



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ

Διπλωματική εργασία

**Θέμα : 'Εξασθενές χρώμιο στο πόσιμο νερό-Τρόποι διεργασιών
απομάκρυνσής του'**

Επιβλέπων Καθηγητής : Παπαδάς Ιωάννης

Όνοματεπώνυμο : Αρβανίτη Μαρία

A.M. : 18679055

Ακαδημαϊκό Έτος : 2022 – 2023

Αθήνα, 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF PUBLIC HEALTH

DEPARTMENT OF PUBLIC AND COMMUNITY HEALTH

**Topic: 'Hexavalent Chromium in drinking water-Study of its
removal procedures**

Supervisor: Papadas Ioannis

Student: Arvaniti Maria (18679055)

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε από την παρακάτω τριμελή επιτροπή

Παπαδάς Ιωάννης	
Ντελέζος Κωνσταντίνος	
Βασσάλου Ευδοκία	

Athens,2023

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Αρβανίτη Μαρία** του **Εμμανουήλ**, με αριθμό μητρώου **18679055** φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Δημόσιας Υγείας του Τμήματος Δημόσιας και Κοινοτικής Υγείας, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Παπαδά για την υποστήριξη και τη συνεργασία του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση και στήριξη κατά τη διάρκεια των ακαδημαϊκών σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το εξασθενές χρώμιο και οι ενώσεις του μπορούν να βρεθούν φυσικά στο περιβάλλον ή να παραχθούν από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Μέσω αυτών έχει την ικανότητα να διαπεράσει στα υπόγεια ύδατα και να επηρεάσει την ποιότητα του νερού και να θέσει σε κίνδυνο τις ζωές των ανθρώπων. Επομένως έχει τεράστια επίπτωση στο περιβάλλον συμπεριλαμβανομένου του νερού, του εδάφους και των φυτών αλλά και στην υγεία του ανθρώπου. Οι επιπτώσεις αυτές μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τους κατάλληλους τρόπους απομάκρυνσης και ανάκτησης του χρωμίου όπου ολοένα και περισσότερο ανακαλύπτονται νέες βιώσιμες, οικολογικές και αποδοτικές τεχνολογίες. Οι τρόποι απομάκρυνσης του χρωμίου συμπεριλαμβάνουν τόσο φυσικοχημικές μεθόδους όσο και βιολογικές μεθόδους με τις τελευταίες να αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερο λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας. Τα όρια ανίχνευσης ολικού χρωμίου και του εξασθενούς χρωμίου, καθώς και η ορθή διάθεση αποβλήτων από τις βιομηχανικές διεργασίες ορίζονται από την εκάστοτε νομοθεσία σε εθνικό, ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Η νομοθεσία μπορεί να αναθεωρηθεί αναλόγως και των περιστατικών ανίχνευσης του χρωμίου εκτός των ορίων που συνήθως εμφανίζεται σε ύδατα γειτονικών βιομηχανικών περιοχών. Η έκθεση στο χρώμιο είναι δυνατό να συμβεί από διάφορες πηγές και να προκύψουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου λόγω της τοξικότητάς του. Καθώς το χρώμιο αποτελεί μέρος της παραγωγικής διαδικασίας σε πολλές βιομηχανίες κρίνεται απαραίτητη η λήψη μέτρων για τους εργαζομένους που εκτίθενται σε αυτό.

Λέξεις-κλειδιά: Εξασθενές χρώμιο, πόσιμο νερό, μέθοδοι απομάκρυνσης, υγεία, περιβάλλον, ρύπανση

ABSTRACT

Hexavalent chromium and its compounds can be found naturally in the environment or produced by anthropogenic activities. Through these ways, it can easily pass through the ground and into the water, affecting the water quality and endanger people's lives. Therefore, it has a huge impact on the environment including water, soil and plants but also on human health. These impacts can be minimized by appropriate ways of removing chromium as long as new sustainable, ecological and efficient technologies are increasingly being discovered. Chromium removal methods include both physicochemical methods and biological methods with the latter being increasingly developed due to the development of technology. The detection limits of total chromium and hexavalent chromium and safe disposal of waste from industrial processes are defined by the relevant legislation at national, European and global level. The legislation can be revised depending on the occurrences of detection of chromium outside the limits that usually occurs in water of neighboring industrial areas. Exposure to chromium can occur from a variety of sources and result in adverse effects on human health due to its toxicity. As long as chromium is part of the production process in many industries, measures need to be taken to protect workers that are exposed to it.

Key-words: Hexavalent chromium, drinking water, removal methods, health, environment, pollution

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 1: Νερό και Δημόσια Υγεία.....	10
1.1. Επεξεργασία του νερού.....	10
1.1.1. Επεξεργασία στις Μονάδες Επεξεργασίας Νερού(MEN).....	12
1.1.2. Επεξεργασία υπόγειων υδάτων.....	13
1.1.3. Επεξεργασία επιφανειακών υδάτων.....	14
1.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού.....	14
1.2.1. Χημικά συστατικά στο νερό.....	15
1.2.2. Πηγή προέλευσης χημικών συστατικών στο νερό.....	15
1.2.3. Απομάκρυνση χημικών ουσιών από το νερό.....	17
Κεφάλαιο 2: Στοιχεία του χρωμίου.....	17
2.1. Χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά χρωμίου	17
2.2. Φυσικός κύκλος του χρωμίου.....	18
2.3. Χρωμίτης.....	20
Κεφάλαιο 3 : Πηγές εξασθενούς χρωμίου.....	20
3.1. Βιομηχανική χρήση του Χρωμίου	20
3.2. Χρώμιο και διατροφή.....	21
3.2.1. Ανεπάρκεια χρωμίου.....	22
Κεφάλαιο 4: Επιπτώσεις του χρωμίου στην υγεία του ανθρώπου.....	22
4.1. Έκθεση των εργαζομένων στο εξασθενές χρώμιο.....	22
4.2. Τοξικότητα του χρωμίου.....	24
4.2.1. Κυτταρική βλάβη	26
4.2.1.1 Καρκίνος.....	27
4.3. Είσοδος του χρωμίου στο ανθρώπινο οργανισμό.....	27
4.3.1. Είσοδος διαμέσου των οφθαλμών	27
4.3.2. Είσοδος διαμέσου του αναπνευστικού συστήματος	27
4.3.3. Είσοδος διαμέσου της δερματικής οδού	28

Κεφάλαιο 5: Επιπτώσεις του χρωμίου στο περιβάλλον.....	28
5.1. Επίδραση του χρωμίου στα φυτά.....	29
5.2. Επίδραση του χρωμίου στο νερό.....	30
5.2.1. Περιστατικά χρωμίου στο νερό.....	32
5.2.1.1. Χρώμιο στο νερό: Καλιφόρνια.....	32
5.2.1.2. Χρώμιο στο νερό: Ελλάδα.....	32
Κεφάλαιο 6: Μέθοδοι απομάκρυνσης του εξασθενούς χρωμίου.....	33
6.1. Φυσικοχημικές μέθοδοι.....	33
6.1.1. Χημική αναγωγή.....	34
6.1.2. Προσρόφηση.....	35
6.1.2.1. Προσρόφηση με νανοϋλικά.....	35
6.1.2.2. Προσρόφηση με γεωκτηνοτροφικά απόβλητα.....	36
6.2. Βιολογικές μέθοδοι.....	37
6.2.1. Χρήση ενεργητικής και παθητικής βιομάζας.....	37
6.2.2. Βιοαποκατάσταση.....	37
Κεφάλαιο 7: Νομοθεσία ελέγχου ποιότητας νερού.....	38
7.1. Όρια ανίχνευσης χρωμίου	38
7.2. Νομοθετικό πλαίσιο για την ποιότητα του νερού.....	38
7.3. Υγειονομικός έλεγχος νερού.....	39
7.4. Νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων.....	39
7.5. Κανονισμός REACH.....	40
7.6. Κανονισμός CLP.....	40
7.7. Οριακές τιμές.....	41
Κεφάλαιο 8: Μέτρα πρόληψης στον εργασιακό χώρο.....	43
8.1. Εξοπλισμός και ρουχισμός των εργαζομένων.....	43

8.2. Συνθήκες αποθήκευσης.....	44
8.3. Αντιμετώπιση πυρκαγιάς.....	45
8.4. Πρώτες βοήθειες.....	45
Συμπεράσματα:.....	45
Συζήτηση:.....	46
Βιβλιογραφία:.....	48
Βιβλιογραφία εικόνων:.....	51
Βιβλιογραφία Πινάκων:.....	51
Παράρτημα Ι:.....	52

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι διάφορες χημικές ουσίες που εκλύονται στο περιβάλλον δημιουργούνται είτε με φυσικό είτε με ανθρωπογενή τρόπο και είναι δυνατό να επηρεάσουν την περιεκτικότητα των χημικών στοιχείων στο χώμα, το νερό και τα φυτά καθώς και να επιδράσουν αρνητικά στην υγεία του ανθρώπου. Το χρώμιο (Cr) είναι ένα φυσικά σχηματιζόμενο μέταλλο, και χρησιμοποιείται σε αρκετές βιομηχανικές διαδικασίες και με αυτό τον τρόπο διατίθεται στο περιβάλλον.

