

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Διαχείριση Αποβλήτων Καταλοίπων Γεωτρήσεων από τις
Ερευνητικές Γεωτρητικές Διαδικασίες για Εξεύρεση
Υδρογονανθράκων μέσω της Διαδικασίας Κριτηρίων
Αποχαρακτηρισμού των Αποβλήτων στα Πλαίσια της Στρατηγικής
Κυκλικής Οικονομίας**

Γιώργος Καζαμίας

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ Αντώνης Ζορπάς**

Νοέμβριος 2021

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Διαχείριση Αποβλήτων Καταλοίπων Γεωτρήσεων από τις
Ερευνητικές Γεωτρητικές Διαδικασίες για Εξεύρεση
Υδρογονανθράκων μέσω της Διαδικασίας Κριτηρίων
Αποχαρακτηρισμού των Αποβλήτων στα Πλαίσια της Στρατηγικής
Κυκλικής Οικονομίας**

Γιώργος Καζαμίας

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ Αντώνης Ζορπάς**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Νοέμβριος 2021

Περίληψη

Το περιβαλλοντικά ζητήματα έχουν μπει στο κάδρο των κεντρικών πολιτικών που εκπορεύονται από τα κέντρα λήψης αποφάσεων, κυρίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αφού έχει γίνει πλέον κατανοητό ότι ο πλανήτης βρίσκεται πλέον στην ώρα μηδέν. Η διαχείριση αποβλήτων και κυρίως των επικίνδυνων αποβλήτων, είναι θέμα που επηρεάζει άμεσα τόσο την ανθρώπινη υγεία, όσο και το περιβάλλον. Επίσης, θεωρείται άμεσα συνυφασμένο με την οικονομία και συνεπώς με την ίδια την κοινωνία.

Έχει γίνει πλέον κατανοητό ότι το μοντέλο γραμμικής οικονομίας είναι πλέον ξεπερασμένο και η στροφή προς την κυκλική οικονομία θα έχει ευεργετικές συνέπειες σε όλα τα επίπεδα. Για αυτό το λόγο έχουν συνομολογηθεί, μεταξύ άλλων, η Στρατηγική της Κυκλικής Οικονομίας και η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία που στοχεύουν στην επαναφορά των υλικών που θεωρούνται απόβλητα στον κύκλο της οικονομίας ως προϊόντα και στην κλιματική ουδετερότητα μέχρι το 2050.

Η βιομηχανία έρευνας, ανακάλυψης, εξόρυξης και εκμετάλλευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου κυριαρχεί και εξελίσσεται μέσα από το πέρασμα των δεκαετιών, αφού μέχρι σήμερα είναι ο κύριος ενεργειακός τροφοδότης ανά το παγκόσμιο. Μπορεί να λεχθεί με βεβαιότητα ότι υπάρχει ένα είδος εξάρτησης της οικονομικής ευημερίας από τη βιομηχανία υδρογονανθράκων, καθώς μέχρι σήμερα οι κύριες βιομηχανικές δραστηριότητες εξαρτώνται από αυτήν, παρόλη την εξέλιξη και αναβάθμιση της τεχνολογίας.

Τα Κατάλοιπα Γεωτρήσεων θεωρούνται ως ένα ειδικό ρεύμα επικίνδυνων αποβλήτων που παράγονται από τη γεωτρητική διαδικασία έρευνας για εξεύρεση υδρογονανθράκων και απασχολεί και την Κυπριακή Δημοκρατία που έχει εφαρμόσει το δικό της ερευνητικό πρόγραμμα στην κυπριακή Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη της Κύπρου την τελευταία δεκαετία.

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι ο καθορισμός κριτηρίων αποχαρακτηρισμού των Καταλοίπων Γεωτρήσεων, αφού περάσουν αρχικά από την επεξεργασία θερμικής εκρόφησης μέσω της μονάδα Thermomechanical Cuttings Cleaner και επανεισδοχή τους στον κύκλο της παραγωγής ως προϊόν. Η μεταπτυχιακή διατριβή διερευνά κατά πόσον Κατάλοιπα Γεωτρήσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή, ή/και δομικά υλικά ή/και για παραγωγή τσιμέντου, ή/και άλλα έργα πολιτικής μηχανικής προσθέτοντας αξία στη φιλοσοφία της κυκλικής οικονομίας μέσα από βιώσιμες λύσεις. Μέσω του εγχειρήματος εξυπηρετείται και ο στόχος της μείωσης της εξάρτησης από τους πρωτογενείς ορυκτούς πόρους μέσω εναλλακτικών οικονομικών και ασφαλών λύσεων.

Η παραγωγική διαδικασία της γεώτρησης περιλαμβάνει τη χρήση υγρών (Ball et al., 2012), γνωστά και με την ονομασία «λάσπη». Το θαλάσσιο οικοσύστημα επηρεάζεται άκρως αρνητικά λόγω της υψηλής τοξικότητας και της παρουσίας χημικών από υγρά γεώτρησης (Soegianto et al., 2008; Gbadebo et al., 2010; Sil et al., 2012). Επιπλέον, υπάρχει κίνδυνος πιθανών επιπτώσεων και στον άνθρωπο, όπως ερεθισμός δέρματος, βήχας, δερματίτιδα (Ismail et al., 2017), και έτσι τα απόβλητα γεωτρήσεων αναγνωρίστηκαν παγκοσμίως ως ένα ξεχωριστό και ειδικό ρεύμα αποβλήτων που πρέπει να τύχει διαχείρισης.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε είναι η συλλογή πρωτόλειων στοιχείων από την εταιρεία Innovating Environmental Solutions Center Ltd, που είναι η μοναδική αδειοδοτημένη στην Κύπρο για διαχείριση αποβλήτων γεωτρήσεων. Έχει ληφθεί πραγματικό δείγμα καταλοίπων γεωτρήσεων και διενεργήθηκαν αναλύσεις σε πιστοποιημένο εργαστήριο για την καταγραφή συγκεκριμένων παραμέτρων. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα όρια που θέτουν τα πρωτόκολλα ποιότητας για αδρανή / υλικά πολιτικής μηχανικής / τσιμέντο. Περαιτέρω, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος SWOT analysis, έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις υφιστάμενες μεθόδους επεξεργασίας αλλά ή χρήσης των καταλοίπων γεωτρήσεων και αναλύθηκε εκτενώς η διαδικασία αποχαρακτηρισμού αποβλήτων όπως έχει εκπονηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και συμπεριλαμβάνεται στην οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα. Σημαντική κρίνεται και η εκτενής αναφορά που γίνεται και στο υπόλοιπο ευρωπαϊκό / εθνικό

νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τη διαδικασία. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση κατέδειξε ότι ο πιο διαδεδομένος τρόπος διαχείρισης κατάλοιπων γεωτρήσεων είναι η υπεράκτια απόρριψη ή η ταφή του αποβλήτου και δε φαίνεται να γίνεται ιδιαίτερη χρήση του για εναλλακτικούς σκοπούς.

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι τα κατάλοιπα γεωτρήσεων με την επεξεργασία τους από τη μονάδα TCC θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για έργα πολιτικής μηχανικής, από τη στιγμή που το εξερχόμενο στερεό απόβλητο πληροί τα όρια που θέτουν τα πρωτόκολλα ποιότητας.

Η αξία των αποτελεσμάτων μπορεί να θεωρηθεί σημαντική από τα κέντρα λήψης αποφάσεων, τις πολυεθνικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα διαχείρισης υδρογονανθράκων και στις κρατικές αρχές καθώς η λύση που προτείνεται εντάσσεται στα πλαίσια της βιωσιμότητας, της κυκλικότητας και πρώτιστα διασφαλίζει το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Λέξεις κλειδιά: Κατάλοιπα Γεωτρήσεων, απόβλητα γεωτρήσεων, αποχαρακτηρισμός αποβλήτων, εξόρυξη υδρογονανθράκων, κυκλική οικονομία, αδρανή, πρωτόκολλα ποιότητας

Ευχαριστίες

Επιθυμώ να εκφράσω τις θερμότερες μου ευχαριστίες στο μέντορα μου τον τελευταίο 1,5 χρόνο, Δρ Αντώνη Ζορπά, για την καθοδήγηση και την άψογη ακαδημαϊκή προσέγγιση που βοήθησε τα μέγιστα στο να φέρω εις πέρας ένα τόσο δύσκολο εγχείρημα, όταν στην αρχή φάνταζε πολύ φιλόδοξο και δύσκολο.

Θερμές ευχαριστίες και στην εταιρεία Innovating Environmental Solutions Center Ltd, και ειδικά στον Τεχνικό Διευθυντή Κώστα Βαραββά, που μου εμπιστεύτηκε τόσο πολύτιμες και ευαίσθητες πληροφορίες. Χωρίς την παραχώρηση πληροφοριών και τεχνογνωσίας, η μεταπτυχιακή διατριβή δε θα μπορούσε να εκπονηθεί και να εξάγει τόσο χρήσιμα αποτελέσματα.

“Αν στα αλήθεια νομίζεις ότι η οικονομία είναι πιο σημαντική από το περιβάλλον, τότε προσπάθησε να κρατήσεις την αναπνοή σου ενώ μετράς τα χρήματά σου”.

Guy McPherson

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1.....	Error! Bookmark not defined.
Εισαγωγή.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Επικίνδυνα απόβλητα γεωτρήσεων.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Σκοπός και στόχος μεταπτυχιακής διατριβής.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Ενεργειακός τομέας και Κυπριακή Δημοκρατία.....	Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 2.....	Error! Bookmark not defined.
Υφιστάμενο ευρωπαϊκό / Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο, Στρατηγικές και Συμβάσεις.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Σύμβαση της Βαρκελώνης – Πρωτόκολλο υπεράκτιας θάλασσας (Offshore Protocol).....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Στρατηγική Κυκλικής Οικονομίας.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα - 2008/98/EC.....	Error! Bookmark not defined.
2.5 Οδηγία 2018/851/EC για την τροποποίηση της Οδηγίας 2008/98/EC για τα απόβλητα.....	Error! Bookmark not defined.
2.6 Απόφαση 2000/532/EK της Επιτροπής.....	Error! Bookmark not defined.
2.7 Απόφαση 2014/955/EE.....	Error! Bookmark not defined.
2.8 Οδηγία 2010/75/EE.....	Error! Bookmark not defined.
2.9 Περί Αποβλήτων Νόμος 2011-2021.....	Error! Bookmark not defined.
2.10 Νόμος για τις βιομηχανικές εκπομπές - 184 (I)/2013.....	Error! Bookmark not defined.
2.11 Κυπριακός νόμος περί αποκλειστικής οικονομικής ζώνης - 64(I)/2004.....	Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 3.....	Error! Bookmark not defined.
Μεθοδολογία.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Περιοχή ερευνών Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Συλλογή στοιχείων, δείγματος και μέθοδος δειγματοληψίας.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 End of Waste Criteria και δημιουργία Πρωτοκόλλου Ποιότητας.....	Error! Bookmark not defined.
3.4 Ευρωπαϊκός Οδηγός για τον Αποχαρακτηρισμό Αποβλήτων.....	Error! Bookmark not defined.

