της άλεσης, όπου μετατρέπονται οι πρώτες ύλες σε πολύ λεπτή σκόνη (φαρίνα) με την χρήση μύλων άλεσης. Η άλεση, αν και συμμετέχει περίπου στο 7-10% της ενέργειας που συνολικά καταναλίσκεται από μια βιομηχανία τσιμέντου, εντούτοις καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 65%) της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Από αυτή το μεγαλύτερο ποσοστό (60-65%) δαπανάται για την άλεση τσιμέντου. Οι διατάξεις άλεσης που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία είναι ανοικτού κυκλώματος (open circuit) και κλειστού κυκλώματος (closed circuit). Με τον όρο «διάταξη άλεσης» δεν νοείται μόνο ο μύλος αλλά ένα σύνολο βοηθητικών μηχανημάτων, που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία του λεπτού προϊόντος. Στο σύνολο αυτών των μηχανημάτων περιλαμβάνονται διατάξεις προσαγωγής και απαγωγής του υλικού, διατάξεις αερισμού ή ψεκασμού του μύλου με νερό καθώς και διατάξεις αποκονίωσης. Στην διάταξη ανοικτού κυκλώματος υπάρχει μια συνεχής δίοδος του υλικού μέσα από το μύλο. Η άλεση ολοκληρώνεται μια διέλευση του υλικού μέσα από το μύλο. Στην διάταξη κλειστού κυκλώματος το προϊόν άλεσης του μύλου οδηγείται σε ένα διαχωριστή όπου και μοιράζεται σε χονδρόκοκκο και λεπτόκοκκο κλάσμα. Το λεπτόκοκκο κλάσμα αποτελεί το τελικό προϊόν της άλεσης, ενώ το χονδρόκοκκο επιστρέφει στο μύλο για συμπληρωματική άλεση [10]. Υπάρχουν τρία συστήματα άλεσης: ο σφαιρόμυλος (ball mill), ο κατακόρυφος μύλος άλεσης (vertical roller mill) και η κυλινδρόπρεσσα η οποία χρησιμοποιείται για την άλεση του κλίνκερ και όχι για την άλεση των πρώτων υλών. Η άλεση της φαρίνας συνήθως γίνεται σε σφαιρόμυλους, όπου το μέγιστο μέγεθος του κόκκου της τροφοδοσίας είναι 25-50 mm, και πρέπει να πληροί τις παρακάτω απαιτήσεις:

- Παραγωγή φαρίνας κατάλληλης λεπτότητας για την παραγωγή κλίνκερ

- Δημιουργία του κατάλληλου μίγματος με κατάλληλη αναλογία της τροφοδοσίας των πρώτων υλών
- Ανάμιξη των πρώτων υλών και ξήρανσής τους, προκειμένου να μπορεί να επιτευχθεί η περαιτέρω διαχείριση του υλικού [10].

Στο εργοστάσιο Καμαρίου χρησιμοποιούνται δύο σφαιρόμυλοι για την άλεση της φαρίνας, δυναμικότητας 220 t/h ο καθένας. Για την ξήρανση των υλικών στο εσωτερικό των μύλων χρησιμοποιούνται αέρια από του περιστρεφόμενους κλιβάνους σε κλειστό κύκλωμα [38]. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα συστήματα άλεσης παρατίθενται στο Μέρος Β του Παραρτήματος.

5.1.4. ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΦΑΡΙΝΑΣ

Στην συνέχεια η φαρίνα εισέρχεται στα σιλό ομογενοποίησης στα οποία επιτυγχάνεται η τελική ομογενοποίησή της με εμφύσηση αέρα από τον πυθμένα τους. Ο αέρας περνάει μέσα από κατάλληλες πορώδεις κεραμικές πλάκες και τα δημιουργούμενα λεπτά ρεύματα προκαλούν την ανάμιξη της φαρίνας. Υπάρχουν διάφορα συστήματα ομογενοποίησης που στηρίζονται στην παραπάνω αρχή και διαφοροποιούνται με τον τρόπο με τον οποίο διαιρείται ο πυθμένας για την εμφύσηση του αέρα. Το πιο γνωστό σύστημα είναι της εταιρείας Fuller, και σύμφωνα με αυτό ο πυθμένας χωρίζεται σε 4 μέρη και ο προσαγόμενος αέρας διαιρείται σε δύο ροές εκ των οποίων η μία που είναι το 75% του συνολικού αέρα οδηγείται στο ένα τεταρτημόριο, ενώ η άλλη (25% του αέρα) μοιράζεται στα υπόλοιπα 3 τεταρτημόρια. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται 2 στήλες αέρα με διαφορετική πυκνότητα, με αποτέλεσμα το βαρύ υλικό να πέφτει μέσα στο ελαφρύ και να αναμειγνύεται. Εναλλάσσοντας κατά διαστήματα το τεταρτημόριο στο οποίο οδηγείται το 75% του αέρα, επιτυγχάνεται η αναμόχλευση και ομογενοποίηση όλης της ποσότητας της φαρίνας που περιέχεται στα σιλό. Ο αέρας και οι ενεργειακές απαιτήσεις για την ομογενοποίηση του μείγματος των πρώτων υλών εξαρτώνται από τις μεταβολές της σύστασης του μείγματος και από την επιθυμητή ποσότητα του μείγματος. Συνήθως ως στόχος τίθεται η % περιεκτικότητα του μείγματος σε CaCO_3 [10]. Στο εργοστάσιο υπάρχουν δύο συστήματα διπλών σιλό ομογενοποίησης για κάθε σφαιρόμυλο άλεσης πρώτων υλών, συνολικής χωρητικότητας 10000 t για κάθε μύλο [38].

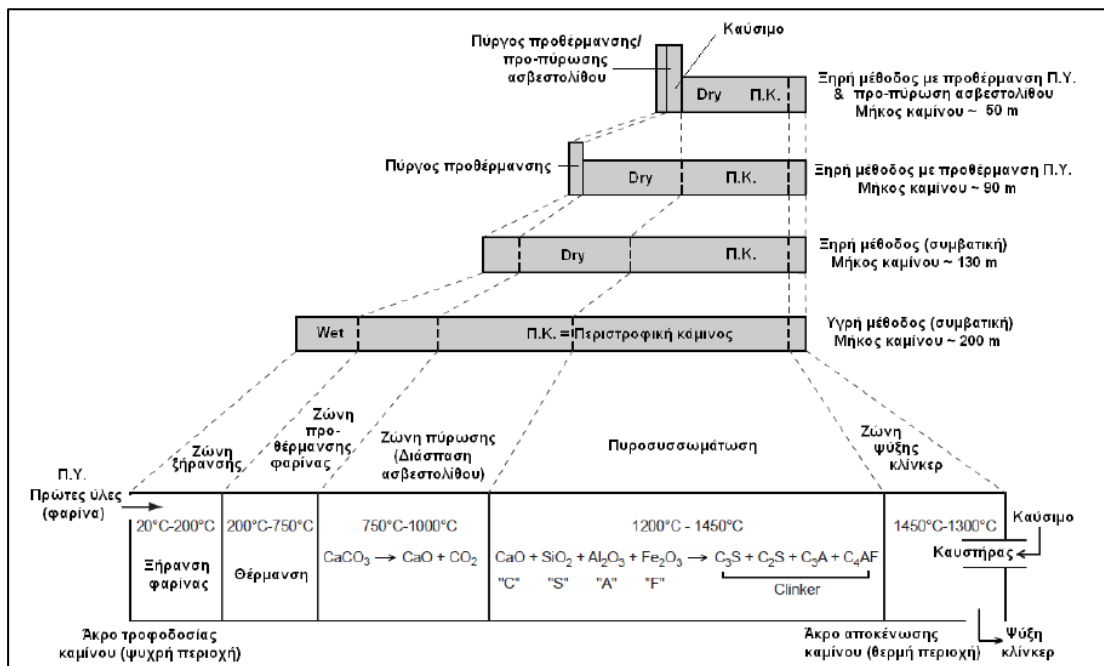
5.1.5. ΕΨΗΣΗ

Σε μια σύγχρονη διάταξη έψησης κλίνκερ τσιμέντου πραγματοποιείται προθέρμανση της φαρίνας (και σε κάποιες περιπτώσεις προπύρωση του ασβεστόλιθου) πριν την είσοδο στον περιστρεφόμενο κλίβανο. Τα αέρια που εξέρχονται από τον κλίβανο ψύχονται μέσω πύργων ψύξης και στην συνέχεια οδηγούνται σε διατάξεις αποκονίωσης. Στο Σχήμα 5.1 που απεικονίζεται η παραγωγική διαδικασία του εργοστασίου Καμαρίου, μπορεί να διακρίνει κανείς τις παραπάνω διεργασίες, οι οποίες βρίσκονται εντός της διακεκομμένης γραμμής.

Ο περιστρεφόμενος κλίβανος αποτελεί την κύρια διεργασία στην παραγωγή τσιμέντου, καθώς σε αυτόν πραγματοποιείται η πυρομεταλλουργική επεξεργασία (έψηση) του κλίνκερ που οδηγεί στην αντίδραση του οξειδίου του ασβεστίου με τα ορυκτά που περιέχουν πυρίτιο, αργίλιο, σίδηρο προς σχηματισμό ενός μείγματος ενώσεων πυριτικού ασβεστίου, αργλικού ασβεστίου και αργλιοσιδηρούχου ασβεστίου. Πρόκειται για μια ογκώδη, κυλινδρικού σχήματος, κατασκευή, διαμέτρου 3,5-4,5 m και μήκους έως 200 m. Είναι ελαφρώς κεκλιμένος προς την έξοδο (άκρο αποκένωσης κλίνκερ), για να μετακινείται η φαρίνα στο εσωτερικό του και να αποκενώνεται από το κατώτερο άκρο το προϊόν, δηλαδή το κλίνκερ. Στο κατώτερο άκρο του

κλιβάνου βρίσκεται η φλόγα, η θερμοκρασία της οποίας μπορεί να φτάσει τους 1500°C, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την εσωτερική επένδυση του με πυρίμαχα τούβλα και την ύπαρξη κλειστού συστήματος ψύξης του μηχανολογικού εξοπλισμού για την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών [42]. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι περιστρεφόμενων κλιβάνων ανάλογα με την μέθοδο κατεργασίας του κλίνκερ: η υγρή μέθοδος, η ξηρή μέθοδος, η ξηρή μέθοδος με προθέρμανση της φαρίνας και η ξηρή μέθοδος με προθέρμανση φαρίνας και προπύρωση του ασβεστόλιθου. Όλες οι μέθοδοι βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας και σε αυτές λαμβάνουν χώρα τα εξής στάδια κατεργασίας για την παραγωγή του κλίνκερ, τα οποία φαίνονται και στο Σχήμα 5.2:

1. Εξάτμιση του ελεύθερου (μη συνδεδεμένου) νερού
2. Απομάκρυνση του κρυσταλλικού νερού (συνδεδεμένο νερό) κατά κύρια βάση από τα αργιλικά πετρώματα των πρώτων υλών
3. Διάσπαση (πύρωση) του ασβεστολίθου CaCO_3
4. Σχηματισμός των 4 κρυσταλλικών φάσεων του κλίνκερ τσιμέντου: ενώσεις πυριτικού ασβεστίου ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ και $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), ενώσεις αργιλικού ασβεστίου ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) και ενώσεις αργιλοσιδηρούχου ασβεστίου ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$)
5. Ψύξη του κλίνκερ [10]



Σχήμα 5.2 Σχέση μεταξύ μεθόδου παραγωγής κλίνκερ και του μήκους του περιστρεφόμενου κλιβάνου και κατανομή των ζωνών κατεργασίας μέσα σε αυτόν [42]

Παλαιότερα όλα τα στάδια πραγματοποιούνταν στον κλίβανο, με την χρήση υγρών μεθόδων, οι οποίες πλέον θεωρούνται ξεπερασμένες αφού είναι λιγότερο οικονομικές και αποδοτικές. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.2 κατά την υγρή μέθοδο πραγματοποιούνται τα στάδια 1 έως 4 στον κλίβανο, με αποτέλεσμα να έχει και το μεγαλύτερο μήκος σε σχέση με τις άλλες μεθόδους (άρα και μεγαλύτερο λειτουργικό και πάγιο κόστος). Σε μια σύγχρονη διάταξη έψησης η εξάτμιση και η προθέρμανση της φαρίνας (στάδια 1 και 2) πραγματοποιούνται εκτός του περιστροφικού κλιβάνου και ειδικότερα σε μια σειρά κυκλώνων (ανακομιστές θερμότητας ή προθερμαντές), ενώ σε κάποιες περιπτώσεις πραγματοποιείται και προπύρωση του ασβεστόλιθου στην βάση

του προθερμαντή (μέρος του σταδίου 3). Χάρη στην προθέρμανση της φαρίνας μειώνεται το μήκος της κλιβάνου (επιβεβαιώνεται και από το Σχήμα 5.2) και ταυτόχρονα ελαττώνεται η ενεργειακή κατανάλωση για την λειτουργία της.

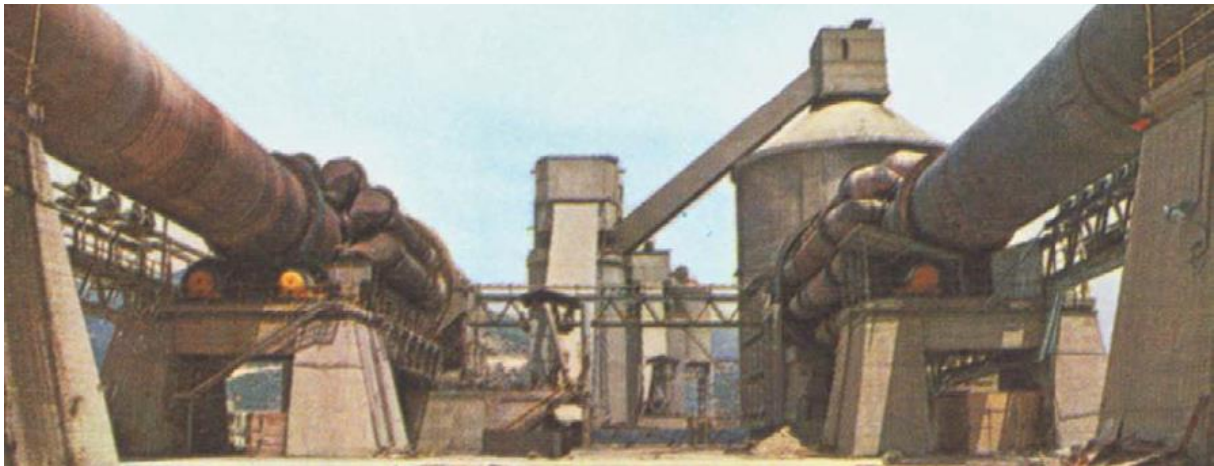
Η προθέρμανση της φαρίνας γίνεται σε μια σειρά κυκλώνων, που αποτελούν ένα είδος διαχωριστή, όπου το διερχόμενο υλικό διαχωρίζεται σε λεπτόκοκκο και χοντρόκοκκο. Στους κυκλώνες κυκλοφορούν κατά αντirroή το μείγμα των πρώτων υλών και τα απαέρια της καμίνου του κλιβάνου, οπότε επιτυγχάνεται μεταφορά θερμότητας από τα θερμά καυσαέρια στην φαρίνα [10]. Επίσης γίνεται πλήρης ανάμειξη και στην συνέχεια διαχωρισμός λεπτότατων κόκκων φαρίνας με τα καυσαέρια σε όσες φάσεις είναι και ο αριθμός των κυκλώνων, ώστε να προκύπτει τελικά ομοιόμορφη προθερμασμένη φαρίνα στις επιθυμητές θερμοκρασίες [43]. Ο αριθμός των κυκλώνων μπορεί να είναι από 4 έως 6 και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με κυριότερο την υγρασία των πρώτων υλών [10].

Η μέθοδος παραγωγής κλίνκερ με προθέρμανση φαρίνας και προπύρωση ασβεστόλιθου είναι ίδια με την μέθοδο παραγωγής κλίνκερ με προθέρμανση, με διαφορά ότι στην πρώτη μέθοδο πραγματοποιείται και μερική διάσπαση (πύρωση) του ασβεστόλιθου στη βάση του προθερμαντή. Η διάταξη αυτή καλείται πύργος προθερμαντή/προασβεστοποιητή. Στον καυστήρα του προασβεστοποιητή οδηγείται μέρος του καυσίμου του κλιβάνου, καθώς και θερμά αέρια που προέρχονται είτε από την κάμινο είτε από την ψύξη του κλίνκερ. Η φαρίνα κινείται κατά αντirroή με τα ανερχόμενα θερμά αέρια και παραμένει λίγα δευτερόλεπτα (20-90 s) στη θερμότερη περιοχή του, οπότε η πύρωση του ασβεστόλιθου ολοκληρώνεται σε ποσοστό 90-95% πριν τη εισαγωγή της φαρίνας στον κλίβανο [10].

Η διάταξη της έψησης απαιτεί υψηλή κατανάλωση καυσίμου και για το λόγο αυτό η επιλογή του καυσίμου είναι από τις καθοριστικές παραμέτρους στη λειτουργία μιας βιομηχανίας τσιμέντου. Συμβατικά αέρια (φυσικό αέριο), υγρά (μαζούτ, πετρέλαιο, παραπροϊόντα) και στερεά καύσιμα (κάρβουνο, κωκ και παραπροϊόντα) έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία ως καύσιμη ύλη στις περιστρεφόμενες κλιβάνους [10]. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα συμβατικά καύσιμα βρίσκονται στο Μέρος Β του Παραρτήματος. Δευτερογενή καύσιμα, που κατά κανόνα περιέχουν σημαντικό ποσοστό βιομάζας με αποτέλεσμα η καύση τους στην κλίβανο να επιφέρει μείωση των συνολικών εκπομπών CO₂, χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο στις βιομηχανίες τσιμέντου. Τα δευτερογενή καύσιμα που αξιοποιούνται στο Καμάρι είναι προϊόντα βιομηχανικής επεξεργασίας αποβλήτων, όπως υπολείμματα από την ανακύκλωση συσκευασιών (RDF), ιλύς διυλιστηρίων/πριονίδι, αποξηραμένη ιλύς βιολογικού καθαρισμού και ελαστικά αυτοκινήτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους [39]. Στο Μέρος Β του Παραρτήματος παρατίθεται ο συγκεντρωτικός Πίνακας Β.2. των εναλλακτικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στο εργοστάσιο Καμαρίου, καθώς και η προέλευσή τους και οι καταναλισκόμενες ποσότητες.

Η βασική περιβαλλοντική επίπτωση από τη λειτουργία του περιστρεφόμενου κλιβάνου είναι η εκπομπή σκόνης μαζί με τα αέρια προϊόντα της καύσης καθώς και η περιεκτικότητα των αερίων σε διάφορα βλαπτικά συστατικά όπως NO_x, SO_x, SO₂, HF, HCl, PCDDs/ PCDFs , TOC, NH₃ [38]. Τα ολοένα αυξανόμενα προβλήματα που προκαλούνται από την όξινη βροχή (αποτέλεσμα των εκπομπών NO_x και SO₂) οδήγησαν στην επιβολή περιορισμών ειδικά στα νιτρικά, οι οποίοι γίνονται ολοένα αυστηρότεροι. Στον Οδηγό των Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών για την Παραγωγή Τσιμέντου, Γύψου και Οξειδίου του Μαγνησίου του έτους 2013 [19], αναφέρεται μεταξύ άλλων πως για την κατακράτηση των SO₂ μπορεί να χρησιμοποιηθεί υγρή πλυντρίδα (wet scrubber) που αποτελείται από μια ρευστοστερεά κλίνη σωματιδίων, ενώ για την μείωση

των NO_x μπορούν να επιλεγθούν καύσιμα υψηλής ποιότητας και να πραγματοποιηθεί ψεκασμός των αερίων με αμμωνιούχες ενώσεις (επιλεκτική μη- καταλυτική αναγωγή, SNCR). Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την επιλεκτική μη- καταλυτική αναγωγή (SNCR), παρατίθενται στο Μέρος Β του Παραρτήματος. Στο εργοστάσιο Καμαρίου υπάρχουν δύο προθερμαντές (για κάθε κλίβανο), τεσσάρων βαθμίδων ο καθένας, στην βάση των οποίων πραγματοποιείται προασβεστοποίηση. Κάθε κλίβανος έχει μήκος 80 m, διάμετρο 5 m, και ημερήσια παραγωγή ανέρχεται σε 3800 t κλίνκερ. Επίσης υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα επιλεκτικής μη καταλυτικής αναγωγής, SNCR για τον περιορισμό των εκπομπών NO_x [38]. Στην Εικόνα 5.2, παρουσιάζεται μια φωτογραφία των δύο περιστρεφόμενων κλιβάνων του εργοστασίου Καμαρίου.



Εικόνα 5.2 Περιστρεφόμενοι κλίβανοι εργοστασίου Καμαρίου [39]

Ο πύργος ψύξης (Conditioning Tower) χρησιμοποιείται για την εναλλαγή θερμότητας μεταξύ των θερμών αερίων που εξέρχονται από τον περιστρεφόμενο κλίβανο και νερού ψύξης το οποίο προέρχεται από ιδιωτική γεώτρηση του εργοστασίου, με στόχο την ψύξη των απαερίων του κλιβάνου. Έτσι επιτυγχάνεται εξάτμιση του νερού και ελάττωση της θερμοκρασίας των αερίων στα επιθυμητά επίπεδα, τα οποία στην συνέχεια εισέρχονται στα σακόφιλτρα. Μέρος του νερού που εισέρχεται στον πύργο ψύξης οδηγείται για ψεκασμό των σακόφιλτρων για την περαιτέρω μείωση της θερμοκρασίας των εισερχόμενων αερίων. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα σακόφιλτρα βρίσκονται στο Υποκεφάλαιο 5.1.9. Το σχήμα του πύργου ψύξης είναι κυλινδρικό και η είσοδος των αερίων γίνεται από την οροφή. Ο ψεκασμός του νερού γίνεται με ακροφύσια τα οποία είναι τοποθετημένα σε ακτινική διάταξη και βρίσκονται στο πιο υψηλό σημείο του κυλίνδρου. Η ροή εκνέφωσης είναι ομόρροπη με την ροή των αερίων (φορά από πάνω προς τα κάτω). Είναι σημαντικό να γίνεται πλήρη εκνέφωση του νερού σε πάρα πολύ μικρά σταγονίδια διότι διαφορετικά δεν προλαβαίνουν να εξατμιστούν και καταλήγουν στη έξοδο του πύργου ψύξης δημιουργώντας λάσπες [44]. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των πύργων ψύξης παρατίθενται στο Μέρος Β του Παραρτήματος.

5.1.6. ΨΥΞΗ ΚΛΙΝΚΕΡ

Το κλίνκερ που εξέρχεται από τον περιστρεφόμενο κλίβανο, βρίσκεται σε πολύ υψηλή θερμοκρασία (της τάξης των 1450 °C) και για την περαιτέρω επεξεργασία του πρέπει να ψυχθεί στους 80-150 °C Έχει διαπιστωθεί ότι οι διεργασίες ψύξης του κλίνκερ παίζουν ουσιαστικό ρόλο στην ποιότητά του αλλά και στις ιδιότητες του παραγόμενου τσιμέντου. Οι κύριοι τύποι

ψυκτών κλίνκερ είναι οι τύπου κινούμενης εσχάρας και η περιστροφικού ή πλανητικού τύπου. Στους ψύκτες τύπου κινούμενης εσχάρας, το κλίνκερ διέρχεται με τη βοήθεια κινούμενης διάτρητης εσχάρας από θάλαμο και ψύχεται με τη βοήθεια αέρα που εμφυσάται από ανεμιστήρες. Κατά την επαφή του πολύ ζεστού κλίνκερ με τον αέρα, που βρίσκεται συνήθως σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, πραγματοποιείται μεταφορά θερμότητας από το κλίνκερ στον αέρα. Συνεπώς, ο αέρας θερμαίνεται και μέρος του μπορεί να ανακυκλωθεί, αφού αποκονιοποιηθεί, σε άλλες διεργασίες όπως στον πύργο προθέρμανσης για την προθέρμανση της φαρίνας ή στους περιστρεφόμενους κλιβάνους ως αέρας καύσης. Έτσι επιτυγχάνεται η αξιοποίηση της θερμότητάς του συμβάλλοντας στην ενεργειακή βελτιστοποίηση της διεργασίας παραγωγής κλίνκερ [42]. Από τους ψύκτες κλίνκερ εξέρχονται πολύ μεγάλες ποσότητες σκόνης μαζί με τον θερμό αέρα, οι οποίες πρέπει να αφαιρεθούν με διατάξεις αποκονίωσης. Συνήθως χρησιμοποιούνται σακόφιλτρα, αλλά επειδή ο αέρας βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία και τα σακόφιλτρα έχουν συγκεκριμένα θερμοκρασιακά όρια αντοχής, πραγματοποιείται ταυτόχρονα ψεκάσμος με νερό, από τους πύργους ψύξης. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη σημασία της ψύξης του κλίνκερ παρατίθενται στο Μέρος Β του Παραρτήματος.

Στο εργοστάσιο Καμαρίου χρησιμοποιείται ψύκτης τύπου έσχαρας (Εικόνα 5.3), για την ψύξη του κλίνκερ που εξέρχεται από κάθε περιστρεφόμενο κλιβανο. Κάθε ψύκτης αποτελείται από οκτώ ανεμιστήρες που φυσούν αέρα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος στο θερμό κλίνκερ. Μέρος του αέρα που εξέρχεται αφού αποκονιοποιηθεί, οδηγείται ως δευτερογενής αέρας καύσης στους περιστρεφόμενους κλιβάνους [38].



Εικόνα 5.3 Ψύκτης τύπου έσχαρας εργοστασίου Καμαρίου [39]

5.1.7. ΆΛΕΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Έπειτα από την ψύξη του κλίνκερ ακολουθεί η άλεσή του στους μύλους τσιμέντου. Στην άλεση του κλίνκερ χρησιμοποιείται γύψος (τεχνητή ή φυσική) και ανάλογα με τον τύπο του τσιμέντου, διάφορα πρόσθετα όπως ποζολάνες, ιπτάμενη τέφρα, σκόνες αποκονίωσης και ασβεστόλιθος. Βασικό συστατικό του τσιμέντου είναι το θεικό ασβέστιο, το οποίο προστίθεται κατά την τελική άλεση του κλίνκερ με σκοπό να ρυθμίζει την πήξη του τσιμέντου. Κύρια πηγή θειικού ασβεστίου είναι η φυσική γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) και σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιείται και

τεχνητή γύψος που προέρχεται από την αποθείωση των απαερίων σε βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και περιέχει CaSO_4 . Η ποζολάνη είναι ένα πυριτικό ή αργιλικό υλικό, το οποίο, αν και μόνο του δεν έχει υδραυλικές ιδιότητες, όταν αλεσθεί αντιδρά παρουσία νερού με την υδράσβεστο που προκύπτει από τις αντιδράσεις ενυδάτωσης των κυρίων συστατικών του τσιμέντου σε συνήθη θερμοκρασία και σχηματίζει ενώσεις που έχουν υδραυλικές ιδιότητες [10]. Η τέφρα μπορεί να προέρχεται από τα καύσιμα ή από άλλες βιομηχανίες και ενσωματώνεται στο μείγμα του κλίνκερ, επιδρώντας στη ορυκτολογική σύνθεση του κλίνκερ. Η σκόνη αποκονίωσης είναι πλούσια σε οξείδια του ασβεστίου, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη για χρήση ως εναλλακτικής πρώτης ύλης, όταν δεν έχει υψηλή συγκέντρωση σε αλκάλια [45].

Για την άλεση τσιμέντου χρησιμοποιούνται σφαιρόμυλοι, κατακόρυφοι μύλοι ή συνδυασμοί κυλινδρόπρεσσας και σφαιρόμυλων για τη μείωση του κόστους, την αύξηση της δυναμικότητας της διάταξης και την αύξηση της λεπτότητας του προϊόντος. Οι ιδιότητες του τσιμέντου, όσο και η συμπεριφορά κατά τη χρήση του στη παραγωγή σκυροδέματος, εξαρτώνται, εκτός των άλλων, σημαντικά και από την κοκκομετρική του ανάλυση (δηλαδή την λεπτότητά του) [42]. Το τσιμέντο προκαλεί μια αύξηση στη θερμοκρασία μέσα στο μύλο, κατά τη διάρκεια της άλεσής του, που οφείλεται τόσο στη θερμοκρασία του προς άλεση κλίνκερ, όσο και στη μετατροπή σε θερμότητα του μεγαλύτερου μέρους της προσφερόμενης ενέργειας. Είναι σημαντικό να υπάρχουν κατάλληλα συστήματα ρύθμισης της θερμοκρασίας στον μύλο διότι διαφορετικά προκαλείται υποβάθμιση της ποιότητας του τσιμέντου [10].

Στην παραγωγή τσιμέντου η άλεση είναι η πιο σημαντική διεργασία μετά την έψηση και η σπουδαιότητά της φαίνεται στο ότι συμμετέχει δύο φορές της στην παραγωγική διαδικασία. Οι στόχοι που επιδιώκονται είναι διαφορετικοί για την άλεση του μείγματος των πρώτων υλών (άλεση φαρίνας) και διαφορετικοί για την άλεση του τελικού προϊόντος (άλεση τσιμέντου). Στην πρώτη περίπτωση επιδιώκεται η δημιουργία πολύ λεπτών κόκκων για την αύξηση της επιφάνειας του στερεού και την επιτάχυνση στην συνέχεια των αντιδράσεων στην περιστροφική κάμνο. Κατά την άλεση του τσιμέντου η λεπτότητα άλεσης αφενός μεν επιδρά στον ρυθμό ανάπτυξης των αντοχών, αφετέρου δε ενεργοποιεί την επιφάνεια των δημιουργούμενων νέων σωματιδίων. Επίσης και στις δύο περιπτώσεις σημειώνεται αύξηση της θερμοκρασίας στους μύλους (περισσότερο στους μύλους τσιμέντου), η οποία μετριάζεται με τη χρήση νερού ψύξης.

Στους μύλους τσιμέντου μαζί με τα εξερχόμενα αέρια εκπέμπονται μεγάλα ποσά σκόνης, οπότε είναι αναγκαία η χρήση διατάξεων αποκονίωσης. Συνήθως χρησιμοποιούνται σακόφιλτρα και σε κάποιες περιπτώσεις πραγματοποιείται σε αυτά ψεκάσμος με νερό για την περαιτέρω ψύξη των αερίων και την αποφυγή καταστροφής των φίλτρων των σακόφίλων.

Στο εργοστάσιο Καμαρίου υπάρχουν τέσσερις μύλοι τσιμέντου:

- Δύο σφαιρόμυλοι που ο καθένας έχει δύο διαμερίσματα, είναι κλειστού κυκλώματος, με διάμετρο 4,2 m, μήκος 13m, με διαχωριστή, δυναμικότητας 90 t/h σε σύνθετο τσιμέντο τύπου CEM II 32,5.
- Ένας σφαιρόμυλος δύο διαμερισμάτων, κλειστού κυκλώματος, διαμέτρου 4,6 m, μήκους 14 m, με διαχωριστή, δυναμικότητας 160 t/h σε τσιμέντο Portland τύπου CEM I 42,5.
- Ένας κάθετος μύλος δυναμικότητας 80 t/h σε τσιμέντο Portland τύπου CEM I 42,5 που φαίνεται στην Εικόνα 5.4 [38].



Εικόνα 5.4 Κατακόρυφος μύλος άλεσης τσιμέντου εργοστασίου Καμαρίου [39]

Οι τύποι τσιμέντου CEM I, CEM II αφορούν το ποσοστό αντικατάστασης του κλίνκερ από διάφορα άλλα συστατικά, όπως ποζολάνες, ιπτάμενες τέφρες, σκωρία υψικαμίνων κτλ και παρατίθενται στον Πίνακα 5.1 του Υποκεφαλαίου 5.1.9. Οι αριθμοί 32,5 και 42,5 σχετίζονται με τις μηχανικές αντοχές του τσιμέντου και ειδικότερα την αντοχή σε θλίψη εντός 28 ημερών. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός τόσο αυξάνει και η αντοχή του τσιμέντου, επομένως το τσιμέντο τύπου CEM I 42,5 έχει μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη από το τσιμέντο τύπου CEM II 32,5. Επίσης στους δύο σφαιρόμυλους που παράγουν σύνθετο τσιμέντο προστίθεται ιπτάμενη τέφρα και σκόνη αποκονίωσης που συλλέγεται στο σακόφιλτρο του Bypass, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1, καθώς και τα διάφορα άλλα πρόσθετα.

5.1.8. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΠΟΚΟΝΙΩΣΗΣ

Στην βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου από την εξόρυξη μέχρι την εξαγωγή του τσιμέντου, το προϊόν δέχεται μεταβολές και μεταφέρεται σε μορφή σκόνης. Επομένως η δημιουργία σκόνης είναι αναπόφευκτη σε όλες τις διαδικασίες παραγωγής τσιμέντου. Με σκοπό να αποτραπεί η διαφυγή της σκόνης στο περιβάλλον υπάρχουν διατάξεις αποκονίωσης σε διάφορα σημεία των εργοστασίων. Οι διατάξεις που παράγουν τα μεγαλύτερα ποσά σκόνης στην βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου είναι οι περιστρεφόμενοι κλίβανοι, οι ψύκτες κλίνκερ και οι μύλοι.

Τα σακόφιλτρα μαζί με τα ηλεκτρόφιλτρα αποτελούν τις κύριες διατάξεις αποκονίωσης που χρησιμοποιούνται για την κατακράτηση της σκόνης στην τσιμεντοβιομηχανία. Σε πολλές βιομηχανικές μονάδες οι κυκλώνες χρησιμοποιούνται ως προαποκονιωτές, με στόχο τη διευκόλυνση της λειτουργίας των σακόφιλτρων και των ηλεκτρόφιλτρων. Η απομάκρυνση της σκόνης στα σακόφιλτρα (bag filters, baghouses) πραγματοποιείται με το πέρασμα του προς καθαρισμό αερίου διαμέσου υφάσματος ενός συγκεκριμένου τύπου. Το συλλεγόμενο στην

επιφάνεια του φίλτρου υλικό σχηματίζει ένα στρώμα σκόνης το οποίο σταδιακά μετατρέπεται στο ουσιαστικό μέσο φιλτραρίσματος.

Ο μεγαλύτερος περιορισμός στη λειτουργία των σακόφιλτρων προέρχεται από τις θερμοκρασιακές ανοχές των μέσων φιλτραρίσματος. Για τις φυσικές ίνες το άνω όριο λειτουργίας είναι περίπου 90 °C. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαία η ψύξη των αερίων που βρίσκονται σε θερμοκρασία υψηλότερη του ανώτερου όριου λειτουργίας των σακόφιλτρων, είτε πριν εισέλθουν σε αυτά, είτε ταυτόχρονα, με ψεκασμό νερού. Ωστόσο, οι τεχνολογικές εξελίξεις και ιδιαίτερα η εισαγωγή συνθετικών ινών και ινών υάλου έχουν αυξήσει σημαντικά το άνω όριο λειτουργίας των σακόφιλτρων στους περίπου 230- 260 °C. Ο βαθμός απόδοσης των σακόφιλτρων είναι στις περισσότερες περιπτώσεις πολύ υψηλός (>99,95%) και εξαρτάται κυρίως από το είδος του φίλτρου, την ταχύτητα φιλτραρίσματος, τη μέθοδο καθαρισμού και τον κύκλο καθαρισμού. Το ηλεκτρόφιλτρο χρησιμοποιεί ηλεκτρικές δυνάμεις για να «αιχμαλωτίσει» στερεά ή υγρά σωματίδια από ένα αέριο ρεύμα. Είναι διάταξη αποκονίωσης πολύ υψηλής απόδοσης και ένας βαθμός απόδοσης της τάξης του 99,9% ή και μεγαλύτερος είναι συνήθη μεταβλητή σχεδιασμού για τις περισσότερες εφαρμογές [10].

Σε όλες τις διεργασίες του εργοστασίου υπάρχουν σακόφιλτρα και ηλεκτρόφιλτρα, διαφορετικού μεγέθους και ισχύος, ανάλογα τα αέρια που επεξεργάζονται. Στην Εικόνα 5.5 φαίνεται το σακόφιλτρο που είναι εγκατεστημένο δίπλα σε έναν από τους δύο περιστρεφόμενους κλιβάνους του εργοστασίου Καμαρίου. Στους Πίνακες Β.3. και Β.4. του Παραρτήματος παρατίθενται όλες οι διατάξεις αποκονίωσης (ηλεκτρόφιλτρα και σακόφιλτρα) που χρησιμοποιούνται στο εργοστάσιο Καμαρίου.



Εικόνα 5.5 Σακόφιλτρο του ενός περιστρεφόμενου κλιβάνου του εργοστασίου Καμαρίου [39]

5.1.9. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ

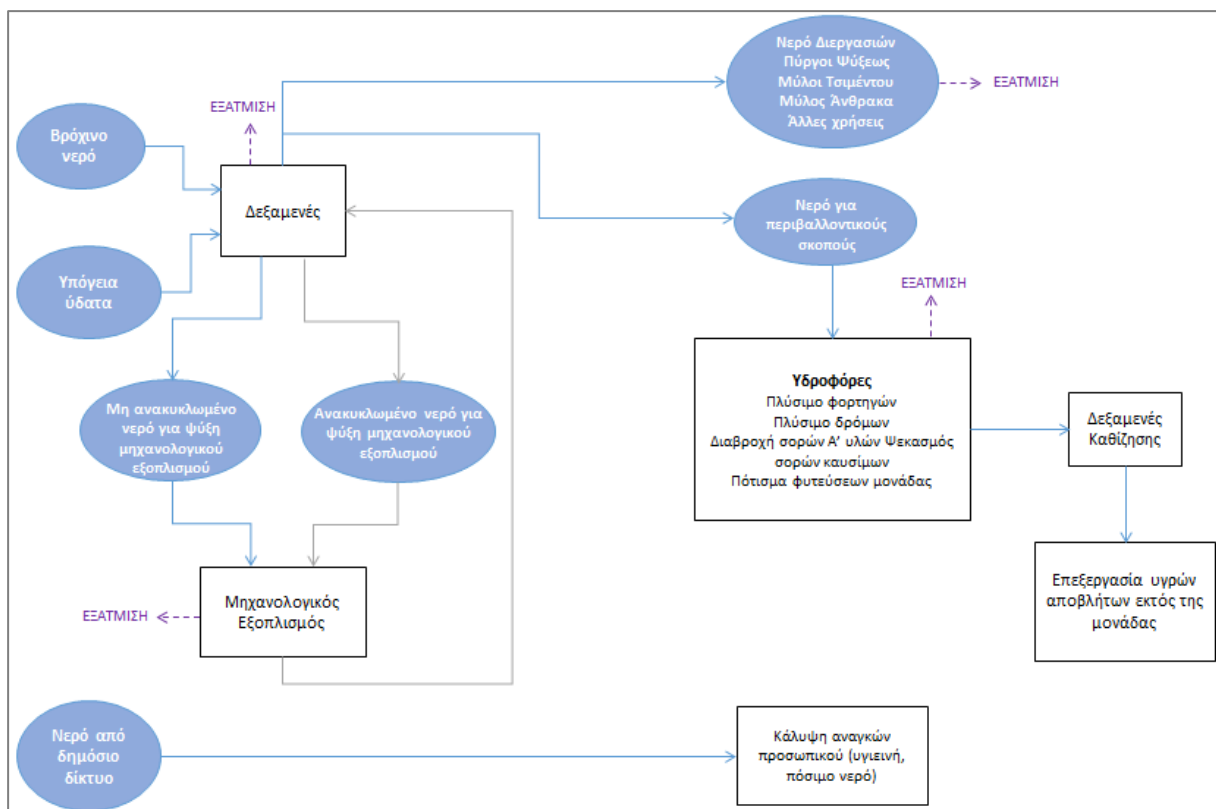
Στο τέλος της παραγωγικής διαδικασίας το παραγόμενο τσιμέντο αποθηκεύεται σε σιλό και στην συνέχεια διατίθεται στην αγορά είτε υπό μορφή χύμα (χύδην τσιμέντο) μέσω σιλοφόρων οχημάτων και πλοίων είτε σε σάκους (ενσακισμένο τσιμέντο) συσκευασμένους σε παλέτες [38]. Τα είδη του τσιμέντου μπορούν να διαφοροποιηθούν ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης του κλίνκερ με διάφορα πρόσθετα, το είδος των πρόσθετων αλλά και τις μηχανικές ιδιότητες που αναπτύσσονται. Παρακάτω παρουσιάζεται ο Πίνακας 5.1 με τους διάφορους τύπους τσιμέντου βάση του Ευρωπαϊκού προτύπου EN 197-1. Το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 197-1 αναφέρεται στην ενοποίηση των επιμέρους τύπων τσιμέντου που παράγονται στις διάφορες χώρες της Ευρώπης και σε αυτό προβλέπονται οι πέντε τύποι και οι πολλές υποδιαίρεσεις του τσιμέντου. Στο πρότυπο αυτό κάθε χώρα έχει συμπεριλάβει, εκτός του κλίνκερ, τα δικά της κύρια συστατικά, τα οποία είναι παραπροϊόντα βασικών βιομηχανικών δραστηριοτήτων της ή αποτελούν μέρος του ορυκτού της πλούτου και τα οποία «συνεργάζονται» με το τσιμέντο βελτιώνοντας κατά περίπτωση ορισμένες από τις ιδιότητές του [10].

