



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας II: Ανάλυσης Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων

Διπλωματική εργασία:

Υδατικό Αποτύπωμα Βιομηχανικής Μονάδας



Ελευθερία Αναδιώτη

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ελένη Γρηγοροπούλου

Πίνακας Περιεχομένων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT.....	9
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1. Γενικά ^[1]	11
1.2. Υδατικοί πόροι στην Ελλάδα ^[1]	12
1.3. Μείωση υδατικών πόρων	14
1.4. Βασικές Έννοιες.....	15
1.4.1. Αειφόρος Ανάπτυξη	15
1.4.2. Εικονικό Νερό (Virtual Water).....	17
1.5. Στόχος της διπλωματικής εργασίας	18
2. ΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ	19
2.1. Ορισμός	19
2.2. Συνιστώσες ΥΑ.....	20
2.3. Ιστορική αναδρομή	23
2.4. Υδατικό Αποτύπωμα στην Ελλάδα.....	23
2.5. Εκτίμηση του Παγκόσμιου Υδατικού Αποτυπώματος το 2050	26
2.6. Μέθοδοι Υπολογισμού ΥΑ	29
2.6.1. Hoekstra & Charagain	29
2.6.2. Ridoutt & Pfister	31
3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	33
3.1. Εισαγωγικά στοιχεία	33
3.2. Μεθοδολογία Υπολογισμού Υδατικού Αποτυπώματος σε βιομηχανική μονάδα κατά Gerbens – Leenes & Hoekstra	34
3.3. Το νερό στη βιομηχανία.....	39
3.3.1. Μελέτη Υδατικού Αποτυπώματος κατά Gerbens – Leenes & Hoekstra σε εργοστάσιο παραγωγής οίνου	39

3.3.2.	Κατανάλωση νερού στις λουπές χρήσεις σε μία βιομηχανία	42
3.4.	Δεδομένα κατανάλωσης νερού σε αεροπορικές βιομηχανίες.....	45
4.	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ Α.Ε. (ΕΑΒ).....	49
4.1.	Ιστορικά Στοιχεία ^[39]	49
4.2.	Οι δραστηριότητες της βιομηχανίας	50
4.3.	Οι μονάδες της βιομηχανίας.....	50
4.4.	Χρήση νερού	56
4.5.	Υγρά απόβλητα	56
4.6.	Βρόχινο νερό	57
5.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	58
5.1.	Βήμα 1: Καθορισμός των μονάδων της βιομηχανίας.....	58
5.2.	Βήμα 2: Υπολογισμός του Λειτουργικού Υδατικού Αποτυπώματος	61
5.3.	Βήμα 3: Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος της εφοδιαστικής αλυσίδας	67
5.4.	Βήμα 4: Υπολογισμός συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος.....	67
5.5.	Βήμα 5: Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος των προϊόντων ανά μονάδα της βιομηχανίας	67
5.6.	Βήμα 6: Υπολογισμός του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος της βιομηχανίας	69
5.7.	Παραδοχές	70
5.7.1.	Έτος αναφοράς: 2016	70
5.7.2.	Έτος αναφοράς: 2015	71
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
7.	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	75
8.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΝΕΡΟΥ	77
8.1.	Μείωση κατανάλωσης νερού ανά χρήση	77
8.1.1.	Πόσιμο/Υγιεινή	77
8.1.2.	Παραγωγική Διαδικασία.....	78
8.1.3.	Απώλειες.....	80
8.1.4.	Άρδευση.....	80
8.2.	Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων	80
8.2.1.	Νομοθετικό Πλαίσιο	82

8.3.	Άλλοι τρόποι επαναχρησιμοποίησης/ανακύκλωσης νερού	85
8.3.1.	Επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού.....	85
8.3.2.	Συλλογή βρόχινου νερού	86
9.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	91
	Παράρτημα 1: Διάγραμμα ροής Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας.....	91
	Παράρτημα 2: Μέσος όρος συγκεντρώσεων των σημαντικότερων ρύπων στα υγρά απόβλητα της ΕΑΒ για το 2016	92
	Παράρτημα 3: Ύψος βροχής (mm) για τα έτη 2015, 2016.....	94

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Ετήσια ζήτηση νερού ανά καταναλωτική χρήση και υδατικό διαμέρισμα (hm^3)	13
Πίνακας 2 Κύρια Χαρακτηριστικά του ΥΑ της Ελλάδας ^[17]	26
Πίνακας 3 Συνολική χρήση νερού στην Embraer ανά πηγή (m^3).....	47
Πίνακας 4 Συνολική χρήση νερού στην Dassault Aviation ανά πηγή (m^3).....	47
Πίνακας 5 Κατανάλωση νερού στην Zodiac Aerospace (10^3 m^3)	48
Πίνακας 6 Συνολική χρήση νερού στην Airbus ανά πηγή (m^3)	48
Πίνακας 7 Βιομηχανικές μονάδες της ΕΑΒ	61
Πίνακας 8 Νερό ΕΥΔΑΠ ανά κατηγορία χρήσης (έτη 2015, 2016): Δεδομένα ΕΑΒ	62
Πίνακας 9 Νερό ΕΥΔΑΠ ανά κατηγορία χρήσης (έτη 2012,2013,2014): Δεδομένα ΕΑΒ	63
Πίνακας 10 Λειτουργικό ΥΑ ($\text{m}^3/\text{έτος}$) της βιομηχανίας για το 2016: Επεξεργασία Δεδομένων ΕΑΒ	64
Πίνακας 11 Επιμέρους ΥΑ Παραγωγικής Διαδικασίας της βιομηχανίας για το 2016: Επεξεργασία Δεδομένων ΕΑΒ.....	65
Πίνακας 12 Λειτουργικό ΥΑ ($\text{m}^3/\text{έτος}$) της βιομηχανίας για το 2015: Επεξεργασία Δεδομένων ΕΑΒ	66
Πίνακας 13 Επιμέρους ΥΑ Παραγωγικής Διαδικασίας της βιομηχανίας για το 2015: Επεξεργασία Δεδομένων ΕΑΒ.....	66
Πίνακας 14 Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος ανά προϊόν της μονάδας «Παραγωγική Διαδικασία» για τα έτη 2015, 2016	68
Πίνακας 15 Δεδομένα για την κατανάλωση νερού συναρτήσει του αριθμού των εργαζομένων και των μονάδων των προϊόντων της ΕΑΒ και αεροπορικών βιομηχανιών του εξωτερικού (2015).....	75
Πίνακας 16 Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μιας χρήσης ^[N4]	82
Πίνακας 17 Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης ^[N4]	83
Πίνακας 18 Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαιστική χρήση ^[N4]	84

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Δείκτης λειψυδρίας (WSI) για το 2025 λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις νερού [IWM, 2000] ^[5]	15
Εικόνα 2 Ισοζύγιο εμπορικής συναλλαγής εικονικού νερού μεταξύ δεκατριών περιφερειών κατά την περίοδο 1995-1999.	18
Εικόνα 3 Σχηματική αναπαράσταση των συνιστωσών ΥΑ	22
Εικόνα 4 Μέσες τιμές ΥΑ (m ³ /έτος/κάτοικο) ^[16]	24
Εικόνα 5 Τα 4 σενάρια αλλαγής του ΥΑ το 2050	27
Εικόνα 6 Ποσοστιαία μεταβολή στο Υδατικό Αποτύπωμα (WF) κατανάλωσης ανά κάτοικο σε σχέση με το 2000 σε κάθε σενάριο.....	29
Εικόνα 7 Αναθεωρημένη μέθοδος υπολογισμού ΥΑ με χρήση συντελεστών χαρακτηρισμού υδατικής πίεσης	32
Εικόνα 8 Βιομηχανία που αποτελείται από μονάδες 1-3 και παράγει προϊόντα X-Z αντίστοιχα.....	36
Εικόνα 9 Υδατικό Αποτύπωμα εφοδιαστικής αλυσίδας και Λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα διαιρεμένο σε συνιστώσες (πράσινη, μπλε, γκρι) για μια οινοπαραγωγική εταιρεία στη Ρουμανία.....	41
Εικόνα 10 Επιμετάλλωση – Παράλληλη έκπλυση και έκπλυση σε αντιρροή	79

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 Ποσοστιαία σύνθεση του ΥΑ της Ελλάδας ^[17]	25
Διάγραμμα 2 Συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα σταφυλιών την περίοδο 2005-2008 στην επαρχία Ιάσιου, Ρουμανία.....	40
Διάγραμμα 3 Αποτελέσματα ΥΑ για ένα μπουκάλι και ποτήρι κρασιού για μια οινοπαραγωγική εταιρεία στη Ρουμανία.....	42
Διάγραμμα 4 Κατανάλωση νερού σε κτίρια γραφείων στην Αμερική.....	43
Διάγραμμα 5 Προφίλ χρήσης νερού για 12 εταιρείες της Ιορδανίας.....	44
Διάγραμμα 6 Περιβαλλοντική απόδοση της The Boeing Company.....	46
Διάγραμμα 7 Διάγραμμα ροής επεξεργασίας αστικών αποβλήτων-λυμάτων της ΕΑΒ ΑΕ.....	52

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το νερό είναι ένας από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους και κατέχει ζωτικό ρόλο στη ζωή του ανθρώπου από την αρχή της ιστορίας του. Εξαιτίας της πληθυσμιακής αύξησης, των κλιματικών αλλαγών και της συνεχούς οικονομικής ανάπτυξης, τα τελευταία χρόνια έχουν ενταθεί τα φαινόμενα λειψυδρίας και το νερό αντιμετωπίζεται ως φυσικός πόρος σε ανεπάρκεια. Η υπερεκμετάλλευση του νερού έχει δημιουργήσει πολλά κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα και είναι πλέον επιτακτική η ανάγκη για ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων.

Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας αναπτύχθηκε η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος (ΥΑ) η οποία εισήχθη το 2002 από τον Α. Υ. Hoekstra στην Ολλανδία. Πρόκειται για έναν εναλλακτικό περιβαλλοντικό δείκτη κατανάλωσης γλυκού νερού και εκφράζει τον συνολικό όγκο γλυκού νερού που καταναλώνεται για την παραγωγή ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Το ΥΑ μπορεί να υπολογιστεί για έναν καταναλωτή, μία χώρα, μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή ή μία βιομηχανία. Ο υπολογισμός του ΥΑ σε μία βιομηχανία γίνεται σε ετήσια βάση και αποτελείται από δύο συνιστώσες: το λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα (άμεση κατανάλωση νερού από την επιχείρηση) και το Υδατικό Αποτύπωμα εφοδιαστικής αλυσίδας (νερό που καταναλώθηκε για την παραγωγή των πρώτων υλών). Επίσης, το λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα απαρτίζεται από την μπλε, την πράσινη και την γκρι συνιστώσα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία υπολογίζεται το λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας Α.Ε. (ΕΑΒ) με έδρα το Σχηματάρι Βοιωτίας για το 2016 και το 2015. Η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί διατυπώθηκε από τους Gerbens – Leenes & Hoekstra. Το ΥΑ του 2016 υπολογίστηκε ίσο με 182.607 m³ ενώ το 2015 ίσο με 214.954 m³. Παρατηρήθηκε δηλαδή μία πτώση στην κατανάλωση νερού το 2016 κατά 15%. Η πιο υδροβόρα χρήση στη βιομηχανία και τις δύο χρονιές ήταν το νερό που καταναλώνεται ως πόσιμο και γενικά για την υγιεινή των εργαζομένων.

Όσον αφορά στα Υδατικά Αποτυπώματα των προϊόντων της βιομηχανίας, τα προϊόντα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση διέφεραν τις δύο χρονιές. Από τον υπολογισμό της μέσης κατανάλωσης ανά προϊόν, φάνηκε ότι τις μεγαλύτερες απαιτήσεις νερού είχαν τα προϊόντα που απαρτίζονταν από τις περισσότερες μονάδες.

Η επεξεργασία αποτελεσμάτων της μελέτης Υδατικού Αποτυπώματος διαδέχεται τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν ενώ επίσης γίνεται σύγκριση μεταξύ των διάφορων αεροπορικών βιομηχανιών στη βάση συνολικών καταναλώσεων ανά έτος. Τέλος, για το όφελος της βιομηχανίας αλλά και του περιβάλλοντος, καταγράφονται ποικίλες προτάσεις για επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση των υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας. Ο στόχος της μείωσης του Υδατικού Αποτυπώματος είναι πραγματοποιήσιμος, εφόσον η επανάχρηση συμμορφώνεται με την αρμόδια νομοθεσία.

ABSTRACT

Water is one of the most important natural resources and has played a vital role in human life since the existence of mankind. Because of population growth, climate change and continued economic development, water scarcity has increased in recent years and water is seen as a natural resource in deficiency. The overexploitation of water has caused many social and environmental issues and the need for rational management of water resources is now imperative.

As part of this effort, the concept of Water Footprint (WF) was developed and introduced in 2002 by A. Y. Hoekstra in the Netherlands. It is an alternative environmental indicator of freshwater consumption and it expresses the total volume of fresh water consumed to produce a product or service. The WF can be calculated for a consumer, a country, a specific geographic area or a business. The WF in an industry is calculated on an annual basis and consists of two components: the operational Water Footprint (direct water consumption by the business) and the supply chain Water Footprint (water consumed for the production of raw materials). Also, the operational WF is composed of the blue, green and gray components.

In this study, we calculate the operational Water Footprint of the Hellenic Aviation Industry SA. (HAI), based in Schimatari, Viotia for 2016 and 2015. The methodology that was used was formulated by Gerbens – Leenes & Hoekstra. In 2016, the WF was estimated to be 182,607 m³ while in 2015 it was equal to 214,954 m³. Thus, there was a 15% drop in water consumption in 2016. The most water-borne use in the industry for both years was the water consumed by the employees.

As far as the Water Footprints of the products in the industry are concerned, the products with the highest consumption differed in the two years. Based on the calculation of average consumption per product, it appeared that the products that consisted of the most units required the highest water amounts.

The processing of the results is followed by the conclusions as well as a comparison between various aviation industries, based on total water consumption per year. Finally, a variety of proposals concerning the reuse and recovery of industrial wastewater is listed, for the benefit of the industry and the environment. The aim to reduce the Water Footprint can be achievable if the reuse of wastewater is in compliance with the relevant legislation.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα καθηγήτρια Ελένη Γρηγοροπούλου για την αμέριστη βοήθεια και συμπαράσταση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη συνεργαζόμενη βιομηχανία ΕΑΒ για το ενδιαφέρον που έδειξε από την πρώτη στιγμή για το περιεχόμενο της εργασίας καθώς και για τη διάθεση των απαραίτητων στοιχείων και μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσιά της. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τους κυρίους Κωνσταντίνο Κατσιμεντέ και Επαμεινώνδα Μπανό που πρόθυμα συνεργάστηκαν μαζί μου και με βοήθησαν σε όλα τα στάδια μελέτης των δοθέντων στοιχείων. Τέλος, επιθυμώ να ευχαριστήσω το οικογενειακό και προσφιλές μου περιβάλλον που κι εκείνο με τη σειρά του παρείχε πολύτιμη στήριξη κατά το διάστημα εκπόνησης της παρούσας διατριβής.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά ^[1]

Οι ευεργετικές ή καταστρεπτικές συνέπειες της φυσικής κίνησης του νερού ανάγκασαν τον άνθρωπο να του αφιερώσει, από τα βάθη της ιστορικής διαδρομής του μέχρι σήμερα, σημαντικό μέρος της δημιουργικής του δουλειάς. Η εξασφάλιση του πόσιμου και του αρδευτικού νερού, σε συνδυασμό με την προστασία από τις πλημμύρες, ήταν από τα κυρίαρχα μελήματα του ανθρώπου από την αυγή του πολιτισμού, ενώ και οι εξίσου σημαντικές φροντίδες της κατοχύρωσης σίγουρης στέγης και εξασφάλισης τροφής πάντα συνδυάζονταν με τη διαθεσιμότητα του νερού.

Το νερό, αν και αγαθό με μεγάλη αξία χρήσης ιστορικά, είχε μικρή αξία ανταλλαγής και κατά συνέπεια, εξαιρούμενο από την αγορά, εξαιρούνταν και από την οικονομική θεώρηση. Κι αυτό επειδή ως φυσικός πόρος, σε αντιστοιχία με τον αέρα, κατατασσόταν στα δώρα της φύσης προς τον άνθρωπο.

Η οικονομική ανάπτυξη, όμως, των τελευταίων δεκαετιών διαμόρφωσε νέες συνθήκες στη χρήση των υδατικών πόρων, μια και αποτελούν μέσο για την επίτευξη διαφόρων τομεακών οικονομικών στόχων, ενώ εξακολουθούν να είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιβίωση του ανθρώπου και για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας. Η ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, η ανάγκη αύξησης της παραγωγικότητας των υφιστάμενων, οι ανάγκες που προκύπτουν από την αύξηση του πληθυσμού και την ανύψωση του βιοτικού επιπέδου, δημιουργούν ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση νερού κατάλληλης ποιότητας για κάθε χρήση. Ταυτόχρονα, η συνεχής ποιοτική υποβάθμιση, σε συνδυασμό με την ανάγκη διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας και της αειφορίας των φυσικών πόρων, δημιουργούν πολύπλοκα προβλήματα στην ανάπτυξη της κάθε περιοχής. Η έντονη λοιπόν οικονομική διάσταση των υδατικών πόρων σήμερα, η άμεση πολλές φορές σύνδεσή τους με τον προγραμματισμό ανάπτυξης, καθώς και η συνεχής παρουσία τους στην καθημερινή πρακτική, επιβάλλει την αντιμετώπισή τους ως φυσικού πόρου σε ανεπάρκεια, μέσω της ανάδειξης και εφαρμογής σύγχρονης και συνεπούς πολιτικής διαχείρισης. Η πολιτική αυτή καταξιώνεται όταν αυξάνει τα οφέλη στο κοινωνικό σύνολο, στην οικονομία και στο περιβάλλον.

1.2. Υδατικοί πόροι στην Ελλάδα^[1]

Η χώρα μας διαθέτει, συνολικά, επαρκείς επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους, αλλά διάφοροι λόγοι μειώνουν σημαντικά την πραγματικά διαθέσιμη ποσότητα και δυσκολεύουν την αξιοποίησή τους. Οι κυριότεροι φυσικοί λόγοι που προκαλούν προβλήματα στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων της χώρας είναι:

- η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χώρο και στο χρόνο
- η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στο χώρο και το χρόνο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς
- η γεωμορφολογία της χώρας
- η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από τις επιφανειακές απορροές ποταμών που έρχονται από γειτονικά κράτη
- το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών
- τα πολλά άνυδρα ή με ελάχιστους υδατικούς πόρους νησιά της χώρας

Ο κυριότερος όμως λόγος είναι η πλημμελής και αποσπασματική αντιμετώπιση της διαχείρισης από την πολιτεία. Το ολικό υδατικό δυναμικό υπερκαλύπτει κατά πολύ την ποσότητα που διατίθεται στις χρήσεις. Ωστόσο, μικρό μέρος από αυτό το δυναμικό είναι οικονομικά και τεχνικά αξιοποιήσιμο, με αποτέλεσμα την ύπαρξη προβλημάτων ανεπάρκειας νερού σε διάφορες περιοχές και για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

Στενή σχέση με τη διαθέσιμη ποσότητα νερού έχει βέβαια και η ποιότητα, η οποία είναι το αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης φυσικών συνθηκών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αν και η Ελλάδα είχε γενικά νερά καλής ποιότητας, οι μακροχρόνιες—χωρίς προγραμματισμό και έλεγχο—ανθρώπινες δραστηριότητες, κυρίως των τελευταίων χρόνων, έχουν αρχίσει να κάνουν εμφανή την υποβάθμιση, τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδατικών πόρων.

Συμπερασματικά, για τους υδατικούς πόρους της χώρας επισημαίνεται ότι η διαθέσιμη ποσότητα νερού συνεχώς ελαττώνεται, έτσι ώστε σημαντικές περιοχές είναι ή τείνουν να γίνουν ελλειμματικές σε νερό, ενώ οι σοβαρότερες συλλογικές ανάγκες καλύπτονται πια από έργα μεταφοράς, με σημαντικά αυξημένο κόστος κατασκευής και λειτουργίας. Η ποιοτική τους κατάσταση δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα οξυμένα προβλήματα, εκτός από μεμονωμένες περιοχές και παράκτιες ζώνες, τουλάχιστον στα πλαίσια των μέχρι πρόσφατα θεσμικών απαιτήσεων για την ποιότητα. Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι η απαίτηση για αναβάθμιση της ποιότητας των υδατικών πόρων που διαμορφώνεται σε ευρωπαϊκό επίπεδο, δεν επιτρέπει εφησυχασμό και επιτάσσει την αναθεώρηση των μέχρι τώρα αξιολογήσεων.

Στον Πίνακα 1 καταγράφονται οι ποσότητες της ζήτησης νερού ανά καταναλωτική χρήση, με βάση στοιχεία που προκύπτουν από ανάλυση ανά υδατικό διαμέρισμα. ^[1]

A/A	Υδατικό Διαμέρισμα	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Ύδρευση	Βιομηχανία	Λοιπές*	Σύνολο
1	Δυτικής Πελοποννήσου	201.0	5.0	23.0	3.0	20.0	252.0
2	Βόρειας Πελοποννήσου	401.5	6.6	41.7	3.0		452.8
3	Ανατολικής Πελοποννήσου	324.9	4.7	22.1			351.7
4	Δυτικής Στερεάς Ελλάδας	366.5	9.0	22.4			397.9
5	Ηπείρου	153.5	10.3	33.9	4.3		202.0
6	Αττικής	99.0	2.5	420.0	17.5		539.0
7	Ανατ. Στερεάς Ελλάδας	773.7	9.9	41.6	12.6		837.8
8	Θεσσαλίας	1550.0	13.0	69.0			1632.0
9	Δυτικής Μακεδονίας	609.4	7.9	43.7	30.0	80.0	771.0
10	Κεντρικής Μακροδονίας	527.6	8.0	99.8	80.0		715.4
11	Ανατολικής Μακεδονίας	627.0	5.8	32.0			664.8
12	Θράκης	825.2	7.1	27.9	11.0		871.2
13	Κρήτης	320.0	10.2	42.3			372.5
14	Νήσων Αιγαίου	80.2	6.8	37.2			124.2
	Σύνολο χώρας	6859.5	106.8	956.6	161.4	100.0	8184.3

Πίνακας 1 Ετήσια ζήτηση νερού ανά καταναλωτική χρήση και υδατικό διαμέρισμα (hm³)

*Νερό ψύξης

Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι το σύνολο της ετήσιας ζήτησης νερού στη χώρα εκτιμάται σε 8.184,3 hm³, από τα οποία το 84% αφορά στην άρδευση, το 1% στην κτηνοτροφία, το 12% στην ύδρευση και μόλις το 3% στη βιομηχανία και ενέργεια (161,4 hm³).

Σε ότι αφορά τη βιομηχανική χρήση, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι βιομηχανικές μονάδες στη χώρα μας έχουν αναπτυχθεί κατά κύριο λόγο μέσα σε αστικές περιοχές ή στην περίμετρό τους και εκεί η ζήτηση του νερού είναι περισσότερο αυξημένη.

1.3. Μείωση υδατικών πόρων

Σήμερα, τμήματα πολλών μεγάλων χωρών, όπως η Ινδία, η Κίνα και ακόμη και οι ΗΠΑ, αντιμετωπίζουν υδατική πίεση (water stress) ή λειψυδρία (water scarcity). Το 2025 εκτιμάται ότι περίπου 1,8 δισεκατομμύρια άνθρωποι θα ζουν σε χώρες ή περιοχές με απόλυτη έλλειψη νερού και τα δύο τρίτα των ανθρώπων σε όλο τον κόσμο θα βρίσκονται κάτω από συνθήκες υδατικής πίεσης.^[2]

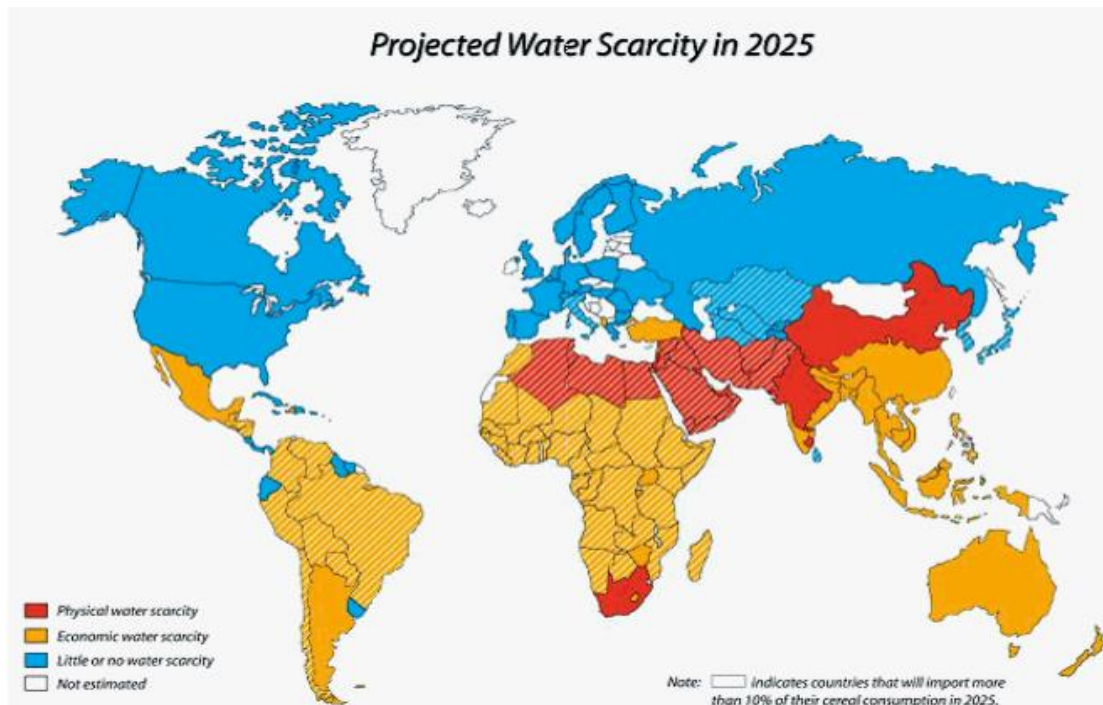
Η έλλειψη νερού και η υδατική πίεση είναι έννοιες που περιγράφουν τη σχέση του νερού μεταξύ ζήτησης και διαθεσιμότητας. Εμφανίζονται όταν η ζήτηση για νερό υπερβαίνει το διαθέσιμο ποσό κατά τη διάρκεια ορισμένης περιόδου ή όταν η κακή ποιότητα περιορίζει τη χρήση του.^[3]

Όταν οι ετήσιες παροχές ύδρευσης πέφτουν κάτω από 1.700 κυβικά μέτρα ανά άτομο ετησίως σε μια χώρα ή περιοχή, λέγεται ότι υφίσταται "υδατική πίεση". Σε επίπεδα μεταξύ 1.700 και 1.000 κυβικών μέτρων ανά άτομο ανά έτος, θα υπάρξει περιοδική ή περιορισμένη έλλειψη νερού. Όταν πέφτει κάτω από 1.000 κυβικά μέτρα ανά άτομο ετησίως, η χώρα αντιμετωπίζει "λειψυδρία".^[2]

Μέχρι το 2025, 50 χώρες και περισσότερα από 3,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι θα αντιμετωπίσουν υδατική πίεση ή λειψυδρία. Μέχρι το 2050, ο αριθμός των χωρών που πάσχουν από κάποια από τις δύο καταστάσεις θα αυξηθεί σε 54 και ο πληθυσμός σε 4 δισεκατομμύρια ανθρώπους - το 40% του προβλεπόμενου παγκόσμιου πληθυσμού των 9,4 δισεκατομμυρίων.^[4]

Για παράδειγμα, μια αναπτυσσόμενη χώρα με υψηλή βιομηχανική ζήτηση ή μία που εξαρτάται από άρδευση μεγάλης κλίμακας θα είναι πιο πιθανό να αντιμετωπίσει λειψυδρία, όπως η Ινδία. Επί του παρόντος, 19 μεγάλες ινδικές πόλεις αντιμετωπίζουν ήδη χρόνιες ελλείψεις νερού και το 2025 ολόκληρη η χώρα θα είναι σε κατάσταση υδατικής πίεσης λόγω της αύξησης του πληθυσμού, της επιτάχυνσης της αστικοποίησης και άλλων παραγόντων.^[4]

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται μια εκτίμηση του δείκτη λειψυδρίας (WSI) για το 2025 σε παγκόσμια κλίμακα.



Εικόνα 1 Δείκτης λειψυδρίας (WSI) για το 2025 λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις νερού [IWMI, 2000] ^[5]

1.4. Βασικές Έννοιες

1.4.1. Αειφόρος Ανάπτυξη

Στη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, οι επιστημονικές έρευνες έχουν προσφέρει άφθονα δεδομένα που δείχνουν την αυξανόμενη υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Οι διαπιστώσεις αυτές συντελούν στη βαθμιαία συνειδητοποίηση ότι η οικονομική ανάπτυξη έχει κάποια όρια που προσδιορίζονται από το πεπερασμένο περιβάλλον του πλανήτη. ^[6]

Η αειφόρος ή βιώσιμη ανάπτυξη (sustainable development) έχει στόχο την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, με τρόπο ώστε να καλύπτονται οι ανθρώπινες ανάγκες του παρόντος, ιδιαίτερα αυτές των φτωχότερων στρωμάτων, χωρίς να υπονομεύεται η κάλυψη των αναγκών του μέλλοντος. Η αειφόρος ανάπτυξη στις διάφορες περιπτώσεις περιβαλλοντικών συστημάτων δεν είναι πάντοτε εφικτή. Γενικά όμως είναι χρήσιμη ως εργαλείο ανάλυσης, διότι επιτρέπει μια εμπειριστατωμένη κριτική των διαφόρων οικονομικών επιλογών. Πρόκειται για προσπάθεια ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής διάστασης στις αναπτυξιακές πολιτικές, αποτελεί απόπειρα συμβιβασμού μεταξύ ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Κατά κανόνα, συνεπάγεται μια μείωση στην ταχύτητα οικονομικής μεγέθυνσης. ^[6]

Η αειφόρος ανάπτυξη απαιτεί μια πολιτική μακροπρόθεσμου σχεδιασμού σε παγκόσμιο επίπεδο, βασισμένη σε αναμφισβήτητες θέσεις, όπως: ^[6]

- Οι περιβαλλοντικές πιέσεις αλληλεξαρτώνται, το περιβάλλον είναι ένα πολύπλοκο δυναμικό σύστημα.
- Τα οικολογικά και τα οικονομικά προβλήματα αλληλοεπηρεάζονται και συνδέονται με κοινωνικούς και πολιτικούς παράγοντες, όπως η ανεργία, η φτώχεια, ο κοινωνικός αποκλεισμός, η μειονεκτική θέση των γυναικών σε πολλές κοινωνίες.
- Οι περιβαλλοντικές βλάβες δε σταματούν στα εθνικά σύνορα.

Θεμέλιο της αειφόρου ανάπτυξης αποτελεί η ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, με στόχο την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών στο παρόν και στο μέλλον. Αυτό προϋποθέτει συχνά την εισαγωγή της έννοιας της κυκλικής κίνησης για τα προϊόντα των φυσικών πόρων, είτε ακολουθώντας κύκλους που υπάρχουν στη φύση (ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι), είτε δημιουργώντας τεχνητούς κύκλους (ανακυκλώσιμοι φυσικοί πόροι). Η συντόμευση της περιόδου του τεχνητού κύκλου συμβάλλει στην αποφυγή ρύπανσης (π.χ. γρήγορη ανακύκλωση χρησιμοποιημένων μετάλλων). Από την άλλη μεριά, ορισμένοι φυσικοί κύκλοι (π.χ. κύκλος του φωσφόρου) έχουν πολύ μακρά περίοδο, πράγμα που στερεί ουσιαστικά την ιδιότητα του ανανεώσιμου από τον αντίστοιχο φυσικό πόρο. Η ορθολογική χρήση των ανανεώσιμων φυσικών πόρων (π.χ. γλυκό νερό, δάσος, πανίδα) περιλαμβάνει την εξοικονόμηση και την αποφυγή της εξάντλησης, αλλά και την προστασία από τη ρύπανση και την εν γένει υποβάθμιση. ^[6]

Η ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων και η χρησιμοποίηση ηπιότερων τεχνολογιών είναι σε ένα βαθμό ζήτημα οικονομικό, διότι αυξάνεται σημαντικά το κόστος εκμετάλλευσης, άρα και το κόστος του τελικού προϊόντος, καθιστώντας την ανάπτυξη περισσότερο ποιοτική, αλλά και πιο ακριβή. ^[6]

Συγκεκριμένοι στόχοι της αειφόρου ανάπτυξης είναι: ^[6]

- Η αναζωογόνηση της οικονομικής ανάπτυξης, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η φτώχεια μειώνει τις δυνατότητες των ανθρώπων να χρησιμοποιούν συνετά τους φυσικούς πόρους και εντείνει τις πιέσεις στο περιβάλλον.
- Η πρόωθηση μιας ανάπτυξης λιγότερο ενεργοβόρου και πιο δίκαιης κοινωνικά.
- Η ικανοποίηση των βασικών αναγκών του αυξανόμενου πληθυσμού στις αναπτυσσόμενες χώρες, (π.χ. σωστή διατροφή, καθαρό νερό) και η δημιουργία ευκαιριών απασχόλησης που θα εξασφαλίζουν τα ελάχιστα αναγκαία καταναλωτικά αγαθά.
- Η δημογραφική σταθεροποίηση. Μια επιβράδυνση της αύξησης του πληθυσμού θα καθιστά τις πόλεις περισσότερο βιώσιμες.