3.5 Προτεινόμενη Μεθοδολογία.....	Error! Bookmark not defined.
3.6 Μέθοδος επιλογής παραμέτρων για φυσικοχημικό χαρακτηρισμός αποβλήτων.....	Error! Bookmark not defined.
3.7 SWOT Analysis	Error! Bookmark not defined.
3.8 Μεθοδολογία εξαγωγής αποτελεσμάτων	Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 4.....	Error! Bookmark not defined.
Μονάδα επεξεργασίας Thermomechanical Cuttings Cleaner (TCC) – Χαρακτηριστικά αποβλήτων γεωτρήσεων	Error! Bookmark not defined.
4.1 Μονάδα Thermomechanical Cuttings Cleaner (TCC).....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Απόβλητα Γεωτρήσεων	Error! Bookmark not defined.
4.3 Μέθοδοι και επιλογές διαχείρισης Καταλοίπων Γεωτρήσεων	Error! Bookmark not defined.
4.4 Εφαρμοσμένη πρακτική διαχείρισης αποβλήτων γεωτρήσεων στην Κυπριακή Δημοκρατία	Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 5.....	Error! Bookmark not defined.
Αποτελέσματα και Συζήτηση Αποτελεσμάτων	Error! Bookmark not defined.
5.1 Αποτελέσματα Ανάλυσης SWOT	Error! Bookmark not defined.
5.2 Πληροφορίες για την παραγωγή αποβλήτων στην Κυπριακή ΑΟΖ.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.1 Ποσότητες παραχθέντων αποβλήτων μετά την επεξεργασία από τη μονάδα TCC.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.2 Απόβλητα νερού – Slops	Error! Bookmark not defined.
5.3 Χαρακτηρισμός στερεών αποβλήτων που εξέρχονται από TCC και αξιολόγηση μέσω των υφιστάμενων προτύπων ..	Error! Bookmark not defined.
5.3.1 Υφιστάμενα Πρότυπα Ποιότητας.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2 Σύγκριση φυσικοχημικών χαρακτηριστικών ΚΓ μετά την επεξεργασία τους από TCC με τα όρια των παραμέτρων των υφιστάμενων προτύπων	Error! Bookmark not defined.
5.3.3 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων	Error! Bookmark not defined.
5.3.4 Θερμιδική αξία, Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH), Πολυχλωριωμένο διφαινύλιο (PCB).....	Error! Bookmark not defined.
5.4 Στερεοποίηση / Σταθεροποίηση.....	Error! Bookmark not defined.
5.5 Γενικά Σχόλια	Error! Bookmark not defined.
Βιβλιογραφία	25

Εκτενείς πληροφορίες μεταπτυχιακής διατριβής

Ένα υπαρκτό πρόβλημα που καταπιάνεται η μεταπτυχιακή διατριβή είναι στην εξεύρεση του πιο ενδεδειγμένου τρόπου διαχείρισης των αποβλήτων Καταλοίπων Γεωτρήσεων (ΚΓ), ώστε να σταματήσουν να θεωρούνται απόβλητα και να επανενταχθούν στην παραγωγική διαδικασία ως προϊόντα. Είναι κάτι το εφικτό; Μπορεί να γίνει πραγματικότητα και αν ναι, με ποιο τρόπο; Θα είναι οικονομικά συμφέρον; Μπορεί να επιτευχθεί στην παραγωγική διαδικασία και θα είναι περιβαλλοντικά αποδεκτό; Υπάρχουν εκείνες οι προϋποθέσεις που μπορούν να επισυμβούν ώστε τα απόβλητα ΚΓ να αποχαρακτηριστούν και μπορούν να τεθούν όροι και προϋποθέσεις για να είναι αποδεκτά σε ένα πρότυπο ποιότητας;

Υπάρχει σωρεία αποβλήτων που παράγονται από την γεωτρητική διαδικασία εξερεύνησης για υδρογονάνθρακες που παράγονται στην περιοχή της πλατφόρμας έρευνας, εκ των οποίων κάποια χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα και άλλα ως μη επικίνδυνα. Τα απόβλητα που καταπιάνεται η μεταπτυχιακή διατριβή είναι τα βασικά επικίνδυνα απόβλητα και πιο συγκεκριμένα τα ΚΓ.

Η παραγωγική διαδικασία της γεώτρησης περιλαμβάνει τη χρήση υγρών (Ball et al., 2012), γνωστά και με την ονομασία «λάσπη». Το θαλάσσιο οικοσύστημα επηρεάζεται άκρως αρνητικά λόγω της υψηλής τοξικότητας και της παρουσίας χημικών από υγρά γεώτρησης (Soegianto et al., 2008; Gbadebo et al., 2010; Sil et al., 2012). Επιπλέον, υπάρχει κίνδυνος πιθανών επιπτώσεων και στον άνθρωπο, όπως ερεθισμός δέρματος,

βήχας, δερματίτιδα (Ismail et al., 2017), και έτσι τα απόβλητα γεωτρήσεων αναγνωρίστηκαν παγκοσμίως ως ένα ξεχωριστό και ειδικό ρεύμα αποβλήτων που πρέπει να τύχει διαχείρισης.

Η λάσπη παράγεται σε μεγάλες ποσότητες και μπορεί να έχει ελαιώδη ή υδαρή βάση και χρησιμοποιείται ως λιπαντικό στη λειτουργία του γεωτρώπανου και μετά τη χρήση της αποθηκεύεται εκ νέου για τύχει ενδεδειγμένης επεξεργασίας, μαζί με τα θαλάσσια πετρώματα που αναμιγνύονται με αυτήν κατά την παραγωγική διαδικασία (Ismail et al., 2017). Τα υγρά απόβλητα που είναι αναμειγμένα με τα θαλάσσια πετρώματα είναι γνωστά και ως κατάλοιπα γεωτρήσεων.

Έτσι, ο καθορισμός στρατηγικής για τα απόβλητα γεωτρήσεων, και πιο συγκεκριμένα για τα ΚΓ, αποτελεί πρόκληση που επηρεάζει είτε την αλυσίδα αξίας, είτε την οικονομική ανάπτυξη (Zorpas, 2020; Loizia et al., 2021a; Voukalli et al., 2021). Η όλη διαδικασία ενσωματώνει διάφορες μεταβλητές που επηρεάζονται από συγκεκριμένες τεχνικές πτυχές που πρέπει να τύχουν αξιολόγησης ως προς τη βιωσιμότητα εναλλακτικών λύσεων (Zorpas, 2014), λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τους στόχους που έχουν τεθεί από την Κυκλική Οικονομία και την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (Loizia et al., 2021b).

Η μεταπτυχιακή διατριβή εντοπίζει το κενό που υφίσταται ως προς την ορθολογική διαχείριση των ΚΓ που παράγονται σε μεγάλες ποσότητες και δεν υπάγονται σε κάποιο κοινά αποδεκτό πρότυπο ποιότητας που να μετατρέπει τα συγκεκριμένα απόβλητα σε προϊόντα και να τα επανατοποθετεί στην Κυκλική Οικονομία. Ουσιαστικά, το πρώτο και βασικό ερώτημα που καλείται να απαντήσει είναι κατά πόσον τα ΚΓ μπορούν να μετατραπούν σε αποδεκτά προϊόντα και να εισέλθουν εκ νέου στην παραγωγική διαδικασία.

Ο σκοπός εκπόνησης της μεταπτυχιακής διατριβής είναι να προσδιορίσει, να καθορίσει και να αναπτύξει μια συγκεκριμένη μεθοδολογία για τον αποχαρακτηρισμό των αποβλήτων ΚΓ, διαδικασία που είναι ευρέως γνωστή στη βιβλιογραφία με τον ορισμό

end of waste criteria (EWC), και η επανένταξη τους στην παραγωγική διαδικασία ως προϊόντα. Το πρόβλημα αυτό, δε θα ήταν υπερβολή να λεχθεί ότι είναι παγκόσμιο, αφού η ίδια βιομηχανία εξόρυξης υδρογονανθράκων είναι παγκόσμια και μέχρι σήμερα δεν υπάρχει ένδειξη ότι υπάρχει κινητικότητα της έρευνας ως προς τον αποχαρακτηρισμό των αποβλήτων ΚΓ.

Ο κυριότερος σκοπός και στόχος, είναι ο καθορισμός συγκεκριμένων κριτηρίων για τον αποχαρακτηρισμό των ΚΓ, έτσι ώστε να εξυπηρετείται η φιλοσοφία της Στρατηγικής της Κυκλικής Οικονομίας, που δεν είναι άλλη από την επαναχρησιμοποίηση πόρων στην παραγωγική διαδικασία. Ο καθορισμός κριτηρίων αποχαρακτηρισμού των αποβλήτων ΚΓ και η επαναχρησιμοποίησή τους θα έχει προστιθέμενη αξία στην επίτευξη του στόχου για αντικατάσταση της γραμμικής οικονομίας (προμήθεια – παραγωγή – απόρριψη με χρήση πεπερασμένων πηγών) από την κυκλική όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1 (πρώτες ύλες – σχεδιασμός - παραγωγή – διανομή – κατανάλωση / επαναχρησιμοποίηση / επισκευή – συλλογή - ανακύκλωση). Μέσω της θέσπισης κριτηρίων για αποχαρακτηρισμό των ΚΓ θα επιδιωχθεί και η παραγωγή υψηλής ποιότητας δευτερογενών προϊόντων.

Η διαδικασία για τον αποχαρακτηρισμό των ΚΓ συνδέεται άμεσα ή έμμεσα με μια σειρά από νομοθετικές ρυθμίσεις, συμβάσεις και στρατηγικές που αλληλοσυμπληρώνονται μεταξύ τους. Η όλη διαδικασία έχει ως στόχο την επανεισδοχή των αποβλήτων ΚΓ στην αγορά ως προϊόν, αλλά θα πρέπει να τηρούνται μια σειρά από άλλες απαιτήσεις που να συνάδουν και με τους επιδιωκόμενους στόχους και να διαφυλάσσεται η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας στο σύνολο τους.

Όταν οι ηγέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσυπόγραψαν την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία το 2019 θεωρήθηκε ακόμα ένα βήμα προς τα εμπρός για επίτευξη της βιωσιμότητας, του περιορισμού και αναχαίτισης των δυσοίωνων προβλέψεων για την κλιματική αλλαγή και προς την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος.

Το Μάρτη του 2020 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε ένα σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία με στόχο μια πιο καθαρή και πιο ανταγωνιστική Ευρώπη που θα εξυπηρετεί τον παραγωγό, τον κατασκευαστή, τον καταναλωτή αλλά και το διαχειριστή των εν δυνάμει αποβλήτων. Αφού έγιναν κατανοητοί όλοι οι περιβαλλοντικοί και ανθρωπίνους κίνδυνοι που ελλοχεύουν από το μοντέλο της γραμμικής οικονομίας θεσπίστηκε ένα σχέδιο δράσης με κατεύθυνση της αειφορίας, το συνετό τρόπο διαχείρισης των πόρων και των αποβλήτων, τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα αλλά και άμεση στροφή προς την κυκλικότητα.

Η στροφή σε ένα βιώσιμο οικονομικό μοντέλο είναι μονόδρομος και αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της νέας βιομηχανικής στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μέσω των δράσεων της Στρατηγικής της Κυκλικής Οικονομίας θα παρέχονται στους πολίτες ασφαλή και υψηλής ποιότητας προϊόντα και θα είναι οικονομικά προσιτά, αποδοτικά, θα έχουν διάρκεια και θα είναι κατασκευασμένα για επαναχρησιμοποίηση, επισκευή και ανακύκλωση. Η Στρατηγική εξυπηρετεί και το μετασχηματισμό που απαιτείται μέσω της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και θέτει ως βάση τα βιώσιμα επιχειρηματικά μοντέλα αλλά και την αλλαγή των καταναλωτικών προτύπων για να μην παράγονται απόβλητα.