Πίνακας 5.1 Τύποι τσιμέντου ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης κλίνκερ, βάση του ευρωπαϊκού προτύπου EN 197-1 [10]

Όνομα τσιμέντου		Τύπος τσιμέντου	% Ποσοστό αντικατάστασης Κλίνκερ
CEM I		Πορτλαντ	0-5
CEM II	A	Πορτλαντ – σκωρίας Πορτλαντ - πυριπικής παιπάλης Πορτλαντ - ποζολάνης	6-20
	B	Πόρτλαντ - ιπτάμενης τέφρας Πορτλαντ - σχιστόλιθου Πόρτλαντ - ασβεστολίθου Πόρτλαντ – σύνθετο	21-35
CEM III	A	Σκωρίας υψικαμίνου	36-65
	B		66-80
	C		81-95
CEM IV	A	Ποζολανικό τσιμέντο	11-35
	B		36-55
CEM V	A	Σύνθετο τσιμέντο	36-60
	B		62-80

5.2 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ

Στο παραγόμενο τσιμέντο δεν περιέχεται νερό ως πρώτη ύλη, εντούτοις στις βιομηχανίες τσιμέντου χρησιμοποιούνται σημαντικές ποσότητες νερού για διάφορους σκοπούς. Στο Σχήμα 5.3 παρουσιάζεται ενδεικτικά, για τη μονάδα παραγωγής τσιμέντου στο Καμάρι, η κατανομή νερού στις διάφορες διεργασίες, οι πηγές από τις οποίες προέρχεται όπως και η τελική διάθεσή του. Το χρησιμοποιούμενο νερό στην μονάδα προέρχεται από τις ιδιωτικές γεωτρήσεις της, το δημόσιο δίκτυο, και το βρόχινο νερό που συλλέγεται όλο το χρόνο σε ανοιχτές δεξαμενές στο εσωτερικό της. Στη συνέχεια, προορίζεται για τις ανάγκες ψύξης των διεργασιών παραγωγής τσιμέντου, την ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού, για περιβαλλοντικούς σκοπούς (εξάλειψη σκόνης) καθώς και για την κάλυψη των αναγκών του προσωπικού (υγιεινή, πόσιμο νερό). Μέρος των απορροών οδηγείται σε δεξαμενές καθίζησης και στην συνέχεια διατίθεται για περαιτέρω επεξεργασία εκτός της μονάδας, σε ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.



Σχήμα 5.3 Κατανομή νερού στο εργοστάσιο Καμαριού

Το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού νερού διεργασιών οδηγείται στους πύργους ψύξης (60% νερού διεργασιών) για την ψύξη των απαερίων των κλιβάνων. Αυτό συμβαίνει διότι οι απαιτήσεις για την ψύξη των απαερίων είναι πολύ υψηλές των κλιβάνου, καθώς αέρια εξέρχονται από τους κλιβάνους στους 1400-1500 °C και πρέπει να ψυχθούν στους 110-120 °C, που είναι το θερμοκρασιακό όριο αντοχής των σακόφιλτρων. Τα σακόφιλτρα από τα οποία διέρχονται τα εξερχόμενα αέρια των περιστρεφόμενων κλιβάνων και των ψυκτών κλίνκερ ψεκάζονται επιπλέον με νερό για την περαιτέρω ψύξη τους για να μην καταστραφούν οι μεμβράνες των φίλτρων. Στους μύλους τσιμέντου πραγματοποιείται ψεκασμός με το 20% του νερού διεργασιών, με σκοπό την διατήρηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό τους εντός των επιτρεπτών ορίων (85-115 °C), προκειμένου να αποτραπεί η υποβάθμιση της ποιότητας του τσιμέντου. Το 10% του νερού διεργασιών ψεκάζεται στον μύλο άλεσης άνθρακα, για ανάγκες ψύξης. Ο αλεσμένος άνθρακας χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη στους περιστρεφόμενους κλιβάνους. Το υπόλοιπο 10% του νερού διεργασιών χρησιμοποιείται για βίαη ψύξη όπου χρειάζεται. Η βίαη ψύξη εφαρμόζεται για λόγους ασφαλείας σε περιπτώσεις που πραγματοποιείται αύξηση της θερμοκρασίας και τα υπάρχοντα συστήματα δεν αρκούν για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Για παράδειγμα, τους θερινούς μήνες που η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι υψηλότερη, μπορεί να δημιουργηθούν μικρές εστίες φωτιάς στους σωρούς καυσίμων, οι οποίες ψεκάζονται άμεσα με νερό. Επίσης μερικές φορές δεν ικανοποιούνται οι ανάγκες ψύξης του κλίνκερ με την χρήση ανεμιστήρων, οπότε είναι αναγκαία η προσθήκη νερού.

Στην ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού του εργοστασίου χρησιμοποιείται νερό από τις ανοιχτές δεξαμενές, το οποίο μέσω κλειστού κυκλώματος ψύξης οδηγείται στον εξοπλισμό και στην συνέχεια επιστρέφει ξανά στις δεξαμενές. Για την συντήρηση και γρήγορη ψύξη της επιφάνειας του μύλου τσιμέντου ή του κλιβάνου (σε σημεία (spots) υπερθέρμανσης)

χρησιμοποιείται νερό ψύξης, το οποίο δεν δύναται να ανακυκλωθεί, καθώς λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται, όλη η ποσότητα του νερού εξατμίζεται. Σε άλλα εργοστάσια του ίδιου Ομίλου που βρίσκονται κοντά στην θάλασσα, το θαλασσινό νερό περνάει από διεργασίες αφαλάτωσης και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού. Στο εργοστάσιο Καμαρίου αυτό είναι ανέφικτο, καθώς απέχει αρκετά από την θάλασσα.

Το νερό που χρησιμοποιείται για περιβαλλοντικούς σκοπούς, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.3, αφορά κυρίως την εξάλειψη σκόνης στη μονάδα και ένα μέρος της ποσότητάς του προορίζεται για πότισμα των φυτεύσεων της μονάδας. Στις βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου, εξαιτίας των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται και της φύσης των διεργασιών παραγωγής, εκλύονται μεγάλες ποσότητες σκόνης. Με στόχο τον περιορισμό της εξάπλωσης σκόνης σύμφωνα με τις επιβαλλόμενες περιβαλλοντικές προδιαγραφές, και τη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους εντός της μονάδας του Καμαρίου στην προβλεπόμενη τιμή, υπάρχουν παντού διατάξεις αποκονίωσης (κυρίως σακόφιλτρα) και υδροφόρες οι οποίες ψεκάζουν με νερό τα σιλό, τους δρόμους, τα μηχανήματα, τις σωρούς ψιλόκοκκων πρώτων υλών και καυσίμων και όπου αλλού κρίνεται απαραίτητο. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα είδη των διατάξεων αποκονίωσης εντός του εργοστασίου βρίσκονται στους Πίνακες Β.3. και Β.4. του Παραρτήματος.

Το νερό απορροής από τα πλυσίματα των δρόμων της μονάδας συλλέγεται και οδηγείται σε δεξαμενές καθίζησης. Εκεί τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), που αποτελούν τον κύριο ρύπο των απορροών, βυθίζονται στον πυθμένα και το υπερκείμενο υγρό απομακρύνεται και οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία εκτός της μονάδας. Τέλος, υπάρχει μια μικρή ποσότητα νερού που χάνεται εντός της μονάδας είτε λόγω φαινομένων υπερπίεσης που μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στο δίκτυο νερού είτε λόγω εξάτμισης στις ανοιχτές δεξαμενές. Συγκεκριμένα, στα μπεκ νερού των μύλων τσιμέντου δεν πραγματοποιείται μερικές φορές σωστή εκνέφωση και έτσι δημιουργούνται συσσωματώματα που μπορούν να προκαλέσουν φαινόμενα υπερπίεσης και θραύση των σωλήνων. Με σκοπό να γίνει μια σύγκριση των ειδικών καταναλώσεων νερού στις διάφορες διεργασίες, μεταξύ της μονάδας Καμαρίου και άλλων βιομηχανιών τσιμέντου, καταστρώθηκε ο Πίνακας 5.2. Στο εργοστάσιο Καμαρίου οι τιμές δεν αφορούν ένα μόνο έτος, αλλά λήφθηκε ο μέσος όρος των τιμών για τα έτη 2017, 2018 και 2019 με την παραδοχή ότι είχαν την ίδια παραγωγικότητα. Η τιμή της παραγωγικότητας του εργοστασίου λήφθηκε από το τεύχος του περιοδικού «TITANES» του Ομίλου TITAN, που δημοσιεύτηκε το Ιούνιο του 2016 [39]. Τα δεδομένα καταναλώσεων νερού για άλλες τσιμεντοβιομηχανίες βιομηχανίες αντλήθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία και υπολογίστηκε ο μέσος όρος εκείνων που θεωρήθηκε πως είναι συγκρίσιμα με τις τιμές της Μονάδας Καμαρίου. Όλα τα δεδομένα που παρουσιάζονται αφορούν την κατανάλωση νερού για απλό τσιμέντο τύπου Portland. Να σημειωθεί πως η διαθεσιμότητα των δεδομένων ήταν περιορισμένη καθώς η παρουσίαση δεδομένων που αφορούν τις καταναλώσεις νερού σε βιομηχανίες τσιμέντου βρίσκεται ακόμη σε πρωταρχικό στάδιο. Ωστόσο, είναι ικανοποιητικά για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί μια ενδεικτική σύγκριση με την μονάδα που μελετάται.

Πίνακας 5.2 Ειδική κατανάλωση νερού των διαφόρων διεργασιών στο εργοστάσιο Καμαρίου και σε άλλες βιομηχανίες

Ειδική κατανάλωση (L/kg τσιμέντου)	Εργοστάσιο Καμαρίου	Διεθνής Βιβλιογραφία	Πηγές
Ψύξη μηχανολογικού εξοπλισμού	0,1001	0,4282	[46], [4], [33]
Περιβαλλοντικούς σκοπούς	0,0238	0,0518	[33], [47]
Πύργος ψύξεως	0,0795	0,1129	[48], [49], [4], [20], [33]
Ψύξη κλίνκερ	0,0071	0,1956	[5], [50]
Άλεση τσιμέντου	0,0265	0,0505	[10], [20]
Ψύξη εξ επαφής	0,1131	0,0820	[33]
Παραγωγή υγρών αποβλήτων	0,0012	0,0334	[23], [6]
Συνολική ειδική κατανάλωση	0,2671	0,2647	

- Δεδομένα που αφορούσαν υγρές ή ημίξηρες μεθόδους παραγωγής κλίνκερ απορρίφθηκαν, καθώς στο εργοστάσιο Καμαρίου εφαρμόζεται η μέθοδος παραγωγής κλίνκερ με προασβεστοποιητή.
- Κάποια από τα δεδομένα δίνονταν ανά kg κλίνκερ, οπότε ήταν απαραίτητη η μετατροπή ανά kg τσιμέντου ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις. Με βάση το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 197-1 το ποσοστό αντικατάστασης κλίνκερ στο απλό τσιμέντο τύπου Portland κυμαίνεται από 0-5%. Εάν ληφθεί μια μέση τιμή 2,5% τότε η αναλογία κλίνκερ /τσιμέντου θα είναι: 0,975 kg clinker/kg cement. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή αυτή με τα δεδομένα κατανάλωσης νερού που δίνονται ανά kg κλίνκερ προκύπτει η αντίστοιχη ανά kg τσιμέντο [51].

Στο εργοστάσιο Καμαρίου οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού καταναλώνονται στην ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού και στους πύργους ψύξης. Σημαντικές είναι επίσης οι ποσότητες που καταναλώνονται στους μύλους τσιμέντου για την ρύθμιση της θερμοκρασίας εντός των μύλων, ενώ για τον μύλο άνθρακα, τη βίαη ψύξη κτλ τα ποσά είναι αρκετά μικρότερα. Στη διεθνή βιβλιογραφία οι μεγαλύτερες ειδικές καταναλώσεις αφορούν την ψύξη μηχανολογικού εξοπλισμού, την ψύξη των απαερίων στους πύργους ψύξης και την ψύξη του κλίνκερ. Η ψύξη εξ επαφής αφορά το νερό που καταναλώνεται στους πύργους ψύξης, στην ψύξη κλίνκερ και στην άλεση τσιμέντου και παρουσιάζεται ξεχωριστά για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η σύγκριση.

- Όλες οι τιμές του εργοστασίου Καμαρίου είναι μικρότερες από εκείνες της διεθνούς βιβλιογραφίας, με εξαίρεση εκείνης της ψύξης εξ επαφής.
- Η ειδική κατανάλωση για την ψύξη του κλίνκερ είναι πολύ μικρότερη στη μονάδα Καμαρίου (δύο τάξεις μεγέθους) και αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι η κύρια μέθοδος ψύξης του κλίνκερ (ψύξη μέσω κινούμενης έσχαρας) στο εργοστάσιο είναι με αέρα, ενώ το νερό χρησιμοποιείται σε ειδικές περιπτώσεις, που οι κύρια μέθοδος ψύξης δεν επαρκεί. Η τιμή της βιβλιογραφίας είναι μεγαλύτερη διότι ενδεχομένως να χρησιμοποιείται μέθοδος ψύξης του κλίνκερ με ψύκτες πλανητικού τύπου που χρησιμοποιούν νερό ως μέσο ψύξης.
- Η παραγωγή υγρών αποβλήτων στο εργοστάσιο είναι κατά μία τάξη μεγέθους μικρότερη από τα δεδομένα της βιβλιογραφίας. Το γεγονός αυτό μπορεί να σχετίζεται

με την χρήση υγρής πλυντρίδας στις βιομηχανίες της βιβλιογραφίας, μια διεργασία που παράγει υγρά απόβλητα

- Οι συνολικές ειδικές καταναλώσεις είναι σχεδόν ίδιες για το εργοστάσιο Καμαρίου και τα δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Όλα τα δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας βρίσκονται στον συγκεντρωτικό Πίνακα Β.5 του Παραρτήματος.

Τα διαθέσιμα δεδομένα για το εργοστάσιο Καμαρίου αφορούν τα έτη 2016-2019 επομένως για τον υπολογισμό του μέσο όρου των τιμών της διεθνούς βιβλιογραφίας λήφθηκαν υπόψη μόνο εκείνες που πραγματοποιήθηκαν από το 2014 και μετά.

Όλα τα δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας για τις συνολικές καταναλώσεις νερού βρίσκονται στον συγκεντρωτικό Πίνακα Β.5. του Παραρτήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου Καμαρίου θα βασιστεί στην μέθοδο Gerbens- Leenes & Hoekstra [35], που παρουσιάστηκε στο Υποκεφάλαιο 5.4.1. Η μέθοδος αποτελείται από τα εξής βήματα:

- Βήμα 1^ο : Καθορισμός των μονάδων της βιομηχανίας
- Βήμα 2^ο: Υπολογισμός του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της κάθε μονάδας
- Βήμα 3^ο : Υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος της εφοδιαστικής αλυσίδας
- Βήμα 4^ο : Υπολογισμός συνολικού υδατικού αποτυπώματος
- Βήμα 5^ο : Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος των προϊόντων ανά μονάδα της βιομηχανίας
- Βήμα 6^ο : Υπολογισμός του συνολικού υδατικού αποτυπώματος της βιομηχανίας

Στην παρούσα εργασία θα υπολογιστεί μόνο το λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα της βιομηχανίας. Ο υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος της εφοδιαστικής της αλυσίδας συνοδεύεται από εκτενή ανάλυση, αφού πρέπει να βρεθούν τα υδατικά αποτυπώματα όλων των πρώτων υλών που χρησιμοποιεί η βιομηχανία –συμβατικών και εναλλακτικών – καθώς και τα υδατικά αποτυπώματα των συμβατικών και εναλλακτικών καυσίμων της.

Η παραγωγική διαδικασία τσιμέντου παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 5 και αποτελείται από διεργασίες που βρίσκονται σε σειρά, δηλαδή η έξοδος της μιας διεργασίας αποτελεί είσοδο για την επόμενη. Οπότε το εργοστάσιο έχει ένα τελικό προϊόν: το τσιμέντο. Συγκεκριμένα παράγει δύο τύπους και κατά επέκταση δύο προϊόντα τσιμέντου:

- Απλό τσιμέντο Portland τύπου CEM I 42,5
- Σύνθετο τσιμέντο τύπου CEM II 32,5

Τα διαθέσιμα δεδομένα κατανάλωσης νερού του εργοστασίου αφορούν την κατανάλωση νερού για τη συνολική παραγωγική διαδικασία και των δύο προϊόντων. Επομένως οι υπολογισμοί του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος που θα ακολουθήσουν πραγματοποιούνται για το συνολικά παραγόμενο τσιμέντο του εργοστασίου (απλό και σύνθετο).

Έτσι η μέθοδος υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος στην παρούσα εργασία αναδιαμορφώνεται στα εξής βήματα:

1. Καθορισμός των μονάδων της βιομηχανίας
2. Υπολογισμός του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος των μονάδων της βιομηχανίας
3. Υπολογισμός συνολικού λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της βιομηχανίας

Τα δεδομένα της προέλευσης, χρήσης και εκροής του νερού στην μονάδα Καμαρίου αφορούν τα έτη 2016, 2017, 2018 και 2019 και παραχωρήθηκαν από την Α.Ε Τσιμέντων «TITAN». Ο τρόπος ανάλυσης, επεξεργασίας και παρουσίασής τους είναι σύμφωνος με τον οδηγό της Παγκόσμιας Ένωσης Σκυροδέματος και Τσιμέντου (Global Cement and Concrete Association) για την παρακολούθηση και αναφορά του νερού στις βιομηχανίες τσιμέντου [52].

6.1. ΒΗΜΑ 1^ο: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Στο βήμα αυτό καθορίζονται οι μονάδες της βιομηχανίας έτσι ώστε κάθε μια να παράγει ένα ομοιογενές προϊόν. Στην περίπτωση του εργοστασίου Καμαρίου οι μονάδες θα οριστούν με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα κατανάλωσης νερού που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 5 έτσι ώστε κάθε ροή νερού που προορίζεται για χρήση στην βιομηχανία, να οδηγείται σε μία ή περισσότερες μονάδες. Στο Σχήμα 6.1 παρουσιάζεται το σύστημα που μελετάται (εντός της διακεκομμένης γραμμής), οι μονάδες του συστήματος (εντός και εκτός της παραγωγικής διαδικασίας), οι ροές και οι ποσότητες νερού, οι ροές πρώτων υλών, οι ροές του άνθρακα που χρησιμοποιείται ως καύσιμο κατά τη διεργασία της έψησης και οι εκροές των υγρών αποβλήτων. Όλες οι συνολικές ποσότητες των ροών νερού του Σχήματος 6.1, είναι γνωστές. Οι μονάδες του εργοστασίου που βρίσκονται εντός της παραγωγικής διαδικασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1 και οι μονάδες που βρίσκονται εκτός παραγωγικής διαδικασίας στον Πίνακα 6.2 όπου καταγράφεται και η ονομασία τους για τη διευκόλυνση των υπολογισμών. Ο μύλος του άνθρακα βρίσκεται στην μονάδα άνθρακα του εργοστασίου, δεν ανήκει στην παραγωγική διαδικασία, και παράγει αλεσμένο άνθρακα που χρησιμοποιείται ως καύσιμο στους καυστήρες των κλιβάνων. Για το λόγο αυτό ενώνεται με την μονάδα της έψησης μέσω της ροής καυσίμου. Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 5, το εργοστάσιο διαθέτει δύο γραμμές παραγωγής που λειτουργούν παράλληλα. Επομένως, οι μονάδες του εργοστασίου αφορούν και τις δύο γραμμές παραγωγής, και ορίζονται με βάση τον ρόλο τους και όχι τον μεμονωμένο εξοπλισμό του εργοστασίου. Για παράδειγμα, ορίζεται η μονάδα «Άλεση τσιμέντου», η οποία εμπεριέχει όλους τους μύλους άλεσης τσιμέντου και των δύο γραμμών παραγωγής και όχι κάποιο συγκεκριμένο μύλο τσιμέντου. Επίσης, να σημειωθεί πως οι θέσεις των μονάδων όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 6.1 δεν συμπίπτουν με τις πραγματικές τους θέσεις στον χώρο. Οι εισερχόμενες ροές νερού στο σύστημα επεξηγούνται στον Πίνακα 6.3, οι ροές νερού που προορίζονται για χρήση στις μονάδες του εργοστασίου επεξηγούνται στον Πίνακα 6.4 και οι ροές των παραγόμενων υγρών αποβλήτων επεξηγούνται στον Πίνακα 6.5.

Πίνακας 6.1 Μονάδες εντός παραγωγικής διαδικασίας εργοστασίου

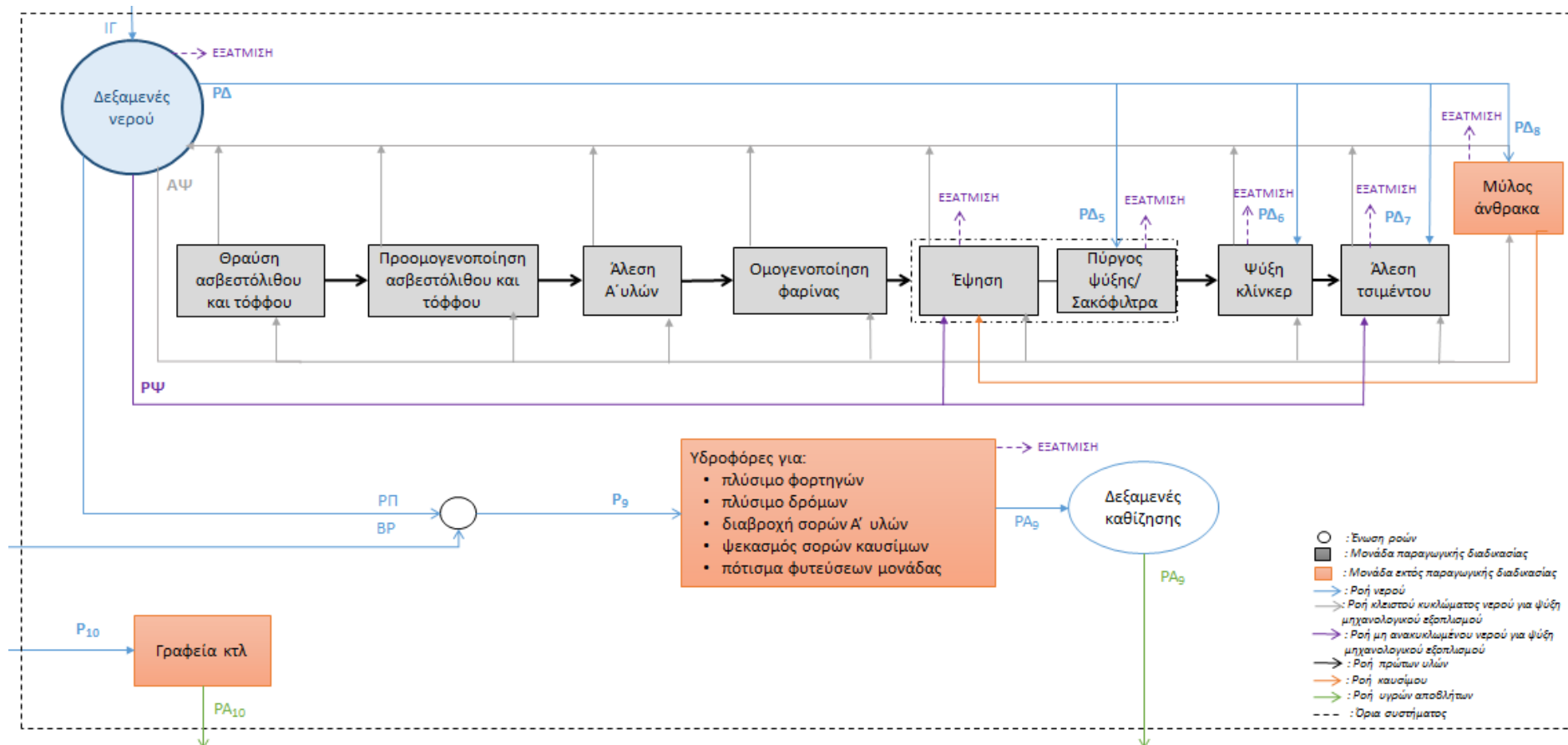
Μονάδα	Όνομα
Θραύση ασβεστόλιθου και τόφφου	M[1]
Προομογενοποίηση ασβεστόλιθου και τόφφου	M[2]
Άλεση πρώτων υλών	M[3]
Ομογενοποίηση φαρίνας	M[4]
Έψηση-Πύργος ψύξης/σακόφιλτρα	M[5]
Ψύξη κλίνκερ	M[6]
Άλεση τσιμέντου	M[7]

Πίνακας 6.2 Μονάδες εκτός παραγωγικής διαδικασίας εργοστασίου

Μονάδα	Όνομα
Μύλος άνθρακα	M[8]
Υδροφόρες για πλύσιμο φορτηγών, πλύσιμο δρόμων, διαβροχή σορών Α' υλών, ψεκασμός σορών καυσίμων, πότισμα φυτεύσεων μονάδας	M[9]
Γραφεία, καντίνες κτλ	M[10]

Πίνακας 6.3 Εισερχόμενες ροές νερού στο σύστημα

Όνομα ροής (εκφρασμένη σε m ³ /έτος)	Επεξήγηση
ΙΓ	Νερό ιδιωτικής γεώτρησης εργοστασίου
P ₁₀	Νερό δημοσίου δικτύου
BP	Βρόχινο νερό, προορίζεται για περιβαλλοντικούς σκοπούς



Σχήμα 6.1 Διάγραμμα ροής νερού και μονάδες του εργοστασίου

Πίνακας 6.4 Ροές νερού που προορίζονται για χρήση στις μονάδες του εργοστασίου

Όνομα ροής (εκφρασμένη σε m ³ /έτος)	Επεξήγηση
PΔ	Συνολικό νερό διεργασιών
PΔ₅	Νερό διεργασιών προς πύργους ψύξεως, στάδιο έψησης
PΔ₆	Νερό διεργασιών για ψύξη κλίνκερ
PΔ₇	Νερό διεργασιών για άλεση τσιμέντου
PΔ₈	Νερό διεργασιών προς μύλο άνθρακα
PΨ	Νερό για ψύξη μηχανολογικού εξοπλισμού
AΨ	Ανακυκλωμένο νερό για ψύξη μηχανολογικού εξοπλισμού
PΠ	Νερό για περιβαλλοντικούς σκοπούς από δεξαμενές νερού
P₉	Συνολικό νερό για περιβαλλοντικούς σκοπούς
P₁₀	Νερό δημοσίου δικτύου

Πίνακας 6.5 Ροές παραγόμενων υγρών αποβλήτων

Όνομα ροής (εκφρασμένη σε m ³ /έτος)	Επεξήγηση
PA₉	Απορροές από πλυσίματα και ψεκασμούς υδροφόρων
PA₁₀	Παραγόμενα υγρά απόβλητα από γραφεία, κτλ

Στο σύστημα που ορίστηκε εισέρχονται: η αντλούμενη ποσότητα του υπόγειου νερού από την ιδιωτική γεώτρηση του εργοστασίου (ΙΓ), το βρόχινο νερό που συλλέγεται στις ανοιχτές δεξαμενές (BP) και το νερό από το δημόσιο δίκτυο (P₁₀). Οι εισερχόμενες ποσότητες στην συνέχεια οδηγούνται στις διάφορες μονάδες του εργοστασίου (Πίνακας 6.3). Όλη η ποσότητα νερού που καταναλώνεται στις μονάδες της παραγωγικής διαδικασίας και στο μύλο άνθρακα εξατμίζεται. Η μοναδική εξερχόμενη ποσότητα νερού από το σύστημα είναι η ροή των απορροών από τα πλυσίματα και τους ψεκασμούς των υδροφόρων (PA₉), αφότου πρώτα διέλθουν από δεξαμενές καθίζησης. Στην συνέχεια η ποσότητα PA₉ οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία εκτός του εργοστασίου. Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα από τα γραφεία επεξεργάζονται εντός του εργοστασίου.

Η μονάδα M[5] περιλαμβάνει την προθέρμανση της φαρίνας, τη διεργασία τη έψησης στους περιστρεφόμενους κλιβάνους και τον πύργο ψύξης με τα σακόφιλτρα, αφού αποτελεί συμπληρωματική διεργασία για την ψύξη και αποκονίωση των απαερίων του κλιβάνου. Η ροή νερού διεργασιών, PΔ, χωρίζεται στη ροή PΔ₅ που οδηγείται στη μονάδα M[5] της έψησης-πύργου ψύξης/σακόφιλτρα, στη ροή PΔ₆ που οδηγείται στη μονάδα M[6] της ψύξης του κλίνκερ, στη ροή PΔ₇ που οδηγείται στη μονάδα M[7] της άλεσης τσιμέντου και στη ροή PΔ₈ που οδηγείται στη μονάδα M[8] του μύλου άνθρακα. Οι παραπάνω ποσότητες νερού έχουν στόχο την ψύξη των διεργασιών στις οποίες οδηγούνται και εξατμίζονται απευθείας. Η κατανομή του νερού διεργασιών στις παραπάνω μονάδες βρίσκεται στον Πίνακα 6.6. Στη μονάδα της άλεσης τσιμέντου, M[7], και στους περιστρεφόμενους κλιβάνους που ανήκουν στη μονάδα της έψησης, M[5], προστίθεται και μη ανακυκλωμένο νερό για την ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού, PΨ.

Επίσης, στο Σχήμα 6.1 φαίνεται και η ένωση των ροών του βρόχινου νερού, BP, και της ποσότητας ΡΠ που δίνουν την ροή ποσότητα P₉, η οποία εισάγεται στην μονάδα M[9], δηλαδή οδηγείται στις υδροφόρες για το πλύσιμο φορτηγών, των δρόμων, τη διαβροχή των σορών πρώτων υλών, το ψεκάσμο των σορών καυσίμων και το πότισμα των φυτεύσεων της μονάδας Τέλος, υπάρχει μια ποσότητα απωλειών νερού, ΑΠ, που οφείλεται σε αστοχίες του δικτύου νερού και σε φαινόμενα εξάτμισης στις διάφορες διεργασίες.

Πίνακας 6.6 Κατανομή νερού διεργασιών στις επιμέρους μονάδες

Μονάδα	Κατανομή νερού διεργασιών
M[5]: Έψηση- Πύργος ψύξης/σακόφιλτρα	60%
M[6]: Ψύξη κλίνκερ	10%
M[7]: Άλεση τσιμέντου	20%
M[8]: Μύλος άνθρακα	10%

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 6.1, υπάρχει ένα κλειστό κύκλωμα ανακυκλωμένου νερού το οποίο χρησιμοποιείται για την ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού, συνολικής κατανάλωσης ΑΨ. Οι μονάδες που χρησιμοποιούν ανακυκλωμένο νερό για την ψύξη του εξοπλισμού τους είναι οι M[1], M[2], M[3], M[4], M[5] (στους πύργους ψύξης και στα σακόφιλτρα δεν γίνεται ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού), M[6], M[7] και M[8].

Στον Πίνακα 6.7 παρουσιάζονται οι πηγές των ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιούνται στις μονάδες του εργοστασίου που ορίστηκαν παραπάνω, η παραγωγή υγρών αποβλήτων από αυτές καθώς και η χρήση ανακυκλωμένου νερού για την ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού. Η κατανομή των παραπάνω ποσοτήτων στις διάφορες μονάδες του εργοστασίου απεικονίζεται στο Σχήμα 6.1. Σύμφωνα με τους Gerbens-Leenes & Hoekstra [35], το ανακυκλωμένο νερό, ΑΨ, δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος.

Πίνακας 6.7 Πηγές νερού, παραγόμενα υγρά απόβλητα και χρήση ανακυκλωμένου νερού για ψύξη του εξοπλισμού στις μονάδες του εργοστασίου

Μονάδα/ Ροή νερού	Νερό ιδιωτικής γεώτρησης, ΙΓ	Νερό δημοσίου δικτύου, Ρ ₉	Βρόχινο νερό, ΒΡ	Υγρά απόβλητα	Ανακυκλωμένο νερό για ψύξη μηχανολογικού εξοπλισμού, ΑΨ
M[1] Θραύση ασβεστόλιθου και τόφου					×
M[2] Προομογενοποίηση ασβεστόλιθου και τόφου					×
M[3] Άλεση πρώτων υλών					×
M[4] Ομογενοποίηση φαρίνας					×
M[5] Έψηση- Πύργος ψύξης/ σακόφιλτρα	×				×
M[6] Ψύξη κλίνκερ	×				×
M[7] Άλεση τσιμέντου	×				×
M[8] Μύλος άνθρακα	×				×
M[9] Υδροφόρες	×		×	×	
M[10] Γραφεία		×		×	

6.2 ΒΗΜΑ 2^ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Ο υπολογισμός των επιμέρους λειτουργικών αποτυπωμάτων έχει στόχο την εύρεση της συνεισφοράς της κάθε μονάδας στο συνολικό λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα του εργοστασίου. Γενικά το λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα μιας μονάδας με βάση τους Gerbens-Leenes & Hoekstra [35], απαρτίζεται από την μπλε, την πράσινη και την γκρι συνιστώσα. Στην παρούσα εργασία η μπλε συνιστώσα αφορά το υπόγειο νερό της ιδιωτικής γεώτρησης, ΙΓ, και το νερό του δημοσίου δικτύου, Ρ₉. Η πράσινη συνιστώσα στην προκειμένη περίπτωση αφορά μόνο το βρόχινο νερό, ΒΡ, που συλλέγεται εντός του εργοστασίου και η γκρι συνιστώσα τα υγρά απόβλητα που παράγονται από τις μονάδες του εργοστασίου.

Σε αυτό το Υποκεφάλαιο θα υπολογιστούν τα λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα των μονάδων του εργοστασίου. Η μπλε συνιστώσα κάθε μονάδας i θα συμβολιστεί με $BWF_{o,blue}[i]$, η πράσινη συνιστώσα με $BWF_{o,green}[i]$ και η γκρι συνιστώσα με $BWF_{o,greys}[i]$. Τα δεδομένα για τις πηγές νερού των μονάδων του εργοστασίου καθώς και των παραγόμενων υγρών αποβλήτων αντλούνται από τον Πίνακα 6.7. Το νερό της ιδιωτικής γεώτρησης, ΙΓ, χωρίζεται στις ροές του νερού διεργασιών, ΡΔ, του νερού για ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού, ΡΨ, του νερού για

περιβαλλοντικούς σκοπούς, ΡΠ και των απωλειών νερού, ΑΠ (Σχήμα 6.1). Οι τιμές των ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιούνται στην μονάδα για τα έτη 2016-2019 βρίσκονται στον Πίνακα 6.8.

Πίνακας 6.8 Τιμές ποσοτήτων νερού ΙΓ, ΒΡ, ΡΔ, ΡΨ, ΡΠ, ΑΠ, Ρ10, ΑΨ για τα έτη 2016-2019

<i>Ροή νερού (m³)/ Έτος</i>	2019	2018	2017	2016
Νερό από ιδιωτική γεώτρηση εργοστασίου, ΙΓ	398078	431558	451669	397651
Βρόχινο νερό, ΒΡ	5000	5000	5000	5000
Συνολικό νερό διεργασιών, ΡΔ	329882	355509	348390	322966
Νερό για ψύξη μηχανολογικού εξοπλισμού, ΡΨ	15000	20000	20000	15000
Νερό για περιβαλλοντικούς σκοπούς, ΡΠ	50336	50336	70000	57640
Απώλειες νερού, ΑΠ	2860	5713	13279	2045
Ρ₁₀, νερό δημοσίου δικτύου	3146	1850	1850	1875
Ανακυκλωμένο νερό για ψύξη μηχανολογικού εξοπλισμού, ΑΨ	212619	237783	330000	295600

6.2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ M[1], M[2], M[3] ΚΑΙ M[4]

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.7 οι μονάδες M[1], M[2], M[3] και M[4] χρησιμοποιούν μόνο ανακυκλωμένο νερό οπότε θεωρείται πως έχουν μηδενικά λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα.

6.2.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ M[5], M[6], M[7] ΚΑΙ M[8]

Οι μονάδες M[5], M[6], M[7], M[8] όπως διακρίνεται από τον Πίνακα 6.7, έχουν μόνο μπλε συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος καθώς χρησιμοποιούν υπόγειο νερό αντλούμενο από την ιδιωτική γεώτρηση του εργοστασίου και δεν παράγουν υγρά απόβλητα. Στις παραπάνω μονάδες χρησιμοποιείται και ανακυκλωμένο νερό για την ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού και των συσκευών που, όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεν υπεισέρχεται στον υπολογισμό του λειτουργικού τους Υδατικού Αποτυπώματος. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.1 η ποσότητα του νερού διεργασιών, ΡΔ, οδηγείται στις μονάδες M[5], M[6], M[7], M[8] μέσω των ροών ΡΔ₅, ΡΔ₆, ΡΔ₇, ΡΔ₈ αντίστοιχα. Οπότε οι ποσότητες ΡΔ₅, ΡΔ₆, ΡΔ₇, ΡΔ₈ αποτελούν μέρος των μπλε συνιστωσών των λειτουργικών υδατικών αποτυπωμάτων των μονάδων M[5], M[6], M[7] και M[8] αντίστοιχα. Με βάση την κατανομή του νερού διεργασιών, ΡΔ στις επιμέρους μονάδες (Πίνακας 6.8) οι ροές ΡΔ₅, ΡΔ₆, ΡΔ₇, ΡΔ₈ είναι :

$$P_{\Delta_5} = 0,6 * P_{\Delta} \quad (12)$$

$$P_{\Delta_6} = 0,1 * P_{\Delta} \quad (13)$$

$$P_{\Delta_7} = 0,2 * P_{\Delta} \quad (14)$$

$$P_{\Delta_8} = 0,1 * P_{\Delta} \quad (15)$$

Αντικαθιστώντας την ποσότητα του ΡΔ για τα έτη 2016-2019 (Πίνακας 6.8) στις Εξισώσεις 12-15 προκύπτουν οι αντίστοιχες ροές ΡΔ₅, ΡΔ₆, ΡΔ₇, ΡΔ₈ για κάθε έτος, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.9.

Πίνακας 6.9 Ποσότητα ροών νερού ΡΔ₅, ΡΔ₆, ΡΔ₇, ΡΔ₈ για τα έτη 2016-2019

Ροή νερού (m ³)/ Έτος	2019	2018	2017	2016
Νερό διεργασιών προς πύργους ψύξεως, στάδιο έψησης, ΡΔ ₅	197929,2	213305,4	209034	193779,6
Νερό διεργασιών για ψύξη κλίνκερ, ΡΔ ₆	32988,2	35550,9	34839	32296,6
Νερό διεργασιών για άλεση τσιμέντου, ΡΔ ₇	65976,4	71101,8	69678	64593,2
Νερό διεργασιών προς μύλο άνθρακα, ΡΔ ₈	32988,2	35550,9	34839	32296,6

Στις μονάδες M[5] και M[7] προστίθεται επιπλέον ποσότητα νερού (μη ανακυκλωμένου) για την ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού (ΡΨ), οι τιμές της οποίας για τα έτη 2016-2019 βρίσκονται στον Πίνακα 6.8. Το μείγμα των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου δεν έχει πάντα σταθερή σύσταση. Αποτελείται από διάφορα

ανόργανα συστατικά με διαφορετικό θερμικό περιεχόμενο. Το γεγονός αυτό καθιστά δύσκολο τον έλεγχο των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στις διεργασίες, κυρίως στους κλιβάνους και στους μύλους άλεσης τσιμέντου, με αποτέλεσμα κάποιες φορές να μην επαρκούν τα υφιστάμενα συστήματα ψύξης και να απαιτείται ταχεία ψύξη του εξοπλισμού. Η ταχεία ψύξη επιτυγχάνεται με την προσθήκη ποσότητας νερού (μη ανακυκλωμένου νερού για ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού) σε σημεία υπερθέρμανσης στην επιφάνεια των περιστρεφόμενων κλιβάνων και των μύλων άλεσης τσιμέντου και η ποσότητα αυτή εξατμίζεται κατευθείαν. Η ποσότητα αυτή καταγράφεται συνολικά αλλά δεν υπάρχουν μετρητές για την καταγραφή της επιμέρους κατανάλωσης ξεχωριστά στις μονάδες M[5] και M[7]. Η εκτίμηση της κατανάλωσης νερού για ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού σε κάθε μονάδα είναι δύσκολο να προσδιοριστεί θεωρητικά ή υπολογιστικά, χωρίς να υπάρχουν επιτόπου μετρήσεις, καθώς είναι άγνωστα τα επιμέρους στοιχεία που απαρτίζουν τον μηχανολογικό εξοπλισμό κάθε συσκευής, οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται και οι πιθανές ανάγκες ψύξης κάθε συσκευής. Συνεπώς, οι υπολογισμοί για τα επιμέρους Υδατικά Αποτυπώματα θα πραγματοποιηθούν χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η ποσότητα νερού για ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Στη Βιομηχανία, μια ποσότητα νερού χάνεται (απώλειες), ΑΠ και προς το παρόν παραμένει άγνωστη η κατανομή της στις επιμέρους μονάδες του εργοστασίου. Πρόκειται για μια σημαντική ποσότητα, της οποίας ο εντοπισμός στα διάφορα σημεία και η ποσοτικοποίηση της είναι χρήσιμες για την κατανόηση της κατανάλωσης νερού εντός του εργοστασίου. Οι απώλειες νερού στο σύστημα, όπως έχει προαναφερθεί και στο Υποκεφάλαιο 5.2, μπορούν να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες όπως οι αστοχίες του δικτύου και σε φαινόμενα εξάτμισης. Οι αστοχίες του δικτύου, σαν παράγοντας δεν μπορούν να εκτιμηθούν, παρά μόνο με την τοποθέτηση περισσότερων μετρητών στο δίκτυο νερού. Τα φαινόμενα εξάτμισης είναι επίσης δύσκολο να μελετηθούν, ωστόσο παρακάτω προτείνεται μια μέθοδος εκτίμησής για την συγκεκριμένη βιομηχανία, βάσει των διαθέσιμων δεδομένων.

Τα διαθέσιμα δεδομένα για την κατανάλωση νερού του εργοστασίου είναι η συνολική ετήσια ποσότητα των απωλειών καθώς και οι ετήσιες ποσότητες που οδηγούνται στις διάφορες μονάδες, οι οποίες έχουν παρουσιαστεί παραπάνω. Επίσης είναι γνωστό πως στους μύλους άλεσης τσιμέντου μπορεί να υπάρχουν απώλειες νερού εξαιτίας αστοχιών των μπεκ νερού. Η ποσότητα των απωλειών, ΑΠ του εργοστασίου για τα έτη 2016-2019 βρίσκεται στον Πίνακα 6.8.