Το Cr είναι ένα στοιχείο το οποίο απαντάται στις ενώσεις του με τις δύο πιο συνηθισμένες του οξειδωτικές καταστάσεις, ως τρισθενές [Cr(III)] και ως εξασθενές [Cr(VI)] χρώμιο, ενώ πιο σπάνια θα βρεθεί ως μεταλλικό, στοιχειακό χρώμιο [Cr(0)]. Το χρώμιο στην εξασθενή του χημική μορφή που μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του νερού και με έμμεσο τρόπο να επηρεάσει την υγεία του ανθρώπου. Έχουν εντοπιστεί τόσο μεμονωμένα όσο και μαζικά περιστατικά εμφάνισης του χρωμίου στο περιβάλλον και ειδικότερα στο νερό, ιδιαίτερα στις βιομηχανικές περιοχές. Παρ' όλα αυτά ο άνθρωπος μπορεί να έρθει σε επαφή με χρώμιο με διάφορους τρόπους και για αυτό το λόγο έχουν θεσπιστεί από τις εκάστοτε νομοθεσίες τα όρια ανίχνευσης των χημικών ουσιών και ο βαθμός επικινδυνότητάς τους. Τα όρια διαφέρουν για τον αστικό πληθυσμό σε σχέση με τον εργασιακό πληθυσμό καθώς ο άνθρωπος μπορεί να έρθει σε επαφή με το χρώμιο και στον εργασιακό χώρο. Για αυτό το λόγο έχει οριστεί από τη νομοθεσία κατάλληλη εκπαίδευση και χειρισμός του χρωμίου προκειμένου να μειωθεί όσο είναι δυνατό η έκθεση σε χρώμιο. Λόγω των επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου, ανακαλύπτονται όλο και περισσότερες μέθοδοι απομάκρυνσης του εξασθενούς χρωμίου καθώς λαμβάνονται υπόψη όλο και περισσότεροι παράγοντες που μπορούν να εμποδίσουν ή να διευκολύνουν την απομάκρυνσή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

Το 2010, το πόσιμο νερό και το σύστημα αποχέτευσης καθιερώθηκε ως ανθρώπινο δικαίωμα με στόχο το 2030 να έχουν όλοι πρόσβαση στα συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης (The Lancet, 2021). Συγκεκριμένα η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών στις 28 Ιουλίου 2010, μέσω του Ψηφίσματος 64/292 αναγνώρισε επισήμως «το δικαίωμα σε ασφαλές και καθαρό πόσιμο νερό ως ανθρώπινο δικαίωμα, το οποίο είναι απαραίτητο για την πλήρη απόλαυση της ζωής και όλων των ανθρωπίνων δικαιωμάτων».

Το νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη δημόσια υγεία και θα πρέπει να διατίθεται άμεσα και να είναι ασφαλές είτε είναι πόσιμο είτε χρησιμοποιείται για οικιακούς και ψυχαγωγικούς σκοπούς καθώς και για την παραγωγή τροφίμων. Εφόσον γίνεται ορθά η διαχείριση των υδάτινων πόρων, βελτιώνονται σημαντικά η οικονομική ανάπτυξη και τα ποσοστά φτώχειας σε μια χώρα. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), οι κοινωνικές ανισότητες που επικρατούν εμποδίζουν την πρόσβαση σε ασφαλές και υγιεινό νερό, καθώς, είτε συλλέγουν το νερό από μη επεξεργασμένα επιφανειακά νερά είτε η πρόσβαση στο νερό είναι περιορισμένη λόγω απόστασης.

Όταν το νερό δεν είναι απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς ευνοεί την ανάπτυξη και τη μετάδοση ασθενειών όπως είναι η χολέρα, η διάρροια, η δυσεντερία, η ηπατίτιδα Α, ο τύφος και η πολιομυελίτιδα. Αυτό καθίσταται επιπρόσθετα επικίνδυνο στις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης όπου τα άτομα που εργάζονται και οι ασθενείς διατρέχουν τον κίνδυνο μόλυνσης αφού δεν υπάρχουν οι κατάλληλες εγκαταστάσεις ύδρευσης και αποχέτευσης και απουσιάζουν οι συνθήκες υγιεινής. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η σωστή διαχείριση και επεξεργασία των λυμάτων που προέρχονται από αστικές, βιομηχανικές και αγροτικές περιοχές καθώς επηρεάζουν την ποιότητα του πόσιμου νερού μολύνοντάς το με επικίνδυνα, για την υγεία και το περιβάλλον, χημικά. Τα έντομα που μπορούν να μεταδώσουν ασθένειες όπως ο δάγκειος πυρετός αναπαράγονται και ζουν στο νερό, επιμολύνοντας με αυτό τον τρόπο τα δοχεία που αποθηκεύεται το καθαρό νερό για οικιακή χρήση. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να καλύπτονται προκειμένου να μην αποτελούν τόπο αναπαραγωγής. (WHO, 2022)

Η μειωμένη πρόσβαση σε θέματα υγιεινής επηρεάζεται σημαντικά, πέρα από το επίπεδο της δημόσιας υγείας, και από άλλους παράγοντες όπως οι κοινωνικές και φυλετικές ανισότητες, η κλιματική αλλαγή, η αστικοποίηση και το εισόδημα. Αντίθετα, η πρόσβαση σε παροχές που πληρούν τις συνθήκες υγιεινής βοηθά:

- στην πρόληψη λοιμωδών νοσημάτων και ασθενειών και των επιπτώσεών τους
- στην περιορισμένη έκθεση των ανθρώπων σε τοξικές χημικές ουσίες
- στην αποσυμφόρηση του συστήματος υγείας
- στη σωστή διαβίωση των ανθρώπων.(The Lancet, 2021)

Παράλληλα, η ρύπανση από χημικές ουσίες δημιουργεί μεγάλη ανησυχία, ιδιαίτερα στις βιομηχανικές χώρες, καθώς η έκθεση των ανθρώπων σε αυτές είναι δυνατό να τους προκαλέσει χρόνιες ασθένειες όπως καρκίνο και καρδιαγγειακά νοσήματα, αναπαραγωγικά και νευρολογικά προβλήματα. Παρόλο που η ποιότητα του πόσιμου νερού βρίσκεται υπό επιτήρηση στις περισσότερες χώρες του κόσμου, είναι απαραίτητη η ύπαρξη και η αναθεώρηση των προτύπων και των κατευθυντήριων οδηγιών με βάση τα δεδομένα από επιδημιολογικές μελέτες. (Levallois et al., 2019)

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει θέσει κάποιες κατευθυντήριες οδηγίες (Guidelines) που έχουν ως στόχο την προστασία της δημόσιας υγείας από κινδύνους που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του πόσιμου νερού καθιστώντας το επικίνδυνο. Οι οδηγίες αυτές βασίζονται σε στρατηγικές και πρότυπα τα οποία καθορίζονται από την αρμόδια υγειονομική αρχή και περιλαμβάνουν στη σωστή διαχείριση του συστήματος όπως είναι οι εγκαταστάσεις και οι υποδομές καθώς και επαρκείς παρακολουθήσεις που θα έχουν ως αποτέλεσμα έναν αποδοτικό σχεδιασμό. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να προσαρμόζονται στις ανάγκες του εκάστοτε κράτους, αλλά και στα φαινόμενα που προκύπτουν λόγω της κλιματικής αλλαγής όπως η ξηρασία ή οι έντονες βροχοπτώσεις που οδηγούν σε πλημμύρες και επηρεάζουν με αυτό τον τρόπο την ποιότητα και την ποσότητα του πόσιμου νερού. Ο απαραίτητος σχεδιασμός, εκτός από τα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής, είναι απαραίτητη η συμβολή του και στις δημογραφικές αλλαγές που αποτελούν πρόκληση για τη σωστή διαχείριση και παροχή του πόσιμου νερού. Οι πληροφορίες για να σχηματιστούν οι αντίστοιχες κατευθυντήριες οδηγίες αντλούνται από δύο είδη μελετών. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται ο ανθρώπινος πληθυσμός, προκειμένου να δοθούν οι κατευθυντήριες

οδηγίες σχετικά με τις χημικές ουσίες διεξάγοντας τις αντίστοιχες μελέτες. Η δεύτερη πηγή πληροφοριών αφορά μελέτες οι οποίες πραγματοποιούνται σε πειραματόζωα. (WHO, 2022)

Η ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), εξαρτάται από τέσσερις κατηγορίες χαρακτηριστικών:

- 1) Τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά
- 2) Τα χημικά χαρακτηριστικά
- 3) Τα ραδιενεργά χαρακτηριστικά
- 4) Τα λεγόμενα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως η εμφάνιση, η οσμή και η γεύση τα οποία επηρεάζουν την αποδοχή του νερού από τους καταναλωτές (WHO, 2022)