Η οδηγία πλαίσιο εξηγεί πότε τα απόβλητα παύουν να είναι απόβλητα και γίνονται δευτερεύουσα πρώτη ύλη καθώς και πως γίνεται διάκριση μεταξύ αποβλήτων και υποπροϊόντων. Η διαδικασία αυτή αποσαφηνίζεται μέσω των κριτηρίων αποχαρακτηρισμού των αποβλήτων. Περαιτέρω ανάλυση για τα κριτήρια αποχαρακτηρισμού των αποβλήτων γίνεται στο Κεφάλαιο Μεθοδολογία.

Η τροποποιητική οδηγία αναβαθμίζει περαιτέρω την οδηγία πλαίσιο και υπογραμμίζει την ανάγκη βιωσιμότητας και εστιάζει σε όρους όπως κυκλική οικονομία και βιοοικονομία. Αναφέρεται και στις πολιτικές αποφάσεις που χρειάζεται να παρθούν από τα Κράτη Μέλη για να επιτευχθούν οι στόχοι και υπογραμμίζει ότι χρειάζεται να υπάρξει καινοτομία, περιορισμός επικίνδυνων ουσιών σε υλικά και προϊόντα, ακολούθηση της

αντεστραμμένης πυραμίδας ιεράρχησης αποβλήτων και ορισμός μετρήσιμων δεικτών και στόχων.

Ο κατάλογος των αποβλήτων τροποποιήθηκε με την απόφαση 2001/573/ΕΚ του Συμβουλίου. Ο Κανονισμός 157/2003, γνωστός και ως Κατάλογος Αποβλήτων, θεσπίστηκε από την Κυπριακή Δημοκρατία προκειμένου να εγκριθεί ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (Απόφαση της Επιτροπής 2000/532/ΕΚ).

Ξεκαθαρίζεται ότι δεν υπάρχει ένα κοινό πλαίσιο αποχαρακτηρισμού αποβλήτων αλλά αυτό εξαρτάται και καθορίζεται ανάλογα με την κατηγορία αποβλήτων που θα τύχουν επεξεργασίας, αλλά και τη εν δυνάμει παραγωγή δευτερογενούς προϊόντος όπως και την εφαρμογή του, το που δηλαδή θα χρησιμοποιηθεί (JRC, 2008). Τα υλικά εισόδου, οι διαδικασίες και οι τεχνικές, η πρακτική ελέγχου ποιότητας, η κατάσταση του προϊόντος και οι πιθανές εφαρμογές ή χρήσεις, πρέπει να εξετάζονται ξεχωριστά ή συνολικά για να υπάρχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον (JRC, 2008, Zorpas et al., 2015). Το EWC θα πρέπει να αποτελεί προϋπόθεση για κάθε είδος αποβλήτου που προορίζεται να είναι επανατροφοδοτηθεί σε οποιαδήποτε βιομηχανική διαδικασία και σε οποιοδήποτε προϊόν σχεδιάζεται να παραχθεί, καθώς διασφαλίζει τη μη επικινδυνότητα του ως προς την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Με τον αποχαρακτηρισμό ενός αποβλήτου αυτό παύει να θεωρείται ως τέτοιο και μπορεί να διακινηθεί στην αγορά ως προϊόν αφού έχει πρώτα διασφαλίσει προστασία του περιβάλλοντος και συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση κατανάλωσης φυσικών πόρων μειώνοντας παράλληλα τις ποσότητες αποβλήτων προς διάθεση. Ο αποχαρακτηρισμός του αποβλήτου βοηθά προς την κατεύθυνση να ξεκαθαριστεί πότε ένα υλικό μπορεί να ανακυκλωθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί και μπορεί να περιορίσει την αντικειμενική δυσκολία ότι μεταξύ των χωρών δεν υπάρχει πάντοτε συμφωνία στο πότε παύει ακριβώς να θεωρείται ως τέτοιο.

Επίσης, μέσω της υιοθέτησης μιας επιτυχούς διαδικασίας αποχαρακτηρισμού εξασφαλίζεται ότι η ποιότητα του υλικού που εξάγεται μπορεί να επανεπαιτωθεί στην αγορά διασφαλίζοντας παράλληλα την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Παρόλο που μέσω του οδηγού για τον αποχαρακτηρισμό αποβλήτων υπάρχει υπόθεση εργασίας που αφορά τα αδρανή υλικά, εντούτοις συμπεραίνεται ότι θα πρέπει να υπάρχει ξεχωριστή διαδικασία αποχαρακτηρισμού αναλόγως αποβλήτου.

Για να μπορέσει η προσπάθεια του αποχαρακτηρισμού του αποβλήτου να στεφθεί με επιτυχία θα πρέπει να πληρούνται αυστηρές προϋποθέσεις. Κάποιες ροές αποβλήτων έχουν ετερογενή σύσταση με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον με πιθανή απελευθέρωση συγκεκριμένων επιβλαβών ουσιών. Εάν εντοπιστεί κάτι τέτοιο η διαδικασία θα πρέπει να θέσει περιορισμούς, όπως για παράδειγμα εάν πρέπει το απόβλητο να ελεγχθεί στην πηγή ή στο στάδιο της επεξεργασίας για να μπορούν να αποκλειστούν εν δυνάμει επιβλαβείς ουσίες. Νοείται ότι θα πρέπει να διενεργείται έλεγχος σε διάφορες παραμέτρους του αποχαρακτηρισμένου αποβλήτου (αναλόγως με το πως θα χρησιμοποιηθεί), έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι θα παραχθεί ένα ποιοτικό προϊόν ανταγωνίσιμο στην αγορά. Αυτό επίσης μπορεί να διασφαλιστεί και μέσω της συμμόρφωσης του με τα υπάρχοντα πρότυπα ποιότητας και τις απαιτήσεις τους.

Για να αποχαρακτηριστεί το στερεό απόβλητο που εξέρχεται μετά από την επεξεργασία στη μονάδα TCC πρέπει να υπολογιστούν συγκεκριμένες παράμετροι. Η επιλογή των παραμέτρων έγινε μέσω μεθοδολογίας από τα πρότυπα ποιότητας - ISO 5663, 1984; ISO 12185, 1996; ISO 3733, 1999; ISO 6245, 2001; ISO 14596, 2007; ISO 8217, 2017.

Για να είναι δυνατόν να υπάρξουν όσο πιο ακριβή και ασφαλή συμπεράσματα και να παρατεθούν προς σχολιασμό και συζήτηση στα κεφάλαια των αποτελεσμάτων και της συζήτησης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα δεδομένα. Η μεταπτυχιακή διατριβή έχοντας ως προμετωπίδα της στροφή στην κυκλική οικονομία, τη βελτιστοποίηση της

διαδικασίας διαχείρισης αποβλήτων ΚΓ και πιο συγκεκριμένα τον αποχαρακτηρισμό τους και την επανεισδοχή τους στην αγορά ως προϊόν.

Ο αποχαρακτηρισμός των αποβλήτων πρώτιστα πρέπει να διασφαλίζει τη διαφύλαξη της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος και έτσι πρέπει να ληφθεί υπόψη η περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική πτυχή του ζητήματος. Μέσω της μεθόδου SWOT analysis συνυπολογίζονται οι 3 πυλώνες αειφορίας και εντοπίζονται τα δυνατά και αδύνατα σημεία, οι απειλές και ευκαιρίες (Samejima et al, 2006) που προκύπτουν μέσα από ένα εν δυνάμει αποχαρακτηρισμό των αποβλήτων ΚΓ.

Η μέθοδος θερμικής εκρόφησης είναι η μοναδική αδειοδοτημένη γραμμή παραγωγής από το Τμήμα Περιβάλλοντος και περιλαμβάνεται στην άδεια διαχείρισης, όπως και στην άδεια βιομηχανικών εκπομπών της εταιρείας. Πιο συγκεκριμένα, η γραμμή θερμικής εκρόφησης περιλαμβάνει τη μονάδα TCC που επεξεργάζεται τα ΚΓ από την Κυπριακή ΑΟΖ.

Όλες οι πληροφορίες και αναλύσεις που καταγράφονται στο υποκεφάλαιο 4.1, όπου επεξηγείται ο τρόπος λειτουργίας της μονάδας TCC και η λεπτομερής επεξεργασία που τυγχάνουν τα ΚΓ, λήφθηκαν από το εγχειρίδιο λειτουργίας της κατασκευάστριας εταιρείας M-I SWACO που ανήκει στον πολυεθνικό κολοσσό Schlumberger που δραστηριοποιείται στη βιομηχανία υδρογονανθράκων. Η διαδικασία λειτουργίας εξηγήθηκε και επιτόπου στον ερευνητή από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης για να γίνει πιο κατανοητή η ανασκόπηση του εγχειριδίου λειτουργίας.

Το Διάγραμμα 2 παρουσιάζει το διάγραμμα ροής του TCC όπως ακριβώς βρίσκεται στην αδειοδοτημένη μονάδα διαχείρισης αποβλήτων ΚΓ, προσδιορίζοντας τις βασικές του λειτουργίες. Σύμφωνα με τους Huang et al. (2018) η λειτουργία του TCC βασίζεται στην παραγωγή θερμότητας. Η κυριότερη διεργασία που επιτυγχάνεται μέσω του TCC είναι ο διαχωρισμός της υγρής φάσης (λάδι) από τη στερεή (ΚΓ) υπό αναερόβιες συνθήκες θέρμανσης.

Ο βασικός εξοπλισμός της μονάδας TCC αποτελείται από το σύστημα τροφοδοσίας (χοάνη εισαγωγής), μύλο μηχανικής θερμικής εκρόφησης, κυκλώνα κατακράτησης σκόνης και οξειδωτή οσμών με σύστημα εξαγωγής στερεού, καθαριστή λαδιού, συμπυκνωτή λαδιού, συμπυκνωτή ατμού, διαχωριστή λαδιού/νερού, σύστημα ψύξης οργανικών ενώσεων (πετρελαιοειδών), πρωτογενείς και δευτερεύοντες μετακομιστές ψύξης, μύλο ενυδάτωσης, μονάδα παραγωγής αζώτου PSA.

Η μονάδα TCC παρέχει το πλεονέκτημα της ανάκτησης υδρογονανθράκων από ρυπασμένες λάσπες και χώματα με έμμεση διοχέτευση θερμότητας στο απόβλητο μέσω μηχανικού μύλου τριβής. Συγκεκριμένα, το απόβλητο απορροφά ενέργεια μέσω τριβής κατά την κυκλοφορία του στον μηχανικό μύλο. Ο μύλος επιτυγχάνει την ανάπτυξη θερμοκρασιών σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα μερικών λεπτών.

Όπως ορίζεται μέσα από σειρά νομοθετικών ρυθμίσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης κάθε απόβλητο, έτσι και τα απόβλητα γεωτρήσεων, χαρακτηρίζονται και περιγράφονται μέσα από τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων, λαμβάνοντας τον αντίστοιχο εξαψήφιο κωδικό αριθμό όπως καθορίζει η απόφαση 2014/955/ΕΕ. Τα ΚΓ ελαιώδους βάσης έχουν κατηγοριοποιηθεί με τον κωδικό 01 05 05 - λάσπες και απόβλητα από γεώτρηση που περιέχουν πετρέλαιο.