Στην προσπάθεια να κατανεμηθεί το ύψος των απωλειών νερού στις διεργασίες του εργοστασίου θα γίνει η παραδοχή πως οι απώλειες οφείλονται μόνο σε φαινόμενα εξάτμισης και εντοπίζονται στις διεργασίες που αναπτύσσονται θερμοκρασίες υψηλότερες των 150°C. Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις τέσσερις μονάδες του εργοστασίου που καταναλώνουν νερό διεργασιών, M[5], M[6], M[7], M[8] είναι:

- **Μονάδα M[5], στάδιο έψησης-πύργων ψύξης/σακόφιλτρων.** Στους περιστρεφόμενους κλιβάνους αναπτύσσονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες, της τάξεως των 1500°C. Στους πύργους ψύξης, οδηγούνται τα απευθείας τα θερμά απαέρια των κλιβάνων, που έχουν θερμοκρασία 400°C [18]. Επίσης οι πύργοι ψύξης έχουν την μεγαλύτερη κατανάλωση του νερού διεργασιών (Πίνακας 6.9).
- **Μονάδα M[6], ψύξη κλίνκερ.** Στους ψύκτες κλίνκερ τύπου εσχάρας, ο αέρας ψύξης αποκτά υψηλή θερμοκρασία (290°C) μετά την επαφή του με το θερμό κλίνκερ [49].

- **Μονάδα M[7], άλεση τσιμέντου.** Στους μύλους άλεσης τσιμέντου αναπτύσσονται θερμοκρασίες της τάξης των 270°C [49]. Επίσης είναι γνωστό πως υπάρχουν απώλειες στα μπεκ νερού των μύλων.
- **Μονάδα M[8], μύλος άνθρακα.** Στους μύλους άνθρακα οδηγούνται θερμά αέρια από τους περιστρεφόμενους κλιβάνους που έχουν θερμοκρασία 400°C [49].

Συμπερασματικά, υπάρχουν απώλειες στις μονάδες M[5], M[6], M[7], M[8] του εργοστασίου. Σχετικά με την κατανομή των απωλειών στις παραπάνω μονάδες θα γίνει μια δεύτερη παραδοχή: ο ορισμός της κατανομής του νερού απωλειών στις μονάδες θα είναι σύμφωνος με την αντίστοιχη κατανομή του νερού διεργασιών (Πίνακας 6.6). Έτσι προκύπτει ο Πίνακας 6.10 και οι εξατμιζόμενες ποσότητες νερού A_5, A_6, A_7, A_8 από τις μονάδες M[5], M[6], M[7], M[8] είναι:

$$A_5 = AP * 0,6 \quad (16)$$

$$A_6 = AP * 0,1 \quad (17)$$

$$A_7 = AP * 0,2 \quad (18)$$

$$A_8 = AP * 0,1 \quad (19)$$

Πίνακας 6.10 Κατανομή νερού απωλειών στις επιμέρους μονάδες

Μονάδα	Κατανομή απωλειών νερού
M[5]: Έψηση- Πύργος ψύξης/σακόφιλτρα	60%
M[6]: Ψύξη κλίνκερ	10%
M[7]: Άλεση τσιμέντου	20%
M[8]: Μύλος άνθρακα	10%

Οι τιμές των εξατμιζόμενων ποσοτήτων νερού απωλειών στις επιμέρους μονάδες για τα έτη 2016- 2017, προκύπτουν από την αντικατάσταση της αντίστοιχης ποσότητας ΑΠ στις Εξισώσεις 16-18 και παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.11. Οι μπλε συνιστώσες -και κατά επέκταση τα λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα αφού οι υπόλοιπες συνιστώσες είναι μηδενικές- των επιμέρους μονάδων $M[i], BWF_{o,blue}[i]$ θα είναι:

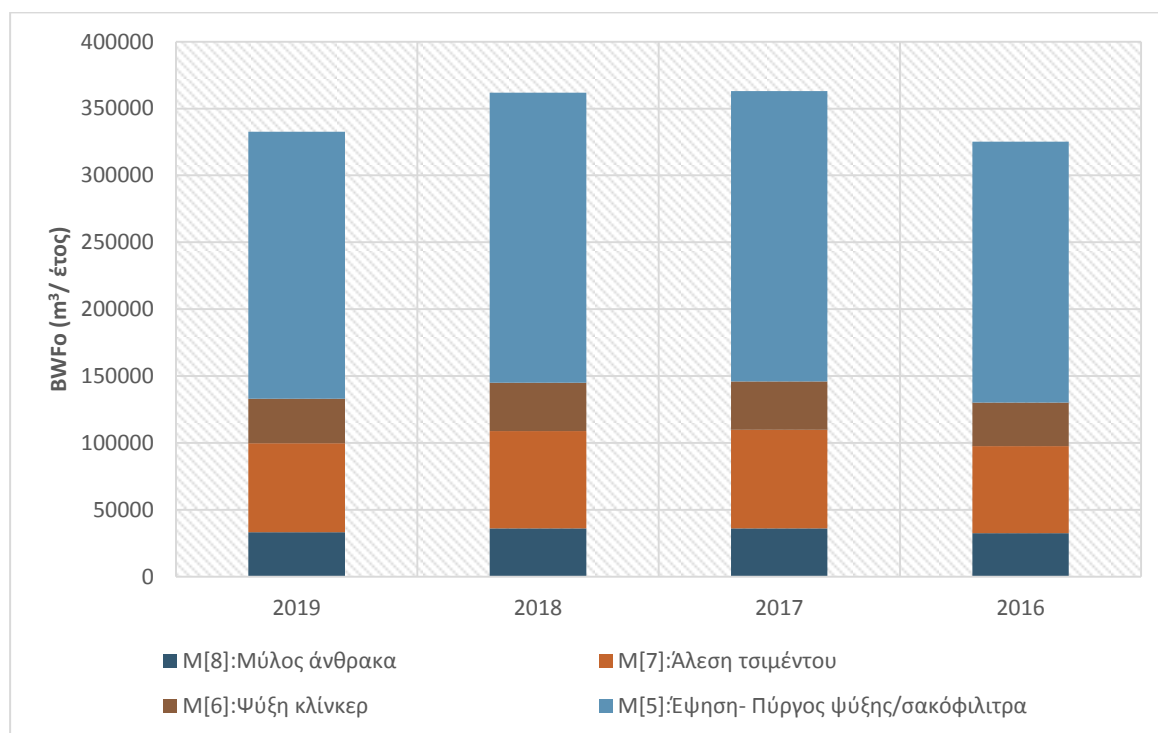
$$BWF_{o,blue}[i] = P\Delta_i + A_i, i = 5,6,7,8 \quad (20)$$

$$BWF_o[i] = BWF_{o,blue}[i], i = 5,6,7,8 \quad (21)$$

Πίνακας 6.11 Εξατμιζόμενες ποσότητες νερού απωλειών από τις επιμέρους μονάδες για τα έτη 2016-2019

Ροή νερού ($m^3/ Έτος$)	2019	2018	2017	2016
Εξατμιζόμενη ποσότητα από περιστρεφόμενους κλιβάνους, πύργους ψύξης/σακόφιλτρα, A_5	1716	3427,8	7967,4	1227
Εξατμιζόμενη ποσότητα από ψύξη κλίνκερ, A_6	572	1713,9	3983,7	613,5
Εξατμιζόμενη ποσότητα από άλεση τσιμέντου, A_7	286	571,3	1327,9	204,5
Εξατμιζόμενη ποσότητα από μύλο άνθρακα, A_8	286	571,3	1327,9	204,5

Οι τιμές των λειτουργικών υδατικών αποτυπωμάτων $BWF_o[5]$, $BWF_o[6]$, $BWF_o[7]$, $BWF_o[8]$ των μονάδων $M[5]$, $M[6]$, $M[7]$, $M[8]$ για τα έτη 2016-2019 θα υπολογιστούν με βάση τις Εξισώσεις 20 και 21 και τις αντίστοιχες τιμές των Πινάκων 6.9 και 6.11. Τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς παρουσιάζονται στο Γράφημα 6.1.



Γράφημα 6.1 Λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα μονάδων $M[5]$, $M[6]$, $M[7]$, $M[8]$ για τα έτη 2016-2019

6.2.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΜΟΝΑΔΑΣ $M[9]$

Η μονάδα $M[9]$, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.7, χρησιμοποιεί νερό που προέρχεται από υπόγεια ύδατα και βρόχινο νερό και παράγει υγρά απόβλητα. Επομένως έχει μπλε, πράσινη και γκρι συνιστώσα. Το μέρος του νερού της ιδιωτικής γεώτρησης που οδηγείται στη μονάδα $M[9]$ ταυτίζεται με την ποσότητα του νερού για περιβαλλοντικούς σκοπούς, ΡΠ (Σχήμα 6.1), οι τιμές της οποίας για τα έτη 2016-2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.8. Η μπλε συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας είναι:

$$BWF_{o,blue}[9] = PP \quad (22)$$

Όλη η ποσότητα του βρόχινου νερού, BP (Πίνακας 6.8.), οδηγείται στη μονάδα $M[9]$ (Σχήμα 6.1), οπότε η πράσινη συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας είναι:

$$BWF_{o,green}[9] = BP \quad (23)$$

Η γκρι συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας θα υπολογιστεί για το ρεύμα υγρών αποβλήτων PA_9 (απορροές από ψεκασμούς υδροφόρων και πλυσιμάτων), οι τιμές του οποίου για τα έτη 2016-2019 παρατίθενται στον Πίνακα 6.12. Οι υπολογισμοί θα γίνουν για ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα, καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με τις χρησιμοποιούμενες διατάξεις για την επεξεργασία τους. Ο κύριος ρύπος που περιέχεται στις απορροές από τις υδροφόρες και τα πλυσίματα (μονάδα $M[9]$) θεωρείται πως είναι τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS). Επομένως ο υπολογισμός της γκρι συνιστώσας του

λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας M[9] θα γίνει για ρύπο TSS στα υγρά απόβλητα.

Ο τύπος υπολογισμού της γκρι συνιστώσας του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας M[9], $BWF_{o,gray}[9]$, όπως αναφέρεται στο Υποκεφάλαιο 4.3. είναι:

$$BWF_{o,gray}[9] = \frac{PA_9 \times (C_{eff,TSS} - C_{nat,TSS})}{C_{max,TSS} - C_{nat,TSS}} \quad (24)$$

Όπου,

$C_{eff,TSS}$: συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) στις απορροές

$C_{max,TSS}$: το μέγιστο περιβαλλοντικό όριο συγκέντρωσης των TSS

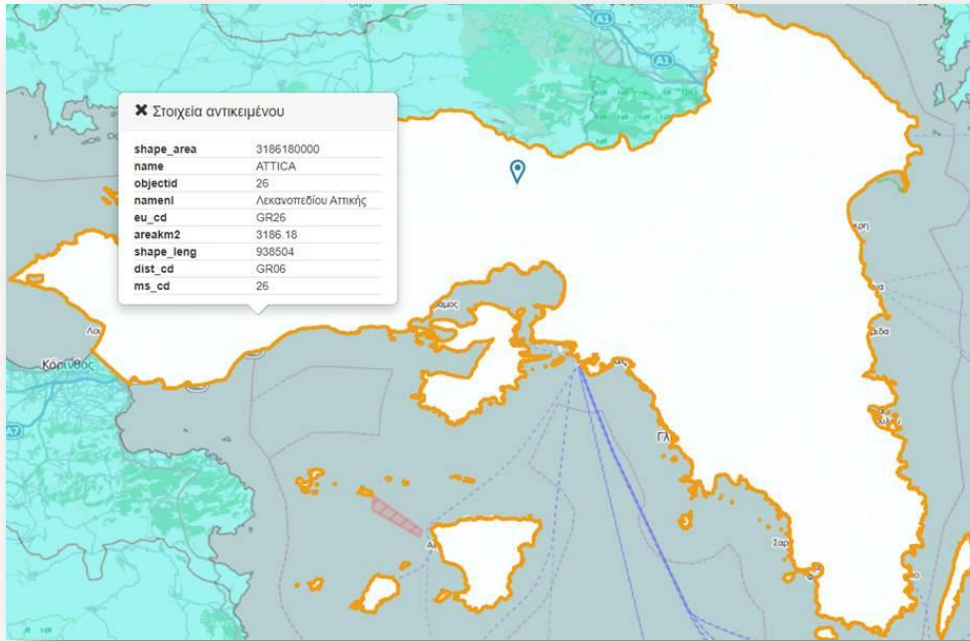
$C_{nat,TSS}$: η φυσική συγκέντρωση των TSS στο υδάτινο σώμα

Πίνακας 6.12 Τιμές ποσότητας PA9 για τα έτη 2016-2019

Ποσότητα Υγρών αποβλήτων ($m^3 / Έτος$)	2019	2018	2017	2016
PA9, απορροές μονάδας M[9]	1973	1404	1700	1791

Δεν υπάρχουν διαθέσιμες τιμές για τη συγκέντρωση των TSS στις απορροές του εργοστασίου Καμαρίου, $C_{eff,TSS}$, επομένως θα ληφθεί μια τυπική τιμή από την βιβλιογραφία. Οι Kumar & Thakur [53], στην έρευνά τους παρουσίασαν διάφορες τιμές TSS στα υγρά απόβλητα μιας βιομηχανίας παραγωγής τσιμέντου οι οποίες κυμαίνονται από 48 μέχρι 60 mg/L. Στον υπολογισμό της γκρι συνιστώσας για τη μονάδα M[9] θα χρησιμοποιηθεί μία μέση τιμή, δηλαδή 54 mg/L.

Στην Εικόνα 6.1 φαίνονται τα όρια της Λεκάνης Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) του Λεκανοπεδίου Αττικής, στο οποίο ανήκει το Καμάρι (τοποθεσία πινέζας) [54]. Τα μέγιστα περιβαλλοντικά όρια της συγκέντρωσής των TSS, $C_{max,TSS}$ σε βιομηχανικά υγρά απόβλητα ορίζονται στην σχετική νομοθεσία για τα όρια επεξεργασίας των αστικών λυμάτων (ΦΕΚ 192/Β), η οποία παρατίθεται στο Παράρτημα. Η φυσική συγκέντρωση των TSS, $C_{nat,TSS}$ στο υδάτινο σώμα, δηλαδή τη Λεκάνη Απορροής Ποταμού του Λεκανοπεδίου Αττικής ορίζεται στη νομοθεσία για τη διάθεση των λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων (Υγειονομική Διάταξη Ε1β 221/65) και είναι μηδενική.

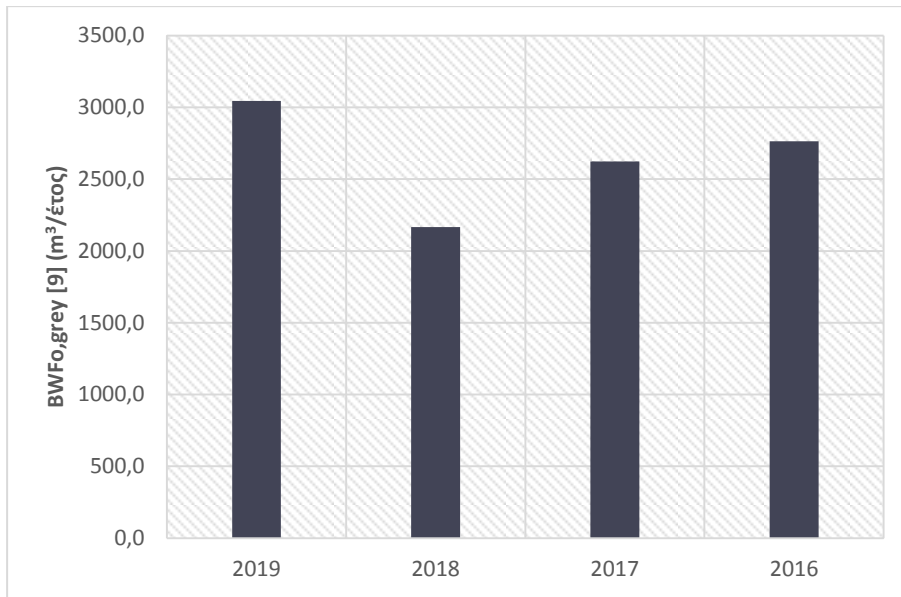


Εικόνα 6.1 Τοποθεσία εργοστασίου Καμαρίου στη Λεκάνη Απορροής του Λεκανοπεδίου Αττικής [54]

Οι τιμές των συγκεντρώσεων $C_{max,TSS}$ και $C_{effl,TSS}$ βρίσκονται στον Πίνακα 6.13. Η γκρι συνιστώσα της μονάδας $M[9]$, $BWF_{0,gray}[9]$ θα υπολογιστεί με βάση την Εξίσωση 24 για τις τιμές PA_9 του Πίνακα 6.12 και τις τιμές $C_{max,TSS}$ και $C_{effl,TSS}$ του Πίνακα 6.13. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Γράφημα 6.2.

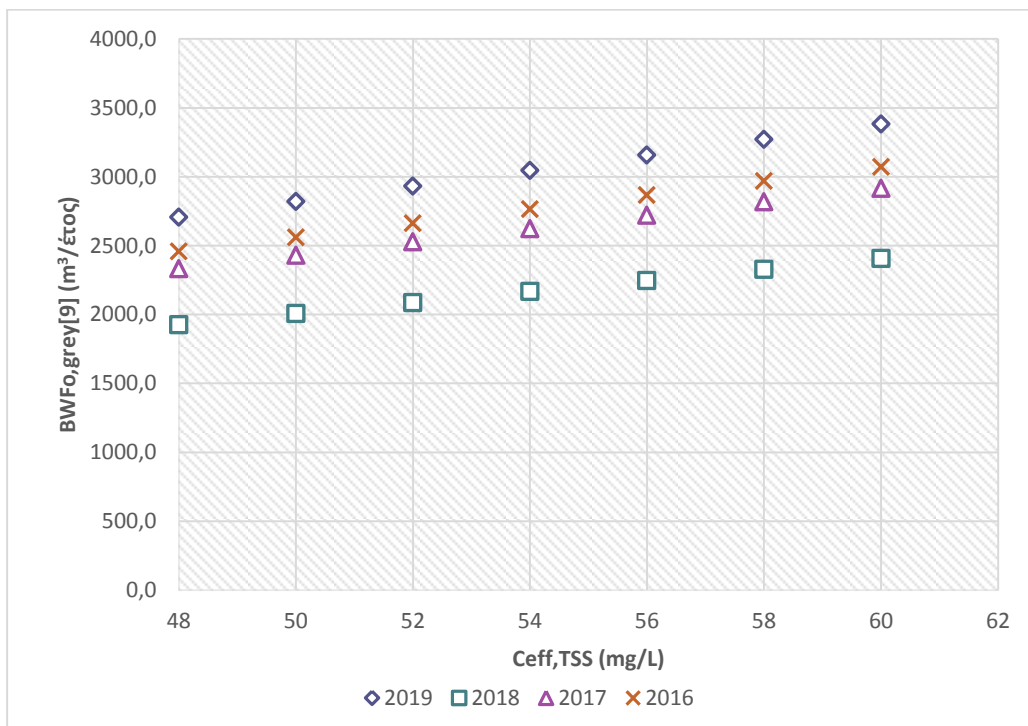
Πίνακας 6.13 Τιμές Συγκεντρώσεων $C_{max,TSS}$ και $C_{effl,TSS}$

Συγκέντρωση	(mg/L)	Πηγή
$C_{max,TSS}$	35	ΦΕΚ 192/Β
$C_{effl,TSS}$	54	[53]



Γράφημα 6.2 Γκρι υδατικό αποτύπωμα μονάδας M[9] για τα έτη 2016-2019

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως δεν είναι γνωστή η συγκέντρωση των TSS στα υγρά απόβλητα PA₉ που εξέρχονται από την μονάδα M[9] και για αυτό λήφθηκε μια τυπική τιμή της. Με σκοπό να βρεθεί το πώς επηρεάζεται η γκρι συνιστώσα του υδατικού αποτυπώματος της μονάδας M[9] από την συγκέντρωση $C_{eff,TSS}$ των αιωρούμενων ολικών στερεών (TSS) στα υγρά απόβλητα, καταστρώθηκε το Γράφημα 6.3. Στον οριζόντιο άξονα του γραφήματος βρίσκονται διάφορες τιμές των TSS στα απόβλητα [3], ενώ στον κατακόρυφο η αντίστοιχη τιμή της γκρι συνιστώσας όπως προκύπτει από την Εξίσωση 24. Οι υπολογισμοί έχουν γίνει για τα τέσσερα έτη αναφοράς (2016, 2017, 2018 και 2019).

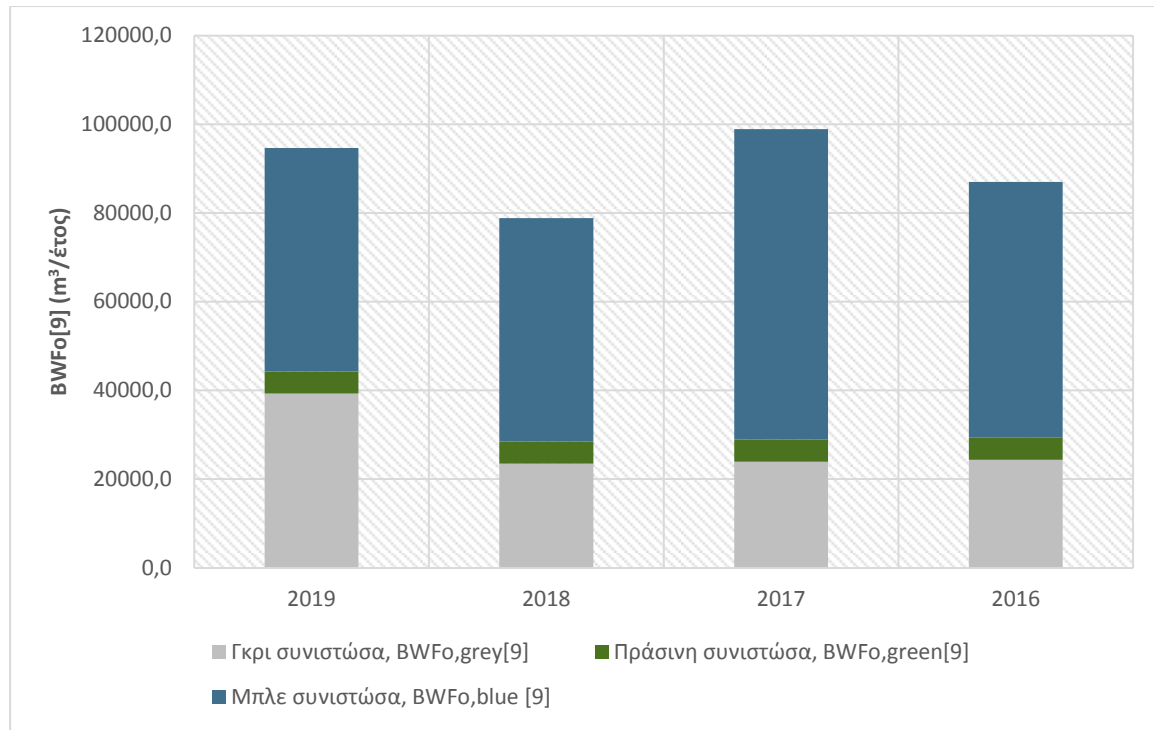


Γράφημα 6.3 Γκρι συνιστώσα υδατικού αποτυπώματος μονάδας M[9] για διάφορες συγκεντρώσεις TSS στις απορροές, για τα έτη 2016-2019

Επομένως, το λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα της μονάδας $M[9]$, $BWF_o[9]$ θα είναι:

$$BWF_o[9] = BWF_{o,blue}[9] + BWF_{o,green}[9] + BWF_{o,grey}[9] \quad (25)$$

Οι τρεις συνιστώσες του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας παρουσιάζονται στο Γράφημα 6.4.



Γράφημα 6.4 Λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα μονάδας $M[9]$ για τα έτη 2016-2019

6.2.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΜΟΝΑΔΑΣ $M[10]$

Στη μονάδα $M[10]$ οδηγείται νερό από το δημόσιο δίκτυο, P_{10} και παράγονται υγρά απόβλητα, PA_{10} (Πίνακας 6.7). Η ποσότητα νερού P_{10} αντιπροσωπεύει την μπλε συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας, $BWF_{o,blue}[10]$ και οι τιμές της για τα έτη 2016- 2019 δίνονται στον Πίνακα 6.8. Οπότε θα ισχύει:

$$BWF_{o,blue}[10] = P_{10} \quad (26)$$

Η γκρι συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας $M[10]$ θα υπολογιστεί για το ρεύμα υγρών αποβλήτων PA_{10} (παραγόμενα υγρά απόβλητα από γραφεία, καντίνες κτλ). Η τιμή της ογκομετρικής παροχής των λυμάτων, PA_{10} δεν είναι γνωστή και θα θεωρηθεί πως αποτελεί το 80% της ποσότητας του εισερχόμενου νερού στην μονάδα, P_{10} (Σχήμα 6.1). Άρα θα ισχύει:

$$PA_{10} = 0,8 * P_{10} \quad (27)$$

Οι τιμές της ποσότητας P_{10} για τα έτη 2016-2019 βρίσκονται στον Πίνακα 6.8 και με αντικατάσταση των τιμών της στην Εξίσωση 27 προκύπτει ο Πίνακας 6.14, στον οποίο παρατίθενται και οι τιμές PA_9 για τα έτη 2016-2019.

Πίνακας 6.14 Τιμές παραγόμενων υγρών αποβλήτων PA10 για τα έτη 2016-2019

Ποσότητα Υγρών αποβλήτων (m ³ / Έτος)	2019	2018	2017	2016
PA ₁₀ , λύματα μονάδας M[10]	2516,8	1480	1480	1500

Οι υπολογισμοί θα γίνουν για ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα, καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με τις χρησιμοποιούμενες διατάξεις για την επεξεργασία τους. Δύο βασικοί ρύποι των λυμάτων είναι το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) και το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD). Επομένως στη μονάδα M[10] των γραφείων θα υπολογιστούν δύο γκρι συνιστώσες του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος, μια για ρύπο BOD και μια για ρύπο COD. Ως γκρι υδατικό αποτύπωμα της μονάδας θα θεωρηθεί εκείνο με την μεγαλύτερη τιμή. Ο τύπος υπολογισμού της γκρι συνιστώσας του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας M[10], $BWF_{o, grey}[10]$, όπως αναφέρεται στο Υποκεφάλαιο 4.3. είναι:

$$BWF_{o, grey}[10] = \frac{PA_{10} \times (C_{eff} - C_{nat})}{C_{max} - C_{nat}} \quad (25)$$

Όπου,

C_{eff} : συγκέντρωση του ρύπου στα υγρά απόβλητα

C_{max} : το μέγιστο περιβαλλοντικό όριο συγκέντρωσης του ρύπου

C_{nat} : η φυσική συγκέντρωση του ρύπου στο υδάτινο σώμα

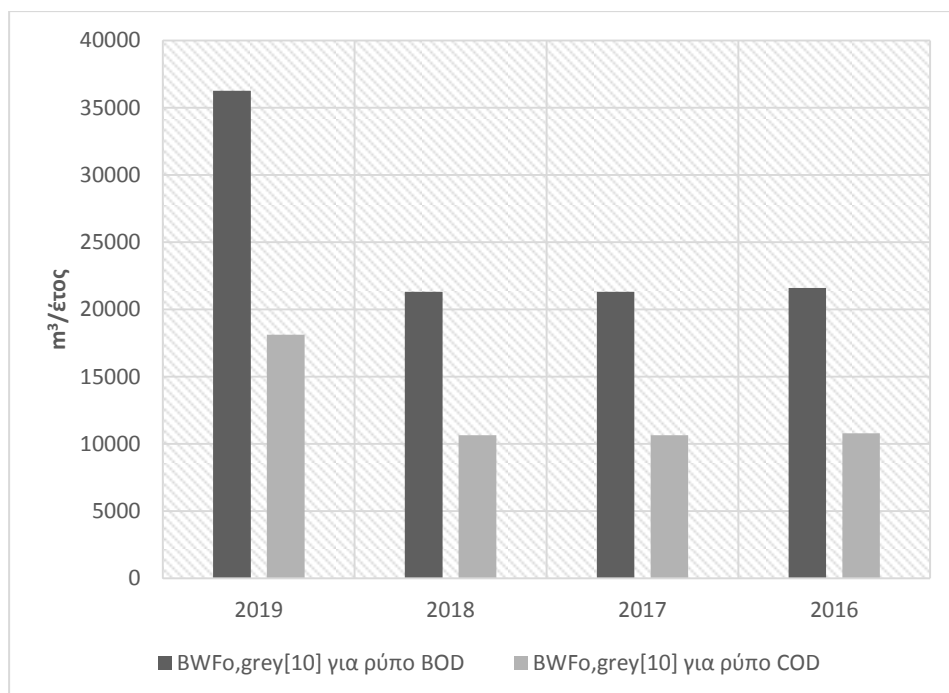
Δεν υπάρχουν διαθέσιμες τιμές για τη συγκέντρωση των BOD και COD στα παραγόμενα υγρά απόβλητα από τα γραφεία, τις καντίνες κτλ του εργοστασίου Καμαρίου, $C_{eff, BOD}$ και $C_{eff, COD}$ επομένως θα ληφθούν τυπικές τιμές από την βιβλιογραφία. Γενικά η συγκέντρωση του BOD σε αστικά λύματα κυμαίνεται από 250 έως 450 mg/L ενώ οι συγκέντρωση του COD από 250-1000 mg/L [55]. Οπότε στον υπολογισμό της γκρι συνιστώσας της μονάδας M[10] για το ρύπο BOD θα χρησιμοποιηθεί μία τυπική τιμή, δηλαδή 360 mg/L. Ομοίως στον υπολογισμό της γκρι συνιστώσας της μονάδας M[10] για το ρύπο COD θα χρησιμοποιηθεί η τιμή των 900 mg/L.

Τα μέγιστα περιβαλλοντικά όρια της συγκέντρωσής των BOD, $C_{max, BOD}$ και COD, $C_{max, COD}$ σε λύματα ορίζονται στην σχετική νομοθεσία για τα όρια επεξεργασίας των αστικών λυμάτων (ΦΕΚ 192/Β), η οποία παρατίθεται στο Μέρος Β του Παραρτήματος. Οι φυσικές συγκεντρώσεις των BOD, $C_{nat, BOD}$ και COD, $C_{nat, COD}$ στο υδάτινο σώμα, δηλαδή τη Λεκάνη Απορροής Ποταμού του Λεκανοπεδίου Αττικής [54], ορίζονται στη νομοθεσία για τη διάθεση των λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων (Υγειονομική Διάταξη Ε1β 221/65) και είναι μηδενικές.

Οι τιμές των συγκεντρώσεων $C_{max, BOD}$ και $C_{max, COD}$, $C_{eff, BOD}$ και $C_{eff, COD}$ παρατίθενται στον Πίνακα 6.15. Η γκρι συνιστώσα της μονάδας M[10] για ρύπο το BOD, $BWF_{o, grey, BOD}[10]$ θα υπολογιστεί με βάση την Εξίσωση 25 για τις τιμές PA₁₀ του Πίνακα 6.14 και τις τιμές $C_{max, BOD}$ και $C_{eff, BOD}$ του Πίνακα 6.15. Ομοίως, η γκρι συνιστώσα της μονάδας M[10], $BWF_{o, grey, COD}[10]$ για ρύπο το COD θα υπολογιστεί με βάση την Εξίσωση 25 για τις τιμές PA₁₀ του Πίνακα 6.14 και τις τιμές $C_{max, COD}$ και $C_{eff, COD}$ του Πίνακα 6.15. Τα αποτελέσματα των τιμών της γκρι συνιστώσας του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας M[10] για τα έτη 2016-2019 για τους δύο διαφορετικούς ρύπους παρουσιάζονται στο Γράφημα 6.5.

Πίνακας 6.15 Τιμές συγκεντρώσεων C_{max} και C_{effl} για τους ρύπους BOD και COD

Συγκέντρωση	(mg/L)	Πηγή
$C_{max,BOD}$	25	ΦΕΚ 192/Β
$C_{effl,BOD}$	360	[55]
$C_{max,COD}$	125	ΦΕΚ 192/Β
$C_{effl,COD}$	900	[55]

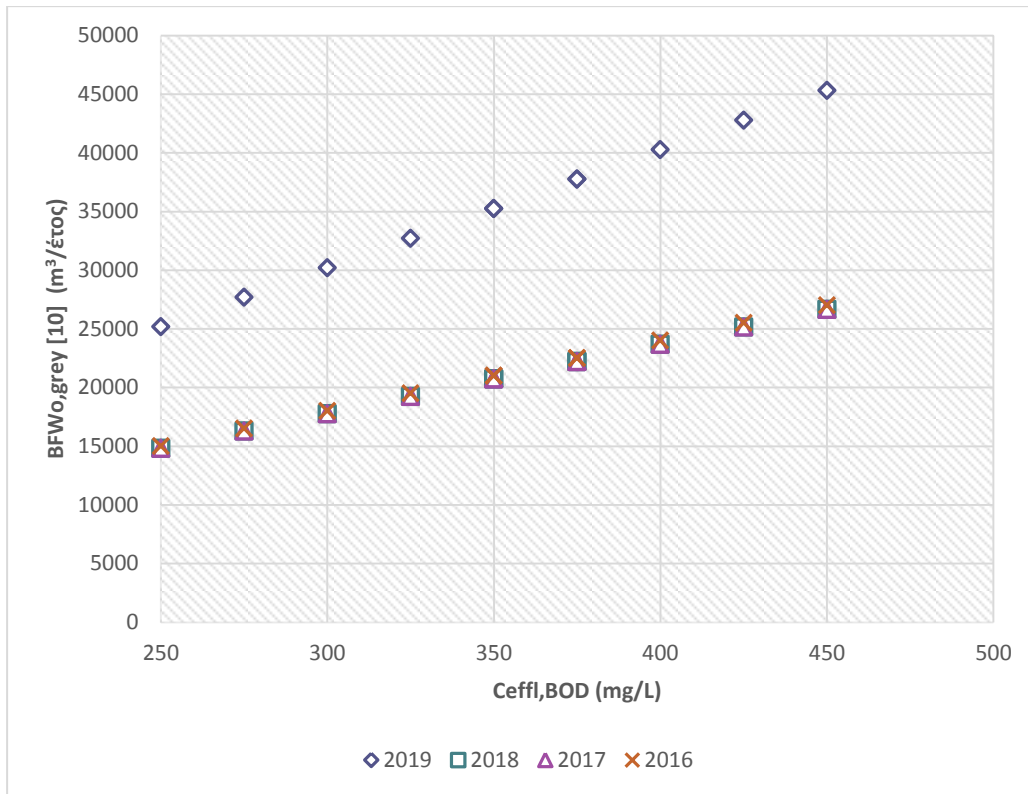


Γράφημα 6.5 Γκρι υδατικά αποτυπώματα μονάδας M[10] για ρύπους BOD και COD των ετών 2016-2019

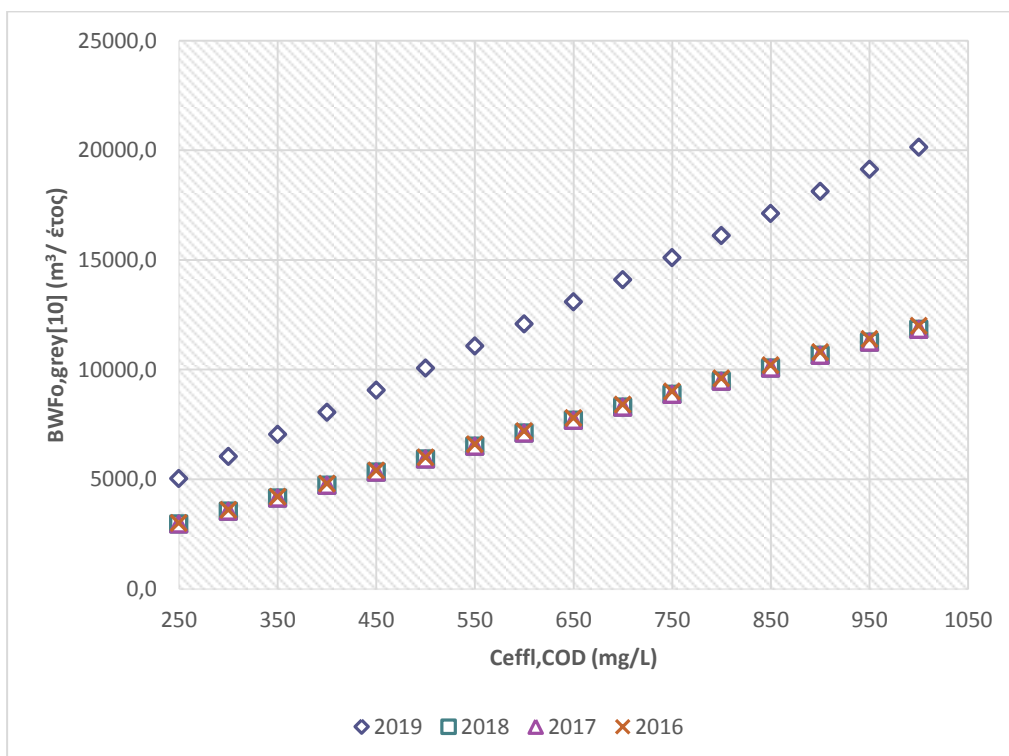
Παρατηρώντας το Γράφημα 6.5 συμπεραίνεται πως μεταξύ των γκρι συνιστωσών των υδατικών αποτυπωμάτων της μονάδας M[10] των ετών 2016-2019 για ρύπους BOD και COD τη μεγαλύτερη τιμή του γκρι υδατικού αποτυπώματος έχει εκείνο για ρύπο το BOD. Επομένως θα θεωρηθεί το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) ως κύριος ρύπος των υγρών αποβλήτων της μονάδας M[10] και θα ισχύει:

$$BWF_{o,gre}[10] = BWF_{o,gre,BOD}[10] \quad (26)$$

Σε προηγούμενο εδάφιο αναφέρθηκε πως δεν είναι γνωστή η συγκέντρωση των BOD και COD στα υγρά απόβλητα PA₁₀ που εξέρχονται από την μονάδα M[10] και για αυτό λήφθηκαν τυπικές τιμές τους. Με σκοπό να βρεθεί το πως επηρεάζεται η γκρι συνιστώσα του υδατικού αποτυπώματος της μονάδας M[10] από τις συγκεντρώσεις $C_{effl,BOD}$ $C_{effl,COD}$ καταστρώθηκαν τα Γραφήματα 6.6 και 6.7 αντίστοιχα. Στον οριζόντιο άξονα κάθε γραφήματος βρίσκονται διάφορες συγκεντρώσεις των BOD και COD στα υγρά απόβλητα [4], ενώ στον κατακόρυφο η αντίστοιχη τιμή της γκρι συνιστώσας όπως προκύπτει από την Εξίσωση 25. Οι υπολογισμοί έχουν γίνει για τα τέσσερα έτη αναφοράς (2016, 2017, 2018 και 2019).



Γράφημα 6.6 Γκρι συνιστώσα υδατικού αποτυπώματος μονάδας $M[10]$ για διάφορες συγκεντρώσεις BOD στα υγρά απόβλητα, έτη 2016-2019

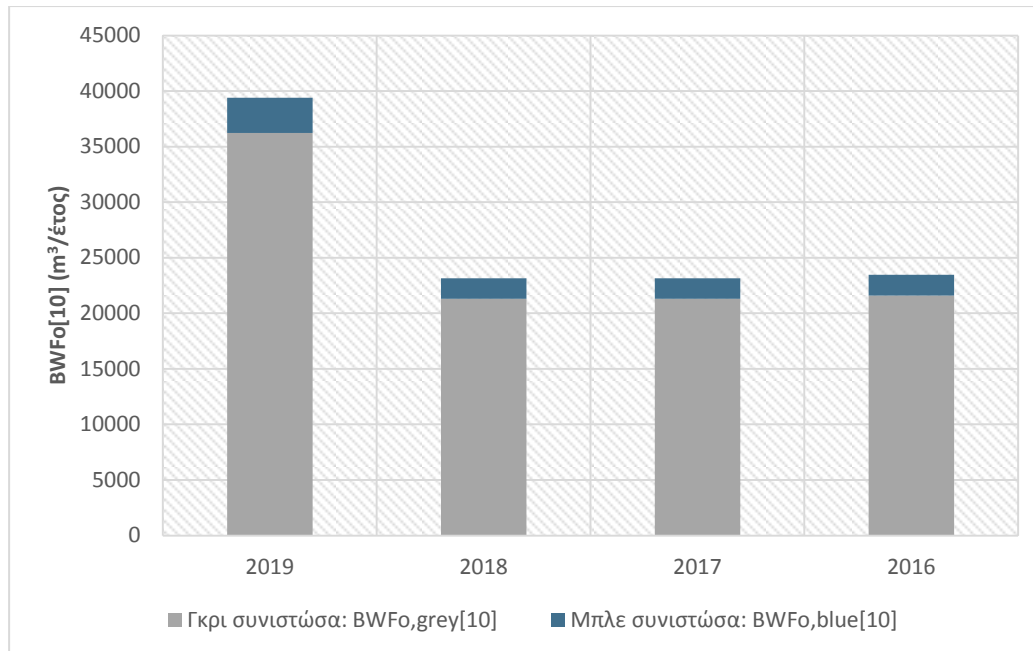


Γράφημα 6.7 Γκρι συνιστώσα υδατικού αποτυπώματος μονάδας $M[10]$ για διάφορες συγκεντρώσεις COD στα υγρά απόβλητα, έτη 2016-2019

Το λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα της μονάδας M[10], $BWF_o[10]$ θα είναι:

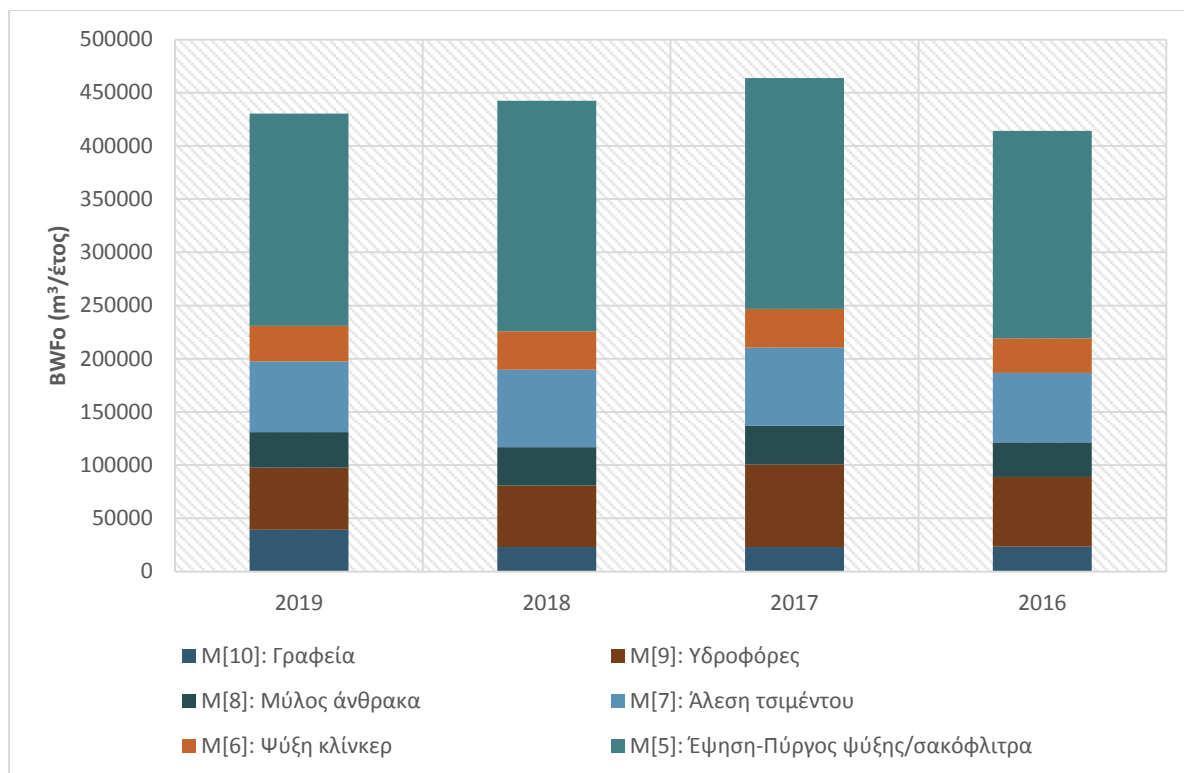
$$BWF_o[10] = BWF_{o,blue}[10] + BWF_{o,gray}[10] \quad (27)$$

Οι δύο συνιστώσες του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος της μονάδας παρουσιάζονται στο Γράφημα 6.8.



