

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Η. Ψαραδάκη, Ε. Γρηγοροπούλου*

Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(*lenaq@chemeng.ntua.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Υδατικό Αποτύπωμα είναι ένας πολύπλευρος περιβαλλοντικός δείκτης που χρησιμοποιείται στη διαχείριση του νερού. Αποτελείται από συνιστώσες που αφορούν στην κατανάλωση του νερού σε μία παραγωγική διαδικασία και την υδατική ρύπανση, και στη βιομηχανία ο δείκτης έχει δύο διαστάσεις: το λειτουργικό Υδατικό Αποτύπωμα για τις δραστηριότητες της βιομηχανίας και αυτό της Εφοδιαστικής τους Αλυσίδας. Η παρούσα εργασία προσπαθεί να ανακαλύψει και να ποσοτικοποιήσει τη σύνδεση υδάτινων πόρων και ενέργειας με τη χρήση του δείκτη του Υδατικού Αποτυπώματος με εφαρμογή στις Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις Ασπροπύργου των ΕΛΠΕ. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος της Εφοδιαστικής τους Αλυσίδας μέσω της θεσπισμένης μεθοδολογίας του εισηγητή του όρου Hoekstra και μέσω της ανάπτυξης μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης. Το ΥΑ της Εφοδιαστικής Αλυσίδας των ΕΛΠΕ μετράται στα 10,5-13,7Mm³ για τα έτη 2014-2016. Χρησιμοποιούνται μετρήσεις του λειτουργικού ΥΑ της βιομηχανίας για τα έτη 2014-2015 και το συνολικό ΥΑ υπολογίζεται στα 14,1 και 14,4Mm³ αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα αυτά αποδεικνύεται η σημασία της εφοδιαστικής αλυσίδας στη συνολική αποτύπωση του δείκτη και της επιλογής προμηθευτών με χαμηλές τιμές ΥΑ ειδικά για μεγάλες ποσότητες προμήθειας των αργών τους. Τέλος, παρατηρείται συσχέτιση οικονομικών δεικτών και αποθεμάτων νερού με το ΥΑ με το δείκτη να μειώνεται σε χώρες με υψηλό κατά κεφαλήν ΑΕΠ ή/και με έλλειψη υδατικών αποθεμάτων, ενώ δεν παρουσιάζεται συσχέτιση με το ύψος της παραγωγής της εκάστοτε χώρας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό και η ενέργεια είναι αποθέματα αναπόσπαστα συνδεδεμένα μεταξύ τους και απαραίτητα για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η παγκόσμια ζήτηση για νερό και ενέργεια αναμένεται να αυξηθεί 40% και 50% αντίστοιχα μέχρι το 2030^[1]. Ακόμα, είναι πιθανό η παραγωγή της ενέργειας να συνεισφέρει σημαντικά στην αύξηση της έλλειψης νερού (water stress) στο μέλλον, μιας που μέχρι το 2035 οι παγκόσμιες αντλήσεις νερού κατά την παραγωγή ενέργειας αναμένεται να αυξηθούν κατά 85% σε σχέση με αυτές του 2010. Για τους παραπάνω λόγους είναι απαραίτητη η ανάπτυξη νέων μεθόδων εκτίμησης και βιώσιμης διαχείρισης των πόρων αυτών, πόσο μάλλον του νερού που μέχρι πρόσφατα εσφαλμένα θεωρούταν σε αφθονία. Μία από τις μεθόδους αυτές είναι και ο υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος, ενός δείκτη που αναπτύχθηκε από τον Hoekstra το 2002^[2] που αποτιμά όχι μόνο την κατανάλωση νερού, αλλά και την επίδραση μιας δραστηριότητας στα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα μιας περιοχής. Το Υδατικό αποτύπωμα (ΥΑ)^[3] αποτελείται από τρεις συνιστώσες τη μπλε, τη πράσινη και την γκρι. Στο ΥΑ ενός προϊόντος, η μπλε αναφέρεται στην κατανάλωση των υδατικών αποθεμάτων (επιφανειακών και υπογείων) για την παραγωγή ή κατά μήκος της παραγωγικής του αλυσίδας. Η πράσινη περιγράφει τις ποσότητες βρόχινου νερού που καταναλώνονται σε μία διεργασία παραγωγής και τέλος η γκρι αναφέρεται στη ρύπανση των υδάτων και ορίζεται ως ο υδάτινος όγκος που απαιτείται για την αφομοίωση του φορτίου των ρύπων από το υδάτινο περιβάλλον.