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΕΠΟΠΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ

Για την αποτελεσματική προστασία της δημόσιας υγείας, πραγματοποιούνται κάποιες ενέργειες που αφορούν αρμοδιότητες όπως:

- 1) Επιτήρηση της κατάστασης της υγείας του πληθυσμού η οποία θα περιλαμβάνει τον εντοπισμό και την περαιτέρω διερεύνηση των κρουσμάτων
- 2) Εφαρμογή κανόνων και προτύπων από τους αρμόδιους φορείς δημόσιας υγείας, οι οποίοι έχουν ως πρωταρχικό ρόλο τον έλεγχο της ποιότητας του πόσιμου νερού καθορίζοντας του επιθυμητούς στόχους. Επιπρόσθετα, ευθύνονται και για την έγκριση των υλικών και των χημικών ουσιών που θα χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία και τη διανομή του πόσιμου νερού
- 3) Ορθή διαχείριση των υδάτινων πόρων εκπροσωπώντας έναν υποστηρικτικό ρόλο για τη βελτίωση της παροχής του πόσιμου νερού
- 4) Άμεση δράση σε συνεργασία με τις περιφερειακές και τοπικές αρχές για την επιτήρηση των αποθεμάτων του πόσιμου νερού
- 5) Συμμετοχή στην έρευνα και στις αντίστοιχες μελέτες για την πιθανή αξιολόγηση του νερού ως παράγοντα κινδύνου για τη μετάδοση ασθενειών.
- 6) Σύνταξη αναφορών που θα περιγράφουν την κατάσταση της ποιότητας των υδάτων αναδεικνύοντας παράλληλα τις προτεραιότητες που πρέπει να τεθούν για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας και κυρίως των ανθρώπων που βρίσκονται σε μειονεκτική θέση. (WHO, 2022)

1.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό τίθεται σε ορισμένα στάδια επεξεργασίας στις μονάδες επεξεργασίας νερού. Τα στάδια αυτά είναι:

- προεπεξεργασία
- πρωτοβάθμια καθίζηση
- δευτεροβάθμια καθίζηση(βιολογική επεξεργασία)
- τριτοβάθμια επεξεργασία
- απολύμανση με χλώριο
- επεξεργασία λάσπης. (πάχυνση, χώνευση, αφυδάτωση, αποξήρανση)

1.1.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ(MEN)

Το νερό που καταλήγει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού δεν έχει υποστεί κάποια προεπεξεργασία νωρίτερα. Επομένως, περιέχει αρκετά στερεά φερτά υλικά όπως κλαδιά, χώμα, λάσπη τα οποία μετακινούνται κατά το πέρασμα του νερού καθώς και μικρόβια και μικροοργανισμοί που δεν ανιχνεύονται με γυμνό μάτι.

ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

1) 1ο στάδιο: προσθήκη χλωρίου (απολύμανση)

Ως πρώτο βήμα αποτελεί η προσθήκη του χλωρίου και η απολύμανση του νερού ώστε με αυτό τον τρόπο να επιτυγχάνεται η εύκολη και ορθή μετέπειτα επεξεργασία

2) 2ο στάδιο: προσθήκη θεικού αργιλίου (κροκίδωση)

Ακολουθεί η προσθήκη θεικού αργιλίου καθιστώντας το νερό διαυγές. Το θεικό αργίλιο χρησιμοποιείται στη διαδικασία της κροκίδωσης έτσι ώστε τα στερεά σωματίδια που υπάρχουν στο νερό να συσσωματωθούν και να οδηγηθούν στην καθίζηση λόγω βάρους. Η κροκίδωση είναι δυνατό να επιτευχθεί με 2 διαφορετικούς, ως προς τη δύναμη της ανάμειξης, τρόπους, με τη βοήθεια αναδευτήρων και με υδραυλικά μέσα όπου η σύγκρουση του νερού με τα τοιχώματα της δεξαμενής προκαλούν την έντονη ανάδευση του νερού.

3) 3ο στάδιο: καθίζηση

Αφού το νερό βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας στη δεξαμενή καθίζησης και τα συσσωματωμένα σωματίδια βρίσκονται στον πυθμένα της, ο καθαρισμός του νερού έχει επιτευχθεί σε ποσοστό περίπου 80%.

4) 4ο στάδιο: φίλτρανση

Τέλος, τα σωματίδια τα οποία είναι μικροσκοπικά και δεν είναι εύκολο λόγω βάρους να καθιζάνουν οδηγούνται σε ειδικά αμμόφιλτρα όπου το νερό που προκύπτει είναι πλέον καθαρό και κατάλληλο για κατανάλωση.

5) 5ο στάδιο: μεταχλωρίωση

Σε περίπτωση που το χλώριο που προστέθηκε στην αρχή δε βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, μπορεί να προστεθεί συμπληρωματικά, πριν καταλήξει στο δίκτυο ύδρευσης, στην έξοδο του νερού από τις κλειστές δεξαμενές. (Αυλωνίτης, 2013)

1.1.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Σχετικά με τις διεργασίες επεξεργασίας των υπόγειων υδάτων εφαρμόζεται η κατάλληλη μέθοδος που αντιστοιχεί στην ποιότητα των υδάτων. Πιο συγκεκριμένα, μια απλή διεργασία αποτελεί η προσθήκη χλωρίου προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών κατά τη διάρκεια της διανομής του νερού στους καταναλωτές. Σε όσες χώρες δεν έχει απαγορευτεί πραγματοποιείται και η διαδικασία της φθορίωσης όπου σχετίζεται με την υγιεινή των δοντιών.

Σε περίπτωση που το νερό περιέχει σίδηρο και μαγγάνιο προηγούνται οι διαδικασίες του αερισμού, της οξειδωσης του σιδήρου και του μαγγανίου με χλώριο ή κάποιο άλλο οξειδωτικό μέσο και του φιλτραρίσματος. Όταν προκληθεί οξείδωση του σιδήρου και του μαγγανίου σχηματίζεται σκουριά σε αιωρούμενη μορφή προσδίδοντας χρώμα στο

νερό καθιστώντας το ακατάλληλο για κατανάλωση και χρήση και για αυτό το λόγο πρέπει να απομακρυνθούν από το νερό.

Προκειμένου να γίνει καταβύθιση των αλάτων μαγνησίου και ασβεστίου σε ύδατα υψηλής σκληρότητας προτού καταναλωθούν από τον άνθρωπο, χρησιμοποιείται ένυδρο οξείδιο του ασβεστίου και ανθρακικό νάτριο. (Αυλωνίτης, 2013)

1.2. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού ταξινομούνται σε 3 βασικές κατηγορίες: τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, τα βιοχημικά χαρακτηριστικά και τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά. (Φράγκου Δ., 2018)

Πιο αναλυτικά:

Πίνακας 2: Κατηγορίες ποιοτικών χαρακτηριστικών (Φράγκου Δ., 2018)

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
pH	Οργανικά υλικά	Βακτήρια
Αγωγιμότητα	Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο(Biochemical Oxygen Demand-BOD)	Ιοί
Ολικά διαλυτά στερεά	Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand-COD)	Μύκητες
Σκληρότητα-Αλκαλικότητα-Οξύτητα		Πρωτόζωα
Χρώμα-Γεύση-Οσμή		Φύκια(άλγη)
Θολότητα		
Θερμοκρασία		
Κατιόντα(ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου)		
Ανιόντα(ανθρακικά, όξινα ανθρακικά, χλωριούχα, θειικά)		
Βαρέα Μέταλλα(μόλυβδος, υδράργυρος, κάδμιο, το χρώμιο)		

ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Το θεσμικό πλαίσιο για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης νερού περιλαμβάνει τις ακόλουθες διατάξεις:

π Τη Γ1(δ)/ ΓΠ οικ.67322/6.9.2017 Κοινή Υπουργική Απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών, Οικονομίας και Ανάπτυξης, Υγείας, Περιβάλλοντος και Ενέργειας, (ΦΕΚ 3282/Β/2017) «Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3ης Νοεμβρίου 1998 όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787 (L260, 7.10.2015).

π Την Π/112/1057/1.2.2016 (ΦΕΚ 241/Β/9-2-2016), με την οποία προσαρμόζεται η Ελληνική Νομοθεσία στην Οδηγία 2013/51/ΕΥΡΑΤΟΜ του Συμβουλίου της 22ας Οκτωβρίου 2013, περί «Θέσπισης απαιτήσεων προστασίας της υγείας του πληθυσμού από ραδιενεργές ουσίες που περιέχονται στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης».

π Την Γ3α/761/68 Υγ. Διάταξη, όπως έχει τροποποιηθεί (ΦΕΚ 189/68 Β, 988/74 Β) σε ότι αφορά στις συμπληρωματικές διατάξεις για τους υπεύθυνους ύδρευσης του νερού, καθώς και τις υποχρεώσεις τους.