- Η διατήρηση και αναβάθμιση των φυσικών πόρων, οι οποίοι πιέζονται από το υψηλό επίπεδο κατανάλωσης των βιομηχανικών χωρών, σε συνδυασμό με τον αυξανόμενο πληθυσμό και την κατανάλωση των αναπτυσσόμενων χωρών.
- Ο επαναπροσδιορισμός των τεχνολογιών, μέσω στροφής της αγοράς προς την κατεύθυνση προϊόντων φιλικότερων προς το περιβάλλον, με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, με δυνατότητα ανακύκλωσης ή εξοικονόμησης ενέργειας κ.λπ.
- Η σύγκλιση οικονομικών και περιβαλλοντικών στόχων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, μέσω αποδοχής της κοινωνικής ευθύνης, αναγνώρισης των ορίων της επιστήμης και της τεχνολογίας στην επίλυση των προβλημάτων, αναγνώρισης των μακροπρόθεσμων συνεπειών των σημερινών αποφάσεων. Η αειφορία απαιτεί ευρύτερη συμμετοχή στις ευθύνες και στις αποφάσεις και ευρύτερη πρόσβαση των πολιτών στις πηγές πληροφοριών.

1.4.2. Εικονικό Νερό (Virtual Water)

Οι ερευνητές όρισαν το εικονικό νερό ενός προϊόντος ως εξής: «Εικονικό νερό είναι ο όγκος του γλυκού νερού ο οποίος χρησιμοποιείται ώστε να παραχθεί ένα προϊόν, μετρούμενος στην περιοχή την οποία το προϊόν παράγεται και αναφέρεται στο άθροισμα των ποσοτήτων νερού στα διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας».^[7]

Η έννοια εισήχθη από τον Tony Allan κατά τη δεκαετία του '90 ο οποίος μελετούσε το ενδεχόμενο εισαγωγής εικονικού νερού σε αντίθεση με το πραγματικό νερό ως λύση για τα προβλήματα λειψυδρίας στη Μέση Ανατολή.^[8]

Η έννοια του εικονικού ή ενσωματωμένου νερού αναπτύχθηκε αρχικά ως ένας τρόπος κατανόησης του πώς οι χώρες στις οποίες το νερό σπανίζει, θα μπορούσαν να προσφέρουν στους κατοίκους τους τρόφιμα, ρούχα και άλλα αγαθά που απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού. Το παγκόσμιο εμπόριο αγαθών επέτρεψε στις χώρες με περιορισμένους υδάτινους πόρους να χρησιμοποιήσουν υδάτινους πόρους από άλλες χώρες για να καλύψουν αυτές τις ανάγκες.^[9]

Λόγω της μεγάλης απόστασης και του κόστους, η εμπορία πραγματικού νερού μεταξύ των πλούσιων σε νερό και των φτωχών σε νερό χωρών είναι γενικά αδύνατη, ωστόσο το εμπόριο με τη μορφή προϊόντων υψηλής έντασης είναι ρεαλιστικό και κοινό. Με το εμπόριο εικονικού νερού, ορισμένες χώρες υποστηρίζουν τις ανάγκες των άλλων χωρών σε νερό. Το εμπόριο εικονικού νερού είναι ένας από τους τρόπους με τους οποίους οι χώρες επηρεάζουν το σύστημα ύδρευσης σε άλλα μέρη του κόσμου.^[10] Η εισαγωγή προϊόντων υψηλής έντασης νερού (εμπόριο εικονικού νερού) μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως ένας εναλλακτικός

τρόπος ελάφρυνσης της πίεσης στους υδάτινους πόρους των χωρών εισαγωγής^[11]. Σύμφωνα με τον Hoekstra^[10], οι κυριότεροι εξαγωγείς εικονικού νερού είναι οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Αυστραλία, η Αργεντινή και η Ταϊλάνδη, ενώ χώρες με μεγάλη καθαρή εισαγωγή εικονικού νερού είναι η Ιαπωνία, η Σρι Λάνκα, η Ιταλία, η Νότια Κορέα και η Ολλανδία.

Η αλληλεπίδραση των χωρών κατά την περίοδο 1995-1999 φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 2. Οι περιοχές με πράσινο χρώμα έχουν καθαρές εξαγωγές εικονικού νερού. Οι κόκκινες περιοχές έχουν καθαρές εισαγωγές εικονικού νερού. Τα βέλη δείχνουν τις μεγαλύτερες καθαρές ροές εικονικού νερού μεταξύ περιοχών (> 100 Gm³).^[9]



Εικόνα 2 Ισοζύγιο εμπορικής συναλλαγής εικονικού νερού μεταξύ δεκατριών περιφερειών κατά την περίοδο 1995-1999.

1.5. Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο υπολογισμός και η μελέτη των καταναλώσεων νερού μέσα σε μία βιομηχανική μονάδα. Για το σκοπό αυτό, θα γίνει χρήση του Υδατικού Αποτυπώματος, ενός εναλλακτικού περιβαλλοντικού δείκτη κατανάλωσης γλυκού νερού, ο οποίος θα εξηγηθεί αναλυτικά στο επόμενο Κεφάλαιο.

Στην προσπάθεια μελέτης του Υδατικού Αποτυπώματος μιας βιομηχανικής μονάδας η εργασία αυτή θα επικεντρωθεί στη μεγαλύτερη αεροπορική βιομηχανία της χώρας μας, την EAB ΑΕ. Το Υδατικό Αποτύπωμα και η ανάλυσή του θα μας επιτρέψει να δείξουμε:

- (i) τον όγκο νερού που χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη βιομηχανία σε ετήσια βάση,
- (ii) πώς αυτός ο όγκος νερού κατανέμεται σε επιμέρους χρήσεις,
- (iii) τη σύγκριση με άλλες βιομηχανίες ίδιου τύπου αλλά διάφορων δυναμικοτήτων για εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την κατανάλωσή της, και
- (iv) τις στρατηγικές εξοικονόμησης νερού για τη μείωση του Υδατικού Αποτυπώματος.

2. ΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

2.1. Ορισμός

Το Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ, water footprint) ορίζεται ως ο συνολικός όγκος του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται άμεσα ή έμμεσα για την παραγωγή ενός προϊόντος. Υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση και τη ρύπανση νερού σε όλα τα στάδια της παραγωγικής αλυσίδας. Η λογιστική διαδικασία παραγωγής είναι παρόμοια σε όλα τα είδη των προϊόντων, είτε πρόκειται για προϊόντα που προέρχονται από τη γεωργική, βιομηχανική παραγωγή ή παραγωγή υπηρεσιών. Το ΥΑ ενός προϊόντος αποτελείται από την πράσινη, μπλε και γκρι συνιστώσα.^[12] Οι συνιστώσες ΥΑ θα αναλυθούν εκτενέστερα στο Κεφάλαιο 2.2.

Το Υδατικό Αποτύπωμα ενός προϊόντος είναι παρόμοια έννοια με το «περιεχόμενο εικονικού νερού» του προϊόντος ή αλλιώς ενσωματωμένο νερό, εξωγενές νερό ή σκιά νερού ενός προϊόντος. Οι όροι «περιεχόμενο εικονικού νερού» και «ενσωματωμένο νερό», όμως, αναφέρονται στον όγκο του νερού που ενσωματώνεται στο προϊόν, ενώ ο όρος «Υδατικό Αποτύπωμα» αναφέρεται όχι μόνο στον όγκο, αλλά επίσης και στο είδος του νερού που χρησιμοποιήθηκε (πράσινο, μπλε, γκρι) καθώς και το πότε και που χρησιμοποιήθηκε το νερό αυτό. Το ΥΑ ενός προϊόντος είναι έτσι ένας πολυδιάστατος δείκτης, ενώ το εικονικό νερό αναφέρεται σε έναν όγκο και μόνο. Ο όγκος είναι μία μόνο πτυχή της χρήσης του νερού, ο τόπος και ο χρόνος της χρήσης του νερού καθώς και το είδος του νερού που χρησιμοποιείται είναι εξίσου σημαντικά. Εκτός αυτού, ο όρος «Υδατικό Αποτύπωμα» μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε ένα πλαίσιο όπου μιλάμε για έναν καταναλωτή ή παραγωγό, σε αντίθεση με το εικονικό νερό, το οποίο χρησιμοποιείται στο πλαίσιο των διεθνών (ή διαπεριφερειακών) ροών εικονικού νερού. Αν μια χώρα (περιοχή) εξάγει/εισάγει ένα προϊόν, τότε εξάγει / εισάγει νερό σε εικονική μορφή. Στο πλαίσιο αυτό, μπορεί κανείς να μιλήσει για την εξαγωγή ή εισαγωγή εικονικού νερού, ή γενικότερα για τις ροές εικονικού νερού ή του εμπορίου.^[12]

Το ΥΑ εκφράζεται συνήθως σε μονάδες όγκου νερού ανά μονάδα προϊόντος (m^3/ton) ή σε μονάδες όγκου νερού ανά μονάδα χρόνου (m^3/yr).^[12]

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες υδατικών αποτυπωμάτων οι οποίες φαίνονται παρακάτω:^[12]

- ΥΑ ενός προϊόντος = το άθροισμα των ΥΑ από τα στάδια της μεθόδου που λαμβάνουν χώρα για να παραχθεί το προϊόν (λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο της αλυσίδας παραγωγής και της εφοδιαστικής αλυσίδας)
- ΥΑ του καταναλωτή = το άθροισμα των ΥΑ όλων των προϊόντων που καταναλώνονται από αυτόν
- ΥΑ της κοινότητας = το άθροισμα των ΥΑ των μελών της
- ΥΑ της εθνικής κατανάλωσης = το άθροισμα ΥΑ των κατοίκων μιας χώρας
- ΥΑ μιας επιχείρησης = το άθροισμα των ΥΑ των τελικών προϊόντων που παράγει η επιχείρηση
- ΥΑ εντός μιας γεωγραφικά οριοθετημένης περιοχής (για παράδειγμα, ένας δήμος, επαρχία, πολιτεία, έθνος, λεκανοπέδιο ή λεκάνη απορροής ποταμού) = το άθροισμα των επιμέρους ΥΑ όλων των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα εντός των ορίων της εν λόγω περιοχής

2.2. Συνιστώσες ΥΑ

Οι συνιστώσες του ΥΑ ορίζονται από ισοζύγια νερού στο εξεταζόμενο σύστημα και είναι:

1. Το μπλε ΥΑ είναι ο όγκος του γλυκού νερού που χρησιμοποιήθηκε από τους παγκόσμιους υδατικούς πόρους (επιφανειακά και υπόγεια ύδατα) για την παραγωγή των αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνονται από το άτομο ή την κοινότητα. Αποκλείει το μέρος του νερού που αντλείται από το έδαφος ή το σύστημα επιφανειακών υδάτων και επιστρέφει αμέσως μετά τη χρήση ή μέσω διαρροής πριν χρησιμοποιηθεί.^[13]

$$ΥΑ_{μπλε} = Μπλε Νερό_{εξατμιζόμενο} + Μπλε Νερό_{ενσωματούμενο} + Νερό_{επιστρέφον} \quad [12]$$

Εξίσωση Α

Το τελευταίο συστατικό αναφέρεται στο κομμάτι της ροής επιστροφής που δεν είναι διαθέσιμο για επαναχρησιμοποίηση εντός της ίδιας της λεκάνης εντός της ίδιας περιόδου άντλησης, είτε επειδή επιστρέφεται σε άλλη λεκάνη απορροής (ή απορρίπτεται στη θάλασσα) είτε διότι επιστρέφεται σε άλλο χρονικό διάστημα.^[12]

Οι μονάδες μέτρησης του μπλε ΥΑ σε μία διεργασία είναι ο όγκος του νερού ανά μονάδα χρόνου, για παράδειγμα, ανά ημέρα, μήνα ή έτος. Όταν διαιρεθεί με την ποσότητα του προϊόντος που απορρέει από τη διαδικασία, το μπλε ΥΑ μπορεί επίσης να εκφραστεί ως όγκος νερού ανά μονάδα του προϊόντος.^[12]

2. Το πράσινο ΥΑ είναι ο όγκος του νερού της βροχής που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.^[12]

$$YA_{\text{πράσινο}} = \text{Πράσινο Νερό}_{\text{εξαμιζόμενο}} + \text{Πράσινο Νερό}_{\text{ενσωματούμενο}} \quad [12]$$

Εξίσωση Β

Η διάκριση μεταξύ του μπλε και πράσινου ΥΑ είναι σημαντική, γιατί οι υδρολογικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις, καθώς και τα έξοδα των οικονομικών ευκαιριών των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων για χρήση στην παραγωγή, διαφέρουν εμφανώς από τις επιπτώσεις και το κόστος της χρήσης βρόχινου νερού.^[12]

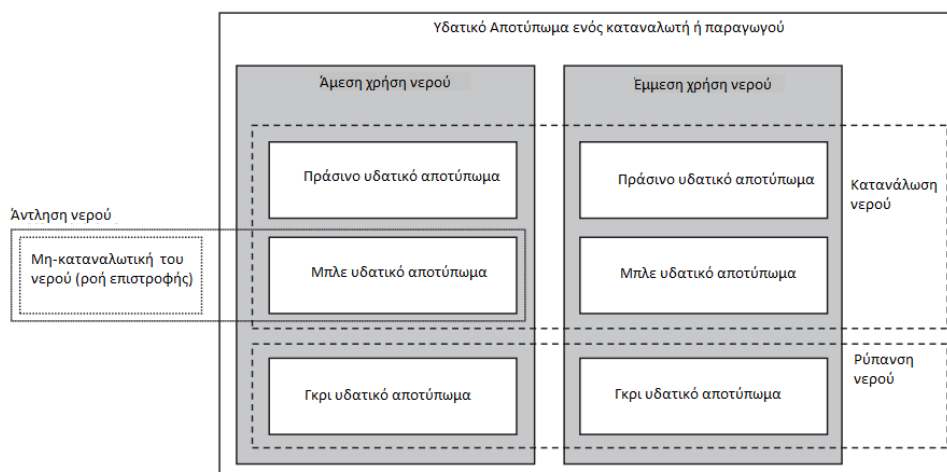
3. Το γκρι ΥΑ είναι ένας δείκτης του βαθμού ρύπανσης του γλυκού νερού. Ορίζεται ως ο όγκος γλυκού νερού που απαιτείται για την αφομοίωση του φορτίου των ρύπων με βάση τις συγκεντρώσεις του περιβάλλοντος και τα υφιστάμενα πρότυπα ποιότητας του νερού του περιβάλλοντος. Η έννοια του γκρι ΥΑ έχει προκύψει από την αναγνώριση ότι το μέγεθος της ρύπανσης των υδάτων μπορεί να εκφραστεί σε όρους του όγκου του νερού που απαιτείται για την αραίωση των ρύπων έτσι ώστε να είναι αβλαβείς. Η επεξεργασία των λυμάτων πριν από την απόρριψη θα οδηγήσει προφανώς σε μειωμένο ίχνος γκρίζου νερού, ίσως σε μηδενικό σημείο καθώς θα συμμορφώνεται με την προβλεπόμενη νομοθεσία. Το γκρίζο ΥΑ υπολογίζεται διαιρώντας το ρυπαντικό φορτίο (L, σε μάζα/χρόνο) με τη διαφορά μεταξύ του προτύπου ποιότητας των περιβαλλοντικών υδάτων γι' αυτόν τον ρύπο (μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση στο υδατικό σώμα που διατίθεται C_{max} , σε μάζα / όγκο) και τη φυσική συγκέντρωσή της στο υδατικό σώμα που διατίθεται (C_{nat} , σε μάζα / όγκο).^[12]

$$YA_{\text{γκρι}} = L / (C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}) \quad [12]$$

Εξίσωση C

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται μία σύγκριση μεταξύ ενός παραδοσιακού δείκτη χρήσης νερού, αυτόν της «άντλησης νερού» (water withdrawal) και του Υδατικού Αποτυπώματος ενώ υποδεικνύονται και οι 3 του συνιστώσες.^[12] Η άντληση νερού ορίζεται ως το γλυκό νερό που λαμβάνεται εδαφικά ή επιφανειακά, είτε μόνιμα είτε

για προσωρινή χρήση, και μεταφέρεται στον εκάστοτε τόπο που θα χρησιμοποιηθεί. ^[14]



Εικόνα 3 Σχηματική αναπαράσταση των συνιστωσών ΥΑ

Συμπεραίνεται ότι το Υδατικό Αποτύπωμα διαφέρει από την άντληση του νερού σε τρία σημεία: ^[12]

1. Δεν περιλαμβάνει τη μπλε χρήση του νερού που επιστρέφει εκεί που προήλθε (ροή επιστροφής).
2. Δεν περιορίζεται στη μπλε χρήση του νερού, αλλά περιλαμβάνει επίσης το πράσινο και γκρι νερό.
3. Δεν περιορίζεται στην άμεση χρήση του νερού, αλλά περιλαμβάνει επίσης την έμμεση χρήση νερού.

Το Υδατικό Αποτύπωμα προσφέρει έτσι μια καλύτερη και ευρύτερη προοπτική σχετικά με το πώς ένας καταναλωτής ή ένας παραγωγός σχετίζεται με τη χρήση των συστημάτων του γλυκού νερού. Είναι μια ογκομετρική μέτρηση της κατανάλωσης νερού αλλά και της ρύπανσης. Δεν είναι ένα μέτρο της σοβαρότητας των τοπικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κατανάλωσης νερού και της ρύπανσης του. Οι τοπικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας ορισμένης ποσότητας κατανάλωσης και ρύπανσης νερού εξαρτάται από την τρωτότητα (vulnerability) του τοπικού συστήματος νερού και του αριθμού των καταναλωτών και ρυπαντών νερού που κάνουν χρήση του ίδιου συστήματος. Δίνει σαφείς πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο που το νερό διατίθεται για να εξυπηρετήσει διάφορους ανθρώπινους σκοπούς. Μπορεί να τροφοδοτήσει συζήτηση για τη βιώσιμη και δίκαιη χρήση αλλά και την κατανομή ύδατος και αποτελεί μια καλή βάση για μια τοπική εκτίμηση των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων. ^[12]

2.3. Ιστορική αναδρομή

Το 1993, ο καθηγητής Tony Allan εισήγαγε την έννοια του εικονικού ή ενσωματωμένου, νερού για να καταλάβουμε πώς οι άνυδρες χώρες μπορούν να θρέψουν τους κατοίκους τους. Με βάση αυτήν την έννοια του εικονικού νερού, το 2002, ο καθηγητής Arjen Hoekstra, ενώ εργαζόταν στην UNESCO-IHE, παρουσίασε στο Delft της Ολλανδίας την έννοια «Υδατικό Αποτύπωμα» ως δείκτη για τη μέτρηση της ποσότητας του νερού που καταναλώνεται για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών μέσα στην πλήρη εφοδιαστική αλυσίδα. ^[15]

Μετά την εισαγωγή της έννοιας κατά τη συνεδρίαση εμπειρογνομόνων στο Delft, η ιδέα στη συνέχεια συζητήθηκε σε διάφορες διεθνείς υδρολογικές συναντήσεις, όπως στο 3^ο Παγκόσμιο Υδρολογικό Συνέδριο στην Ιαπωνία το 2003, στην τηλεδιάσκεψη με θέμα «Εμπόριο Εικονικού Νερού και Γεωπολιτική», που διοργανώθηκε από το Παγκόσμιο Υδρολογικό Συμβούλιο το 2003, στη συνάντηση εμπειρογνομόνων με θέμα «Εμπόριο Εικονικού Νερού» που διοργανώθηκε από το Γερμανικό Ινστιτούτο Ανάπτυξης στη Βόννη το 2005, στο 4^ο Παγκόσμιο Υδρολογικό Συνέδριο στην Πόλη του Μεξικού το 2006, στη συνάντηση εμπειρογνομόνων για την «Παγκόσμια διακυβέρνηση του νερού» που διοργανώθηκε από την Παγκόσμιο Σχέδιο Υδατικού συστήματος στη Βόννη το 2006, και στη συνάντηση εμπειρογνομόνων για το «Εμπόριο Εικονικού Νερού» που διοργανώθηκε από το Ινστιτούτο Κοινωνικο-Οικολογικών Ερευνών στη Φρανκφούρτη το 2006. ^[13]

Το ΥΑ των εθνών είχε προσδιοριστεί ποσοτικά από τους Hoekstra και Hung (2002) και συνολικότερα από Hoekstra και Charagain (2007, 2008). ^[13]

Το 2008 ο Hoekstra, μαζί με τους κορυφαίους παγκόσμιους ηγέτες από επιχειρήσεις, την κοινωνία των πολιτών, διεθνείς οργανισμούς και την ακαδημαϊκή κοινότητα, ίδρυσε το «Δίκτυο Υδατικού Αποτυπώματος», με στόχο να φέρει σε επαφή μερικά από τα λαμπρότερα μυαλά που έχουν δεσμευτεί να αποδείξουν πως η Αξιολόγηση Υδατικού Αποτυπώματος μπορεί να μας βοηθήσει να ξεπεράσουμε τις προκλήσεις της μη βιώσιμης χρήσης του νερού. ^[15]

2.4. Υδατικό Αποτύπωμα στην Ελλάδα

Το Υδατικό Αποτύπωμα ενός κράτους ορίζεται ως ο όγκος του νερού που χρειάζεται για την παραγωγή των προϊόντων και υπηρεσιών που καταναλώνονται από τους κατοίκους του και αποτελείται από δύο συνιστώσες: ^[12]

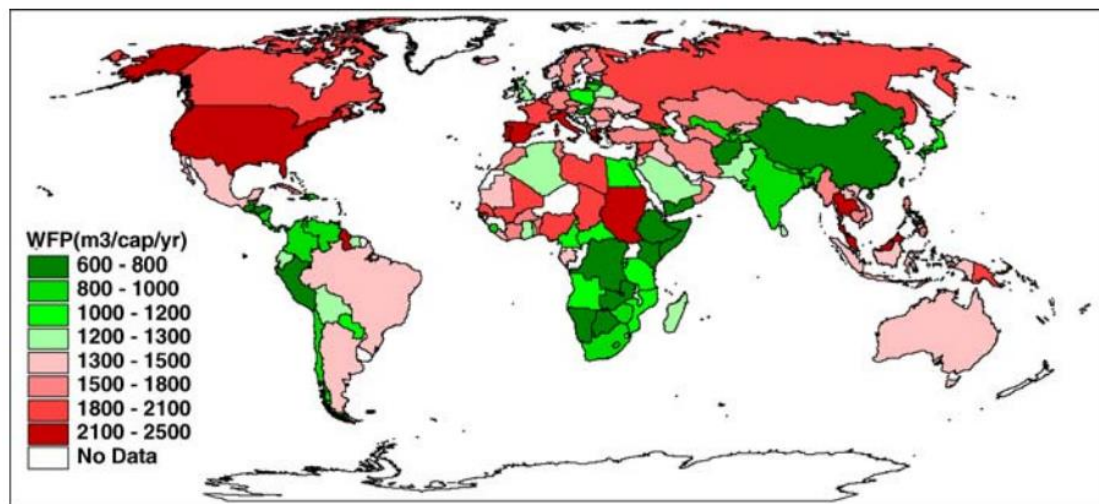
1. Το ενδογενές Υδατικό Αποτύπωμα που είναι ο χρησιμοποιούμενος όγκος νερού από τοπικούς υδατικούς πόρους για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνονται από κατοίκους της χώρας.

2. Το εξωγενές Υδατικό Αποτύπωμα που είναι ο χρησιμοποιούμενος όγκος νερού για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών σε άλλα κράτη που εισάγονται και καταναλώνονται από τους κατοίκους της χώρας.

Το 2007 οι Hoekstra & Charagain έκαναν μια έρευνα χρησιμοποιώντας στατιστικά στοιχεία για την περίοδο 1997-2001, προκειμένου να υπολογίσουν το Υδατικό Αποτύπωμα για κάθε κράτος. ^[16]

Το παγκόσμιο Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίστηκε ίσο με 7450 Gm³/χρόνο, το οποίο μεταφράζεται κατά μέσο όρο σε 1240 m³/έτος ανά κάτοικο. ^[16]

Παρακάτω στην Εικόνα 4 φαίνονται τα αποτελέσματα της έρευνας, στην οποία η Ελλάδα εμφανίζεται με έντονο κόκκινο χρώμα. Το πράσινο χρώμα δείχνει ότι το Υδατικό Αποτύπωμα της χώρας είναι ίσο ή μικρότερο από το μέσο παγκόσμιο ΥΑ, ενώ το κόκκινο δείχνει Υδατικό Αποτύπωμα μεγαλύτερο από το μέσο παγκόσμιο. ^[16]



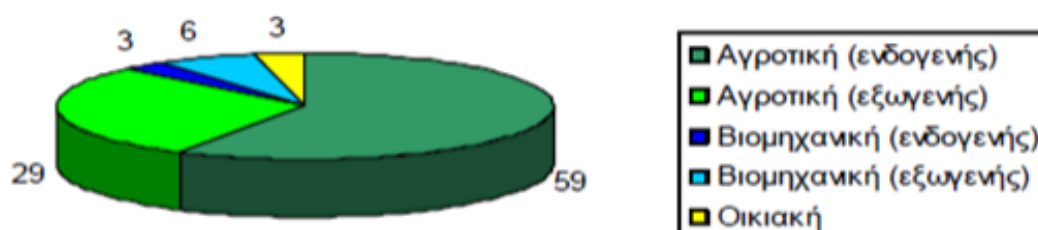
Εικόνα 4 Μέσες τιμές ΥΑ (m³/έτος/κάτοικο) ^[16]

Μέσω της έρευνας, βρέθηκε ότι η Ελλάδα, η Ιταλία και η Ισπανία έχουν το δεύτερο μεγαλύτερο ΥΑ στον κόσμο (2300-2400 m³/έτος ανά κάτοικο) μετά τις ΗΠΑ. Συγκεκριμένα, η χώρα μας είχε ΥΑ ίσο με 2389 m³/έτος ανά κάτοικο) ^[16] το οποίο κρίνεται ιδιαίτερα αυξημένο.

Το αίτιο πίσω από το υψηλό Υδατικό Αποτύπωμα κυρίως είναι ότι οι άνθρωποι έχουν ένα πρότυπο βασισμένο στην εκτεταμένη κατανάλωση νερού, εξαιτίας της γεωργίας. ^[17]

Η ποσοστιαία σύνθεση του ΥΑ της Ελλάδας (Διάγραμμα 1) καθώς και ο αναλυτικός Πίνακας 2 των καταναλώσεων φαίνονται παρακάτω. Όπως ήταν αναμενόμενο, η αγροτική παραγωγή καταλαμβάνει το 88% του ΥΑ (ενδογενής και εξωγενής). Το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων, δηλαδή η βιομηχανική (ενδογενής) συνιστώσα αποτελεί μόλις το 3% του

ΥΑ της Ελλάδας ενώ η παραγωγή εισαγόμενων βιομηχανικών προϊόντων, δηλαδή η βιομηχανική (εξωγενής) συνιστώσα κατέχει το διπλάσιο ποσοστό, 6%. ^[17] Το βιομηχανικό ΥΑ επομένως δεν έχει μεγάλη συνεισφορά καθώς η Ελλάδα δεν διαθέτει μεγάλης έκτασης βαριά βιομηχανία και αποτελεί μια αναπτυσσόμενη χώρα στον τομέα αυτό.



Διάγραμμα 1 Ποσοστιαία σύνθεση του ΥΑ της Ελλάδας ^[17]

Είδος κατανάλωσης νερού	Όγκος νερού (εκατ. m ³ /yr)	Όγκος νερού (m ³ /ατ. yr)	Ποσοστό (%)
Νερό για την παραγωγή αγροτικών προϊόντων	14,80	1403	59
Νερό για την παραγωγή εισαγόμενων αγροτικών προϊόντων	7,18	680	29
Νερό για την παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων	0,78	73	3
Νερό για την παραγωγή εισαγόμενων βιομηχανικών προϊόντων	1,62	154	6
Οικιακή κατανάλωση νερού	0,83	79	3
Υδατικό Αποτύπωμα (ολική κατανάλωση)	25,21	2389	100

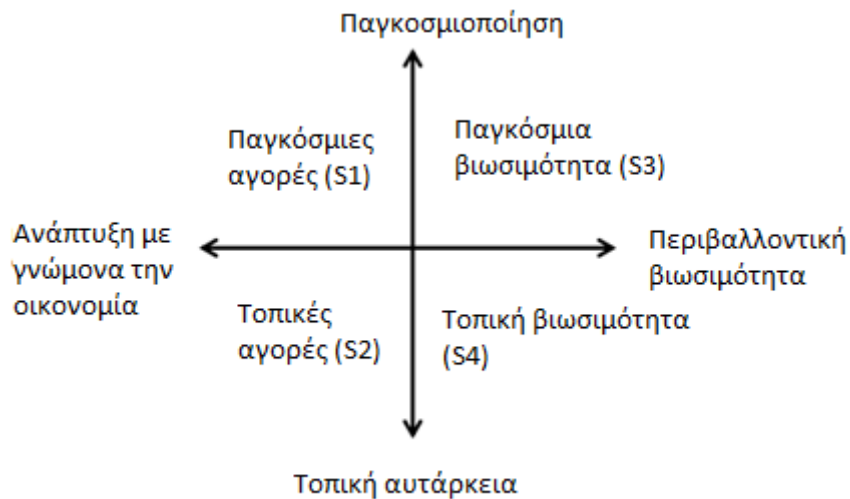
Νερό για την παραγωγή εξαγόμενων αγροτικών προϊόντων	3,35	-	-
--	------	---	---

Πίνακας 2 Κύρια Χαρακτηριστικά του ΥΑ της Ελλάδας ^[17]

Συνοπτικά για τη χώρα μας, εκτιμάται ότι η ανάλυση του ΥΑ μπορεί να προσφέρει ένα διαφανές και διεπιστημονικό πλαίσιο πληροφόρησης και κυρίως βελτιστοποίησης των αποφάσεων της υδατικής πολιτικής που εφαρμόζει. ^[17]

2.5. Εκτίμηση του Παγκόσμιου Υδατικού Αποτυπώματος το 2050

Στην πρώτη παγκόσμια μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την αλλαγή του Υδατικού Αποτυπώματος της παραγωγής και της κατανάλωσης για το 2050 ^[18], μελετήθηκαν τέσσερα εναλλακτικά σενάρια, τα οποία διαφέρουν το ένα από το άλλο ως προς τους κύριους κινητήριους μοχλούς των αλλαγών που θα επέλθουν στο παγκόσμιο στερέωμα. Οι κινητήριες δυνάμεις αλλαγής είναι η πληθυσμιακή ανάπτυξη, η οικονομική ανάπτυξη, το πρότυπο παραγωγής/εμπορίου, το καταναλωτικό πρότυπο (διατροφικές αλλαγές, χρήση βιοενέργειας) και η τεχνολογική ανάπτυξη. Για να δομηθούν τα σενάρια, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα των 2 × 2 σεναρίων που ανέπτυξε η IPCC (Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος). Αυτά τα σενάρια είναι δομημένα σε δύο άξονες, που αντιπροσωπεύουν δύο βασικές διαστάσεις αβεβαιότητας: την παγκοσμιοποίηση έναντι της τοπικής αυτάρκειας και την ανάπτυξη με γνώμονα την οικονομία σε σχέση με την ανάπτυξη που κατευθύνεται από κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς στόχους (περιβαλλοντική βιωσιμότητα). Έτσι προκύπτουν: παγκόσμιες αγορές (S1), τοπικές αγορές (S2), παγκόσμια βιωσιμότητα (S3) και τοπική βιωσιμότητα (S4) και φαίνονται στην Εικόνα 5 αναλυτικά.



Εικόνα 5 Τα 4 σενάρια αλλαγής του ΥΑ το 2050

Το S1 χαρακτηρίζεται από υψηλή οικονομική ανάπτυξη και απελευθερωμένο διεθνές εμπόριο. Το κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα αποτελούν σημαντικά στοιχεία της διατροφής των ανθρώπων. Το S2 επίσης καθοδηγείται από την οικονομική ανάπτυξη, αλλά εστιάζεται στα τοπικά και εθνικά σύνορα. Η τοπική αυτάρκεια αυξάνεται όπως και ο πληθυσμός. Το S3 χαρακτηρίζεται από αυξημένες κοινωνικές και περιβαλλοντικές αξίες, οι οποίες ενσωματώνονται στους παγκόσμιους εμπορικούς κανόνες. Η οικονομική ανάπτυξη είναι βραδύτερη από εκείνη των S1 και S2 και λαμβάνεται υπόψη η κοινωνική ισότητα. Το S4 κυριαρχείται από ισχυρές εθνικές ή τοπικές αξίες. Η αυτάρκεια, η ισότητα και η περιβαλλοντική βιωσιμότητα βρίσκονται στην κορυφή της πολιτικής ατζέντας.