Στην παρούσα εργασία ερευνάται η απαίτηση νερού για την προμήθεια αργού πετρελαίου στις Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις Ασπροπύργου (ΒΕΑ) των ΕΛΠΕ και αποτυπώνεται μέσω του υπολογισμού του ΥΑ της Εφοδιαστικής τους Αλυσίδας (ΕΑ). Διερευνάται η αλυσίδα παραγωγής και μεταφοράς του αργού πετρελαίου, καθώς αναζητούνται οι σημαντικές καταναλώσεις νερού

και οι αντίστοιχες δραστηριότητες. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στο λειτουργικό κομμάτι υδατικής κατανάλωσης και ρύπανσης. Αυτό επιβαρύνεται από την παραγωγή νερού κατά την εξόρυξη και από τις διαφορετικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της παραγωγής, καθώς αυτές αφορούν στη δραστηριότητα των επιχειρήσεων παραγωγής αργού στα κοιτάσματα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία βασίστηκε στον τρόπο υπολογισμού του ΥΑ μίας επιχείρησης (WF_{bus} , όγκος νερού/χρόνο), όπως αυτή διαμορφώθηκε και δημοσιεύεται από τους Hoekstra, Charagain et al^[3] και ορίζεται ως ο συνολικός όγκος γλυκού νερού, ο οποίος χρησιμοποιείται άμεσα ή έμμεσα για τη λειτουργία και την υποστήριξη μίας επιχείρησης. Αποτελείται από (α)το Λειτουργικό ΥΑ ($WF_{bus,oper}$), το οποίο αφορά στην κατανάλωση/ποσότητα νερού που ρυπαίνεται από την ίδια την επιχείρηση και (β) το ΥΑ της ΕΑ ($WF_{bus,sup}$), τις αντίστοιχες υδατικές ποσότητες, δηλαδή, που προκύπτουν για τη παραγωγή όλων των αγαθών και υπηρεσιών που απαιτούνται για το σχηματισμό των πρώτων υλών της επιχείρησης, σύμφωνα με την Εξίσωση (1):

$$WF_{bus} = WF_{bus,oper} + WF_{bus,sup} \quad (1)$$

Το ΥΑ της ΕΑ υπολογίζεται από το γινόμενο των όγκων των εισαγόμενων πρώτων υλών $I[x,i]$ με τα αντίστοιχα υδατικά αποτυπώματά τους $WF_{prod}[x,i]$. Η σχέση αυτή αποτυπώνεται στην Εξίσωση (2):

$$WF_{bus,sup} = \sum_x \left(\sum_i (WF_{prod}[x,i] \times I[x,i]) \right) \quad (2)$$

Καθώς στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ήταν αδύνατη η πλήρης αποτύπωση της αλυσίδας, οι υπολογισμοί στράφηκαν στην προμήθεια του αργού πετρελαίου και δε συμπεριλήφθηκαν τα ΥΑ από την προμήθεια άλλων πρώτων υλών (μεθανόλη, νάφθα κ.α.).