Γράφημα 6.8 Λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα μονάδας M[10] για τα έτη 2016-2019

Με σκοπό να μπορέσει να επιτευχθεί η σύγκριση μεταξύ των επιμέρους λειτουργικών αποτυπωμάτων των μονάδων M[5], M[6], M[7], M[8], M[9] και M[10] που υπολογίστηκαν σε αυτό το Υποκεφάλαιο για τις χρονιές 2016-2019 καταστρώθηκε το Γράφημα 6.8. Το μεγαλύτερο λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα από όλες τις μονάδες του εργοστασίου και για τα τέσσερα έτη φαίνεται να έχει η μονάδα M[5] της έψησης-πύργου ψύξης/σακόφιλτρων. Ακολουθούν οι μονάδα της άλεσης τσιμέντου, M[7] και των υδροφόρων, M[9] των οποίων οι τα λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα και για τα τέσσερα έτη είναι σχεδόν ίδια. Τα μικρότερα λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα φαίνεται να έχουν η μονάδα του μύλου άνθρακα, M[8] και των γραφείων, M[10].



Γράφημα 6.9 Επιμέρους λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα των μονάδων του εργοστασίου για τα έτη 2016-2019

6.3. ΒΗΜΑ 3^ο: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

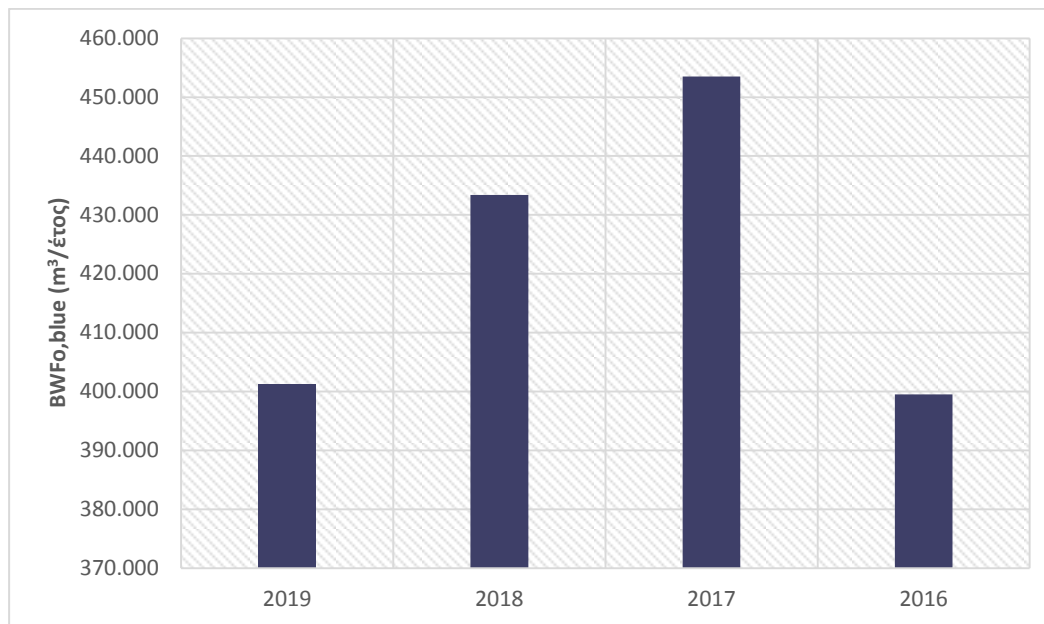
Για τον υπολογισμό του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου θα υπολογιστούν αρχικά οι τρεις συνιστώσες του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου: η μπλε ($BWF_{0,blue}$), η πράσινη ($BWF_{0,green}$) και η γκρι ($BWF_{0,gray}$) για τα έτη 2016, 2017, 2018 και 2019. Το συνολικό λειτουργικό αποτύπωμα του εργοστασίου κάθε έτους θα είναι το άθροισμα των τριών συνιστωσών. Ο λόγος που το συνολικό λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται με τον παραπάνω τρόπο και όχι με άθροιση των επιμέρους λειτουργικών υδατικών αποτυπωμάτων του εργοστασίου είναι η έλλειψη δεδομένων για την κατανομή της ποσότητας του νερού για ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού, ΡΨ. Στο Υποκεφάλαιο 6.2.2. αναφέρθηκε πως δεν είναι δυνατή η ενσωμάτωση της ποσότητας ΡΨ στα επιμέρους υδατικά αποτυπώματα των μονάδων της έψησης-πύργου ψύξης/σακόφιλτρα, M[5], και της άλεσης τσιμέντου, M[7]. Οπότε μια τέτοια εφαρμογή θα οδηγούσε σε εσφαλμένα αποτελέσματα καθώς θα αποκλειόταν από τους υπολογισμούς μια σημαντική ποσότητα νερού (ΡΨ).

6.3.1. ΜΠΛΕ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Η μπλε συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου, $BWF_{0,blue}$ αντιπροσωπεύεται από την ποσότητα υπόγειου νερού που αντλείται από την ιδιωτική γεώτρηση που εργοστασίου (ΙΓ) καθώς και από την ποσότητα του νερού που προέρχεται από το δημόσιο δίκτυο (P_{10}). Επομένως η $BWF_{0,blue}$ δίνεται από τον τύπο:

$$BWF_{0,blue} = IG + P_{10} \quad (28)$$

Οι ποσότητες ΙΓ και P_{10} για τα έτη 2016-2019 παρατίθενται στον Πίνακα 6.8 και με βάση την Εξίσωση 28 υπολογίζεται η μπλε συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Γράφημα 6.10.



Γράφημα 6.10 Μπλε συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος εργοστασίου για τα έτη 2016-2019

6.3.2. ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Η πράσινη συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου, $BWF_{o,green}$ αντιπροσωπεύεται από το βρόχινο νερό (BP) που συλλέγεται και χρησιμοποιείται στη μονάδα Επομένως θα ισχύει:

$$BWF_{o,green} = BP \quad (29)$$

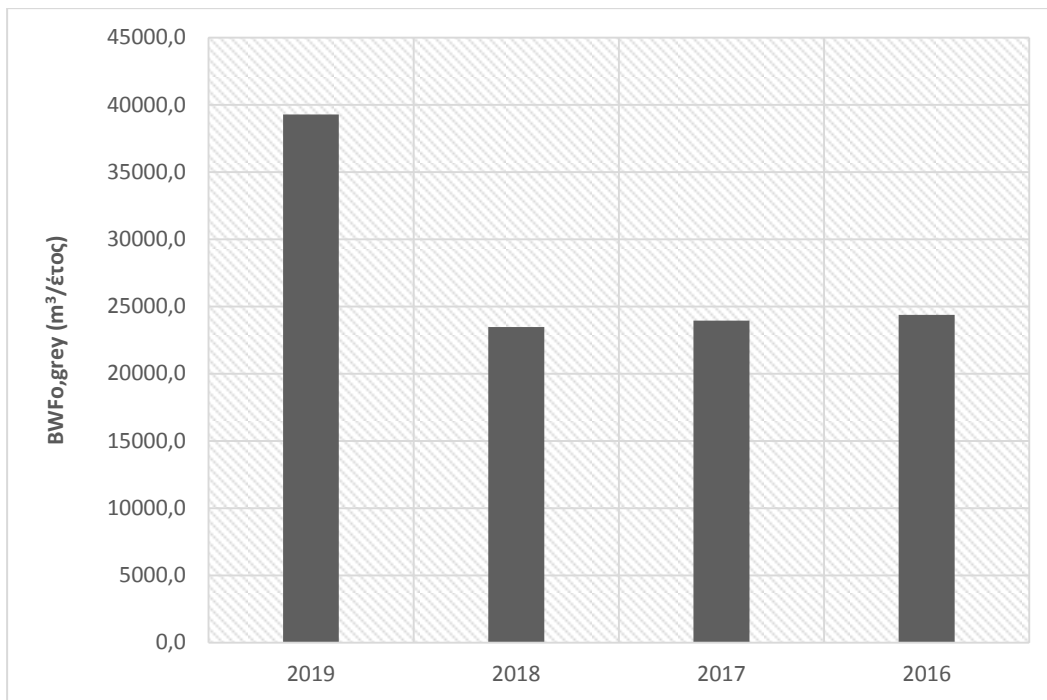
Η ποσότητα του συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτιμάται πως είναι σταθερή για κάθε έτος και η τιμή της για τα έτη 2016-2019 παρατίθεται στον Πίνακα 6.8.

6.3.3. ΓΚΡΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Η γκρι συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου, $BWF_{o,greyl}$, αφορά τα παραγόμενα υγρά απόβλητα PA_9 και PA_{10} (Πίνακας 6.7). Οι γκρι συνιστώσες των μονάδων $M[9]$, $BWF_{o,greyl}[9]$, και $M[10]$, $BWF_{o,greyl}[10]$, υπολογίστηκαν στα Υποκεφάλαια 6.2.3. και 6.2.4. αντίστοιχα και τα αποτελέσματά τους παρουσιάζονται στα Γραφήματα 6.3 και 6.5. Άρα η γκρι συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου θα είναι:

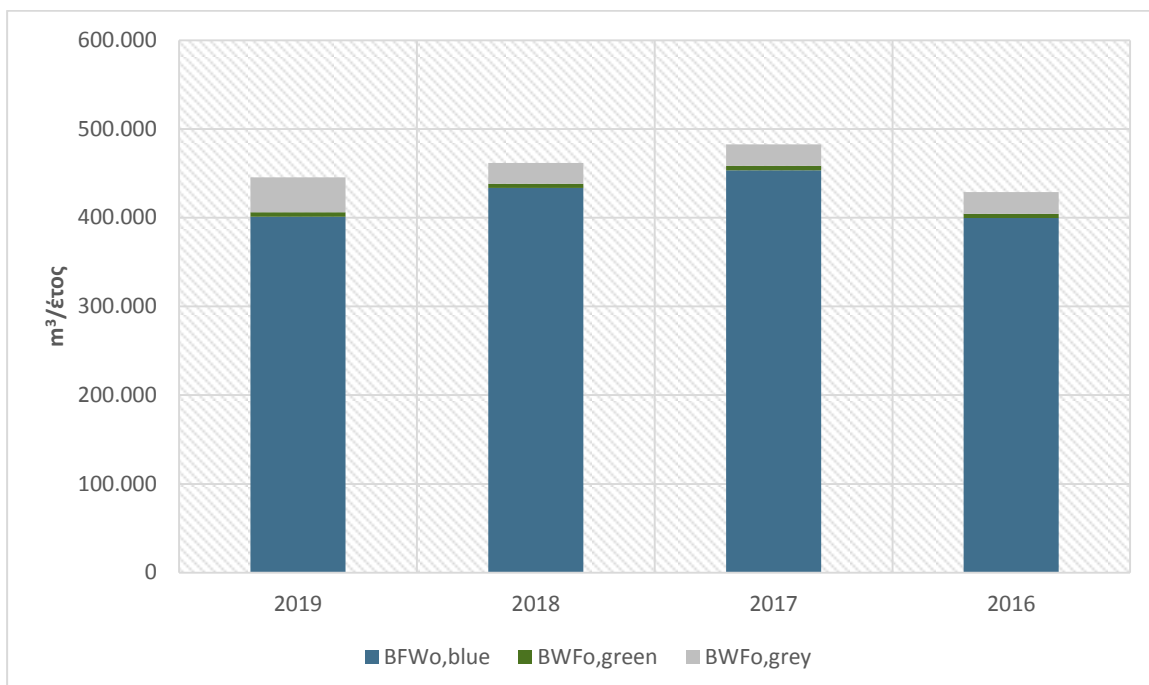
$$BWF_{o,greyl} = BWF_{o,greyl}[9] + BWF_{o,greyl}[10] \quad (30)$$

Με βάση την Εξίσωση 30, προκύπτει η γκρι συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου η οποία παρουσιάζεται στο Γράφημα 6.11.



Γράφημα 6.11 Γκρι συνιστώσα λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος εργοστασίου

Οι τιμές των τριών συνιστωσών $BWF_{o,blue}$, $BWF_{o,green}$, $BWF_{o,greycy}$ του εργοστασίου για τα έτη 2016-2019 παρουσιάζονται στο Γράφημα 6.12. Η κάθε ράβδος αντιπροσωπεύει το έτος στο οποίο αναφέρονται οι τιμές των τριών συνιστωσών. Το ύψος της κάθε ράβδου ταυτίζεται με την τιμή του συνολικού λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου.



Γράφημα 6.12 Συνολικό Λειτουργικό Υδατικό αποτύπωμα εργοστασίου για τα έτη 2016-2019

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα έρευνα σχετικά με τις καναλώσεις νερού είναι τα εξής:

- Στην Ελλάδα το χρονικό διάστημα 2011 έως 2015 τη μεγαλύτερη μέση κατανάλωση νερού έχει ο Κατασκευαστικός τομέας (1076,4 εκατ. m³), έπειτα ο αστικός ιστός (1020,8 εκατ. m³) και ο τομέας Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (970,3 εκατ. m³), μετά ο τομέας της Μεταποίησης (104,5 εκατ. m³) και τέλος ο τομέας της Γεωργίας, Αλιείας και Δασοκομίας (35,1 εκατ. m³). Επομένως ο τομέας της Μεταποίησης στην Ελλάδα καταναλώνει σημαντικές ποσότητες νερού, όχι όμως τις μεγαλύτερες.
- Μεταξύ των μεγαλύτερων ελληνικών βιομηχανιών σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους παρατηρείται μια σχετική αναλογία του μεγέθους της βιομηχανίας (εκφρασμένη στο ύψος του κύκλου εργασιών και των παραγόμενων προϊόντων) και της κατανάλωσης νερού. Δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η βιομηχανία (μεγάλος κύκλος εργασιών) τόσο περισσότερο νερό καταναλώνει. Εξαιρέση αποτελούν οι βιομηχανίες που ανήκουν στον κλάδο των φαρμάκων και των φαρμακευτικών προϊόντων, οι οποίες παρόλο που σημειώνουν υψηλούς κύκλους εργασιών, δεν καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες νερού σε σχέση με το μέγεθός τους. Ένα γενικότερο συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως σε όλους τους βιομηχανικούς κλάδους καταναλώνονται σημαντικές ποσότητες νερού είτε περιέχεται νερό στο προϊόν (π.χ κλάδος ποτοποιίας), είτε χρησιμοποιείται στις διεργασίες για ψυκτικούς σκοπούς (τομέας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κλάδος οπτάνθρακα και διύλισης πετρελαίου, βιομηχανίες τσιμέντου) καθώς και για διάφορους άλλους σκοπούς.
- Η Εταιρεία Τσιμέντου TITAN Α.Ε. ,που υπάγεται στον Όμιλο «TITAN» έχει τη μεγαλύτερη εγχώρια παραγωγική ικανότητα τσιμέντου η οποία ανέρχεται στους 6,9 εκατ. tn τσιμέντου τον χρόνο. Το Εργοστάσιο Καμαρίου της Εταιρείας Τσιμέντου TITAN Α.Ε, με δυναμικότητα παραγωγής 2,6 εκατ. tn τσιμέντο[39], καλύπτει μέχρι και το 38% της συνολικής ετήσιας παραγωγικής ικανότητας τσιμέντου μεταξύ των υπόλοιπων τριών εργοστασίων του Ομίλου στην Ελλάδα. Η παραγωγή τσιμέντου στο Εργοστάσιο απαιτεί σημαντικές ποσότητες νερού ετησίως, οι τιμές των οποίων δεν έχουν πολύ μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ των διαφόρων ετών. Συγκεκριμένα τα έτη 2016 έως 2019 η μέση συνολική κατανάλωση νερού (ανακυκλωμένου και μη), φτάνει τα 695000 m³. Σε πανελλαδική κλίμακα, το Εργοστάσιο καταναλώνει το 1,5% της συνολικής ποσότητας νερού που προορίζεται για τον τομέα της μεταποίησης, ποσό αρκετά μεγάλο εάν αναλογιστεί κανείς πόσες βιομηχανίες υπάρχουν στον ελλαδικό χώρο, εκ των οποίων κάποιες (π.χ στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες νερού.
- Η τιμή της μέσης ειδικής κατανάλωσης νερού για τα έτη 2016 έως 2019 του Εργοστασίου Καμαρίου ανέρχεται στα 0,267 L/kg τσιμέντου, η μέση ειδική κατανάλωση νερού του Ομίλου TITAN των ετών 2018 και 2019 είναι 0,256 L/kg τσιμέντο, η μέση ειδική κατανάλωση νερού σε βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου παγκοσμίως των ετών 2016 έως 2019 είναι 0,265 L/kg τσιμέντου. Υπάρχει δηλαδή μια συμφωνία μεταξύ των ειδικών καταναλώσεων νερού στο Εργοστάσιο Καμαρίου και σε άλλα εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου. Ως προς την χρονική εξέλιξη των παραπάνω τιμών παρατηρείται μια πτωτική τάση, που οφείλεται σε βελτιώσεις της τεχνολογίας,

στην ανακύκλωση μεγάλων ποσοτήτων νερού και αναμένεται να μειωθεί και άλλο τα επόμενα χρόνια εάν εφαρμοστούν παρόμοιες τεχνικές οι οποίες οδηγούν σε ορθολογική διαχείριση του νερού χωρίς όμως να έρχονται αντιμέτωπες με την αύξηση της παραγωγικότητας των εργοστασίων.

Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τους υπολογισμούς των τριών συνιστωσών του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος στο Εργοστάσιο Καμαρίου είναι τα εξής:

- Οι μπλε συνιστώσες των μονάδων που αφορούν τις διεργασίες στο Εργοστάσιο μειώθηκαν από το 2017 που παρουσίασαν την μεγαλύτερη τιμή τους μέχρι το 2019. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στην μείωση της παραγωγικότητας των αντίστοιχων ετών, που οδηγούν σε λιγότερες απαιτήσεις σε νερό. Οι μπλε συνιστώσες της μονάδας των υδροφόρων για την εξάλειψη σκόνης δεν ακολουθούν κάποια τάση (ανοδική ή πτωτική) ανάμεσα στα έτη 2016 έως 2019, οπότε ενδεχομένως να μην σχετίζονται με το ύψος της παραγωγικότητας του εργοστασίου. Οι μπλε συνιστώσες της μονάδας των γραφείων έχουν παρόμοιες τιμές ανάμεσα στα έτη 2016 έως 2019, που είναι λογικό αφού δεν σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία αλλά τον αριθμό και τις συνήθειες του προσωπικού του Εργοστασίου.
- Την μεγαλύτερη τιμή μπλε συνιστώσας του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος έχει με διαφορά η μονάδα της έψησης-πύργου ψύξης/σακόφιλτρων, M[5], η οποία ανέρχεται στα 217001,4 m³ το έτος 2017. Πρόκειται για την σημαντικότερη μονάδα του εργοστασίου, στην οποία αναπτύσσονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες (της τάξης των 1500 °C) και η οποία παράγει την κύρια πρώτη ύλη του τσιμέντου: το κλίνκερ. Ακολουθούν η μονάδα της άλεσης τσιμέντου, M[7], και των υδροφόρων για τον ψεκάσμο των δρόμων κτλ και των πλυσιμάτων για την εξάλειψη της σκόνης, M[9], με λειτουργικά υδατικά αποτυπώματα το έτος 2017, 75000 m³ και 73661,7 m³ αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες μονάδες έχουν μικρότερες μπλε συνιστώσες: η μονάδα της ψύξης κλίνκερ, M[6], και του μύλου άνθρακα, M[8], έχουν τις ίδιες μπλε συνιστώσες και τα τέσσερα έτη, με μεγαλύτερη τιμή το έτος (2017) στα 36166,9 m³, ενώ η μονάδα των γραφείων, καντινών, κτλ, M[10], σημείωσε τη μεγαλύτερη τιμή της μπλε συνιστώσα το έτος 2019 (3146 m³). Διαπιστώνεται πως το έτος 2017 σημειώνονται οι υψηλότερες τιμές των μπλε συνιστωσών των επιμέρους μονάδων (εκτός της μονάδας M[10]), γεγονός που ενδεχομένως οφείλεται σε μεγαλύτερη παραγωγικότητα τσιμέντου το έτος 2017 έναντι των υπολοίπων ετών, που συνεπάγεται μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό. Συμπεραίνεται λοιπόν πως οι τιμές των μπλε συνιστωσών των λειτουργικών υδατικών αποτυπωμάτων των μονάδων του εργοστασίου τα έτη 2016 έως 2019 επιβεβαιώνουν τον κύριο ρόλο του νερού στην διαδικασία παραγωγής τσιμέντου: την κάλυψη αναγκών ψύξης και την εξάλειψη σκόνης για περιβαλλοντικούς σκοπούς.
- Οι τιμές των μπλε συνιστωσών των επιμέρους λειτουργικών υδατικών προκύπτουν με την παραδοχή ότι οι απώλειες νερού, ΑΠ, λόγω εξάτμισης κατανέμονται στις τέσσερις μονάδες που αναπτύσσουν υψηλές θερμοκρασίες: M[5], M[6], M[7] και M[8], αφού δεν υπάρχουν αναλυτικότερα δεδομένα. Επομένως οι πραγματικές τιμές των μπλε συνιστωσών ενδέχεται να είναι διαφορετικές, εντούτοις με μικρή απόκλιση, αφού το συνολικό ύψος απωλειών είναι αρκετά μικρό σε σχέση με τα υπόλοιπα μεγέθη. Εξαιρέση αποτελεί το έτος 2017 στο οποίο το ύψος των απωλειών νερού είναι αρκετά μεγάλο (13279 m³). Επιπλέον, η μπλε συνιστώσα των μονάδων M[5] και M[7] δεν έχει αποτυπωθεί πλήρως, καθώς με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα, δεν είναι δυνατή η

κατανομή της ποσότητας μη ανακυκλωμένου νερού που καταναλώνουν για ψύξη του μηχανολογικού τους εξοπλισμού, ΡΨ, οι δύο μονάδες συνεπώς δεν έχει συμπεριληφθεί στον υπολογισμό της συνιστώσας. Συμπεραίνεται λοιπόν πως για την ακριβέστερο υπολογισμό των μπλε συνιστωσών των λειτουργικών υδατικών αποτυπωμάτων των μονάδων του εργοστασίου απαιτούνται ειδικότερα δεδομένα κατανάλωσης νερού.

- Η πράσινη συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος δίνει πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση βρόχινου νερού στο Εργοστάσιο. Το νερό της βροχής οδηγείται μόνο στη μονάδα των υδροφόρων, M[9], για την εξάλειψη σκόνης, τα πλυσίματα και το πότισμα των φυτεύσεων της μονάδας. Η ποσότητα του συλλεγόμενου βρόχινου νερού στο Εργοστάσιο εκτιμάται πως είναι 5000 m³ ανά έτος και διαφέρει στην πραγματικότητα, αφού εξαρτάται από τις μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής που βρίσκεται η εγκατάσταση. Αποκτά ενδιαφέρον η καταμέτρηση της ποσότητας του συλλεγόμενου βρόχινου νερού, αφού είναι μια πρόσθετη πηγή νερού για το Εργοστάσιο η οποία έχει μηδενικό λειτουργικό κόστος και αν δεν συλλεχθεί είτε απορροφάται από το έδαφος είτε καταλήγει σε κάποια λεκάνη απορροής. Οπότε σε μια βιομηχανία –σε αντίθεση με μια καλλιέργεια- μεγάλη πράσινη συνιστώσα, εξαιτίας της συλλογής βρόχινου νερού, είναι επιθυμητή αφού ουσιαστικά σημαίνει εκμετάλλευση και αξιοποίηση των υδατικών πόρων.
- Σε γενικές γραμμές οι βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου δεν παράγουν υγρά απόβλητα, αφού πλέον εφαρμόζονται ξηρές μέθοδοι που καταναλώνουν νερό για ανάγκες ψύξης και το οποίο εξατμίζεται. Ως υγρά απόβλητα των εργοστασίων παραγωγής τσιμέντου θεωρούνται οι απορροές από τα πλυσίματα και τους ψεκασμούς για την εξάλειψη σκόνης, καθώς και τα παραγόμενα υγρά απόβλητα από τα γραφεία, τις καντίνες κτλ. Έτσι και στο Εργοστάσιο Καμαρίου παράγονται υγρά απόβλητα από την μονάδα των υδροφόρων, M[9], που στοχεύει στην εξάλειψη της σκόνης μέσω ψεκασμών νερού και πλυσιμάτων σε πολλά σημεία της εγκατάστασης και από την μονάδα των γραφείων, καντινών κτλ, M[10], μετά από χρήση νερού από το προσωπικό του Εργοστασίου. Για την ποσοτικοποίηση της ρύπανσης από τα υγρά απόβλητα των παραπάνω μονάδων υπολογίστηκε η γκρι συνιστώσα του υδατικού τους αποτυπώματος. Η γκρι συνιστώσα εξαρτάται από τη συγκέντρωση του ρύπου στα υγρά απόβλητα και την ογκομετρική τους παροχή. Δεν υπάρχουν δεδομένα για τον τρόπο επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, παρά μόνο ότι οι απορροές από τη μονάδα M[9] οδηγούνται σε δεξαμενές καθίζησης και στην συνέχεια για επεξεργασία εκτός της μονάδας. Επίσης, η ογκομετρική παροχή των παραγόμενων υγρών αποβλήτων από την μονάδα M[10] δεν είναι γνωστή και εκτιμάται βάσει βιβλιογραφίας πως είναι το 80% της εισόδου. Αφού δεν είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων της μονάδας M[9] και κατά επέκταση το ποσοστό απομάκρυνσης των ολικών αιωρούμενων στερεών όπως και οι συγκεντρώσεις των ρύπων στα υγρά απόβλητα των μονάδων M[9] και M[10] οι υπολογισμοί για τις δύο περιπτώσεις πραγματοποιούνται για ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα. Έτσι εκτιμάται το ανώτατο όριο της γκρι συνιστώσας του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος των μονάδων, γνωρίζοντας πως οι πραγματικές της τιμές θα είναι χαμηλότερες.
- Στην μονάδα M[9] η γκρι συνιστώσα υπολογίζεται για το ρύπο των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) με μια τυπική τιμή της συγκέντρωσής τους στα υγρά απόβλητα από την βιβλιογραφία: 54 mg/L [35]. Στην μονάδα M[10] η γκρι συνιστώσα υπολογίζεται για ρύπο το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) με μια τυπική τιμή της

συγκέντρωσής τους στα υγρά απόβλητα: 360 mg/L. Οι μέγιστες τιμές των γκρι συνιστώσων των παραπάνω μονάδων σημειώνονται το έτος 2019 στο οποίο και οι δύο μονάδες έχουν τη μεγαλύτερη ογκομετρική παροχή υγρών αποβλήτων. Συγκεκριμένα η μέγιστη τιμή της γκρι συνιστώσας το έτος 2019 της μονάδας M[9] είναι 3044,1 m³, ενώ της μονάδας M[10] 36244,8 m³. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως η γκρι συνιστώσα του υδατικού αποτυπώματος της μονάδας M[10] είναι 11,5 φορές μεγαλύτερη από την μπλε συνιστώσα της. Φυσικά, η πραγματική συσχέτιση θα είναι μικρότερη, αφού όπως έχει προαναφερθεί οι υπολογισμοί της γκρι συνιστώσας γίνονται για ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα. Τέλος, παρατηρείται πως η εξάρτηση της γκρι συνιστώσας των μονάδων M[9] και M[10] από τη συγκέντρωση των ρύπων στα υγρά ανεπεξέργαστα απόβλητα για τις χρονιές 2016 έως 2019 είναι γραμμική, με θετική κλίση. Η γκρι συνιστώσα των παραπάνω μονάδων επηρεάζεται και από τις τιμές της ογκομετρικής παροχής των αποβλήτων, καθώς όσο αυξάνεται η ογκομετρική παροχή, τόσο αυξάνεται η κλίση της εξίσωσης που δίνει την εξάρτηση της γκρι συνιστώσας από τις συγκεντρώσεις των ρύπων στα απόβλητα.

Συμπεραίνεται λοιπόν πως σε επίπεδο εργοστασίου η μεγαλύτερη συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος και για τις τέσσερις χρονιές είναι με διαφορά η μπλε. Ακολουθεί η γκρι συνιστώσα και τέλος η πράσινη συνιστώσα. Η μέγιστη τιμή του συνολικού λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου σημειώνεται το έτος 2017, ύψους 482468,9 m³. Η τιμή αυτή εξακολουθεί να είναι μικρότερη από την συνολική κατανάλωση νερού για το ίδιο έτος, επειδή δεν έχει ληφθεί υπόψη η ποσότητα του ανακυκλωμένου νερού για την ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού, ΑΨ. Η τιμή ΑΨ είναι πολύ μεγάλη και σαν ποσότητα είναι πάνω από το 50% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Διαπιστώνεται πως αν ποσότητα ΑΨ δεν αναφερόταν σε ανακυκλωμένο νερό τότε η μπλε συνιστώσα του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος και κατά επέκταση του συνολικού λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του Εργοστασίου- θα έχει μια αύξηση τουλάχιστον 50%. Επομένως η χρήση ανακυκλωμένου νερού στο Εργοστάσιο και γενικότερα στις βιομηχανίες τσιμέντου μειώνει σημαντικά το λειτουργικό τους υδατικό αποτύπωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στο Κεφάλαιο αυτό παραθέτονται οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν για τον υπολογισμό του Συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος του Εργοστασίου Καμαρίου καθώς και προτάσεις για την μείωση του Λειτουργικού του Υδατικού Αποτυπώματος, που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε τρία βασικά στάδια.

Σε πρώτο στάδιο κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη μετρητών νερού σε περισσότερα σημεία του δικτύου νερού του Εργοστασίου, συνοδευόμενη από συχνές καταγραφές για τον έλεγχο της χρήσης νερού σε πραγματικό χρόνο. Προτεραιότητα μπορεί να δοθεί στις υδροβόρες μονάδες των δύο γραμμών παραγωγής του Εργοστασίου δηλαδή τους δύο περιστρεφόμενους κλιβάνους, τους δύο πύργους ψύξης, τους δύο ψύκτες κλίνκερ, τους τέσσερις μύλους άλεσης τσιμέντου, τον μύλο άνθρακα, όλα τα σακόφιλτρα στα οποία οδηγείται νερό από τους πύργους ψύξης καθώς και στις υδροφόρες της Βιομηχανίας. Επίσης θα ήταν χρήσιμη η εγκατάσταση μετρητών νερού στο δίκτυο αποχέτευσης του Εργοστασίου για την καταγραφή της ογκομετρικής παροχής των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από τις τουαλέτες, τις καντίνες, τα γραφεία κτλ. Τέλος μπορούν να πραγματοποιούνται ποιοτικές και ποσοτικές αναλύσεις στα υγρά απόβλητα καθώς και στις απορροές από τους ψεκασμούς των υδροφόρων. Οι παραπάνω τροποποιήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε:

- Εντοπισμό τυχόν διαρροών νερού στο δίκτυο,
- Εκτίμηση των απωλειών νερού (ΑΠ) εξαιτίας φαινομένων εξάτμισης,
- Εκτίμηση της ποσότητας νερού που προορίζεται για ψύξη του κελύφους των περιστρεφόμενων κλιβάνων και των μύλων τσιμέντου (ΡΨ),
- Ακριβέστερη καταγραφή των καταναλώσεων νερού στις επιμέρους διεργασίες της παραγωγικής διαδικασίας
- Υπολογισμό της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού σε κάθε γραμμή παραγωγής των δύο προϊόντων τσιμέντου του Εργοστασίου: απλό τσιμέντο Portland τύπου CEM I 42,5 και σύνθετο τσιμέντο τύπου CEM II 32,5.
- Εκτίμηση της σύστασης των παραγόμενων υγρών αποβλήτων της Βιομηχανίας

Σε δεύτερο στάδιο, αφότου έχει σχηματιστεί μια πιο ακριβής εικόνα της κατανάλωσης νερού για τα δύο παραγόμενα προϊόντα καθώς και της σύστασης των υγρών αποβλήτων του Εργοστασίου, είναι εφικτός ένας ακριβέστερος υπολογισμός των συνιστωσών (μπλε, πράσινη, γκρι) των λειτουργικών υδατικών αποτυπώματων των μονάδων του εργοστασίου. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το υδατικό αποτύπωμα της εφοδιαστικής αλυσίδας για τον υπολογισμό του οποίου απαιτούνται πληροφορίες σχετικά με τα είδη, τις ποσότητες, τους προμηθευτές και τα υδατικά αποτυπώματα των χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών και καυσίμων του Εργοστασίου. Ο υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος της εφοδιαστικής αλυσίδας του Εργοστασίου μπορεί κάλλιστα να αποτελέσει αντικείμενο έρευνας για κάποια άλλη εργασία, η οποία σε συνδυασμό με την παρούσα εργασία και τις τροποποιήσεις που προτείνονται παραπάνω (πρώτο στάδιο) μπορεί να οδηγήσει στον υπολογισμό του συνολικού υδατικού αποτυπώματος του εργοστασίου με βάση την μέθοδο των Gerbens- Leenes & Hoekstra [35].

Σε τρίτο στάδιο, αφότου έχουν ολοκληρωθεί οι υπολογισμοί του Συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος, μπορεί η Βιομηχανία να καθιερώσει συγκεκριμένους και μετρήσιμους στόχους για τη μείωση του Υδατικού της Αποτυπώματος. Οι στόχοι μπορούν να επιτευχθούν είτε άμεσα μειώνοντας την κατανάλωση και τη ρύπανση του νερού (δηλαδή του λειτουργικού της

υδατικού αποτυπώματος), είτε έμμεσα μέσω συνεργασιών με προμηθευτές, ευαισθητοποιημένους ως προς την κατανάλωση νερού στις δικές τους δραστηριότητες και το μετασχηματισμό του επιχειρηματικού μοντέλου του Εργοστασίου με σκοπό τον καλύτερο έλεγχο της εφοδιαστικής του αλυσίδας. Έπειτα, η αποτύπωση των καλών πρακτικών χρήσης νερού της εταιρείας για την παραγωγή του προϊόντος (π.χ. μέσω μιας ετικέτας νερού) και η καταγραφή της βελτιωμένης χρήσης νερού (π.χ. με ετήσιους υπολογισμούς και παρουσίαση του Υδατικού Αποτυπώματος της Βιομηχανίας) στους εξωτερικούς και εσωτερικούς ενδιαφερόμενους μπορεί να οδηγήσει σε προφανή ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα για την Βιομηχανία [56].

Σχετικά με την μείωση του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος του Εργοστασίου, δηλαδή την ελάττωση της κατανάλωσης νερού και της συγκέντρωσης των ρύπων στα υγρά απόβλητα μπορούν να πραγματοποιηθούν οι παρακάτω ενέργειες:

- Συντήρηση του δικτύου νερού, κυρίως στα σημεία που εντοπίζονται βλάβες και απώλειες νερού εξαιτίας φαινομένων εξάτμισης, για την ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού
- Συντήρηση και καθαρισμός των μπεκ νερού στους μύλους τσιμέντου για την σωστή εκνέφωση του νερού και την αποφυγή δημιουργίας συσσωματωμάτων τσιμέντου που οδηγούν σε φαινόμενα υπερπίεσης και θραύση των σωλήνων. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση των απωλειών νερού στους μύλους τσιμέντου και κατά επέκταση του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος.
- Οι Purinomo et al [18], στην έρευνά τους προτείνουν τροποποιήσεις στην λειτουργία και την κατασκευή των πύργων ψύξης με τις οποίες επιτυγχάνεται έως και 20% μείωση της κατανάλωσης νερού στην εγκατάσταση. Οι τροποποιήσεις περιλαμβάνουν την τοποθέτηση εκτροπέα ροής στον σωλήνα εισόδου, την προσθήκη διάτρητων πλακών, την ελάττωση των ακροφυσίων ψεκασμού και την αύξηση του ύψους του πύργου.
- Στην έρευνα των Gerbens-Leenes et al [5], διαπιστώθηκε πως το απλό τσιμέντο τύπου Portland έχει μεγαλύτερο υδατικό αποτύπωμα από ό,τι το σύνθετο τσιμέντο επειδή περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό κλίνκερ και άρα η παραγωγή του έχει αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις. Σε όρους λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος αυτό σημαίνει πως στην γραμμή παραγωγής απλού τσιμέντου τύπου Portland του Εργοστασίου παράγονται μεγαλύτερες ποσότητες κλίνκερ, που συνεπάγονται μεγαλύτερες ανάγκες ψύξης και κατανάλωσης νερού. Επομένως μια πρόταση ελάττωσης του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος είναι η αύξηση της παραγωγής σύνθετου τσιμέντου και η ελάττωση της παραγωγής απλού τσιμέντου τύπου Portland. Φυσικά μια τέτοια τροποποίηση πρέπει να συνάδει με τις απαιτήσεις της αγοράς. Ήδη υπάρχει μεγάλη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση από τους καταναλωτές και από τις επιχειρήσεις σε σχέση με την παραγωγή και την κατανάλωση προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον. Έτσι μια επιπλέον πρόταση θα ήταν η προώθηση του σύνθετου τσιμέντου ως πιο οικολογικού αφού αφενός αποτελείται από εναλλακτικές πρώτες ύλες, αφετέρου απαιτεί λιγότερες ποσότητες νερού.
- Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και η επαναχρησιμοποίησή τους για διάφορες λειτουργίες του εργοστασίου. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων οδηγεί σε μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων και αν εφαρμοστεί κατάλληλη τεχνολογία για την ελάττωσή της έως τα μέγιστα επιτρεπτά περιβαλλοντικά όρια βάσει της νομοθεσίας, η γκρι συνιστώσα της μονάδας μηδενίζεται. Στην περίπτωση που λαμβάνει χώρα και επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων εντός του εργοστασίου

τότε μειώνεται και η μπλε συνιστώσα της μονάδας, αφού το ανακυκλωμένο νερό δεν συνυπολογίζεται στο λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα. Οπότε η επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων οδηγεί σε σημαντική μείωση του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος.

- Άντληση δεδομένων βροχοπτώσεων από μετεωρολογικούς σταθμούς για την αξιολόγηση της δυνατότητας συλλογής περισσότερου βρόχινου νερού στο Εργοστάσιο. Στην περίπτωση που κριθεί εφαρμόσιμη μια τέτοια ενέργεια μπορούν να τοποθετηθούν περισσότερες εγκαταστάσεις συλλογής βρόχινου νερού στα κατάλληλα σημεία, πέραν των ήδη υπάρχουσών. Με την κίνηση αυτή αυξάνεται η πράσινη συνιστώσα του εργοστασίου, αλλά ταυτόχρονα αξιοποιείται μια ποσότητα νερού που δεν κοστίζει τίποτα στην μονάδα και διαφορετικά θα χανόταν.

Στο Εργοστάσιο ήδη πραγματοποιείται ανακύκλωση νερού για την ψύξη του μηχανολογικού εξοπλισμού (ΑΨ), η οποία μάλιστα είναι άξια σημασίας μιας και εξοικονομείται πολύ μεγάλη ποσότητα νερού που διατηρεί σε χαμηλά επίπεδα το συνολικό λειτουργικό υδατικό αποτύπωμα του Εργοστασίου. Παρόλα αυτά θα ήταν ενδιαφέρουσα η αξιολόγηση μεθόδων ανακύκλωσης νερού και σε άλλα σημεία της εγκατάστασης.