Τα βασικά απόβλητα που προκύπτουν από τη γεωτρητική διαδικασία εντός της Κυπριακής ΑΟΖ παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 ενώ στον Πίνακα 4 καταγράφονται τα υποπροϊόντα που παράγονται μετά τη διαδικασία επεξεργασίας. Η μεταπτυχιακή διατριβή επικεντρώνεται στο απόβλητο με εξαψήφιο κωδικό 19 03 04* - Απόβλητα που σημειώνονται ως επικίνδυνα, μερικώς σταθεροποιημένα, πλην του σημείου 19 03 08 - και αφορά το στερεό που εξέρχεται μετά την επεξεργασία των ΚΓ μέσω της μεθόδου θερμικής εκρόφησης, και πιο συγκεκριμένα μέσω της μονάδας Thermomechanical Cuttings Cleaner (TCC).

Υπάρχει ένας αριθμός από υπάρχουσες επιλογές διαχείρισης αποβλήτων γεώτρησης που εφαρμόζονται, όπως είναι η διάθεση τους στη θάλασσα (Black, 2019), η ταφή ή η εκ νέου τοποθέτηση τους στο σημείο της γεώτρησης (Ismail et al., 2017). Το Διάγραμμα 3 περιγράφει σχηματικά τις επιλογές διαχείρισης που περιγράφονται αναλυτικά πιο κάτω.

Η έγχυση των ΚΓ που έχουν εξορυχθεί πίσω στα φρεάτια είναι μια από τις γνωστές τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων. Η διαδικασία προνοεί το άλεσμα των καταλοίπων γεωτρήσεων και έλεγχο μέσω της εξέδρας ελέγχου ότι είναι μικρότερα από 300mm (Saasen et al., 2001).

Η υπάρχουσα πρακτική διαχείρισης αποβλήτων που εφαρμόζεται τώρα στην Κύπρο για τη διαχείριση των ΚΓ περιγράφεται στο Διάγραμμα 2. Τα απόβλητα γεώτρησης συλλέγονται και μεταφέρονται στη μονάδα επεξεργασίας και το μανιφέστο μεταφοράς χερσαίων αποβλήτων για κάθε φρεάτιο γεώτρησης συμπληρώνεται όπως περιγράφει ο Πίνακας 5.

Στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων και της συζήτησης παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων του δείγματος που έχει ληφθεί για τους σκοπούς της μελέτης της μεταπτυχιακής διατριβής και ταυτόχρονα συγκρίνονται με τα όρια των παραμέτρων όπως ορίζονται από τα πρότυπα ποιότητας EN 13043:2002, EN 12620:2002, EN 13242:2002. Εκεί και όπου δεν απαιτούνται συγκεκριμένα όρια, όπως για παράδειγμα για PCBs και PAHs λαμβάνονται υπόψη υφιστάμενες πρακτικές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή που λειτουργούν σήμερα σε άλλες χώρες.

Με βάση τα πραγματικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί και αφορούν τα απόβλητα που έχουν παραχθεί κατά τη διεξαγωγή των ερευνητικών γεωτρήσεων στην Κυπριακή ΑΟΖ, έχει υπολογιστεί μια σειρά από διαφορετικούς παραμέτρους που βοηθούν στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, όπως για παράδειγμα η μέση παραγωγή των κύριων ρευμάτων αποβλήτων, το μέσο βάθος, η συνάρτηση μέσης ποσότητας παραγόμενων αποβλήτων με το βάθος και άλλα.

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ανακτηθέντων απόβλητων νερού που περιέχουν άλας, καθώς του ανακτηθέντος λαδιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Στον ίδιο πίνακα αναγράφονται λεπτομέρειες και για τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά από την ελαιώδη λάσπη γεωτρήσεων όπως αυτά των ΚΓ.

Τα απόβλητα νερού χαρακτηρίζονται από ένα καφέ έως μαύρο χρώμα και έχουν υψηλή συγκέντρωση στερεών και ελαίων. Η συγκέντρωση νερού στο συγκεκριμένο απόβλητο μπορεί να φτάσει μέχρι και το 95% v/v και για να διαχωριστεί η υγρή από τη στερεή φάση χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες, όπως πολυηλεκτρολύτες. Τόσο η στερεή, όσο και η υγρή φάση επιβάλλεται να προχωρήσουν σε περαιτέρω επεξεργασία.

Το στερεό υπόλειμμα ακολουθεί την παραγωγική διαδικασία μέσω της μονάδας TCC (Διάγραμμα 2), ενώ το υγρό μεταφέρεται σε αδειοδοτημένες εταιρείες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων για περαιτέρω επεξεργασία.

Λαμβάνοντας υπόψη τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του στερεού αποβλήτου που εξέρχεται από την επεξεργασία TCC, όπως αναγράφονται στον Πίνακα 7, το στερεό απόβλητο είναι εντός των ορίων των προτεινόμενων προτύπων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε έργα πολιτικής μηχανικής όπως περιγράφονται στο καθένα από τα προτεινόμενα ευρωπαϊκά πρότυπα. Επιπλέον, τα τρία Ευρωπαϊκά Πρότυπα ορίζουν ότι, για τις περισσότερες παραμέτρους όπως βαρέα μέταλλα, PAH, PCB, τριαλομεθάνια και άλλα, για οποιοδήποτε ανακυκλώσιμο υλικό πρέπει να δηλώνονται ως μέρος της διαδικασίας της κυκλικής οικονομίας, προκειμένου να πληρούνται οι απαιτήσεις της αγοράς και τα εθνικά πρότυπα και/ή νομοθεσίες, εάν υπάρχουν (EN 13043:2002, EN 13242:2002 και EN 12620:2000). Τα χλωριούχα και τριαλομεθάνια, στην πρώτη ύλη πριν την επεξεργασία TCC κυμαίνονται από 479 έως 1580 mg/kg ενώ στο εξερχόμενο στερεό υλικό δεν ανιχνεύονται, γεγονός που δείχνει ότι η διαδικασία TCC είναι μια φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση καθώς μπορεί να καταστρέψει όλες τις επικίνδυνες ουσίες. Το αποτέλεσμα δείχνει ότι η διαδικασία TCC δεν αντιτίθεται στη

φιλοσοφία της κυκλικής οικονομίας, καθώς η κυκλικότητα των υλικών βασίζεται και εξαρτάται από τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, εάν μπορούν να δηλωθούν.

Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ΚΓ αφού τύχουν επεξεργασίας από το TCC, και επιπλέον παραθέτει στοιχεία και από άλλες σχετικές μελέτες που έχουν γίνει με βάση το ίδιο αντικείμενο (Leonard, Stegemann, 2010; Kogbara et al., 2016; Khodadadi et al., 2020). Η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων σχετίζεται στενά με τον γεωλογικό σχηματισμό της περιοχής έρευνας. Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει γνώση της συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων καθώς βοηθά στον εντοπισμό κάθε πιθανού κινδύνου σε περίπτωση απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον. Στην περίπτωση των απαιτήσεων του EN 13043: 2002 (European Standard, 2002b) τα ΚΓ μετά την επεξεργασία τους μέσω TCC δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην οδική επεξεργασία λόγω της υψηλής συγκέντρωσης όλων των βαρέων μετάλλων,, καθώς υπάρχει μεγάλη πιθανότητα απελευθέρωσης των μετάλλων στο περιβάλλον σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης (Kayhanian, Borroum, 2000; Lee et al., 2004; Zorpas et al., 2015c).

Η θερμογόνο δύναμη των ΚΓ μετά την επεξεργασία τους από το TCC είναι εξαιρετικά υψηλή και παρουσιάζεται στον Πίνακα 11. Μέσω του εξαχθέντος αποτελέσματος αποδεικνύονται οι δυνατότητες του στο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως εναλλακτικό καύσιμο, αντικαθιστώντας τον άνθρακα στην τσιμεντοβιομηχανία. Η θερμογόνο αξία των ΚΓ μετά την επεξεργασία τους από το TCC είναι $141 \pm 25 \text{ kJ} / 100 \text{ γρ}$. Η θερμογόνο δύναμη από το λάδι πυρόλυσης ελαστικών (το οποίο αποχαρακτηρίστηκε για να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικό καύσιμο σε κινητήρα εσωτερικής συμπίκνωσης για αντικατάσταση ελαφρού μαζούτ) ήταν $44,8 \text{ MJ/kg}$ (Antonίου, Zorpas, 2019). Συγκρίνοντας το με τον ασφαλούχο άνθρακα (28 MJ/kg) και τον ξυλάνθρακα (30 MJ/kg) η θερμογόνο δύναμη των επεξεργασμένων ΚΓ μέσω TCC είναι υψηλότερη και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως στερεό καύσιμο σε βιομηχανικούς κλιβάνους και σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας (Cheng-Wang et al., 2016). Σε περίπτωση επιλογής χρήσης ως εναλλακτικό καύσιμο θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιοι συγκεκριμένες μετρήσιμες παράμετροι όπως είναι το επίπεδο συγκέντρωσης χλωρίου, καθώς οι διοξίνες θα μπορούσαν να είναι ένα από τα υποπροϊόντα (Cunliffe, Williams, 1998, Roy et al., 1999, Antonίου and Zorpas, 2019). Το λάδι πυρόλυσης ελαστικών στους $600 \text{ }^\circ\text{C}$ έχει συγκέντρωση χλωρίου έως 100 mg/l

(Cunliffe, Williams, 1998) ενώ στους 520 °C οι συγκεντρώσεις χλωρίου είναι μέχρι 130 mg/l (Roy et al., 1999).

Στην περίπτωση που τα ΚΓ μετά από επεξεργασία TCC χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή τσιμέντου (αν και τα προηγούμενα ευρωπαϊκά πρότυπα δεν περιλαμβάνουν απαιτήσεις και όρια που πρέπει να πληρούνται για το τσιμέντο παραγωγής), θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ένα συγκεκριμένο όριο για τα PCB, έστω και αν τα ευρωπαϊκά πρότυπα που έχουν αναφερθεί δεν θέτουν οποιαδήποτε απαίτηση ή όριο που δύναται να υπάρχουν στην παραγωγή τσιμέντου. Το όριο των 5 mg/l έχει προταθεί, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 9. Το προτεινόμενο όριο συμφωνεί με βάση το Πρωτόκολλο Ποιότητας Επεξεργασμένου Μαζούτ που είναι εγκεκριμένο από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Βόρειας Ιρλανδίας και την Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Σκωτίας, επειδή υπήρχε ανάγκη να υποδειχθεί ένα συγκεκριμένο όριο για τα PCB, καθώς σε αρκετές περιπτώσεις υπήρχε παράνομη χρήση σε κινητήρες εσωτερικής καύσης του επεξεργασμένου μαζούτ αναμειγμένο με καύσιμα (NIEA, 2011, SEPA, 2012).

Η στερεοποίηση/σταθεροποίηση (Σ/Σ) είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως για την επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων (Conner, Hoeffner, 1998; TrussellSpence, 1994· Bennett, 2005, Shi, Fernandez-Jimenez, 2006· Leonard and Stegemann, 2010; Senneca et al., 2020) και ταυτόχρονα όταν χρησιμοποιείται ως βάση το τσιμέντο θεωρείται ως μέθοδος χαμηλού κόστους, καθώς και χρονικά αποδοτική (Roy, Stegemann, 2017).