Διακριτός Υπολογισμός WF_{prod}

Για τον υπολογισμό των ΥΑ των προϊόντων (WF_{prod} , όγκος νερού ανά βαρέλι) που προμηθεύεται το διυλιστήριο αναζητήθηκαν στις ετήσιες εκθέσεις των εταιρειών προμήθειας αργού (ΕΠΑ) δεδομένα για τη παραγωγή του εκάστοτε αργού ($M[p]$ για μάζα, $P[p]$ βαρέλι αργού ή ενεργειακό περιεχόμενο), αλλά και συνολικής από την κάθε εταιρεία, για να εισαχθούν στην Εξίσωση (3):

$$WF_{prod}[p] = \frac{M[p]}{\sum_p M[p]} \times \frac{WF_{bus}}{P[p]} \quad (3)$$

Όπου οι μάζες δεν ήταν γνωστές χρησιμοποιήθηκαν οι όγκοι θεωρώντας ότι η αναλογία είναι η ίδια. Όπου δεν υπήρχε πρόσβαση σε καμία αξιοποιήσιμη πληροφορία, δεδομένα από συνεργάτες των ΕΠΑ σε κοινοπραξίες αποδόθηκαν στις ίδιες και στα αργά που προμηθεύουν.

Ακολούθησε ο προσδιορισμός του ΥΑ της κάθε εταιρείας (WF_{bus}). Για τον υπολογισμό της μπλε συνιστώσας αναζητήθηκαν, σε Εκθέσεις Εταιρικής Υπευθυνότητας, δεδομένα κατανάλωσης νερού/απολήψεων, με αφαίρεση επαναχρήσεων/ανακυκλώσεων. Ο υπολογισμός έγινε βάσει της σχέσης (4) με τις ποσότητες που καταμετρούνται να αφορούν τον όρο *LostReturnFlow*.

$$WF_{blue} = BlueWaterEvaporation + BlueWaterIncorporation + LostReturnFlow \quad (4)$$

Η γκρι συνιστώσα του ΥΑ των αργών υπολογίστηκε από τη σχέση (5):

$$WF_{grey} = \frac{Effl \times C_{effl}}{C_{max}} \quad (5)$$

όπου: *Effl*: ο όγκος αποβλήτων (όγκος/χρόνος), *C_{effl}*: η συγκέντρωση ρύπου στα υγρά απόβλητα (μάζα/όγκος) και *C_{max}*: μέγιστο περιβαλλοντικό όριο συγκέντρωσης για το ρύπο (μάζα/όγκος).

Καθώς δεν υπήρχαν δεδομένα φορτίου των ρύπων της κάθε ΕΠΑ, έγινε η παραδοχή ότι ο κάθε ρύπος που αποβάλλεται ταυτίζεται ή υπερβαίνει το περιβαλλοντικό όριο ($C_{effl} > C_{max}$). Δεδομένα παροχών υγρών αποβλήτων από την εκάστοτε εταιρεία ταυτίστηκαν με τη γκρι συνιστώσα, με αποτέλεσμα αυτού υπερεκτίμηση/υποεκτίμηση της γκρι συνιστώσας αν $C_{effl} < ή > C_{max}$. Υγρά

απόβλητα τα οποία η κάθε εταιρεία ανέφερε ότι έχουν υποστεί επεξεργασία πριν την απόθεση θεωρήθηκαν ότι διαθέτουν μηδενική γκρι συνιστώσα, ενώ όλες οι μελετώμενες δραστηριότητες δεν είχαν πράσινη συνιστώσα. Τέλος, δεν υπολογίστηκε το ΥΑ της ΕΑ της κάθε ΕΠΑ.

Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε η περιγραφή του 82,62% των προμηθειών αργών των ΒΕΑ για το έτος 2014, το 74,26% και το 61,13% για τα έτη 2015 και 2016 αντίστοιχα.

Υπολογισμός WF_{prod} μέσω γραμμικής παλινδρόμησης

Για τις ΕΠΑ από Σαουδική Αραβία, Ιράν, Ιράκ και Αζερμπαϊτζάν, οι οποίες δεν παρείχαν δημόσια δεδομένα λειτουργίας τους, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με βάση τη γεωγραφική θέση των κοιτασμάτων για την πρόβλεψή τους. Τα αργά αυτά αφορούσαν στο 17,38% των προμηθειών για το 2014, το 25,74% για το έτος 2015 και το 38,87% για το 2016 με τους προμηθευτές από το Ιράν και το Ιράκ κυρίαρχα να διαμορφώνουν τα ποσοστά αυτά.