Όπως έχει προαναφερθεί, η βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου ανήκει στις Ανόργανες Βιομηχανίες και επεξεργάζεται μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών. Η ανάγκη για μείγμα πρώτων υλών σταθερής σύστασης είναι μεγάλη, αφού επηρεάζει τη λειτουργία των μύλων τσιμέντου, το στάδιο της έψησης, την ψύξη του κλίνκερ, την άλεση του τσιμέντου και βασικότερο –την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Διαφοροποιήσεις στην σύσταση (κάθε συστατικό έχει διαφορετικό θερμικό περιεχόμενο) και την ομοιογένεια (διαφορετικές ανάγκες άλεσης) του μείγματος πρώτων υλών μπορούν να προκαλέσουν λειτουργικά προβλήματα, όπως αυξημένες θερμοκρασίες. Όσο μεγαλύτερο το θερμικό περιεχόμενο και η ανομοιογένεια του μείγματος, τόσο αυξάνονται οι θερμοκρασίες και κατά συνέπεια οι ανάγκες ψύξης και η κατανάλωση νερού (αύξηση λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος Εργοστασίου). Επομένως μια πρόταση έμμεσης μείωσης του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος είναι αφενός η ανάπτυξη τεχνολογιών με ακόμα καλύτερα αποτελέσματα ομογενοποίησης του μείγματος πρώτων υλών (στάδιο προομογενοποίησης, μύλοι άλεσης φαρίνας, σιλό ομογενοποίησης, μύλοι άλεσης τσιμέντου) και αφετέρου η χρήση πρώτων υλών που έχουν χαμηλό θερμικό περιεχόμενο.

Η χρήση του νερού για την εξάλειψη των εκπομπών σκόνης που εκλύονται κατά λειτουργία του Εργοστασίου δεν γίνεται να αποφευχθεί. Ως λύση για την μείωση της κατανάλωσης νερού και κατά συνέπεια του λειτουργικού υδατικού αποτυπώματος προτείνεται η εγκατάσταση περισσότερων διατάξεων αποκονίωσης, έτσι ώστε να αποτρέπεται η έκλυση της σκόνης στο περιβάλλον. Επιπλέον, τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από τις απορροές λόγω των πλυσιμάτων για μείωση της σκόνης στη μονάδα, με μικρή επεξεργασία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε πλυσίματα και ψεκασμούς που δεν απαιτούν υψηλή ποιότητα νερού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. , Mekonnen, M. M. (2011). *Water Footprint Assessment Manual*. London-Washington DC: Earthscan
- [2] Hoekstra, A. Y., Hung, P. Q. (2003). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of water research report*, series No. 11
- [3] Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. , Mekonnen, M. M. (2009). *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*. Water Footprint Network, Enschede, Netherlands
- [4] Mikulcic, H., Cabezas, H., Vujanovic, M., Duic, N. (2016). Environmental assessment of different cement manufacturing processes based on Emergy and Ecological Footprint analysis. *Journal of Cleaner Production*, 130, 213-221
- [5] Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y., Bosman, R. (2017). The blue and grey water footprint of construction materials: steel, cement and glass. *Water Resources and Industry*, 19, 1-12
- [6] Hosseini, S. M., Nezamoleslami, R. (2017). Water footprint and virtual water assessment in cement industry: A case study in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2454-2463
- [7] Eurostat (2008). *NACE Rev. 2: Statistical classification of economic activities in the European Community*. Methodologies and Working Papers, ISSN 1977- 0735.
- [8] Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών (IOBE) (2017). *Ο τομέας μεταποίησης στην Ελλάδα. Τάσεις και προοπτικές*. Ανάκτηση από:
http://iobe.gr/research_dtl.asp?RID=143
- [9] Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων Ελλάδος (n.d.). Ελληνική Τσιμεντοβιομηχανία. Ανάκτηση 26 Οκτωβρίου 2020 από:
<http://www.orykta.gr/ekmetalleusi-emploutismos/metallourgikes-diergasies/81elliniki-tsimentobiomihania>
- [10] Τσίμας, Σ., Τσιβιλής, Σ. (2010). ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- [11] Ένωση Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδος (n.d.). Παραγωγή Τσιμέντου. Ανάκτηση 26 Οκτωβρίου 2020 από:
<http://www.hcia.gr/el/statistical-elements/production>
- [12] Τσακίρης, Γ. (1995). Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Αθήνα . Εκδόσεις Συμμετρία
- [13] Eurostat (n.d.). *Water statistics*. Ανάκτηση στις 14 Απριλίου από:
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics#Water_uses
- [14] Makropoulos, C.K., Natsis, K., Liu, S., Mittas, K., Butler, D. (2008). Decision support for sustainable option selection in integrated urban water management. *Environmental Modelling & Software*, 23, 1448-1460.

- [15] European Environment Agency. (2003). *(WQ02e) Water use in urban areas* [Indicator Fact Sheet]. Ανάκτηση από: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-use-in-urban-areas/urbanwater_revoc03.pdf
- [16] Krinner, W., Lallana, C., Estrella, T. (1999). *Sustainable water use in Europe, Part 1: Sectoral use of water*. European Environment Agency. Ανάκτηση από: <https://www.eea.europa.eu/publications/binaryeenviasses01pdf>
- [17] Eurostat (n.d.). *Archive: Water use in industry*. Ανάκτηση στις 14 Απριλίου από: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Water_use_in_industry#Water_use_in_manufacturing_industry
- [18] Purnomo, C. W., Cahyono, R. B., Setiawan, A., Amin, N., Triyono. (2018) *Water and power consumption reduction by gas conditioning tower system modification in cement industry* [Paper Presentation]. 1st International Symposium of Indonesian Chemical Engineering (ISiChem). doi:10.1088/1757-899X/543/1/012051
- [19] Schorcht, F., Kourti, I., Scalet, B. M., Roudier, S., Sancho, L. D. (2013). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide*. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)
- [20] Valderamma, C., Granados, R., Cortina, J. L., Gasol, C. M., Guillem, M., Josa, A. (2011). Implementation of best available techniques in cement manufacturing: life-cycle assessment study. *Journal of Cleaner Production*, 25, 60-67
- [21] Cemex (2011). *2011 Sustainable Development Report*. Ανάκτηση από: <https://www.cemex.com/sustainability/reports/global-reports>
- [22] Cemex (2019). *2019 Integrated Report*. Ανάκτηση από: <https://www.cemex.com/sustainability/reports/global-reports>
- [23] Ηρακλής Όμιλος Εταιρειών. (2019). *Έκθεση Αειφορίας 2019*. Ανάκτηση από: <https://www.lafarge.gr/sustainability-reports>
- [24] Heidelberg Cement. (2019). *Sustainability Report 2019*. Ανάκτηση από: <https://www.heidelbergcement.com/en/sustainability-report>
- [25] China Resources Cement. (2019). *Social Responsibility Report 2019*. Ανάκτηση από: <https://www.crcement.com/home/Investorrelations/Resultsannouncement/EnvironmentalandSocialResponsibilityReport/>
- [26] Cementos Argos. (2019). *Integrated Report 2019*. Ανάκτηση από: <https://www.grupoargos.com/en-us/sustainability/integrated-report>
- [27] Hosseinian, S. M., Nezamoleslami, R. (2017). Water footprint and virtual water assessment in cement industry: A case study in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2454-2463
- [28] Holcim. (2014). *Corporate Sustainable Development Report 2014. Building on ambition*.
- [29] Holcim. (2013). *Building ambition, adding value. Corporate Sustainable Development Report 2013*.

- [30] Lafarge. (2012). Sustainability 11th Report 2011.
- [31] Holcim. (2012). Holcim's SD performance in 2012.
- [32] Holcim. (2010). Sustainable Development Report 2010.
- [33] Marceau, M.L., Nisbet, M.A., VanGeem, M.G. (2006). Life cycle inventory of Portland Cement Manufacture. *Portland Cement Association*
- [34] Hydraulic Binder Industries Union. (2002). Environmental inventory of French cement production. *Association technique des liants hydrauliques*. 24pp.
- [35] Gerbens-Leenes, W., Hoekstra, A. Y., (2008). *Business water footprint accounting. A tool to assess how production of goods and services impacts on fresh water resources worldwide*. Delft, The Netherlands: Unesco-IHE Institute for Water Education.
- [36] Ruini, L., Marino, M., Pignatelli, S., Laio, F., Ridolfi, L., (2013). Water footprint of a large-sized food company: The case of Barilla pasta production. *Water Resources and Industry*, 1-2, 7-24.
- [37] TITAN (2019). *Integrated Annual Report 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.titan-cement.com/integratedannualreport2019/index.html>
- [38] Απόφαση ΥΠΕΚΑ περί τροποποίησης της υπ' αριθμόν 143830/5-11-07 απόφασης Αθήνα 25-1-2011, ΚΥΑ 21398/2012 - ΦΕΚ 1470Β, ΑΔΑ 68ΒΔ4653Π8-ΑΟΥ
- [39] TITAN. (June 2016). Τιτάνες, Ανάκτηση από:
<https://www.titan.gr/el/newsroom/ekdoseis/titanes?page=2>
- [40] Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. (n.d). Κλιματικά δεδομένα για επιλεγμένους σταθμούς στην Ελλάδα. Ανάκτηση στις 10/7/2018 από:
http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Sterea&poli=Aliartos
- [41] Meteo News. (n.d) Το κλίμα της Αττικής. Ανάκτηση στις 10/7/2018 από:
<https://www.meteo24news.gr/>
- [42] Τσακαλάκης, Κ. (2019). *ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΚΑΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ*. Εργαστήριο εμπλουτισμού μεταλλευμάτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [43] Μπεάζη- Κατσιώτη, Μ. (1991). *ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΠΙΚΑΘΗΣΕΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΜΙΝΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΛΙΝΚΕΡ ΜΕ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ* [PhD Thesis]. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [44] Gong, C. , Zhou , X. , W . , Lu , L . , Cheng , X. (2018). Effects of cacarbamide on fluidity and setting time of sulphoaluminate cement and properties of planting concrete from sulphoaluminate cement. *Construction and Bulding Materials*, 182 , 290-297.
- [45] Alsop, P. A., Cheng, H., Chin- Fatt, A. L., Jackura, A. J., McCabe, M. I., Tseng, H. H. (2001). THE CEMENT PLANT OPERATIONS HANDBOOK: The concise guide to cement manufacture. *International Cement Review*
- [46] Kalkert, P., Kosetzki, N., Küllerzt, P.(2015). Kiln shell cooling by water evaporation, controlled by infrared temperature measurement. *Cement International*, 2/2015, 62-69

- [47] Riley, J. E. (1974). *Development Document for Effluent Limitations Guidelines and New Source Performance Standards for the Cement Manufacturing Point Source Category*. Washington: Environment Protection Agency
- [48] Lafarge Holcim.(n.d.). *Αειφόρος Ανάπτυξη*. Ανάκτηση 20 Οκτωβρίου από:
<https://www.lafarge.gr/nero>
- [49] Boldyryev, S. (2018). Heat Integration in Cement Production. *Cement Based Materials*. Ανάκτηση από:
<https://www.intechopen.com/books/cement-based-materials>
- [50] Bosman, R. (2016). *Water footprint of widely used construction materials – steel, cement and glass*. [Unpublished Master Thesis]. University of Twente, Netherlands
- [51] Σαλαπάτας, Γ. (2012). *ΧΡΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ* [Thesis]. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [52] Global Cement and Concrete Association (November 2018). *GCCA Sustainability Guidelines for the monitoring and reporting of water in cement manufacturing*.
- [53] Kumar, A. ,Thakur, A. S. (2017). Monitoring of physic-chemical parameters of waste water from cement industries. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, ISSN 2454-6348.
- [54] Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών (GEODATA). (n.d.) Χάρτης Λεκανών Απορροής. Ανάκτηση στις 6 Φεβρουαρίου από:
<http://geodata.gov.gr/>
- [55] Βλυσίδης, Α. (2007). *Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων και νερών*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Ανάκτηση από:
<http://users.ntua.gr/vlysidis/characteristics.pdf>
- [56] Hall, J. (2000). Environmental supply chain dynamics. *Journal of Cleaner Production*, 8, 455–471.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακας Α.1. Κύκλοι εργασιών ελληνικών βιομηχανιών στον τομέας Μεταποίησης, από επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας

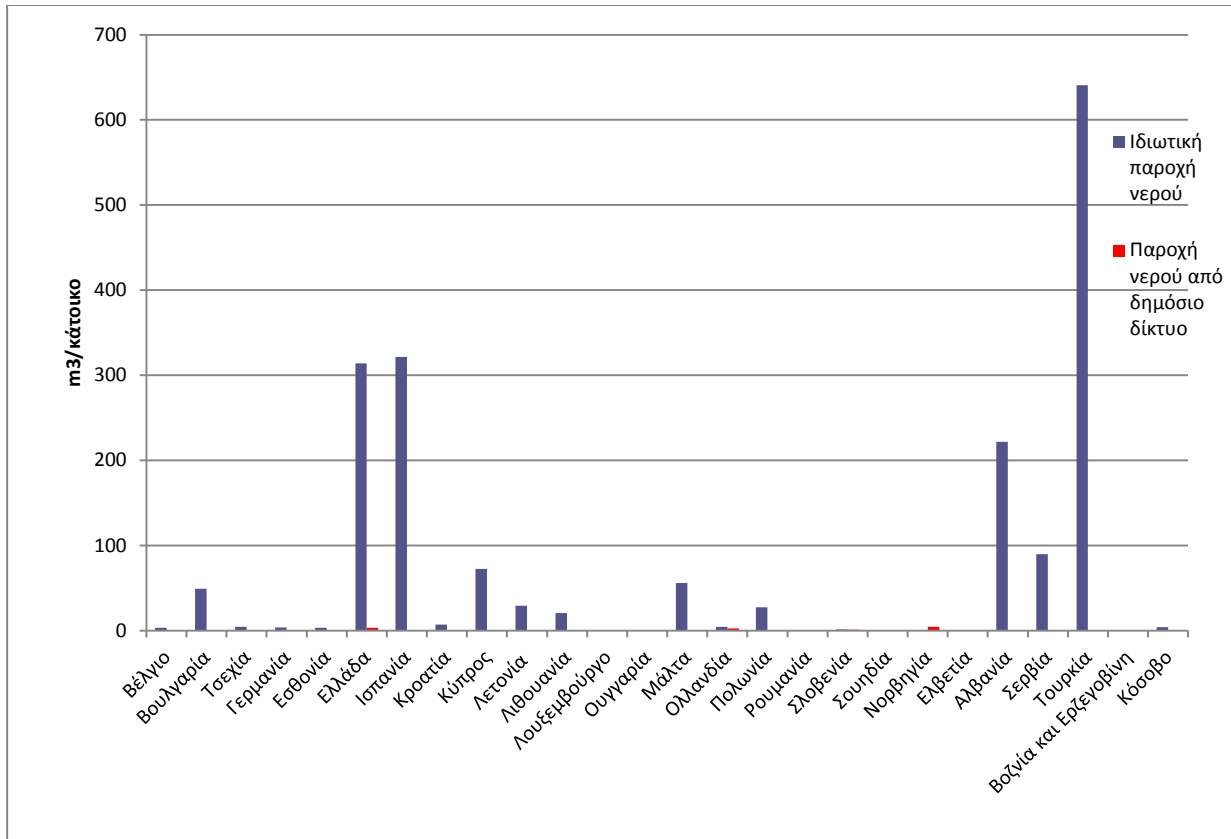
Βιομηχανικός Κλάδος	Επωνυμία Εταιρείας	Κύκλος Εργασιών	Παραγόμενο Προϊόν	Πηγή
Τρόφιμα	Chipita	485 εκατ ευρώ (2018) *	-	[1]
	Ελληνικά Γαλακτοκομεία ΑΕ.	282 εκατ ευρώ(2018)	164000tn γάλακτος (2018)	[2]
	ΙΟΝ Α.Ε.	113,32 εκατ ευρώ (2018)	18364 tn (2018)	[3]
	ΚΑΛΛΑΣ – ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε.Ε.	18,96 εκατ ευρώ (2018) 19,4 εκατ ευρώ (2019)	-	[4]
	NESTLE ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	3,96 εκατ ευρώ (2018) 3,48 εκατ ευρώ (2019)	-	[5]
	ΝΙΤΣΙΑΚΟΣ, Θ., Α.Β.Ε.Ε.	3,53 εκατ ευρώ (2018) 3,62 εκατ ευρώ (2019)	-	[6]
	ΔΕΛΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ Α.Ε.	244517 (2018)	-	[7]
Ποτά	Coca Cola , ΤΡΙΑ ΕΨΙΛΟΝ	480,7 εκατ ευρώ (2018) 475 εκατ ευρώ (2019)	577701 m ³ προϊόν (2016) 595792 m ³ προϊόν (2017)	[8], [9]
	Αθηναϊκή ζυθοποιία	324,7 εκατ ευρώ(2018) 334,5 εκατ ευρώ(2019)	2904 khl (2013) 2662 khl(2014)	[10], [11]
Προϊόντα καπνού	Παπαστράτος Α.Ε	482,56 εκατ ευρώ(2019)	-	[12]
Οπτάνθρακας και Διύλιση πετρελαίου	Ελληνικά Πετρέλαια	9769 εκατ ευρώ (2018)* 8857 εκατ ευρώ (2019)*	14,2 εκατ. tn (2019)	[13]
	ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ	9220 εκατ. ευρώ (2018)* 9370 εκατ. ευρώ (2019)*	14,4 εκατ. tn (2018)	[14]
Χημικά	ΣΑΡΑΝΤΗΣ, ΓΡ., Α.Β.Ε.Ε. ΟΜΙΛΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ	299,68 εκατ ευρώ (2017) 344 εκατ ευρώ (2018)	-	[15]
	ΜΕΓΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ Α.Ε.	168,44 εκατ ευρώ (2017)	-	[16]
	ΒΙΤΕΧ Α.Ε.	38 εκατ ευρώ (2018)	18760 tn (2018)	[17]

Φαρμακευτικά προϊόντα	NOVARTIS (HELLAS) A.E.B.E.	310,56 εκατ ευρώ (2018) 291,38 εκατ ευρώ (2019)	-	[18]
	BIANEE A.E.	276,8 εκατ. ευρώ (2018) 301,3 εκατ. ευρώ (2019)	100 εκατ. τμχ (2016)	[19], [20]
	Pfizer Hellas A.E.	226,980 εκατ ευρώ (2018)	-	[21]
Καουτσούκ και Πλαστικά	ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΘΡΑΚΗΣ A.B.E.E.	322,7 εκατ ευρώ (2018) 327,8 εκατ ευρώ (2019)	-	[22]
	ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ A.B.E.E.	139,2 εκατ ευρώ (2018) 144,5 εκατ ευρώ (2019)	-	[23]
Μη μεταλλικά ορυκτά	ΗΡΑΚΛΗΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ	250,8 εκατ ευρώ (2017) 244,6 εκατ ευρώ (2018) 232,1 εκατ ευρώ (2019)	-	[24]
	TITAN A.E.	229 εκατ ευρώ (2018) 245 εκατ ευρώ (2019)	-	[25]
	Χάλυψ Δομικά Υλικά A.E.	31,73 εκατ ευρώ (2018) 36,27 εκατ ευρώ (2019)	-	[26]
Βασικά μέταλλα	ΣΩΛΗΝΟΥΡΓΕΙΑ ΚΟΡΙΝΘΟΥ	429,73 εκατ ευρώ (2018) 355 εκατ ευρώ (2019)	-	[27]
	ΣΙΔΕΝΟΡ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΑΛΥΒΑ A.E.	389,1 εκατ ευρώ (2018) 345 εκατ ευρώ (2019)	-	[28]
	ΕΛΒΑΛΧΑΛΚΟΡ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΧΑΛΚΟΥ & ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	243,4 (2018) 231,6 (2019)	-	[29]
	ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ A.E.	150,5 εκατ ευρώ (2014)	-	[30]
Κατασκευή Ηλεκτρολογικ ού Εξοπλισμού	ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ A.E.	299,4 εκατ ευρώ(2017) 366,6 εκατ ευρώ(2018)	-	[31]
	Nexans ΕΛΛΑΣ A.B.E	96,4 εκατ ευρώ (2018) 99 εκατ ευρώ (2019)	-	[32]

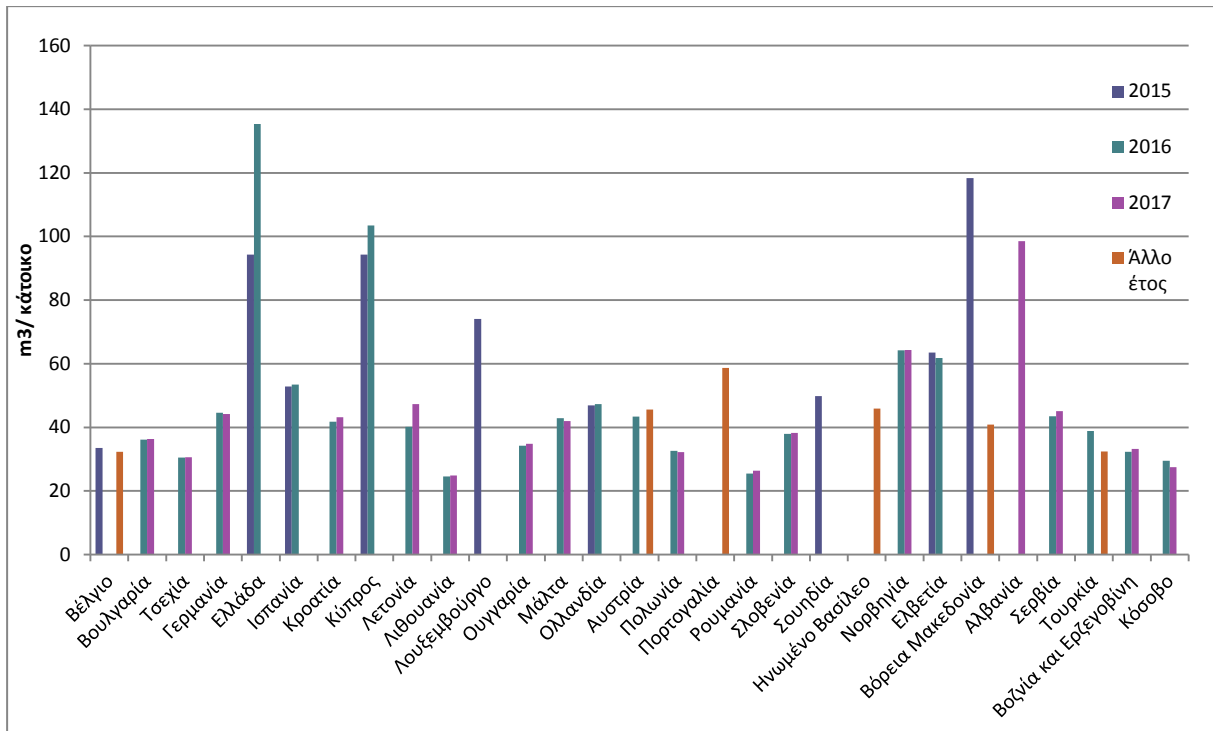
(*)Τα δεδομένα αφορούν μεγέθη του Ομίλου στον οποίο ανήκει η εταιρεία

Πίνακας Α.2. Κύκλοι εργασιών στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού, κλιματισμού, από επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας

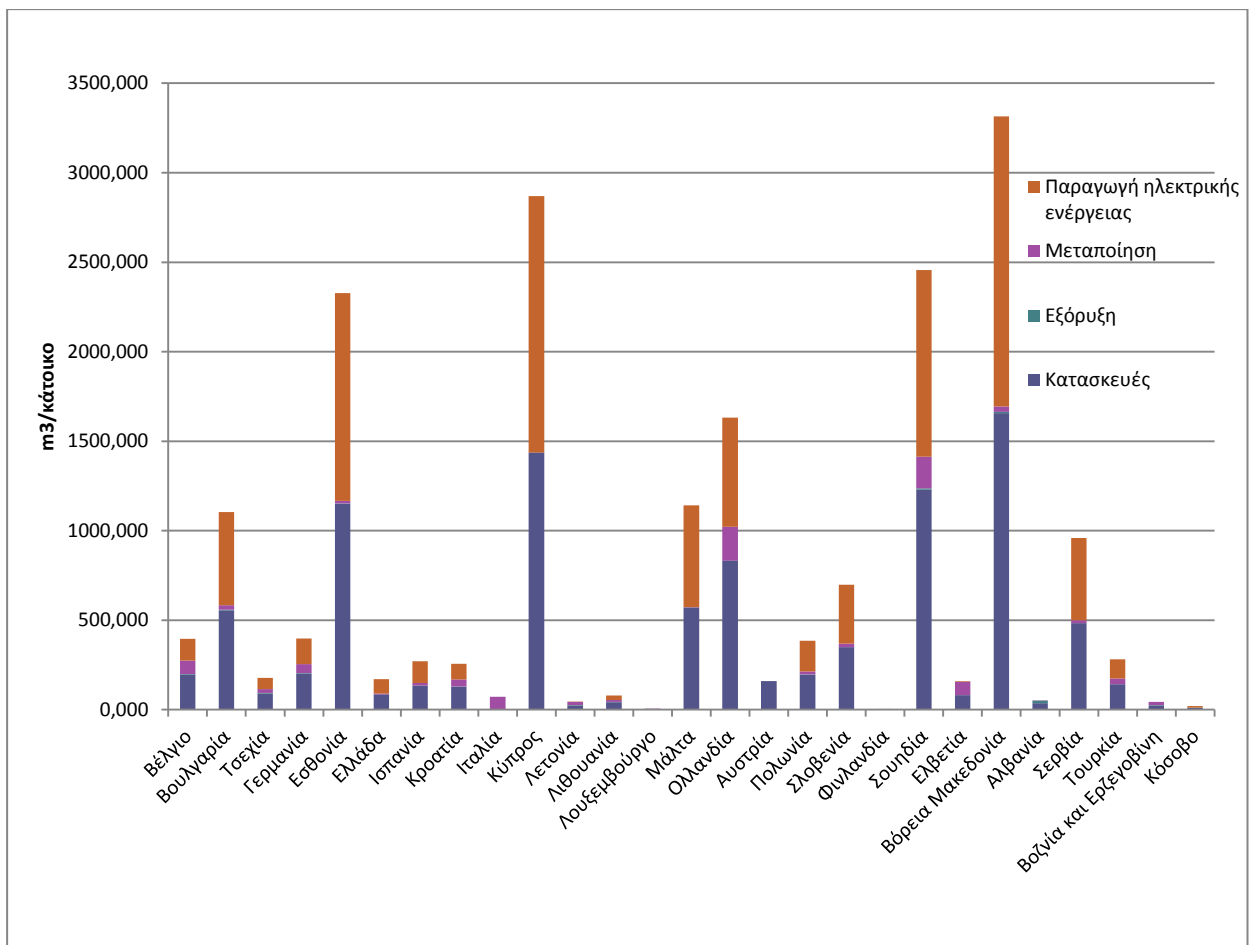
Κατηγορία	Επωνυμία Εταιρείας	Κύκλος Εργασιών	Παραγόμενο Προϊόν	Πηγή
Ηλεκτρικό ρεύμα	Δ.Ε.Η.	4594 εκατ ευρώ (2018)	Καθαρή παραγωγή ενέργειας : 27369 Gwh (2018)	[33]



Γράφημα Α.1. Χρήση νερού στον τομέα Γεωργίας, Δασοκομίας και Αλιείας για το έτος 2016 [34]



Γράφημα Α.2. Χρήση νερού για οικιακή χρήση, παροχή νερού από δημόσιο δίκτυο [34]



Γράφημα Α.3. Χρήση νερού στον τομείς Παραγωγής Ηλ. Ενέργειας, Μεταποίησης, Ορυχείων και Λατομείων, Κατασκευής για το έτος 2016, ιδιωτική παροχή νερού [34]

Πίνακας Α.3. Ελάχιστες και μέγιστες αντλήσεις νερού σε Ευρωπαϊκές χώρες [35]

	Έτος	Ελάχιστη	Μέγιστη (εκατ. m ³)	Ελλάδα
Άντληση επιφανειακού γλυκού νερού	2007	3 εκατ. m ³ (Δανία)	29077 (Ισπανία)	5821 εκατ. m ³
	2017	3 εκατ. m ³ (Μάλτα)	44553 (Τουρκία)	4386 εκατ. m ³
Άντληση υπόγειου γλυκού νερού	2007	27 εκατ. m ³ (Λουξεμβούργο)	12096 (Τουρκία)	3651 εκατ. m ³
	2017	εκατ. m ³ (Λουξεμβούργο)	15460 (Τουρκία)	6854 εκατ. m ³
Άντληση “non-fresh water”	2007	0 (Βέλγιο, Λετονία, Λουξεμβούργο και Βόρεια Μακεδονία)	11832 (Σουηδία)	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα.
	2017	0 (Βέλγιο, Βουλγαρία, Λετονία, Αυστρία και Σλοβενία)	10700 (Σουηδία)	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα.
Άντληση γλυκού νερού για αστική χρήση	2017	31.2 m ³ /κάτοικο (Μάλτα)	179.2 m ³ /κάτοικο (Ελλάδα)	-

Πίνακας Α.4. Κατανάλωση νερού και παραγωγή υγρών αποβλήτων στον τομέα της Μεταποίησης, από επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας

Βιομηχανικός Κλάδος	Επωνυμία Εταιρείας	Παραγόμενο Προϊόν	Συν. Κατανάλωση νερού	Ειδ. Κατανάλωση νερού	Παραγωγή ΥΑ	Παραγωγή ΥΑ ανά μονάδα προϊόντος	Πηγή
Τρόφιμα	NESTLE ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	-	466088 m ³ (2011)	-	154731 m ³ (2011)	-	[36]
	ION Α.Ε.	18364 tn (2018)	-	-	1884690 tn (2018)	102,63 tn water/tn product	[3]
	ΔΕΛΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ Α.Ε.	-	1353971 m ³ (2017) 1411184 m ³ (2018)	-	43760000 m ³ (2018)	-	[7]
Ποτά	Coca Cola , ΤΡΙΑ ΕΨΙΛΟΝ	577701 m ³ προϊόν (2016) 595792 m ³ προϊόν (2017)	1062970m ³ (2016) 1024763 m ³ (2017)	1,84 L/L προϊόντος (2016) 1,72 L/L προϊόντος (2017)	-	-	[9]
	Αθηναϊκή ζυθοποιία	290,4 m ³ (2013) 266,2 m ³ (2014)	-	4.6 L/L προϊόντος, (2013) 5 L/L προϊόντος, (2014)	-	-	[37]
Προϊόντα καπνού	Παπαστράτος Α.Ε	-	168128 m ³ (2018) 122192 m ³ (2019)	-	-	-	[12]
Οπτάνθρακας και Διύλιση πετρελαίου	Ελληνικά Πετρέλαια	-	11,8 εκατ. m ³ (2017)* 10 εκατ. m ³ (2018)*	-	8 εκατ. m ³ (2018) 7,1 εκατ. m ³ (2017)	-	[13]
	ΜΟΤΟΡ ΟΙΛ	13,8 εκατ. tn (2017) 14,4 εκατ. tn (2018)	3,932 εκατ. m ³ (2017)* 4,089 εκατ. m ³ (2018)* 4,077 εκατ. m ³ (2019)*	0,290 L/kg (2017) 0,296 L/kg (2018) 0,322 L/kg (2019)	3037895m ³ (2017) 3333545m ³ (2018) 3459835 m ³ (2019)	-	[14]
	ΣΑΡΑΝΤΗΣ, ΓΡ., Α.Β.Ε.Ε. ΟΜΙΛΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ	-	-	-	14743 m ³ (2018)	-	[15]
Χημικά	ΜΕΓΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ Α.Ε.	-	27020 m ³ (2016) 28918 m ³ (2017)	-	1629 m ³ (2015) 2077m ³ (2016) 2120m ³ (2017)	-	[16]
	VITEX Α.Ε.	18760 tn (2018)	8,73 εκατ m ³ (2018)	-	-	-	[17]
Φάρμακα	NOVARTIS (HELLAS) Α.Ε.Β.Ε.	-	4223 m ³ (2018) 3500 (2019)	-	-	-	[18]
	Pfizer Hellas Α.Ε.	-	1924 m ³ (2017) 1799 m ³ (2018)	-	-	-	[21]
Μη μεταλλικά ορυκτά	ΗΡΑΚΛΗΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ	-	1,222 εκατ. m ³ (2017) 1,144 εκατ. m ³ (2018) 1,058 εκατ. m ³ (2019)	0,24 L/kg τσιμέντου (2017) 0,14 L/kg τσιμέντου (2018) 0,17L /kg τσιμέντου (2019)	Εκροές : 610 χιλ m ³ (2017) 370 χιλ m ³ (2018) 179 χιλ m ³ (2019)	0,12 L/kg τσιμέντου (2017) 0,04 L/kg τσιμέντου (2018) 0,03 L/kg τσιμέντου	[24]

						(2019)	
	TITAN A.E.	-	10,8 εκατ. m ³ (2018) * 10,9 εκατ. m ³ (2019)*	Ειδ. Κατανάλωση νερού: 0,256 L/kg τσιμέντου (2018) 0,2559 L/kg τσιμέντου (2019)	-	-	[24]
Βασικά μέταλλα	ΕΛΒΑΛΧΑΛΚ ΟΡ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΧΑΛΚΟΥ & ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	-	-	Τομέας έλασης αλουμινίου 1,89 L/kg προϊόντος (2017) 2,02 L/kg προϊόντος (2018) 2,21 L/kg προϊόντος (2019)	-	-	[29]
				Τομέας σωλήνων χαλκού 1,25 L/kg προϊόντος (2017) 1,21 L/kg προϊόντος (2018) 1,22 L/kg προϊόντος (2019)			
	ΣΩΛΗΝΟΥΡ ΓΕΙΑ ΚΟΡΙΝΘΟΥ	-	-	0,23 L/kg προϊόντος (2017) 0,24 L/kg προϊόντος (2018) 0,22 L/kg προϊόντος (2019)	-	-	[27]
Κατασκευή ΗΛ. Εξοπλισμού	ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ Α.Ε.	-	32496 m ³ (2018)	-	-	-	[31]

(*): Τα δεδομένα αφορούν μεγέθη του Ομίλου στον οποίο ανήκει η εταιρεία, ΥΑ: Υγρά απόβλητα

Πίνακας Α.5. Κατανάλωση νερού και παραγωγή υγρών αποβλήτων στον τομέα Ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού, κλιματισμού, από επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας

Βιομηχανικός Κλάδος	Επωνυμία Εταιρείας	Παραγόμενο Προϊόν	Συν. Κατανάλωση νερού	Ειδ. Κατανάλωση νερού	Παραγωγή ΥΑ	Παραγωγή ΥΑ ανά μονάδα προϊόντος	Πηγή
Ηλεκτρικό ρεύμα	Δ.Ε.Η.	-	3247 εκατ m ³ (2016) 3126 εκατ m ³ (2017) 3341 εκατ m ³ (2018)	-	-	-	[33]

ΥΑ: Υγρά απόβλητα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πρώτες ύλες

Ο τόφφος ανήκει στα πυροκλαστικά πέτρωματα (pyroclastic rock), τα οποία σχηματίζονται όταν τα χαλαρά πυροκλαστικά υλικά(μεμονωμένα ηφαιστειακά θραύσματα) συγκολλούνται ή συμπαγοποιούνται. Διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το ποσοστό των πυροκλαστικών υλικών από τα οποία αποτελούνται. Υπάρχουν τρία είδη τόφφου: ο τόφφος (tuff, ash tuff) που είναι ένα πέτρωμα που αποτελείται κυρίως από στάχτη, ο τόφφος λιθαριών (lapilli tuff), ένα πέτρωμα που αποτελείται κυρίως από λιθάρια και το τοφφικό λατυποπαγές (tuff breccia), ένα πέτρωμα που αποτελείται από 25-75% τεμάχια ή/και βολίδες. [38] Πρόκειται για ένα ελαφρύ ορυκτό με μαλακή σύσταση ,γεγονός που καθιστά εύκολη την επεξεργασία του [39].

Ο ασβεστόλιθος είναι ιζηματογενές πέτρωμα, του οποίου το βασικό συστατικό είναι ο ασβεστίτης (CaCO_3). Εκτός του ασβεστίτη, συχνά περιέχει πυριτικές προσμίξεις, όπως κρυπτοκρυσταλλικές μορφές του χαλαζία (πυριτόλιθο ή χαλαζίτη), άργιλο και άμμο και μικρές ποσότητες μεταλλικών αλάτων [40]. Η απόθεση του ασβεστίτη μπορεί να είναι είτε χημική (κορεσμός λόγω εξάτμισης ή αύξησης συγκέντρωσης ή αλλαγής φυσικοχημικών σταθερών) είτε βιογενής από συσσώρευση και συμπαγοποίηση των σκελετικών στοιχείων διαφόρων ζωικών ή φυτικών οργανισμών μετά το θάνατό τους [41]. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα αποτελούν τη σημαντικότερη πρώτη ύλη για την παραγωγή του κλίνκερ/τσιμέντου, τα οποία εξορύσσονται επιφανειακά σε λατομεία κοντά στην τσιμεντοβιομηχανία. Ποσοστό περίπου 80% από τους 1,60-1,65 τόνους πρώτων υλών, που απαιτούνται για την παραγωγή 1 τόνου κλίνκερ, είναι ασβεστολιθικό υλικό, οπότε είναι προφανής η αναγκαιότητα γειτνίασης της θέσης εξόρυξης ασβεστολιθικών πετρωμάτων και της μονάδας παραγωγής κλίνκερ τσιμέντου [42].

Ο βωξίτης είναι μετάλλευμα που αποτελείται κυρίως από: υδροξείδια του αργιλίου, υδροξείδια / οξειδία του σιδήρου, οξείδιο του τιτανίου και εμπεριέχονται επίσης πυριτικά ορυκτά, όπως καολίνης και αλουνίτης [43].

Στη Γεωλογία ως «άργιλος» χαρακτηρίζεται κάθε ιζηματογενές πέτρωμα με μεγάλα ποσοστά υλικού που έχουν διάμετρο κόκκων $\delta < 2\mu\text{m}$. Τα κύρια αργιλικά ορυκτά είναι ο καολινίτης, ο ιλλίτης και ο μοντμοριλλονίτης [44].

Ο ψαμμίτης είναι κλαστικό ιζηματογενές πέτρωμα το οποίο αποτελείται από κόκκους άμμο που συγκρατούνται μαζί με ορυκτές συγκολλητικές ουσίες και κόκκους πετρωμάτων. Οι κόκκοι έχουν μέγεθος από 2 μέχρι 0,06 mm. Συνήθως οι κόκκοι είναι από χαλαζία ή άστριο, επειδή είναι άφθονοι στο φλοιό της Γης, ενώ επίσης μπορεί να υπάρχουν κόκκοι καολίνη ή μοσχοβίτη, οι οποίοι δίνουν αντίστοιχα τον καολινικό ψαμμίτη και τον μαρμαρυγιακό ψαμμίτη. Το συνδεδετικό υλικό ποικίλει και μπορεί να είναι άργιλος ή αργιλικός σχιστόλιθος ή ανθρακικό ορυκτό όπως ο ασβεστίτης ή σπανιότερα ο δολομίτης. Είναι πορώδης και έχει την ιδιότητα να φιλτράρει και να αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες υγρών και γι' αυτόν το λόγο είναι πολύτιμος για τη δημιουργία αποθεμάτων νερού και πετρελαίου. Εξορύσσεται κυρίως σε ογκόλιθους από ορυχεία ανοικτού λάκκου και στη συνέχεια μεταποιείται σε εργοστασιακές μονάδες [45].