Η ανάλυση έδειξε ότι τα υδατικά αποτυπώματα μπορούν να αλλάξουν ριζικά από το ένα σενάριο στο άλλο και είναι πολύ ευαίσθητα στους μοχλούς αλλαγής:

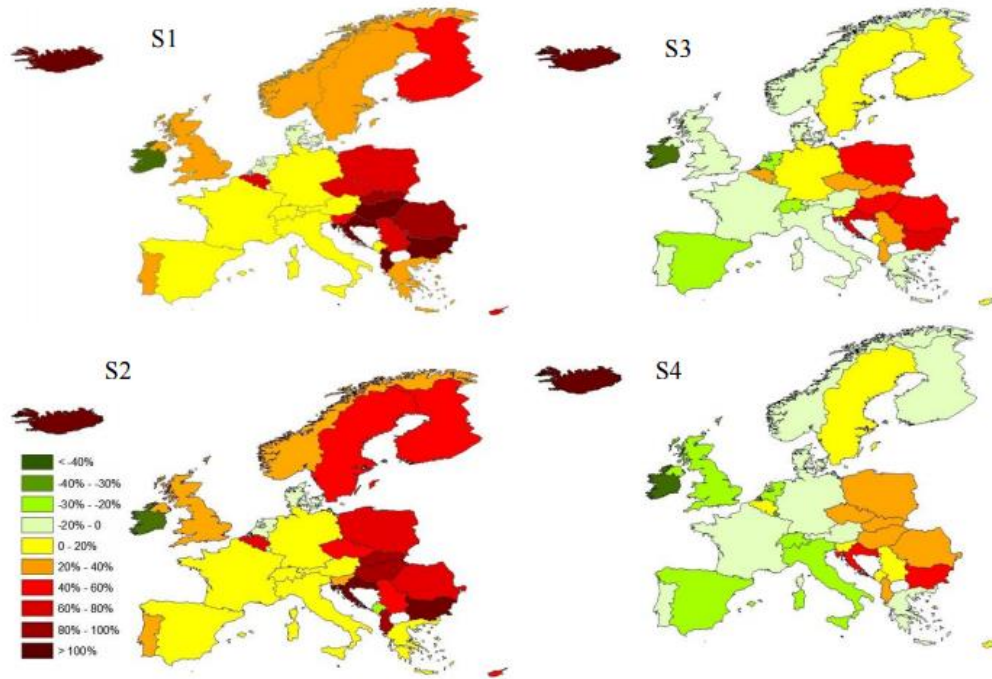
- Πληθυσμιακή ανάπτυξη: Το ΥΑ παραγωγής και κατανάλωσης είναι μεγαλύτερο στο σενάριο στο οποίο η πληθυσμιακή προβολή είναι η υψηλότερη (S2).
- Οικονομική ανάπτυξη: Η επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης παρατηρείται όσον αφορά τα επίπεδα εισοδήματος και τις μεταβολές του ΑΕΠ. Τα αυξημένα επίπεδα εισοδήματος έχουν ως αποτέλεσμα τη στρόφη προς την υψηλή κατανάλωση των προϊόντων που απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού. Η αύξηση του ΑΕΠ αυξάνει σημαντικά την κατανάλωση και τη ρύπανση των βιομηχανικών υδάτων. Το S1 έχει το μεγαλύτερο ΥΑ βιομηχανικής παραγωγής και κατανάλωσης από όλα τα σενάρια, επειδή προβλέπει το υψηλότερο ΑΕΠ.
- Προτιμήσεις των καταναλωτών: Η διατροφή επηρεάζει έντονα τα ΥΑ της κατανάλωσης και της παραγωγής. Η αυξημένη κατανάλωση κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων καταλήγει σε πολύ μεγάλα ΥΑ το 2050 (S1 και

S2). Στα S3 και S4 αντιθέτως το συνολικό ΥΑ μειώνεται δραστικά. Αυτό μας δείχνει ότι η μείωση του ΥΑ το 2050 είναι δυνατή παρά την αύξηση του πληθυσμού.

- Χρήση βιοκαυσίμων: Τα υπάρχοντα σχέδια σχετικά με τη χρήση βιοκαυσίμων στο μέλλον θα αυξήσουν την πίεση στους υδάτινους πόρους. Η μεγάλη ζήτηση για βιοκαύσιμα αυξάνει το ΥΑ της παραγωγής και της κατανάλωσης στον κόσμο και ιδιαίτερα στη Δυτική Ευρώπη, τις ΗΠΑ και τη Βραζιλία.
- Διεθνές εμπόριο: Η μείωση του ΥΑ είναι δυνατή το 2050 με ελεύθερο εμπόριο (S1 και S3). Από την άλλη, αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερη εξάρτηση των χωρών εισαγωγής από τους πόρους γλυκού νερού των χωρών εξαγωγής και πιθανότατα η χρήση της ενέργειας θα αυξηθεί λόγω των μεταφορών σε μεγάλες αποστάσεις.
- Κλιματική αλλαγή: Η παγκόσμια δομή της γεωργικής παραγωγής και του εμπορίου θα επηρεαστεί από την κλιματική αλλαγή. Οι όγκοι παραγωγής θα μειωθούν σε ορισμένα μέρη του κόσμου και θα αυξηθούν σε άλλα και οι αλλαγές στην παραγωγή θα επηρεάσουν το ΥΑ της παραγωγής. Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το συνολικό ΥΑ της παραγωγής θα μειωθεί. Ωστόσο, δεν υπάρχει παρόμοια αλλαγή σε όλα τα μέρη του κόσμου αφού θα αυξηθεί στην Ευρώπη, την Αυστραλία και την Ανατολική Ασία και μειωθεί στις ΗΠΑ, τη Μέση Ανατολή και τη Ρωσία. Προφανώς, η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει διαφορετικά τη διαθεσιμότητα και τη σπανιότητα νερού σε όλο τον κόσμο και αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη.
- Τεχνολογία: Η τεχνολογική ανάπτυξη επηρεάζει άμεσα την αποδοτικότητα του νερού, την αποδοτικότητα χρήσης νερού στη βιομηχανία και τα επίπεδα επεξεργασίας λυμάτων. Η αυξημένη παραγωγικότητα του νερού ως αποτέλεσμα της τεχνολογικής ανάπτυξης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ΥΑ της κατανάλωσης και της παραγωγής.

Από ευρωπαϊκής σκοπιάς, αυτή η μελέτη δείχνει ότι η πιο κρίσιμη κινητήρια δύναμη που επηρεάζει το μελλοντικό ΥΑ παραγωγής και κατανάλωσης είναι το καταναλωτικό πρότυπο. Το ΥΑ παραγωγής και κατανάλωσης αυξάνεται στα σενάρια S1 και S2 που η κατανάλωση κρέατος είναι μεγαλύτερη ενώ μειώνεται στα σενάρια S3 και S4. Επιπλέον, η πρόσθετη ζήτηση που δημιουργείται από τις ανάγκες σε βιοκαύσιμα, ασκεί πρόσθετη πίεση στους ευρωπαϊκούς υδάτινους πόρους (S3 και S4). Οι ευρωπαϊκές χώρες με μεγάλο εξωτερικό δείκτη κατανάλωσης ΥΑ το πρέπει να μειώνουν τις εξαρτήσεις τους από ξένους υδάτινους πόρους (π.χ. Ολλανδία, Βέλγιο και Λουξεμβούργο).

Η μεταβολή του ΥΑ κατανάλωσης ανά κάτοικο σε σχέση με το 2000 για τα έθνη της Ευρώπης παρουσιάζεται στην Εικόνα 6:



Εικόνα 6 Ποσοστιαία μεταβολή στο Υδατικό Αποτύπωμα (WF) κατανάλωσης ανά κάτοικο σε σχέση με το 2000 σε κάθε σενάριο

Το ποσοστό του εξωτερικού ΥΑ της κατανάλωσης στο συνολικό ΥΑ της κατανάλωσης αυξάνεται το 2050 στη δυτική ΕΕ (άρα και στην Ελλάδα). Συγκεκριμένα για τη χώρα μας, η ανάλυση προβλέπει ότι μπορεί να μειώσει το ΥΑ κατανάλωσης σε σύγκριση με το 2000 με τα σενάρια S3 και S4. Αντιθέτως, θα έχει μεγαλύτερο ΥΑ κατανάλωσης ανά κάτοικο στα S1 και S2 σε σύγκριση με το 2000.

2.6. Μέθοδοι Υπολογισμού ΥΑ

Οι μέθοδοι υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος έχουν διατυπωθεί από τους Hoekstra & Chapagain το 2008 και από τους Riddout & Pfister το 2011, σε μία αναθεωρημένη διατύπωση των πρώτων.

2.6.1. Hoekstra & Chapagain

Το ΥΑ της εθνικής κατανάλωσης των γεωργικών και βιομηχανικών πρώτων υλών μπορεί να υπολογιστεί συνολικά για τη χώρα είτε μέσω της καθοδικής (top-down) είτε της ανοδικής (bottom-up) προσέγγισης.^[19]

Στην top-down προσέγγιση, το ΥΑ της εθνικής κατανάλωσης ($WF_{cons,nat}$) υπολογίζεται ως το ΥΑ εντός της χώρας ($WF_{area,nat}$) συν το εισαγόμενο εικονικό νερό (V_i), αφαιρώντας το εικονικό νερό που εξάγεται, (V_e). Μετράται σε μονάδες όγκος/χρόνος.

$$WF_{cons,nat} = WF_{area,nat} + V_i - V_e$$

Εξίσωση D

Το ακαθάριστο εισαγόμενο εικονικό νερό (V_i) υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα των διαφόρων προϊόντων που εισάγονται (T_i) [ποσότητα προϊόντος/χρόνος] με το ΥΑ του αντίστοιχου προϊόντος στη χώρα προέλευσης του (WF_{prod}) [όγκος/ποσότητα προϊόντος].

$$V_i = \sum_{ne} \sum_p (T_i [ne, p]) * WF_{prod} [ne, p]$$

Εξίσωση E

Το ακαθάριστο εξαγόμενο εικονικό νερό (V_e) μπορεί, παρόμοια με προηγουμένως, να βρεθεί πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα των διαφόρων προϊόντων που εξαγονται (T_e) με το ΥΑ του αντίστοιχου προϊόντος (WF^*_{prod}).

$$V_e = \sum_n T_e [p] * WF^*_{prod} [p]$$

Εξίσωση F

Στην προσέγγιση bottom-up, το ΥΑ της εθνικής κατανάλωσης ($WF_{cons,nat}$) υπολογίζεται αν προσθέσουμε το άμεσο ($WF_{cons,nat,dir}$) και έμμεσο ($WF_{cons,nat,indir}$) ΥΑ των καταναλωτών εντός της χώρας. Μετράται σε μονάδες όγκος/χρόνος.

$$WF_{cons,nat} = WF_{cons,nat,dir} + WF_{cons,nat,indir}$$

Εξίσωση G

Το άμεσο Υδατικό Αποτύπωμα αφορά την κατανάλωση και τη ρύπανση των υδάτων λόγω της χρήσης του νερού από τους καταναλωτές στο σπίτι ή στον κήπο. Το έμμεσο Υδατικό Αποτύπωμα των καταναλωτών αναφέρεται στη χρήση του νερού από άλλους ώστε να παράγουν τα αγαθά και τις υπηρεσίες που καταναλώνονται. Το έμμεσο Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας όλα τα προϊόντα που καταναλώνονται από τους κατοίκους της χώρας (C) με το αντίστοιχο Υδατικό Αποτύπωμα του προϊόντος (WF^*_{prod}):

$$WF_{cons,nat,indir} = \sum_p (C[p] * WF^*_{prod} [p])$$

Εξίσωση H

Και στις δύο περιπτώσεις το WF^*_{prod} υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$WF^*_{prod} [p] = \frac{P[p] * WF_{prod}[p] + \sum_{ne} (T_i[ne,p] * WF_{prod} [ne,p])}{P[p] + \sum_{ne} T_i [ne,p]}$$

Εξίσωση I

Σημειώνεται ότι $P_{[p]}$ αντιπροσωπεύει την ποσότητα παραγωγής του προϊόντος p στο έθνος, και το WF_{prod} το Υδατικό Αποτύπωμα του προϊόντος p όταν παράγεται στο έθνος.

Οι δύο προσεγγίσεις θεωρητικά πρέπει να καταλήγουν στα ίδια αποτελέσματα εάν δεν υπάρχει αποθεματικό προϊόντων για ένα χρόνο. Ο υπολογισμός top-down μπορεί θεωρητικά να δώσει ελαφρώς διαφορετικό αποτέλεσμα, αν το αποθεματικό των προϊόντων υψηλής έντασης νερού αλλάξει στη διάρκεια του έτους.^[19]

Έχει παρατηρηθεί ότι γενικώς η top-down προσέγγιση έχει περισσότερα μειονεκτήματα και μπορεί να οδηγήσει σε λιγότερο αξιόπιστα αποτελέσματα σε σχέση με την bottom – up. Είναι μέθοδος αρκετά ευαίσθητη σε αλλαγές των βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιούνται, ενώ δεν ενδείκνυται για τον υπολογισμό ΥΑ μιας χώρας όπου οι εισαγωγές και οι εξαγωγές της είναι μεγάλες σε σχέση με την εγχώρια παραγωγή.^[19]

2.6.2. Ridoutt & Pfister

Η αναθεωρημένη μεθοδολογία των Ridoutt και Pfister^[20] βασίστηκε στην πεποίθηση ότι ο πιο σημαντικός τρόπος με τον οποίο οι άνθρωποι παρεμβαίνουν στον παγκόσμιο υδρολογικό κύκλο είναι κατά τη διάρκεια της παραγωγής των γεωργικών προϊόντων διατροφής. Η αναθεωρημένη μέθοδος υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος δίνει έμφαση στη συμβολή των προϊόντων και συστημάτων παραγωγής στη λειψυδρία και στον τοπικό της χαρακτήρα.

Για τον υπολογισμό του ΥΑ, μελετώνται τρία στοιχεία:

- Η άμεση κατανάλωση μπλε νερού, η οποία είναι ίση με τη χρήση μπλε νερού για άρδευση και για την παραγωγή των διάφορων πόρων που χρησιμοποιούνται στη γεωργική παραγωγή.
- Η επίδραση της χρήσης της γης σε αυτά τα μπλε υδατικά αποθέματα καθώς η χρήση γης μπορεί να αλλάξει τη διαθεσιμότητα του νερού επηρεάζοντας τα χαρακτηριστικά της υδατικής ροής και την απορροή.
- Η απαίτηση γκρι νερού η οποία ισούται με τον όγκο νερού που απαιτείται για την αφομοίωση των εκπομπών ρυπαντών στα υδατικά συστήματα. Η μέθοδος υπολογισμού γκρίζου νερού θεωρείται ατελής, ωστόσο κρίνεται ωφέλιμο για τη μελέτη ΥΑ να συμπεριληφθεί ο υπολογισμός του γκρίζου νερού, παρά να χαθεί οποιαδήποτε εξέταση των επιπτώσεων της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού σε μία χρησιμοποιήσιμη ποσότητά του.

Η συνιστώσα της λειψυδρίας είναι κεντρική σε αυτή τη μέθοδο. Ως εκ τούτου, η πράσινη συνιστώσα θεωρείται αμελητέος συνεισφέρων και παραλείπεται από τον υπολογισμό του Υδατικού Αποτυπώματος. [24]

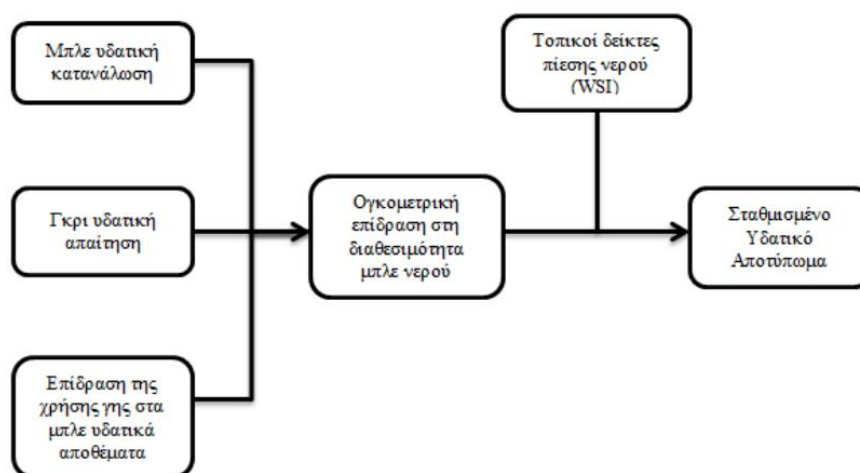
Επομένως, αν τεθεί μια εξίσωση για την «Ογκομετρική Επίδραση» (“Volumetric Impact”) στη διαθεσιμότητα μπλε νερού αυτή θα ήταν ίση με:

$$O.E. = YA_{μπλε} + YA_{γκρι} + Χρήση Γης$$

Εξίσωση J

Ως συντηρητική προσέγγιση, τα περισσότερα συστήματα γεωργικής παραγωγής μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα του μπλε νερού ως αποτέλεσμα της κατοχής γης. Επομένως τίθεται στην Εξίσωση J: Χρήση Γης = 0.

Η μεθοδολογία που αναλύθηκε παρουσιάζεται συνοπτικά στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7 Αναθεωρημένη μέθοδος υπολογισμού YA με χρήση συντελεστών χαρακτηρισμού υδατικής πίεσης

Για να βρεθεί λοιπόν το Σταθμισμένο YA, πρέπει να βρεθούν και οι συντελεστές χαρακτηρισμού υδατικής πίεσης που σχετίζονται με κάθε περιοχή όπου καταναλώθηκε νερό. Αυτοί προκύπτουν από το Δείκτη Πίεσης Νερού (WSI) που αναπτύχθηκε από τον Pfister. Εν συντομία, ο WSI λαμβάνει υπόψη τις μηνιαίες και ετήσιες διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων, τη διαθεσιμότητα αλλά και τη χρήση νερού, ανά περιοχή μελέτης. Ο δείκτης ακολουθεί μια λογιστική συνάρτηση που κυμαίνεται από 0,01 έως 1.

Πολλαπλασιαζόμενος με τον όγκο του διαθέσιμου μπλε Υδατικού Αποτυπώματος προκύπτει το σταθμισμένο Υδατικό Αποτύπωμα (stress-weighted WF). Η τιμή αυτή αν στη συνέχεια διαιρεθεί με το μέσο εθνικό δείκτη πίεσης νερού της υπό μελέτη χώρας οδηγεί στο ισοδύναμο Υδατικό Αποτύπωμα.

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

3.1. Εισαγωγικά στοιχεία

Παραδοσιακά, οι εταιρείες και οι επενδυτές θεωρούσαν το καθαρό νερό συνεχώς διαθέσιμο. Ωστόσο, πρόσφατα αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις λόγω της ανεπαρκούς διαθεσιμότητας γλυκού νερού για τις επιχειρηματικές δραστηριότητες, καθώς και λόγω των αυστηρότερων κανονισμών νερού. Δεδομένου ότι ο τομέας των επιχειρήσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους υδάτινους πόρους για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών, οι εταιρείες που δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα του γλυκού νερού μπορεί να έχουν σοβαρά προβλήματα στο μέλλον: αυτά αναμένεται να λάβουν τη μορφή τόσο σωματικών όσο και χρηματοοικονομικών κινδύνων. Οι πρώτοι προκαλούνται από τη ρύπανση και την ανεπαρκή διαθεσιμότητα του γλυκού νερού, ενώ οι δεύτεροι οφείλονται στην αύξηση του κόστους του νερού και/ή στη μείωση των εσόδων, ως αποτέλεσμα των ζημιών στην εταιρική εικόνα.^[22]

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 μονάδας αποτελείται από δύο μέρη: το λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα και το Υδατικό Αποτύπωμα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το πρώτο αναφέρεται στην ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται σε μια συγκεκριμένη μονάδα, δηλαδή την άμεση χρήση του γλυκού νερού. Η δεύτερη αναφέρεται στην ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή όλων των αγαθών και υπηρεσιών που αποτελούν την είσοδο της παραγωγής στη συγκεκριμένη επιχειρηματική μονάδα, δηλαδή στην έμμεση χρήση νερού. Η χρήση του γλυκού νερού όπως έχει προειπωθεί αποτελείται από τρία διαφορετικά συστατικά: την πράσινη, μπλε και γκρι συνιστώσα.^[21]

Τόσο το άμεσο όσο και το έμμεσο Υδατικό Αποτύπωμα λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο την ποσότητα νερού που μπορεί να σχετίζεται άμεσα με τις εισροές που εφαρμόζονται στην παραγωγική διαδικασία της εταιρείας, αλλά και για ένα γενικό Υδατικό Αποτύπωμα. Το τελευταίο αντιπροσωπεύει όλες τις εισροές που χρησιμοποιούνται σε μια επιχείρηση και δεν μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά στην παραγωγή ενός συγκεκριμένου προϊόντος. Κατά συνέπεια, το γενικό Υδατικό Αποτύπωμα αναφέρεται στη χρήση του γλυκού νερού λαμβάνοντας υπόψη όλες τις δραστηριότητες και τα υλικά που χρησιμοποιούνται από την επιχείρηση.^[22]

Υπό αυτό το πρίσμα, το Υδατικό Αποτύπωμα μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες να κατανοήσουν καλύτερα τα θέματα του νερού και των σχετικών επιπτώσεών τους. Η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμη στις επιχειρήσεις στο βαθμό που θα συμβάλλει στην καλύτερη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση της μονάδας, τη συνεργασία με τους προμηθευτές και την αλληλεπίδραση των κυβερνήσεων και των κοινοτήτων με τις επιχειρηματικές δραστηριότητες.^[22] Όπως αναφέρθηκε από τον Hall^[23], οι επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν το Υδατικό Αποτύπωμα όχι μόνο με τη μείωση της κατανάλωσης νερού και τη ρύπανση από τις δικές τους δραστηριότητες, αλλά και μέσω εμπλοκής με τους προμηθευτές τους ή το μετασχηματισμό του επιχειρηματικού τους μοντέλου με σκοπό να ελέγχουν καλύτερα την εφοδιαστική αλυσίδα τους.

Η καθιέρωση συγκεκριμένων και μετρήσιμων στόχων σε σχέση με τη μείωση του Υδατικού Αποτυπώματος, η διαφάνεια του προϊόντος (π.χ. μέσω μιας ετικέτας νερού) και η επίδειξη της πραγματικής βελτίωσης (π.χ. με ετήσιους λογαριασμούς Υδατικού Αποτυπώματος των επιχειρήσεων) στους εξωτερικούς και εσωτερικούς ενδιαφερόμενους μπορεί να οδηγήσει σε προφανή ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα για τις επιχειρήσεις.^[22]

3.2. Μεθοδολογία Υπολογισμού Υδατικού Αποτυπώματος σε βιομηχανική μονάδα κατά Gerbens – Leenes & Hoekstra

Η μέθοδος υπολογισμού Υδατικού Αποτυπώματος βιομηχανικής μονάδας που θα εφαρμοστεί στα πλαίσια της παρούσας διατριβής διατυπώθηκε από τους Gerbens - Leenes & Hoekstra^[21].

Η συγκεκριμένη μέθοδος επιλέχθηκε σε σχέση με την αναθεωρημένη μέθοδο Ridoutt & Pfister καθώς η χρησιμότητα της δεύτερης για την εκτίμηση του τοπικού, περιφερειακού και παγκόσμιου ΥΑ είναι περιορισμένη. Αυτό οφείλεται στη συντηρητική της προσέγγιση, καθώς αφήνει εκτός τη συμβολή του πράσινου νερού. Αυτό έχει αρνητικό αποτέλεσμα καθώς μία μέθοδος πρέπει να είναι πλήρης και ολιστική στην προσέγγιση. Μια σαφής εικόνα για μια τεκμηριωμένη απόφαση σχετικά με το Υδατικό Αποτύπωμα λαμβάνεται όταν όλες οι συνιστώσες του νερού περιλαμβάνονται στον υπολογισμό.^[24]

Επίσης, εκτός από την ανάγκη να ληφθούν υπόψη όλες οι συνιστώσες ΥΑ, για να μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το Υδατικό Αποτύπωμα μιας βιομηχανίας, θα πρέπει η μεθοδολογία που θα επιλέξουμε να μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε είδους βιομηχανία, ανεξαρτήτως δυναμικότητας. Η μεθοδολογία των Gerbens – Leenes & Hoekstra που θα χρησιμοποιηθεί είναι γενική, ενώ η λογική στην οποία βασίζεται καλύπτει μια σημαντική προϋπόθεση: η βιομηχανία είναι σαφώς οριοθετημένη και αυτό διευκολύνει τον τρόπο μελέτης της.

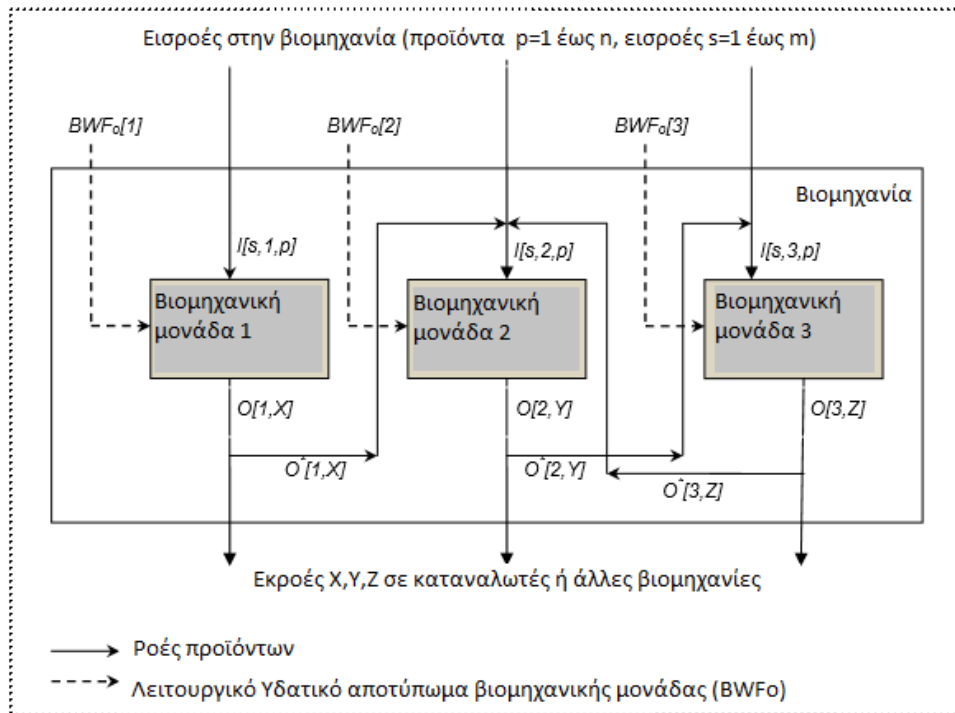
Είναι σαφές ποια είναι τα όρια της βιομηχανίας που εξετάζεται και η βιομηχανία σχηματίζεται σε ένα σύστημα όπου διακρίνεται σαφώς από το περιβάλλον της και όπου οι εισροές και οι εκροές είναι γνωστές. Παράλληλα, διαιρείται σε επιμέρους μονάδες ώστε το σύνολο των ΥΑ της κάθε μονάδας να δίνει το συνολικό ΥΑ της βιομηχανίας που εξετάζεται.^[21]

Η μεθοδολογία αποτελείται από 6 επιμέρους βήματα τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:^[21]

Βήμα 1: Ορισμός της βιομηχανίας και των μονάδων της

Σε πρώτο στάδιο, η βιομηχανία ορίζεται από την περιγραφή των μονάδων που την απαρτίζουν και καθορίζονται οι ετήσιες εισροές και εκροές ανά μονάδα βιομηχανίας. Οι εισροές και εκροές αυτές περιγράφονται σε φυσικές μονάδες. Κατά προτίμηση, οι μονάδες της βιομηχανίας επιλέγονται ώστε να είναι αρκετά μικρές για να εντοπίζονται σε ένα σημείο, όπου λαμβάνει χώρα η πραγματική παραγωγή της εν λόγω μονάδας και κατασκευάζεται ένα ομοιογενές προϊόν. Είναι πιο χρήσιμο να μελετάται μία βιομηχανία με βάση τα διάφορα βασικά προϊόντα που παράγονται. Ωστόσο, μπορεί κανείς να διακρίνει τις μονάδες που παράγουν μόνο αγαθά ή υπηρεσίες από τις μονάδες πρωτογενούς παραγωγής.

Για παράδειγμα, η Εικόνα 8 δείχνει μία βιομηχανία που παράγει προϊόντα εξόδου Χ, Υ και Ζ και αποτελείται από τρεις επιμέρους μονάδες. Κάθε μονάδα έχει μια εισροή ενός αριθμού προϊόντων εισόδου που προέρχονται από εταιρείες προηγούμενου συνδέσμου της αλυσίδας παραγωγής, μία έμμεση εισροή γλυκού νερού, καθώς και μια άμεση εισροή γλυκού νερού.



Εικόνα 8 Βιομηχανία που αποτελείται από μονάδες 1-3 και παράγει προϊόντα X-Z αντίστοιχα

Η βιομηχανική μονάδα 1 παράγει το προϊόν X που πωλείται εν μέρει σε μια επιχείρηση στον επόμενο κρίκο της εφοδιαστικής αλυσίδας ενώ το υπόλοιπο έχει παραδοθεί στη μονάδα 2 της ίδιας επιχείρησης. Η μονάδα 2 παράγει προϊόν Y, το οποίο εν μέρει πωλείται σε άλλη επιχείρηση και εν μέρει παραδίδεται στην μονάδα 3. Η μονάδα 3 παράγει το προϊόν Z, τόσο για παράδοση στην μονάδα 2 όσο και για πώληση εξωτερικά.

Η εισροή $I[s, u, p]$ αναφέρεται στον ετήσιο όγκο της πρώτης ύλης p από την πηγή s στη μονάδα u . Η εκροή $O[u, p]$ αναφέρεται στον ετήσιο όγκο των προϊόντων παραγωγής p από τη μονάδα u . Η ροή προϊόντων $O^*[u, p]$ αναφέρεται στο μέρος του $O[u, p]$ που πηγαίνει σε άλλη μονάδα εντός της ίδιας βιομηχανίας.

Βήμα 2: Υπολογισμός του λειτουργικού Υδατικού Αποτυπώματος κάθε μονάδας

Σε αυτό το βήμα γίνεται ο υπολογισμός του λειτουργικού Υδατικού Αποτυπώματος κάθε μονάδας της βιομηχανίας, δηλαδή του όγκου του νερού που χρησιμοποιείται άμεσα στην παραγωγική διαδικασία. Το λειτουργικό ΥΑ αποτελείται από τρεις συνιστώσες: το μπλε, το πράσινο και το γκρι νερό.

$$BWF_o[u] = BWF_{o,πράσινο}[u] + BWF_{o,μπλε}[u] + BWF_{o,γκρι}[u]$$

Εξίσωση 1

Όπου:

$BWF_o[u]$ =λειτουργικό ΥΑ της μονάδας i της βιομηχανίας (m^3/yr)

$BWF_{o,πράσινο}[u] = \text{πράσινη συνιστώσα του λειτουργικού ΥΑ μονάδας } i \text{ (m}^3/\text{yr)}$

$BWF_{o,μπλε}[u] = \text{μπλε συνιστώσα του λειτουργικού ΥΑ μονάδας } i \text{ (m}^3/\text{yr)}$

$BWF_{o,γκρι}[u] = \text{γκρι συνιστώσα του λειτουργικού ΥΑ μονάδας } i \text{ (m}^3/\text{yr)}$

Η τιμή της πράσινης συνιστώσας υπολογίζεται με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε από τους Charagain και Hoekstra (2008). Η τιμή της μπλε συνιστώσας υπολογίζεται από τα δεδομένα της βιομηχανίας και την καταγραφή του γλυκού νερού που χρησιμοποιήθηκε. Τα δεδομένα για τη γκρι συνιστώσα συλλέγονται από μετρήσεις της συγκέντρωσης των ρύπων που γίνονται στα απόβλητα της βιομηχανίας και σύγκριση αυτών με τα όρια που θεσπίζει η νομοθεσία για τον αποδέκτη.

Βήμα 3: Υπολογισμός του Υδατικού Αποτύπωμα της εφοδιαστικής αλυσίδας

Σε αυτό το βήμα υπολογίζεται το Υδατικό Αποτύπωμα της εφοδιαστικής αλυσίδας ανά βιομηχανική μονάδα (ανά έτος). Συνδυάζονται πληροφορίες σχετικά με τις εισροές που είναι διαθέσιμες από στοιχεία της ίδιας της βιομηχανίας με πληροφορίες σχετικά με το συγκεκριμένο ΥΑ ανά μονάδα εισόδου που λαμβάνονται από τους προμηθευτές. Αν υποθεθεί ότι υπάρχουν συνολικά n προϊόντα εισόδου p που προέρχονται από m διαφορετικές πηγές (προμηθευτές), το ΥΑ της εφοδιαστικής αλυσίδας υπολογίζεται ως:

$$BWFs[u] = \sum_{p=1}^n \left(\sum_{s=1}^m (PWF[s, p] * I[s, u, p]) \right)$$

Εξίσωση 2

Όπου:

$BWF_s[u] = \text{ΥΑ εφοδιαστικής αλυσίδας για τη μονάδα } i \text{ της βιομηχανίας } u \text{ (m}^3/\text{yr)}$.