Ως βάση χρησιμοποιήθηκε η ιδέα του μοντέλου STRIPAT των Diez-Rosa^[4], σύμφωνα με το οποίο μία περιβαλλοντική επίπτωση μπορεί να συνδεθεί γραμμικά με τον πληθυσμό, την ευημερία και την τεχνολογία μέσω παλινδρόμησης. Συμπεριλήφθηκαν, ακόμα, δεδομένα υδατικού δυναμικού της κάθε χώρας λόγω της άμεσης σχέσης τους με την εγγενή έννοια του ΥΑ.

Η επεξεργασία των μεταβλητών, η διερεύνηση των μεταξύ τους σχέσεων και το μοντέλο παλινδρόμησης αναπτύχθηκαν στο λογισμικό IBM SPSS Statistics ενώ επιλέχθηκαν οι ανεξάρτητες μεταβλητές: (α) κατά κεφαλήν ΑΕΠ της κάθε χώρας^[5], (β) ο δείκτης SDG 6.4.2 -Water Stress^[6], (γ) ο ημερήσιος ρυθμός παραγωγής αργού πετρελαίου^[7] και (δ) το σύνολο των εσωτερικών υδατικών αποθεμάτων της χώρας ανά κάτοικο^[5] και ως εξαρτημένη τα WF_{prod} (m^3/bbl αργού) που υπολογίστηκαν διακριτά. Το μοντέλο διαμορφώθηκε ως εξής (6):

$$\ln(YA) = -2,046 \cdot 10^{-7}a - 0,001b + 0,001c - 0,161 \ln d + 4,814 + \ln(10^{-2}) \quad (6)$$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί, όπου στην πρώτη στήλη παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που υπολογίστηκαν με διακριτό τρόπο ενώ η δεύτερη στήλη προκύπτει από το μοντέλο παλινδρόμησης. Στην τρίτη στήλη παρουσιάζεται η απόκλιση του μοντέλου από τις εισαχθείσες τιμές, δηλαδή από τις τιμές που υπολογίστηκαν διακριτά.

Το μοντέλο παρουσιάζει καλή προσαρμογή στα δεδομένα που εισήχθησαν, με $R^2=0,982$. Δεν παρουσιάζουν όλες οι μεταβλητές υψηλή σημαντικότητα, αλλά συμπεριλήφθησαν στο μοντέλο για λόγους προσαρμογής. Το μέγιστο σχετικό σφάλμα παρουσιάζεται με τιμή 13,2% στην Αλγερία για το έτος 2014, με αμέσως επόμενο στο Καζακστάν για το έτος 2015.

Πίνακας 1: Παρουσίαση των ΥΑ των προϊόντων και των αποτελεσμάτων του μοντέλου παλινδρόμησης

Χώρες	ΥΑ (m^3/bbl)	ΥΑ (Μοντέλο) (m^3/bbl)	Σχετικό Σφάλμα	Χώρες	ΥΑ (m^3/bbl)	ΥΑ (Μοντέλο) (m^3/bbl)	Σχετικό Σφάλμα
Αζερμπαϊτζάν	-	0,399	-	Καζακστάν (2016)	0,31	0,321	3,4%
Ιράν	-	0,351	-	Κολομβία (2012)	0,22	0,219	0,5%
Ιράκ	-	0,379	-	Κολομβία (2013)	0,22	0,219	0,5%
Σαουδική Αραβία	-	0,172	-	Κολομβία (2014)	0,22	0,219	0,5%
Αλγερία (2014)	0,41	0,464	13,2%	Κολομβία (2015)	0,22	0,219	0,5%
Αλγερία (2015)	0,44	0,464	5,5%	Λιβύη (2014)	0,27	0,265	1,9%
Αλγερία (2016)	0,49	0,464	5,3%	Λιβύη (2015)	0,25	0,265	5,9%
Αίγυπτος (2014)	0,69	0,679	1,5%	Ρωσία (2014)	0,24	0,234	2,4%
Αίγυπτος (2015)	0,72	0,679	5,6%	Ρωσία (2015)	0,235	0,234	0,2%
Καζακστάν (2014)	0,31	0,320	3,3%	Ρωσία (2016)	0,22	0,234	6,6%