π Την ΥΜ/5673/57 (ΦΕΚ 5/Β/58) Υγ. Διάταξη, που αναφέρεται στις μεθόδους απολύμανσης του νερού ύδρευσης.

π Τα άρθρα 8 έως 17 του Υγειονομικού Κανονισμού, που αναφέρονται σε μέτρα προστασίας πηγών υδροληψίας και συστημάτων ύδρευσης.

π Την Α5/2280/83 (ΦΕΚ 720/Β/83) Υγ. Διάταξη, όπως έχει τροποποιηθεί-συμπληρωθεί με τις Α5/3257/84 (ΦΕΚ 898/Β/84 - Διόρθωση ΦΕΚ 56/Β/85) Υ.Δ., Α5/5180/88 (ΦΕΚ 891/Β/88) Υ.Δ., οικ. 131835/2005 ΚΥΑ (ΦΕΚ 1744/Β/2005) και Γ1(δ)/ΓΠοικ. 112203/24.12.2014 ΚΥΑ (ΦΕΚ 3504/Β' / 29.12.2014) με την οποία ρυθμίζονται θέματα προστασίας των πηγών υδροληψίας της ευρύτερης περιοχής της Πρωτεύουσας (λίμνες και υδραγωγεία Μαραθώνα, Υλίκης, Μόρνου), από υπέρμετρη ρύπανση και θεσπίζονται διάφοροι περιορισμοί και ζώνες προστασίας.

1.2.1. ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ

Ορισμένες χημικές ουσίες στο πόσιμο νερό είναι πιθανό να προκαλέσουν προβλήματα υγείας μετά από συνεχόμενη έκθεση με εξαίρεση την περίπτωση της μαζικής μόλυνσης που συμβαίνει έπειτα από μια μόνο έκθεση. Σε αυτή την περίπτωση, δίνεται προτεραιότητα στην επαρκή παρακολούθηση προκειμένου να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα και διορθωτικές ενέργειες για τους χημικούς ρύπους. Η αξιολόγηση των χημικών παραμέτρων στο πόσιμο νερό εξαρτάται από τα αποτελέσματα της ανάλυσης που συγκρίνονται με τις τιμές που έχουν δοθεί από τις κατευθυντήριες οδηγίες. Τα αποτελέσματα αυτά περιγράφουν τον κίνδυνο για τη δημόσια υγεία, όπου θα πρέπει να εντοπιστούν οι αιτιολογικοί παράγοντες που τον προκαλούν, ανάλογα την περιοχή που εξετάζεται. Προκειμένου να αναπτυχθούν τα κατάλληλα εθνικά πρότυπα για τα χημικά συστατικά στο πόσιμο νερό με βάση αυτές τις κατευθυντήριες γραμμές, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι διαφορετικοί περιβαλλοντικοί, κοινωνικοί, πολιτιστικοί και διατροφικοί παράγοντες που είναι πιθανό να επηρεάσουν την έκθεση του ανθρώπου στο πόσιμο νερό (Φράγκου Δ., 2018).

1.2.2. ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

Πίνακας 1: Πηγές προέλευσης των χημικών συστατικών (WHO,2022)

ΠΗΓΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ
ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	Βράχοι, έδαφος, γεωλογικός σχηματισμός, υδατικά συστήματα
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	Εξορύξεις, λύματα βιομηχανιών, στερεά απόβλητα, διαρροή καυσίμου, αστικά απόβλητα
ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	Λιπάσματα, εντατικές θεραπείες και πρακτικές, φυτοφάρμακα
ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΕΡΧΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ	Προϊόντα απολύμανσης του νερού, υλικά των σωληνώσεων
ΧΡΗΣΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ	Χρήση προνυμφοκτόνων για τον έλεγχο των εντόμων που λειτουργούν ως φορείς διαφόρων ασθενειών.

Οι ανόργανες χημικές ουσίες προέρχονται από φυσικές πηγές δηλαδή από τα πετρώματα και από το έδαφος μέσα από τα οποία διέρχεται ή διεισδύει το νερό. Οι οργανικές χημικές ουσίες προκύπτουν από τη διάσπαση φυτικού υλικού ή από φύκια και άλλους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στο νερό ή στα ιζήματα. Η πλειοψηφία των χημικών ουσιών που προέρχονται από φυσικές πηγές και έχουν τεθεί προς διερεύνηση μιας κατευθυντήριας τιμής ανήκουν στις ανόργανες χημικές ουσίες.

Μέσω των βιομηχανικών πηγών, οι χημικές ουσίες είναι δυνατό να εισέλθουν στο πόσιμο νερό ως αποτέλεσμα της διάθεσης αποβλήτων είτε έμμεσα από διάχυτες πηγές εξαιτίας της χρήσης ή της απόρριψης υλικών και προϊόντων που περιέχουν χημικές ουσίες. Ορισμένες από αυτές τις ουσίες, κυρίως ανόργανες, αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης ειδικά αν προέρχονται από βιομηχανικές μονάδες που βρίσκονται εντός των ανθρώπινων οικισμών. Ο λάθος χειρισμός και απόρριψη των υλικών που χρησιμοποιούνται για τις εγκαταστάσεις, όπως το πετρέλαιο, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Όσον αφορά τη γεωργία και την κτηνοτροφία, οι χημικές ουσίες απελευθερώνονται από τις διάφορες διαδικασίες σε περίπτωση που δεν υπάρχει απορρόφηση από το φυτό με αποτέλεσμα την περίσσεια οργανικής και ανόργανης ύλης στο λίπασμα. Οι ουσίες αυτές εμπεριέχονται κυρίως στα φυτοφάρμακα των οποίων η προσθήκη εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες και δεν εφαρμόζονται σε όλες τις συνθήκες ή τα μικροκλίματα. Έπειτα από βροχόπτωση ή χρήση ακατάλληλης μεθόδου απόρριψης μπορεί να προκληθεί ρύπανση λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων των χημικών ουσιών.

Ορισμένα υλικά χρησιμοποιούνται ως μέρος της επεξεργασίας του νερού, μέρος των οποίων μπορεί να συγκρατηθούν τελικά στο νερό όπως για παράδειγμα άλατα ή υπολείμματα πολυμερών. Η χλωραμίνη και άλλα υπολείμματα της χλωρίωσης αποτελούν πρόσθετα οφέλη για την ποιότητα του νερού. Ωστόσο, κατά τη διαδικασία της χλωρίωσης δημιουργούνται παραπροϊόντα τα οποία προκύπτουν λόγω των χημικών αλληλεπιδράσεων. Επιπλέον, υπάρχουν και άλλες χημικές ουσίες οι οποίες

έρχονται σε επαφή με το νερό όπως ο μόλυβδος ή ο χαλκός από βρύσες και σωληνώσεις κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ή της διανομής του πόσιμου νερού.

Μια επιπλέον προσθήκη των χημικών ουσιών στο πόσιμο νερό γίνεται με σκοπό των έλεγχου των εντόμων τα οποία αποτελούν φορείς διαφόρων ουσιών. Μια τέτοια περίπτωση είναι τα κουνούπια τα οποία μπορούν να αναπαραχθούν σε σημεία συλλογής και αποθήκευσης του πόσιμου νερού. Γι' αυτό το λόγο, είναι σημαντικό να ληφθούν μέτρα αντιμετώπισης, συνήθως με τη χρήση προνυμφοκτόνων που έχουν αξιολογηθεί και εγκριθεί από το WHOPEP παρέχοντας τις ανάλογες πληροφορίες σχετικά με τη χρήση τους λαμβάνοντας υπόψη τους κανόνες ασφαλείας.

Η διαχείριση των χημικών ουσιών πραγματοποιείται μέσω του ελέγχου του υλικού και της ίδιας της χημικής ουσίας. Οι διαδικασίες επεξεργασίας θα πρέπει να λειτουργούν στη βέλτιστη κατάσταση προκειμένου να ελέγχονται τα υπολείμματα των χημικών ουσιών και ο σχηματισμός υποπροϊόντων από την επεξεργασία έως τη διανομή.