$PWF[s, p] = \text{το συνολικό ΥΑ του προϊόντος εισόδου } p \text{ από πηγή } m \text{ (m}^3/\text{μονάδα πρώτης ύλης)}$

$I[s, u, p] = \text{o ετήσιος όγκος εισροής του προϊόντος εισόδου } p \text{ από τον προμηθευτή } m \text{ στη μονάδα } i \text{ μίας βιομηχανίας } u \text{ (μονάδα πρώτης ύλης/yr)}$

Η τιμή $PWF[s, p]$ εξαρτάται από τον προμηθευτή του προϊόντος. Αν μια επιχείρηση επιθυμεί να μειώσει το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμά της, μπορεί να επιλέξει προμηθευτές με χαμηλό ΥΑ ή ακόμα να επιλέξει διαφορετικά προϊόντα εισόδου οι οποίες καταναλώνουν μικρότερο ποσό νερού για παραγωγή του επιθυμητού προϊόντος εξόδου.

Όταν το προϊόν προέρχεται από άλλη μονάδα εντός της ίδιας βιομηχανίας, η τιμή του ΥΑ προϊόντος είναι γνωστή από το δικό της λογιστικό σύστημα (Βλέπε βήμα 5).

Όταν το προϊόν προέρχεται από έναν προμηθευτή έξω από την βιομηχανία, η τιμή του ΥΑ του προϊόντος πρέπει να ληφθεί από τον προμηθευτή ή κατ' εκτίμηση (έμμεσα) με βάση γνωστά δεδομένα για τα χαρακτηριστικά παραγωγής του προμηθευτή. Τα ΥΑ των διάφορων προϊόντων πρέπει να αποτελούνται από τρεις συνιστώσες (πράσινη, μπλε, γκρι), που θα ληφθούν υπόψη ξεχωριστά, έτσι ώστε το προκύπτον ΥΑ εφοδιαστικής αλυσίδας της μονάδας να αποτελείται με τη σειρά του από τρεις διαφορετικές συνιστώσες.

Βήμα 4: Υπολογισμός συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος

Για τον υπολογισμό του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος της κάθε μονάδας ($BWF[u]$, m^3/gr) γίνεται πρόσθεση του λειτουργικού και του Υδατικού Αποτυπώματος της εφοδιαστικής αλυσίδας ως εξής:

$$BWF[u] = BWF_o[u] + BWF_s[u]$$

Εξίσωση 3

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

Σε αυτό το βήμα, για την εύρεση του Υδατικού Αποτυπώματος κάθε προϊόντος στην έξοδο, διαιρείται το ΥΑ της βιομηχανικής μονάδας με την ποσότητα του προϊόντος που παράχθηκε. Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητη η κατανομή του νερού της μονάδας που χρησιμοποιείται για να παραχθεί το κάθε προϊόν. Αυτό μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη μάζα, το ενεργειακό περιεχόμενο ή την οικονομική αξία του προϊόντος. Στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) είναι σύνηθες να πραγματοποιείται σύμφωνα με την οικονομική αξία. Μετά από μελέτες για το ΥΑ (Hoekstra και Charagain, 2008), υιοθετήθηκε η κατανομή νερού βασισμένη στην οικονομική αξία ενός προϊόντος και αποτυπώνεται στον παρακάτω τύπο:

$$PWF [u, p] = \frac{\frac{E(u,p)}{E_t [u]} * BWF [u]}{O [u,p]}$$

Εξίσωση 4

Όπου:

$PWF [u,p]$ = το ΥΑ του προϊόντος εξόδου p από τη βιομηχανική μονάδα u ($m^3/μονάδα$ προϊόντος)

$O [u,p]$ = η ετήσια ποσότητα παραγωγής προϊόντος p από βιομηχανική μονάδα u (ποσότητα/ yr)

$E [u,p]$ = η οικονομική αξία προϊόντος p από βιομηχανική μονάδα u ($€/yr$)

$E_t [u]$ = η συνολική οικονομική αξία των προϊόντων της μονάδας u ($€/yr$)

Στην περίπτωση που η βιομηχανική μονάδα που μελετάμε παράγει μόνο 1 προϊόν, προφανώς το κλάσμα οικονομικής αξίας αμελείται από την Εξίσωση 4.

Βήμα 6: Υπολογισμός του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος της Βιομηχανίας

Στο τελευταίο βήμα υπολογίζεται το συνολικό ΥΑ της βιομηχανίας αθροίζοντας τα ΥΑ των επιμέρους μονάδων. Προκειμένου να αποφευχθεί η διπλή καταμέτρηση, πρέπει να αφαιρεθούν οι εικονικές ροές νερού μεταξύ των διαφόρων επιχειρηματικών μονάδων εντός της επιχείρησης. Αυτό γίνεται με βάση την ακόλουθη Εξίσωση 5:

$$BWF = \sum_{u=1}^x (BWF[u]) - \sum_{u=1}^x (PWF[u, p] * O^* [u, p])$$

Εξίσωση 5

στον οποίο το $O^* [u, p]$ συμβολίζει τον ετήσιο όγκο του προϊόντος εξόδου p από μία βιομηχανική μονάδα u σε μία άλλη βιομηχανική μονάδα εντός της ίδιας βιομηχανίας (ποσότητα/yr).

3.3. Το νερό στη βιομηχανία

3.3.1. Μελέτη Υδατικού Αποτυπώματος κατά Gerbens - Leenes & Hoekstra σε εργοστάσιο παραγωγής οίνου

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστεί η μελέτη του Υδατικού Αποτυπώματος για ένα μεσαίας δυναμικότητας εργοστάσιο παραγωγής οίνου στην επαρχία Ιάσιου στη Ρουμανία. ^[25] Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται είναι η ίδια με εκείνη που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία. Το Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίστηκε για την περίοδο 2005-2008 και λαμβάνει υπόψη τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας από τις πρώτες ύλες (σταφύλια) μέχρι το τελικό προϊόν (μπουκάλι κρασί των 750 ml).

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία λοιπόν, το ΥΑ της βιομηχανίας κρασιού θα πρέπει να προκύψει από το άθροισμα του λειτουργικού ΥΑ και του ΥΑ εφοδιαστικής αλυσίδας.

Για τη μελέτη, έγινε υπόθεση ότι 1 L κρασιού προέρχεται από 1,3 kg σταφυλιών ως κύρια πρώτη ύλη και 2 L νερού χρησιμοποιούνται κυρίως για τον πλύσιμο και τον καθαρισμό του εξοπλισμού μέσα στη βιομηχανία. Η επιχείρηση χρησιμοποιεί κατά μέσο όρο 600.000 L γλυκού νερού ετησίως, εκ των οποίων 62.000 L δεν επιστρέφουν στο υδρολογικό σύστημα από το οποίο προήλθαν (εξατμίζονται ή ενσωματώνονται στα προϊόντα). Δεν υπάρχει καμία χρήση πράσινου νερού στη διαδικασία παραγωγής και η ροή των λυμάτων αντιμετωπίζεται επαρκώς πριν από τη απόρριψή τους, επομένως μηδενίζεται και η γκρι συνιστώσα στον υπολογισμό

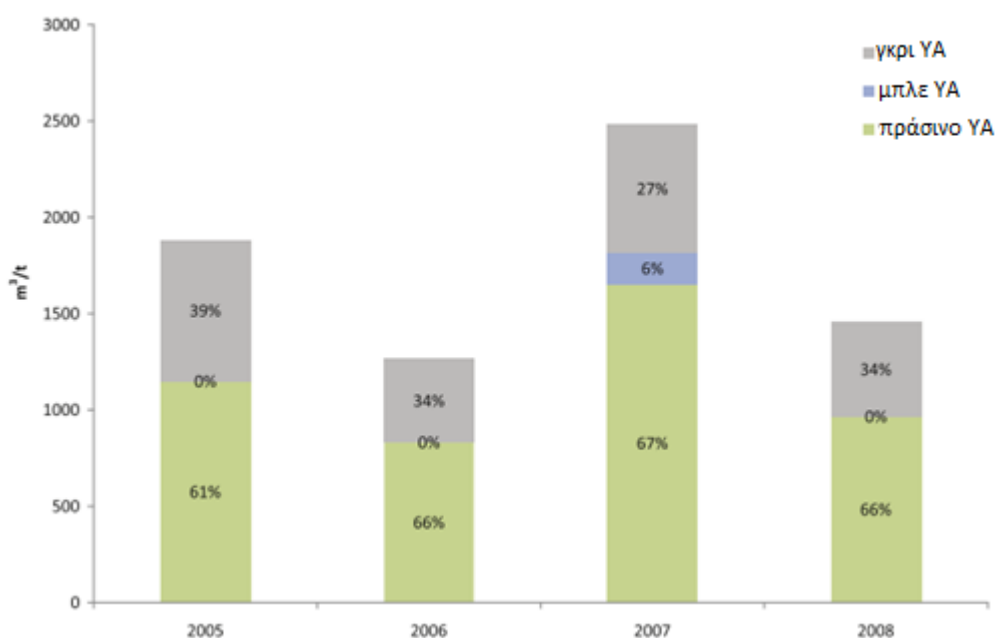
του λειτουργικού Υδατικού Αποτυπώματος. Το λειτουργικό ΥΑ επομένως αποτελείται μόνο από τη μπλε συνιστώσα.

Για την εύρεση του ΥΑ στην εφοδιαστική αλυσίδα, συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για την πρώτη ύλη από τα αρχεία των εθνικών, περιφερειακών και κυβερνητικών οργανώσεων στην περιοχή μελέτης.

Το γκριζο ΥΑ εκτιμά τον όγκο του νερού που απαιτείται για την αραιώση των ρύπων που φθάνουν στο υδατικό σώμα. Βασιζόμενοι στο μέσο ποσοστό εφαρμογής λιπάσματος N, ο συντελεστής έκπλυσης είναι 10% και το πρότυπο ποιότητας νερού για τη συγκέντρωση αζώτου είναι 10 mg/L.

Η απαίτηση καλλιέργειας σταφυλιών είναι 112 mm/σεζόν στους αμπελώνες της επαρχίας Ιάσιου. Η βροχόπτωση που χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια είναι 396 mm/έτος και συμπίπτει με την πράσινη συνιστώσα. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει άρδευση στα αμπέλια παρά μόνο ένα μικρό ποσοστό στις ξηρές περιόδους, το μπλε νερό δε θεωρείται σημαντικό. Γενικά, το κλίμα και οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν πολύ την τελική ποιότητα και τον τύπο του παραγόμενου οίνου.

Η συνολική παραγωγή σταφυλιών στην επαρχία Ιάσιου ήταν 0,042 εκατομμύρια τόνοι/έτος, με συνολικό ΥΑ σε νομαρχιακό επίπεδο 58,8 εκατομμυρίων m³/έτος. Το συνολικό ΥΑ σταφυλιών για την περίοδο 2005-2008 φαίνεται στο Διάγραμμα 2.

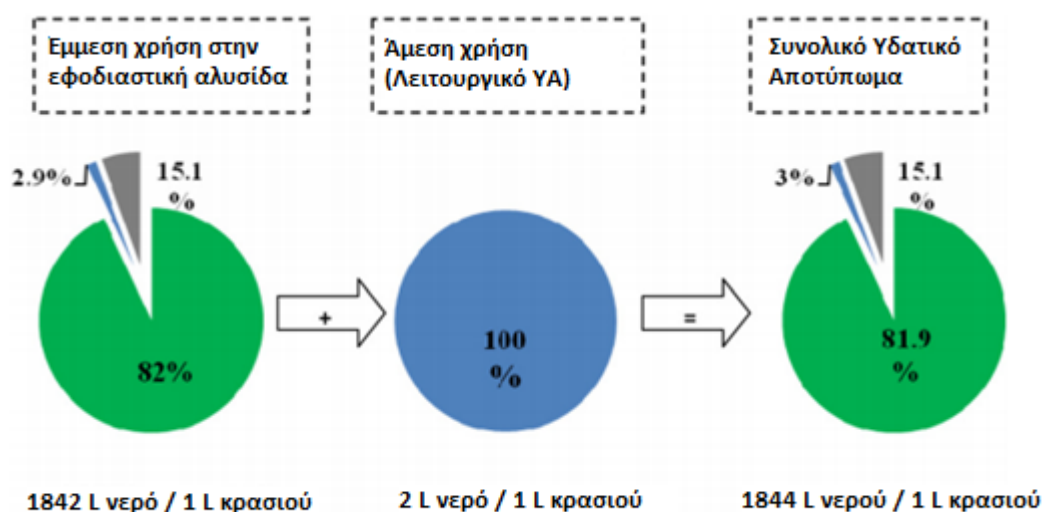


Διάγραμμα 2 Συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα σταφυλιών την περίοδο 2005-2008 στην επαρχία Ιάσιου, Ρουμανία

Από τα στοιχεία αυτά, το μέσο πράσινο ΥΑ για την παραγωγή σταφυλιών στην επαρχία είναι 1149 m³/t, το μπλε ΥΑ είναι 40 m³/t και το γκρι ΥΑ 212 m³/t. Η μεγάλη διαφορά μεταξύ πράσινου και μπλε ΥΑ οφείλονται στην απουσία άρδευσης. Το

συνολικό μέσο ΥΑ για την περίοδο 2005 - 2008 για την παραγωγή σταφυλιών εκτιμήθηκε ως 1401 m³/t. Οι διαφορετικές τιμές του αποτυπώματος ύδατος κάθε έτος ξεχωριστά δικαιολογούνται λόγω του διαφορετικού ΥΑ στην εφοδιαστική αλυσίδα (διαφορετικός όγκος παραγωγής των σταφυλιών).

Το συνολικό μέσο Υδατικό Αποτύπωμα που προέκυψε για την οινοπαραγωγική εταιρεία έδειξε ότι περίπου το 99% του συνολικού ΥΑ σχετίζεται με τη χρήση νερού από την εφοδιαστική αλυσίδα και το υπόλοιπο 1% ανήκει στην άμεση χρήση νερού (λειτουργικό ΥΑ) στη μονάδα επεξεργασίας, με τα αναλυτικά αποτελέσματα να φαίνονται στην Εικόνα 9.



Εικόνα 9 Υδατικό Αποτύπωμα εφοδιαστικής αλυσίδας και Λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα διαιρεμένο σε συνιστώσες (πράσινη, μπλε, γκρι) για μια οινοπαραγωγική εταιρεία στη Ρουμανία

Έτσι, προσθέτοντας την πράσινη, μπλε και γκρι συνιστώσα του ΥΑ, προκύπτει ένα συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα για ένα ποτήρι κρασί που κυμαίνεται μεταξύ 165 L νερού/ποτήρι κρασί το 2006 (χρονιά με πολλές βροχοπτώσεις) και σε 343 L νερού/ποτήρι κρασί το 2007 (χρονιά με λίγες βροχοπτώσεις), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.



Διάγραμμα 3 Αποτελέσματα ΥΑ για ένα μπουκάλι και ποτήρι κρασιού για μια οινοπαραγωγική εταιρεία στη Ρουμανία

Το συνολικό ΥΑ της παραγωγής κρασιού κατανέμεται ως εξής: 82% πράσινο, 3% μπλε και 15% γκρι.

3.3.2. Κατανάλωση νερού στις λοιπές χρήσεις σε μία βιομηχανία

Σε ό,τι αφορά τις λοιπές χρήσεις νερού σε μία βιομηχανία, δηλαδή αν εξαιρέσουμε το νερό που χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία, υπάρχουν αρκετά δεδομένα κατανάλωσης νερού σε παγκόσμια κλίμακα, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται πολλές και διαφορετικές τιμές που αφορούν την κατανάλωση νερού των εργαζομένων σε ένα βιομηχανικό κτίριο. Για παράδειγμα, οι μέσες ημερήσιες ανάγκες νερού στις βιομηχανίες στην Αμερική κυμαίνονται από 20 έως 35 γαλόνια ανά ημέρα (USgalpd) ανά υπάλληλο, το οποίο μεταφράζεται σε περίπου 0,08 – 0,13 m³ ανά υπάλληλο. ^[26] Σύμφωνα με τους Metcalf & Eddy ^[43], η διακύμανση στις καταναλώσεις νερού σε βιομηχανίες στην Αμερική συγκλίνει με την προαναφερθείσα και συγκεκριμένα στα 15 – 35 γαλόνια ανά ημέρα, δηλαδή 0,06 – 0,13 m³ ανά υπάλληλο. Δίνεται επίσης και μία τυπική τιμή στα 0,08 m³/ημέρα/υπάλληλο.

Άλλες πηγές ^{[27],[44]} αναφέρουν ότι σε ένα τυπικό βιομηχανικό κτίριο, κατά μέσο όρο, χρησιμοποιούνται 50 λίτρα νερού ανά εργαζόμενο σε καθημερινή βάση, δηλαδή 0,05 m³/ημέρα, κατανάλωση η οποία είναι μικρότερη από το προαναφερθέν κατώτατο όριο.

Στα πλαίσια της εργασίας, θα εξαχθεί συμπέρασμα βάσει και των δύο πηγών, τα οποία θα αποκαλούμε Σενάριο 1 (0,08 m³/εργαζόμενο/ημέρα) και Σενάριο 2 (0,05 m³/εργαζόμενο/ημέρα) αντίστοιχα για μεγαλύτερη ευκολία.

Αυτή η ποσότητα που καταναλώνεται από τους εργαζομένους του εργοστασίου, μπορεί να κατανεμηθεί σε χρήσεις. Για ένα μέσο εργοστάσιο επομένως έχουν εκτιμηθεί τα ακόλουθα ποσοστά: ^[28]

1. Καζανάκι τουαλέτας: 63%
2. Πλύσιμο χεριών: 27%
3. Εστιατόριο: 9%
4. Υπηρεσίες καθαριότητας: 1%

Για να βρεθεί η ημερήσια κατανάλωση ανά εργαζόμενο, χρησιμοποιείται η Εξίσωση 6: ^[28]

$$W_{emp} = \frac{W_{tot_emp}}{N_{emp} * D}$$

Εξίσωση 6

Όπου:

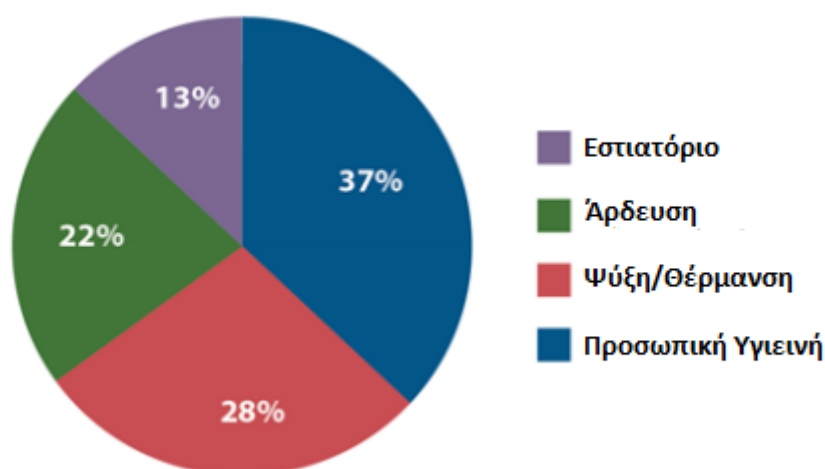
W_{emp} = Νερό που αντιστοιχεί σε κάθε εργαζόμενο ανά έτος

W_{tot_emp} = Συνολικό νερό που χρησιμοποιούν οι εργαζόμενοι

N_{emp} = Αριθμός των εργαζομένων στην επιχείρηση

D = εργάσιμες ημέρες για ένα έτος

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε για κτίρια γραφείων στην Αμερική, η κατανάλωση νερού ακολουθεί το παρακάτω Διάγραμμα 4. ^[29]

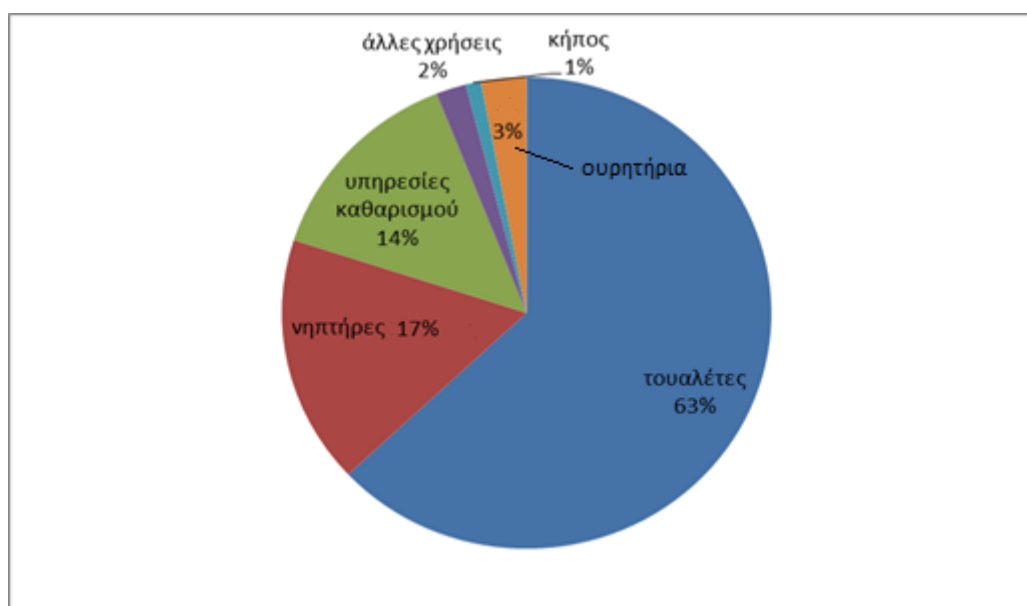


Διάγραμμα 4 Κατανάλωση νερού σε κτίρια γραφείων στην Αμερική

Το διάγραμμα αυτό κατασκευάστηκε από ανάλυση δεδομένων από το Office of the State Engineer στο Νέο Μεξικό, της Αμερικανικής Ένωσης Υδραυλικών Έργων (AWWA), του ερευνητικού ιδρύματος της AWWA και της East Bay Municipal Utility District (EBMUD).

Το προφίλ κατανάλωσης δίνει τις μεγαλύτερες καταναλώσεις στην προσωπική υγιεινή των εργαζόμενων και συγκεκριμένα στο 37%. Η κατανάλωση νερού για ψύξη και θέρμανση αποτελεί το 28% της ποσότητας νερού ενώ η άρδευση φτάνει στο 22%. Τελευταία σε κατανάλωση είναι η χρήση νερού στο εστιατόριο και συγκεκριμένα ανέρχεται σε 13%.

Σε μία άλλη έρευνα, το προφίλ χρήσης που δημιουργήθηκε μέσα από τη μελέτη κατανάλωσης νερού σε δώδεκα επιχειρήσεις στην Ιορδανία ^[30] δείχνει ότι σχεδόν όλο το νερό χρησιμοποιείται για εσωτερικούς σκοπούς. Οι σημαντικότερες δαπάνες βρίσκονται στις τουαλέτες που καταναλώνουν περίπου το 63% του νερού, ακολουθούμενες από τους νιπτήρες (μπάνιου και κουζίνας) (17%), τις υπηρεσίες καθαρισμού (14%), τα ουρητήρια (3%) και άλλες χρήσεις όπως διαρροές (2%). Η εξωτερική χρήση νερού περιορίζεται στην άρδευση, η οποία αντιπροσωπεύει μόνο 1% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Το Διάγραμμα 5 φαίνεται παρακάτω:



Διάγραμμα 5 Προφίλ χρήσης νερού για 12 εταιρείες της Ιορδανίας

Οι έλεγχοι δείχνουν επίσης ότι η μέση ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται στα κτίρια γραφείων είναι περίπου 32 λίτρα ανά εργαζόμενο ανά ημέρα, δηλαδή 0,032 m³/ημέρα.

3.4. Δεδομένα κατανάλωσης νερού σε αεροπορικές βιομηχανίες

Η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος εισήχθη σχετικά πρόσφατα και δεν έχει εφαρμοστεί σε πολλές βιομηχανίες, επομένως δεν υπάρχουν πολλά διαθέσιμα δεδομένα για την κατανάλωση νερού στην αεροπορική βιομηχανία αλλά ούτε και δεδομένα για τυπικές τιμές του ΥΑ αυτών.

Στο σημείο αυτό θα καταγραφούν οι συνολικές καταναλώσεις νερού ανά χρόνο από αεροπορικές βιομηχανίες διάφορων δυναμικοτήτων ανά τον κόσμο.

Η Ισραηλινή Αεροπορική Βιομηχανία (Israel Aerospace Industries – IAI), ο κυριότερος κατασκευαστής αεροδιαστημικής και αεροπορίας στην ομώνυμη χώρα δημοσίευσε την πρώτη έκθεσή της για τη βιωσιμότητά της το 2015 ^[31]. Απασχόλησε 15.734 εργαζομένους, δραστηριοποιείται σε πάνω από 90 χώρες παγκοσμίως ενώ τα έσοδά τους άγγιξαν τα 3,7 δις \$.

Το 2015 καταναλώθηκαν από την IAI 321.475 m³ νερού και παρήχθησαν 230.473 m³ υγρών αποβλήτων από τη διαδικασία παραγωγής, συντήρησης και καθαρισμού των μονάδων της. Με βάση τις εσωτερικές διαδικασίες παρακολούθησης, τα απόβλητα μεταφέρονται σε εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας κοντά στις μονάδες IAI πριν από τη μεταφορά τους σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

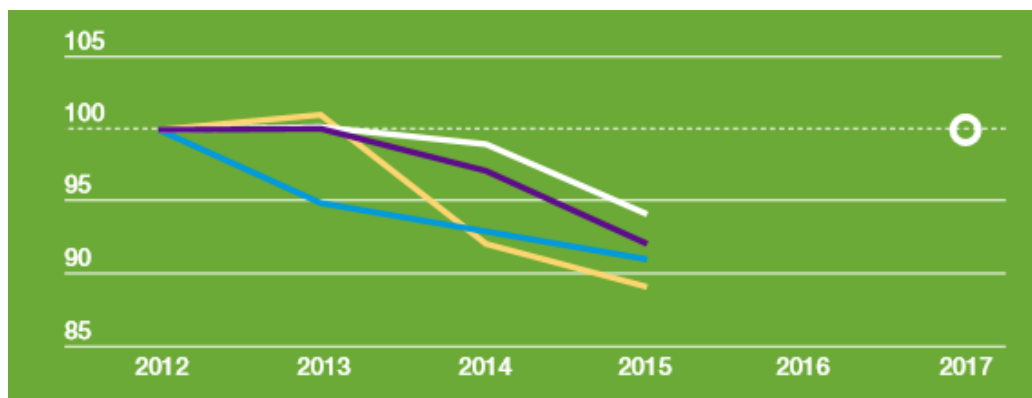
Η The Boeing Company είναι αμερικάνικη πολυεθνική εταιρεία, η οποία σχεδιάζει, κατασκευάζει και πωλεί αεροπλάνα, ελικόπτερα, πυραύλους και δορυφόρους. Το 2015, παρέδωσε 948 αεροσκάφη και απασχόλησε 161.368 εργαζομένους με έσοδα που έφτασαν τα 96 δις \$. ^[32]

Σε έκθεση που δημοσιοποίησε το 2016 ^[32] παρουσίασε πολλά στοιχεία σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των επιχειρήσεων και εγκαταστάσεών της από το 2012 έως και το 2015. Αυτά ήταν τα αποτελέσματα από τις συνεχείς προσπάθειες μείωσης του νερού που καταναλώνεται μέσω εναλλακτικών μεθόδων παραγωγής αεροσκαφών καθώς και τεχνολογιών επεξεργασίας, ανακύκλωσης νερού και εκπαίδευση για ευαισθητοποίηση των εργαζομένων σχετικά με τη διαχείριση των υδάτων.

Το νερό που χρησιμοποιήθηκε στη βιομηχανία το 2015 είναι 1,7 δισεκατομμύρια γαλόνια το οποίο ισοδυναμεί με 6 εκατομμύρια m³ και μάλιστα παρουσίασε πτώση της τάξης του 9.5% σε σχέση με την κατανάλωση του 2012 (1,88 δισεκατομμύρια γαλόνια).

Η κατανάλωση νερού εμφανίζεται με γαλάζιο χρώμα στο παρακάτω Διάγραμμα 6 και ακολουθεί, όπως είναι αναμενόμενο από τα νούμερα που αναφέραμε, καθοδική πορεία. Σημειώνεται ότι η κίτρινη γραμμή αποτελεί παραγωγή

επικίνδυνων αποβλήτων ανηγμένη στα έσοδα της Boeing (εκατοντάδες lb/εκατομμύρια US\$), η μωβ γραμμή είναι η εκπομπή αερίων θερμοκηπίου (GHG emissions) και η λευκή γραμμή τα στερεά απόβλητα που απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ). Γενικότερα, εμφανίζεται μείωση σε όλες τις παραμέτρους.



Διάγραμμα 6 Περιβαλλοντική απόδοση της The Boeing Company

Η Embraer είναι βραζιλιάνικη αεροπορική βιομηχανία με δυναμικότητα 18.000 εργαζομένων, η οποία το 2015 παρέδωσε 101 αεροσκάφη με έσοδα να προσεγγίζουν τα 6 δις \$.^[33]

Τα πιο πρόσφατα δημοσιοποιημένα στοιχεία της Embraer αφορούν το 2015^[33] και παρατηρείται ότι η κύρια κατανάλωση νερού είναι διοικητική, σε αντίθεση με τη μικρή χρήση της σε βιομηχανικές διεργασίες. Το νερό που χρησιμοποιούν προέρχεται από τοπικούς παρόχους και βαθιά πηγάδια. Το 2015, η Embraer χρησιμοποίησε 960.813 m³ νερού, εκ των οποίων μόλις το 2% αντιστοιχεί σε ανακυκλωμένο/επαναχρησιμοποιούμενο νερό.

Στον παρακάτω Πίνακα 3, φαίνονται τα συνολικά κυβικά μέτρα νερού που καταναλώθηκαν, ενώ φαίνεται και η πηγή από την οποία λήφθηκε το νερό. Για το 2015 ωστόσο, συλλέχθηκαν επιπρόσθετα στοιχεία από μονάδες του Belo Horizonte, της Sorocaba, του Fort Lauderdale, του Nashville, της Μελβούρνης, της Ένορα, του Πεκίνου και των συνεργατών τους OGMA και Harbin. Το συνολικό νερό που παρέχεται από την πηγή το 2015, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις μονάδες που αναφέρθηκαν κατά τα προηγούμενα έτη, είναι ίσο με 710.544 m³. Παρατηρείται λοιπόν μια μείωση από το 2014 ενώ το 2013 έγινε η μικρότερη κατανάλωση εκείνων των ετών.

Πηγές νερού	2013	2014	2015
Υπόγεια ύδατα	541.900	647.616	616.545
Δημοτικά ύδατα ή από άλλες εταιρείες παροχής νερού	103.180	115.737	344.268
Όγκος χρησιμοποιούμενου νερού (m ³)	645.080	763.353	960.813

Πίνακας 3 Συνολική χρήση νερού στην Embraer ανά πηγή (m³)

Η Dassault Aviation SA, γαλλική κατασκευάστρια εταιρεία αεροσκαφών, στρατιωτικών ή πολιτικών, έχει σαν θεμελιώδη πυλώνα της την μείωση κατανάλωσης νερού και το έχει επιτύχει μέσω: ^[34]

- καλύτερης ανίχνευσης των διαρροών,
- αλλαγών στις διαδικασίες παραγωγής,
- περιορισμού του ποτίσματος των κήπων,
- της ανάκτησης ομβρίων ή βιομηχανικών υδάτων

Για την Dassault Aviation SA εργάζονται περίπου 12.000 άτομα, το 78% των οποίων είναι στη Γαλλία. Τα έσοδά της το 2016 ήταν 3.586 εκατομμύρια € ενώ παρέδωσε 49 επιβατικά αεροσκάφη και 9 μαχητικά. Το 2015 παρέδωσε 55 επιβατικά και 8 μαχητικά αεροσκάφη. ^[35]

Το χρησιμοποιούμενο νερό προέρχεται κυρίως από τα δημόσια δίκτυα και συμπληρώνεται με την άντληση υπογείων υδάτων. Συγκεκριμένα για τα έτη 2015 και 2016 παρουσιάζονται οι ακόλουθες καταναλώσεις στον Πίνακα 4:

Νερό (m ³)	2016	2015
Νερό δικτύου	150.868	147.557
Υπόγεια ύδατα	23.610	31.254
Σύνολο	174.477	178.811

Πίνακας 4 Συνολική χρήση νερού στην Dassault Aviation ανά πηγή (m³)

Παρατηρούμε λοιπόν ότι η συνολική κατανάλωση το 2016 έφτασε τα 174.477 m³ παρουσιάζοντας μία πτώση περίπου 4 χιλιάδων m³ από το 2015.