Καζακστάν (2015)	0,35	0,320	8,4%	Ρωσία (2017)	0,245	0,234	4,3%
------------------	------	-------	------	--------------	-------	-------	------

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά το ΥΑ της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, όπου παρατηρείται μία σταθερή αύξηση αναλογικά με τις ποσότητες αργού που κατεργάστηκαν. Τα έτη 2015 και 2016 δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους με το τελευταίο να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή. Το έτος 2014 κατέχει τη μικρότερη τιμή με το ΥΑ ανά βαρέλι εισαγόμενου αργού να υπολογίζεται στα 0,33m³/bbl.

Πίνακας 2: Ποσότητες κατεργασμένου αργού και ΥΑ Εφοδιαστικής Αλυσίδας των ΒΕΑ (2014- 2016)

	2014	2015	2016
Προμήθεια Αργών (MMbbl)	32.77	28.30	36.39
Υδατικό Αποτύπωμα (10 ⁶ m ³)	10.96	10.48	13.65
Υδατικό Αποτύπωμα (m ³ /bbl)	0.33	0.37	0.38

Για να αξιολογηθούν οι διαφορές που παρατηρούνται, απαιτείται διερεύνηση της συμμετοχής του κάθε αργού στην τελική τιμή του ΥΑ της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Οι υπολογισμοί βασίστηκαν στα δεδομένα που εισήχθησαν στην Εξίσωση 2 και παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί.

Πίνακας 3: Ποσοστά συμμετοχής Αργών στις Προμήθειες και στη διαμόρφωση του Υδατικού Αποτυπώματος της Εφοδιαστικής Αλυσίδας για τα έτη 2014, 2015 και 2016

Ποσοστά Συμμετοχής	2014		2015		2016	
	ΥΑ (%)	Προμήθειες (%)	ΥΑ (%)	Προμήθειες (%)	ΥΑ (%)	Προμήθειες (%)
Αίγυπτος	30.52	17.01	35.76	19.19	34.91	18.18
Κολομβία	0.42	0.64	-	-	0.17	0.30
Σαουδική Αραβία	0.86	1.66	1.69	3.64	0.90	1.96
Λιβύη	2.64	3.28	3.51	5.20	1.21	3.01
Ιράν	-	-	-	-	16.92	18.10
Ιράκ	15.28	13.50	20.43	19.99	19.76	19.58
Ρωσία	31.38	43.71	23.36	36.20	14.67	25.01
Αζερμπαϊτζάν	3.08	2.58	2.83	2.62	-	-
Καζακστάν	15.83	17.63	12.42	13.15	11.45	13.85

Σε γενικές γραμμές παρατηρείται μία συμφωνία των προμηθειών και της συνεισφοράς των αντίστοιχων αργών στο ΥΑ της Εφοδιαστικής Αλυσίδας των ΒΕΑ. Αξιοσημείωτες είναι οι διαφορές που παρατηρούνται στα αργά που προέρχονται από Αίγυπτο και Ρωσία που κάθε χρονιά αντιπροσωπεύουν μεγάλο ποσοστό των προμηθειών. Τα ρωσικά αργά προέρχονται από ΕΠΑ, η οποία παρουσιάζει χαμηλό ΥΑ ανά βαρέλι αργού, με αποτέλεσμα, παρά τις υψηλές προμήθειες, να μειώνεται αισθητά η συμμετοχή τους στο συνολικό ΥΑ. Στα αιγυπτιακά αργά έχει αποδοθεί υψηλό ΥΑ και έτσι συνεισφέρει πολύ στο τελικό ΥΑ της Εφοδιαστικής, με το 2014 να παρουσιάζει παραπλήσια συμμετοχή με τα ρωσικά παρά τις διαφορές τους στις προμήθειες. Τα έτη 2015 και 2016 τα αιγυπτιακά συμμετέχουν με σημαντικά μεγαλύτερα ποσοστά στις προμήθειες του έτους ενώ τα ρωσικά έχουν μειώσει τη συμμετοχή τους. Ο συνδυασμός αυτών των δύο γεγονότων οδηγεί και στην αύξηση του ΥΑ της εφοδιαστικής αλυσίδας που παρατηρήθηκε.