Οι πηγές αυτές δεν είναι πάντα απόλυτες, όπως για παράδειγμα στις περιπτώσεις των ανόργανων χημικών ουσιών που προέρχονται από φυσικές πηγές, εντοπίζονται στο πόσιμο νερό ως αποτέλεσμα της απελευθέρωσης τους από εδάφη και βραχώδεις επιφάνειες εξαιτίας των βροχοπτώσεων. Τα απολυμαντικά και τα φυτοφάρμακα, συμπεριλαμβανομένου αυτών για τη δημόσια υγεία, περιλαμβάνονται ή εξετάζονται να συμπεριληφθούν στο Σχέδιο Αξιολόγησης Φυτοφαρμάκων (WHO Pesticide Evaluation Scheme-WHOPEP) προκειμένου να γίνει η αξιολόγηση και η δοκιμή τους στο πόσιμο νερό. (WHO,2022)

1.2.3 ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΗ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΝΕΡΟ

Ο προσδιορισμός μιας κατευθυντήριας τιμής μιας χημικής ουσίας στο πόσιμο νερό εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες όπως:

- τη συγκέντρωση της χημικής ουσίας στο ανεπεξέργαστο νερό
- τα μέτρα που λαμβάνονται με σκοπό τον έλεγχο του συστήματος νερού
- το είδος των υδάτων, όπως για παράδειγμα τα υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα που υπάρχει παρουσία οργανικής ύλης και ανόργανες διαλυμένες ουσίες
- οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας του νερού

Παραδείγματα διαδικασιών αντιμετώπισης

- 1) Απλή χλωρίωση- φιλτράρισμα
- 2) Προχλωρίωση με διήθηση- Εξαερισμός
- 3) Χημική πήξη
- 4) Επεξεργασία με ενεργό άνθρακα σε μορφή κόκκων
- 5) Οζονισμός
- 6) Προηγμένες διαδικασίες οξειδωσης (Φράγκου Δ., 2018)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ

Το χρώμιο(Cr) είναι χημικό στοιχείο το οποίο ανήκει στην ομάδα 6B(VIb) του περιοδικού πίνακα. Αποτελεί ένα σκληρό μέταλλο που χρησιμοποιείται στα κράματα και φημίζεται κυρίως για την αντοχή του και την αντίστασή του στη διάβρωση μετάλλων. Το χημικό αυτό στοιχείο ανακαλύφθηκε το 1797 από το Γάλλο χημικό Nicolas-Louis Vauquelin. Το όνομά του προέρχεται από την ελληνική λέξη χρώμα και οφείλεται στις έντονες και πολύχρωμες ενώσεις που δημιουργεί. Για παράδειγμα, το πράσινο χρώμα από το σμαράγδι, ενός πολύτιμου λίθου και ορυκτού που ονομάζονται σερπεντίνης και chrome mica αντίστοιχα, καθώς και το κόκκινο χρώμα του ρουμπινιού σχηματίζονται λόγω μικρών ποσοτήτων χρωμίου. (Britannica, 2023). Το χρώμιο χαρακτηρίζεται ως άοσμο, σκληρό και γκρίζο μέταλλο.

Το πιο συχνό και κύριο μέταλλευμα του είναι ο χρωμίτης(FeCr_2O_4) ο οποίος βρίσκεται συνήθως σε περιοχές όπως η Ζιμπάμπουε, η Ρωσία, η Νότια Αφρική, η Τουρκία και το Ιράν. Στον ελλαδικό χώρο, τα κοιτάσματα χρωμίτη εντοπίζονται στο Οφιολιθικό Σύμπλεγμα του Βούρινου Κοζάνης και σε πετρώματα στην Πίνδο, το Βέρμιο, την Χαλκιδική, την Τήνο και την περιοχή Σουφλίου και συγκεκριμένα στις Ζώνες Ολωνού – Πίνδου, στην Υποπελαγονική, Πελαγονική, και στη ζώνη Αξιού. Τα κοιτάσματα αυτά ήταν εκμεταλλεύσιμα κατά το παρελθόν όμως πολλά από αυτά δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθούν λόγω ποσοτικών και οικονομικών θεμάτων. Πιο συγκεκριμένα, τρεις περιοχές κοιτασμάτων λειτουργούσαν ως αυτοτελείς μονάδες μεταλλευτικής δραστηριότητας, το Ξερολίβαδο, το Τσαγκλί και ο Δομοκός.(Μποζίκης Ν., 2021)

Οι τρεις βασικές μορφές σθένους οι οποίες λαμβάνει το χρώμιο είναι το χρώμιο (0), το χρώμιο (III) και χρώμιο (VI). Το χρώμιο (III) ή αλλιώς το τρισθενές χρώμιο παράγεται φυσικά στο περιβάλλον κυρίως μέσω του χρωμίτη, ενώ το χρώμιο (0) και το χρώμιο (VI) ή εξασθενές χρώμιο παράγονται κατά τη διάρκεια βιομηχανικών διαδικασιών. (European Environment Agency, 2017). Διάφοροι αναγωγικοί παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν αναγωγή του εξασθενούς Χρωμίου σε τρισθενές Χρώμιο όπως ο δισθενής Σίδηρος $[\text{Fe(II)}]$, φωσφορικά, οργανική ύλη και σουλφίδια. (Seby et al,2018)





Ο Οργανισμός Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA) έχε ταξινομήσει το χρώμιο στους 129 πρωταρχικούς ρύπους και θεωρείται ένα από τα πιο επιβλαβή βαρέα μέταλλα. (Mazumder et al,2013)

Πίνακας 3: Χημικές ιδιότητες του χρωμίου(Britannica, 2023)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ	
Ατομικός αριθμός	24
Ατομικό βάρος	51.9961
Σημείο τήξης	1,890 ⁰ C(3,434 ⁰ F)
Σημείο βρασμού	2,482 ⁰ C (4,500 ⁰ F)
Ειδικό βάρος	7,20(28 ⁰ C)
Σθένη	+2, +3, +6
Κατανομή ηλεκτρονίων	$[\text{Ar}]3d^54s^1$

Chromium

atomic number	24	51.9961	atomic weight
symbol	Cr		acid-base properties of higher-valence oxides
electron configuration	[Ar]3d ⁵ 4s ¹		crystal structure
name	chromium		physical state at 20 °C (68 °F)

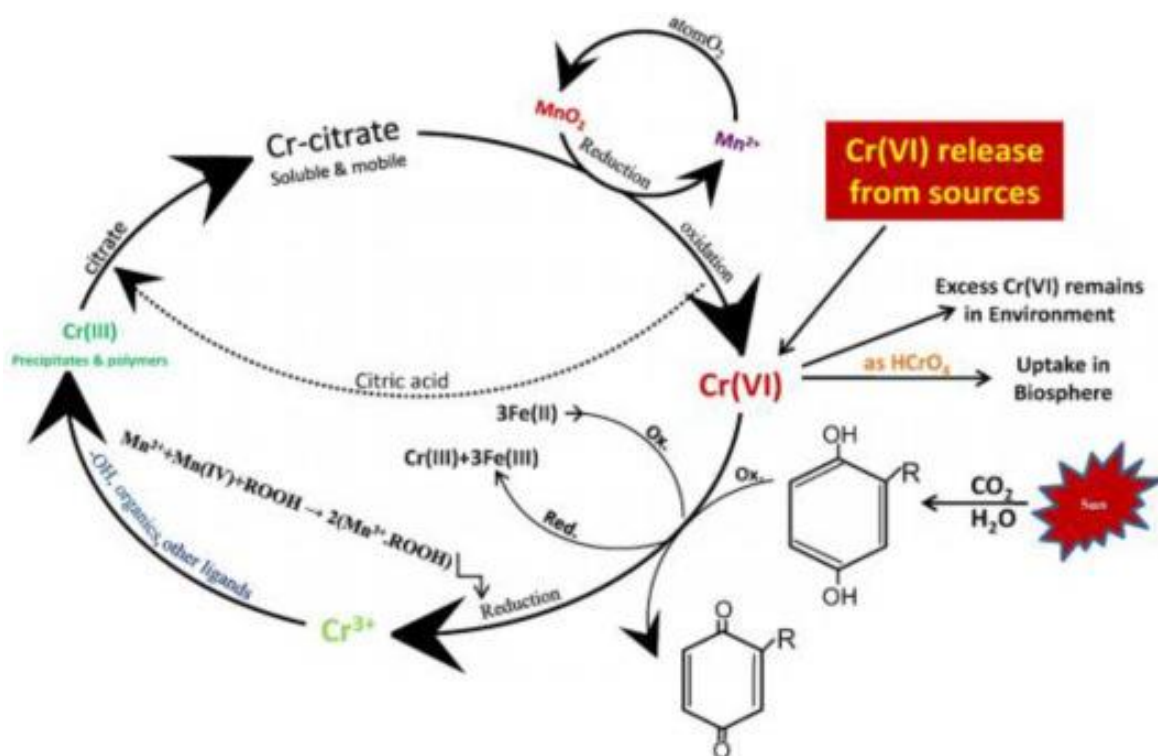
 Transition metals	 Solid
 Body-centred cubic	 Weakly acidic

© Encyclopædia Britannica, Inc.