Η Zodiac Aerospace είναι ένας γαλλικός αεροδιαστημικός όμιλος ο οποίος παρέχει συστήματα και εξοπλισμό για αεροσκάφη. Έχει περίπου 100 εγκαταστάσεις σε

ολόκληρο τον κόσμο και απασχολεί περίπου 35.000 άτομα. Κατά τη διάρκεια της σεζόν 2015 – 2016 επισκευάστηκαν 150.000 εξαρτήματα εξοπλισμού. ^[36]

	2014/2015	2015/2016	2015/2016
Νερό (10³ m³)	(73 εγκαταστάσεις – 92% του εργατικού δυναμικού)	(73 εγκαταστάσεις – 92% του εργατικού δυναμικού)	(79 εγκαταστάσεις – 95% του εργατικού δυναμικού)
Συνολικό	786	675	686

Πίνακας 5 Κατανάλωση νερού στην Zodiac Aerospace (10³ m³)

Από τον προηγούμενο Πίνακα 5, φαίνεται ότι η συνολική κατανάλωση νερού για το 95% των εργαζόμενων που απασχολεί στις 79 εγκαταστάσεις της, είναι ίση με 686.000 m³ την περίοδο 2015-2016 μειώνοντας κατά 100 χιλιάδες m³ την προηγούμενη κατανάλωση. Αν θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχει μεταβολή στους εργαζόμενους – ελλείψει στοιχείων - το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα βελτιώθηκε.

Τέλος, στον Πίνακα 6 καταγράφεται η κατανάλωση νερού για μία ακόμη μεγάλη αεροπορική βιομηχανία, την Airbus, για τα έτη 2015 και 2016. ^[37] Από άποψη παραγωγικής διαδικασίας, το 2016 η Airbus παρέδωσε 688 πολιτικά αεροσκάφη, 34 μαχητικά αεροσκάφη και 418 ελικόπτερα. Αντίθετα, το 2015 παρέδωσε 635 πολιτικά αεροσκάφη, 39 μαχητικά αεροσκάφη και 395 ελικόπτερα. Απασχολεί 133.782 εργαζομένους ενώ τα έσοδα της άγγιξαν τα 66,6 δις \$.

	2016	2015
Συνολική κατανάλωση νερού (m³)	3.834.265	5.478.896
Εκ των οποίων		
Νερό δικτύου (%)	76,4	52,4
Υπόγεια ύδατα που αντλήθηκαν (%)	20,0	45,2
Επιφανειακά ύδατα που αντλήθηκαν (%)	3,5	2,3
Χρησιμοποιημένα όμβρια ύδατα (%)	0,1	0,1

Πίνακας 6 Συνολική χρήση νερού στην Airbus ανά πηγή (m³)

Εντοπίζεται πολύ μεγάλη μείωση της κατανάλωσης νερού το 2016 σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά και είναι ίση με 3.834.265 m³. Το μεγαλύτερο ποσοστό νερού που χρησιμοποιείται είναι νερό από το δίκτυο (76,4%), ενώ ακολουθούν τα υπόγεια ύδατα, επιφανειακά ύδατα τα οποία αμφότερα αντλήθηκαν αλλά και ένα μικρό ποσοστό από συλλεγόμενα όμβρια ύδατα. Και για τις δύο χρονιές βλέπουμε ότι βασίζεται κυρίως σε αγορασμένο νερό και μάλιστα αύξησε αυτό το ποσοστό σε

σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Ωστόσο, από τον πίνακα φαίνεται ότι συνεχίζουν να κάνουν προσπάθεια επαναχρησιμοποίησης νερού με τρεις διαφορετικούς τρόπους, οι οποίοι πλέον καταλαμβάνουν ένα ποσοστό της τάξης του 23,6%.

Αξίζει να αναφερθεί ότι τα δεδομένα κατανάλωσης νερού που δημοσιοποιούνται από τις βιομηχανίες αυτές είναι αρκετά περιορισμένα. Επομένως δεν μπορεί να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα ή να υπάρξει κάποια εκτίμηση του τρόπου που κατανέμεται το νερό στις επιμέρους χρήσεις, παρά μόνο φαίνεται μία γενική εικόνα των καταναλώσεών τους.

4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ Α.Ε. (ΕΑΒ)

Η Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία Α.Ε. (ΕΑΒ) είναι η μεγαλύτερη αεροναυπηγική και αμυντική εταιρεία της χώρας. Κύρια αποστολή της είναι η παροχή υπηρεσιών και προϊόντων για την υποστήριξη των Ελληνικών Ενόπλων Δυνάμεων. Αποτελεί σήμερα αξιόπιστο συνεργάτη των διεθνώς πρωτοστατούσων εταιρειών του βιομηχανικού κλάδου της αεροναυπηγικής.

4.1. Ιστορικά Στοιχεία ^[39]

Η βιομηχανία ιδρύθηκε το 1975, όποτε και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως ο νόμος που αφορά στη σύσταση της 'Εθνικής Βιομηχανίας Αεροπορικού Υλικού' ενώ αργότερα την ίδια χρονιά υπογράφεται η σύμβαση δημιουργίας της εταιρείας μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και των πέντε αντισυμβαλλομένων αμερικανικών εταιρειών.

Το 1977 η Εθνική Βιομηχανία Αεροπορικού Υλικού μετονομάζεται σε «Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία Α.Ε.» το οποίο αποτελεί και το σημερινό της όνομα, και ξεκινούν οι εργασίες ανέγερσης των εγκαταστάσεων.

Το 1979 πραγματοποιούνται τα επίσημα εγκαίνια της εταιρείας ενώ το 1988 θεμελιώνεται το κτίριο αεροναυπηγικών κατασκευών. Το 2001 ολοκληρώνεται η ανέγερση του δοκιμαστηρίου αεροκινητήρων υψηλής ώσης 100.000 λιβρών.

Το 2006 θεμελιώνεται η Μονάδα Αεροκατασκευών με Σύνθετα Υλικά και το 2008 εγκαινιάζεται η Μονάδα Ξηρού Αποχρωματισμού Αεροσκαφών, με τη χρήση πλαστικών σφαιριδίων, την πλέον φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία και πλήρως εναρμονισμένη με τις αυστηρότερες περιβαλλοντικές προδιαγραφές παγκοσμίως.

4.2. Οι δραστηριότητες της βιομηχανίας

Στις εγκαταστάσεις της Ε.Α.Β. εκτελούνται οι ακόλουθες εργασίες, σύμφωνα με την Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) του 2015 (Αριθ. πρωτ. : 152262):

- Επισκευή και συντήρηση αεροσκαφών και κινητήρων αεροσκαφών.
- Κατασκευή τμημάτων και εξαρτημάτων αεροσκαφών.
- Κατεργασία και επικάλυψη μετάλλων.
- Κατεργασία και επικάλυψη μετάλλων με αμμορριπή.
- Γενικές μηχανολογικές εργασίες.
- Έργα σιδηροδρόμων και εγκαταστάσεων μεταφόρτωσης για συνδυασμένες μεταφορές και συνδυασμένων τερματικών σταθμών.
- Υφίσταται, επίσης, ελικοδρόμιο.

Ο χρόνος λειτουργίας είναι 270 ημέρες/έτος, 5 ημέρες/εβδομάδα.

4.3. Οι μονάδες της βιομηχανίας

Στο Κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια περιγραφή των δραστηριοτήτων και των μονάδων που διαθέτει η ΕΑΒ ΑΕ.

Η ΕΑΒ διαθέτει ένα δίκτυο πυρόσβεσης όπου σε δεξαμενές χωρητικότητας 1800 m³ φυλάσσεται ποσότητα νερού η οποία χρησιμοποιείται σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Η ΕΑΒ λαμβάνει νερό από την ΕΥΔΑΠ που είναι ανεπεξέργαστο. Το εισερχόμενο νερό υφίσταται φυσική επεξεργασία πριν τη χρήση (κροκίδωση, φίλτρανση) καθώς και απολύμανση (χλωρίωση) διερχόμενο από φίλτρα με αμμοχάλικο και υδρανθρακίτη, προσομοιάζοντας την επεξεργασία που δέχεται το νερό στην ΕΥΔΑΠ και διανέμεται στους κατοίκους της χώρας.

Όταν λειτουργεί το χαλικοδιυλιστήριο της ΕΑΒ τότε το πληρωτικό υλικό (χαλίκια) επιβαρύνεται με ακαθαρσίες που υπήρχαν στο νερό και πλέον φιλτράρονται. Στη διαδικασία αυτή βοηθάει το κροκιδωτικό το οποίο προστίθεται στην είσοδο του φίλτρου με τη βοήθεια μιας δοσιμετρικής αντλίας. Για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας του φίλτρου μετράται η θολερότητα του νερού στην έξοδο του φίλτρου καθώς και η μανομετρική πίεση στην είσοδο του φίλτρου. Όταν οι θολερότητα ή και η πίεση αρχίζουν να αυξάνονται τότε το φίλτρο χρειάζεται καθάρισμα καθώς παύει να λειτουργεί σωστά. Για τον καθαρισμό λαμβάνεται με αντλία καθαρό νερό από την δεξαμενή αποθήκευσης του καθαρού νερού που βρίσκεται κατάντην του φίλτρου και καταθλίπεται εντός του φίλτρου με φορά ανάποδη από την κανονική ροή. Η διαδικασία αυτή λέγεται backwash (αντίστροφη πλύση) του φίλτρου. Κατ'

εκτίμηση, η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για να ολοκληρωθεί το backwash και να καθαρίσει το φίλτρο είναι $25\text{m}^3/\text{d}$.

Ο βιολογικός σταθμός της ΕΑΒ επεξεργάζεται τα λύματα προσωπικού (τουαλέτες, νιπτήρες, λουτρά κλπ) από τα παλιά και τα νέα κτίρια της ΕΑΒ καθώς και τα αστικής φύσης υγρά απόβλητα του εστιατορίου τα οποία ανέρχονται σε 200m^3 ανά ημέρα. Μετά την επεξεργασία τους στον βιολογικό σταθμό και τον διαχωρισμό της λυματολάσπης η οποία ανέρχεται σε 1 τη λάσπη ανά μήνα προωθούνται στο Θερμοδώντα ποταμό. Η λυματολάσπη μπορεί να αξιοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό.

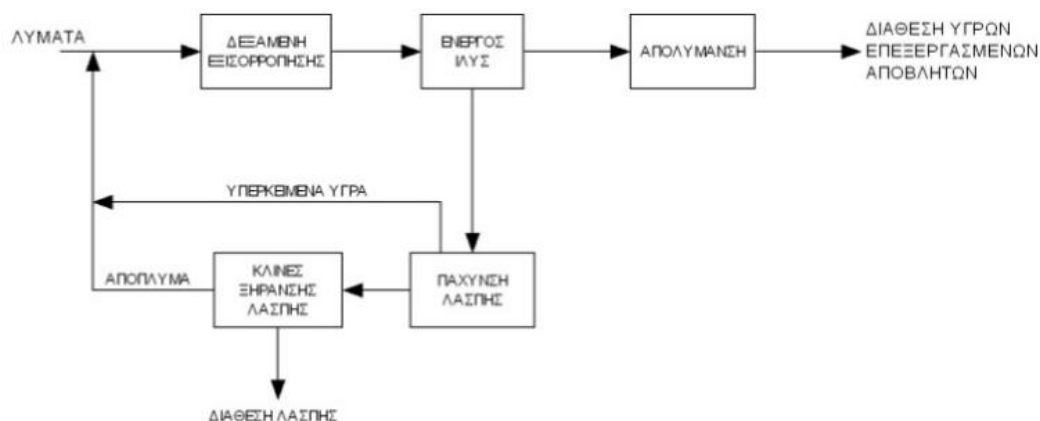
Τα υγρά αστικά απόβλητα συλλέγονται μέσω υπογείων αγωγών από όλα τα σημεία παραγωγής τους. Η επεξεργασία τους επιτυγχάνεται με ένα συνδυασμό φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών που απομακρύνει τα ανόργανα και οργανικά στερεά και καταστρέφει τους παθογόνους οργανισμούς με την χρήση υποχλωριώδους νατρίου. Η παραπάνω κατεργασία των υγρών αποβλήτων επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος - παρατεταμένου αερισμού.

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων γίνεται σε βιοαντιδραστήρα με την προσθήκη ενέργειας (οξυγόνου μέσω της παροχής ανάλογων ποσοτήτων αέρα) που επιταχύνουν την δράση των μικροοργανισμών οι οποίοι διασπούν το οργανικό φορτίο και το μετατρέπουν σε απλές ανόργανες ενώσεις, οι οποίες και καθιζάνουν υπό μορφή ιλύος. Η επεξεργασία αυτή διαρκεί μόνο λίγες ώρες, η δε μείωση των παθογόνων οργανισμών γίνεται με χλωρίωση.

Το σύστημα έχει μέγιστη υδραυλική παροχή $966\text{ m}^3/\text{ημέρα}$ και αποτελείται από:

- Δεξαμενή εξισορρόπησης
- Δεξαμενή αερισμού και σύστημα αεροσυμπιεστών για την παροχή αέρα στην δεξαμενή
- Δεξαμενή διαύγασης
- Δεξαμενή χλωρίωσης των λυμάτων πριν την απορροή στον αποδέκτη
- Κλίνες ξήρανσης
- Σύστημα αγωγών και σωληνώσεων
- Μηχανοστάσιο για την λειτουργία της μονάδας

Στο Διάγραμμα 7 φαίνεται ένα διάγραμμα ροής της επεξεργασίας αστικών αποβλήτων στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία.



Διάγραμμα 7 Διάγραμμα ροής επεξεργασίας αστικών αποβλήτων-λυμάτων της ΕΑΒ ΑΕ

Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα από τα λουτρά επιμετάλλωσης και τους χώρους πλύσης και αποχρωμάτισης αεροσκαφών της ΕΑΒ (πλυντήριο) καταλήγουν μέσω ξεχωριστού δικτύου υπονόμων στον φυσικοχημικό σταθμό για επεξεργασία καθίζησης και εξουδετέρωσης. Ανάλογα με τη χημική τους σύσταση, τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα διοχετεύονται και σε αντίστοιχα κανάλια. Η διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να γίνει η επιμέρους επεξεργασία των αποβλήτων είναι αφενός διαχωρισμός των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε πέντε διακριτά ρεύματα και μετέπειτα κατάλληλη επεξεργασία κάθε ρεύματος. Τα ρεύματα διαχωρίζονται ως εξής:

- ΡΕΥΜΑ 1. Χρωμιούχα (Cr^{+6})
- ΡΕΥΜΑ 2. Κυανιούχα (CN^-) τα οποία περιέχουν και κάδμιο
- ΡΕΥΜΑ 3. Βαρέα Μέταλλα (Όξινα/ αλκαλικά)
- ΡΕΥΜΑ 4+5. Ελαιώδη και νερά αποχρωματισμού και πλύσεων πλυντηρίου αεροσκαφών

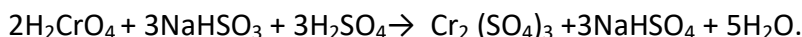
Το σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων αποτελεί ουσιαστικά μια εγκατάσταση εξουδετέρωσης και στηρίζεται στη λογική της ανεξάρτητης συλλογής των προαναφερόμενων διακριτών ρευμάτων, της μετέπειτα διακριτής προεπεξεργασίας τους και της τελικής μείξης, κοινής εξουδετέρωσης, ρύθμισης του pH, ελέγχου ποιότητας και διάθεσης επεξεργασμένων υγρών βιομηχανικών αποβλήτων.

Η δυναμικότητα της μονάδας επεξεργασίας είναι $40 \text{ m}^3/\text{h}$.

1. ΓΡΑΜΜΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΧΡΩΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΞΙΝΩΝ- ΑΛΚΑΛΙΚΩΝ (ΡΕΥΜΑΤΑ 1 & 3)

Επειδή το Cr^{6+} δεν καθιζάνει σε οποιαδήποτε μορφή, με αύξηση του pH και αναγωγή μετατρέπεται σε Cr^{3+} και καθιζάνει με τα άλλα βαρέα μέταλλα σε δεύτερη

φάση. Η αναγωγή γίνεται με την προσθήκη όξινου θειώδους νατρίου σε όξινο περιβάλλον σε μία φάση σύμφωνα με την χημική αντίδραση:



Χρησιμοποιούνται:

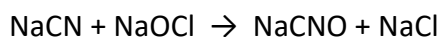
- Δεξαμενή εξισορρόπησης
- Αντλίες μεταφοράς
- Αντιδραστήρας αναγωγής με αναδευτήρα, γραμμές τροφοδοσίας χημικών και έλεγχο pH και REDOX μέσω PLC.
- Δοσομετρικές αντλίες τροφοδοσίας H_2SO_4 , NaHSO_3 , NaOH ελεγχόμενες μέσω PLC.

Τα απόβλητα από την δεξαμενή εξισορρόπησης (Ρεύμα 1 και 3 μαζί με την έξοδο της γραμμής ελαιωδών καθώς και την έξοδο/υπερχείλιση της δεξαμενής καταβύθισης καδμίου) αντλούνται προς στον αντιδραστήρα συνεχούς ροής. Η ρύθμιση του pH γίνεται συνεχώς σε τιμή 2,0-3,5 όπως προβλέπεται στην ΚΥΑ 20488/2010 με αυτόματη προσθήκη θειικού οξέος 30% με δοσομετρικές αντλίες ρυθμιζόμενης παροχής. Η αναγωγή των χρωμικών στα ίδια όρια pH γίνεται συγχρόνως με συνεχή αυτόματη προσθήκη διαλύματος όξινου θειώδους νατρίου με δοσομετρικές αντλίες ρυθμιζόμενης παροχής με μέτρηση REDOX.

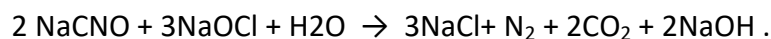
2. ΓΡΑΜΜΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΥΑΝΙΟΥΧΩΝ & ΚΑΔΜΙΟΥ (ΡΕΥΜΑ 2)

Η εξουδετέρωση των υγρών αποβλήτων που περιέχουν κυανιούχα πραγματοποιείται σε δύο στάδια:

- Τα κυανιούχα οξειδώνονται σε κυανικά σε αλκαλικό περιβάλλον με προσθήκη υποχλωριώδους νατρίου. Η αντίδραση είναι η ακόλουθη :



- Με προσθήκη θειικού οξέος όταν το pH της αντίδρασης ελαττωθεί στο 8,5 συνεχίζεται η προσθήκη υποχλωριώδους νατρίου και ακολουθεί η διάσπαση των κυανικών σε άζωτο (N_2) και CO_2 . Η αντίδραση είναι :



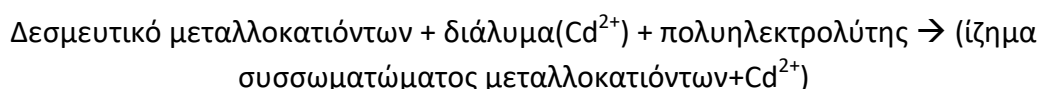
Χρησιμοποιούνται:

- Δεξαμενές εξισορρόπησης
- Αντλίες μεταφοράς
- Αντιδραστήρας οξείδωσης με αναδευτήρα, γραμμές τροφοδοσίας χημικών και έλεγχο pH και REDOX μέσω PLC

Το ρεύμα των κυανιούχων αποβλήτων από το φρεάτιο υποδοχής με αντλίες οδηγείται στις δεξαμενές εξισορρόπησης. Η διαδικασία πραγματοποιείται αυτόματα

σε παρτίδες (Batch). Όταν η παρτίδα είναι έτοιμη προς επεξεργασία ανάβει ενδεικτική λυχνία στον πίνακα λειτουργίας και συγχρόνως απεικονίζονται τα στάδια επεξεργασίας της εγκατάστασης στην οθόνη του συστήματος SCADA .

Μετά και την αποδέσμευση του αζώτου (N₂) στο περιβάλλον ξεκινάει η διαδικασία επεξεργασίας και απομάκρυνσης του καδμίου. Χρησιμοποιούνται εμπορικά προϊόντα όπως δεσμευτικό μεταλλοκατιόντων και ένας πολυηλεκτρολύτης τα οποία επιτυγχάνουν απόδοση απομείωσης της συγκέντρωσης του καδμίου (Cd²⁺) της τάξης του 99%. Η διαδικασία επεξεργασίας και καταβύθισης του καδμίου πραγματοποιείται ανά batch όγκου 1,5 m³ στον αντιδραστήρα οξείδωσης και η αντίδραση δέσμευσης καδμίου αποτυπώνεται στη σχέση:



Μετά και την ολοκλήρωση της διαδικασίας καταβύθισης καδμίου το μεν ίζημα (ιλύς) οδηγείται σε δεξαμενή απολάσπωσης, το δε υπερκείμενο διάλυμα απαλλαγμένο από κάδμιο σε αντιδραστήρα για επιπρόσθετη επεξεργασία.

3. ΓΡΑΜΜΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΛΑΙΩΔΩΝ ΚΑΙ ΝΕΡΩΝ ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΛΥΣΕΩΝ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟΥ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ (ΡΕΥΜΑΤΑ 4 & 5)

Τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από τα πλυντήρια αεροσκαφών καθώς και από τις εργασίες καθαρισμού και συντήρησης περιλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες από έλαια, λίπη και γαλακτωματοποιημένες ουσίες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, σύμφωνα πάντα με την απαιτούμενη διαδικασία καθαρισμού ή αποβαφής του αεροσκάφους πιθανότατα να υπάρχει και ποσότητα εξασθενούς χρωμίου.

Αρχικά, τα απόβλητα αυτά διοχετεύονται σε δεξαμενή κατακράτησης και εξάμμωσης, η οποία με κατάλληλες διατάξεις αφαιρεί την άμμο και με ξέστρο επιφανείας τα επιφανειακά επιπλέοντα έλαια. Αυτή η μονάδα του συστήματος ονομάζεται εξαμμωτής.

Στη συνέχεια, εντός δοχείου ταχυανάδευσης πραγματοποιείται δοσομέτρηση κροκιδωτικού μέσου και σε δοχείο αργής ανάδευσης προσθήκη χημικού για την συσσωμάτωση των κροκίδων. Το ρεύμα αποβλήτου οδεύει σε σύστημα DAF (diffused air flotation) για την επίπλευση των γαλακτωματοποιημένων ελαίων με την υποστήριξη πεπιεσμένου αέρα.

Από τον εξοπλισμό συλλογής και απομάκρυνσης λάσπης («ξέστρο»), αφαιρείται η επιπλέοντα αφρώδης λάσπη από την επιφάνεια του υγρού, η οποία οδηγείται προς τη χοάνη απομάκρυνσης στο χαμηλότερο σημείο της εγκατάστασης.

Τα αιωρούμενα υλικά όπως έλαια, λίπη, και άλλες ουσίες με μικρότερο ειδικό βάρος από το νερό, μπορούν να διαχωριστούν από τα απόνερα με την επίπλευση. Ακόμη, πολύ μικρά σωματίδια και κολλοειδή υλικά με μεγαλύτερο ειδικό βάρος από το νερό έχουν την τάση να κατακαθίσουν με πολύ αργούς ρυθμούς και να απομακρυνθούν ως λάσπη πυθμένα.

Η μέθοδος επίπλευσης με διαλυμένο αέρα (DAF) χρησιμοποιείται για την αφαίρεση των μη διαλυμένων ελαίων και λιπών από απόβλητα μέσω της παραγωγής πολλών μικρών φυσαλίδων αέρα. Τα αιωρούμενα σωματίδια προσκολλούνται στις φυσαλίδες, δημιουργώντας συσσωματώματα μικρότερης πυκνότητας, τα οποία αναγκάζονται να ανέλθουν στην επιφάνεια και απομακρύνονται με τα ξέστρα. Το καθαρό νερό λαμβάνεται από το μέσο της στάθμης της δεξαμενής. Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας βελτιώνεται με την προσθήκη κροκιδωτικών, όπως η στυπτηρία, το ενεργό διοξείδιο του πυριτίου ή πολυμερή.

Η υγρή λάσπη που λαμβάνεται από αυτή τη μέθοδο μεταφέρεται ακολούθως σε μια δεξαμενή αποθήκευσης όπου γίνεται περαιτέρω διαχωρισμός: η βαρύτερη λάσπη κατακάθεται, το ελαφρύτερο υλικό σχηματίζει ένα στρώμα αφρού στην επιφάνεια και σχετικά καθαρό νερό υπάρχει μεταξύ των δύο στρωμάτων. Μέσω βαλβίδας, γίνεται αποστράγγιση του καθαρού νερού για ανακυκλοφορία μέσα στο σύστημα. Η συσσωρευμένη λάσπη μεταφέρεται για περαιτέρω επεξεργασία.

Το ρεύμα εξόδου από την εγκατάσταση επεξεργασίας ελαιωδών, δεδομένου ότι περιέχει μικρή αλλά υπαρκτή ποσότητα εξασθενούς χρωμίου, οδεύει προς την δεξαμενή ομογενοποίησης χρωμικών αποβλήτων και ακολούθως υφίσταται την επεξεργασία αναγωγής του εξασθενούς χρωμίου σε τρισθενές που αναφέρθηκε λεπτομερώς παραπάνω.

Επιπρόσθετα, η ΕΑΒ διαθέτει 3 πύργους ψύξης οι οποίοι είναι κλειστού και ανοιχτού κυκλώματος. Στους πύργους ψύξης, το νερό ψεκάζεται από την οροφή του πύργου πάνω σε μία επιφάνεια εναλλαγής που αποτελείται από επάλληλα πλαστικά φύλλα με κυψέλες (κάτι παρόμοιο σε μορφή με τις καρτέλες αυτών) ή κυματώσεις. Ανάλογα με την επιφάνεια, καθορίζεται αν έχουμε ανοιχτού ή κλειστού κυκλώματος πύργο ψύξης, αντίστοιχα. Εκτός από τον ψεκασμό του νερού από την οροφή, κατά αντιρροή έρχεται με ανεμιστήρα ο αέρας της ατμόσφαιρας. Ο αέρας περνά ανάμεσα στα φύλλα, ενώ το νερό διασκορπίζεται πάνω σε αυτά και η επαφή είναι όσο το δυνατόν καλύτερη. Η ανάμειξη του νερού με τον ατμοσφαιρικό αέρα και η ταυτόχρονη εξάτμιση των σταγονιδίων, οδηγεί σε απόρριψη θερμότητας, δηλαδή σε ψύξη. Από αυτό το φαινόμενο, το υπόλοιπο νερό καταλήγει στη βάση του πύργου σε χαμηλή θερμοκρασία και εισέρχεται στον συμπυκνωτή όπου βρίσκει τον εναλλάκτη θερμότητας του chiller. Στον εναλλάκτη, συναντάει υπέρθερμο αέριο φρέον και το ψύχει σε υγρό φρέον. Εν συνέχεια το υγρό φρέον ψύχει το δίκτυο ψυχρού νερού το οποίο διανέμεται σε όλα τα κτίρια της ΕΑΒ. Σε κάθε κτήριο το ψυχρό νερό μέσω

άλλου εναλλακτική ψύχει τον εσωτερικό αέρα των κτιρίων και επιστρέφει ως θερμό νερό στο chiller που είναι συνδεδεμένο με τον πύργο ψύξης.

Στο ίδιο κτήριο, υπάρχει λεβητοστάσιο στο οποίο οι λέβητες (κλειστού κυκλώματος) καταναλώνουν ορισμένη ποσότητα νερού για τη θέρμανση των κτιρίων της ΕΑΒ. Αν για κάποιο λόγο υπάρξει διαρροή από το δίκτυο κλειστού κυκλώματος αυτή η ποσότητα πρέπει να συμπληρωθεί. Η συμπλήρωση αυτή μπορεί να είναι 5-6 m³/d και συμβαίνει τη χειμερινή περίοδο (διάρκεια 5-6 μήνες).

4.4. Χρήση νερού

Η υδροδότηση της εγκατάστασης πραγματοποιείται από το δίκτυο ύδρευσης του Μόρνου και της Υλίκης μετά από σύμβαση με την ΕΥΔΑΠ. Η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση έφτασε τα 876 m³ σύμφωνα με την ΑΕΠΟ του 2012 (Αριθ. πρωτ. : 211549). Το νερό ΕΥΔΑΠ χωρίζεται σε επιμέρους χρήσεις στα κτίρια της βιομηχανίας (δίκτυο 1), είτε για το προσωπικό, είτε για τις διαδικασίες που εκτελούν βιομηχανικά, είτε για κάποιες λοιπές χρήσεις ενώ κομμάτι του νερού ΕΥΔΑΠ διατίθεται για πυρόσβεση (δίκτυο 2), αντίστροφη πλύση ενώ τέλος από τη διαφορά του ρολογιού της ΕΥΔΑΠ και της εξόδου υπολογίζονται οι απώλειες των δικτύων 1 και 2. Εκτός από το νερό ΕΥΔΑΠ, υπάρχει ποσότητα βρόχινου νερού για την οποία θα αναφερθούμε σε επόμενο Κεφάλαιο.

4.5. Υγρά απόβλητα

Από τις δραστηριότητες της ΕΑΒ παράγονται υγρά απόβλητα από τις διάφορες διεργασίες και μονάδες. Τα απόβλητα αυτά προκύπτουν από τις παρακάτω δραστηριότητες:

- Υγρά βιομηχανικά απόβλητα από τα λουτρά επιμετάλλωσης
- Υγρά βιομηχανικά απόβλητα που προέρχονται από τον χώρο πλύσης και αποχρωμάτισης αεροσκαφών.
- Υγρά βιομηχανικά απόβλητα που προέρχονται από την κατεργασία εισερχόμενου νερού.
- Υγρά απόβλητα αστικής φύσης από εστιατόριο και από δραστηριότητες καθαριότητας και υγιεινής.

Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα υφίστανται φυσικοχημική επεξεργασία και οδηγούνται μέσω κλειστού αγωγού στο Θερμοδώντα ποταμό με την προϋπόθεση τήρησης των οριακών τιμών των ρύπων.

Τα λύματα προσωπικού υφίστανται βιολογική επεξεργασία και αποδέκτης των λυμάτων προσωπικού είναι επίσης ο Θερμοδώντας ποταμός.

Σύμφωνα με την ΑΕΠΟ του 2012 (Αριθ. πρωτ. : 211549) τα επεξεργασμένα υγρά βιομηχανικά απόβλητα κατά μέγιστο φθάνουν τα 73.500 m³/έτος, ενώ τα λύματα προσωπικού κατά μέγιστο: 71.550 m³/έτος.

Σύμφωνα με την ισχύουσα ΑΕΠΟ του 2015 (Αριθ. πρωτ. : 152262), η επεξεργασία υγρών αποβλήτων πρέπει να ρυθμίσει τις συγκεντρώσεις των ρύπων των αποβλήτων, μεταξύ των νομοθετικών ορίων, ως εξής:

- i) των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων (μετά τη φυσικοχημική επεξεργασία τους), όπως καθορίζονται στην Κ.Υ.Α. 20488/10 (ΦΕΚ 749B)^[N1] όπως τροποποιημένη ισχύει,
- ii) των λυμάτων προσωπικού (μετά τη βιολογική επεξεργασία τους):
BOD₅ : 25 mg/l
COD : 125 mg/l
Όπως καθορίζονται από την Κ.Υ.Α. 5673/400 (ΦΕΚ 192B).^[N2]
Αιωρούμενα στερεά : 40 mg/l
Λίπη - Έλαια : 20 mg/l
Ελεύθερο χλώριο : 0,7 mg/l
Όπως καθορίζονται από την Κ.Υ.Α. 19640 (ΦΕΚ 1136).
Ενώ τα: pH, TDS, Fe, Ni, Zn, Cd, Pb, Cu, Sn, Ag, Al, ολικό Cr, Cr+6, Mn, CN-, φαινόλες, ορυκτά έλαια-υδρογονάνθρακες, τετραχλωροαιθυλένιο, στην έξοδο του συστήματος βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων, όπως καθορίζονται στην Κ.Υ.Α. 20488/10 (ΦΕΚ 749B), όπως τροποποιημένη ισχύει. Ο ολικός P μετράται σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 100079 (ΦΕΚ 135)^[N3].

Για να αποδειχθεί η τήρηση της νομοθεσίας, δίνεται ο μέσος όρος συγκεντρώσεων των σημαντικότερων ρύπων στα υγρά απόβλητα της ΕΑΒ για το 2016 στο Παράρτημα 2: Μέσος όρος συγκεντρώσεων των σημαντικότερων ρύπων στα υγρά απόβλητα της ΕΑΒ για το 2016.

4.6. Βρόχινο νερό

Η περιοχή στην οποία βρίσκονται οι εγκαταστάσεις της βιομηχανίας που μελετάται δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως περιοχή με μεγάλη ένταση και συχνότητα βροχοπτώσεων.

Από τα μετεωρολογικά στοιχεία που παρέχονται ^[40] παρατηρείται ότι το μέσο ύψος βροχής για το 2016 κυμαίνεται περίπου στα 35,3mm. Ο πιο βροχερός μήνας του έτους φαίνεται να είναι ο Μάρτιος και ακολουθεί ο Ιανουάριος. Βροχερή περίοδος μπορεί να χαρακτηριστεί η περίοδος από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάρτιο ενώ ξηρή από τον Απρίλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο. Οι ξηρότεροι μήνες του έτους είναι ο Απρίλιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Πάντως κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών συλλέγεται λιγότερο από το νερό του συνολικού ετήσιου ύψους βροχής.