Συνολικό Υδατικό αποτύπωμα των ΒΕΑ για τα έτη 2014 και 2015

Με τη βοήθεια βιβλιογραφικών δεδομένων^[8] σχετικά με το Λειτουργικό ΥΑ των ΒΕΑ για τα έτη 2014 και 2015 υπολογίστηκε το συνολικό ΥΑ των Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων Ασπροπύργου των ΕΛΠΕ για τα δύο έτη βάσει της εξίσωσης (1) και παρατίθεται στον Πίνακα 4 που ακολουθεί.

Πίνακας 4: Αποτύπωση του ΥΑ για τις Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις Ασπροπύργου για τα έτη 2014-2015

	2014			2015		
	Υ.Α. (10 ⁶ m ³)	Υ.Α. (m ³ /bbl)	Ποσοστό (%)	Υ.Α. (10 ⁶ m ³)	Υ.Α. (m ³ /bbl)	Ποσοστό (%)
Λειτουργικό	3.180	0.097	22.49	3.868	0.137	26.95
Εφοδιαστική Αλυσίδα	10.956	0.334	77.51	10.482	0.370	73.05
Συνολικό ΥΑ ΒΕΑ	14.136	0.431	100.00	14.350	0.507	100.00

Το Αποτύπωμα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας σε μονάδες όγκου είναι μικρότερο το 2015 εξαιτίας των λιγότερων ποσοτήτων αργού που κατεργάστηκαν το έτος αυτό (general shutdown). Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η μικρή διαφορά του συνολικού ΥΑ τα δύο αυτά έτη. Το Συνολικό ΥΑ ανηγμένο ανά μονάδα κατεργασμένου βαρελιού παρουσιάζει μικρότερη τιμή το 2014 και οφείλεται στη μικρότερη τιμή που αποδόθηκε στην εφοδιαστική αλυσίδα για το έτος αυτό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το έτος 2015, με παύση εργασιών, εμφανίζεται το μικρότερο ΥΑ εφοδιαστικής αλυσίδας στα 10,5Mm³, ενώ το λειτουργικό παρουσιάζεται υψηλότερο από το 2014, καθώς αυτό δεν αποδίδεται σε ΥΑ που αφορά σε παραγωγή προϊόντων. Το 2016 με τη μεγαλύτερη δυναμικότητα παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή για το ΥΑ της εφοδιαστικής αλυσίδας στα 13,6Mm³.

Η εικόνα αλλάζει, όταν συγκρίνει κανείς τα ΥΑ της εφοδιαστικής αλυσίδας ανά ποσότητα αργού κάθε χρονιά και μόνο υπό αυτήν τη σκοπιά μπορούν να συγκριθούν ουσιαστικά τα ΥΑ. Το 2014 παρουσιάστηκε η μικρότερη τιμή (0,334m³/bbl) και αυξάνεται σταθερά, καθώς αυξάνεται και η συμμετοχή αργών που με υψηλές τιμές ΥΑ (αιγυπτιακό). Η τάση αυτή μεταφέρθηκε και στο συνολικό ΥΑ ανά βαρέλι αργού, όπου και αυτό παρουσίασε σταδιακή αύξηση.

Για τις δύο χρονιές όπου υπάρχει συνολική αποτύπωση του ΥΑ, η Εφοδιαστική Αλυσίδα είναι υπεύθυνη για τα τρία τέταρτα του συνολικού Αποτυπώματος. Το γεγονός αυτό είναι σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία^[3], καθώς η εφοδιαστική αλυσίδα για μία επιχείρηση συνεισφέρει πολύ περισσότερο στο ΥΑ από το λειτουργικό.