Εικόνα 1: Το χημικό στοιχείο Χρώμιο και οι ιδιότητες του (Britannica,2023)

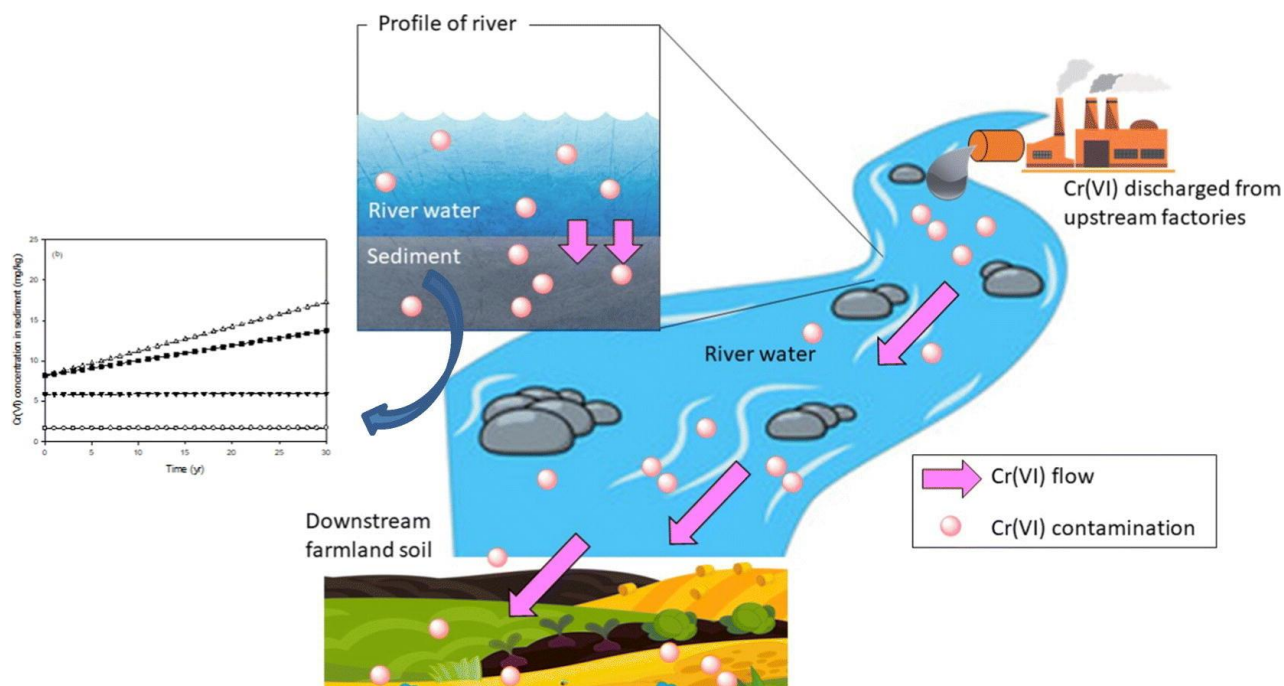
2.2 ΦΥΣΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ο φυσικός κύκλος του χρωμίου από τη στιγμή που προέρχεται από τις πηγές του. Μέρος του εξασθενούς χρωμίου παραμένει στο περιβάλλον και άλλο τμήμα του εξασθενούς χρωμίου εκλύεται στη βίοςφαιρα ως χρωμικό οξύ HCrO₃.(Ukhurebor et al, 2021)



Εικόνα 2: Φυσικός κύκλος του χρωμίου στο περιβάλλον(Ukhurebor et al, 2021)

Όπως φαίνεται στην εικόνα 2, το εξασθενές χρώμιο αποτελεί την οξειδωμένη μορφή του χρωμίου η οποία μπορεί να διεισδύσει και να μεταφερθεί εύκολα διατηρώντας τις επικίνδυνες ιδιότητες του σε αντίθεση με άλλες μορφές του χρωμίου που στην ατμόσφαιρα διατηρούν τη θερμοδυναμική ισορροπία.



Εικόνα 3: Η παρουσία του χρωμίου στο περιβάλλον (Tseng et al, 2019)

2.3 ΧΡΩΜΙΤΗΣ

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί το χρώμιο βρίσκεται φυσικά στο περιβάλλον με τη μορφή του χρωμίτη. Ο χρωμίτης (FeCr_2O_4) αποτελεί ένα μείγμα μαγνησίου, σιδήρου, αλουμινίου και χρωμίου και εντοπίζεται στα πετρώματα σε ποικίλες αναλογίες. Τα πετρώματα αυτά ονομάζονται υπερμαφικά και ο χρωμίτης διανέμεται σε αυτά σε διάφορα στρώματα από μικρότερο από 1 εκατοστό μέχρι 5-8 μέτρα. Χαρακτηριστικό του χρωμίτη αποτελεί η αδράνεια και η ασθενής διαλυτότητα του στο νερό, σε ορισμένες περιπτώσεις όμως μπορεί να συμβάλλει στην αποδέσμευση τρισθενούς χρωμίου μέσω του συνδυασμού γεωχημικών δραστηριοτήτων και μικροβιακών αναμειξέων.

Ο χρωμίτης χρησιμοποιείται κυρίως στην βιομηχανική διαδικασία ως η πιο συχνή μορφή του χρωμίου. Παράγοντες όπως το pH και η οργανική ύλη ορίζουν την ύπαρξη χρωμίου στη φύση. Όταν το εξασθενές χρώμιο βρίσκεται σε ποσότητα άνω των $70-90 \mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ στα υπόγεια νερά οφείλεται στη ρύπανση που προκαλείται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Αυτές οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες έχουν και βιομηχανικό και αστικό χαρακτήρα καθώς με την ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων που περιέχουν χρώμιο και οι μη ορθές συνθήκες αποθήκευσης μπορούν να οδηγήσουν στη μεταφορά των ρύπων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. (Tumolo et al. , 2020)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΠΗΓΕΣ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ

Το εξασθενές χρώμιο παράγεται συνήθως μέσω των βιομηχανικών διαδικασιών και εμπεριέχεται:

- σε διάφορες χρωστικές ουσίες που υπάρχουν σε βαφές, χρώματα, μελάνια και σε συσκευασίες πλαστικού
- στα άλατα χρωμίου τα οποία χρησιμοποιούνται ως αντιδιαβρωτικά μέσα στα χρώματα, αστάρια και άλλες επιστρώσεις επιφανειών
- σε διάλυμα χρωμικού οξέος που συμβάλλει στην επιχρωμίωση της επιφάνειας ενός αντικειμένου με ταυτόχρονη προσθήκη μεταλλικού χρωμίου
- στα σωματίδια που παράγονται κατά την τήξη ενός μεταλλεύματος που ονομάζεται σιδηροχρώμιο
- στον καπνό που δημιουργείται από τη διαδικασία συγκόλλησης ανοξειδώτου χάλυβα ή μη σιδηρούχων κραμάτων χρωμίου
- σε προσμίξεις που υπάρχουν στο τσιμέντο Portland. (OSHA,2006)

3.1. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ

Βυρσοδεψία

Στη βιομηχανία επεξεργασίας γούνας και δέρματος πραγματοποιείται εκτεταμένη χρήση του Χρωμίου στις διαδικασίες επεξεργασίας του δέρματος και της βαφής. Για αυτό το λόγο, αποβάλλονται ρύποι που περιέχουν Χρώμιο στο περιβάλλον με σημαντικές επιπτώσεις τόσο στο ίδιο όσο και στην υγεία των ανθρώπων. Το οξείδιο του τρισθενούς Χρωμίου τίθεται σε υψηλή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής διαδικασίας για τη δημιουργία μετάλλων ή κραμάτων. Έπειτα από αυτή τη διαδικασία, προκύπτει το εξασθενές Χρώμιο το οποίο παράγεται επίσης από τη βιομηχανική διαδικασία με την παρουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου και βάσεων ορυκτού χαρακτήρα.

Επιπρόσθετα, σε μεγάλο ποσοστό της κλίμακας του 80-90% χρησιμοποιείται το θειικό Χρώμιο [Cr(OH)SO₄] για τα δέρματα που παράγονται αφού έχει την ικανότητα να προσδίδει το μαύρο χρώμα. (Chandrasekaran et al,2018)

Για την παραγωγή δέρματος ακολουθούνται κάποιες χημικές διεργασίες που αποτελούν τη διαδικασία της δέψης, οι οποίες προσδίδουν στα δέρματα την ικανότητα να είναι αδιάβροχα και ανθεκτικά σε διάφορους μικροοργανισμούς. Σε ποσοστό 90 % των περιπτώσεων μια σύγχρονη μέθοδος δέψης είναι η χρήση διαλύματος θειικού άλατος τρισθενούς χρωμίου. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, τα χρωμιούχα κατιόντα, τα οποία περιλαμβάνουν κάποια μόρια νερού, συνδέονται με τα αμινοξέα των πρωτεϊνών του δέρματος σχηματίζοντας ένα σύμπλεγμα δεσμών ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο την αντοχή του δέρματος. (Αυλωνίτης, 2016)

Το 60% των βυρσοδεψείων που βρίσκονται στην Ινδία έχουν μολύνει τα υπόγεια ύδατα με υψηλές ποσότητες χρωμίου με αποτέλεσμα να μην είναι κατάλληλα για πόση. (Chandrasekaran et al, 2018)