Γενικά, η διαδικασία αποχαρακτηρισμού ενός αποβλήτου, τα πρωτόκολλα ποιότητας και οι πολιτικές που εκπορεύονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και δεσμεύουν τα κράτη μέλη εμβαθύνουν τη συζήτηση σχετικά με το ποια απόβλητα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν από τη βιομηχανία, επιτρέποντας στα ανακτημένα προϊόντα να επαναχρησιμοποιούνται χωρίς να υπάρχει ανάγκη για οποιοδήποτε επιπλέον έλεγχο του αφού πρώτα έχει εξασφαλιστεί η ποιότητα του αλλά και η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.

Τα απόβλητα ΚΓ είναι ένα χαρακτηριστικό στερεό απόβλητο μηχανικής που αποτελεί μια σημαντική πηγή ρύπων που μπορούν να επιφέρουν αρνητικές συνέπειες ως προς τη διατήρηση του περιβάλλοντος, τόσο στην πηγή παραγωγής τους όσο και μακριά από αυτήν αν δεν τύχουν της ενδεδειγμένης διαχείρισης. Αρκετές μελέτες προτείνουν την εφαρμογή της μεθόδου Σ/Σ ως μιας εναλλακτικής μεθόδου επεξεργασίας αποβλήτων των συγκεκριμένων ροών. Αν και υπάρχουν επιστημονικά στοιχεία και πειστήρια ότι τα απόβλητα ΚΓ θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για έργα πολιτικής μηχανικής, αυτά δεν τυγχάνουν της συγκεκριμένης χρήσης καθώς δεν βασίζονται σε συγκεκριμένα κριτήρια αποχαρακτηρισμού αποβλήτων. Επίσης, το τελικό προϊόν δεν ακολουθεί ισχυρά πρωτόκολλα, έστω αν και πολλά Ευρωπαϊκά Πρότυπα έχουν προτείνει φυσικοχημικά όρια για τις πρώτες ύλες πριν από οποιαδήποτε εφαρμογή.

Η μεταπτυχιακή διατριβή είχε να αντιμετωπίσει και αντικειμενικές δυσκολίες καθώς καταπιάνεται με ένα πολύ συγκεκριμένο θέμα και ένα ειδικό ρεύμα αποβλήτων για το οποίο υπάρχουν περιορισμένες διαθέσιμες πληροφορίες. Με βάση τη βιβλιογραφία δεν έχουν γίνει μελέτες, ή τουλάχιστον δεν έχουν γίνει γνωστές, μελέτες που να ερευνούν το ζήτημα αποχαρακτηρισμού ΚΓ και να επιχειρούν να συντάξουν ένα πρωτόκολλο ποιότητας που να διέπει τη διαδικασία. Η έρευνα στηρίζεται στα στοιχεία που έχουν παρθεί απευθείας από τη μοναδική αδειοδοτημένη εταιρεία στην Κύπρο που ασχολείται με τη διαχείριση αποβλήτων γεωτρήσεων και θεωρούνται αξιόπιστα αλλά κατέστη αδύνατο να βρεθούν παρόμοια στοιχεία που να αφορούν τις ίδιες ροές αποβλήτων και να αναφέρονται σε άλλες χώρες. Για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής χρειάζεται βαθιά κατανόηση της παραγωγικής διαδικασίας, του τρόπου παραγωγής και διαχείρισης των αποβλήτων και εξοικείωση με όρους και τεχνολογίες που δεν είναι ευρέως διαδεδομένες. Η μονάδα TCC που λειτουργεί στην Κύπρο είναι μια από τις πολύ λίγες μονάδες που λειτουργούν παγκόσμια και χρειάζεται καταρτισμένο προσωπικό για να μπορέσει να εργαστεί με βάση τις προδιαγραφές της. Εμπόδιο μπορεί να χαρακτηριστεί και η παντελής έλλειψη στρατηγικής από πλευράς Κυπριακής Δημοκρατίας καθώς τα απόβλητα γεωτρήσεων, και πιο συγκεκριμένα τα ΚΓ, αναγνωρίζονται απλά ως ένα ακόμα ρεύμα επικίνδυνων αποβλήτων. Η μόνη ουσιαστική πολιτική που ασκείται από μέρους της Δημοκρατίας είναι η θέσπιση πολιτικής για μηδενική απόρριψη αποβλήτων γεωτρήσεων στη Μεσόγειο αλλά κανένα άλλο πλάνο

πέρα από αυτό. Με αυτά τα δεδομένα το εμπόδιο για θέσπιση κριτηρίων αποχαρκτηρισμού και θέσπισης πρωτοκόλλου ποιότητας είναι ακόμα πιο ψηλό.

Αν και οι τεχνικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά των ανακυκλωμένων ή των δευτερογενών αδρανών ίσως να είναι και καλύτερα από αυτά των πρώτων υλών, θα πρέπει να υπάρξουν προδιαγραφές CE, έτσι ώστε να μπορεί να κερδηθεί η εμπιστοσύνη στα νέα προϊόντα. Η ανάγκη αυτή είναι επιβεβλημένη καθώς υπάρχει, δικαιολογημένος, σκεπτικισμός ιδιαίτερα όταν αυτά τα προϊόντα παράγονται που προέρχονται από επικίνδυνα απόβλητα. Έχοντας όλα τα δεδομένα εν όψει και γνωρίζοντας όλα τα χαρακτηριστικά που καθορίζονται από τα κριτήρια αποχαρκτηρισμού του αποβλήτου όπως και την ύπαρξη πρωτοκόλλων ποιότητας που να επιτρέπουν στους φορείς ανακύκλωσης να επαναχρησιμοποιούν τυχόν απόβλητα υλικά, μπορεί να γίνει ασφαλή χρήση τους προσφέροντας ασφάλεια στην παραγωγική διαδικασία, στην καταναλωτική συμπεριφορά και γενικότερα συνεισφέρει στη φιλοσοφία της Στρατηγικής της Κυκλικής Οικονομίας.

Η ασφάλεια στην παραγωγική διαδικασία και στην καταναλωτική συμπεριφορά δίνει τη δυνατότητα χρήσης των δευτερογενών προϊόντων μη έχοντας ανησυχίες για την τεχνική ή άλλη ασφάλεια. Αυτόματα συνεπάγεται ότι η χρήση αυτών των υλικών, που μέχρι σήμερα θεωρούνται απόβλητα ή δεν τυχάνουν της βέλτιστης διαχείρισης, συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων, σκοπών και πολιτικών της Στρατηγικής της Κυκλικής Οικονομίας προστατεύοντας παράλληλα το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως προτεραιότητα την επίτευξη των στόχων που έχει θέσει για το περιβάλλον ως προτεραιότητα. Οι περιβαλλοντικοί στόχοι όμως δεν είναι ανεξάρτητοι από τους οικονομικούς και κατά συνέπεια από τους κοινωνικούς καθώς είναι αλληλένδετοι μεταξύ τους. Για αυτό και η Στρατηγική Κυκλικής Οικονομίας όπως και η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία θέτουν στόχους περιβαλλοντικούς αλλά, ταυτόχρονα, καθοδηγούν την αγορά και σε οικονομικές εξοικονομήσεις μέσω της πρόληψης, ελαχιστοποίησης, επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης, ανάκτησης και τελευταία επιλογή τη διάθεση αποβλήτων

Ο επίδοξος στόχος της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη, κατανόηση και ανάλυση των αποβλήτων ΚΓ έτσι ώστε να μπορούν να προταθούν κριτήρια αποχαρακτηρισμού τους και τη θέσπιση αποδεκτών πρωτοκόλλων ποιότητας που να διέπουν τη διαδικασία για χρήση τους ως προϊόν, πλέον, ως αδρανή.

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι με βάση τις μετρήσιμες παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν υπόψη, τα ΚΓ αφού τύχουν της ενδεδειγμένης διαχείρισης έχουν όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που τους επιτρέπουν να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή για σε έργα πολιτικής μηχανικής, παραγωγής σκυροδέματος, ασφαλτομιγμάτων, επιφανειακών επιστρώσεων δρόμων, παραγωγή κονιάματος ή ακόμα και να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικό καύσιμο προς αντικατάσταση του άνθρακα στη τσιμεντοβιομηχανία.

Νοείται ότι για να χαρακτηριστεί η όλη διαδικασία ως επιτυχής θα πρέπει να προκύψει ένα αποδεκτό πρότυπο ποιότητας και το νέο προϊόν να φέρει τη σήμανση CE, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητα, η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, όπως επίσης και να εξαλείψει κάθε καχυποψία που πιθανόν να προκύπτει από το γεγονός ότι το προϊόν παράγεται από επικίνδυνα απόβλητα.

Μέσω της διαδικασίας του αποχαρακτηρισμού των ΚΓ επιτυγχάνονται παράλληλοι και πολλαπλοί στόχοι, αφού ταυτόχρονα εξυπηρετείται η φιλοσοφία της κυκλική οικονομίας και της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας που στοχεύουν στην κλιματική ουδετερότητα μέχρι το 2050, όπως επίσης και σε περιβαλλοντικούς στόχους όπως η μείωση και επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων, η ανάκτηση ενέργειας και γενικότερα η συνετή / ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση των πόρων μέσω καινοτόμων και βιώσιμων λύσεων.

Ο αποχαρακτηρισμός των ΚΓ θα λύσει ένα υπαρκτό πρόβλημα που αφορά το παγκόσμιο, καθώς η βιομηχανία εξόρυξης υδρογονανθράκων έχει γιγαντωθεί τις τελευταίες

δεκαετίες και οι γεωτρήσεις πολλαπλασιάζονται χρόνο με το χρόνο, αφού η ανακάλυψη κοιτασμάτων φυσικού αερίου εξυπηρετεί τους περιβαλλοντικούς σκοπούς με την εκπομπή λιγότερων ρύπων σε σχέση με το πετρέλαιο αλλά και τους οικονομικούς αφού έχει μειωμένο λειτουργικό κόστος. Η βιομηχανία, που προφανώς έχουν αυξημένες οικονομικές ευαισθησίες, προκρίνουν αυτή την επιλογή με φυσικό συνεπακόλουθο τα παραγόμενα απόβλητα να αποτελούν ένα πραγματικό υπαρκτό πρόβλημα και να χρειάζεται να τύχουν πιο ορθολογικής διαχείρισης από ότι σήμερα.

Το όλο εγχείρημα της μεταπτυχιακής διατριβής συμβαδίζει και ικανοποιεί τα κείμενα πολιτικής των Ηνωμένων Εθνών «Ατζέντα 2030» που παραθέτει 17 στόχους βιώσιμης ανάπτυξης που συμβάλουν θετικά στον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Παρόλο που υπάρχουν τρωτά σημεία στην όλη διαδικασία και έχουν καταγραφεί στην ανάλυση SWOT, δε θεωρούνται ανυπέρβλητα ή τέτοιας σημαντικότητας που να οδηγήσει το εγχείρημα σε αποτυχία.

Τέλος, θα ήταν υπερβολή ο ισχυρισμός ότι με την εφαρμογή της διαδικασίας του αποχαρακτηρισμού και της χρήσης των δευτερευόντων προϊόντων στην παραγωγική διαδικασία θα έλυσε το πρόβλημα. Σε καμία περίπτωση δε θα ήταν υπερβολή ο ισχυρισμός πως αν τα αποτελέσματα της μεταπτυχιακής διατριβής γίνουν αποδεκτά από το σύνολο των χωρών αλλά και εφαρμοστούν στην πράξη τότε θα γίνει μια σημαντική μεταστροφή προς την κυκλική οικονομία ως προς τα απόβλητα ΚΓ, καθώς αφορά χιλιάδες τόνους αποβλήτου παγκοσμίως και τη χρήση μιας εναλλακτικής λύσης διαχείρισης και εκμετάλλευσης ΚΓ, εκτός την ταφή ή απόρριψη τους που προκαλούν αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα.