Πίνακας Β.1.Εναλλακτικές πρώτες ύλες εργοστασίου Καμαρίου [46]

Περιγραφή	Προέλευση	Ενδεικτική ποσότητα (τόνοι)	Διαχείριση
Απόβλητα από την εκσκαφή ορυκτών που δεν περιέχουν μέταλλα	Λατομεία αδρανών	100.000	Μίγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος (ΜΧ)
Απόβλητα σκόνης και πούδρας εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 01 03 07 (ημιψημένη αλουμίνα)	Παραγωγή αλουμινίου	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Ερυθρά υλός από την παραγωγή αλουμίνας εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 01 03 07	παραγωγή αλουμίνας	50.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Απόβλητα χαλίκια και σπασμένοι βράχοι εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 01 04 07	λατομείο αδρανών υλικών	15.000	Μείγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Απόβλητα από την κοπή και το πριόνισμα πέτρας εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 01 04 07	επεξεργασία πέτρας	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως	επεξεργασία ορυκτών	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς ΜΧ

Απόβλητα από τη προπαρασκευή και κατεργασία βρώσιμων ελαίων κλπ (ενεργός άνθρακας και γη διατόμων)	προπαρασκευή και κατεργασία βρώσιμων ελαίων	10.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Εξαντλημένοι καταλύτες διυλιστηρίων, Απόβλητα από τη διάλυση του πετρελαίου μη προδιαγραφόμενα άλλως	Εταιρείες Διαχείρισης αποβλήτων, διυλιστήρια	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Φύσματα πυρίτη (ryhle ash)	Παραγωγή οξέων, αζώτου και λιπασμάτων	80.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
απόβλητα αντιδράσεων με βάση το ασβέστιο, που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες ή έχουν μολυνθεί από αυτές	παραγωγή φωσφορικών ενώσεων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
απόβλητα αντιδράσεων με βάση το ασβέστιο εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 06 09 03	Παραγωγή φωσφορικών ενώσεων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως	Παραγωγή οξέων, αζώτου και λιπασμάτων	80.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Τέφρα κλιβάνου (bottomash), σκωρία και σκόνη λέβητα (εξαιρουμένης της σκόνης λέβητα που περιλαμβάνεται στο σημείο 10 01 04)	Βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	150.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Υγρή Ιπτάμενη Τέφρα	Βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	150.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Ιπτάμενη Τέφρα	Βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	200.000	Πρώτη ύλη τσιμέντου
Πτητική τέφρα τύφης και (ακατέργαστου) ξύλου	Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί ή άλλοι σταθμοί καύσης	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Απόβλητα αντιδράσεων με βάση ασβέστιο από αποδέσωση καυσσέρων σε στερεά μορφή π.χ. τεχνητή γύψος	βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	40.000	Πρώτη ύλη τσιμέντου
Απόβλητα αντιδράσεων με βάση ασβέστιο από αποδέσωση καυσσέρων σε μορφή λάσπης (Υγρή Ιπτάμενη Τέφρα)	θερμοηλεκτρικοί σταθμοί ή άλλοι σταθμοί καύσης	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος

Τέφρα κλιβάνου, σκωρία και σκόνη λέβητα από κοινή καύση εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 10 01 14	Βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή άλλοι σταθμοί καύσης	30.000	Πρώτη ύλη φαρινάς
Πτητική τέφρα από κοινή αποτέφρωση εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 10 01 16	Αποτεφρωτήρες	5.000	Πρώτη ύλη φαρινάς
Απόβλητα από την επεξεργασία σκωρίας	Βιομηχανίες παραγωγής σιδήρου και χάλυβα	30.000	Πρώτη ύλη φαρινάς
Ανεπεξεργαστή σκωρία , Απολείψματα σιδήρου (ILS).	Βιομηχανίες εξέλασης σιδήρου	120.000	Πρώτη ύλη φαρινάς
Τεχνητή ποζολάνη (σκωρίες υψικαμίνων: Blast Furnace Slag - BFS).	Βιομηχανίες παραγωγής σιδήρου και χάλυβα	50.000	Πρώτη ύλη ταιμέντου
Στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 10 02 07	Βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Σκωρίες εξέλασης	βιομηχανίες εξέλασης σιδήρου	120.000	Πρώτη ύλη φαρινάς
Ασβεστοπυρική σκωρία καδού χύτευσης χάλυβα	Βιομηχανίες παραγωγής χάλυβα	10.000	Πρώτη ύλη φαρινάς
Απόβλητα αλουμινιάς	θερμική μεταλλουργία αλουμινίου	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Εξαρτήματα από τη θερμική μεταλλουργία αλουμινίου εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 10 03 15	Μεταλλουργία αλουμινίου	5.000	Πρώτη ύλη φαρινάς
Σκωρίες πρωτογενούς και δευτερογενούς	θερμική μεταλλουργία χάλυβα	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Σωματίδια και σκόνη	παραγωγή κεραμικών, τουβλών, κεραμιδιών, και προϊόντων δομικών κατασκευών	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος

Απορριπτόμενα καλούπια	παραγωγή κεραμικών, τουβλών, κεραμιδιών, και προϊόντων δομικών κατασκευών	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Απόβλητα κεραμικών, τουβλών, κεραμιδιών και προϊόντων δομικών κατασκευών (μετά από θερμική επεξεργασία)	παραγωγή κεραμικών, τουβλών, κεραμιδιών, και προϊόντων δομικών κατασκευών	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Απόβλητα σμαλτοποίησης εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 10 12 11	παραγωγή κεραμικών, τουβλών, κεραμιδιών, και προϊόντων δομικών κατασκευών	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως	παραγωγή κεραμικών, τουβλών, κεραμιδιών, και προϊόντων δομικών κατασκευών	5.000th	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Απόβλητο μείγμα προπαρασκευής πριν τη θερμική κατεργασία	παραγωγή ταιμέντου, ασβέστου και προϊόντων αυτών	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Σκόνη και σωματίδια (φαρίνα από ηλεκτροστατικά φίλτρα)	Εργοστάσια ταιμέντου	15.000	Πρώτη ύλη φαρινάς ή ταιμέντου
Υπολείμματα σκυροδέματος από σχήματα (βαρέλες) και αποξηραμένη λάσπη από δεξαμενές καθίζησης υγρών υπολειμμάτων	Μονάδες έτοιμου σκυροδέματος	100.000	Πρώτη ύλη φαρινάς
Απόβλητα υλικών αμμοβολής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	επεξεργασία μεταλλικών σφραγισμάτων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Απόβλητα υλικών αμμοβολής εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 12 01 16	επεξεργασία μεταλλικών σφραγισμάτων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Γυάλινη συσκευασία	μονάδες ανακύκλωσης	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Σιδηρούχα μέταλλα από ΟΤΚΖ	διάλυση ΟΤΚΖ	10.000	Πρώτη ύλη φαρινάς

Εξαντλημένοι καταλύτες διυλιστηρίων που περιέχουν επικίνδυνα μεταβατικά μέταλλα ή επικίνδυνες ενώσεις μεταβατικών μετάλλων	εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων, διυλιστήρια	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Εξαντλημένοι καταλύτες που περιέχουν μεταβατικά μέταλλα ή ενώσεις μεταβατικών μετάλλων μη προδιαγραφόμενα άλλως	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων, διυλιστήρια	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Εξαντλημένοι καταλύτες πυρόλυσης ρευστής κλίσης (εκτός από το σημείο 16 08 07)	διυλιστήρια	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Άλλα υλικά επένδυσης και εμαγιέ για πυρίμαχες επιφάνειες από μεταλλουργικές διαδικασίες εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 16 11 03	Θερμικές μεταλλουργικές διεργασίες	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Πυρίμαχα – πυρότουβλα κλιβάνου	κατεδαφίσεις θερμοδομικών κλιβάνων π.χ. τσιμέντου	10.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Υλικά από κατεδαφίσεις (σκυροδέμα)	κατεδαφίσεις κτιρίων/μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ	100.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Υλικά από κατεδαφίσεις (τουβλά)	Κατεδαφίσεις κτιρίων/Μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ	100.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Υλικά από κατεδαφίσεις (πλακάκια και κεραμικά)	Κατεδαφίσεις κτιρίων/Μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ	50.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Μίγμα σκυροδέματος, τουβλών, πλακιδίων και κεραμικών εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 17 01 06	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Γυαλί	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς ΜΧ
Χώματα και πέτρες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	κατεδαφίσεις κτιρίων/μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ	50.000	Πρώτη ύλη φαρμάς

Χώματα και πέτρες άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 17 05 03*, Χώματα εκκαθαρών	μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ/δημόσια έργα	400.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Μπόζα εκκαθαρών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χυμάτος
Μπόζα εκκαθαρών άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 17 05 05*	μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ/δημόσια έργα	200.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Έρμα σιδηροτροχιών που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χυμάτος
Έρμα σιδηροτροχιών εκτός εκείνου που περιλαμβάνεται στο σημείο 17 05 07	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χυμάτος
Υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο εκτός μολυσμένα με επικίνδυνες ουσίες	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χυμάτος
Υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 17 08 01	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μίγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χυμάτος
Μίγματα αποβλήτων δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στα σημεία 17 09 01, 17 09 02, 17 09 03 π.χ. υποβαθμισμένο τσιμέντο	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	50.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Προαναμιγμένα απόβλητα από φυσικοχημικές καταργασίες αποβλήτων που αποτελούνται μόνο από μη επικίνδυνα απόβλητα	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Προαναμιγμένα απόβλητα από φυσικοχημικές καταργασίες αποβλήτων που περιέχουν ένα τουλάχιστον επικίνδυνο απόβλητο	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Μερικώς σταθεροποιημένα απόβλητα	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Σταθεροποιημένα απόβλητα άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 19 03 04*	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Απόβλητα τα οποία σημειώνονται με * ως επικίνδυνα και τα οποία είναι στερεοποιημένα	Μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	60.000	Πρώτη ύλη φαρμάς
Στερεοποιημένα απόβλητα άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 19 03 05*	Μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρμάς

Χώματα και πέτρες άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 17 05 03*, Χώματα εκσκαφών	μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ/δημόσια έργα	400.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Μπαζα εκσκαφών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Μπαζα εκσκαφών άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 17 05 05*	μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ/δημόσια έργα	200.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Έρμα σιδηροτροχιών που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Έρμα σιδηροτροχιών εκτός εκείνου που περιλαμβάνεται στο σημείο 17 05 07	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο εκτός μολυσμένα με επικίνδυνες ουσίες	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 17 08 01	μονάδες ΑΕΚΚ	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Μήγματα αποβλήτων δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στα σημεία 17 09 01, 17 09 02, 17 09 03 π.χ. υποβαθμισμένο τσιμέντο	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	50.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Προαναμιγμένα απόβλητα από φυσιοχημικές κατεργασίες αποβλήτων που αποτελούνται μόνο από μη επικίνδυνα απόβλητα	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Προαναμιγμένα απόβλητα από φυσιοχημικές κατεργασίες αποβλήτων που περιέχουν ένα τουλάχιστον επικίνδυνο απόβλητο	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Μερικώς σταθεροποιημένα απόβλητα	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Σταθεροποιημένα απόβλητα άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 19 03 04*	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Απόβλητα τα οποία σημειώνονται με * ως επικίνδυνα και τα οποία είναι στερεοποιημένα	Μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	60.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Στερεοποιημένα απόβλητα άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 19 03 06*	Μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	30.000	Πρώτη ύλη φαρίνας

Λάσπες που περιέχουν ουσίες από άλλη κατηγορία αποβλήτων βιομηχανικών υδάτων	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Λάσπες από άλλη επεξεργασία αποβλήτων βιομηχανικών υδάτων εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 19 08 13	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Λάσπες από τη διαύγαση του νερού	μονάδες επεξεργασίας νερού	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Απόβλητα από κατεμαχισμό αποβλήτων σιδήρου ή χάλυβα που περιέχουν μέταλλα	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	20.000	Πρώτη ύλη φαρίνας
Γυαλί	Μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Ορυκτά (άμμος, πέτρες)	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Στερεά απόβλητα από την εξυγίανση χυμάτων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Στερεά απόβλητα από την εξυγίανση χυμάτων εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 19 13 01	μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Γυαλιά	χωριστά συλλεγμένα γυαλιά οικιακής ή βιομηχανικής προέλευσης	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος
Χώματα και πέτρες	Απόβλητα κήπων και πάρκων	5.000	Μείγμα πρώτων υλών προς Μύλο Χώματος

MX: Μύλος άλεσης πρώτων υλών, MT: Μύλος τσιμέντου

Θραύση πρώτων υλών

Θραυστήρες με σφυριά (hammer crushers): βρίσκουν εφαρμογή στη μείωση του μεγέθους σκληρού έως μετρίως σκληρού ασβεστόλιθου και μερικές φορές στη θραύση της μάργας. Ο λόγος σμίκρυνσης είναι αρκετά ψηλός και φθάνει σε τιμές 1:40 έως 1:60, εξαρτώμενος κυρίως από τη φύση του υλικού. Βασίζονται στη σφοδρή πρόσκρουση των τεμαχίων στην ακίνητη επιφάνεια, που αποτελούν τα τοιχώματα του θραυστήρα που είναι κατάλληλα επενδεδυμένα εσωτερικά. Τα τεμάχια του υλικού τροφοδοτούνται από το πάνω άνοιγμα και εκσφενδονίζονται

από τα ταχέως περιστρεφόμενα σφυριά ενάντια στις ακίνητες πλάκες και θραύονται με πρόσκρουση, ως συνέπεια της υψηλής κινητικής τους ενέργειας. Θραυστήρες τέτοιου τύπου είναι κατάλληλοι για υλικό με υγρασία.

Θραυστήρες με σιαγόνες (jaw crushers): χρησιμοποιούνται για τη θραύση μεγάλων ποσοτήτων υλικών τόσο των πρώτων υλών όπως εξέρχονται από το λατομείο, όσο και του κλίνκερ όπως αυτό βγαίνει στην έξοδο του ψυγείου της περιστροφικής καμίνου, όπου υπάρχουν μεγάλα κομμάτια προερχόμενα κυρίως από τις κολλησιές του φούρνου. Ενδείκνυνται για υλικά που δεν έχουν υγρασία και, λόγω του γεγονότος ότι μπορούν να δεχθούν μεγάλα κομμάτια, μπορούν να εφαρμοσθούν σε περιπτώσεις πρωτογενούς θραύσης, όπου συνδυάζονται με θραυστήρα με κυλίνδρους για τη συμπληρωματική ελάττωση μεγέθους. Η θραύση γίνεται μεταξύ των δύο σιαγόνων, εκ των οποίων η μία είναι ακίνητη, ενώ η άλλη κινητή και πλησιάζει και απομακρύνεται με παλινδρομικές κινήσεις από την ακίνητη με ταχύτητα μεταξύ 250-400 rpm.

Στρομβικοί θραυστήρες (gyratory crushers): στηρίζονται στην ίδια αρχή με του θραυστήρες με σιαγόνες, δηλαδή στις δύο επιφάνειες θραύσης από τις οποίες η μία προσεγγίζει και απομακρύνεται περιοδικώς από την άλλη, η οποία και είναι ακίνητη. Η διαφοροποίηση συνίσταται στο γεγονός ότι η προσέγγιση αυτή γίνεται με περιστροφική κίνηση και έτσι υπάρχει το πλεονέκτημα της συνεχούς λειτουργίας. Χρησιμοποιούνται κυρίως για πρωτογενή θραύση και θεωρούνται οικονομικότεροι των θραυστήρων με σιαγόνες. Δεν ενδείκνυνται για υλικά με υγρασία λόγω του κινδύνου προσκόλλησης του υλικού στα τοιχώματα του θραυστήρα.

Θραυστήρες με κυλίνδρους(roll crushers): η θραύση γίνεται με συμπίεση της ουσίας μεταξύ δύο κυλίνδρων που περιστρέφονται ο ένας κοντά στον άλλο με αντίθετη φορά. Οι επιφάνειες των κυλίνδρων είναι λείες ή με δόντια και η απόσταση μεταξύ τους καθορίζεται από το μέγεθος των σωματιδίων της τροφοδοσίας και τις απαιτήσεις ως προς την λεπτότητα του προϊόντος. Χρησιμοποιούνται κυρίως για θραύση υλικών με υγρασία και θεωρούνται ιδανικοί για προετοιμασία υλικού για υγρή άλεση. Επίσης χρησιμοποιούνται για θραύση τεμαχίων που είναι σχετικά ομοιόμορφα και έχουν ενδιάμεσο μέγεθος [47].

Άλεση πρώτων υλών

Ο κάθετος μύλος είναι σχεδιασμένος για αερομεταφορά του αλεσμένου υλικού και χαρακτηρίζεται από την μεγάλη ικανότητα ξήρανσης. Η άλεση, ξήρανση και διαχωρισμός του υλικού γίνεται σε περιορισμένο χώρο. Στους κατακόρυφους μύλους άλεσης η τροφοδοσία εισέρχεται στο κέντρο της μεταλλικής επιφάνειας άλεσης η οποία περιστρέφεται (μέσω κινητήρα). Έτσι υπό την επίδραση της κεντρομόλου δύναμης το υλικό εκτοπίζεται στις άκρες της μεταλλικής επιφάνειας όπου συνθλίβεται από τους κυλίνδρους άλεσης. Το λεπτόκοκκο υλικό που προκύπτει παρασύρεται από το ρεύμα θερμών αερίων που εισέρχονται στο σύστημα, οδηγείται στον αεροδιαχωριστή και στην συνέχεια εξέρχεται από την διάταξη. Τα μεγαλύτερα σωματίδια δεν παρασύρονται από τα αέρια και ξαναπέφτουν στην μεταλλική επιφάνεια, όπου συνθλίβονται ξανά μέχρι να μειωθεί το μέγεθός τους. Η επαφή με τα θερμά αέρια ξηραίνει το υλικό , απομακρύνοντας την υγρασία [48]. Οι σφαιρόμυλοι μπορούν να είναι είτε 2 είτε περισσότερων διαμερισμάτων. Κάθε διαμέρισμα έχει χαλύβδινες σφαίρες διαφορετικών διαμέτρων, οι οποίες εξαρτώνται από το μέγεθος των πρώτων υλών με τα οποία τροφοδοτείται ο μύλος. Οι σφαίρες του πρώτου διαμερίσματος έχουν διαμέτρους που κυμαίνονται από 60-90mm, ενώ του δεύτερου από 15-40 mm [49]. Κατά την περιστροφή του σφαιρόμυλου, οι χαλύβδινες σφαίρες υψώνονται μέχρι κάποιο ύψος και στην συνέχεια πέφτουν πάνω στις πρώτες ύλες , αλέθοντάς τες [50]. Η διάταξη συμπληρώνεται με στατικούς διαχωριστές και αεροδιαχωριστές για ταξινόμηση και έλεγχο του μεγέθους του προϊόντος και με σακκόφιλτρα ή

ηλεκτροστατικούς διαχωριστές για τον περιορισμό των στερεών εκπομπών (λεπτομερών τεμαχιδίων) στην ατμόσφαιρα. Στον μύλο διοχετεύεται ρεύμαθερμού αέρα που απάγει την υγρασία που περιέχεται στις πρώτες ύλες [47].

Έψηση

Το φυσικό αέριο είναι το πιο εύχρηστο καύσιμο, αφού λόγω της καθαρότητάς του δεν εισάγονται στην κάμινο άλλα συστατικά, τα οποία επηρεάζουν τις φυσικοχημικές δράσεις που πραγματοποιούνται. Η χρήση μαζούτ, παρότι από οικονομική σκοπιά συνιστάται, δημιουργεί πολλά προβλήματα, κυρίως στο περιβάλλον αλλά και στην ποιότητα του προϊόντος λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε θειικά (S:4-%). Σήμερα οι περισσότερες βιομηχανίες χρησιμοποιούν κάρβουνο και κοκ είτε ανεξάρτητα το καθένα είτε σε συγκεκριμένες αναλογίες.

Πίνακας Β.2. Εναλλακτικά καύσιμα εργοστασίου Καμαρίου [46]

Group 1: Ξύλο, χαρτί, χαρτόνι					
κατηγορία αποβλήτου και κωδικός ΕΚΑ	περιγραφή	Προέλευση	Ποσότητα	Αποθήκευση/δι-ακίνηση	Τελική διαχείριση
κατηγορία 02: απόβλητα από τη γεωργία, κηπευτική, δασοκομία					
02 01 03	Απόβλητα ιστών φυτών	Παραγωγοί / Εταιρίες δια-χείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον ΠΚ
02 01 07	Απόβλητα δασοπονίας	Παραγωγοί / Εταιρίες δια-χείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον ΠΚ
20 01 01	Χαρτιά και	απόβλητα	10t/h ανά	Σιλό	Θερμική
	χαρτόνια που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν	γεωργίας	εγκατάσταση	αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
κατηγορία 03: απόβλητα από την κατεργασία ξύλου, χαρτού και χαρτονιού					
03 01 04*	Πριονίδια, έσματα, αποκομμένα τεμάχια, κατάλοιπα ξυλείας, μορισσανίδες και καπλάμαδες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες.	Μονάδες κατεργασίας ξύλου, παραγωγής ταμπλάδων και επιπέδων	2.000t/έτος 10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
03 01 05	Πριονίδια, έσματα, αποκομμένα τεμάχια, κατάλοιπα ξυλείας, μορισσανίδες και καπλάμαδες εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 03 01 04	Μονάδες κατεργασίας ξύλου, παραγωγής ταμπλάδων και επιπέδων	10t/h ανά εγκατάσταση	Υπαίθρια αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς/ μεταφορά με ραουλοδρόμους	Θερμική αξιοποίηση στον ΠΚ
03 03 07	Μηχανικές απορρίψεις από τη πολυποίηση αποβλήτου χαρτιού και χαρτονιού	Παραγωγή, κατεργασία πολτού, χαρτιού, χαρτονιού	10t/h ανά εγκατάσταση	κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον ΠΚ
03 03 08	Απόβλητα από την επιλογή χαρτιού και χαρτονιών που προορίζονται για ανακύκλωση	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΧΑΡΤΙΟΥ	10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
κατηγορία 15: απόβλητα από συσκευασίες, απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίσματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικός ρουχισμός					
15 01 01	συσκευασίες χαρτιού-χαρτονιού	Παραγωγή ταμπέτου	10t/h ανά εγκατάσταση	Υπαίθρια αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς/ μεταφορά με ραουλοδρόμους	Θερμική αξιοποίηση στον ΠΚ
15 01 03	ξύλινες συσκευασίες	Παραγωγή ταμπέτου	10t/h ανά εγκατάσταση	Υπαίθρια αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς/ μεταφορά με ραουλοδρόμους	Θερμική αξιοποίηση στον ΠΚ
15 02 03	Απορροφητικά υλικά, υλικά φίλτρων, υφάσματα σκουπίσματος και	Παραγωγή ταμπέτου	10t/h ανά εγκατάσταση	Υπαίθρια αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς/	Θερμική αξιοποίηση στον ΠΚ

	προστατευτικός ρουχισμός άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 15 02 02			μεταφορά με ραουλοδόρους	
κατηγορία 17: απόβλητα από κατασκευές και καταδαφίσεις (περιλαμβανομένου χυμάτος εξορυγμένου από ρυπαρισμένες περιοχές)					
17 02 01	Έπιλο από κατασκευές και καταδαφίσεις	Μονάδες ΑΕΚΚ/ καταδαφίσεις	10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
Group 2: Υφάσματα					
κατηγορία αποβλήτου και κωδικός ΕΚΑ	περιγραφή	Προέλευση	Ποσότητα	Αποθήκευση/ διακίνηση	Τελική διαχείριση
κατηγορία 04: απόβλητα από τις βιομηχανίες δερμάτιν, γούνας και υφαντουργίας					
04 02 09	Απόβλητα από τη βιομηχανία υφαντουργίας (εμποτισμένα υφαντά, ελαστομερή, πλαστομερή)	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτου.	10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
15 01 05	Συνθετική συσκευασία	Μονάδες ανακύκλισης	10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
15 01 09	Συσκευασία από υφαντουργικές υλές	Διάφορες βιομηχανικές διεργασίες	10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
κατηγορία 19: απόβλητα από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και τη βιομηχανία νερού					
19 12 08	υφαντικές υλές από τη μηχανική κατεργασία αποβλήτων	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων.	10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
Group 3: Πλαστικά					
κατηγορία αποβλήτου και κωδικός ΕΚΑ	περιγραφή	Προέλευση	Ποσότητα	Αποθήκευση/ διακίνηση	Τελική διαχείριση
κατηγορία 02: απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα & αλιεία, προετοιμασία & επεξεργασία τροφίμων					
02 01 04	Απόβλητα πλαστικά (εξαιρούνται οι συσκευασίες)	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
κατηγορία 12: απόβλητα από τη μόρφωση και επιφανειακή επεξεργασία μετάλλων και πλαστικών					
12 01 05	αποξέσματα & προϊόντα τόνευσης	Παράγωγοι / Εταιρείες διαχείρισης	10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευσης, κλειστό	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως

	πλαστικών	αποβλήτων		κύκλωμα μεταφοράς	καυσήτρα των ΓΚ
κατηγορία 15: απόβλητα από συσκευασίες απορροφητικά υλικά, υφάσματα ακουμπήματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικός ρουχισμός μη προδιαγραφόμενα άλλως					
15 01 02 15 01 06	πλαστική συσκευασία μικτή συσκευασία	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
κατηγορία 17: απόβλητα από κατασκευές και καταβρίσεις (περιλαμβανομένου χύματος εδωρημένου από ρυπασμένες περιοχές)					
17 02 03	πλαστικό	Μονάδες ΑΕΚΚ	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
κατηγορία 20: Δημοτικά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα περιλαμβανομένων μερών χωριστά συλλεγόντων					
20 01 39	πλαστικά	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
Group 4: RDF/SRF					
κατηγορία αποβλήτων και κωδικός ΕΚΑ	περιγραφή	Προέλευση	Ποσότητα	Αποθήκευση/ Διακίνηση	Τελική διαχείριση
κατηγορία 19: απόβλητα από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και τη βιομηχανία νερού					
19 05 01	Μη λιπασματοποιημένο τμήμα των δημοτικών και παρόμοιων αποβλήτων	Μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
19 05 02	Μη λιπασματοποιημένο τμήμα ζωικών και φυτικών αποβλήτων	Μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
19 05 03	Προϊόντα λιπασματοποίησης εκτός προδιαγραφών	Μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
19 05 99	Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως	Χωριστά συλλεγόμενα χαρτιά & χαρτόνια οικιακής ή βιομηχανικής προέλευσης	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
19 12 10	Δευτερογενές καύσιμο RDF (Refuse Derived Fuel), καύσιμα απόβλητα καύσιμα	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση (87.000t/y ανά	Αποθήκευση χύδην σε σιλό ή συσκευασμένο σε	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ

	προερχόμενα από απορρίμματα)		εγκατάσταση	containers	
19 12 01	Χαρτί και χαρτόνι	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
19 12 04	Πλαστικά και καουτσούκ	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
19 12 06*	Εύλο που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	2.000t/έτος 10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
19 12 07	Εύλο που δεν περιέχει επικίνδυνες ουσίες	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση (1)	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
19 12 08	Υφαντές ύλες	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
19 12 12	Καύσιμο προερχόμενο από απορρίμματα, Απόβλητα & μίγματα υλικών που δεν περιέχουν επικίνδυνες ουσίες (Εναλλακτικό Στερεό Καύσιμο ASF)	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων (π.χ. Polyeco)	10t/h ανά εγκατάσταση (87.000t/y ανά εγκατάσταση)	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ
Group 5: ελαστικά λάστιχα					
κατηγορία αποβλήτων και κωδικός ΕΚΑ	περιγραφή	Προέλευση	Ποσότητα	Αποθήκευση/ Διακίνηση	Τελική διαχείριση
16 01 03	Ελαστικά στο τέλος του κύκλου ζωής	Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης	3t/h (1) (30.000t/y)	Υπαίθρια αποθήκευση, μεταφορά με ραυλοδρόμους	Θερμική αξιοποίηση στον ΓΚ
16 01 19	Πλαστικά από ΟΤΚΖ	Εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση	κλειστό κύκλωμα μεταφοράς/ Υπαίθρια αποθήκευση, μεταφορά με ραυλοδρόμους	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυσήτρα των ΓΚ

κατηγορία αποβλήτου και κωδικός ΕΚΑ	περιγραφή	προέλευση	ποσότητα	Αποθήκευση/ διακίνηση	Τελική διαχείριση
κατηγορία 03: απόβλητα από την κατηγορία ξύλου και την παραγωγή ταμπάκων και επιπλων, καθώς και πόλτου, χαρτί και χαρτονίου					
03 03 02	Μούρα πράσινου υγρού (από την ανάκτηση διαλυμάτων πόλτου)	Παράγωγη, κατηγορία πόλτου, χαρτί, χαρτονίου	2t/h	κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΓΚ
03 03 05	Λάσπες απομείωσης από την ανακύκλωση χαρτί	Παράγωγη, κατηγορία πόλτου, χαρτί, χαρτονίου	2t/h	κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΓΚ
Group 7: ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων					
κατηγορία 19: απόβλητα από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και τη βιομηχανία νερού					
19 08 05	Λάσπες από την επεξεργασία αστικών λυμάτων (Βιομάζα) π.χ. ιλύς βιολογικού καθαρισμού Ψυτάλειας	Εγκατάσταση επεξεργασίας λυματολάσπης	10t/h ανά εγκατάσταση η (87.000t/y ανά εγκατάσταση η)	κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΓΚ
19 08 11*	Λάσπες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες από τη βιομηχανική κατηγορία αποβλήτων βιομηχανικών υδάτων	Εγκατάσταση επεξεργασίας βιομηχανικών υδάτων	5.000 t/y 10t/h ανά εγκατάσταση η	κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΓΚ
Group 8: κρέατα, λίπη, γαλακτοκομικά, τρόφιμα					
κατηγορία αποβλήτου και κωδικός ΕΚΑ					
κατηγορία 02: απόβλητα από γεωργία, κτηνική, υδατοκαλλιέργεια, θαλασσινά, θήρα & αλιεία, προετοιμασία & επεξεργασία τροφίμων					
02 01 02	απόβλητα ιστών ζώων	Προετοιμασία & επεξεργασία τροφίμων	10t/h ανά εγκατάσταση η (87.000 t/y ανά εγκατάσταση η)	Σιλό αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΓΚ
02 02 02	απόβλητα ιστών ζώων	Προετοιμασία & επεξεργασία τροφίμων	10t/h ανά εγκατάσταση η (87.000t/y ανά εγκατάσταση η)	Σιλό αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΓΚ
02 05 01	υλικά ακατάλληλα για καπνιάλωση η	Βιομηχανία γαλακτοκομικ	10t/h ανά εγκατάσταση	Σιλό αποθήκευση	Θερμική αξιοποίηση στον
επεξεργασία					
	ων προϊόντων	η	ς, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	κυρίως καυστήρα των ΓΚ	
02 07 99	Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα αλλιώς	Βιομηχανία ποτών	10t/h ανά εγκατάσταση η	Σιλό αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΓΚ
Group 9: απόβλητα ανθρώπων					
κατηγορία αποβλήτου και κωδικός ΕΚΑ					
κατηγορία 05: απόβλητα από τη διύλιση πετρελαίου, τον καθαρισμό φυσικού αερίου και την πυρολυτική επεξεργασία ανθρώπων					
05 01 10	ιλύες από επεξεργασία υγρών εκροής άλλες από τις αναφερόμενες στο σημείο 05 01 09*	Διύλιση πετρελαίου	2t/h	Δεξαμενές αποθήκευσης, κλειστό δίκτυο μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΓΚ
05 01 17	ορυκτή πίσσα	Διύλιση πετρελαίου	2t/h	Δεξαμενές αποθήκευσης, κλειστό δίκτυο μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΓΚ
16 03 06	οργανικά απόβλητα εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 16 03 05	Διάφορες βιομηχανικές διεργασίες	10t/h ανά εγκατάσταση η	Σιλό αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΓΚ
16 11 01*	Υλικά επένδυσης και εμαγιέ για περιμαγές επιφανείες με βάση τον άνθρακα από μεταλλουργικές διεργασίες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	μονάδες ΑΕΗΚ	5.000 τόντος 10t/h ανά εγκατάσταση η	Σιλό αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΓΚ
17 03 02	Μείγματα ορυκτής ασφάλτου εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 17 03 01	Μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων	10t/h ανά εγκατάσταση η	Σιλό αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΓΚ
Κατηγορία 10: απόβλητα από τη θερμική μεταλλουργία αλουμινίου					
10 03 17*	Απόβλητα που περιέχουν πίσσα από την παραγωγή θετικών ηλεκτροδίων	Θερμική μεταλλουργία αλουμινίου	5.000 τόντος 10t/h ανά εγκατάσταση η	Σιλό αποθήκευση, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΓΚ

10 03 18	Αποβλήτα που περιέχουν άνθρακα από την παραγωγή θετικών ηλεκτροδίων εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 10 03 17	Θερμική μεταλλουργία αλουμινίου	10tη ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
10 03 21*	Άλλα σωματίδια και σκόνη (συμπεριλαμβάνεται η σκόνη σφαιρομίλλου) που περιέχουν επικινδύνες ουσίες	Μονάδες ανακύκλωσης 10tη ανά εγκατάσταση	5.000 τν/έτος	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ

κατηγορία 19: αποβλήτα από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και τη βιομηχανία νερού

19 09 04	Χρησιμοποιούμενες ενέργειες άνθρακα	Προπαρασκευασμένο νερό	10tη ανά εγκατάσταση (1) (87.000tη ανά εγκατάσταση)	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΠΚ
----------	-------------------------------------	------------------------	---	---	--------------------------

Group 10: αποβλήτα γυαρίδας

κατηγορία αποβλήτου και κωδικός ΕΚΑ	περιγραφή	Προέλευση	Ποσότητα	Αποθήκευση/διακίνηση	Τελική διαχείριση
-------------------------------------	-----------	-----------	----------	----------------------	-------------------

κατηγορία 02: Αποβλήτα από γυαρίδα, κηπευτική, υδατοκαλιέργεια, δασοκομία, θήρα & αλιεία, προετοιμασία & επεξεργασία τροφίμων

02 01 08*	αγροχημικά αποβλήτα που περιέχουν επικινδύνες ουσίες	Αποβλήτα γυαρίδας	10tη ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
-----------	--	-------------------	----------------------	---	--

02 01 09	αγροχημικά αποβλήτα εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 02 01 08	Γυαρίδα	5.000 τν/έτος 10tη ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση σε ΠΚ
----------	---	---------	---------------------------------------	---	--------------------------

02 03 04	υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία	Προπαρασκευασμένο υγρό και κατεργασία φρούτων λαχανικών κλπ	10tη ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
----------	---	---	----------------------	---	--

Group 11: στερεά καύσιμα από αποβλήτα (εμποτισμένο πριονίδι)

κατηγορία αποβλήτου και κωδικός ΕΚΑ	περιγραφή	Προέλευση	Ποσότητα	Αποθήκευση/διακίνηση	Τελική διαχείριση
-------------------------------------	-----------	-----------	----------	----------------------	-------------------

κατηγορία 19: αποβλήτα από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και τη βιομηχανία νερού

19 12 11*	άλλα αποβλήτα (περιλαμβανομένων υλικών) από τη μηχανική κατεργασία αποβλήτων που περιέχουν επικινδύνες ουσίες	Εταιρίες διαχείρισης αποβλήτων	10tη ανά εγκατάσταση	Σίλο αποθήκευσης, κλειστό κύκλωμα μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
-----------	---	--------------------------------	----------------------	---	--

Group 12: έλαια & ελαιώδη αποβλήτα

κατηγορία αποβλήτου και κωδικός ΕΚΑ	περιγραφή	Προέλευση	Ποσότητα	Αποθήκευση/διακίνηση	Τελική διαχείριση
-------------------------------------	-----------	-----------	----------	----------------------	-------------------

κατηγορία 19: αποβλήτα από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και τη βιομηχανία νερού

19 02 03	Προαναμιγμένα αποβλήτα που αποτελούνται μόνο από μη επικίνδυνα αποβλήτα. Εναλλακτικό Υγρό Καύσιμο	Εταιρίες διαχείρισης αποβλήτων	2tη (1)	Δεξαμενές αποθήκευσης, κλειστό δίκτυο μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
----------	---	--------------------------------	---------	---	--

19 02 04*	Εναλλακτικό Υγρό Καύσιμο Προαναμιγμένα αποβλήτα που περιέχουν τουλάχιστον ένα επικίνδυνο απόβλητο	Εταιρίες διαχείρισης αποβλήτων	17.000tη 5tη ανά εγκατάσταση	Δεξαμενές αποθήκευσης, κλειστό δίκτυο μεταφοράς	Θερμική αξιοποίηση στον κυρίως καυστήρα των ΠΚ
-----------	---	--------------------------------	------------------------------	---	--

Οι αναφερόμενες στον πίνακα ποσότητες είναι μόνο ενδεικτικές και δεν αθροίζονται. Στην περίπτωση των επικινδύνων δευτερογενών καυσίμων αναφέρονται οι μέγιστες ποσότητες. Η ετήσια ποσότητα για τα μη επικίνδυνα υπολογίζεται από την ονομαστική ωριαία δυναμικότητα τροφοδοσίας.

Στην επιλεκτική μη-καταλυτική αναγωγή (SNCR), η αμμωνία αφού ψεκαστεί στο σωλήνα των αερίων, μπορεί να αντιδρά με το NO δημιουργώντας άζωτο και νερό. Η αντίδραση μπορεί να λάβει χώρα χωρίς καταλύτη σε θερμοκρασίες μεταξύ 800-1100°C (ζώνη με αντίστοιχες θερμοκρασίες υπάρχει στον προασβεστοποιητή). Η αμμωνία τροφοδοτείται από ένα δοχείο διά μέσου πεπιεσμένου αέρα και οδηγείται σε ένα ακροφύσιο που την ψεκάζει στον αγωγό, όπου ρέουν τα αέρια. Η μείωση των NOx είναι συνήθως 60-70% και μπορεί να φθάσει ακόμη και το 90%. Η υψηλή τιμή της NH₃ στην αγορά οδηγεί υψηλό λειτουργικό κόστος είναι, ωστόσο το κόστος της επένδυσης δεν είναι πολύ μεγάλο [51].

Στον πύργο ψύξεως, τα εισερχόμενα αέρια συναντούν ένα κατανεμητή αερίων για να αποκτήσουν σε όλη την επιφάνεια την ίδια παροχή και ταχύτητα. Η γεωμετρία του πύργου, το ύψος και διάμετρος του, εξαρτώνται από τον όγκο των αερίων που εισέρχονται και από το βαθμό μείωσης της θερμοκρασίας τους. Ο πύργος ψύξης πρέπει να έχει την δυνατότητα να ρυθμίζει τη θερμοκρασία στην έξοδο των αερίων με μεγάλη ακρίβεια κάτι το οποίο επιτυγχάνεται με ακροφύσια που έχουν δυο κλάδους νερού (αποτελούνται από δυο ομόκεντρους σωλήνες). Από τον εξωτερικό σωλήνα γίνεται η προσαγωγή του νερού και από τον εσωτερικό η επιστροφή. Όλα τα ακροφύσια τροφοδοτούνται από ένα κοινό διανομέα και οι επιστροφές καταλήγουν σε ένα κοινό συλλέκτη. Πριν από τις αντλίες τοποθετούνται φίλτρα κατακράτησης στερεών σωματιδίων για την απομάκρυνση στερεών σωματιδίων που ενδέχεται να περιέχονται σε αυτό, τα οποία φράζουν τις εξόδους των ακροφυσίων. Η ποιότητα εκνέφωσης επιτυγχάνεται με πίεση 30-35 bar που προέρχεται από αντλίες υψηλής πίεσης [52].

Ψύξη κλίνκερ

Οι ιδιότητες του παραγόμενου κλίνκερ εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από την ταχύτητα δηλαδή από το ρυθμό ψύξης του κλίνκερ. Αυτό συμβαίνει επειδή η ταχεία ψύξη, λίγο πριν την έξοδο της καμίνου, αλλά ιδιαίτερα στους ψύκτες του κλίνκερ έχει σημαντική επίδραση στο μέγεθος των κρυστάλλων των φάσεων αλίτη ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) και βελίτη ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) που παράγονται. Το μέγεθος όμως των κρυστάλλων έχει μεγάλη σημασία για τις ιδιότητες του κλίνκερ και του τσιμέντου που θα παραχθεί από αυτό. Η ταχεία ψύξη προστατεύει το κλίνκερ ως εξής:

1) Δημιουργία ισορροπίας μεταξύ των διαφόρων φάσεων, δηλαδή παραγωγή διακεκριμένων φάσεων αλίτη, βελίτη και υαλώδη μορφή των αργιλικών και φερριτικών φάσεων με δέσμευση σε αυτή του μεγαλύτερου ποσοστού της περιεχόμενης μαγνησίας. Η ταχεία ψύξη εμποδίζει την αλληλοδιάχυση μεταξύ των διαφόρων φάσεων, οπότε η υγρή φάση κρυσταλλώνεται χωρίς να αλληλεπιδρά με τις στερεές φάσεις (αλίτη, βελίτη). Επίσης, κατ' αυτό τον τρόπο ελέγχεται η «δραστητικότητα» της αργιλικής φάσης που παραμένει στην υαλώδη φάση, φαινόμενο το οποίο έχει σημαντική επίπτωση στην ταχύτητα ενυδάτωσης και πήξης του τσιμέντου.

2) Με την αποτροπή διεξαγωγής της αντιστρεπτής αντίδρασης $\text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{C}_2\text{S} + \text{CaO}_{\text{free}}$ η οποία παράγει ελεύθερο ασβεστο (CaO_{free}) και δευτερογενή βελίτη (C_2S), μεταβάλλοντας με αυτό τον τρόπο την αναλογία μεταξύ των φάσεων αλίτη-βελίτη στο κλίνκερ και εμπλουτίζοντας το κλίνκερ με ανεπιθύμητο CaO_{free}

3) Με την αποτροπή διεξαγωγής της αντίδρασης μετατροπής του $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ σε $\beta\text{-C}_2\text{S}$, η οποία είναι μια φάση που δεν εμφανίζει καθόλου υδραυλικές ιδιότητες, κατά την ενυδάτωση του τσιμέντου και αντοχές σε βάθος χρόνου [47].