Χρήση σε βαφεία-κλωστοϋφαντουργεία

Στις βιομηχανίες υφανσίμων, ο χαλκός και το χρώμιο αποτελούν δύο τοξικά βαρέα μέταλλα τα οποία χρησιμοποιούνται στις βιομηχανικές διαδικασίες. Πιο συγκεκριμένα, το χρώμιο χρησιμοποιείται στη διαδικασία της οξειδωσης των βαφών για βαμβακερά και άλλα υφάσματα καθώς βοηθά και στη σταθερότητα που έχουν οι βαφές κατά τη διάρκεια της βαφής του μαλλιού. Μέσω της χρήσης διχρωμικού νατρίου παράγεται ταυτόχρονα, κατά την αναγωγή, και ένα μικρό ποσοστό τρισθενούς χρωμίου. Προκειμένου να στερεοποιηθεί το χρώμα στο μαλλί γίνεται χρήση μεταδιθειώδους νατρίου το οποίο παράλληλα συμβάλλει και στην αναγωγή του εξασθενούς χρωμίου στη λιγότερο επικίνδυνη μορφή του χρωμίου, σε τρισθενές χρώμιο. (Γκορίτσας, 2010)

3.2. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Το Χρώμιο αποτελεί ιχνοστοιχείο και βρίσκεται σε τρόφιμα όπως το μπρόκολο, τα αυγά, τα δημητριακά ολικής άλεσης και το σολομό. Το Χρώμιο κρίθηκε σημαντικό ως στοιχείο για τη διατροφή του ανθρώπου το 1959 λόγω του βοηθητικού ρόλου στις μεταβολικές οδούς που συμβαίνουν στο κύτταρο όπως αυτής της γλυκόζης, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων. Επιπρόσθετη καταλυτική λειτουργία αποτελεί η ένωση και ο σχηματισμός νουκλεϊκών οξέων και πρωτεϊνών καθώς και η συμμετοχή του σε αντιδράσεις που αφορούν την οξειδωση και την αναγωγή.(Cedillo Alvarez et al, 2021). Η πιο συχνή μορφή Χρωμίου στη διατροφή είναι το τρισθενές Χρώμιο Cr(III). (Seby et al,2018)

Το Χρώμιο βρίσκεται σε μια ποικιλία τροφών σε μικρές ποσότητες οι οποίες ποσότητες μπορούν να διαφοροποιηθούν ανάλογα με τις προσμίξεις με ορυκτά που υπάρχουν στο έδαφος που καλλιεργήθηκε το τρόφιμο καθώς και όταν το τρόφιμο τίθεται σε επεξεργασία με εξοπλισμό από ανοξείδωτο χάλυβα.

Τρόφιμα που περιέχουν χρώμιο είναι:

- 1) Ορισμένα λαχανικά όπως μπρόκολο, πράσινα φασόλια, πατάτες
- 2) Ορισμένα φρούτα όπως μήλα και μπανάνες
- 3) Βοδινό κρέας
- 4) Ψάρι
- 5) Καφές (Harvard T.H. Chan, 2020)

3.2.1. ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

Η ανεπάρκεια του χρωμίου καθίσταται σπάνια αν και υπάρχει ελάχιστη απορρόφηση από το έντερο. Σε περιπτώσεις που η διατροφή εμπεριέχει υψηλές ποσότητες σακχάρων, είναι δυνατό να προκληθεί μεγαλύτερη απέκκριση του Χρωμίου στα ούρα, επομένως καθίσταται ανεπαρκές για τον οργανισμό. Ορισμένες καταστάσεις όπως εγκυμοσύνη, έντονη δραστηριότητα και σωματικό στρες από τραύματα και λοιμώξεις μπορούν να ενισχύσουν την απώλεια του χρωμίου από τον οργανισμό. Επιπλέον, όταν ο οργανισμός βρίσκεται σε γενικό υποσιτισμό ή ασθένεια σε οξεία μορφή που έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη θρεπτικών συστατικών, η διατροφή έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε Χρώμιο. (Harvard T.H. Chan, 2020)

Εφόσον το Χρώμιο παίζει καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση της γλυκόζης του αίματος, επηρεάζει τη δράση της ινσουλίνης. Για αυτό το λόγο έχει διαπιστωθεί πως άτομα με σακχαρώδη διαβήτη είναι ευαίσθητοι σχετικά με τη δόση του χρωμίου που λαμβάνει ο οργανισμός τους.

Η συνιστώμενη ημερήσια δόση χρωμίου, η οποία θεωρείται επαρκής, είναι:

Πίνακας 2: Συνιστώμενη ημερήσια δόση χρωμίου μέσω της διατροφής(Harvard T.H. Chan, 2020)

Άντρες 19-50 ετών	35 μικρογραμμάρια
Γυναίκες 19-50 ετών	25 μικρογραμμάρια
Άντρες >50 ετών	30 μικρογραμμάρια
Γυναίκες>50 ετών	20 μικρογραμμάρια

Σε περιπτώσεις εγκυμοσύνης και θηλασμού η συνιστώμενη ημερήσια δόση Χρωμίου ορίζεται σε 30 και 45 μικρογραμμάρια αντίστοιχα. (Harvard T.H. Chan, 2020). Τα γαλακτοκομικά προϊόντα περιέχουν μικρότερες ποσότητες Χρωμίου λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε σάκχαρα όπως φρουκτόζη και σακχαρόζη.

Διάφορες και ποικίλες μορφές Χρωμίου συναντώνται και στα συμπληρώματα διατροφής. Πιο συγκεκριμένα, στα συμπληρώματα πολυβιταμινών/μετάλλων οι ποσότητες του Χρωμίου κυμαίνονται μεταξύ 35 έως 120 μικρογραμμάρια ενώ διατίθενται και συμπληρώματα μόνο με χρώμιο που οι ποσότητες είναι από 200 έως 500 μικρογραμμάρια με μερικά να περιέχουν ως και 1000 μικρογραμμάρια Χρωμίου.

Απαιτείται προσοχή στη λήψη τέτοιων συμπληρωμάτων καθώς άτομα με ηπατική και νεφρική νόσο είναι πιθανό να αναπτύξουν ανεπιθύμητες ενέργειες από τις υψηλές ποσότητες Χρωμίου. (National Institutes for Health,2022)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. ΕΚΘΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΕΞΑΣΘΕΝΕΣ ΧΡΩΜΙΟ

Οι εργαζόμενοι μπορούν να εισπνεύσουν αερομεταφερόμενο εξασθενές

χρώμιο ως σκόνη, καπνός ή ομίχλη μέσω:

- της παραγωγής χρωμάτων, χρωστικών και σκονών χρωμικού οξέος, καταλυτών χρωμίου, βαφές και διάφορες επιστρώσεις
- της εργασίας κοντά σε επιμετάλλωση που υπάρχει χρώμιο
- της συγκόλλησης και της θερμικής επεξεργασίας ανοξειδώτου χάλυβα
- δραστηριοτήτων που ασχολούνται με την εφαρμογή χρωμάτων και την αφαίρεση αυτών των επιστρώσεων από επιφάνειες που περιέχουν χρώμιο. (OSHA,2006)

Το πρωτόκολλο του OSHA στο χώρο εργασίας περιλαμβάνει:

- τον περιορισμό της μέσης έκθεσης στο εξασθενές χρώμιο σε 5 μg ή λιγότερο ανά κυβικό μέτρο αέρα σε μια οκτάωρη εργασία
- τη συχνή παρακολούθηση της υγείας του καθώς και την ενδεικτική έκθεση και το επίπεδο δράσης του εξασθενούς χρωμίου κάθε 6 μήνες (περίπου 2,5 μg ανά κυβικό μέτρο αέρα σε εργασία των 8 ωρών)
- την παροχή κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας καθώς και την ορθή χρήση τους προκειμένου να μην προκληθεί επαφή των ματιών και του δέρματος με το εξασθενές χρώμιο.
- την επιπρόσθετη εφαρμογή κανόνων ατομικής υγιεινής έτσι ώστε να μην εκτεθεί το άτομο στο χρώμιο.
- τη συμμόρφωση των εργαζομένων με τα νόμιμα επιτρεπτά όρια της έκθεσης του ανθρώπου σε μια χημική ουσία όπως το εξασθενές χρώμιο (PEL-Permissible Exposure Limits)
- την προστασία του αναπνευστικού συστήματος με την βοήθεια των μέσων προστασίας
- τη δυνατότητα ιατρικών εξετάσεων μέσα σε ένα μήνα από την αρχική έκθεση, ετησίως σε όσους βρίσκονται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης, σε όσους εμφανίζουν συμπτώματα ή σημάδια από την έκθεση στο εξασθενές χρώμιο και σε εκείνους που εκτίθενται για 30 ή περισσότερες μέρες το χρόνο στη χημική ουσία καθώς και κατά τη λήξη της απασχόλησής τους. (OSHA, 2006)