Η στροφή προς την πράσινη ανάπτυξη αποτελεί μονόδρομο στη σύγχρονη κοινωνία και οικονομία. Οι περιβαλλοντικοί στόχοι είναι άκρως συνυφασμένοι με τους οικονομικούς και κοινωνικούς και όσο το συντομότερο γίνει η μεταστροφή και συμμόρφωση των οικονομιών και κυρίως των βιομηχανιών προς αυτή την κατεύθυνση, τόσο το καλύτερο για τη διαφύλαξη του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση

φαίνεται να το κατανόησε και προσπαθεί να το «επιβάλει» στα κράτη μέλη μέσω των πολιτικών της, όποιο και αν είναι το πραγματικό της κίνητρο.

Βιβλιογραφία

Abbe, O.E., Grimes, S.M., Fowler, G.D., 2011. Decision support for the management of oil well drill cuttings. *Proc. Inst. Civ. Eng. Waste Resour. Manag* 164 (4), 213–220.

Above, M. A. and Bankole, S. I. (2018) 'Petroleum Industry Activities and Climate Change: Global to National Perspective', *The Political Ecology of Oil and Gas Activities in the Nigerian Aquatic Ecosystem*. Academic Press, pp. 277–292. doi: 10.1016/B978-0-12-809399-3.00018-5.

Altwickler, E.R., 1991. Some laboratory experimental designs for obtaining dynamic property data on dioxins. *Sci. Total Environ.* 104, 47–72.

Antoniou, N., Zorpas, A.A., 2019. Quality protocol development to define end-of-waste criteria for tire pyrolysis oil in the framework of circular economy strategy. *Waste Manag.* 95, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.05.035>

APHA, 2021. Oil and Grease - standard methods for the examination of water and wastewater. www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.107. (Accessed 10 February 2021), 5520, Accessed.

Ayati, B., Molineux, C., Newport, D., Cheeseman, C., 2019. Manufacture and performance of lightweight aggregate from waste drill cuttings. *J. Clean. Prod.* 208, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.134>.

Ball, A.S., Stewart, R.J., Schliephake, K., 2012. A review of the current options for the treatment and safe disposal of drill cuttings. *Waste Mang. Res.* 30, 457–473. <https://doi.org/10.1177/0734242X11419892>.

Barjoveanu, G., De Gisi, S., Casale, R., Todaro, F., Notarnicola, M., Teodosiu, C., 2018. A life cycle assessment study on the stabilization/solidification treatment processes for contaminated marine sediments. *J. Clean. Prod.* 201, 391–402.

Barrett, M.E., Zuber, R.D., Collins, E.R., 1995. Report. A Review and Evaluation of Literature Pertaining to the Quantity and Control of Pollution from Highway Runoff and Construction. Bureau of Engineering Research, the University of Texas at Austin, J.J. Pickle Research Campus, Austin, Texas, vols. 95–5, pp. 1–180.

Barrett, M.E., Irish Jr., L.B., Malina Jr., F.M., Charbeneau, R.I., 1998. Characterization of highway runoff in Austin, Texas area. *J. Environ. Eng.* 124, 131–137.

Bennett, F.G., 2005. Stabilisation and Solidification of hazardous, radioactive and mixed waste. *J. Hazard Mater.* <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.04.034>.

Black, Sea, 2019. Drill cutting disposal – best practicable environmental option. [https://www.erm.com/uklonsv04/London/Projects/0497814 Midia Gas Development/BPEO - Drill Cuttings/Deliverable/MGD Drill Cuttings BPEO Report Rev 2 2Apr19.docx](https://www.erm.com/uklonsv04/London/Projects/0497814%20Midia%20Gas%20Development/BPEO%20-%20Drill%20Cuttings/Deliverable/MGD%20Drill%20Cuttings%20BPEO%20Report%20Rev%202%20Apr19.docx) e.

Brown, J.N., Peake, B.M., 2004. Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff. *Sci. Total Environ.* 359, 145–155.

Burke, C.J., Veil, J.A., 1995. Potential Environmental Benefits from Regulatory Consideration of Synthetic Drilling Muds. US Department of Energy, Illinois, United

States.

Caldwell, J.R., Cote, P., Chao, C.C., 1990. Investigation of solidification for the immobilization of trace organics contaminants. *Hazard Waste Hazard. Mater.* 7, 273–281.

CHC, 2021. Blocks 2,3,6,7,8,9,10,1,12. Available online: <http://chc.com.cy/activities/blocks-6810/>. (Accessed 16 March 2021). Accessed.

Chen, T.L., Lin, S., Lin, Z.S., 2007. An Innovative Utilization of Drilling Wastes as Building Materials. E&P Environmental and Safety Conference, Society of Petroleum Engineers.

Chen, Z., Chen, Z., Yin, F., Wang, G., Chen, H., He, C., Xu, Y., 2017. Supercritical water oxidation of oil-based drill cuttings. *J. Hazard Mater.* 332, 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.03.001>.

Cheng-Wang, W., Chi-Jeng, B., Chi-Tung, L., Samay, P., 2016. Alternative fuel produced from thermal pyrolysis of waste tires and its use in a DI diesel engine. *Appl. Therm. Eng.* 93, 330–338.

Commission Decision, 2014. Of 18 December 2014 amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council (Text with EEA relevance) COMMISSION DECISION - of 18 December 2014 - amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council - (2014/955/EU) (europa.eu). (Accessed 6 June 2021).

Commission Regulation, 2002. Regulation (EC) No 2150/2002 of the European

parliament and of the council of 25 november 2002 on waste statistics. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R2150:20080101:EN:PDF>. (Accessed 6 June 2021) accessed.

Conner, R.J., Hoeffner, L.S., 1998. A critical review of stabilisation/solidification technology. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 28, 397–462.

Cunliffe, A.M., Williams, P.T., 1998. Composition of oils derived from the batch pyrolysis of tyres. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 44, 131–152.

Cyprus Department of Environment, 2019. National greenhouse gas inventory 2019. https://di.unfccc.int/ghg_profile_annex1. (Accessed 18 July 2020). Accessed.

Cyprus Energy Regulatory Authority, 2019. www.cera.org.cy/en-gb/home. (Accessed 18 March 2021).

de Almeida, P.C., de Queiroz Fernandes Araújo, O., Luiz de Medeiros, J., 2017. Managing offshore drill cuttings waste for improved sustainability. *J. Clean. Prod.* 165, 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.062>.

Demetriou, E., Mallouppas, G., Hadjistassou, C., 2021. Embracing carbon neutral electricity and transportation sectors in Cyprus. *Energy* 229. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120625> 0360.

Dobbins, R.A., Fletcher, R.A., Benner Jr., B.A., Hoeft, S., 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbons in flames, in diesel fuels, and in diesel emissions. *Combust. Flame* 144, 773–781.

Drapper, D., Tomlinson, R., Williams, P., 2000. Pollutant concentrations in road runoff:

southeast Queensland case study. *J. Environ. Eng.* 126, 313–320.

Durrieu, J., Bouzet, P., 2004. Seabed recolonisation: N’Kossa case. In: *SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production*, vol. 2004.

D’Adamo, I., Gastaldi, M., Morone, P., 2020. The post COVID-19 green recovery in practice: assessing the profitability of a policy proposal on residential photovoltaic plants. *Energy Pol.* 147, 111910.

D’Adamo, I., Falcone, M.P., Huisingsh, D., Morone, P., 2021. A circular economy model based on biomethane: what are the opportunities for the municipality of Rome and beyond. *Renew. Energy* 163, 1660–1672. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.10.0720960>.

Dyson, R. G. (2004). Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. *European Journal of Operational Research*, 152, 631–640.

Enty, G.S., 2011. Estimation of Drilling Wastes—An Environmental Concern while Drilling Oil and Gas Wells.

European Commission (2000) ‘Commission decision of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of C’, *Official Journal of the European Commission*, L 226(3), pp. 3–24.

European Commission (2018) ‘A sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society (2018) 673 final’. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A52018DC0673>.

European Commission (2019) 'The European Green Deal', European Commission, 53(9), p. 24. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

European Commission (2020) 'A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe'. doi: 10.7312/columbia/9780231167352.003.0015.

European Council (2008) 'Directive 2008/98/CE of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives.', Official Journal of European Union, L312, pp. 1–59. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:01:ES:HTML>.

European Council (2010) 'Directive 2010/75/EU Industrial Emissions', Official Journal of the European Union, L334, pp. 17–119. doi: 10.3000/17252555.L_2010.334.eng.

European Parliament and Council of the European Union (2018) 'Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste', Official Journal of the European Union, (1907), pp. L-150/109–140.

European Standard, 2000. EN 12620:2000, Aggregates for concrete. www.scribd.com/document/242193547/En-12620-2000-Aggregate-for-Concrete.

European Standard, 2002a. EN 13043:2002. Aggregates for Bituminous Mixtures and Surfacing Treatment for Roads, Airfields and Other Trafficked Areas.

European Standard, 2002b. EN 13042:2002. Aggregates for Unbound and Hydraulically Bound Material for Use in Civil Engineering Work and Road Construction.

European Standard, 2002c. EN 197-1:2002. Cement. Composition, Specification and Conformity Criteria for Common Cements.

European Standard, 2002d. EN 13139:2002 Aggregates for Mortar.

European Standard, 2002e. EN 12620:2002. Aggregates for Concrete.

European Standard, 2003. EN 1339:2003. Concrete Paving Flags. Requirements and Test Methods.

European Union, 1998. Directive 98/70/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 1998 relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 93/12/EEC. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9cdbc9b-d814-4e9e-b05d-49dbb7c97ba1.0008.02/DOC_1&format=PDF.

(Accessed 10 June 2021) accessed.

European Union, 2009. DIRECTIVE 2009/30/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and amending Council Directive 1999/32/EC as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC. EN:PDF. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0088:0113>. (Accessed 13 June 2021). accessed.

Fritzsche, K. et al. (2014) 'The vulnerability sourcebook: Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments', Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ, (September 2015), p. 171.

Foroutan, M., Hassan, M.M., Desrosiers, N., Rupnow, T., 2018. Evaluation of the reuse and recycling of drill cuttings in concrete applications. *Construct. Build. Mater.* 164, 400–409.

Freedman, H.M., 1989. *Standard Handbook of Hazardous Waste and Disposal*. McGraw-Hill Book Company, New York.

Gbadebo, A.M.A., Taiwo, A.M.A., Eghele, U.U., 2010. Environmental impacts of drilling mud and cutting wastes from the Igbokoda onshore oil wells, Southwestern Nigeria. *Indian. J. Sci. Technol.* 3 (5), 504–510.

Ghazinoory, S., Abdi, M. and Azadegan-Mehr, M. (2011) 'SSGG metodologija: Praeitias ir ateities analizė', *Journal of Business Economics and Management*, 12(1), pp. 24–48. doi: 10.3846/16111699.2011.555358.

Gumarov, S.M., Shokanov, T.A., Simmons, S., Anokhin, V.V., Benelkadi, S., Ji, L., 2014. Drill cuttings Re-Injection well design and completion: best practices and lessons learned. In: *IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition*, vols. 4–6. March, Fort Worth, Texas, USA. <https://doi.org/10.2118/167987-MS>.