Διατάξεις αποκονίωσης

Πίνακας Β.3. Αναλυτική κατάσταση ηλεκτροφίλων εργοστασίου Καμαρίου [46]

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ				
ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟΚΟΝΙΩΣΗΣ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ ΤΥΠΟΣ Η/Φ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΔΙΩΝ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ (m ³ /min)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (kW)
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦ. ΚΛΙΒΑΝΟΥ 2	FLS - FAA 3656	2	6.000	603,63
ΜΥΛΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ 1	FLS - FAB 9100 - F	2	460	136,91
ΜΥΛΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ 2	FLS - FAB 9100 - F	2	460	136,91
ΜΥΛΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ 3	FLS - FAB 9100 - F	2	500	197,76
ΜΥΛΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	FLS - FAA 4040 - 6070 - 2	2	1.845	604,56

ΨΥΚΤΗ ΠΕΡΙΣΤΡ. ΚΛΙΒ. 1	1F400/H2P/3*35-1*80135/1S/1C/L1D	3	5.000	107,40
ΨΥΚΤΗ ΠΕΡΙΣΤΡ. ΚΛΙΒ. 2	1F400/H2P/3*35-1*80135/1S/1C/L1D	3	5.000	107,40

Πίνακας Β.4. Αναλυτική κατάσταση σακόφίλων εργοστασίου Καμαρίου [46]

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΑΚΟΦΙΛΤΡΩΝ		
ΦΙΛΤΡΟ	ΤΥΠΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΑΚΩΝ
ΘΡΑΥΣΤΗΡΑΣ ΛΟΚΟΜΟ	SFB/LFB-VK/SK36 VI R	216
ΘΡΑΥΣΤΗΡΑΣ ΑΣΒ/ΘΟΥ Β.	FLS-FPS 17/3.5-10-30 JP	240
ΘΡΑΥΣΤΗΡΑΣ ΑΣΒ/ΘΟΥ Ν.	FLS-FPS 17/3.5-10-30 JP	240
ΘΡΑΥΣΤΗΡΑΣ ΑΡΓΥΛΟΧΩΜΑΤΟΣ	FLS-FPS 17/3.5 6-18 JP	144
ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΑΙΝΙΩΝ ΑΣΒ/ΘΟΥ	SFB-VK 32/3.5 6R	192
Α' ΥΛΩΝ Μ.Χ.1	FLS-FPS 17/3.5 7-21 JP	168
Α' ΥΛΩΝ Μ.Χ.2	SFB-VK 32/3.5 6R	192
ΣΙΛΟ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ Π.Κ.1	FLS-FPS 17/3.5 5-15 JP	120
ΣΙΛΟ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ Π.Κ.2	SFB-VK 32/3.5 6R	192
SCHENK Π.Κ.1	FLS-FPS 17/3.5-7-21 JP	168
SCHENK Π.Κ.2	SFB-VK 32/3.5 7R	224
ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ Π.Κ.1	FLS-FPS 17/3.5 5-15 JP	120
ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ Π.Κ.2	SFB-VK 32/3.5 GR	128
ΘΡΑΥΣΤΗΡΑΣ ΑΝΘΡΑΚΑ	V.AL-P-DSK 36/3.5 IIR	72
ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΑΙΝΙΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ	V.AL-P-DSK 36/3.5 IR	36
ΣΙΛΟ ΩΜΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	V.AL-P-DSK 36/3.5 IIR	72
FLACKT ΜΥΛΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	FLAKT-C.PULSE LKUB 9	9
ΣΙΛΟ ΑΝΘΡΑΚΑ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ	FLS-CEC1-2-10	70
ΣΙΛΟ ΑΝΘΡΑΚΑ Π.Κ.1	FLS-CEC1-4-10	140
ΘΡΑΥΣΤΗΡΑΣ ΚΛΙΝΚΕΡ Π.Κ.1	FLS-FPS 17/3.5-7-21JP	168
ΘΡΑΥΣΤΗΡΑΣ ΚΛΙΝΚΕΡ Π.Κ.2	FLS-FPS 17/3.5 6-18 JP	144
ΣΙΛΟ Φ6	LFB-SK 36/4.5 IV R	144
ΟΡΟΦΗ ΣΙΛΟ Φ12.5	FLS-FPS 17/3.5 8-24 JP	192
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΛΙΝΚΕΡ	FLS-FPS 17/3.5-6-18 JP	144

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΛΙΝΚΕΡ ΝΟΤΙΑ Φ30	LFB-SK 36/4.5 IVR	252
ΟΡΟΦΗ ΣΙΛΟ Φ30	INTENSIV-IFJN 55/4/4	220
ΝΕΑ ΧΟΑΝΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	FL-OPTIPULSE LKHF 44	216
ΧΟΑΝΗ Α' ΥΛΩΝ Μ.Τ. 1,2	SFB-VK 32/3.5 VIR	192
ΟΡΟΦΗ ΣΙΛΟ Φ11 Μ.Τ. 1,2	FLS-FPS 17/3.5 10-30 JP	240
Α' ΥΛΩΝ Μ.Τ.1	FLS-FPS 17/3.5 4-12 JP	96
Α' ΥΛΩΝ Μ.Τ.2	FLS-FPS 17/3.5 4-12 JP	96
ΔΙΑΧ/ΣΤΗΣ ΣΕΡΑΧ Μ.Τ. 1 (ΔΙΠΛΟ)	FLS-CEH2-20-20	1540
ΔΙΑΧ/ΣΤΗΣ ΣΕΡΑΧ Μ.Τ.2 (ΔΙΠΛΟ)	FLS-CEH2-20-20	1540
ΟΡΟΦΗ ΣΙΛΟ Φ11 Μ.Τ.3	SFB-VK 32/3.5 7R	224
ΟΡΟΦΗ ΣΙΛΟ ΚΛΙΝΚΕΡ Μ.Τ.3	IF-JC55/2-3-S JP	180
Α'ΥΛΩΝ Μ.Τ.3	SFB-VK 32/3.5 7R JP	224
ΚΥΛΙΝΔΡΟΠΡΕΣΣΑ Μ.Τ.3	IF-JC55/3-3-S JP	165
FULLER Μ.Τ.3	FULLER	2048
ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΙΟ ΣΙΛΟ Ι.Τ.	LFB-SK 36/3.5 3R	108
ΣΙΛΟ Ι.Τ. Μ.Τ. 1,2	LFB-SK 36/3.5 3R	108
ΟΡΟΦΗ Α.Σ. ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ MT3	SFB-VK 32/3.5 5R	160
ΟΡΟΦΗ Α.Σ. ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	FLS-FPS 17/3.5 6-18 JP	144
ΟΡΟΦΗ Δ.Σ. ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	FLS-FPS 17/3.5 4-12 JP	96
ΟΡΟΦΗ Δ.Σ. ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ (ΤΟΥΝΕΛ)	SFB-VK 32/3.5 6R	192
ΟΡΟΦΗ ΜΕΤΙΚΩΝ ΣΙΛΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	SFB-VK 32/3.5 5R	160
ΕΝΣΑΚΚΩΤΡΙΑ ΒΟΡΕΙΑ	LFB-SK 36/4.5 5R	180
ΕΝΣΑΚΚΩΤΡΙΑ Νο2 (νότια)	FLS-FPS 17/3.5 6-18 JP	144
ΚΟΙΝΟ ΕΝΣΑΚΚΩΤΡΙΔΙΟΝ	SFB-VK 32/3.5 9R JP	216
ΦΛΑΚΤ ΕΝΣΑΚΚΩΣΗΣ	BSATS/BSATL PES-101	60
ΝΕΟ Σ/Φ ΜΤ4	LFB-SK 36/4.5 2R	72
ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ Μ.Τ.3	LFB-SK 36/4.5 3R	108
ΣΙΛΟ ΑΝΘΡΑΚΑ Π.Κ.2	FLS-CEC1-4-10	140
ΔΙΑΧ/ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡ/ΣΣΑΣ Μ.Τ.3	D14-405-1582 FLS	700
Μ.Τ.4	D36-45-4068 (FLS)	1800
Α' ΥΛΩΝ ΜΤ4	Scheuch 05/12-C-04	240
ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΜΤ4	Scheuch 05/12-C-04	240
ΦΙΛΤΡΟ ΨΥΚΤΗ	D16-45-1808 (FLS)	800
ΦΙΛΤΡΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΙΛΟ ΜΤ4	L.F.B-SK 36/4.5 3R	108

SUPER SUCKER NO1	3000-01009B	73
SUPER SUCKER NO2	3000-01009B	73
Σ/Φ ΕΝΑΛΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	PULS-JET TYPE EFDW 05/09-C-03	135
Σ/Φ DALAMATIC MT4	DCE F2012 R	12
Σ/Φ ΚΟΠΗΣ ΠΥΡΟΤΟΥΒΩΔΩΝ	DALAMATIC	20
Σ/Φ ΑΠΟΚ. ΚΟΧΛΙΑ ΕΠΙΣΤΡ. Σ/Φ ΠΚ1	IFJS 54/1-1.5 K	54
Σ/Φ ΑΠΟΚΟΝ. ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΠΚ1	Scheuch JET - PULSE FILTER	3250
Σ/Φ ΑΠΟΔΕΜΑΤΟΠΟΙΗΤΗ	JET - PULSE FILTER	48
ΦΙΛΤΡΟ ΕΝΕΡΓΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (φυσίγγια ενεργού άνθρακα χωρητικότητας 100 kg	Διαστάσεις: 700X1.500X800 mm	

Πίνακας Β.5. Δεδομένα ειδικής κατανάλωσης νερού (L/kg τσιμέντο) στις βιομηχανίες τσιμέντου, από σχετική επισκόπηση της βιβλιογραφίας

Πηγή/Έτος	Περιβαλλοντικοί σκοποί	Άλεση πρώτων υλών	Ψύξη κλίνκερ	Ψύξη εξοπλισμού	Πύργος ψύξεως	Άλεση τσιμέντου	Παραγωγή υγρών αποβλήτων
[53]/2019	-	-	-	-	0,0476	-	-
[24]/2019	-	-	-	-	-	-	0,04
[54]/2018	-	-	-	-	0,184	-	-
[24]/2018	-	-	-	-	-	-	0,06
[25]/2017	-	-	-	-	-	-	1,74 *10⁻⁴
[56]/2017	-	-	0,286	-	-	-	-
[57]/2016	-	-	0,294	-	-	-	-
[58]/2016	-	-	-	0,0086	0,1130	-	-
[59]/2015	-	-	-	0,0259	-	-	-
[60]/2011	-	0,0255	-	-	0,0798	0,0912	-
[47]/2010	-	-	-	-	-	0,00975	-
[61]/2006	0,024	-	-	0,480	0,004	-	-
[61]/2006	0,032	-	-	0,791	0,111	-	-
[61]/2006	0,082	-	-	0,859	0,082	-	-
[61]/006	0,023	-	-	0,405	0,073	-	-
[62]/1974	0,1	-	-	-	-	-	-



ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Αρ. Φύλλου 192

14 Μαρτίου 1997

ΥΠΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΓΚΡΙΣΕΙΣ

Αριθ. ΟΙΚ. 5673/400

Μέτρα και όροι για την επεξεργασία
αστικών λυμάτων.

ΟΙ ΥΠΟΥΡΓΟΙ

**ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΗΜ. ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΣΗΣ,
ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ,
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ
ΔΗΜ. ΕΡΓΩΝ, ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ**

Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις των άρθρων 10, 28, 29 και 30 του Ν. 1650/86 «για την προστασία του περιβάλλοντος» (Α' 160) όπως το άρθρο 30 τροποποιήθηκε με το άρθρο 98 (παρ. 12) του Ν. 1892/1990 «για τον εκσυγχρονισμό και την ανάπτυξη και άλλες διατάξεις» (Α' 101).
2. Τις διατάξεις του άρθρου 1 του Ν. 1338/1983 «εφαρμογή του Κοινοτικού Δικαίου» (Α' 34) όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 6 του Ν. 1440/1984 «συμμετοχή της Ελλάδας στο κεφάλαιο στα αποθεματικά και στις προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων κ.λπ.» (Α' 70) και του άρθρου 3 του Ν. 1338/1983 όπως αντικαταστάθηκε από το άρθρο 85 του Ν. 1892/90 (Α' 101).
3. Τις διατάξεις των άρθρων 23 (παρ. 1) και 24 του Ν. 1558/1985 «Κυβέρνηση και Κυβερνητικά Όργανα» (Α' 137) και των άρθρων 9 και 13 του Π. Δ/τος 473/1985 «Καθορισμός και ανακατανομή των αρμοδιοτήτων των Υπουργείων» (Α' 157).
4. Τις διατάξεις του άρθρου 11 (παρ. 2, 3 και 12) και του άρθρου 13 του Ν. 1515/1985 «ρυθμιστικό σχέδιο και πρόγραμμα προστασίας περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας» (Α' 18) όπως το άρθρο 13 τροποποιήθηκε με την παρ. 6 του άρθρου 31 του Ν. 1650/86.
5. Τις διατάξεις του άρθρου 11 (παρ. 2, 3, 12) και του άρθρου 13 του Ν. 1581/1985 «ρυθμιστικό σχέδιο και πρόγραμμα προστασίας περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης και άλλες διατάξεις» (Α' 148) όπως το άρθρο 13 τροποποιήθηκε με την παρ. 7 του άρθρου 31 του Ν. 1650/86.

6. Τις διατάξεις του Ν. 2242/1994 «πολεοδομική περισχών δούπερης κατοικίας προστασίας φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος κ.λπ.» (Α' 162).

7. Τις διατάξεις του Ν. 2052/1992 «Μέτρα για την αντιμετώπιση του νέφους και πολεοδομικές ρυθμίσεις» (Α' 94).

8. Τις διατάξεις του Ν. 2218/1994 «ίδρυση νομαρχιακής αυτοδιοίκησης, τροποποίηση διατάξεων για την πρωτοβάθμια αυτοδιοίκηση και την περιφέρεια και άλλες διατάξεις» (Α' 80) όπως συμπληρώθηκε με το Ν. 2240/1994 «Συμπλήρωση διατάξεων για τη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση κ.α.» (Α' 153).

9. Τις διατάξεις του Π.Δ. 410/1995 «Δημοτικός και Κοινοτικός Κώδικας» (Α' 231).

10. Τις διατάξεις της υπ' αριθ. 69269/5367/1990 κοινής Υπουργικής Απόφασης «κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες περιεχόμενο μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ), καθορισμός περιεχόμενου αδικών περιβαλλοντικών μελετών (ΕΜΕΤ) και λοιπές συναφείς διατάξεις, σύμφωνα με το Ν. 1650/86» (Β' 678).

11. Τις διατάξεις της υπ' αριθ. 59388/3363/1988 κοινής Υπουργικής Απόφασης «Τρόπος, όργανα και διαδικασία επιβολής και είσπραξης των διοικητικών προστίμων του άρθρου 30 του Ν. 1650/86 (Β' 638).

12. Τις διατάξεις της υπ' αριθ. 75308/5512/1990 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Καθορισμός τρόπου ενημέρωσης των πολιτών και φορέων εκπροσώπησης τους για το περιεχόμενο της μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων των έργων και δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παρ. 2 του άρθρου 5 του Ν. 1650/86» (Β' 691).

13. Τις διατάξεις του άρθρου 1 (παράγρ. 29) του Π. Δ/τος 28/28.1.1993 «Καθορισμός αρμοδιοτήτων που διατηρούνται από τον Υπουργό και τις περιφερειακές υπηρεσίες διανομαρχιακού επιπέδου του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων» (Α' 9).

14. Την οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΕΕ L 135/40/30.5.1991).

15. Την Απόφαση 94/3/ΕΚ του Συμβουλίου της 20ης

Δεκεμβρίου 1993 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΕΕ L 5/15/7.1.94) «για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1 (α) της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί των στερεών αποβλήτων».

16. Την Απόφαση 94/904/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 22ας Δεκεμβρίου 1994 της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ L 356 14/31.12.94) «για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων και εφαρμογή του άρθρου 1 παράγ. 4 της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ για τα επικίνδυνα απόβλητα».

17. Τις διατάξεις του άρθρου 29Α του Ν. 1558/1985 όπως αυτό συμπληρώθηκε με το άρθρο 27 του Ν. 2081/1992 (Α 154).

18. Την υπ' αριθ. 114/4.10.96 κοινή απόφαση του Πρωθυπουργού και της Υπουργού Ανάπτυξης «Ανάθεση αρμοδιοτήτων στους Υφυπουργούς Ανάπτυξης Άννα Διαμαντοπούλου και Μιχάλη Χρυσόχοιδη» (Β 924).

19. Την υπ' αριθ. Δι.Κ/Φ44.1/21566/10.10.96 κοινή απόφαση του Πρωθυπουργού και του Υπουργού Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης «Ανάθεση αρμοδιοτήτων στους Υφυπουργούς Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης Λάμπρο Παπαδημητρίου και Αναστάσιο Μαντέλη» (Β 902).

20. Την υπ' αριθ. Δ.Υ. 3α/οικ. 878/4.10.96 κοινή απόφαση του Πρωθυπουργού και του Υπουργού Υγείας Πρόνοιας «Ανάθεση αρμοδιοτήτων στους Υφυπουργούς Υγείας και Πρόνοιας Εμμανουήλ Σκουλάκη και Θεόδωρο Κοσιανή» (Β 924).

21. Την υπ' αριθ. Δ17α/03/99/Φ.221/29.10.96 κοινή απόφαση του Πρωθυπουργού και του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημ. Έργων «Ανάθεση αρμοδιοτήτων στους Υφυπουργούς Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημ. Έργων Χρήστο Βερέλη και Θεόδωρο Κολιαπάνο» (Β 1006), αποφασίζουμε:

Άρθρο 1 Σκοπός

Με την απόφαση αυτή αποσκοπείται η εφαρμογή των διατάξεων του άρθρου 10 του Ν. 1650/1986 και συγχρόνως η εναρμόνιση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων «για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων» που έχει δημοσιευθεί στην Ελληνική γλώσσα στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΕΕ L 135 σελ. 40/30.5.1991) ώστε με τον καθορισμό και τη λήψη των αναγκαίων μέτρων να διασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος και της Δημόσιας Υγείας από τις αρνητικές επιπτώσεις από τη διάθεση των αστικών λυμάτων καθώς και των λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς που αναφέρονται στο Παράρτημα IV του άρθρου 16 της παρούσας απόφασης.

Άρθρο 2 Ορισμοί

Για την εφαρμογή της παρούσας απόφασης νοούνται ως:

1. «Αστικά λύματα»: τα οικιακά λύματα ή το μείγμα οικιακών με βιομηχανικά υγρά απόβλητα ή και όμβρια ύδατα.

2. «Οικιακά λύματα»: τα λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών που παράγονται κυρίως από τις λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού και τις εμπορικές δραστηριότητες.

3. «Βιομηχανικά υγρά απόβλητα»: οποιαδήποτε υγρά απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα, και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα.

4. «Οικισμοί»: οι περιοχές στις οποίες ο πληθυσμός ή/και οι οικονομικές δραστηριότητες είναι επαρκώς συγκεντρωμένα ώστε τα αστικά λύματα να μπορούν να συλλέγονται και να διαχετεύονται σε σταθμό επεξεργασίας αστικών λυμάτων ή σε τελικό σημείο απόρριψης.

5. «Δίκτυο αποχέτευσης»: το σύστημα αγωγών που συλλέγει και διαχέει τα αστικά λύματα.

6. «ΜΠ (Μονάδα Ισοδύναμου Πληθυσμού)»: το αποκοδομησιμα οργανικό φορτίο που παρουσιάζει βιοχημικές απαιτήσεις σε οξυγόνο πέντε ημερών (BOD 5) ίσες προς 80g/ημέρα. Η ΜΠ αναλογεί σε διαχέτευση λυμάτων στο αποχετευτικό δίκτυο ίση με 125 - 150 l/τόνο την ημέρα. Σε περίπτωση ξηνοδοχειακών μονάδων μια κλίση αντιστοιχεί με κατανάλωση 2 απόμων.

7. «Πρωτοβάθμια επεξεργασία»: η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με φυσική ή/και χημική μέθοδο που περιλαμβάνει την καθίζηση των αιωρούμενων στερεών, ή με άλλες μεθόδους με τις οποίες το BOD 5 των εισαρχομένων λυμάτων μειώνεται τουλάχιστον κατά 20% πριν από την έξοδο και το συνολικό φορτίο των αιωρούμενων στερεών στο εισαρχόμενα λύματα μειώνεται κατά 50% τουλάχιστον.

8. «Δευτεροβάθμια επεξεργασία»: η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με μέθοδο που, κατά κανόνα, περιλαμβάνει βιολογική επεξεργασία με δευτεροβάθμια καθίζηση, ή με άλλες μεθόδους δια των οποίων τηρούνται οι απαιτήσεις που καθορίζονται στον πίνακα 1 του παραρτήματος I του άρθρου 16 της παρούσας απόφασης.

9. «Κατάλληλη επεξεργασία»: η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με μέθοδο ή και σύστημα διάθεσης που επιτρέπει στον υδάτινο αποδέκτη να ανταποκρίνεται στους σχετικούς ποιοτικούς στόχους με βάση την καθοριζόμενη χρήση και τις συναφείς διατάξεις της παρούσας απόφασης καθώς και άλλων διατάξεων της κείμενης νομοθεσίας.

10. «Διάθεση λυμάτων»: η απόρριψη αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων και ιλύος στους υδάτινους αποδέκτες.

11. «Ιλύς»: το στερεό κατάλοιπο, επεξεργασμένο ή όχι, που προέρχεται από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

12. «Ευτροφισμός»: ο εμπλουτισμός των υδάτων με θρεπτικές ουσίες, ιδίως ενώσεις αζώτου ή/και φωσφόρου, που προκαλεί την ταχύτερη ανάπτυξη φυκών και ανεπιθύρων μορφών φυτικής ζωής, με συνακόλουθη ανεπιθύμητη διαταραχή της ισορροπίας των οργανι-

σμών που ζουν στα ύδατα και υποβάθμιση της ποιότητας των εν λόγω υδάτων.

13. «Εκβολές ποταμών»: η μεταβατική ζώνη στο στόμα ενός ποταμού, μεταξύ γλυκών και θαλασσίων υδάτων. Για τους σκοπούς της παρούσας απόφασης το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία προσδιορίζει τα εξωτερικά (προς τη θάλασσα) όρια των εκβολών στο πλαίσιο του εκτελεστικού προγράμματος, που προβλέπεται στο άρθρο 13 της παρούσας απόφασης.

14. «Παράκτια ύδατα»: τα ύδατα πέραν της γραμμής της ακτοπόδας ή του εξωτερικού ορίου των εκβολών ενός ποταμού.

15. «Υπεύθυνος φορέας του σταθμού επεξεργασίας λυμάτων»: ο οικίος Δήμος ή Κοινότητα στην περιφέρεια του (της) οποίου (ας) βρίσκεται ο σταθμός επεξεργασίας λυμάτων.

Άρθρο 3

Πεδίο εφαρμογής

Οι διατάξεις της παρούσας απόφασης αναφέρονται στη συλλογή, επεξεργασία και διάθεση των αστικών λυμάτων καθώς και στην επεξεργασία και διάθεση λυμάτων που προέρχονται από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς που αναφέρονται στο Παράρτημα III του άρθρου 16 της παρούσας απόφασης.

Άρθρο 4

Δημιουργία δικτύων αποχέτευσης

1. Δίκτυα αποχέτευσης αστικών λυμάτων θα πρέπει να διαθέτουν οι ακόλουθοι οικισμοί:

- έως τις 31 Δεκεμβρίου 2000, οι οικισμοί με ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.) άνω των 15.000.

- έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, οι οικισμοί με ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.) μεταξύ 2000 και 15.000.

Εάν η διάθεση αστικών λυμάτων πραγματοποιείται σε υδάτινο αποδέκτη που έχει προσδιορισθεί ως «ευαίσθητες ζώνες» σύμφωνα με το άρθρο 5, οι αρμόδιες αρχές μεριμνούν για τη δημιουργία δικτύων αποχέτευσης έως τις 31 Δεκεμβρίου 1998 για οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.) άνω των 10.000.

Στις περιπτώσεις που δεν δικαιολογείται η εγκατάσταση των ως άνω δικτύων είτε διότι δεν είναι επιφύλαξη για το περιβάλλον είτε λόγω υπερβολικού κόστους, χρησιμοποιούνται μεμονωμένα σύστημα ή άλλα κατάλληλα συστήματα που επιτυγχάνουν το ίδιο επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος.

2. Μέτρα για την εφαρμογή των διατάξεων της προηγούμενης παραγράφου (1) περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα που προβλέπεται στο άρθρο 13 της παρούσας απόφασης.

3. Τα αποχετευτικά δίκτυα που περιγράφονται στην προηγούμενη παράγραφο θα πληρούν τις απαιτήσεις του Παραρτήματος I σημείο Α του άρθρου 16.

Άρθρο 5

Προσδιορισμός ευαίσθητων περιοχών Προϋποθέσεις διάθεσης αστικών λυμάτων

1. Το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συ-

ναρμόδια Υπουργεία Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Υγείας - Πρόνοιας και Γεωργίας, καταρτίζει κατάλογο στον οποίο ορίζονται οι ευαίσθητες περιοχές σύμφωνα με τα κριτήρια που προβλέπονται στο Παράρτημα II του άρθρου 16 της παρούσας απόφασης. Ο εν λόγω κατάλογος εγκρίνεται με κοινή Απόφαση των ως άνω συναρμόδιων Υπουργών.

2. Ο ως άνω προσδιορισμός των ευαίσθητων περιοχών έχει ως σκοπό τα αστικά λύματα που διαχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα πριν απορριφθούν στις περιοχές αυτές και εφόσον προέρχονται από οικισμούς με ι.π. άνω των 10.000, να υποβάλλονται μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 1998, σε επεξεργασία αυστηρότερη από αυτή που περιγράφεται στο άρθρο 7 (Κεφ. Α) της παρούσας απόφασης. Στην περίπτωση αυτή η διάθεση από τους σταθμούς επεξεργασίας των αστικών λυμάτων θα πληροί τις σχετικές απαιτήσεις του Παραρτήματος I (σημείο Β) του άρθρου 16 της παρούσας απόφασης.

3. Εναλλακτικά οι απαιτήσεις που προβλέπονται στην προηγούμενη παράγραφο (2) δεν είναι αναγκαίο να εφαρμόζονται για διάθεση σε ευαίσθητες περιοχές από μεμονωμένες εγκαταστάσεις, όταν αποδεικνύεται από το ελάχιστο ποσοστό μείωσης του συνολικού φορτίου από όλους τους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων στην περιοχή αυτή είναι τουλάχιστον 75% για τον ολικό υφασμένο και τουλάχιστον 75% για το αλικό άζωτο.

4. Η διάθεση από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων που βρίσκονται στις λεκάνες υδραυλλογής ευαίσθητων περιοχών και συμβάλλουν στη ρύπανση των περιοχών αυτών, διέπεται από τις διατάξεις των παραγράφων 2 και 3 του άρθρου αυτού.

5. Σε περίπτωση που πρόκειται να εφαρμοσθεί σε ολόκληρη την επικράτεια η επεξεργασία που προβλέπεται στις παραγράφους 2 και 3, οι αρμόδιες αρχές που προβλέπονται στην παράγραφο 1 δεν υποχρεούνται να καταρτίσουν κατάλογο με τις ευαίσθητες περιοχές.

6. Το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία επανεξετάζει ανά τετραετία τουλάχιστον και για πρώτη φορά το έτος 1997 τον κατάλογο που προβλέπεται στην παρ. 1 με τις ευαίσθητες περιοχές, ώστε οι περιοχές αυτές να πληρούν μέσα σε επτά (7) χρόνια τις απαιτήσεις που αναφέρονται στο άρθρο αυτό. Σε περίπτωση που κριθούν αναγκαίες τροποποιήσεις του εν λόγω καταλόγου η αναθεώρησή του γίνεται με Κοινή Απόφαση των συναρμόδιων Υπουργών που προβλέπονται στην παράγραφο 1.

Άρθρο 6

Προσδιορισμός λιγότερο ευαίσθητων περιοχών Προϋποθέσεις διάθεσης αστικών λυμάτων

1. Το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Υγείας - Πρόνοιας και Γεωργίας, καταρτίζει κατάλογο στον οποίο προσδιορίζονται οι λιγότερο ευαίσθητες περιοχές σύμφωνα με τα κριτήρια που προβλέπονται στο Παράρτημα II του άρθρου 16 της παρούσας απόφασης. Ο εν λόγω κατά-

λογος εγκρίνεται με κοινή Απόφαση των συναρμόδιων Υπουργών.

2. Ο ως άνω προσδιορισμός των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών έχει ως σκοπό να παρέχεται η δυνατότητα ώστε σε περίπτωση που τα αστικά λύματα διατίθενται σε παράκτια νερά από οικισμούς με 10.000 έως 150.000 ι.π. ή σε νερά εκβαλόν ποταμών από οικισμούς με 2.000 έως 10.000 ι.π., να υποβάλλονται σε επεξεργασία λιγότερο αυστηρή από την επεξεργασία που προβλέπεται στο άρθρο 5 (Κεφ. Α) με τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

να υποβάλλεται η διάθεση αυτή τουλάχιστον σε πρωτοβάθμια επεξεργασία με την έννοια που προσδιορίζεται στο άρθρο 2 (παρ. 7), σύμφωνα με τις διαδικασίες ελέγχου που προβλέπονται στο Παράρτημα Ι (σημείο Δ) του άρθρου 16 της παρούσας απόφασης.

- να αποδοκιμάζεται με τεκμηριωμένες μελέτες ότι η διάθεση αυτή δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Τα Υπουργεία ΠΕΧΩΔΕ αποστέλλει στην Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης επαρκείς και κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με τις προαναφερόμενες μελέτες.

3. Τα Υπουργεία ΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία επανεξετάζει τουλάχιστον ανά τετραετία και για πρώτη φορά το έτος 1997 τον κατάλογο που προβλέπεται στην παρ. 1 με τις λιγότερο ευαίσθητες περιοχές, ώστε οι περιοχές αυτές να πληρούν μέσα σε επτά (7) χρόνια τις απαιτήσεις που αναφέρονται στο άρθρο 5 (Κεφ. Α) και 7 της παρούσας απόφασης. Σε περίπτωση που κριθούν αναγκαίες τροποποιήσεις του εν λόγω καταλόγου η αναθεώρησή του γίνεται με Κοινή Απόφαση των συναρμόδιων Υπουργών που προβλέπονται στην παράγραφο 1.

4. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, και εφόσον αποδεικνύεται ότι η επεξεργασία των αποβλήτων με μεθόδους προηγμένης τεχνολογίας δεν αποφέρει όφελος για το περιβάλλον τα αστικά λύματα που διατίθενται σε λιγότερο ευαίσθητες περιοχές από οικισμούς με ι.π. άνω των 150.000 μπορούν να υποβάλλονται στην επεξεργασία που αναφέρεται στο άρθρο αυτό για τα αστικά λύματα που προέρχονται από οικισμούς με ι.π. μεταξύ 10.000 και 150.000.

Στις περιπτώσεις αυτές, το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία υποβάλλει προηγουμένως στην Επιτροπή της Ευρ. Ένωσης σχετική έγγραφη αιτιολόγηση προκειμένου η Επιτροπή να εξετάσει την περίπτωση και να λάβει τα κατάλληλα μέτρα σύμφωνα με τη διαδικασία του άρθρου 18 της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ.

Άρθρο 7

Προϋποθέσεις διάθεσης των αστικών λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας.

Α. Δευτεροβάθμια ή ισοδύναμη επεξεργασία.

1. Προθεσμίες - Προϋποθέσεις.

α. Τα αστικά λύματα που διαχετεύονται σε αποχετευτικό δίκτυο πριν από τη διάθεσή τους σε υδάτινο αποδέκτη, σύμφωνα με τους όρους του άρθρου 10 (παρ. 1) υποβάλλονται σε δευτεροβάθμια ή σε ισοδύναμη επεξεργασία ως εξής:

- έως τις 31 Δεκεμβρίου 2000 όλες οι απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.) άνω των 15.000.

- έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005 όλες οι απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ι.π. μεταξύ 10.000 και 15.000.

- έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, τα λύματα που απορρίπτονται σε γλυκά νερά και σε εκβαλές ποταμών από οικισμούς με ι.π. μεταξύ 2.000 και 10.000.

β. Τα αστικά λύματα των οποίων η διάθεση γίνεται σε νερά ορεινών περιοχών (μυθιάμπεου άνω των 1.500 μέτρων) όπου λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών είναι δυσχερής η βιολογική επεξεργασία τους, είναι δυνατόν να υποβάλλονται σε λιγότερο αυστηρή επεξεργασία από την προβλεπόμενη στην παράγραφο α, με την προϋπόθεση ότι αποδεικνύεται από σχετικές μελέτες ότι η διάθεση αυτή δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

γ. Κάθε διάθεση που αναφέρεται στο προηγούμενο εδάφιο α και β, από τους σταθμούς επεξεργασίας των αστικών λυμάτων σε υδάτινο αποδέκτη θα πληροί τις απαιτήσεις του Παραρτήματος Ι σημείο Β του άρθρου 16.

δ. Το φορτίο που εκφράζεται με ισοδύναμο πληθυσμό υπολογίζεται με βάση το μέγιστο μέσο εβδομαδιαίο φορτίο που εισέρχεται στα σταθμό επεξεργασίας στη διάρκεια του έτους, με εξαίρεση τις ασυνήθεις καταστάσεις όπως π.χ. τις περιπτώσεις καταρρακτώδους βροχής.

2. Παρεκκλίσεις από τις προθεσμίες της παραγράφου 1.

α. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις που οφείλονται σε τεχνικά προβλήματα και για γεωγραφικά καθορισμένες ομάδες πληθυσμού το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης και Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων έχει τη δυνατότητα να υποβάλλει στην Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης ειδική αίτηση για την παραχώρηση μεγαλύτερης προθεσμίας συμμόρφωσης από την προβλεπόμενη στις διατάξεις της παραγράφου 1 του άρθρου αυτού.

β. Με την ως άνω αίτηση που θα είναι επαρκώς αιτιολογημένη εκτίθενται οι τεχνικές δυσκολίες και τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι ως άνω ομάδες αρχί, και προτείνεται πρόγραμμα δράσης με σχετικό χρονοδιάγραμμα εφαρμογής ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της παρούσας απόφασης. Το χρονοδιάγραμμα αυτό περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα για την εφαρμογή της παρούσας απόφασης που προβλέπεται στο άρθρο 13 αυτής.

Μόνο τεχνικοί λόγοι μπορούν να προβληθούν με την εν λόγω αίτηση και να γίνουν δεκτοί, ενώ η απαιτητή παράταση της προθεσμίας που αναφέρεται στην παράγραφο 1 του κεφαλαίου αυτού (β) δεν μπορεί να υπερβεί την 31η Δεκεμβρίου 2005.

γ. Η Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξετάζει την ως άνω αίτηση και λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα με τη διαδικασία του άρθρου 18 της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ.

Β. Κατάλληλη επεξεργασία

Μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2005 τα αστικά λύματα

που διαχετεύονται στα αποχετευτικά δίκτυα, πριν τη διάθεσή τους σε υδάτινο αποδέκτη υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία με την έννοια που προσδιορίζεται στην παραγ. 9 του άρθρου 2, στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- όταν η διάθεσή τους γίνεται σε γλυκά νερά και σε εμβολές ποταμών από οικισμούς με λιγότερο από 2.000 ι.π.

- όταν η διάθεσή τους γίνεται σε παράκτια νερά από οικισμούς με λιγότερο από 10.000 ι.π.

Γ. Μέτρα για την εφαρμογή των διατάξεων του άρθρου αυτού περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα που προβλέπεται στο άρθρο 13 της παρούσας απόφασης.

Άρθρο 8

Μέτρα και προϋποθέσεις για τη διαχείριση βιομηχανικών λυμάτων σε αποχετευτικά δίκτυα και σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων

1. Κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο προκειμένου να προβεί στη διαχείριση βιομηχανικών λυμάτων σε αποχετευτικά δίκτυα και σε σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων θα πρέπει προηγουμένως:

α) να υποβάλει τα λύματα αυτά σε προκαταρκτική επεξεργασία ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις που προβλέπονται στο Παράρτημα Ι (παραγ. Γ) του άρθρου 16 της παρούσας απόφασης. Η σχετική μελέτη υποβολής των βιομηχανικών λυμάτων σε προκαταρκτική επεξεργασία αποτελεί προϋπόθεση για την άδεια, ή πιστοποιητικό σύνδεσης σε αποχετευτικό δίκτυο που χορηγείται από τον οικείο φορέα του δικτύου ύδρευσης - αποχέτευσης σύμφωνα με τις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας και τον κατά περίπτωση ισχύοντα Κανονισμό λειτουργίας του εν λόγω δικτύου.

β) να καταβάλει σχετικό παράβολο που κυμαίνεται από 20.000 έως 80.000 δραχμές. Το ύψος του παραβόλου αυτού προσδιορίζεται με απόφαση του οικείου Νομάρχη.

Άρθρο 9

Μέτρα και προϋποθέσεις για την υπεύθυνη διάθεση των βιομηχανικών λυμάτων

Α. Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2000, κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο προκειμένου να προβεί σε υπεύθυνη διάθεση σε υδάτινο αποδέκτη των βιοαποικοδομήσιμων βιομηχανικών λυμάτων τα οποία προέρχονται από εγκαταστάσεις που περιλαμβάνονται στους βιομηχανικούς τομείς του Παραρτήματος ΙΙΙ του άρθρου 16 απαιτείται:

1) να έχουν προηγουμένως καθαρισθεί από τον οικείο Νομάρχη οι χρήσεις του υδάτινου αποδέκτη σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της υγειονομικής διάταξης (Εβ 221/1965). Λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις των άρθρων 6 και 6 της παρούσας απόφασης.

2) να έχει λάβει ο ενδιαφερόμενος:

α) την προβλεπόμενη στο άρθρο 4 του Ν. 1650/86 έγκριση περιβαλλοντικών όρων που χορηγείται με κοινή απόφαση των Υπουργών ΠΕΧΩΔΕ, Ανάπτυξης και Υγείας και Πρόνοιας ως έργο ή δραστηριότητα Α' κατηγορίας σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφε-

ται στις σχετικές διατάξεις της υπ' αριθ. 60269/5287/1990 κοινής Υπουργικής Απόφασης.

β) και εν συνεχεία αριστική άδεια που χορηγείται από τον οικείο Νομάρχη μετά από κοινή εισήγηση των αρμόδιων υπηρεσιών Περιβάλλοντος και Υγείας του Νομού, και γνώμη του (των) οικείου (ών) Ο.Τ.Α. στην περιοχή του (των) οποίου (ων) βρίσκεται ο υδάτινος αποδέκτης και της Τ.Υ.Δ.Κ. του Νομού.

Για την χορήγηση της εν λόγω άδειας απαιτείται:

α) να έχει υποβληθεί από τον ενδιαφερόμενο αίτηση που συνοδεύεται από μελέτη σχεδιασμού και λειτουργίας της σχετικής εγκατάστασης η οποία θα πρέπει να συνάδει με τους περιβαλλοντικούς όρους που έχουν εγκριθεί σύμφωνα με το προηγούμενο εδάφιο (1). Η μελέτη αυτή εγκρίνεται από τις αρμόδιες υπηρεσίες του Νομού.

β) να έχει στη συνέχεια διενεργηθεί από τις αρμόδιες για τη χορήγησή της εν λόγω άδειας αρχές ο απαιτούμενος έλεγχος ότι η οργάνωση, κατασκευή και λειτουργία της εν λόγω εγκατάστασης συνάδει με την υποβληθείσα σχετική μελέτη και ότι τηρούνται οι όροι που προβλέπονται στην έγκριση περιβαλλοντικών όρων σύμφωνα με το εδάφιο (1) της παραγράφου αυτής.

γ) να έχει καταβληθεί από τον ενδιαφερόμενο χρηματικό παράβολο που κυμαίνεται από 50.000 έως 100.000 δραχμές. Το ύψος του εν λόγω παραβόλου προσδιορίζεται με απόφαση του οικείου Νομάρχη.

Β. Η διάθεση των ως άνω βιομηχανικών λυμάτων πραγματοποιείται μόνο εφόσον τα λύματα αυτά πληρούν τους όρους και τις απαιτήσεις που προβλέπονται στην εν λόγω άδεια και αναφέρονται σε κάθε απόρριψη που προέρχεται από εγκαταστάσεις με 4.000 ι.π. ή περισσότερα.

Άρθρο 10

Μέτρα και όροι για τη διάθεση λυμάτων και υλίας από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων

Τα επεξεργασμένα λύματα και η υλίας που παράγεται κατά την επεξεργασία των λυμάτων υποβάλλονται όταν κρίνεται σκόπιμο κατά προτεραιότητα σε επαναχρησιμοποίηση. Ο τρόπος διάθεσης των λυμάτων και της υλίας αποσκοπεί στη μείωση στο ελάχιστο των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία, με τη λήψη των ακόλουθων ειδικότερων κατά περίπτωση μέτρων:

1. Διάθεση λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

Για την πραγματοποίηση της διάθεσης σε υδάτινο αποδέκτη ή της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων απαιτείται:

α) να έχουν προηγουμένως καθαρισθεί από τον οικείο Νομάρχη οι χρήσεις του υδάτινου αποδέκτη σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της Υγειονομικής διάταξης Εβ 221/1965, λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις των άρθρων 6 και 6 της παρούσας απόφασης, και

β) να διαθέτει ο υπεύθυνος φορέας του σταθμού επεξεργασίας την προβλεπόμενη για την ίδρυση και λειτουργία του έγκριση περιβαλλοντικών όρων κατ' εφαρμογή του άρθρου 4 (παρ. 1 και 2) του Ν. 1650/86. Η έγκριση αυτή η οποία μεταξύ των άλλων περιλαμβάνει

και όρους για την διάθεση των ως άνω λυμάτων χρη-
γείται με Κοινή Απόφαση των Υπουργών ΠΕΧΩΔΕ,
Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης
και Υγείας και Πρόνοιας ως δραστηριότητα Α' κατηγο-
ρίας σύμφωνα με τη διαδικασία που καθορίζεται στις
σχετικές διατάξεις της υπ' αριθ. 68269/5387/1990
Κ.Υ.Α. λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις των άρθρων 5
και 6, και ειδικότερα ως προς την εν λόγω διάθεση πλη-
ρούνται οι προϋποθέσεις που κατά περίπτωση προ-
βλέπονται στο άρθρο 7 της παρούσας απόφασης.

Σε περίπτωση διάθεσης λυμάτων από σταθμούς επε-
ξεργασίας σε γλυκά νερά και εκβολές ποταμών προ-
κειμένου για οικισμούς 2.000 μέχρι 10.000 ι.π. και σε
περίπτωση οποιασδήποτε άλλης διάθεσης προκειμέ-
νου για οικισμούς από 10.000 ι.π. και άνω η έγκριση περι-
βαλλοντικών όρων προβλέπει όρους που πληρούν
τις απαιτήσεις της παραγ. Β του Παραρτήματος Ι του
άρθρου 16 της παρούσας απόφασης.

Η έγκριση περιβαλλοντικών όρων αποτελεί προϋπό-
θεση για την χορήγηση της προβλεπόμενης στο επό-
μενο εδάφιο (γ) άδειας διάθεσης ή επαναχρησιμοποίησης
των λυμάτων.

γ) Να έχει χορηγηθεί στον υπεύθυνο φορέα του σταθ-
μού επεξεργασίας των λυμάτων άδεια διάθεσης ή επανα-
χρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων. Για
τη χορήγηση της εν λόγω άδειας απαιτείται η υποβολή
αίτησης από τον ως άνω υπεύθυνο φορέα που συνο-
δεύεται από μελέτη του σχεδιασμού και λειτουργίας
του σχετικού σταθμού επεξεργασίας η οποία θα πρέπει
να συνάδει με τους περιβαλλοντικούς όρους που έχουν
εγκριθεί σύμφωνα με το προηγούμενο εδάφιο (β). Η ά-
δεια αυτή εκδίδεται από τον οικείο Νομόρχη μετά από
κοινή εισήγηση των αρμόδιων υπηρεσιών περιβάλλον-
τος και Υγιεινής του Νομού, ειρήσει προηγούμενης
δενυγησίμου σχετικό έλεγχο ότι η οργάνωση, κατα-
σκευή και λειτουργία της εν λόγω εγκατάστασης συμ-
φωνούν με την υποβληθείσα σχετική μελέτη και ότι πλη-
ρούνται οι ως άνω περιβαλλοντικοί όροι.

2. Διάθεση υλίας από σταθμούς επεξεργασίας αστι-
κών λυμάτων:

α) Για την πραγματοποίηση της διάθεσης σε υδάτινο
αποδέκτη ή της επαναχρησιμοποίησης της υλίας που
παράγεται κατά την επεξεργασία των λυμάτων απαι-
τείται ο σταθμός επεξεργασίας να διαθέτει την προ-
βλεπόμενη για την ίδρυση και λειτουργία του έγκριση
περιβαλλοντικών όρων κατ' εφαρμογή του άρθρου 4
(παρ. 1 και 2) του Ν. 1650/86, καθώς και σχετική άδεια
του οικείου Νομόρχη σύμφωνα με τις σχετικές διατά-
ξεις της κείμενης νομοθεσίας για τη διαχείριση των
στερεών αποβλήτων.