Όσον αφορά τη μέγιστη βροχόπτωση που συλλέγεται σε μία μέρα, οι μήνες Φεβρουάριος και Μάρτιος παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές.

Το μέσο ύψος βροχής για το 2015 κυμαίνεται περίπου στα 54,4mm. Ο πιο βροχερός μήνας του έτους φαίνεται να είναι ο Οκτώβριος και ακολουθεί ο Μάρτιος. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κάθε μήνα πλην του Ιουλίου (ξηρότερος μήνας), υπήρξε βροχόπτωση τουλάχιστον για 2 ημέρες. Όσον αφορά τη μέγιστη βροχόπτωση που συλλέγεται σε μία μέρα, αυτή εμφανίζεται τον Οκτώβριο.

Η ποσότητα βρόχινου νερού καταλήγει στο ρεύμα των ελαιωδών απόβλητων από τη φυσικοχημική επεξεργασία. Η ποσότητα αυτή τα παλαιότερα έτη μπορούσε να υπολογιστεί μέσω του αντίστοιχου μετρητή που ήταν εγκατεστημένος στην οροφή της βιομηχανίας. Εξαιτίας μίας βλάβης του μετρητή, έγινε εκτίμηση της ποσότητας του ετήσιου νερού βροχόπτωσης, βάσει των μετεωρολογικών δεδομένων που αναφέρθηκαν παραπάνω και της επιφάνειας της περιοχής στην οποία συλλέγεται το νερό, σύμφωνα με την Εξίσωση 7 ^[30]:

$$\text{Ετήσιο νερό βροχόπτωσης (m}^3\text{)} = \text{επιφάνεια περιοχής συλλογής (m}^2\text{)} \times \text{ετήσια βροχόπτωση (mm)} / 1000$$

Εξίσωση 7

Είναι γνωστό ότι ο χώρος συλλογής ομβρίων υδάτων έχει επιφάνεια ίση με 30 στρέμματα. Για το 2016, αντικαθιστώντας στην Εξίσωση 7 το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης ίσο με 35,3mm, διαπιστώνουμε ότι ο όγκος του βρόχινου νερού ανέρχεται στα 1059 m³/yr. Για το 2015, με ίδια την επιφάνεια συλλογής και με μέση ετήσια βροχόπτωση ίση με 54,4 mm, το ετήσιο νερό βροχόπτωσης προκύπτει ίσο με 1632 m³/yr.

Τα ύψη βροχόπτωσης για τις δύο χρονιές μπορούν να βρεθούν αναλυτικά στο Παράρτημα 3.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση τη μεθοδολογία που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3.2., θα γίνουν βήμα – βήμα οι υπολογισμοί για το Υδατικό Αποτύπωμα της Βιομηχανικής Μονάδας ΕΑΒ που αποτελεί αεροπορική βιομηχανία.

5.1. Βήμα 1: Καθορισμός των μονάδων της βιομηχανίας

Όπως ειπώθηκε στο Κεφάλαιο 3.2., σε αυτό το βήμα πρέπει να καθοριστούν οι μονάδες της βιομηχανίας με τρόπο τέτοιο, ώστε κάθε μονάδα να παράγει ένα ομοιογενές προϊόν. Για την περίπτωση της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας τα

ρεύματα νερού διαιρούνται στις εκάστοτε χρήσεις σε μονάδες του εργοστασίου, οπότε θα θεωρηθεί ότι τα «προϊόντα» αυτά θα προκύψουν μέσα από αυτή την διαίρεση ρευμάτων που θα επιχειρήσουμε. Το Διάγραμμα Ροής που κατασκευάστηκε για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται στο σχετικό Παράρτημα 1: Διάγραμμα Ροής Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας.

Η πορεία του νερού μέσα στο Διάγραμμα Ροής που παρουσιάζεται μπορεί να αναλυθεί ως εξής:

Το νερό δικτύου (δηλαδή νερό ΕΥΔΑΠ) μέσα στην ΕΑΒ διαιρείται σε τέσσερα επιμέρους βασικά δίκτυα: των χρήσεων, της πυρόσβεσης, της αντίστροφης πλύσης (το οποίο λαμβάνουμε υπόψη σαν μεμονωμένο αφού αφορά την αρχική διαδικασία όπου το εισερχόμενο νερό στην ΕΑΒ φιλτράρεται) και των απωλειών που αποτελεί τη διαφορά του νερού ΕΥΔΑΠ που εισέρχεται στην ΕΑΒ με όλες τις υπόλοιπες επιμέρους χρήσεις που κατανέμεται.

Το νερό του δικτύου των Χρήσεων διαιρείται με τη σειρά του σε τρία επιμέρους μικρότερα δίκτυα, «Πόσιμο/Υγιεινή», «Παραγωγική Διαδικασία» και οι «Λοιπές Χρήσεις».

Στο πρώτο δίκτυο ρέει το νερό που διανέμεται σε όλα τα κτίρια της ΕΑΒ καθώς και στα εστιατόρια, ενώ μετά οδηγείται στον βιολογικό σταθμό για επεξεργασία.

Στο δεύτερο δίκτυο το νερό διανέμεται σε μονάδες της ΕΑΒ που αφορούν βιομηχανικές διεργασίες, δηλαδή στα διάφορα επιμεταλλωτήρια (κινητήρων, κατασκευαστικά) καθώς και στα πλυντήρια αεροσκαφών. Κατόπιν αυτών των διεργασιών, από τις επιμεταλλώσεις προκύπτουν τέσσερα ρεύματα αποβλήτων (CN, O/A, Cr, oily) ενώ από το πλυντήριο προκύπτει ένα ρεύμα oily στο οποίο προστίθεται το βρόχινο νερό, καθώς ο χώρος είναι ανοιχτός. Τα αντίστοιχα ρεύματα συλλέγονται μαζί στον ίδιο χώρο και επεξεργάζονται στον φυσικοχημικό σταθμό για να αφαιρεθεί το ρυπαντικό τους φορτίο.

Στις τρίτο δίκτυο των Χρήσεων είναι οι Λοιπές Χρήσεις οι οποίες κατανέμονται στους Πύργους Ψύξης, τους Λέβητες, στο Δίκτυο Ψυχρού Νερού και τέλος στην Άρδευση.

Το γενικό Ισοζύγιο 1 της ΕΑΒ που ικανοποιείται είναι:

$$\mathbf{ΝΕΡΟ ΕΥΔΑΠ = ΧΡΗΣΕΙΣ + ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΠΛΥΣΗ + ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ + ΑΠΩΛΕΙΕΣ}$$

Ισοζύγιο 1

Όπου:

$$\text{ΧΡΗΣΕΙΣ} = \text{ΠΟΣΙΜΟ/ΥΓΙΕΙΝΗ} + \text{ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ} + \text{ΛΟΙΠΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ}$$

Εξίσωση 8

Όπου:

$$\text{ΠΟΣΙΜΟ/ΥΓΙΕΙΝΗ} = \text{ΝΕΑ ΕΑΒ} + \text{ΠΑΛΙΑ ΕΑΒ} + \text{ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ}$$

Εξίσωση 9

$$\text{ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ} = \text{ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ} + \text{ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ} \\ \text{ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ} + \text{ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ} + \text{ΒΡΟΧΙΝΟ}$$

Εξίσωση 10

$$\text{ΛΟΙΠΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ} = \text{ΠΥΡΓΟΙ ΨΥΞΗΣ} + \text{ΛΕΒΗΤΕΣ} + \text{ΑΡΔΕΥΣΗ} + \text{ΔΙΚΤΥΟ ΨΥΧΡΟΥ ΝΕΡΟΥ}$$

Εξίσωση 1

Όπου:

$$\text{ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ} = (\text{ΡΕΥΜΑ CR})_1 + (\text{ΡΕΥΜΑ O/A})_1 + (\text{ΡΕΥΜΑ CN})_1 + \\ (\text{ΡΕΥΜΑ OILY})_1$$

Εξίσωση 2

$$\text{ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ} = (\text{ΡΕΥΜΑ CR})_2 + (\text{ΡΕΥΜΑ O/A})_2 + (\text{ΡΕΥΜΑ CN})_2 + \\ (\text{ΡΕΥΜΑ OILY})_2$$

Εξίσωση 3

$$\text{ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ} + \text{ΒΡΟΧΙΝΟ} = (\text{ΡΕΥΜΑ OILY})_3$$

Εξίσωση 4

Όστε μέσω των Εξισώσεων 12, 13, 14 να ικανοποιείται η Εξίσωση 10 και να ισχύει:

$$\Sigma \text{ΡΕΥΜΑΤΩΝ (CR + O/A + CN + OILY)} = \text{ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ}$$

Ισοζύγιο 2

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός Πίνακας 7 όπου φαίνονται οι μονάδες στη βιομηχανία. Με βάση αυτόν τον πίνακα θα κατανεμηθούν οι καταναλώσεις της βιομηχανίας και θα προκύψει το Λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα.

Μονάδες				
Παραγωγική Διαδικασία				
• ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	CN	O/A	CR	OILY
• ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ	CN	O/A	CR	OILY
• ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ	OILY + ΒΡΟΧΙΝΟ			
Πόσιμο/Υγιεινή				
• ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ				
• ΠΑΛΙΑ ΕΑΒ				
• ΝΕΑ ΕΑΒ				
Πύργοι Ψύξης				
Πυρόσβεση				
Λέβητες				
Δίκτυο Ψυχρού Νερού (κλιματιστικά)				
Άρδευση				
Απώλειες				
Αντίστροφη Πλύση				

Πίνακας 7 Βιομηχανικές μονάδες της ΕΑΒ

5.2. Βήμα 2: Υπολογισμός του Λειτουργικού Υδατικού Αποτυπώματος

Ο όγκος του νερού που χρησιμοποιείται σε κάθε μονάδα και μας δίνει το λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα της έχει τρεις συνιστώσες. Υπενθυμίζουμε την Εξίσωση 1:

$$BWF_o[u] = BWF_{o,πράσινο}[u] + BWF_{o,μπλε}[u] + BWF_{o,γκρι}[u]$$

Η βιομηχανία δεν χρησιμοποιεί βρόχινο νερό για αγροτικές εργασίες και γενικώς δεν περιέχονται εργασίες τέτοιου τύπου στην παραγωγική διαδικασία της. Η ποσότητα βρόχινου νερού που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 4.6. αφορά μόνο τα απόβλητα της βιομηχανίας και απορρίπτεται στο ποτάμι. Καθώς λοιπόν το βρόχινο νερό δεν αφορά την παραγωγική διαδικασία, η πράσινη συνιστώσα γι' αυτό το βήμα θα θεωρηθεί ίση με μηδέν ($BWF_{o,πράσινο}[u] = 0$).

Η βιομηχανία όπως ειπώθηκε στο Κεφάλαιο 4.3. διαθέτει εγκαταστάσεις φυσικοχημικού αλλά και βιολογικού καθαρισμού για την επεξεργασία των αποβλήτων τους μέχρι τα όρια που θεσπίζουν οι νομοθεσίες που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 4.5., είτε αυτά προέρχονται από την παραγωγική διαδικασία είτε από το προσωπικό (όλα τα κτίρια και εστιατόρια) αντίστοιχα. Η γκρι συνιστώσα επομένως ισούται με μηδέν ($BWF_{o,γκρι}[u] = 0$).

Επομένως το λειτουργικό ΥΑ της κάθε μονάδας είναι ίσο με τη μπλε συνιστώσα, δηλαδή την ποσότητα γλυκού νερού που χρησιμοποιείται στις δραστηριότητές της και στην περίπτωση της βιομηχανίας μας, είναι το νερό ΕΥΔΑΠ. Η Εξίσωση 1 απλοποιείται ως ακολούθως:

$$BWF_o[u] = BWF_{o,μπλε}[u]$$

Το νερό ΕΥΔΑΠ κατανέμεται σε χρήσεις οι οποίες καθορίστηκαν στο προηγούμενο Κεφάλαιο. Από τα δεδομένα της ΕΑΒ φαίνεται η αναλυτική κατανομή των χρήσεων νερού καθώς και οι καταναλώσεις ανά ημέρα και ανά έτος (ανάλογα τις ημέρες λειτουργίας) για τα έτη 2016 και 2015 στον Πίνακα 8 παρακάτω. Για να γίνει πιο κατανοητή η διαφορά των δύο τελευταίων ετών, προστέθηκε μία επιπλέον στήλη που δίνει το νούμερο της διαφοράς (2016 – 2015) για κάθε επιμέρους χρήση στην βιομηχανία.

		2016		2015		ΔΙΑΦΟΡΑ (2016 – 2015)
	ημερ. Λειτ./έτος	m ³ /ημέρα	m ³ /έτος	m ³ /ημέρα	m ³ /έτος	m ³ /έτος
Παραγωγική Διαδικασία	270	118	31.861	166	44.695	-12.834
Πόσιμο/Υγιεινή	270	249	67.242	258	69.715	-2.473
Πύργοι ψύξης	270	32	8.640	32	8.640	0
Πυρόσβεση	365	68	25.000	60	21.900	3.100
Λέβητες	270	12	3.294	12,2	3.294	0
Δίκτυο Ψυχρού Νερού (κλιματιστικά)	270	5	1.350	5	1.350	0
Άρδευση	150	60	9.000	60	9.000	0
Απώλειες	365	81	29.470	136	49.610	-20.140
Αντίστροφη Πλύση	270	25	6.750	25	6.750	0
Συνολικό Νερό ΕΥΔΑΠ (m³)			182.607		214.954	-32.347

Πίνακας 8 Νερό ΕΥΔΑΠ ανά κατηγορία χρήσης (έτη 2015, 2016): Δεδομένα ΕΑΒ

Παρατηρείται ότι τη χρονιά 2016, ενώ για κάθε χρήση νερού οι εργάσιμες ημέρες παραμένουν ίδιες, η συνολική κατανάλωση μπλε νερού (νερού ΕΥΔΑΠ) είναι μειωμένη κατά περίπου 15% σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση το 2015. Οι μειώσεις εμφανίζονται στην παραγωγική διαδικασία, στη χρήση πόσιμου νερού και υγιεινής από το προσωπικό και στις απώλειες της βιομηχανίας, ενώ η πυρόσβεση παρουσιάζει μικρή αύξηση. Οι υπόλοιπες χρήσεις μένουν σταθερές.

Ενδεικτικά, πάλι από τα δεδομένα της ΕΑΒ, παρατίθενται στον Πίνακα 9 οι μετρήσεις μπλε νερού (ΕΥΔΑΠ) για τα έτη 2012, 2013 και 2014. Παρουσιάζονται γενικά μεγαλύτερες καταναλώσεις από το 2016 ενώ το 2012 γίνεται η μεγαλύτερη καταγραφή κατανάλωσης νερού όλων των ετών μέχρι το 2016 και αγγίζει τα 220.000 m³.

	2014		2013		2012	
	m ³ /ημέρα	m ³ /έτος	m ³ /ημέρα	m ³ /έτος	m ³ /ημέρα	m ³ /έτος
Παραγωγική Διαδικασία	172	46.360	202	54.422	206	55.724
Πόσιμο/Υγιεινή	250	67.389	243	65.696	264	71.276
Πύργοι ψύξης	32	8.640	32	8.640	32	8.640
Πυρόσβεση	88	32.120	70	25.550	120	43.800
Λέβητες	12	3.294	12	3.294	12	3.294
Δίκτυο Ψυχρού Νερού (κλιματιστικά)	5	1.350	5	1.350	5	1.350
Άρδευση	60	9.000	60	9.000	60	9.000
Απώλειες	62	22.478	57	20.626	52	18.979
Αντίστροφη Πλύση	25	6.750	25	6.750	25	6.750
Συνολικό Νερό ΕΥΔΑΠ (m³)	197.381		195.328		218.813	

Πίνακας 9 Νερό ΕΥΔΑΠ ανά κατηγορία χρήσης (έτη 2012,2013,2014): Δεδομένα ΕΑΒ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα υπολογιστεί το (μπλε) λειτουργικό ΥΑ του έτους 2016 αλλά και του 2015 έτσι ώστε να γίνουν πιο εύκολα αντιληπτές οι διαφορές μεταξύ των δύο ετών.

Μέσα από την επεξεργασία των δεδομένων της ΕΑΒ στον Πίνακα 8 κατασκευάστηκαν οι Πίνακες 10, 11, 12, 13 όπου παρουσιάζεται η κατανομή των καταναλώσεων σε επιμέρους ρεύματα έτσι ώστε να ικανοποιούνται όλα τα ισοζύγια και εξισώσεις στο προηγούμενο Κεφάλαιο, αλλά και το Διάγραμμα Ροής που φαίνεται στο Παράρτημα 1. Έτσι δημιουργείται μια σαφής εικόνα για την πορεία του νερού στη βιομηχανία.

Συγκεκριμένα, για να βρεθούν τα επιμέρους ρεύματα στη μονάδα «Πόσιμο/Υγιεινή», έγινε εμπειρική εκτίμηση της ποσότητας στο Εστιατόριο από μετρήσεις προηγούμενων ετών, βλέποντας ότι παραμένει σταθερή στα 2.500 m³/έτος. Η υπόλοιπη κατανάλωση διαχωρίστηκε στα κτίρια της Παλιάς και Νέας ΕΑΒ, βάσει του αριθμού των εργαζόμενων (300 και 1.300 αντίστοιχα).

Για την Παραγωγική διαδικασία, έγινε διαχωρισμός των ρευμάτων σε 2 μονάδες επιμεταλλώσεως και στο πλυντήριο. Η κατανάλωση στο «Πλυντήριο» βρέθηκε από αντίστοιχο μετρητή, ενώ για τις δύο μονάδες ο καταμερισμός του υπόλοιπου ρεύματος της «Παραγωγικής Διαδικασίας» έγινε με βάση ένα εμπειρικό ποσοστό στις εισόδους: $\frac{\text{κατασκευαστική επιμετάλλωση}}{\text{επιμετάλλωση κινητήρων}} = 3\%$.

Σημειώνεται ότι το βρόχινο νερό που προστίθεται στο «Πλυντήριο» συνυπολογίζεται στο μπλε ΥΑ καθώς αφορά την έξοδο από τον φυσικοχημικό καθαρισμό (βλέπε Παράρτημα 1).

Στον Πίνακα 10 φαίνονται τα λειτουργικά ΥΑ του έτους 2016 μετά από την επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε:

	ΕΥΔΑΠ (m ³ /έτος)	ΒΡΟΧΙΝΟ (m ³ /έτος)	BWF _o [u] (m ³ /έτος)	
Παραγωγική Διαδικασία				
• ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	29.040	-	29.040	31.861
• ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ	977	-	977	
• ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ	1.148	1.059	2.207	
Πόσιμο/Υγιεινή				
• ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ	2.500	-	2.500	67.242
• ΠΑΛΙΑ ΕΑΒ	12.139	-	12.139	
• ΝΕΑ ΕΑΒ	52.603	-	52.603	
Πύργοι Ψύξης	8.640	-	8.640	
Πυρόσβεση	25.000	-	25.000	
Λέβητες	3.294	-	3.294	
Δίκτυο Ψυχρού Νερού (κλιματιστικά)	1.350	-	1.350	
Άρδευση	9.000	-	9.000	
Απώλειες	29.470	-	29.470	
Αντίστροφη Πλύση	6.750	-	6.750	

Πίνακας 10 Λειτουργικό ΥΑ (m³/έτος) της βιομηχανίας για το 2016: Επεξεργασία Δεδομένων ΕΑΒ

Στον Πίνακα 11 φαίνεται αναλυτικά ο καταμερισμός των ροών των αποβλήτων που εξέρχονται από την Παραγωγική Διαδικασία και καταλήγουν στον φυσικοχημικό σταθμό της ΕΑΒ:

	BWF (m ³ /έτος)			
	CN	O/A	CR	OILY
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	278	10.055	14.852	3.257
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ	10	350	517	113
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ	-	-	-	2207
	ΣΥΝΟΛΙΚΟ BWF (m ³ /έτος)			
	288	10.406	15.369	5.577
				31.861

Πίνακας 11 Επιμέρους ΥΑ Παραγωγικής Διαδικασίας της βιομηχανίας για το 2016: Επεξεργασία Δεδομένων ΕΑΒ

Εξηγώντας τον ανωτέρω πίνακα, για να υπολογίσουμε στις δύο μονάδες επιμετάλλωσης τα εξερχόμενα από αυτές ρεύματα CN, O/A, Cr, Oily καθώς και το μοναδικό ρεύμα oily που εξέρχεται από το πλυντήριο, βασιστήκαμε στις καταγεγραμμένες μετρήσεις στην έξοδο προς τον φυσικοχημικό σταθμό. Αυτές είναι: CN = 288, O/A = 10.406, Cr = 15.369, Oily = 5.577 (όλα τα μεγέθη σε m³/έτος). Θεωρώντας δεδομένη την εκτίμηση για το βρόχινο νερό και την είσοδο στο πλυντήριο, από τη διαφορά του αθροίσματος αυτού με την έξοδο του oily στον φυσικοχημικό, το υπόλοιπο ρεύμα θα καταμεριζόταν στις επιμεταλλώσεις. Χρησιμοποιώντας το εμπειρικό ποσοστό $\frac{\text{κατασκευαστική επιμετάλλωση}}{\text{επιμετάλλωση κινητήρων}} = 3\%$ που προαναφέρθηκε, έγινε ο καταμερισμός για τα υπόλοιπα ρεύματα CN, O/A, Cr των επιμεταλλώσεων έτσι ώστε να ικανοποιείται το ισοζύγιο και τα αθροίσματα των ρευμάτων να δίνουν τιμές ίσες με τις εξόδους που αναφέραμε.

Στον Πίνακα 12 υπολογίζεται το λειτουργικό ΥΑ της βιομηχανίας για το 2015, ενώ στον Πίνακα 13 καταγράφονται αναλυτικά οι ροές που εξέρχονται από την Παραγωγική Διαδικασία και καταλήγουν στον φυσικοχημικό σταθμό.

Για τις επιμέρους καταναλώσεις νερού στη μονάδα Πόσιμο/Υγιεινή, η συλλογιστική πορεία που ακολουθήθηκε είναι η ίδια με του 2016. Η ποσότητα στο εστιατόριο είναι και πάλι 2.500 m³/έτος. Ο αριθμός των εργαζομένων διαφοροποιείται. Η υπόλοιπη ποσότητα μοιράστηκε στην Παλιά και Νέα ΕΑΒ ανάλογα με τους εργαζόμενους της, οι οποίοι ήταν 280 και 1.220 αντίστοιχα.

Για τον διαχωρισμό των ρευμάτων στην Παραγωγική Διαδικασία σε 2 μονάδες επιμεταλλώσεως και στο πλυντήριο χρησιμοποιήθηκε η ίδια λογική που αναφέραμε παραπάνω, καθώς η είσοδος στο πλυντήριο ήταν γνωστή, ενώ το εμπειρικό ποσοστό εισόδων των μονάδων επιμεταλλώσεως παραμένει ίσο με 3%.

	ΕΥΔΑΠ (m ³ /έτος)	ΒΡΟΧΙΝΟ (m ³ /έτος)	BWF _o [u] (m ³ /έτος)	
Παραγωγική Διαδικασία				
• ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	41.694	-	41.694	44.695
• ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ	1.446	-	1.446	
• ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ	1.791	1.632	3.423	
Πόσιμο/Υγιεινή				
• ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ	2.500	-	2.500	69.715
• ΠΑΛΙΑ ΕΑΒ	12.547	-	12.547	
• ΝΕΑ ΕΑΒ	54.668	-	54.668	
Πύργοι Ψύξης	8.640	-	8.640	
Πυρόσβεση	21.900	-	21.900	
Λέβητες	3.294	-	3.294	
Δίκτυο Ψυχρού Νερού (κλιματιστικά)	1.350	-	1.350	
Άρδευση	9.000	-	9.000	
Απώλειες	49.610	-	49.610	
Αντίστροφη Πλύση	6.750	-	6.750	

Πίνακας 12 Λειτουργικό ΥΑ (m³/έτος) της βιομηχανίας για το 2015: Επεξεργασία Δεδομένων ΕΑΒ

Για το αναλυτικό αποτύπωμα στην φυσικοχημική επεξεργασία έγινε η ίδια διαδικασία. Ήταν και πάλι γνωστά τα ρεύματα εξόδου προς τον φυσικοχημικό σταθμό: CN, O/A, Cr, oily: 878, 15.522, 21.656, 6.719 (m³/έτος) αντίστοιχα καθώς και οι εισοδοί των μονάδων επιμεταλλώσεως και πλυντηρίου: 41.694, 1.446, 1.791 (m³/έτος) αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω:

	BWF (m ³ /έτος)				
	CN	O/A	CR	OILY	
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	847	14.984	20.905	3.181	
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ	30	538	751	114	
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ	-	-	-	3.423	
	ΣΥΝΟΛΙΚΟ BWF (m³/έτος)				
	878	15.522	21.565	6.719	44.695

Πίνακας 13 Επιμέρους ΥΑ Παραγωγικής Διαδικασίας της βιομηχανίας για το 2015: Επεξεργασία Δεδομένων ΕΑΒ

5.3. Βήμα 3: Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία διαθέτει τμήμα εφοδιαστικής αλυσίδας στο οποίο δεν εμπλέκεται κάποια παραγωγική διαδικασία αλλά αντιθέτως αποτελεί τμήμα της βιομηχανίας που περιέχει τις αποθήκες της και αφορά επίσης την διεξαγωγή διάφορων υπηρεσιών.

Το supply chain της EAB AE απασχολεί περίπου 70 εργαζόμενους οι οποίοι αποτελούν και τη μοναδική αιτία κατανάλωσης νερού στους χώρους υγιεινής (μπάνια, λουτρά κλπ). Η μέτρηση που έχει γίνει για το 2016 είναι ίση με 30 m³/εβδομάδα και με βάση τις 48 εργάσιμες εβδομάδες, η ποσότητα νερού που καταναλώνεται ανέρχεται στα 1440 m³/yr.

Η ποσότητα αυτή προσμετράται στην μονάδα «ΠΑΛΙΑ EAB» και στην περίπτωση μας αυτό το βήμα παραλείπεται. Επομένως δεν λαμβάνεται υπόψη το BWF_s[u].

5.4. Βήμα 4: Υπολογισμός συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3.2, ο υπολογισμός του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος BWF[u] προκύπτει από το άθροισμα του λειτουργικού και του Υδατικού Αποτυπώματος της εφοδιαστικής αλυσίδας, μέσω της Εξίσωσης 3.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διατριβής, δεν είναι δυνατή η διεξαγωγή αυτού του βήματος καθώς όπως ειπώθηκε στο Βήμα 3, δεν λαμβάνεται υπόψη το BWF_s[u]. Επομένως για τον υπολογισμό του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος της κάθε μονάδας θα παραλείπεται το σκέλος που αφορά την εφοδιαστική αλυσίδα οπότε θα προκύπτει ίσο με το αντίστοιχο λειτουργικό.

Υπενθυμίζεται ότι το BWF[u] του 2016 έχει παρουσιαστεί αναλυτικά στον Πίνακα 10 του κεφαλαίου 5.2. (και στον Πίνακα 12 για το έτος 2015). Αυτό θα ισχύει και για το ΥΑ ολόκληρης της βιομηχανίας.

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

Η φύση της βιομηχανίας που εξετάζουμε δεν διαθέτει την τυπική παραγωγική διαδικασία που θεωρείται δεδομένη στο Βήμα 5 της μεθοδολογίας μας. Δηλαδή, στην Παραγωγική Διαδικασία της EAB δεν παράγεται αυτούσιο κάποιο προϊόν αλλά η βιομηχανία ασχολείται με τη συντήρηση του συνόλου των προϊόντων της, η οποία περιλαμβάνει επιμεταλλώσεις και πλύσεις.

Η συντήρηση που μπορεί να πραγματοποιηθεί ανά προϊόν ή ανά χρονική στιγμή ποικίλλει ανάλογα με τις ανάγκες της βιομηχανίας. Επιπλέον, δεν υπάρχει καταγεγραμμένη βάση δεδομένων νερού στην οποία μπορούμε να βασιστούμε για να προσδιοριστεί επακριβώς πόσο νερό καταναλώθηκε ανά μονάδα ή σε ποια χρήση καταναλώθηκε για την πραγματοποίηση των αναγκαίων εργασιών.

Στο συγκεκριμένο βήμα λοιπόν, ελλείψει συγκεκριμένων στοιχείων για την κατανάλωση νερού σε κάθε μονάδα προϊόντος, θα καταγραφούν οι μονάδες του κάθε προϊόντος της βιομηχανίας και θα υπολογιστεί μία μέση κατανάλωση νερού ανά προϊόν σε ετήσια βάση.

Η μονάδα την οποία θα αναλύσουμε σε επιμέρους καταναλώσεις είναι η «Παραγωγική Διαδικασία» καθώς μόνο εκεί εμπλέκονται τα προϊόντα της ΕΑΒ. Για τη συγκεκριμένη επεξεργασία δεδομένων, δεν θα διευκρινιστεί αν το προϊόν προέρχεται από την «Επιμετάλλωση Κινητήρων», την «Κατασκευαστική Επιμετάλλωση» ή το «Πλυντήριο», καθώς για κάθε μονάδα προϊόντος δεν πραγματοποιούνται οι ίδιες εργασίες συντήρησης σταθερά όλο το χρόνο.

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται τα εξής στοιχεία για τα έτη 2015, 2016:

- i) Οι Μονάδες ανά κατηγορία Προϊόντος, σύμφωνα με τα δεδομένα της ΕΑΒ
- ii) Το Ποσοστό που καταλαμβάνει κάθε προϊόν στο σύνολο των μονάδων όλων των προϊόντων
- iii) Η κατανάλωση νερού ανά προϊόν της μονάδας που προκύπτει αν πολλαπλασιαστεί το ποσοστό του κάθε προϊόντος επί το σύνολο της κατανάλωσης νερού στην «Παραγωγική Διαδικασία».

Προϊόντα	Μονάδες (2015)	Ποσοστό (2015)	PWF (2015) (m ³)	Μονάδες (2016)	Ποσοστό (2016)	PWF (2016) (m ³)
Προϊόν Α	16	0,6%	265	14	0,5%	160
Προϊόν Β	5	0,2%	83	0	0,0%	0
Προϊόν Γ	880	32,6%	14.583	1.172	41,9%	13.355
Προϊόν Δ	48	1,8%	795	44	1,6%	501
Προϊόν Ε	37	1,4%	613	34	1,2%	387
Προϊόν Ζ	1.406	52,1%	23.300	1.138	40,7%	12.968
Προϊόν Η	305	11,3%	5.054	394	14,1%	4.490
Σύνολο	2.697	100%	44.695	2.796	100%	31.861

Πίνακας 14 Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος ανά προϊόν της μονάδας «Παραγωγική Διαδικασία» για τα έτη 2015, 2016

Όπως γίνεται αντιληπτό, οι καταναλώσεις νερού ανά προϊόν θα πρέπει, αν αθροιστούν, να προκύπτουν ίσες με την «Παραγωγική Διαδικασία», ως εσωτερικός έλεγχος των υπολογισμών.

Παρατηρούμε ότι με αυτόν τον τρόπο υπολογισμού για το Υδατικό Αποτύπωμα ανά προϊόν της μονάδας της «Παραγωγικής Διαδικασίας», τα αποτελέσματα των καταναλώσεων νερού είναι ανάλογα των συνολικών μονάδων των προϊόντων.

Επομένως, γι' αυτό το λόγο, για το έτος 2015 το «Προϊόν Ζ» που διαθέτει 1.406 μονάδες απαιτεί τη μεγαλύτερη κατανάλωση νερού και μάλιστα αποτελεί περίπου τη μισή της συνολικής κατανάλωσης. Αντίθετα, για το 2016 το «Προϊόν Γ» που παρουσιάζεται αυξημένο σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά (1.172 μονάδες), κατανάλωσε τη μεγαλύτερη ποσότητα νερού.

5.6. Βήμα 6: Υπολογισμός του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος της βιομηχανίας

Στο τελευταίο βήμα υπολογίζεται το συνολικό ΥΑ της βιομηχανίας αθροίζοντας τα ΥΑ των επιμέρους μονάδων. Στην περίπτωση της ΕΑΒ, η Εξίσωση 5 θα πάρει τη μορφή:

$$BWF = \sum_{u=1}^x (BWF_o[u])$$

Εξίσωση 5

Στη θέση των $BWF_o[u]$ αντικαθιστώνται όλα τα BWF των επιμέρους μονάδων που βρίσκονται στον Πίνακα 10 για το 2016 ενώ για το 2015 τα δεδομένα παραλαμβάνονται από τον Πίνακα 12.

Θα έχουμε τελικά:

$$\begin{aligned} BWF_{(2016)} &= 182.607 \text{ m}^3/\text{χρόνο} \\ BWF_{(2015)} &= 214.954 \text{ m}^3/\text{χρόνο} \end{aligned}$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα της βιομηχανίας, ταυτίζεται με την κατανάλωση νερού ΕΥΔΑΠ. Το αποτέλεσμα είναι δικαιολογημένο καθώς η μόνη συνιστώσα του Υδατικού Αποτυπώματος που δεν είναι μηδενική, είναι η μπλε και περιλαμβάνει αποκλειστικά το νερό δικτύου.