Han, R., Zhou, B., Huang, Y., Lu, X., Li, S., Li, N., 2020. Bibliometric overview of research trends on heavy metal health risks and impacts in 1989-2018. *J. Clean. Prod.* 276, 123249. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.1232490959>.

Hashemi Lalehabadi, S. (2018) 'Legal problems of submarine pipelines in the continental shelf and the exclusive economic zone', *Ocean and Coastal Management*. Elsevier, 163(January), pp. 528–534. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2017.12.023.

Hebatpuria, M.V., Arafat, A.H., Rho, S.H., Bishop, L.P., Pinto, G.N., Buchanan, C.R., 1999. Immobilization of phenol in cement-based solidified/stabilized hazardous wastes using regenerated activated carbon: leaching studies, *J. Hazard. Mater.* 70, pp. 117–138.

Hinisliouglu, S., Auga, E., 2004. Use of waste high density polyethylene as bitumen modifier in asphalt concrete mix. *Mater. Lett.* 58, 267–271.

Hossain, Uzzal, M. d., Wang, L., Chen, L., Daniel, T.W.C., Thomas Ng, S., Poon, C.S., Mechtcherine, V., 2020. Evaluating the environmental impacts of stabilization and solidification technologies for managing hazardous wastes through life cycle assessment: a case study of Hong Kong. *Environ. Int.* 145, 106139. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106139>.

Hu, G., Liu, H., Chen, C., Hou, H., Li, J., Hewage, K., Sadiq, R., 2021. Low-temperature thermal desorption and secure landfill for oil-based drill cuttings management: pollution control, human health risk, and probabilistic cost assessment. *J. Hazard Mater.* 410, 124570. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124570>.

Huang, Zhiqiang, Xu, Ziyang, Quan, Yinhu, Jia, Hui, Li, Jianan, Li, Qianchun, Chen, Zhen, Pu1, Kailun, 2018. A review of treatment methods for oil-based drill cuttings. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 170, 022074.

IOGP. International Association of Oil & Gas Producers, 2016. Environmental Fates and Effects of Ocean Discharge of Drill Cuttings and Associated Drilling Fluids from Offshore Oil and Gas Operations. Report No. 543, p. 144.

IOGP (2016) 'Environmental fates and effects of ocean discharge of drill cuttings', (March), p. 145. Available at: https://www.researchgate.net/publication/299285673_Environmental_Fates_and_Effects_of_Ocean_Discharge_of_Drill_Cuttings_and_Associated_Drilling_Fluids_From_Offshore_Oil_and_Gas_Operations.

IPCC (2013) 'CLIMATE CHANGE 2013 The Physical Science Basis'. Cambridge University Press, pp. 1–1552.

Ismail, R.A., Alias, H.A., Wan Sulaiman, R.W., Jaafar, Z.M., Ismail, I., 2017. Drilling Fluid waste management in drilling form oil and gas wells. *Chem. Engineer. Trans.* 56, 1351–1356. <https://doi.org/10.3303/CET1756226>.

ISO 12185, 1996. Crude petroleum and petroleum products — determination of density — Oscillating U-tube method. www.iso.org/standard/21124.html. (Accessed 14 April 2021) accessed.

ISO 14596, 2007. Petroleum products — determination of sulfur content — Wavelengthdispersive X-ray fluorescence spectrometry. www.iso.org/standard/42636.html. (Accessed 14 April 2021) accessed.

ISO 3733, 1999. Petroleum products and bituminous materials — determination of water — distillation method. www.iso.org/standard/9219.html. (Accessed 14 April 2021) accessed.

ISO 5663, 1984. Water quality- determination of Kjeldahl nitrogen. Method after mineralization with selenium. www.iso.org/standard/11756.html. (Accessed 14 April 2021) accessed.

ISO 6245, 2001. Petroleum Products – Determination of Ash. www.iso.org/standard/31156.html. (Accessed 14 April 2021). accessed.

ISO 8217, 2017. Petroleum Products – Fuels (Class F) Specifications of Marine Fuels.

ISO 9377-2, 2000. Water Quality Determination of Hydrocarbon Oil Index. Part 2 Method Using Solvent Extraction and Gas Chromatography.

Jawitz, J.W., Annable, M.D., Rao, P.S.C., Rhue, A.R., 1998. Field implementation of a Winsor type I surfactant/alcohol mixture for in situsolubilization of a complex LNAPL as a single phase microemulsion. *Environ. Sci. Technol.* 32, 523.

Joshi, R.C., Lohtia, R.P., Achari, G., 1995. Fly ash cement mixtures for solidification and detoxification of oil and gas well sludges. *Transport. Res. Rec.* 1486, 35–41.

JRC, 2008. Scientific and technical report; end of waste criteria, Institute for prospective and technological studies, European commission. In: <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/documents/Endofwastecriteriafinal.pdf>. (Accessed 8 January 2021). Accessed

Kastanek, F., Kastanek, P., 2005. Combined decontamination processes for wastes containing PCBs. *J. Hazard Mater.* B117, 185–205. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.09.026>.

Kayhanian, M., Borroum, S., 2000. Regional highway stormwater runoff characteristics in California. In: California Water Environment Association, Proceedings of the 72nd Annual Conference, 1-11. California State University, Sacramento (CSUS), University of California, Davis (UCD). California Department of Transportation (Caltrans), Sacramento.

Khanpour, R., Sheikhi-Kouhsar, M.R., Esmailzadeh, F., Mowla, D., 2014. Removal of contaminants from polluted drilling mud using supercritical carbon dioxide extraction. *J. Supercrit. Fluids* 88, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.01.004>.

Khodadadi, M., Moradi, L., Dabir, B., Nejad, F.M., Khodaii, A., 2020. Reuse of drill cuttings in hot mix asphalt mixture: a study on the environmental and structure performance *Const. Build. Mater.* 256, 119453. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119453>.

Kogbara, B.R., Ayotamuno, M.J., Onuomah, I., Ehio, V., Damka, D.T., 2016. Stabilisation/solidification and bioaugmentation treatment of petroleum drill cuttings. *Appl. Geochem.* 71, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2016.05.010>.

Kythreotou, N., Tassou, S.A., Florides, G., 2012. An assessment of the biomass potential of Cyprus for energy production. *Energy* 47, 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.023>.

Lea-Langton, 2013. Low temperature PAH formation in diesel combustion. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 103119–103125.

Lee, S., Lau, S., Kayhanian, M., Stenstrom, M.K., 2004. Seasonal first flush phenomenon of urban stormwater discharges. *Water Res.* 38, 4153–4163.

Leonard, S.A., Stegemann, J.A., 2010. Stabilization/solidification of petroleum drill cuttings. *J. Hazard Mater.* 174, 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.078>.

Li, L.Q., Yin, C.Q., He, Q.C., Kong, L.L., 2007. First flush of storm runoff pollution from an urban catchment in China. *J. Environ. Sci.* 19 (3), 295–299.

Lim, M.C.H., Ayoko, G.A., Morawska, L., Ristovski, Z.D., Jayaratne, E.R., 2005. Effect of fuel composition and engine operating conditions on polycyclic aromatic hydrocarbon emissions from a fleet of heavy-duty diesel buses. *Atmos. Environ.* 39, 7836–7848.

Loizia, P., Voukkali, I., Zorpas, A.A., Navarro Pedreno, J., Chatziparaskeva, G., Inglezakis, J.V., Vardopoulos, I., 2021a. Measuring environmental performance in the framework of waste strategy development. *Sci. Total Environ.* 753, 141974. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141974>.

Loizia, P., Voukkali, I., Chatziparaskeva, G., Navarro-Pedre~no, J., Zorpas, A.A., 2021b. Measuring the level of Environmental Performance on coastal environment before

and during Covid-19 pandemic. A case study from Cyprus. *Sustainability* 2021 13, 2485. <https://doi.org/10.3390/su13052485>.

Ma, B., Wang, R., Ni, H., Wang, K., 2019. Experimental study on harmless disposal of waste oil-based mud using supercritical carbon dioxide extraction. *Fuel* 252, 722–729. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.04.111>.

Mairs, H., Smith, J., Melton, R., Pasmore, J., Maruca, S., 2000. Annex IX –environmental effects of non-aqueous fluids associated drill cuttings: technical fundamentals, minutes, compiled by IBP. In: Toldo, E.E., Ayup-Zouain, R.N. (Eds.), *MAPEM – Environmental Monitoring in Offshore Drilling Activities, Anexo IX Efeitos ambientais dos Cascalhos Associados Fluidos Noaquosos: Fundamentos Tecnicos, Documento Minuta, Compilado pelo IBP*. In: *MAPEM Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratoria Marítima*. Institute of Geosciences, (2000-2004) UFRGS. Malviya, R., Chaudhary, R. 2006. Factors affecting hazardous waste solidification/stabilization: a review, *J. Hazard. Mater.*.

Malviya, R., Chaudhary, R., 2006. Factors affecting hazardous waste solidification/stabilization: a review. *J. Hazard. Mater.* 137, 267–276.

Margallo, M., Cobo, S., Laso, J., Fernandez, A., Munoz, E., Santos, E., Aldaco, R., Irabien, A., 2019. Environmental performance of alternatives to treat fly ash from a waste to energy plant. *J. Clean. Prod.* 231, 1016–1026.

Marr, C.L., Kirchstetter, T.W., Harley, R.A., Miguel, A.H., Hering, S.V., Hammond, S.K., 1999. Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons in motor vehicle fuels and exhaust emissions. *Environ. Sci. Technol.* 33, 3091–3099.

Melton, R.H., Smith, P.J., Martin, R.C., Nedwed, J.T., Mairs, L.H., Raught, L.T., 2000.

OFFSHORE DISCHARGE OF DRILLING FLUIDS AND CUTTINGS -A SCIENTIFIC
PERSPECTIVE ON PUBLIC POLICY.

Melton, H.R., Smith, J.P., Mairs, H.L., Bernier, R.F., Garland, E., Glickman, A.H., Jones, F.V., Ray, J.P., Thomas, D., Campbell, J.A., 2004. Environmental aspects of the use and disposal of non-aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations. In: SPE 86696, the Seventh SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, pp. 1–10 (Calgary, Alberta, Canada).

Mi, H.H., Lee, W.J., Chen, C.B., Yang, H.H., Wu, S.J., 2000. Effect of fuel aromatic content on PAH emission from a heavy-duty diesel engine. *Chemosphere* 41, 1783–1790.

Muschenheim, D.K., Milligan, T.G., 1996. Flocculation and accumulation of fine drilling waste particulates on the Scotian Shelf (Canada). *Mar. Pollut. Bull.* 10.

Nediljka, M.G., Katarina, S., Davorin, M., Borivoje, P. (n. d) Offshore drilling and environmental protection, <https://bib.irb.hr> (Accessed 3 May 2021).

NIEA, 2011. Northern Ireland Environment Service. Processed Fuel Oil (PFO) End of Waste Criteria for the Production and Use of Processed Fuel Oil from Waste Lubricating Oils.

Notani, M.A., Moghadas Nejad, F., Fini, E.H., Hajikarimi, P., 2019. Low-temperature performance of toner-modified asphalt binder. *J. Transport. Eng., Part B: Pavements.* 145, 4019022.

OECD (2011) THE ECONOMIC SIGNIFICANCE OF NATURAL RESOURCES: KEY POINTS FOR REFORMERS. Available at: http://www.oecd.org/env/outreach/2011_AB_Economic_significance_of_NR_in_EECCA_ENG.pdf.

Onwukwe, S., Nwakaudu, M., 2012. Drilling wastes generation and management approach. *Int. J. Environ. Sustain Dev.* 3 (3), 252–257.