Τα ΥΑ αποτυπώματα που υπολογίστηκαν για την κάθε ΕΠΑ παρουσίασαν μεγάλες διακυμάνσεις. Η διακύμανση αυτή μπορεί να αποδοθεί και στα διαφορετικά κοιτάσματα τα οποία η κάθε μια εκμεταλλεύεται. Διαφορετικά κοιτάσματα απαιτούν και διαφορετικούς τρόπους εξόρυξης όπου καταναλώνονται άλλες ποσότητες νερού. Για παράδειγμα, η εταιρεία από τη Ρωσία, με ώριμα κοιτάσματα, θα απαιτεί εκτεταμένη χρήση βελτιωμένων μεθόδων άντλησης για την εκμετάλλευσή τους. Οι βελτιωμένες μέθοδοι σύμφωνα με τους Gerber-Leenes et al^[9] έχουν μικρό ΥΑ σε σχέση με τη συμβατική δευτερογενή ανάκτηση. Η εν λόγω εταιρεία παρουσιάζει χαμηλά ΥΑ(0,22-0,25m³/bbl). Αξίζει να σημειωθεί ότι η επαναχρησιμοποίηση του παράγωγου νερού στη λιβυκή εταιρεία συμβάλλει στη μείωση του συνολικού ΥΑ της κατά 51% για το έτος 2014 και από 0,22m³/bbl που θα ήταν το ΥΑ της τελικά υπολογίζεται στα 0,15m³/bbl.

Μέσω της έρευνας που έγινε για την ανάπτυξη του μοντέλου παλινδρόμησης παρουσιάστηκε μεγάλη συσχέτιση του Υδατικού Αποτυπώματος επιχειρήσεων που ασχολούνται με την παραγωγή αργού με την οικονομική κατάσταση της χώρας, αλλά και με τα αποθέματα νερού της. Αυτό αντιπροσωπεύεται από τις μεταβλητές «κατά κεφαλήν ΑΕΠ» και «συνολικά εσωτερικά αποθέματα νερού», ενώ αναλύεται με το δείκτη SDG 6.4.2 Water Stress. Παρατηρείται ότι χώρες με υψηλό ΑΕΠ, όπως Ρωσία, Σαουδική Αραβία και Καζακστάν, παρουσιάζουν χαμηλό ΥΑ. Η Ρωσία και το Καζακστάν, από τη μία, έχουν πολλά αποθέματα νερού, ενώ η Σαουδική Αραβία παρουσιάζει ένα από τα υψηλότερα επίπεδα έλλειψης νερού (water stress) παγκοσμίως. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι οι χώρες αυτές έχουν την οικονομική ευχέρεια να επενδύσουν σε τεχνολογίες εξοικονόμησης υδάτινων πόρων.

Με την ίδια λογική σε χώρες με χαμηλό ΑΕΠ, όπως η Αλγερία, Αίγυπτος, Ιράν, Ιράκ και Αζερμπαϊτζάν, οι οποίες παρουσιάζουν ίδιας τάξης επίπεδα έλλειψης νερού (water stress) καταγράφονται τα υψηλότερα ΥΑ. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι το νερό, παρότι δεν βρίσκεται σε αφθονία δεν αποτελεί κίνητρο για την αναβάθμιση των μεθόδων άντλησης και της εξοικονόμησης του πόρου.

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η περίπτωση της Λιβύης με χαμηλό ΥΑ, όπως και η σύγκρισή της με τις υπόλοιπες χώρες. Η χώρα αυτή εμφανίζει μαζί με τη Σαουδική Αραβία ένα από τα μεγαλύτερα επίπεδα έλλειψης νερού (water stress) παγκοσμίως, ενώ το ΑΕΠ της χαρακτηρίζεται χαμηλό και παραπλήσιο με των Αιγύπτου, Ιράν κ.α. Παρότι η χώρα δεν έχει οικονομικούς πόρους που να δικαιολογούν την επένδυση σε νέες τεχνολογίες και αναβαθμίσεις, η έλλειψη νερού είναι τόσο μεγάλη που η εξοικονόμηση είναι πια ανάγκη.