Καθώς όμως η μόνη μονάδα που παράγει προϊόν είναι η «Παραγωγική Διαδικασία», σε αυτό το σημείο για να ελεγχθούν τα αποτελέσματα, στη θέση του BWF της συγκεκριμένης μονάδας θα χρησιμοποιηθεί το άθροισμα των επιμέρους προϊόντων που παράγει, δηλαδή το $\sum_{u=1}^x (PWF[u, p])$.

Και πάλι προκύπτει:

$$\begin{aligned} BWF_{(2016)} &= 182.607 \text{ m}^3/\text{χρόνο} \\ BWF_{(2015)} &= 214.954 \text{ m}^3/\text{χρόνο} \end{aligned}$$

Η ταύτιση στα αποτελέσματα ήταν βέβαιη καθώς για τα PWF υπολογίστηκε μία μέση κατανάλωση νερού ανά προϊόν και είχε ήδη βρεθεί ότι το άθροισμα τους θα ήταν ίσο με το BWF της Παραγωγικής Διαδικασίας για κάθε έτος.

5.7. Παραδοχές

Στο παρόν Κεφάλαιο, καταγράφονται όλες οι παραδοχές που έγιναν προκειμένου να υπολογιστεί το Υδατικό Αποτύπωμα της βιομηχανίας που μελετήθηκε.

5.7.1. Έτος αναφοράς: 2016

1. Για ορισμένες καταναλώσεις, λόγω βλαβών του αντίστοιχου μετρητή, έγιναν εκτιμήσεις:
 - a) Για την ποσότητα νερού που καταναλώνεται για το πότισμα του κήπου, ήταν γνωστό ότι η αρδευόμενη έκταση είναι περίπου ίση 5 στρέμματα ενώ υπάρχουν συνολικά 6 μπεκ ποτίσματος. Από μια ενδεικτική ογκομέτρηση προέκυψε ότι η κατανάλωση νερού ήταν 700 ml/sec. Κάνοντας αναγωγή αυτής της ποσότητας σε ημέρες, προκύπτει ότι:
$$\text{«Άρδευση»} = 700 \text{ ml/sec} * 60 \text{ sec/min} * 60 \text{ min/hr} * 24 \text{ hr/day} = 60,48 \text{ m}^3/\text{day}$$
 - b) Για την «Αντίστροφη πλήση» εκτιμήθηκε η ποσότητα 25m³/d από εμπειρική γνώση κατόπιν ερώτησης στον αρμόδιο για τη συγκεκριμένη διαδικασία.
 - c) Για το βρόχινο νερό έγινε εκτίμηση της ποσότητας βάσει της Εξίσωσης 7 (Κεφάλαιο 4.6.). Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για να βρεθεί το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης αφορούν την ευρύτερη περιοχή των Οινοφύτων Βοιωτίας, που βρίσκονται σε απόσταση 7 χιλιομέτρων από το Σχηματάρι Βοιωτίας. Εκεί βρίσκεται και ο κοντινότερος μετεωρολογικός σταθμός που παρέχει τόσο αναλυτικά στοιχεία.
 - d) Για την κατανάλωση νερού στο Εστιατόριο έγινε εμπειρική εκτίμηση της ποσότητας από μετρήσεις προηγούμενων ετών, βλέποντας ότι παραμένει σταθερή στα 2.500 m³/έτος.
2. Η απόκλιση που υπάρχει στον φυσικοχημικό σταθμό αν αθροισθούν οι επιμέρους κατανομές αγγίζει το 1% και θεωρούμε ότι είναι αμελητέα. (Υπολογίστηκε άθροισμα ροών ίσο με 31.639 αντί για 31.861 m³/έτος)

3. Καθώς δεν ήταν δυνατό να καταγραφούν τα ακριβή ονόματα των προϊόντων της ΕΑΒ, ονομάστηκαν Προϊόν Α, Β κλπ για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής.

5.7.2. Έτος αναφοράς: 2015

Ισχύουν οι ίδιες παραδοχές 1. α), β), γ) και 3) όπως καταγράφηκαν στην παράγραφο, ενώ τροποποιούνται οι εξής:

1. δ) Για τις επιμέρους καταναλώσεις νερού στη μονάδα Πόσιμο/Υγιεινή, η ποσότητα στο εστιατόριο είναι και πάλι ίση με $2.500 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Ο αριθμός των εργαζομένων όμως διαφοροποιείται. Κατά τη διάρκεια του έτους υπήρχαν μειώσεις του προσωπικού, οπότε δεν υπάρχει σταθερός αριθμός αλλά κάνουμε την παραδοχή ότι κατά μέσο όρο ήταν 1.500 και θεωρούμε 280 εργαζόμενους στην Παλιά και 1.220 εργαζόμενους Νέα ΕΑΒ, αντίστοιχα.
2. Η απόκλιση που υπάρχει στον φυσικοχημικό σταθμό είναι πάλι αμελητέα και συγκεκριμένα κάτω από 1%. (Υπολογίστηκε άθροισμα ροών ίσο με 44.774 αντί για $44.695 \text{ m}^3/\text{έτος}$).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν Κεφάλαιο θα καταγραφούν τα συμπεράσματα που προέκυψαν μέσα από τη μελέτη του Υδατικού Αποτυπώματος της Βιομηχανικής Μονάδας της ΕΑΒ για τα έτη 2015 και 2016.

Το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα εκφράζεται μέσω της κατανάλωσης νερού στη βιομηχανία και είναι ίσο με 182.607 m³/έτος για το 2016 και 214.954 m³/έτος για το 2015. Παρουσιάστηκε επομένως μια πτώση της τάξης του 15% στη συνολική κατανάλωση νερού.

Πιο συγκεκριμένα, για το έτος 2016, η πιο υδροβόρα μονάδα της βιομηχανίας ήταν το «Πόσιμο/Υγιεινή» ενώ η «Παραγωγική Διαδικασία» ακολούθησε σε κατανάλωση με την ποσότητα στη δεύτερη χρήση να είναι κάτω από το ½ της πρώτης. Οι «Απώλειες» είναι εξαιρετικά μεγάλες σε αριθμό και συγκεκριμένα αποτελούν το 16% του ΥΑ της. Η «Πυρόσβεση» καταλαμβάνει την τέταρτη θέση σε κατανάλωση και μάλιστα δεν χρησιμοποιήθηκε καθόλου από το φυλασσόμενο νερό για τη χρήση που προορίζεται. Οι «Λοιπές Χρήσεις» της βιομηχανίας παρουσιάζουν πολύ μικρές καταναλώσεις. Για παράδειγμα, η «Άρδευση» αποτελεί μόλις το 5% του συνολικού ΥΑ της βιομηχανίας ενώ οι υπόλοιπες «Λοιπές Χρήσεις» κυμαίνονται σε ποσοστά μικρότερα του 5%.

Για το 2015, η εικόνα της κατανάλωσης νερού είναι διαφορετική καθώς ενώ το «Πόσιμο/Υγιεινή» καταλαμβάνει πάλι τη μεγαλύτερη χρησιμοποίηση νερού, στη δεύτερη θέση έρχονται οι «Απώλειες» της, ενώ ακολούθησαν «Παραγωγική Διαδικασία» και «Πυρόσβεση». Οι υπόλοιπες καταναλώσεις έμειναν ίδιες. Η μόνη κατανάλωση στην οποία το 2015 είχε μικρότερη τιμή από την αντίστοιχη του 2016, ήταν η «Πυρόσβεση».

Αρχικά, θα εξαχθούν συμπεράσματα για την κατανάλωση νερού στην πιο υδροβόρα χρήση στη συγκεκριμένη βιομηχανία, το «Πόσιμο/Υγιεινή». Συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθεί η Εξίσωση 6 που αποτυπώνει την ημερήσια κατανάλωση ανά εργαζόμενο σε έναν τυπικό εργασιακό χώρο. Κάνοντας αντικατάσταση με τα γνωστά νούμερα από την ανάλυση ΥΑ της βιομηχανίας, έχουμε:

$$(1) \Rightarrow \frac{67242}{1600 \cdot 270} = 0,16 \text{ m}^3/\text{εργαζόμενο/ημέρα, για το 2016}$$

$$(2) \Rightarrow \frac{69715}{1500 \cdot 270} = 0,17 \text{ m}^3/\text{εργαζόμενο/ημέρα για το 2015}$$

Παρατηρούμε λοιπόν πως και για τα δύο σενάρια που καταγράφηκαν στο Κεφάλαιο 3.3.2. (Υπενθύμιση: Σενάριο 1: 0,08 m³/εργαζόμενο/ημέρα και Σενάριο 2: 0,05 m³/εργαζόμενο/ημέρα) βρισκόμαστε εκτός ορίων και στις δύο χρονιές. Με βάση το Σενάριο 1, βρισκόμαστε 50% πάνω από το επιθυμητό όριο ενώ με βάση το πιο

αυστηρό Σενάριο 2, φθάνουμε σε τριπλάσια κατανάλωση από τη βιβλιογραφικά προτεινόμενη. Υπήρξε μία μικρή βελτίωση κατά το έτος 2016 σε σχέση με το προηγούμενο, υποδεικνύοντας ότι παρά την αύξηση των εργαζομένων κατά 100, υπήρξε καλύτερη διαχείριση του νερού και είχαμε μειωμένη συνολική κατανάλωση. Εξάγεται ωστόσο το συμπέρασμα, συγκρίνοντας με τις βιβλιογραφικές τιμές, ότι η ΕΑΒ καταναλώνει αρκετά περισσότερα κυβικά νερού για τις ανάγκες των εργαζομένων της από τον τυπικό μέσο όρο για ένα παρόμοιου τύπου κτήριο γραφείων.

Επίσης, σύμφωνα με την κατανομή των χρήσεων νερού από τους εργαζόμενους, το 9% περίπου της συνολικής κατανάλωσης χρησιμοποιείται στα εστιατόρια. Κάνοντας τον υπολογισμό αυτόν για τη βιομηχανία που μελετάμε:

$$9\% * 67.242 = 6.052 \text{ m}^3, \text{ για το 2016}$$

πάντοτε σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 8, συγκρίνοντας με την αντίστοιχη σταθερή ποσότητα που καταναλώνει η ΕΑΒ στα εστιατόριά της τα τελευταία έτη (2.500 m^3), αυτή είναι 59% χαμηλότερη από το τυπικό όριο κατανάλωσης. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι για να υφίσταται τελικά μία αυξημένη συνολική κατανάλωση από τους εργαζομένους της, αυτό πιθανόν να οφείλεται σε πολλές διαρροές από τους χώρους υγιεινής.

Σε ότι αφορά τα Υδατικά Αποτυπώματα των προϊόντων στη μονάδα της «Παραγωγικής Διαδικασίας» δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα καθώς δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία για να γίνει ολοκληρωμένη μελέτη και σαφώς ο τύπος της βιομηχανίας δεν παράγει αυτούσιο προϊόν ανά μονάδα. Από τις μέσες καταναλώσεις νερού, συμπεραίνεται ότι το 2016 το πιο υδροβόρο προϊόν ήταν το Ζ ενώ το 2015, ήταν το «Προϊόν Γ». Τα δύο προϊόντα τις δύο χρονιές που εξετάζονται καταλαμβάνουν τις δύο πρώτες θέσεις εναλλάξ αφού διαθέτουν τις περισσότερες μονάδες και έχουν λοιπόν το μεγαλύτερο ποσοστό επί των συνολικών μονάδων που παράγονται. Αξίζει να αναφερθεί ότι το «Προϊόν Β» συμβάλλει ελάχιστα στο ΥΑ των προϊόντων, ενώ το 2016 η συνεισφορά του ήταν μηδενική. Το πιο ενδιαφέρον συμπέρασμα φαίνεται να είναι ότι, ενώ τα προϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας ήταν περισσότερα σε αριθμό το 2016 σε σχέση με το 2015 (2796 μονάδες έναντι 2697 μονάδων), καταναλώθηκε πολύ μικρότερη ποσότητα νερού, πιθανώς λόγω λιγότερων εργασιών που εκπονήθηκαν για πλυσίματα και επιμεταλλώσεις.

Οι «Απώλειες» της ΕΑΒ αποτελούν μεγάλο κομμάτι του ΥΑ επομένως αξίζει να καταγραφούν κάποια συμπεράσματα. Καθώς υπάρχουν εκτιμήσεις για την κατανάλωση κάποιων χρήσεων, λόγω βλαβών των αντίστοιχων μετρητών, ενδεχομένως κάποια νούμερα στα επιμέρους δίκτυα να μην είναι ακριβή στο βαθμό που χρειάζεται μια τόσο αναλυτική μελέτη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παρουσιάζονται πολύ μεγάλες οι «Απώλειες». Επίσης είναι πιθανό το μεγάλο

μέγεθος των «Απωλειών» να οφείλεται σε διαρροές στους σωλήνες από το ρολόι της ΕΥΔΑΠ και μετά, οι οποίες χάνονται στο έδαφος και δε φθάνουν ποτέ στις χρήσεις. Ακόμη, υπάρχουν και φυσιολογικές απώλειες όπως η εξάτμιση ή και επιμέρους ρεύματα νερού τα οποία τελικά δεν φθάνουν στα κεντρικά δίκτυα αποβλήτων λόγω αστοχιών του δικτύου.

Από την μελέτη των «Απωλειών», βρέθηκε ότι μπορούν να υπολογιστούν με μία διαφορετική λογική η οποία καταλήγει και σε διαφορετική τιμή. Συγκεκριμένα, το βρόχινο νερό το οποίο δεν εμπλέκεται στην παραγωγική διαδικασία της ΕΑΒ και εμφανίζεται στην έξοδό της (δηλαδή απευθείας στον φυσικοχημικό σταθμό) μπορεί να προστεθεί στις απώλειες της. Αυτό θα πρέπει να γίνει επειδή το βρόχινο νερό δεν συμπεριλαμβάνεται στο νερό εισόδου ΕΥΔΑΠ, οπότε υπολογίζοντας τις απώλειες μέσω μιας αφαίρεσης όλων των νερών στα κτίρια από το αρχικό νερό ΕΥΔΑΠ, το βρόχινο νερό παραλείπεται από το ισοζύγιο και πρέπει να συνυπολογίζεται έτσι στις απώλειές της. Επίσης, υπήρξε η πληροφόρηση από την ΕΑΒ ότι από το νερό στους πύργους ψύξης, μία ποσότητα από τη δηλωθείσα εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς, δεν έχει νόημα να συνυπολογιστεί αυτή στις «Απώλειες», αφού αυτή η ποσότητα δεν μπορεί να αποφευχθεί μέσω της επέμβασης σε πιθανά σημεία αστοχίας του δικτύου. Για αμφότερες τις χρονιές που μελετούνται, αυτή η ποσότητα εκτιμήθηκε περίπου ίση με 8000 m³/έτος. Καταλήγουμε λοιπόν στο ότι αν, από τις δηλωθείσες απώλειες, προστεθεί το βρόχινο νερό και αφαιρεθεί η εξατμιθείσα ποσότητα θα έχουμε:

$$\text{Απώλειες}_{(2015)} = 49.610 - 8000 + 1632 = 43.242 \text{ m}^3/\text{έτος}$$

$$\text{Απώλειες}_{(2016)} = 29470 - 8000 + 1059 = 22.529 \text{ m}^3/\text{έτος}$$

Επίσης, καλό θα ήταν να αναφέρουμε ότι η συμπλήρωση στους λέβητες που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 4.3. δεν είναι αμελητέα και πρέπει να συνυπολογίζεται στο ΥΑ των «Λεβήτων». Υπολογίστηκε για αμφότερες τις χρονιές ότι μπορεί να φτάνει από 563 – 810 m³/χρόνο και έτσι το νερό των «Λεβήτων» θα κυμαίνεται από 3.857 – 4.104 m³/χρόνο έναντι των 3.294 m³/χρόνο.

Αφού ληφθούν υπόψη οι διορθώσεις των «Απωλειών» και των «Λεβήτων», με βάση το Ισοζύγιο 1, το Υδατικό Αποτύπωμα της βιομηχανίας δεν είναι τόσο μεγάλο όσο υπολογίζεται, αλλά για το 2016 υπολογίζεται 3-4 - 3,6% μικρότερο ενώ για το 2015, το ΥΑ εμφανίζεται κατά 2,6 – 2,7% μικρότερο από το αρχικό. Οι διακυμάνσεις των τιμών οφείλονται στο εύρος τιμών του νερού που συμπληρώνεται στους «Λέβητες».

Ένα γενικής φύσης συμπέρασμα από τη μελέτη βιβλιογραφικών στοιχείων για αεροπορικές βιομηχανίες, είναι ότι πλέον οι εταιρείες αυτές έχουν αρχίσει να δημοσιοποιούν στοιχεία που αφορούν στις καταναλώσεις νερού, αλλά και άλλα στοιχεία που συνθέτουν το περιβαλλοντικό τους προφίλ. Η απαίτηση της εποχής για

μείωση της χρήσης των φυσικών πόρων έχει ενσωματωθεί στη φιλοσοφία των βιομηχανιών και φαίνεται με τις εκθέσεις που δημοσιοποιούν στο κοινό τους. Φαίνεται λοιπόν ότι στο μέλλον θα αρχίσουν να αυξάνονται και οι εταιρείες που προβαίνουν σε δημοσιοποίηση των καταναλώσεών τους και ενδεχομένως να υπάρξει μια καλύτερη εικόνα του τι συμβαίνει στο εσωτερικό μιας βιομηχανίας.

7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ

Στο ακόλουθο Κεφάλαιο θα γίνει μια σύγκριση της κατανάλωσης γλυκού νερού της EAB ΑΕ με αυτό των διάφορων αεροπορικών βιομηχανιών των οποίων τα στοιχεία αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3.4.

Αξίζει να αναφερθεί ότι οι αεροπορικές βιομηχανίες που δημοσιοποίησαν τα δεδομένα τους και χρησιμοποιούνται στην εργασία αυτή μπορεί να μην επιτελούν το ίδιο έργο με την βιομηχανία που μελετήθηκε, ούτε έχουν την ίδια δυναμικότητα. Ωστόσο είναι χρήσιμο να γίνει μια σύγκριση της κατανάλωσης νερού στη βάση των εργαζομένων που απασχολούν και, ανά περίπτωση, στη βάση των προϊόντων που παράγουν ή συντηρούν.

Στον παρακάτω Πίνακα 15 φαίνονται συγκεντρωτικά όλα τα στοιχεία των βιομηχανιών για το 2015:

Βιομηχανία	Κατανάλωση νερού (m ³)	Αριθμός εργαζομένων	Μονάδες προϊόντων	Κατανάλωση νερού/εργαζόμενο (m ³ /εργαζόμενο)
EAB	214.594	1.500	2.769	143,1
The Boeing Company	6.000.000	161.368	948	37,2
Zodiac Aerospace	686.000	35.000	150.000	19,6
IAI	321.475	15.734	-	20,4
Airbus	5.478.896	133.782	1.069	41,0
Dassault Aviation SA	178.811	12.000	63	14,9
Embraer	960.813	18.000	101	53,4

Πίνακας 15 Δεδομένα για την κατανάλωση νερού συναρτήσει του αριθμού των εργαζομένων και των μονάδων των προϊόντων της EAB και αεροπορικών βιομηχανιών του εξωτερικού (2015)

Από τον Πίνακα 15 παρατηρείται ότι η EAB διαθέτει από τις μικρότερες καταναλώσεις νερού αλλά παράλληλα και τον μικρότερο αριθμό εργαζομένων. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι η δυναμικότητά της είναι μικρή. Κάνοντας μία άμεση σύγκριση κατανάλωσης νερού, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τον αριθμό των

εργαζομένων, προκύπτει ότι η EAB έχει τη μεγαλύτερη κατανάλωση/εργαζόμενο, η οποία είναι ίση με $143,1 \text{ m}^3/\text{εργαζόμενο}$. Η διαφορά της με τις υπόλοιπες βιομηχανίες είναι μεγάλη, αν αναλογιστεί κανείς ότι η αμέσως επόμενη πιο υδροβόρα βιομηχανία, η Embraer, καταναλώνει το $1/3$ της αντίστοιχης ποσότητας της EAB. Η Dassault Aviation διαθέτει τη μικρότερη κατανάλωση. Φαίνεται δηλαδή, ότι παρά την απασχόληση 10.500 περισσότερων ατόμων, τα επίπεδα κατανάλωσης νερού παραμένουν πιο χαμηλά και από αυτά της EAB. Η σύγκριση στα προϊόντα εδώ δε θα ήταν θεμιτή καθώς η προέλευση των προϊόντων της EAB δεν είναι γνωστή. Το γεγονός ότι η EAB διαθέτει, παρά τη μικρή της δυναμικότητα, την μεγαλύτερη κατανάλωση νερού σε σύγκριση με τις άλλες βιομηχανίες, οδηγεί στην κατεύθυνση της αξιοποίησης κάποιου ποσοστού υγρών αποβλήτων σε άλλες χρήσεις, ώστε να προσεγγίσει μικρότερες τιμές τόσο για οικονομικό όσο και για περιβαλλοντικό όφελος.

Κοντινή σε κατανάλωση βιομηχανία αποτελεί και η Ισραηλινή Αεροπορική Βιομηχανία η οποία ενώ απασχολεί σχεδόν 14.000 εργαζομένους παραπάνω, εμφανίζει περίπου 100.000 m^3 περισσότερα. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να υποδηλώνει προσπάθεια για ανακύκλωση καθώς παρά τη μεγαλύτερη της δυναμικότητα, κρατάει σχετικά χαμηλά τα επίπεδα κατανάλωσης νερού.

Συγκρίνοντας τα δεδομένα για τα απόβλητα, για το 2015, η EAB παρήγαγε συνολικά 114.410 m^3 υγρών αποβλήτων (αστικά και βιομηχανικά), δηλαδή τα υγρά απόβλητα αποτελούν σχεδόν τον μισό όγκο της κατανάλωσης νερού ΕΥΔΑΠ (53%). Στην ΙΑΙ την ίδια χρονιά, από τα 321.475 m^3 νερού παρήχθησαν 230.473 m^3 υγρών αποβλήτων από τη διαδικασία παραγωγής, συντήρησης και καθαρισμού των μονάδων της. Αυτό το ποσοστό αναλογεί σε 72%. Αυτό υποδηλώνει ότι οι υπόλοιπες χρήσεις πλην της παραγωγικής διαδικασίας, (π.χ. άρδευση, λοιπές χρήσεις) καταλαμβάνουν πολύ χαμηλά ποσοστά στη συνολική κατανάλωση σε σχέση με αυτά της EAB.

Επίσης, σε ό,τι αφορά τα απόβλητα από το πλυντήριο, μπορεί να γίνει μία σύγκριση με το αεροδρόμιο της Στοκχόλμης "Arlanda" (SAS), το οποίο διαθέτει τη δική του μονάδα επεξεργασίας νερών τα οποία προέρχονται από τη συντήρηση αεροσκαφών. Η δική του μονάδα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων πλυντηρίου έχει σχεδιασμό ροής $0,37 \text{ m}^3/\text{ώρα}$, ωστόσο η πραγματική ροή είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή και κυμαίνεται μεταξύ $37-73 \text{ m}^3/\text{μήνα}$. Αυτή η ποσότητα προσεγγιστικά φτάνει τα $444-876 \text{ m}^3/\text{έτος}$.^[38] Ωστόσο, το 2015 η EAB είχε απόβλητα πλυντηρίου ίσα με 1791 m^3 . Η μεγάλη διαφορά των δύο βιομηχανιών δεν μπορεί να δικαιολογηθεί, ελλείψει στοιχείων, ωστόσο παρουσιάζει ενδιαφέρον η διαφορά και εγείρει ερωτήματα για εξοικονόμηση νερού στη συγκεκριμένη χρήση, εφόσον είναι δυνατό.

Πρέπει να τονιστεί ότι τα δεδομένα που βρέθηκαν με τα οποία έγινε η σύγκριση είναι αρκετά περιορισμένα, επομένως η σύγκριση είναι περισσότερο γενικής φύσεως.

8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΝΕΡΟΥ

Στο Κεφάλαιο αυτό θα γίνουν προτάσεις για μείωση του νερού που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία. Οι προτάσεις περιλαμβάνουν αλλαγές στις υπάρχουσες μεθόδους επεξεργασίας αποβλήτων, ιδέες για την επαναχρησιμοποίηση/ανακύκλωσή τους αντί για απόρριψη στο ποτάμι καθώς επίσης και εναλλακτικούς τρόπους αποθήκευσης νερού.

8.1. Μείωση κατανάλωσης νερού ανά χρήση

8.1.1. Πόσιμο/Υγιεινή

Σχετικά με την κατανάλωση νερού για το σύνολο των εργαζομένων, αυτή θα μπορούσε να μεταρρυθμιστεί ως εξής:

Για το Σενάριο 1: 128 m³/ημέρα

Για το Σενάριο 2: 80 m³/ημέρα

Τα οποία μεταφράζονται σε 34.560 m³ και 21.600 m³ σε ετήσια βάση, αντίστοιχα, αν λάβουμε υπόψιν τις 270 εργάσιμες ημέρες ανά έτος. Στην ιδανική περίπτωση όπου θα ακολουθηθεί το Σενάριο 2, η ΕΑΒ θα μειώσει την κατανάλωση του τομέα «Πόσιμο/Υγιεινή» κατά 68% το οποίο θα αποτελέσει εξαιρετικά βιώσιμη λύση για το περιβάλλον και τα αποθέματα νερού.

Όπως καταγράφηκε στο Κεφάλαιο 6, η αυξημένη κατανάλωση από τους εργαζόμενους πιθανόν οφείλεται σε πολλές διαρροές από τους χώρους υγιεινής. Συνιστάται λοιπόν ιδιαίτερη προσοχή για τυχόν διαρροές από καζανάκια, νιπτήρες και η αποφυγή αλόγιστης χρήσης νερού για προσωπικούς καθαρισμούς. Η ενημέρωση και η εκπαίδευση των εργαζομένων σχετικά με τη σωστή διαχείριση στις ποσότητες νερού που χρησιμοποιούν, θα ήταν μια καλή εναρκτήρια προσπάθεια μείωσης των καταναλώσεών τους.

Για να μειωθεί η χρήση νερού στα κτίρια της ΕΑΒ, στην περίπτωση διαρροής στους νιπτήρες, απαραίτητο είναι να αλλαχθεί η ροδέλα στεγανοποίησης καθώς μια βρύση που στάζει συνεχώς μπορεί να σπαταλά πολύ νερό. Για βελτιστοποίηση της προσπάθειας για λιγότερη χρήση νερού στους χώρους υγιεινής, η εγκατάσταση βρυσών που έχουν ακροφύσιο εξοικονόμησης νερού ή ενσωματωμένο φωτοκύτταρο για αυτόματο άνοιγμα και κλείσιμο μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 50%.^[28]

Σε ότι αφορά τη μείωση νερού στις τουαλέτες, το αυτόματο καζανάκι μπορεί να μειώσει την κατανάλωση έως και 70% διασφαλίζοντας ότι η ρίψη νερού σταματά,

όταν η τουαλέτα δεν χρησιμοποιείται. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να έχει ρυθμιστεί ώστε να χρησιμοποιεί την ελάχιστη ποσότητα νερού που απαιτείται για κάθε έκπλυση. Υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης στο καζανάκι με κάποιο, που διαθέτει δυνατότητα διπλής ροής. Τα καζανάκια αυτά έχουν δύο κουμπιά: ένα για μικρή ροή και ένα με μεγαλύτερη ροή, ανάλογα με την ανάγκη.^[41]

8.1.2. Παραγωγική Διαδικασία

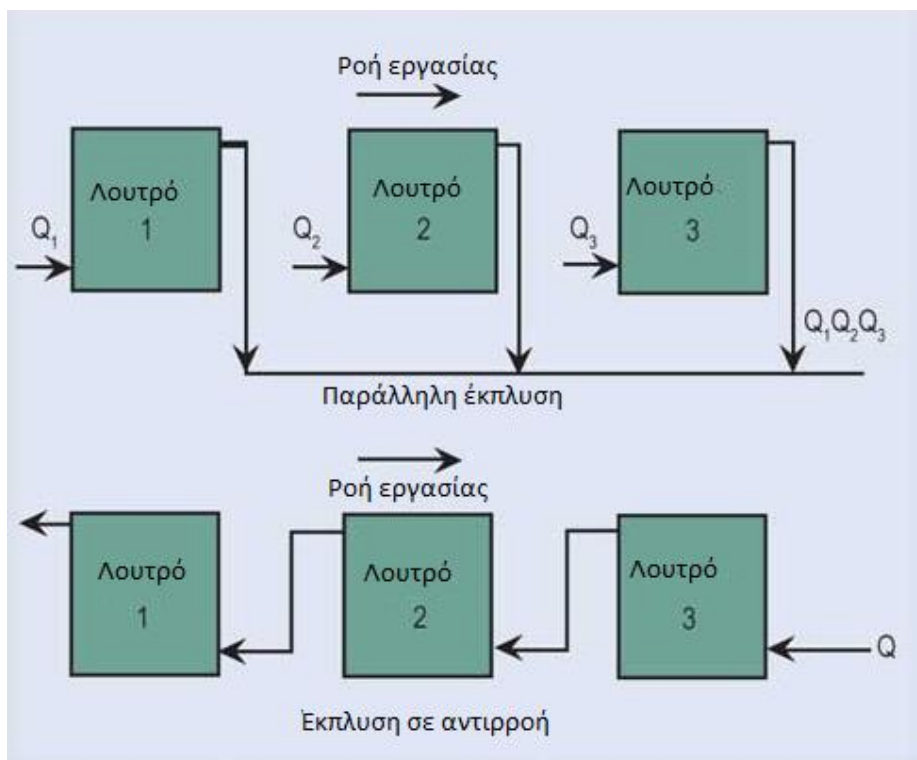
Η «Παραγωγική Διαδικασία» είναι η δεύτερη πιο υδροβόρα χρήση στη βιομηχανία επομένως θα ήταν χρήσιμο να γίνουν κάποιες προσπάθειες για μείωση των αποβλήτων που προέρχονται από τα πλυντήρια αεροσκαφών καθώς και από τις επιμεταλλώσεις τους.

Τα απόβλητα από τα πλυντήρια αεροσκαφών δημιουργούν απόνερα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες ελεύθερων, γαλακτωματοποιημένων και διαλυμένων ελαίων, αλλά και στερεών. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι για τη μείωση των απόβλητων αυτών πρέπει να μειωθεί η παραγόμενη ποσότητα των απόνερων. Η προσεκτική εκτέλεση των εργασιών σε επιλεγμένη περιοχή και ο έλεγχος της ποσότητας νερού που χρησιμοποιείται θα ήταν κάποιες ικανοποιητικές διορθωτικές κινήσεις, εφόσον επιμορφωθεί κατάλληλα το προσωπικό. Επίσης, το νερό μπορεί να ανακυκλωθεί αφού περάσει πρώτα από διαχωριστή νερού-ελαίου. Ωστόσο, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάνω στο αεροσκάφος χωρίς να επιβεβαιωθεί η καταλληλότητά του, ώστε να μην προκαλέσει διαβρώσεις.

Συνεχίζοντας στις επιμεταλλώσεις, η μεγάλη ποσότητα παραμένου διαλύματος σε ένα υλικό που υφίσταται επιμετάλλωση μολύνει τις επόμενες δεξαμενές. Δημιουργείται λοιπόν ανάγκη έκπλυσης με μεγαλύτερη ποσότητα νερού η οποία οδηγεί τελικά σε μεγαλύτερη ποσότητα υγρών αποβλήτων. Προκειμένου να μειωθεί η ποσότητα του παραμένου διαλύματος στο υλικό πρέπει να γίνεται καλή αποστράγγιση. Ένας αποτελεσματικός τρόπος μείωσης είναι και η κατάλληλη τοποθέτηση των υλικών που επιμεταλλώνονται μέσα στο λουτρό, με τρόπο τέτοιο ώστε να μην παραμένει κατά την έξοδο του υλικού ποσότητα διαλύματος περισσότερη από όση απαιτείται.

Έτσι, όταν μειώνεται το παραμένον στο υλικό διάλυμα, καταλήγουν λιγότερα χημικά στην δεξαμενή έκπλυσης με νερό και μειώνεται ο όγκος υγρών αποβλήτων για επεξεργασία. Μάλιστα, το νερό που χρησιμοποιείται μπορεί να μειωθεί και με άλλους τρόπους, όπως με τη χρήση ειδικών διατάξεων που προκαθορίζουν την ποσότητα του νερού, αλλά και διαδικασίες που βελτιστοποιούν την έκπλυση όπως έκπλυση με ψεκασμό ή έκπλυση με σπρέι ή συνδυασμό σπρέι και λουτρού.

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος μείωσης της ροής των λυμάτων είναι η μετατροπή των παράλληλων δεξαμενών έκπλυσης, σε δεξαμενές έκπλυσης σε αντιστροφή (counterflow rinsing) και, εάν είναι δυνατόν, η προσθήκη πρόσθετων εκπλύσεων σε αντιστροφή. Η μέθοδος φαίνεται στην Εικόνα 10^[42].