Page, P.W., Greaves, C., Lawson, R., Hayes, S., Boyle, F., 2003. Options for the recycling of drill cuttings. In: *Proceedings SPE/EPA/DOE Exploration and Production Environmental Conference*, vols. 10–12. U.S.A, March, San Antonio, Texas. <https://doi.org/10.2118/80583-MS>.

Pereira, M.S., Panisset, C.M.A., Martins, A.L., Sa, C.H.M., Barrozo, M.A.S., Ataíde, C.H., 2014. Microwave treatment of drilled cuttings contaminated by synthetic drilling fluid. *Separ. Purif. Technol.* 124, 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.01.011>.

Petri, I., Pereira, M.S., dos Santos, J.M., Duarte, C.R., Ataíde, C.H., de Avila Panisset, C. M., 2015. Microwave remediation of oil well drill cuttings. *J. Petrol. Sci. Eng.* 134, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2015.07.022>.

Phadermrod B. et al., (2017). Importance-Performance Analysis based SWOT analysis. *International Journal of Information Management*.

Poulikas, A., 2016. *Fundamentals of energy regulation*, easy conference lts, nicosia. Cyprus.

Roger, D.S., Shi, C., 2005. In: *Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes*, vol. 2004. CRC Press, Boca Raton, FL. ISBN 1-56670-444-8,

(2005) p. 390 (USD 189.95).

Roy, A., Stegemann, J.A., 2017. Nickel speciation in cement-stabilized/solidified metal treatment filtercakes. *J. Hazard Mater.* 321, 353–361.

Roy, C., Chaala, A., Darmstadt, H., 1999. The vacuum pyrolysis of used tires: end-uses for oil and carbon black products. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 51, 201–221.

Saasen, A., Tran, T.N., Jøranson, H., Meyer, E., Gabrielsen, G., Tronstad, A.E., 2001. Subsea Re Injection of drilled cuttings e operational experience. In: *SPE/IADC Drilling Conference*, p. 27. <https://doi.org/10.2118/67733-MS>. Feb. 1 Mar. Amsterdam, The Netherlands.

Sadiq, R., Husain, T., 2005. A fuzzy-based methodology for an aggregative environmental risk assessment: a case study of drilling waste. *Environ. Model. Software* 20 (1), 33–46.

Sadiq, R., Husain, T., Veitch, B., Bose, N., 2003. Marine water quality assessment of synthetic-based drilling waste discharges. *Int. J. Environ. Stud.* 60 (4), 313–323.

Samejima, M., Shimizu, Y., Akiyoshi, M., & Komoda, N. (2006). SWOT analysis support tool for verification of business strategy. In *IEEE international conference on computational cybernetics* (pp. 1–4).

Sato, C., Leung, S., Bell, H., Burkett, W., Watts, R., 1993. Decomposition of perchloroethylene and polychlorinated biphenyls with Fenton reagent. *ACS Symp. Ser.* 518, 343–356.

Senneca, O., Cortese, L., Martino, R.D., Fabbicino, M., Ferraro, A., Race, M., Scopino, A., 2020. Mechanisms affecting the delayed efficiency of cement-based stabilization/

solidification processes. *J. Clean. Prod.* 261, 121230.

SEPA, 2012. Scottish environment protection agency. Processed Fuel Oil.

Shi, C., Fernandez-Jimenez, A., 2006. Stabilization/solidification of hazardous and radioactive wastes with alkali-activated cements. *J. Hazard Mater.* 137, 1656–1663.

Shon, C.S., Estakhri, C.K., Lee, D., Zhang, D., 2016. Evaluating feasibility of modified drilling waste materials in flexible base course construction. *Construct. Build. Mater.* 116, 79–86.

Siddique, S., Kwoffie, L., Addae-Afoakwa, K., Yates, K., Njuguna, J., 2017. Oil based drilling fluid waste: an overview on environmentally persistent pollutants. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 195. IOP Publishing.

Siddique, S., Leung, S.P., Njuguna, J., 2021. Drilling oil-based mud waste as a resource for raw materials: a case study on clays reclamation and their application as fillers in polyamide 6 composite. *Upstream Oil and Gas Technol* 7, 100036. <https://doi.org/10.1016/j.upstre.2021.100036>.

Sil, A., Wakadikar, K., Kumar, S., Babu, S., Sivagami, S., Tandon, S., Hettiaratchi, P., 2012. Toxicity characteristics of drilling mud and its effect on aquatic fish populations. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste* 12 (16), 51–57.

Soegianto, A., Irawan, B., Affandi, M., 2008. Toxicity of drilling waste and its impact on gill structure of post larvae of tiger prawn (*Penaeus monodon*). *Global J. Environ. Res.* 2 (1), 36–41.

Symeonides, D., Loizia, P., Zorpas, A.A., 2019. Tires waste management system in Cyprus in the framework of circular economy strategy. *J. Environ. Sci. Pol. Res.* <https://doi.org/>

org/10.1007/s11356-019-05131-z.

Taliotis, C., Rogner, H., Ressler, S., Howells, M., Gardumi, F., 2017. Natural gas in Cyprus: the need for consolidated planning. *Energy Pol.* 107, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.047>, 017.

Trussell, S., Spence, R.D., 1994. A review of solidification/stabilization interferences. *Waste Manag.* 14, 507–519.

Tsangas, M., Jeguirim, M., Limousy, L., Zorpas, A., 2019. The application of the application of analytical hierarchy process in combination with PESTEL-SWOT analysis to assess the hydrocarbons sector in Cyprus. *Energies* 12, 791. <https://doi.org/10.3390/en12050791>.

Tuncan, A., Tuncan, M., Koyuncu, H., 2000. Use of petroleum-contaminated drilling wastes as sub-base material for road construction. *Waste Manag. Res.* 18, 489–505. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3070.2000.00135.x>.

USA EPA Office of Research and Development, July 1993. Office of Solid Waste and Emerging Response: Technological Alternatives for Remediation of Solids and Sediments Contaminated by PCB. Superfund Engineering Issue.

United Nations (1977) Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols.

United Nations (2021) 'The Sustainable Development Goals', Design for Global Challenges and Goals, pp. 12–25. doi: 10.4324/9781003099680-3.

Vieira de Souza, S., Corrêa, S.M., 2016. Polycyclic aromatic hydrocarbons in diesel emission, diesel fuel and lubricant oil. *Fuel* 185, 925–931.

Voukali, I., Loizia, P., Navarro Pedreno, J., Zorpas, A.A., 2021. Urban strategies evaluation for waste management in coastal areas in the framework of area metabolism. *Waste Manag. Res.* 1–18. <https://doi.org/10.1177/0734242X20972773>.

Voukkali, I., Zorpas, A.A., 2015. The Usage of Surfactants for the removal of coal tar from heavy polluted sites. In: 5th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics SECOTOX (Society of Ecotoxicology and Environmental Chemistry) Conference on June 14-18, 2015, on Mykonos Island, Greece.

Voukkali, I., Zorpas, A.A., Stylianou, M., 2017. Investigation of the implementation of in situ process for the treatment of coal tar using different concentration of Alforterra and Aerosol with CaCl₂ as electrolyte. *Desalination and Water Treatment* 65, 42–146. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.20248>.

Wang, L., Chen, L., Tsang, D.C.W., Li, J., Poon, C.S., Baek, K., Hou, D.Y., Ding, S.M., 2018. Recycling dredged sediment into fill materials, partition blocks, and paving blocks: technical and economic assessment. *J. Clean. Prod.* 199, 69–76.

Wojtanowicz, A.K., 2008. Oilfield waste disposal control. In: Orszulik, S.T. (Ed.), *Environmental Technology in the Oil Industry*, second ed. Oxoid Ltd, Hampshire, U.K.

Zorpas, A.A., 2020. Strategy development in the framework of waste management. *Sci. Total Environ.* 716, 137088. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137088>.

Zorpas, A. and Kazamias, G. (2021) 'Drill cuttings waste management from oil & gas exploitation industries through end-of-waste criteria in the framework of circular

economy strategy', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, 322(August), p. 129098. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129098.

Zorpas, A.A., Loizidou, M., 2009. Heavy metals leachability before, during and after composting of sewage sludge with natural zeolite. *Desal Water Treat* 8, 256–262.

Zorpas, A.A., Voukkali, I., 2012. Ocean Dumping. An old and known sewage sludge methods. In: Zorpas, A.A., Voukkali, I. (Eds.), *Sewage Sludge Management. From the Past to Our Century*. Nova science Publisher, USA, NY, pp. pp265–296.

Zorpas, A.A., Vlyssides, G.A., Loizidou, M., 1998a. Physical and chemical characteristic of anaerobically stabilized primary sewage sludge. *Fresenius Environ. Bull.* 7, 502–508.

Zorpas, A.A., Vlyssides, G.A., Zorpas, A.G, 1998b. Metal removal from primary sewage sludge by elution with HNO₃ solutions. *Fresenius Environ. Bull.* 7 (11/12), 681–687.

Zorpas, A.A., Vlyssides, A.G., Loizidou, M., 1999. Dewater anaerobically stabilized primary sewage sludge composting. Metal leach ability and uptake by natural clinoptilolite. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30 (11–12), 1603–1614.

Zorpas, A.A., Lasaridi, K., Abeliotis, K., Voukkali, I., Loizia, P., Fitiri, L., Chroni, C., Bikaki, N., 2014. Waste prevention campaign regarding the waste framework directive. *Fresenius Environ. Bull.* 23 (11a), 2876–2883.

Zorpas, A.A., 2015. Sustainable waste management through end of waste criteria development. *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 1–14 <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5990-5>.

Zorpas, A.A., Lasaridi, K., Voukkali, I., Loizia, P., Chroni, C., 2015b. Promoting sustainable waste prevention activities and plan in relation to the waste framework directive in Insular communities. *Environmental Processes* 1–15. <https://doi.org/10.1007/s40710-015-0093-3> published on Line 14-8-2015.

Zorpas, A.A., Ilias, L., Voukkali, I., Inglezakis, V., 2015c. Micro pollutants identification affecting the nearby Environment from Highway Runoff. The case study of Cyprus Highway. *J. Chem.* 2015, 301371 <https://doi.org/10.1155/2015/301371>, 12.

Zorpas, A.A., Tsaggas, M., Jeguirim, M., Limousy, L., Navarro Pedreno, J., 2017. Assessment evaluation of three renewable energy park (solar, Wind, Biogas) established in Cyprus in the framework of sustainable development. *Fresenius Environ. Bull.* 26 (9), 5529–5536.

Zorpas, A.A., Navarro Pedreño, J., Bel'en Almendro Candel, M., 2021. Heavy metals overview in the framework of wastewater, sewage sludge, and soil treatment and removal. The study-case of zeolite. *Arabian Journal of Geoscience* 14, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07443-2>, 1098.

Κυπριακή Δημοκρατία. (2004) 'Νόμος που προνοεί για την διακήρυξη της Αποκλειστική Οικονομικής Ζώνης από την Κυπριακή', 64(I), p. 55. Available at: <http://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF>.

Κυπριακή Δημοκρατία. (2011) 'Ο Περί Αποβλήτων Νόμος του 2011 185(I)/2011 Για Σκοπούς Εναρμόνισης Με Την Πράξη Της Ευρωπαϊκής Κοινότητας ', 185(I), pp. 1–94.

Κυπριακή Δημοκρατία. (2016) 'Νόμος που τροποποιεί τον περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης) νόμο του 2013',