Τέλος, παρατηρήθηκε ότι τα αποθέματα αργού πετρελαίου μίας χώρας δεν επηρεάζουν το ΥΑ. Η Σαουδική Αραβία και η Ρωσία, χώρες που κυριαρχούν στο ύψος ετήσιας παραγωγής, για παράδειγμα, παρουσιάζουν χαμηλά ΥΑ. Το ίδιο δεν ισχύει για το Ιράν και το Ιράκ που, παρόλο που παρουσιάζουν και αυτά υψηλές παραγωγές, τους αποδίδονται υψηλά ΥΑ.

Στην παρούσα έρευνα, κατά την αναζήτηση κατάλληλων εξαρτημένων μεταβλητών για την εξαγωγή του μοντέλου υπήρχε δυσκολία να εντοπιστούν δεδομένα νερού για όλες τις χώρες της μελέτης, όπως για παράδειγμα, τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα νερού της κάθε χώρας, απολήψεις νερών, βαθμός επεξεργασίας λυμάτων κα., ενώ σε άλλες πολλές φορές δεν υπήρχαν δεδομένα πρόσφατων ετών. Επιθυμητό θα ήταν, μιας που το θέμα διαχείρισης των υδάτινων πόρων παρουσιάζει ενδιαφέρον και κινδύνους τα τελευταία χρόνια, να υπάρχει μία συστηματική καταγραφή των τιμών και της εξέλιξής τους.

Ακόμα, πρέπει να αναφερθεί ότι υπήρξε μεγάλη δυσκολία στην εύρεση δεδομένων από τις εταιρείες, χρήσιμων στον υπολογισμό του ΥΑ. Κρατικές εταιρείες παραγωγής πετρελαίου που συμμετέχουν στον OPEC, όπως αυτές της Σαουδικής Αραβίας, Ιράν, Ιράκ, Αιγύπτου κ.α. δε δημοσιοποιούν εκθέσεις βιωσιμότητας ή σε αυτές δεν παρουσιάζουν καθόλου δεδομένα νερού.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στα πλαίσια Διπλωματικής Εργασίας για τη σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ με θέμα «Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος της Εφοδιαστικής Αλυσίδας μιας Βιομηχανίας Πετρελαίου». Οι συγγραφείς εκφράζουν θερμές ευχαριστίες προς την εταιρεία Ελληνικά Πετρέλαια ΑΕ και την κα.Ταντόγλου για τη βοήθεια τους στη συλλογή και επεξεργασία στοιχείων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] International Energy Agency. *World Energy Outlook 2012; Executive Summary*. IEA (2012)
- [2] A. Hoekstra. *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Value of Water Report Series12 UNESCO-IHE (2003)
- [3] A. Hoekstra, A. Chapagain, M. Aldaya, M. Mekonnen. *Water Footprint Assessment Manual*. London-Washington DC: Earthscan (2011)
- [4] C. Jin, K. Huang, Y. Yu, Y. Zhang. *Analysis of Influencing Factors of Water Footprint Based on the STIRPAT Model: Evidence from the Beijing Agricultural Sector*. *Water* 8(11) (2016) 513
- [5] World Bank Open Data -World Bank Group
- [6] AquaSTAT Database -Food and Agriculture Organization of the United Nations
- [7] Monthly Energy Review -Energy Info Administration
- [8] Μ.-Χ. Παπαθεοδώρου, Ε. Γρηγοροπούλου. *Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος σε Βιομηχανία Δύλισης Πετρελαίου*. 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημικής Μηχανικής (2017) Θεσσαλονίκη.
- [9] W. Gerbens-Leenes, A.-Y. Hoekstra, T.-H. van der Meer. *The water footprint of bioenergy and other primary energy carriers*. Unesco-IHE Institute for Water Education. Delft (2008) The Netherlands