Εικόνα 10 Επιμετάλλωση – Παράλληλη έκπλυση και έκπλυση σε αντιστροφή

Σε αυτή τη μέθοδο, το υλικό υφίσταται έκπλυση σε αντίστροφη από το νερό πορεία. Το καθαρό νερό τοποθετείται στο τελευταίο, μακρύτερο από το διάλυμα της επιμετάλλωσης λουτρό, ενώ η υπερχειλίση του πηγαίνει στο αμέσως προηγούμενο. Η μέθοδος αυτή θεωρητικά χρησιμοποιεί “n” φορές λιγότερη ποσότητα νερού από την παράλληλη έκπλυση, όπου “n” ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων δεξαμενών.^[42]

Τέλος, σχετικά με τα προϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας της ΕΑΒ, θα μπορούσαν να γίνουν καταγραφές της κατανάλωσης νερού ανά προϊόν αναλυτικά. Ουσιαστικά με αυτόν τον τρόπο θα υπάρχει μία βάση δεδομένων και έτσι θα γίνεται εύκολα αντιληπτή η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται στα επιμέρους προϊόντα. Έτσι, θα είναι εύκολο να βρεθούν οι πιο υδροβόρες χρήσεις και γενικά να διαπιστωθεί αν οι χρήσεις νερού είναι δικαιολογημένες. Συνεπώς, η βιομηχανία θα μπορεί να προβεί σε μείωση πιθανής αλόγιστης χρήσης νερού σε ένα ή περισσότερα προϊόντα.

8.1.3. Απώλειες

Μία άμεση πρόταση για να μειωθούν οι «Απώλειες» της ΕΑΒ, είναι να γίνουν έλεγχοι για εντόπιση τυχόν διαρροών στο δίκτυο, αν υπάρχουν. Σημαντικό βήμα θα είναι επίσης η εντόπιση των βλαβών στους μετρητές ώστε μακροπρόθεσμα να συζητηθεί το ενδεχόμενο εγκατάστασης ενός καινούριου συστήματος μετρητών σε ολόκληρη τη βιομηχανία. Έτσι, θα εξασφαλιστεί η φερεγγυότητα των μετρήσεων για μία μελέτη καταναλώσεων νερού εντός της μονάδας.

8.1.4. Άρδευση

Η «Άρδευση» αποτελεί μόλις το 5% του συνολικού ΥΑ της βιομηχανίας και στις δύο χρονιές που μελετήθηκαν, το οποίο φανερώνει την πολύ καλή διαχείριση του νερού που χρησιμοποιείται για πότισμα του κήπου. Βάσει των βιβλιογραφικών δεδομένων, τα δεδομένα από την Αμερική δικαιολογούν μέχρι και τη χρήση του 22% της συνολικής κατανάλωσης νερού για το σκοπό αυτό ενώ η Ιορδανία την περιορίζει στο 1%. Για βελτιστοποίηση της κατανάλωσης στο 1%, υπάρχει περιθώριο να μειωθεί η κατανάλωση νερού το πότισμα περίπου στα 1.800 – 2.000 m³/χρόνο. Οι καιρικές συνθήκες μπορούν σίγουρα να επηρεάσουν αυτό το μέγεθος, καθώς αν το έτος έχει μεγάλες βροχοπτώσεις είναι πιο εύκολο να γίνει εξοικονόμηση νερού για το σκοπό αυτό και να επιτευχθεί το επιθυμητό σενάριο που προτάθηκε. Θα μπορούσε λοιπόν, έστω και πιλοτικά για ένα μικρό χρονικό διάστημα να μειωθεί η κατανάλωση και να βρεθεί αν το σενάριο μείωσης που προτείνεται είναι αποδοτικό και εξυπηρετεί τη βιομηχανία.

8.2. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων

Η αξιοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (αστικών και βιομηχανικών) και η μέσω αυτής εξοικονόμηση υδατικών πόρων από τη βιομηχανία, θα επιδράσει ευεργετικά τόσο στην προστασία του περιβάλλοντος όσο και στην μείωση των σχετικών δαπανών της. Εξάλλου, η ΕΑΒ παράγει συνολικά 99.103 m³ σε υγρά απόβλητα τα οποία αποτελούν το 54% του συνολικού της ΥΑ. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η αξιοποίησή τους θα ήταν μια εξαιρετικά κερδοφόρα λύση και θα κάλυπτε εύκολα πολλές ανάγκες της.

Η νομοθεσία στην οποία θα βασίσουμε τις προτάσεις για μείωση του Υδατικού Αποτυπώματος της βιομηχανίας είναι η Υ.Α. 145116/2011 (ΦΕΚ 354B) ^[N4] και θα αναλυθεί στο επόμενο Κεφάλαιο. Οι περιορισμοί ποικίλλουν ανάλογα με τη χρήση που πρόκειται να γίνει.

Υπάρχει η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων στη βιομηχανία σε εφαρμογές όπως χρήση νερών ψύξης (μίας χρήσης ή επαναλαμβανόμενων), αναπλήρωση νερών λεβήτων και αξιοποίηση για τις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες αρκεί τα προϊόντα να μην προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Επομένως θα μπορούσε σε ένα μεγάλο βαθμό να χρησιμοποιηθεί στην «Παραγωγική Διαδικασία» καθώς κανένα από τα προϊόντα της δεν προορίζονται για κατανάλωση. Ακόμη, θα μπορούσε από εκεί να εξασφαλιστεί ποσότητα για το νερό για τους «Λέβητες», η συμπλήρωση του που απαιτείται λόγω διαρροών, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 4.3. καθώς και για νερό ψύξης στους «Πύργους Ψύξης» και το «Δίκτυο Ψυχρού Νερού».

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι η «Πυρόσβεση» ήταν η χρήση που καταλάμβανε τις πρώτες θέσεις κατανάλωσης νερού για τη βιομηχανία και η μη χρησιμοποίησή του σίγουρα είναι ανώφελη οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά. Επομένως η εκμετάλλευση των αστικών λυμάτων (νερό από τον βιολογικό σταθμό) θα μπορούσε να είναι μια αποδοτική λύση. Επιπρόσθετα, ένα κομμάτι της «Άρδευσης» θα μπορούσε να καλυφθεί αποτελεσματικά. Στη νομοθεσία που αναφέρθηκε, η επαναχρησιμοποίηση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα για αστικές και περιαστικές δραστηριότητες περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, την πυρόσβεση και το πότισμα συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου όπου συγκαταλέγεται και ο κήπος της βιομηχανίας.

Μία πρόταση θα ήταν η εξολοκλήρου διάθεση των επεξεργασμένων βιομηχανικών αποβλήτων της «Παραγωγικής Διαδικασίας», στην ίδια χρήση την επόμενη χρονιά. Με αυτόν τον τρόπο θα είχαμε εξοικονόμηση νερού κατά 19%. Το νερό για «Πυρόσβεση» όπως επίσης και το νερό των «Λοιπών Χρήσεων» (λέβητες, πύργοι ψύξης, δίκτυο ψυχρού νερού, άρδευση, μέγιστη συμπλήρωση νερού λεβήτων) που αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορούν να εξασφαλιστούν από τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Έτσι, η βιομηχανία θα μπορέσει να μειώσει το Υδατικό της Αποτύπωμα κατά 15% και 14% αντίστοιχα.

Σίγουρα για να συμβεί κάτι τέτοιο, θα πρέπει να γίνουν κάποιες παρεμβάσεις και τροποποιήσεις στις εγκαταστάσεις της βιομηχανίας ώστε να μπορεί το –πλέον-καθαρό νερό, μέσω αντλιών να ανακυκλοφορεί για χρήση σε άλλα σημεία της ΕΑΒ ή να φυλάσσεται σε κάποια δεξαμενή για επόμενη χρήση του. Αυτό χρειάζεται μελέτη από την ίδια τη βιομηχανία ώστε να αποφανθεί κατά πόσο είναι δυνατό ένα τέτοιο έργο.

8.2.1. Νομοθετικό Πλαίσιο

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επαναχρησιμοποίηση νερού στη βιομηχανία, είναι η διασφάλιση της Δημόσιας Υγείας. Επομένως για να είναι εφικτή μια τέτοια ενέργεια από τη βιομηχανία, θα πρέπει να συμφωνεί με τις επιταγές της αρμόδιας νομοθεσίας που θέτει κάποιους βασικούς περιορισμούς στην αξιοποίηση υγρών αποβλήτων.

Για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων απαιτείται μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής της δραστηριότητας που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη χρήση.

Τα μέγιστα όρια για τις μικροβιολογικές, τις συμβατικές και άλλες χημικές παραμέτρους έχουν ληφθεί από την Υ.Α. που αναφέραμε και φαίνονται παρακάτω στους Πίνακες 16, 17 και 18. Συγκεκριμένα, ο Πίνακας 16 αφορά την επαναχρησιμοποίηση νερού για νερό ψύξης μίας χρήσης, ο Πίνακας 17 για νερό λεβήτων, επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης καθώς και νερό διεργασιών, ενώ ο Πίνακας 18 για νερό πυρόσβεσης και άρδευσης.

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)
<p>Περιορισμένη άρδευση <i>Περιοχές όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δένδρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Άρδευση με καταιονισμό δεν θα εφαρμόζεται</i></p> <p>Βιομηχανική χρήση <i>Νερό ψύξης μίας χρήσης</i></p> <p><i>Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007, (με την επιφύλαξη των παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5 της παρούσας), με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά ⁽⁶⁾</i></p>	<p>≤ 200 <i>διάμεση τιμή</i></p>	<p>Σύμφω να με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/4 00/199 7</p>	<p>Σύμφων α με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/40 0/1997</p>	-

Πίνακας 16 Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μίας χρήσης [\[N4\]](#)

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)
<p>Απεριόριστη άρδευση Όλες οι καλλιέργειες όπως οπωροφόρα δένδρα, λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοκήπια. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.</p> <p>Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ⁽ⁿ⁾</p>	<p>≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 50 για το 95 % των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων v</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων v</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή -</p>

Πίνακας 17 Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης [\[N4\]](#)

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)
<p>Αστική χρήση Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητόδρομων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαϊών, συμπύκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων, διακοσμητικά συντριβάνια Πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται.</p> <p>Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ54Α/8-3-2007), με γεωτρήσεις</p> <p>Περισστικό πράσινο συμπεριλαμβανομένων των αλσών και δασών ^(A)</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 για το 95 % των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή -</p>

Πίνακας 18 Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιστατική χρήση [\[N4\]](#)

Ελέγχοντας αν πληροί τις προϋποθέσεις των ορίων της νομοθεσίας, η βιομηχανία καλύπτει την προϋπόθεση για το BOD5 (=8,5 mg/L) ενώ απαιτείται βελτίωση των αιωρούμενων στερεών SS (=11,0 mg/L) σε όλες τις περιπτώσεις. Με βελτίωση στην καθίζηση κατά 10% μπορεί να καλύψει τις βιομηχανικές της απαιτήσεις ενώ για κατάσβεση πυρκαγιών και άρδευση θα χρειαστεί να ελαττώσει ακόμα περισσότερο την τιμή των αιωρούμενων στερεών.

Επίσης, ελέγχονται τα ολικά κολοβακτηρίδια και η θολρότητα για τα οποία θα πρέπει να μεριμνήσει η βιομηχανία ώστε να μην υπερβαίνει τα συγκεκριμένα όρια που δίνονται.

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί ότι για κάθε τύπο επαναχρησιμοποίησης, υπάρχει η αντίστοιχη ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία. Επίσης, απαραίτητος είναι ο τακτικός έλεγχος του επαναχρησιμοποιούμενου νερού ενώ διαφέρει η συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων ανάλογα τη χρήση. Όλες οι αναλύσεις που πρέπει να εκτελούνται μπορούν αναλυτικά να βρεθούν στη Νομοθεσία.

8.3. Άλλοι τρόποι επαναχρησιμοποίησης/ανακύκλωσης νερού

8.3.1. Επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού

Η επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού είναι μια πρόταση η οποία εφαρμόζεται σε χώρες όπως η Ιορδανία ^[30], στην προσπάθεια για εξοικονόμηση νερού μιας και αντιμετωπίζει πρόβλημα με τα αποθέματα της. Το γκρίζο νερό είναι ακατέργαστο νερό που δεν έχει έρθει σε επαφή με τα απόβλητα τουαλέτας, απόβλητα νιπτήρων κουζίνας, απόβλητα πλυντηρίων πιάτων ή παρόμοιες μολυσμένες πηγές (το νερό από αυτές τις πηγές αποτελεί μαύρο νερό). Το γκρίζο νερό λοιπόν περιλαμβάνει νερά από μπανιέρες, ντους, νιπτήρες μπάνιου, πλυντήρια ρούχων.

Το γκρίζο νερό που μπορεί να χρησιμοποιήσει η ΕΑΒ είναι το νερό από τους νιπτήρες στα μπάνια των κτηρίων της «Παλιάς» και «Νέας ΕΑΒ». Επειδή η ποσότητα που μπορεί να συλλεχθεί από εκεί αποτελεί ένα κομμάτι του «Πόσιμου/Υγιεινή», η επαναχρησιμοποίηση της θα μπορούσε μόνο για να καλύψει κάποια «Λοιπή Χρήση» ή ποσοστό αυτής. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει την «Άρδευση» μιας και είναι η πιο υδροβόρα «Λοιπή Χρήση». Το ποσοστό κάλυψης δεν μπορεί να προσδιοριστεί καθώς δεν γνωρίζουμε την ακριβή ποσότητα από τους νιπτήρες του μπάνιου.

Ωστόσο, προτού επαναχρησιμοποιηθεί το γκρίζο νερό, θα πρέπει να αναλυθεί η ποιότητά του και να τεθούν κάποιοι όροι κάτω από τους οποίους μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Συνιστάται η χρήση του γκρίζου νερού για άρδευση κάτω από τις ακόλουθες συνθήκες:

- Απομάκρυνση αρχικών ιζημάτων και απολύμανση για να αποφευχθεί ο κίνδυνος επιβλαβών βακτηρίων
- Χρήση υπόγειας άρδευσης, τοποθετημένη τουλάχιστον δέκα εκατοστά κάτω από το έδαφος, για να αποτραπεί η έκθεση του ανθρώπου σε πιθανούς παθογόνους οργανισμούς.
- Αποφυγή άρδευσης μετά από βροχή.
- Εκτροπή του γκρίζου νερού που δεν χρησιμοποιείται για άρδευση στο σύστημα αποχέτευσης.
- Τακτικός έλεγχος της ποιότητας του νερού και εκτροπή του στο σύστημα αποχέτευσης σε περίπτωση μόλυνσης νερού ή δυσλειτουργίας της διαδικασίας επεξεργασίας.

8.3.2. Συλλογή βρόχινου νερού

Η συλλογή βρόχινου νερού ^[30] είναι μια χρήσιμη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη συγκέντρωση και αποθήκευση βρόχινου νερού από τις στέγες, το έδαφος, τις οδικές επιφάνειες ή τις λεκάνες απορροής με απλά συστήματα όπως γλάστρες και δεξαμενές. Η συλλογή των βρόχινων υδάτων έχει χρησιμοποιηθεί από τα αρχαία χρόνια και ιδίως στις μεσογειακές χώρες, αλλά πρόσφατα οι περισσότερες εταιρείες αμέλησαν την ιδέα για συλλογή των ομβρίων υδάτων με την άφιξη της σύγχρονης αστικής ύδρευσης. Η λειψυδρία και το έλλειμα σε αποθέματα νερού τις τελευταίες δύο δεκαετίες αναζωπύρωσαν το ενδιαφέρον για τη συλλογή των ομβρίων υδάτων ως εναλλακτική πηγή νερού.

Οι βιομηχανίες συνήθως δεν προσφέρουν μόνο τις τaráτσες για συλλογή ομβρίων υδάτων. Για τη μεγιστοποίηση της συλλογής των υδάτων, μπορούν να ληφθούν υπόψη άλλες αδιαπέραστες (σκληρές) περιοχές όπως οι πλακόστρωτοι ανοιχτοί χώροι. Η ποσότητα του συλλεχθέντος βρόχινου νερού σχετίζεται άμεσα με το μέγεθος της αδιαπέραστης περιοχής και τη μέση ετήσια βροχόπτωση. Λαμβάνοντας υπόψη την αποτελεσματικότητα της συλλογής των βρόχινων υδάτων κατά 80%, για να δικαιολογηθούν οι απώλειες που οφείλονται στην εξάτμιση, στην εκτροπή του νερού τόσο από τις υδρορροές όσο και της πρώτης εκκένωσης, η ετήσια δυνητική ποσότητα των συλλεγόντων όμβριων υδάτων υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Ετήσιο δυναμικό βροχόπτωσης (m}^3\text{)} = \text{Ετήσιο νερό βροχόπτωσης (m}^3\text{)} \times 0,80$$

Στην περίπτωση της ΕΑΒ το 2016 το δυναμικό βρόχινο νερό που θα μπορούσε να αποθηκευθεί ήταν περίπου $1059 \text{ m}^3 \times 0,80 = 847,2 \text{ m}^3$.

Το βρόχινο νερό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στο «Πλυντήριο» και αποτελεί περίπου το 74% των αναγκών της συγκεκριμένης χρήσης. Εξάλλου, το ρεύμα νερού που απορρίπτεται από τις πλύσεις αεροσκαφών συναντά το βρόχινο νερό το οποίο τελικά μένει ανεκμετάλλευτο. Θα μπορούσε λοιπόν εξ αρχής να συλλεχθεί για να εξοικονομηθεί μεγάλη ποσότητα νερού ή ακόμα και να την υπερκαλύψει αν το ετήσιο νερό βροχόπτωσης αυξηθεί ή υπάρξει δυνατότητα μείωσης του νερού του «Πλυντηρίου» σύμφωνα με την πρόταση του Κεφαλαίου 8.1.1.

Η ποσότητα αποθήκευσης βρόχινου νερού που θα ήταν οικονομικά αποδοτική για την βιομηχανία βασίζεται στις μηνιαίες εισροές των συλλεγόντων όμβριων υδάτων, στη μηνιαία κατανάλωση νερού και στο κόστος κατασκευής αποθήκευσης.

Η ποιότητα των συλλεγόμενων όμβριων υδάτων σχετίζεται με την περιοχή που γίνεται η βροχόπτωση και την επιφάνεια της περιοχής συλλογής. Τα βρόχινα ύδατα σε μια βιομηχανική περιοχή είναι πιο πιθανό να συλλέξουν αερομεταφερόμενους ρύπους. Οι στέγες των κτιρίων γραφείων μπορούν να συλλέγουν ρυπογόνους

παράγοντες άρα περιέχουν σημαντικά υψηλότερο επίπεδο ρύπων από το καθαρό νερό. Για το λόγο αυτό μπορούν να ακολουθηθούν οι παρακάτω βασικές συστάσεις για την προστασία της ποιότητας των συλλεγόμενων όμβριων υδάτων:

- Εγκατάσταση μιας συσκευής εκτροπής «πρώτου βαθμού» μεταξύ του σωλήνα της οροφής και της δεξαμενής αποθήκευσης βρόχινου νερού για να απορριφθεί η πρώτη απορροή βροχής που συλλέχθηκε από τη στέγη.
- Εγκατάσταση μιας σχάρας φιλτραρίσματος και καθαρισμός της στέγης σε τακτική βάση για να αφαιρεθούν τυχόν ακαθαρσίες προς βελτίωση της ποιότητας του νερού και για μείωση του φραξίματος των υδρορροών και των συστημάτων συλλογής.
- Χρήση απολυμαντικών όπως ο ασβέστης, για τη μείωση της βιολογικής μόλυνσης.
- Εγκατάσταση δεξαμενών αποθήκευσης μακριά από πηγές μόλυνσης όπως τα δίκτυα αποχέτευσης.

Αν ακολουθηθούν οι παραπάνω συστάσεις για την προστασία της ποιότητας του νερού, τα συλλεχθέντα βρόχινα ύδατα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση, για καζανάκι τουαλετών και τον καθαρισμό των αεροσκαφών (πρώτη πλύση).

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία και δημοσιεύσεις

[2] Larsen, Samuel T. L. "Lack of Freshwater Throughout the World". Evergreen State College, 2009

[3] UNEP Glossary 2009 – Water stress

[5] Water supply and demand, 1995 to 2025, Seckler, D.; Amarasinghe, U. Annual report 1999-2000, In International Water Management Institute (IWMI). Colombo, Sri Lanka, pp.9-17.

[8] 'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies, Professor Tony Allan Water Issues Group, School of Oriental & African Studies, University of London

[10] Hoekstra, A.Y. (Ed.), 2003. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No.12, UNESCOIHE, Delft.

[11] Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. ,2003. 'A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade', In: Hoekstra (ed) Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands.

[12] Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., Mekonnen M.M., 2011. The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard, earthscan, London, Washington DC

[13] Hoekstra, A.Y., 2009. Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. Ecological Economics 68, 1963-1974.

[18] Ercin A.E., Hoekstra A.Y., September 2012. Water Footprint Scenarios for 2050: A Global Analysis and case study for Europe

[20] Ridoutt, B.G., Pfister, S., 2010. A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. Global Environmental Change 20, 113-120.

[21] 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.

[22] 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.

[23] J. Hall, 2000. Environmental supply chain dynamics, Journal of Cleaner Production 455–471.

[24] Takawira, Gara, May 2017. RESEARCH ARTICLE: REVIEW OF METHODOLOGIES OF WATER FOOTPRINT, International Journal of Advanced Research (IJAR)

[25] Ene SA, Teodosiu C, Robu B et al., 2013. Water footprint assessment in the winemaking industry: a case study for a Romanian medium size production plant. Journal of Cleaner Production 43: 122-135

[32] «Build Something Cleaner». The Boeing Company, 2016 Environment Report, p.15-34

[33] Embraer Annual Report, 2015. p. 61, 63

[36] Zodiac Aerospace: 2015/2016 Annual Report - Activities report

[37] Annual Report 2016– Airbus

[43] Metcalf & Eddy, Inc., 2003: Wastewater Engineering Treatment & Reuse (Fourth Edition), p. 157

[44] Λυμπεράτος Γ., Βαγενάς Δ., 2012: Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων, σελ. 38-39

Διαδίκτυο:

[1] <https://www.itia.ntua.gr/getfile/782/101/documents/2008-final-report-v2.pdf>

[4] <https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/popwawa2.pdf>

[6] http://www.environ-develop.ntua.gr/uploads/k_8.pdf

[7] <http://medsos.gr/medsos/2008-08-12-07-11-15/2010-11-16-14-29-32/2010-11-16-14-42-04/971-2010-09-28-13-43-39.html>

[9] <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/national-water-footprint/virtual-water-trade/>

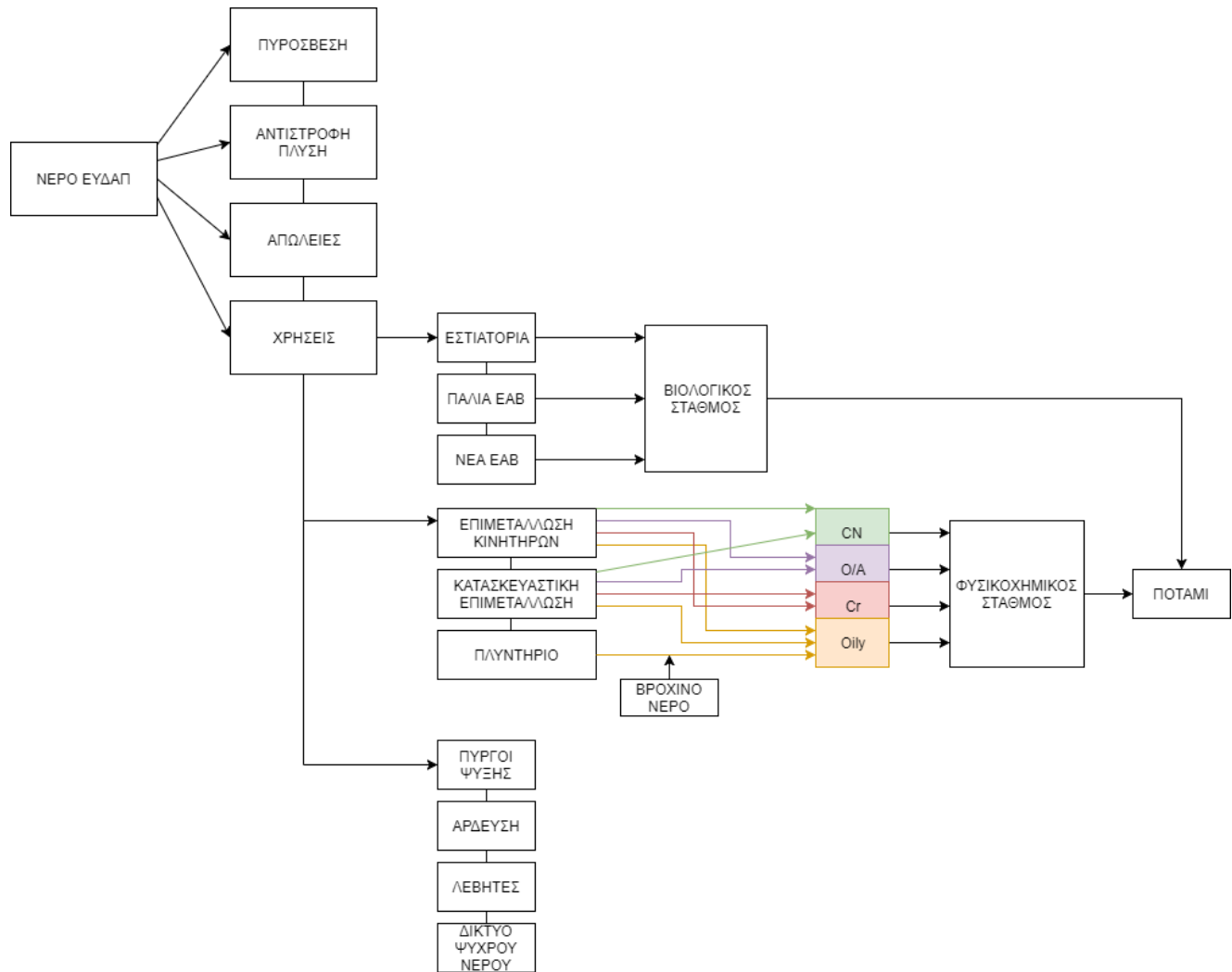
[14] <https://data.oecd.org/water/water-withdrawals.htm>

[15] <http://waterfootprint.org/en/about-us/aims-history/>

- [16] http://waterfootprint.org/media/downloads/Hoekstra_and_Chapagain_2007.pdf
- [17] http://www.sate.gr/nea/Press/266_%CE%A4%CE%95%CE%A7%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%91.pdf
- [19] http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf
- [26] <https://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs44/water.pdf>
- [27] <https://www.niwater.com/what-is-normal-water-use/>
- [28] <https://www.south-staffs-water.co.uk/media/1509/waterusebusiness.pdf>
- [29] <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/ws-commercial-factsheet-offices.pdf>
- [30] <http://www.mwi.gov.io/sites/en-us/Best%20Managment%20Practices/Office%20Buildings%20Water%20Efficiency%20Guide.pdf>
- [31] <http://www.iai.co.il/2013/37169-48364-en/MediaRoom.aspx>
- [34] https://www.dassault-aviation.com/wp-content/blogs.dir/2/files/2015/04/DASSAULT_AVIATION_2014_annual_report.pdf
- [35] https://www.dassault-aviation.com/wp-content/blogs.dir/2/files/2017/06/BAT_DAS_82_AR_2016_VA_BD_sans1.pdf
- [38] <http://www.nationaldriller.com/articles/85505-environmental-treatment-for-aircraft-wash-water>
- [39] <http://www.haicorp.com/>
- [40] oinofyta.meteoclub.gr/
- [41] <https://www.watersave.gr/index.php/at-home/22-2013-11-06-22-31-32>
- [42] <http://www.pfonline.com/articles/recoveryrecycling-methods-for-platers>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1: Διάγραμμα ροής Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας



Παράρτημα 2: Μέσος όρος συγκεντρώσεων των σημαντικότερων ρύπων στα υγρά απόβλητα της ΕΑΒ για το 2016

ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ			
	Παράμετρος	Επιτρεπτά όρια	Τιμή
	pH	6-9	7,4
mg/L	TSS	40	11,0
mg/L	TDS	1500	189,6
mg O ₂ /L	BOD	25	8,5
mg O ₂ /L	COD	125	45,8
mg/L	Λίπη/Ελαια	20	10,2
mg/L	TPH	15	8,1
mg/L	Ολικές φαινόλες	0,5	nd
mg CN ⁻ /L	Κυανιούχα	0,5	nd
mg P /L	Ολικός φωσφόρος	10	1,0
mg Cl ₂ /L	Ελευθερο χλώριο	0,7	0,2
μg/L	Εξασθενές χρώμιο	30	6,7
μg/L	Νικέλιο	200	4,7
μg/L	Σίδηρος	1000	75,8
μg/L	Μόλυβδος	100	2,5
μg/L	Κάδμιο	4	nd
μg/L	Χαλκός	200	33,5
mg/L	Ψευδάργυρος	2000	339,8
μg/L	Κασσίτερος	45	7,0
μg/L	Αργίλιο	2500	327,5
μg/L	Άργυρος	100	nd
μg/L	Τρισθενές χρώμιο	[1]	2,0
μg/L	Μαγγάνιο	1000	nd
μg/L	Τετραχλωροαιθυλένιο	100	nd

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ			
	Παράμετρος	Επιτρεπτά όρια	Τιμή
	pH	6,5-8,5	7,5
mg/L	TDS	1500	75
mg/L	TPH	4	1,5
mg/L	Ολικές φαινόλες	0,15	nd
mg CN⁻ /L	Κυανιούχα	0,2	nd
μg/L	Εξασθενές χρώμιο	30	7,714286
μg/L	Τρισθενές χρώμιο	^[1]	2,5
μg/L	Νικέλιο	200	59,2
μg/L	Σίδηρος	1000	119,5
μg/L	Μολυβδος	100	nd
μg/L	Κάδμιο	4	3
μg/L	Χαλκός	200	19,5
μg/L	Ψευδάργυρος	2000	145,75
μg/L	Άργυρος	100	nd
μg/L	Αργίλιο	2500	278,5
μg/L	Μαγγάνιο	1000	190,3
μg/L	Κασσίτερος	45	5,2
μg/L	Τετραχλωροαιθυλένιο	100	nd
mg P /L	Ολικός φωσφόρος	5	1,75

^[1] Η Κ.Υ.Α. 20488 (σελ. 11) δίνει όριο απόρριψης για το ολικό χρώμιο 200μg/l και για το εξασθενές 30μg/l. Για το τρισθενές δεν δίνεται όριο απόρριψης αλλά θεωρείται ότι (τρισθενές+ εξασθενές = ολικό) όπου και ικανοποιείται.

Παράρτημα 3: Ύψος βροχής (mm) για τα έτη 2015, 2016

2016	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2
2	0	0	0	0	2,1	0	0	0	0	0	0	0
3	6,3	0	1,8	0	1,2	0	0	0	0	0	0	1,8
4	0,3	0	4,2	0	1,8	0	0	0	0	0	0	0
5	0	32,1	0	0	4,2	0	0	0	0	0	0	0
6	0	2,4	0	0	0	0	0	0	3,6	0	0	0
7	6,6	0	0	0	0	0	0	0	1,8	12,6	0	0
8	0	0	5,7	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0
9	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	9,3	0
10	3,6	0	0,3	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	3,6	0	0
12	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6
14	0	0	33,9	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0,3
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0
16	12,3	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	1,5	27,6
17	28,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1,5	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	16,8	10,2	0	0	1,8	0	0	0	0	0	0	0
21	0	5,1	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0,9
22	0	0	0	0	6	0	0	0	6	14,7	0	0,3
23	4,5	0	1,2	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0	0
24	0,3	0,9	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	2,7	0,3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0,3	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0,6
28	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	25,8	7,2
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,7	22,8
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	5,4	5,1

2015	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
1	20,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	7,8	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
6	1,8	4,5	8,7	0,3	0	0,3	0	0	0	0	0	0
7	5,7	0	14,4	1,5	0	0,3	0	0,9	0	1,8	0	0
8	0	0	6	7,5	0	0	0	0	0	7,5	0	0,3
9	0	5,7	0,3	14,4	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	2,1	0,3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
11	0	1,5	9,9	0	6,9	0	0	0	0	92,4	0	0,6
12	9,6	0	0,3	0	0,3	0	0	0	0	0	0	6,6
13	0,9	0	28,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0,3	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	3,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	25,8	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	17,7	0	0	0	0	0	0
20	0	0	2,7	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	2,7	0	0	33	1,8	0	0
22	0	3,3	1,8	0	0	9,6	0	0,3	6	40,8	0	0
23	3,3	4,2	1,5	0	0	0	0	0	1,5	57,6	0	0
24	1,8	0,9	0,3	0	0	0	0	0	0	3,6	0	0
25	0	1,5	9	0	0	0	0	0	0	0	30,6	0
26	4,2	17,4	8,1	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0
27	0,6	19,5	0,9	0	2,7	0	0	0	0,3	0	3	0
28	0	0,3	3,9	0	1,5	0	0	0	0	0	6,3	0
29	4,5		0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0,3		0	1,5	0	22,8	0	0	0	0	0	3