Οι όροι και οι απαιτήσεις που τίθενται από τις κατά
περίπτωση αρμόδιες αρχές στην χορηγούμενη έγκρι-
ση περιβαλλοντικών όρων και στην σχετική άδεια απο-
σκοπούν στην προαδευτική μείωση της συνολικής πο-
σότητας της υλίας που διατίθεται στα επιφανειακά νε-
ρά από πλοιά, σιγαλάς μεταφοράς ή άλλα μέσα μέχρι
την οριστική παύση της διάθεσης αυτής στις 31
Δεκεμβρίου 1998.

β) Σε περίπτωση που η υλία λόγω των υλικών που περι-
έχει υπόκειται στον κατάλογο των επικίνδυνων απο-

βλήτων που έχει υιοθετηθεί με την 94/904/ΕΟΚ
Απόφαση του Συμβουλίου της 22.12.1994 της
Ευρωπαϊκής Ένωσης απαγορεύεται η διάθεσή της
στα επιφανειακά ύδατα.

Άρθρο 11

Έλεγχος - Παρακολούθηση των υδάτων υποδοχής

1. Οι έλεγχοι πύρσης των περιβαλλοντικών όρων
που εγκρίνονται σύμφωνα με τα άρθρα 9 και 10, διε-
νεργούνται σύμφωνα με τη διαδικασία του άρθρου 6
του Ν. 1650/86. Στους ελέγχους αυτούς είναι δυνατή
να συμμετέχει και εκπρόσωπος του οικείου ΟΤΑ στην
περιοχή του οποίου βρίσκονται τα νερά υποδοχής, ό-
που πραγματοποιείται η διάθεση των επεξεργασμέ-
νων λυμάτων και της υλίας.

2. Ο οικείο Νομόρχης μέσω των αρμόδιων νομαρ-
χικών υπηρεσιών για το Περιβάλλον και την Υγεία
πραγματοποιεί τακτικούς και έκτακτους ελέγχους
προκειμένου:

α) Να διαπιστωθεί η τήρηση των όρων και των απαι-
τήσεων που προβλέπονται στην άδεια διάθεσης των επε-
ξεργασμένων αστικών λυμάτων, των βιομηχανικών
λυμάτων και της υλίας σύμφωνα με τα άρθρα 9 και 10
και γενικά των απαιτήσεων που καθορίζονται στο
Παράρτημα Ι (παρ. Β) του άρθρου 16 της παρούσας
απόφασης.

β) Να καταγραφεί η ποσότητα και η σύνθεση της υ-
λίας που διατίθεται στα επιφανειακά νερά.

Οι μέθοδοι αναφοράς για την παρακολούθηση και
την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ως άνω ελέγ-
χων καθορίζονται στο Παράρτημα Ι (Παράγ. Δ) του άρ-
θρου 16 της παρούσας απόφασης.

3. Οι αρμόδιες νομαρχιακές υπηρεσίες περιβάλλοντος
και Υγιεινής ή και οι αρμόδιες Περιφερειακές Υπηρεσίες
των Υπουργείων ΠΕΧΩΔΕ και Υγείας, Πρόνοιας:

α) Παρακολουθούν σε τακτικά διαστήματα την ποιό-
τητα των νερών υποδοχής των απορρίψεων των λυμά-
των που προέρχονται από σταθμούς επεξεργασίας α-
στικών λυμάτων καθώς και της απευθείας διάθεσης
των λυμάτων (άρθρο 9), όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι
από τις απορρίψεις αυτές θα επέλθουν δυσμενείς επι-
πτώσεις στο περιβάλλον.

β) Σε περίπτωση διάθεσης των λυμάτων σε λιγότερο
ευαίσθητες περιοχές (άρθρο 6) ή σε περίπτωση διάθε-
σης της λυματοκάψης σε επιφανειακά νερά, παρακο-
λουθούν και ενδεχομένως καταρτίζουν σχετική μελέτη
προκειμένου να επαληθεύσουν ότι οι απορρίψεις αυ-
τές δεν επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον.

4. Εάν το φυσικό ή νομικό πρόσωπο που είναι υπεύθυ-
νο για τη διάθεση λυμάτων και της υλίας στα νερά υπο-
δοχής διαπιστώσει από τους ελέγχους που πραγματο-
ποιεί δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δη-
μόσια υγεία, το γνωστοποιεί αμέσως στην αρμόδια
νομαρχιακή υπηρεσία για το περιβάλλον και την υγεία,
προκειμένου να καθορισθούν από κοινού το είδος και το
χρονοδιάγραμμα των ληπτέων επανορθωτικών μέτρων.

Άρθρο 12

Κατάρτιση εκθέσεων

1. Κάθε Νομόρχης υποβάλλει ετήσιο ετήσιο ετήσιμη αι-
τιολογημένη έκθεση προς τον Υπουργό ΠΕΧΩΔΕ σχετι-

κό με την εφαρμογή της παρούσας απόφασης. Η έκθεση αυτή αναφέρεται ειδικότερα στον αριθμό των τυχόν χρηρηθηθεών αδειών ή στους λόγους πιθανής ανάκλησης ή μη χορήγησης της άδειας καθώς και στα στοιχεία και τις πληροφορίες από την διενέργεια των τακτικών και έκτακτων ελέγχων και από την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων υποδοχής (άρθρο 11).

2. Ο Γενικός Γραμματέας κάθε Περιφέρειας αποστέλλει ενημερωτική έκθεση προς τον Υπουργό ΠΕΧΩΔΕ σχετικά με την εφαρμογή της παραγ. 3 του άρθρου 11 της παρούσας απόφασης.

3. Οι εκθέσεις και τα στοιχεία που διαβιβάζονται στο ΥΠΕΧΩΔΕ κατ' εφαρμογή των προηγούμενων παραγράφων 1 και 2, διαβιβάζονται από το ΥΠΕΧΩΔΕ στην Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσα σε έξη (6) μήνες από τη δημοσίευσή που θα του ζητηθούν.

4. Το ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία καταρτίζει και δημοσιεύει κάθε 2 χρόνια έκθεση για το καθεστώς της διάθεσης των αστικών λυμάτων και της ύλης στη χώρα με βάση τις πληροφορίες που του διαβιβάζονται σύμφωνα με τις παραγράφους 1 και 2. Οι εκθέσεις αυτές μόλις δημοσιευθούν διαβιβάζονται εν συνεχεία στην Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Άρθρο 13

Κατάρτιση προγραμμάτων

1. Το Υπουργείο Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. σε συνεργασία με τα συναρμόδια Υπουργεία καταρτίζει πρόγραμμα που αναφέρεται σε θέματα εφαρμογής των διατάξεων της παρούσας απόφασης και ιδίως των διατάξεων των άρθρων 4 και 7 αυτής και ενημερώνει σχετικά την Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

2. Κάθε δύο χρόνια, η αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος του ΥΠ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. παρέχει, εφόσον απαιτείται, ενημερωμένα στοιχεία στην Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τις πληροφορίες που περιγράφονται στην παράγραφο 1.

Άρθρο 14

Μεταβατικές διατάξεις

1. Από την έναρξη ισχύος της παρούσας απόφασης κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο προκειμένου να προβεί:

- α) σε διάθεση ή αποαχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων και ύλης υποχρεούται να έχει λάβει την προβλεπόμενη στο άρθρο 10 εγκρίση περιβαλλοντικών όρων σύμφωνα με τη διαδικασία της υπ' αριθμ. 69269/5387/1990 κοινής Υπουργικής Απόφασης και με την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις που προβλέπονται κατά περίπτωση στα άρθρα 5, 6 και 7 της παρούσας απόφασης.

- β) σε διοχέτευση βιομηχανικών λυμάτων σε αποχετευτικά δίκτυα και σε σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, μέσα σε 2 μήνες να ενημερώσει σχετικά τον οικείο φορέα του δικτύου ύδρευσης - αποχέτευσης ή τον υπεύθυνο φορέα του σταθμού επεξεργασίας αντίστοιχα, ώστε μέσα σε προθεσμία 4 μηνών από την έναρξη ισχύος της παρούσας απόφασης να έχει πλήρως συμμορφωθεί με τις διατάξεις του άρθρου Β της παρούσας απόφασης.

2. Μέχρι να χορηγηθούν οι προβλεπόμενες στα άρθρα 8, 9 και 10 άδειες ισχύουν οι διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας όπως της υγειονομικής διάταξης Ειθ 221/1969.

Άρθρο 15

Κυρώσεις

1. Σε αποκνηστήριστε γίνεται αίτιος παράβασης των διατάξεων της παρούσας απόφασης με πράξη ή παράληψη, επιβάλλονται οι ποινικές, αστικές και διοικητικές κυρώσεις που προβλέπονται στα άρθρα 28, 29 και 30 του Ν. 1650/86 όπως το τελευταίο αυτό άρθρο τροποποιήθηκε με το άρθρο 98 (παραγ. 12) του Ν. 1892/1990 (Α' 101).

2. Ειδικότερα για την επιβαλή διοικητικών κυρώσεων στις περιοχές των ρυθμιστικών σχεδίων Αθήνας και Θεσσαλονίκης, εφαρμόζονται οι διατάξεις του άρθρου 13 του Ν. 1515/85 και του άρθρου 13 του Ν. 1561/85 όπως τροποποιήθηκαν και συμπληρώθηκαν με το άρθρο 31 (παραγ. 6 και 7) αντίστοιχα του Ν. 1650/86.

3. Οι κυρώσεις που προβλέπονται στις προηγούμενες παραγράφους (1 και 2) επιβάλλονται ανεξάρτητα από τις κυρώσεις που προβλέπονται σε άλλες διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας.

Άρθρο 16

Παραρτήματα

Προσαρτώνται και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της παρούσας απόφασης τα Παραρτήματα Ι, ΙΙ και ΙΙΙ που ακολουθούν.

Τα εν λόγω παραρτήματα μπορούν να τροποποιούνται με απόφαση του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ ανάλογα με τις εξελίξεις που θα προκύψουν στο Κοινοτικό Δίκαιο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ

Α. Αποχετευτικό δίκτυο (1)

Το αποχετευτικό δίκτυο πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις απαιτήσεις της επεξεργασίας των λυμάτων.

Ο σχεδιασμός ή κατασκευή και η συντήρηση των αποχετευτικών δικτύων πρέπει να διενεργούνται σύμφωνα με τις τεχνικές γνώσεις που δεν συνεπάγονται υπερβολικό κόστος ιδίως όσον αφορά:

- τον όγκο και τα χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων,
- την πρόληψη διαρροών,
- τον περιορισμό της ρύπανσης των υδάτινων αποδεκτών λόγω υπερχυλίστων από νεροποντές.

Β. Απόρριψη από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων στους υδάτινους αποδέκτες.

1. Ο σχεδιασμός ή η μετασκευή των σταθμών επεξεργασίας λυμάτων γίνεται έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα των εισερχόμενων και επεξεργασμένων λυμάτων προτού απορριφθούν στους υδάτινους αποδέκτες.

2. Οι απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, οι οποίες υποβάλλονται σε επεξεργασία σύμφωνα με τα άρθρα 4 και 5 της παρούσας οδηγίας πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις που παρατίθενται στον πίνακα 1.

3. Επιπλέον οι απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων προς τις ευαίσθητες περιοχές όπου παρουσιάζεται εκτροφευμός όπως προσδιορίζονται στο παράρτημα II σημείο Α στοιχείο α) πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις που παρατίθενται στον πίνακα 2 του παρόντος παραρτήματος.

4. Όπου πρέπει να διασφαλιστεί ότι οι υδάτινοι αποδέκτες ανταποκρίνονται σε τυχόν άλλες σχετικές οδηγίες ισχύουν ευσημότερες απαιτήσεις από όσες παρατίθενται στους πίνακες 1 ή / και 2.

5. Τα σημεία απόρριψης των αστικών λυμάτων επιλέγονται ώστε να μελώνται στο ελάχιστο δυνατόν οι επιπτώσεις στα ύδατα υποδεχής.

Γ. Βιομηχανικά απόβλητα

Τα βιομηχανικά απόβλητα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα και σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων πρέπει να υποβάλλονται στην απαιτούμενη προκαταρκτική επεξεργασία ώστε:

- να προστατεύεται η υγεία του προσωπικού που εργάζεται στα αποχετευτικά δίκτυα και τους σταθμούς επεξεργασίας,
- να εξασφαλίζεται ότι δεν προκαλείται ζημία στα αποχετευτικά δίκτυα, στους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων και τον συναφή εξοπλισμό,
- να εξασφαλίζεται ότι δεν εμποδίζεται η λειτουργία του σταθμού επεξεργασίας λυμάτων και η επεξεργασία της υλίας,
- να ελέγχεται ότι οι απορρίψεις από τους σταθμούς επεξεργασίας δεν επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον και δεν εμποδίζουν τους υδάτινους αποδέκτες να πληρούν τις απαιτήσεις άλλων κοινοτικών οδηγιών,
- να εξασφαλίζεται η διάθεση της υλίας με ασφαλή και περιβαλλοντικά αποδεκτό τρόπο.

Δ. Μέθοδοι αναφοράς για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

1. Οι αρμόδιες Αρχές φροντίζουν ώστε η μέθοδος παρακολούθησης που εφαρμόζεται να ανταποκρίνεται τουλάχιστον στο επίπεδο απαιτήσεων που περιγράφεται κατωτέρω.

Είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά και άλλες μέθοδοι, διαφορετικές από εκείνες που αναφέρονται στα σημεία 2, 3 και 4, υπό την προϋπόθεση ότι οι εν λόγω μέθοδοι αποδεδειγμένα παράγουν ισοδύναμα αποτελέσματα.

Το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ παρέχει στην Επιτροπή όλες τις χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την εφαρμοζόμενη μέθοδο. Αν η Επιτροπή κρίνει ότι δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις των σημείων 2, 3 και 4 υποβάλλει στο Συμβούλιο τις δέουσες προτάσεις.

2. Εικοσιπεντάωρα δείγματα ανάλογα προς τη ροή ή βασισμένα στη χρονική διάρκεια συλλέγονται στα ίδια σφαιρά καθορισμένο σημείο της εξόδου και εφόσον χρειάζεται της εισόδου του σταθμού επεξεργασίας ώστε να ελέγχεται κατά πόσον τα εξερχόμενα λύματα πληρούν τις απαιτήσεις απόρριψης που ορίζονται στην παρούσα οδηγία.

Εφαρμόζονται κατάλληλες διεθνείς εργαστηριακές πρακτικές με στόχο τη μείωση στο ελάχιστο της αποκωδμήσεως των δειγμάτων μεταξύ συλλογής και αναλύσεως.

3. Ο ελάχιστος ετήσιος αριθμός δειγμάτων καθορίζεται ανάλογα με το μέγεθος του σταθμού επεξεργασίας και συλλέγεται σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια του έτους:

2000 - 9999 ι.π. 12 δείγματα τον πρώτο χρόνο.

4 δείγματα τα επόμενα χρόνια

εφόσον αποδειχθεί ότι τον πρώτο χρόνο το νερό πληροί τις διατάξεις της παρούσας οδηγίας εάν κανένα από τα 4 δείγματα δεν είναι ικανοποιητικό, τον επόμενο χρόνο πρέπει να λαμβάνονται 12 δείγματα

10000 - 19999 ι.π. 12 δείγματα

άνω των 50000 ι.π. 24 δείγματα.

4. Τα επεξεργασμένα λύματα θεωρείται ότι ανταποκρίνονται στις σχετικές παραμέτρους εάν για καθένα σχετική παράμετρο χωριστά, τα δείγματα δείχνουν ότι τα εν λόγω λύματα ανταποκρίνονται στη σχετική τιμή της παραμέτρου ως εξής:

α) για τις παραμέτρους που ορίζονται στον πίνακα 1 και στο άρθρο 2 σημείο 7, ο ανώτερος αριθμός δειγμάτων ο οποίος επιτρέπεται να μην συμφωνεί με τις απαιτήσεις για τις συγκεντρώσεις ή / και το ποσοστό μείωσης του πίνακα 1 και του άρθρου 2 σημείο 7 καθορίζεται στον πίνακα 3.

β) για τις παραμέτρους του πίνακα όσον αφορά τις συγκεντρώσεις τα εκτός ορίων δείγματα τα οποία λαμβάνονται υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας δεν πρέπει να αποκλίνουν από τις τιμές των παραμέτρων περισσότερο από 100%. Για τις οριακές τιμές συγκέντρωσης που αφορούν τα ολικά αιωρούμενα στερεά είναι δυνατόν δεκαπλά αποκλίσεις μέχρι 150%.

γ) για τις παραμέτρους που αναφέρονται στον πίνακα 2 ο ετήσιος μέσος όρος των τιμών των δειγμάτων για κάθε παράμετρο δεν πρέπει να υπερβούν τις σχετικές οριακές τιμές.

5. Οι ακραίες τιμές για την ποιότητα των εν λόγω λυμάτων δεν λαμβάνονται υπόψη, εφόσον οφείλονται σε ασυνήθεις καταστάσεις όπως π.χ. νεροποντή.

(1) Δεδομένου ότι στην πράξη είναι αδύνατο να κατασκευασθούν δίκτυα και σταθμοί επεξεργασίας ούτως ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία όλων των λυμάτων υπό καταστάσεις όπως ασυνήθεις ισχυρές βροχοπτώσεις οι αρμόδιες αρχές αποφασίζουν τη λήψη μέτρων για τον περιορισμό της ρύπανσης από υπερχείλισεις υδάτων λόγω νεροποντής. Τα μέτρα αυτά μπορούν να βασίζονται στο βαθμό αραίωσης, στη χωρητικότητα των σχετικών αποδεκτών σε σχέση με τη ροή κατά την απαχθήληραίας ή σε ορισμένο ετήσιο βαθμό υπερχείλισης.

Πίνακας 1: Απαιτήσεις για απορρίψεις από αριθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων που διέπονται από τα άρθρα 4 και 5 της παρούσας οδηγίας. Εφαρμόζεται η τιμή συγκεντρώσεως ή το ποσοστό μείωσης.

Παράμετρο	Συγκέντρωση	Ελάχιστη εκατοστιαία μείωση (%)	Μέθοδοι αναφοράς απαιτούμενο οδότητο αποκαθάρτα δείγμα
Βιοχημικό απαιτούμενο οξυγόνο (BOD ₅)	25 mg/l O ₂	70-90	

στους 20°C χωρίς			προδιορισμός του διαλύμενου οξυγόνου πριν & μετά πενήνηση επίσημη στους 20°C σε απόλυτο ελάττω Προσθήκη παρεμποδιστή της υπεροξείδωσης. Ομογενποιημένο ασύθητο απαιτούμενο δείγμα
νιτροποίηση (2)	40 δυνάμει άρθ. 4 παρ. 2	75	δραστικό κύριο - Διήθηση αντιπροσωπευτικό δείγματος μέσω φίλτρου μεμβράνης των 0,45 μm ετήσια σε θερμοκρασία 100°C και ζύγιση
Ελάχιστο απαιτούμενο οξυγόνο	125 mg/l (2)	75	
Ολικό αιωρούμενο στερεό	35 mg/l (1)	50 ()	αντιπροσωπευτικό δείγματος μέσω φίλτρου μεμβράνης των 0,45 μm ετήσια σε θερμοκρασία 100°C και ζύγιση
	35 δυνάμει άρθρου 4 παρ. 2 (όλου των 1000 ml)	50 δυνάμει άρθρου 4 παρ. 2 (όλου των 1000 ml)	
	60 δυνάμει άρθρου 4 παρ. 2	70 δυνάμει άρθρου 4 παρ. 2	σε θερμοκρασία 2000 - 1000 ml, 2000 - 1000 ml, 100°C και ζύγιση.

() Μείωση ανάλογα με το φορτίο των εισερχομένων λυμάτων.

() Η παράμετρος αυτή μπορεί να αντικατασταθεί από άλλη: ολικός οργανισμός άνθρακας (TOC) ή ολικό απαιτούμενο οξυγόνο TOD. α μπορεί να σχέση μεταξύ του BOD5 και της υποκατάστατης παραμέτρου.

() Η απαίτηση αυτή είναι προαιρετική. Οι αναλύσεις που αφορούν αφαιρούμενα από τα λυμώματα διεξάγονται σε διηθημένα δείγματα. Ωπότε η συγκέντρωση συνόλου των αιωρούμενων στερεών σε αβλήθητα δείγματα υδάτων δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 150 mg/l.

Πίνακας 2: Απατήσεις για διάθεση από σταθμούς εξεπεργασίας λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός, όπως προσδιορίζονται στο Παράρτημα II σημείο Α στοιχεία α).

Ανάλογα των τοπικών συνθηκών μπορεί να εφαρμόζεται η μία ή και οι δύο παράμετροι. Εφαρμόζεται η τιμή συγκέντρωσης ή το ποσοστό μείωσης.

Παράμετροι	Συγκέντρωση	Ελάττωση εκατοστώ μείωση (%)	Μέθοδος μέτρησης αναφοράς (μέχρι ποσοτικές αναφορές)
Ολικός φωσφόρος	2 mg/l P (10000 - 100000 ml) 1 mg/l N (όλου των 100000 ml)	50	φασματοφωτομετρία ποσοτικές αναφορές
Ολικό άζωτο (2)	15 mg/l N (1000-100000)	70-80	φασματοφωτομετρία ποσοτικές

(1) Μείωση ανάλογα με το φορτίο εισερχομένων λυμάτων.
(2) Ολικό άζωτο σημαίνει το άθροισμα του ολικού αζώτου κατά Kjeldahl (οργανικό άζωτο και NH4) του αζώτου των νιτρικών ιόντων (NO3) και του αζώτου των νιτρώδων ιόντων (NO2).

(3) Εναλλακτικά ο ημερήσιος μέσος όρος δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 20 mg/l. Η απαίτηση αυτή αναφέρεται σε θερμοκρασία ύδατος τουλάχιστον 120oC κατά τη λειτουργία του βιοαντιβραστήρα της μονάδας εξεπεργασίας λυμάτων. Αντί για την προσπόθεση της θερμοκρασίας μπορεί να εφαρμοστεί ένας περιορισμένος χρόνος λειτουργίας ανάλογος με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Αυτή η εναλλακτική λύση ισχύει εφόσον αποδεδειγμένα πληρούνται οι προϋποθέσεις που καθορίζονται στο σημείο Δ1 του παρόντος παραρτήματος.

Πίνακας 3

Αριθμός δειγμάτων που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια αποκλιθεσι δότους	Ανώτατος επιτρεπτός αριθμός δειγμάτων που αποκλιθεσι
4 - 7	1
6 - 10	2
17 - 28	3
29 - 40	4
41 - 52	5
54 - 67	6
69 - 81	7
82 - 95	8
96 - 110	9
111 - 125	10
126 - 140	11
141 - 155	12
156 - 171	13
172 - 187	14
188 - 203	15
204 - 219	16
220 - 235	17
236 - 251	18
252 - 268	19
269 - 284	20
285 - 300	21
301 - 317	22
318 - 334	23
335 - 350	24
351 - 365	25

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΥΑΙΣΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΕΥΑΙΣΘΗΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Α. Ευαίσθητες περιοχές:
Μια υδάτινη μάζα χαρακτηρίζεται ως ευαίσθητη περιοχή, αν εμπίπτει σε μία από τις εξής ομάδες:
α) φυσικές λίμνες γλυκών υδάτων, εκβολές ποταμών και παράσια και άλλοι υδάτινοι αποδέκτες γλυκών υδάτων όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός ή όπου μπορεί, στο γγγίς μέλλον, να παρουσιασθεί ευτροφισμός αν δεν ληφθούν προστατευτικά μέτρα.

Όταν εξετάζεται ποια θρεπτικά συστατικά πρέπει να μειωθούν με περαιτέρω επεξεργασία μπορούν να λαμβάνονται υπόψη τα εξής στοιχεία:

α) Λίμνες και ρεύματα τα οποία καταλήγουν σε λίμνες / ταμιευτήρες / κλειστούς όρμους που διαπιστώνεται ότι έχουν ασθενή αναλλαγή ύδατος, ώστε μπορεί να συμβεί συσσώρευση. Στις περιοχές αυτές η επεξεργασία πρέπει να περιλαμβάνει την αφαίρεση του φωσφόρου, εκτός εάν μπορεί να αποδειχθεί ότι η αφαίρεση δεν θα επηρεάσει το επίπεδο ευτροφισμού. Όπου πραγματοποιούνται απορρίψεις από μεγάλους οικισμούς μπορεί επίσης να εξεταστεί η αφαίρεση του αζώτου.

β) εκβολές ποταμών, όρμους και άλλα παράκτια ύδατα που διαπιστώνεται ότι έχουν ασθενή αναλλαγή ύδατος ή που δέχονται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών. Οι απορρίψεις από μικρούς οικισμούς συνήθως είναι δευτερεύουσας σημασίας στις περιοχές αυτές, αλλά για τους μεγάλους οικισμούς η επεξεργασία πρέπει να περιλαμβάνει την αφαίρεση του φωσφόρου ή / και του αζώτου, εκτός αν μπορεί να αποδειχθεί ότι η αφαίρεση δεν θα επηρεάσει το επίπεδο ευτροφισμού.

β) Επιφανειακά γλυκά ύδατα προοριζόμενα για την αντίληψη πόσιμου νερού τα οποία θα μπορούσαν να περιέχουν νιτρικά ιόντα σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από εκείνη που προβλέπουν οι σχετικές διατάξεις της υπ' αριθ. οικ. 46399/1352/1986 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα: ... κλπ.» αν δεν ληφθούν προσηλυτευτικά μέτρα.

β. Λιγότερο ευαίσθητες περιοχές

Μια θαλάσσια υδάτινη μάζα ή περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί ως λιγότερο ευαίσθητη περιοχή αν τα απορριπτόμενα λύματα δεν θίγουν το περιβάλλον λόγω της μορφολογίας της υδρολογίας ή των ειδικών υδραυλικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή αυτή.

Κατά τον προσδιορισμό των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών, οι αρμόδιες αρχές λαμβάνουν υπόψη τον κίνδυνο μεταφοράς του απορριπτόμενου φορτίου σε γειτονικές περιοχές, όπου μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς το περιβάλλον. Οι αρμόδιες αρχές αναγνωρίζουν τις ευαίσθητες περιοχές που υπάρχουν εκτός της εθνικής μας δικαιοδοσίας.

Κατά τον προσδιορισμό των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής στοιχεία:

Ανοικτοί όρμους, εκβολές ποταμών και άλλα παράκτια ύδατα με καλή αναλλαγή ύδατος και στα οποία δεν παρουσιάζεται ευτροφισμός ή εξάντληση οξυγόνου ή στα οποία θεωρείται απίθανο να παρουσιαστεί ευτροφισμός ή εξάντληση οξυγόνου εξαιτίας της απόρριψης αστικών λυμάτων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΤΟΜΕΙΣ

1. Επεξεργασία του γάλακτος
2. Παραγωγή απορρυπαντικών προϊόντων
3. Παραγωγή και εκμύλωση μη αλκοολούχων ποτών
4. Μεταποίηση γεωμήλων
5. Βιομηχανία κρέατος
6. Ζυθοποιία
7. Παραγωγή αλκοόλης και αλκοολούχων ποτών
8. Παραγωγή ζωοτροφών από φυτικά προϊόντα
9. Παραγωγή ζελατίνας και κόλλας από δέρματα και σπόζα ζώων
10. Μανάδες παραγωγής βύνης
11. Μεταποιητική βιομηχανία ιχθύων

Άρθρο 17

Από τις διατάξεις αυτής της απόφασης προκαλείται ακαθάριστη δαπάνη σε βάρος του Κρατικού Προϋπολογισμού, λόγω της προβλεπόμενης στο άρθρο 4 δημιουργίας δικτύου απαχέτευσης με τις προϋποθέσεις και μέσα στα χρονικά όρια που προσδιορίζονται στο άρθρο αυτό, καθώς και της προβλεπόμενης στο άρθρο 7 υποβολής των λυμάτων σε δευτεροβάθμια, ισοδύναμη ή κατάλληλη επεξεργασία μέσα στα χρονικά όρια που προσδιορίζονται στο άρθρο αυτό.

Άρθρο 18

Από την έναρξη ισχύος της παρούσας απόφασης καταργείται κάθε άλλη διάταξη που αντίκειται στις διατάξεις της παρούσας απόφασης ή ανάγεται σε θέματα που ρυθμίζονται από αυτήν.

Άρθρο 19

Η ισχύς της παρούσας απόφασης αρχίζει από τη δημοσίευσή της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Η απόφαση αυτή να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Αθήνα, 5 Μαρτίου 1987

Ο ΠΡΟΪΚΤΟ

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ, ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ
ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
Α. ΠΑΠΑΔΗΜΑΣ

ΕΘΝΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΩΝ
ΓΙΑΝΝΟΣ ΠΑΠΑΝΤΩΝΙΟΥ

Η ΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΚΑΤΑΓΩΓΩΝ
ΑΝΝΑ ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΣΗΣ ΕΡΓΩΝ
ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΚΟΛΙΟΠΑΝΟΣ

ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΣΤ. ΤΣΟΥΜΑΚΑΣ

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΥΠΕΡΩΚΕΑΝΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΣΚΟΥΛΑΡΗΣ

Βιβλιογραφία Παραρτήματος

- [1] CHIPITA Α.Ε (2018). *Απολογισμός Εταιρικής Υπευθυνότητας 2018- Ανάπτυξη με Θετικό Αποτύπωμα*. Ανάκτηση από:
<https://www.chipita.com/el-gr/koinoniki-euthuni/apologismos-etairikis-ureuthunotitas/>
- [2] Ελληνικά Γαλακτοκομεία (2018). *Απολογισμός Εταιρικής Υπευθυνότητας 2018*. Ανάκτηση από:
<https://www.hellenicdairies.com/social-responsibility/>
- [3] ION (2018). *Έκθεση Εταιρικής Υπευθυνότητας 2018*. Ανάκτηση από:
https://www.ion.gr/sites/default/files/Etairiki_eythiniION_2018/index.html
- [4] ΚΑΛΛΑΣ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε.Ε (2019). *Ισολογισμός 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.kallas-pap.com/>
- [5] Nestle Hellas (2019). *Ετήσιες Χρηματοοικονομικές Καταστάσεις και Έκθεση Διοικητικού Συμβουλίου για τη χρήση που έληξε 31 Δεκεμβρίου 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.nestle.gr/media/financialreports>
- [6] Θ.ΝΙΤΣΙΑΚΟΣ Α.Β.Ε.Ε ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ (2019). *Έκθεση Ανεξάρτητου Ορκωτού Ελεγκτή Λογιστή*. Ανάκτηση από:
<https://nitsiakos.gr/el/gia-sunergates/h-etaireia/oikonomika-stoiheia/>
- [7] ΔΕΛΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ (2018). *Απολογισμός Εταιρικής Υπευθυνότητας 2018*. Ανάκτηση από:
https://www.delta.grcontent/uploads/2018/04/delta_apologismos_2018.pdf
- [8] Coca Cola ΤΡΙΑ ΕΨΙΛΟΝ (2019). *Ετήσια Οικονομική Έκθεση 2019*. Ανάκτηση από:
<https://gr.coca-colahellenic.com/gr/about-us/financial-performance>
- [9] Coca Cola ΤΡΙΑ ΕΨΙΛΟΝ (2017). *Sustainability report 2017*. Ανάκτηση από:
<https://gr.coca-colahellenic.com/media/3678/sustainability-report-2017.pdf>
- [10] Αθηναϊκή Ζυθοποιία (2019). *Οικονομικές Καταστάσεις 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.athenianbrewery.gr/gr/el/oikonomika-stoixeia/>
- [11] Αθηναϊκή Ζυθοποιία (2015). *Απολογισμός Βιώσιμης Ανάπτυξης 2014-2015*. Ανάκτηση από:
http://athenianbrewery.gr/media/uploads_file/2016/10/07/p1aufic4oj5iurqu1g86r701a0e4.pdf
- [12] Παπαστράτος (2019). *Έκθεση Βιώσιμης Ανάπτυξης 2019*. Ανάκτηση από:
<https://papastratosmazi.gr/ola-ta-nea-ths-papastratos/etairika-nea/ekthesi-viwsimis-anaptiksis-2018-2019/>
- [13] Ελληνικά Πετρέλαια (2019). *ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΕΤΑΙΡΙΚΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ 2019*. Ανάκτηση από:
<https://sustainabilityreport2019.helpe.gr/#home>

- [14] Motor Oil (2019). *Έκθεση Εταιρικής Υπευθυνότητας 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.moh.gr/perivallon-kinonia/kinoniki-eteriki-ypefthynotita>
- [15] Sarantis Group (2018). *Απολογισμός Εταιρικής Υπευθυνότητας και Βιώσιμης Ανάπτυξης 2018*. Ανάκτηση από:
https://ir.sarantis.gr/Uploads/apologismoι/CSR_SUSTAINABILITY_REPORT_2018_GR.pdf
- [16] ΜΕΓΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ (2017). *Απολογισμός Εταιρικής Υπευθυνότητας 2017*. Ανάκτηση από:
[http://megacms.dotsyntax.gr/uploads/35494-494-1\(1\).PDF](http://megacms.dotsyntax.gr/uploads/35494-494-1(1).PDF)
- [17] Vitex (2018). *Έκθεση Βιώσιμης Ανάπτυξης 2016-2018*.
Ανάκτηση από:
<https://www.vitex.gr/>
- [18] Novartis (2019). *Έκθεση Εταιρικής Υπευθυνότητας 2018-2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.novartis.gr/nea/etairikes-ekdoseis>
- [19] BIANEΞ (2019). *Χρηματοοικονομικές Καταστάσεις 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.vianex.gr/financial>
- [20] BIANEΞ (2016). *Έκθεση Εταιρικής Υπευθυνότητας 2014-2016*. Ανάκτηση από:
<https://www.vianex.gr/img/pdf/csr.pdf>
- [21] Pfizer (2018). *Έκθεση Εταιρικής Υπευθυνότητας 2017-2018*. Ανάκτηση από:
<https://selfservehosteu.pfizer.com/pfrrdownload/file/fid/55591>
- [22] Πλαστικά Θράκης (2019). *Ετήσια Οικονομική Έκθεση 2019*. Ανάκτηση από:
<https://m.thracegroup.com/gr/el/financial-information/#>
- [23] Πλαστικά Κρήτης (2019). *Ετήσια Οικονομική Έκθεση 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.plastikakritis.com/gr/financial-information-2019>
- [24] Ηρακλής (2019). *Έκθεση Αειφορίας 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.lafarge.gr/sustainability-reports>
- [25] TITAN (2019). *Integrated Annual Report 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.titan-cement.com/integratedannualreport2019/index.html>
- [26] Χάλυψ Δομικά Υλικά (2019). *Οικονομικές Καταστάσεις 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.halyps.gr/el/legal-gr>
- [27] Σωληνουργεία Κορίνθου (2019). *Απολογισμός Βιώσιμης Ανάπτυξης 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.cpw.gr/media-center/Publications/>
- [28] ΣΙΔΕΝΟΡ (2019). *Οικονομικές Καταστάσεις 2019*. Ανάκτηση από:
<https://sidenor.gr/sxetika-me-tin-sidenor/oikonomikes-katastaseis/>
- [29] ELVAL/HALCOR (2019). *Απολογισμός Βιώσιμης Ανάπτυξης 2019*. Ανάκτηση από:
<https://www.elval.com/el/sustainability-csr-reports>

- [30] ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ (2014). *Ισολογισμός της 31-12-2014*. Ανάκτηση από:
<http://www.hlv.gr/index.php/el/company/financial/>
- [31] Cablel Ελληνικά Καλώδια (2018). *Απολογισμός Βιώσιμης Ανάπτυξης 2018*.
Ανάκτηση από:
<http://www.cenergyholdings.com/userfiles/225d38ab-9b23-4522-9e62-a6a900aac8b2/Cablel-Sustainability-Report-2018-Greek.pdf>
- [32] Nexans Hellas (2019). *Οικονομικές Καταστάσεις 2019*. Ανάκτηση από:
https://www.nexans.gr/eservice/-el_GR/navigate_183012_0_10_2352/O_exans_.html
- [33] ΔΕΗ (2018). *Απολογισμός Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης και Βιώσιμης Ανάπτυξης 2018*. Ανάκτηση από:
https://www.dei.gr/Documents2/%CE%95%CE%9A%CE%95/_EKE2018_GR_WEB.pdf
- [34] Ανάκτηση δεδομένων από
<https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tps0001&plugin=1> και
https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wat_cat&lang=en
- [35] Eurostat (n.d.). *Water statistics*. Ανάκτηση στις 14 Απριλίου από:
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics#Water_uses
- [36] Nestle Hellas (2011). *Nestle Hellas Sustainability and Creating Shared Value Report 2011*. Ανάκτηση από:
https://www.nestle.gr/sites/g/files/pydnoa426/files/201908/nestle_hellas_sustainability_2011_gr.pdf
- [37] Αθηναϊκή Ζυθοποιία (2015). *Απολογισμός Βιώσιμης Ανάπτυξης 2014-2015*.
Ανάκτηση από:
http://athenianbrewery.gr/media/uploads_file/2016/10/07/p1aufic4oj5iurqu1g86r701a0e4.pdf
- [38] Σολδάτος Τ. (n.d.). Τέφρα και πυροκλαστικά πετρώματα. Ηφαιστειολογία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Ανάκτηση στις 26 Οκτωβρίου 2020 από:
<http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo765e/>
- [39] Academic. (n.d). *Τόφος*. Ανάκτηση στις 26 Οκτωβρίου 2020 από:
http://greek_greek.enacademic.com/178920/%CF%84%CF%8C%CF%86%CF%86%CE%BF%CF%82
- [40] Lutgens, F. K., Tarbuck, E. J. (200). *Essentials of Geology*. 7th Ed., Prentice Hall,
- [41] Σολδάτος, Τ., Παπαδοπούλου, Λ. (n.d.). Ιζηματογενή πετρώματα. Ορυκτολογία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Ανάκτηση 26 Οκτωβρίου 2020 από:
http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_sedimentary.htm
- [42] Καρράς, Χ. Γ. (2019). Μελέτη της Διασποράς Ρυπαντών από την Τσιμεντοβιομηχανία με το Υπολογιστικό Πρόγραμμα AERMOD [Master Thesis]. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

- [43] Παρασκευόπουλος, Γ. (1970). *Κοιτασματολογία*, Αθήνα, 1970
- [44] Περράκη- Λοϊσίου, Θ. (n.d.). Βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα. Ανάκτηση 26 Οκτωβρίου 2020 από:
<https://slideplayer.gr/slide/2307551/>
- [45] Κούκης, Γ., Σαμπατακάκης, Ν. (2002). *Τεχνική Γεωλογία*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
- [46] Απόφαση ΥΠΕΚΑ περί τροποποίησης της υπ' αριθμόν 143830/5-11-07 απόφασης Αθήνα 25-1-2011, ΚΥΑ 21398/2012 - ΦΕΚ 1470Β, ΑΔΑ 68ΒΔ4653Π8-ΑΟΥ
- [47] Τσίμας, Σ., Τσιβιλής, Σ. (2010). ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- [48] Agico Group (n.d.). *Cement Vertical Mill*. Ανάκτηση στις 26 Οκτωβρίου 2020 από:
<http://www.cementmillequipment.com/cement-grinding/cement-verticle-miller.html>
- [49] Τσακαλάκης, Κ. (2019). *ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΚΑΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ*. Εργαστήριο εμπλουτισμού μεταλλευμάτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [50] Agico Cement (n.d.). *Cement ball mill*. Ανάκτηση στις 26 Οκτωβρίου 2020 από:
<http://www.cement-plants.com/raw-material-production/cement-mill/ball-mill/>
- [51] Schorcht, F., Kourti, I., Scalet, B. M., Roudier, S., Sancho, L. D. (2013). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide. *Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*
- [52] Gong, C., Zhou, X., W., Lu, L., Cheng, X. (2018). Effects of cacarbamide on fluidity and setting time of sulphoaluminate cement and properties of planting concrete from sulphoaluminate cement. *Construction and Bulding Materials*, 182, 290-297.
- [53] Lafarge Holcim.(n.d.). *Αειφόρος Ανάπτυξη*. Ανάκτηση 20 Οκτωβρίου από:
<https://www.lafarge.gr/nero>
- [54] Boldyryev, S. (2018). Heat Integration in Cement Production. *Cement Based Materials*, from <https://www.intechopen.com/books/cement-based-materials>
- [55] Hosseinian, S. M., Nezamoleslami, R. (2017). Water footprint and virtual water assessment in cement industry: A case study in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2454-2463
- [56] Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y., Bosman, R. (2017). The blue and grey water footprint of construction materials: steel, cement and glass. *Water Resources and Industry*, 19, 1-12
- [57] Bosman, R. (2016). *Water footprint of widely used construction materials – steel, cement and glass*. [Unpublished Master Thesis]. University of Twente, Netherlands

- [58] Mikulcic, H., Cabezas, H., Vujanovic, M., Duic, N. (2016). Environmental assessment of different cement manufacturing processes based on Emergy and Ecological Footprint analysis. *Journal of Cleaner Production*, 130, 213-221
- [59] Kalkert, P., Kosetzki, N., Küllerzt, P. (2015). Kiln shell cooling by water evaporation, controlled by infrared temperature measurement. *Cement International*, 2/2015, 62-69
- [60] Valderamma, C., Granados, R., Cortina, J. L., Gasol, C. M., Guillem, M., Josa, A. (2011). Implementation of best available techniques in cement manufacturing: life-cycle assessment study. *Journal of Cleaner Production*, 25, 60-67
- [61] Marceau, M.L., Nisbet, M.A., VanGeem, M.G. (2006). Life cycle inventory of Portland Cement Manufacture. *Portland Cement Association*
- [62] Riley, J. E. (1974). *Development Document for Effluent Limitations Guidelines and New Source Performance Standards for the Cement Manufacturing Point Source Category*. Washington: Environment Protection Agency