4.2. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΩΜΙΟΥ

Εξαιτίας της παρόμοιας αυτής δομής το εξασθενές χρώμιο εισέρχεται κανονικά στα κύτταρα προκαλώντας βλάβες και εμφανίζονται ως κατασταλτικά γονίδια που εκφράζονται κανονικά και είναι καρκινογόνα. Η καρκινογένεση που δημιουργείται είναι αποτέλεσμα της καταστροφής των διπλών δεσμών στην αλυσίδα του DNA των πνευμονικών κυττάρων και δεν είναι δυνατό να αντικατασταθούν ή να επιδιορθωθούν. Η πιο συχνή έκθεση του ανθρώπου στα βαρέα μέταλλα πραγματοποιείται μέσω των τροφών και του νερού που μπορεί να έχουν υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών μετάλλων. Το χρώμιο στα κύτταρα του ανθρώπινου σώματος προσλαμβάνεται και κατανέμεται διαφορετικά λόγω του ότι ο αριθμός των αν ιόντων που μεταφέρονται διαφέρει ανάλογα με την κυτταρική σειρά. Για παράδειγμα, η έκθεση στα κύτταρα του πνεύμονα διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα προκαλώντας παθολογικές καταστάσεις οι οποίες προκύπτουν από την παραγωγή υπεροξειδίου κατά τη διαδικασία αναγωγής του εξασθενούς χρώμιο σε τρισθενές. Παρ' όλα αυτά όταν το τρισθενές χρώμιο βρίσκεται σε φυσιολογικές ποσότητες στο ανθρώπινο σώμα έχει την ικανότητα να μειώνει τα επίπεδα σακχάρου και χοληστερόλης στο αίμα και να συντελεί στην πρόσληψη αμινοξέων με σκοπό τη σταθερότητα της κυτταρικής μεμβράνης και της πρωτεϊνοσύνθεσης. (Tang et al, 2021)

Με την πάροδο των χρόνων, οι ασθένειες που εμφανίζονται αυξάνονται όλο και περισσότερο καθώς αυξάνονται ποικιλοτρόπως και οι παράγοντες που τις προκαλούν. Ειδικότερα για τις γονιδιακές μεταλλάξεις οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κληρονομικότητα μιας ασθένειας όπως ο καρκίνος. Τα ιόντα μετάλλων όπως το

εξασθενές χρώμιο αποτελούν περιβαλλοντικοί ρύποι οι οποίοι μπορούν να συνδυαστούν με την περιβαλλοντική έκθεση. Ο Κανονισμό CLP(Classification, Labelling and Packaging) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συντάσσει και οργανώνει τις χημικές ουσίες και την επικινδυνότητά τους, συμπεριλαμβάνοντας τα στο Παγκόσμιο Εναρμονισμένο Σύστημα ταξινόμησης [Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)]. Οι ενώσεις του χρωμίου σύμφωνα με την ταξινόμηση CLP ανήκει στην κατηγορία 1B καθώς έχει ανιχνευτεί η αρνητική επίδρασή του σε ζώα μέσα από μελέτες. (Οδηγία 1272/2008, 2008)

Αριθμός Ευρετηρίου	Διεθνής Χημικός Προσδιορισμός	Αριθ. ΕΚ	Αριθ. CAS	ταξινόμησης		Επισήμανση	
				Κωδικοί κλάσης και κατηγορίας κινδύνου	Κωδικοί δήλωσης επικινδυνότητας	Εικονογράμματα κινδύνου, προειδοποιητικές λέξεις, κωδικοί	Κωδικοί δήλωσης επικινδυνότητας
024-016-00-2	tetradecylammonium bis(1-(5-chloro-2-oxidophenylazo)-2-naphtholato)chromate (1-)	405-110-6	88377-66-6	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 4	H373 (**) H413	GHS08 Wng	H373 (**) H413
024-017-00-8	Chromium (VI) compounds, with the exception of barium chromate and of compounds specified elsewhere in this Annex	—	—	Carc. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350i H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350i H317 H410

Εικόνα 4: Κατάταξη του χρωμίου στον κατάλογο εναρμονισμένων ταξινομήσεων και επισημάνσεων(Οδηγία 1272/2008, 2008)

Κωδικοί δήλωσης επικινδυνότητας για το εξασθενές χρώμιο

H410: Επικίνδυνο για το υδάτινο περιβάλλον, πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς με μακροχρόνιες επιπτώσεις(χρόνιος κίνδυνος)

H400: Επικίνδυνο για το υδάτινο περιβάλλον, πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς (οξύς κίνδυνος)

H350: Ικανό για καρκινογένεση

H317: Ευαισθησία στο δέρμα καθώς μπορεί να δημιουργήσει αλλεργική αντίδραση(Οδηγία 1272/2008, 2008)

Όταν το μείγμα εμφανίζει την παρακάτω εικόνα στην ετικέτα τότε περιέχει κάποια/ες ουσία/ες οι οποίες:



- Είναι ικανές να δημιουργήσουν καρκινογένεση
 - Έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στη γονιμότητα και να δημιουργήσουν εμπλοκές στην υγιή ανάπτυξη του εμβρύου
 - Είναι μεταλλαξιογόνες
 - Ερεθίζουν την αναπνευστική οδό εμφανίζοντας συμπτώματα όπως άσθμα, αλλεργία και δύσπνοια
- Σε περίπτωση αναρρόφησης προκαλούν ζημιά και ακόμη και θάνατο στην περίπτωση της κατάποσης ή εισπνοής.
 - Προκαλούν τοξικότητα σε ορισμένα όργανα

Εικόνα 5: Σήμανση επικίνδυνης ουσίας (Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην εργασία, 2012)

Οι επιπτώσεις μιας χημικής ουσίας διαφέρει ανάλογα το είδος της χημικής ουσίας και το που θα συμβεί η απορρόφηση στο ανθρώπινο σώμα. Γενικά, οι χημικές ουσίες μπορούν να διαπεράσουν το ανθρώπινο σώμα μέσω της εισπνοής, του στόματος και της δερματικής οδού. Μέσω της διαδικασίας της κατάποσης το χρώμιο (III) έχει σχεδόν μηδενική απορρόφηση ενώ το χρώμιο (VI) απορροφάται στο δωδεκαδάκτυλο με τη συμβολή των βακτηρίων της φυσιολογικής χλωρίδας του εντέρου. Στη συνέχεια γίνεται η αναγωγή του χρωμίου (VI) σε χρώμιο (III) από το γαστρικό υγρό και από αυτό το υγρό μόνο το 2 με 10% θα απορροφηθεί και θα περάσει στην κυκλοφορία του αίματος και θα καταλήξει στο ήπαρ το οποίο έχει τη δυνατότητα να το μειώσει.

Μέσω της δερματικής οδού, το χρώμιο, σε οποιαδήποτε μορφή και κατάσταση οξείδωσης βρίσκεται, γίνεται άμεσα η απορρόφηση του σε περίπτωση που υπάρχει λύση της συνέχειας του δέρματος ή κάποια πληγή.

Η απορρόφηση μέσω της εισπνοής εξαρτάται από την κατάσταση οξείδωσης του χρωμίου, το μέγεθος που έχουν τα σωματίδια καθώς και από τη διαλυτότητα της ένωσης του χρωμίου

Το μέγεθος των σωματιδίων κρίνεται καταλυτική σημασίας για την ποσότητα χρωμίου που θα απορροφηθεί από το ανθρώπινο σώμα. Για παράδειγμα, σωματίδια μικρότερα από 5 μm μπορούν να απορροφηθούν στην κυκλοφορία του αίματος και στο φάρυγγα και να καταλήξουν στον πνεύμονα. Στις 6 ώρες από τη στιγμή που θα προσληφθεί από το ανθρώπινο σώμα απορροφάται η μέγιστη ποσότητα εξασθενούς χρωμίου με τη μείωση να γίνεται στις 72 ώρες. (Cedillo Alvarez et al, 2021)

4.2.1. Κυτταρική βλάβη που οφείλεται στο χρώμιο

Το τρισθενές χρώμιο λόγω της ασθενούς διαλυτότητάς και κινητικότητας του καθίσταται λιγότερο επικίνδυνο και τοξικό από το εξασθενές χρώμιο κατά 100 φορές. Επομένως, η αναγωγή του εξασθενούς χρωμίου αποτελεί μια εφικτή λύση για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από το χρώμιο.

Όταν τα ενδοκυτταρικά ROS αναπαράγονται σε βαθμό πάνω από το φυσιολογικό λόγω του Cr (V) προκαλούν τοξικότητα καθώς παράγεται οξειδωτικό στρες και εν συνεχεία προξενείται βλάβη στο DNA δημιουργώντας το Cr-DNA. Επιπλέον, οι φωσφορικές ομάδες της αλυσίδας DNA, όταν είναι αρνητικά φορτισμένες και έρχονται σε επαφή με ενώσεις μεγάλης σταθερότητας τρισθενούς χρωμίου διαμορφώνονται σύμπλοκα τα οποία θεωρούνται μεταλλαξιογόνα . Προκειμένου να αποφευχθεί η συσσώρευση των ROS μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντιοξειδωτικά ένζυμα τα οποία αναστέλλουν την παραγωγή τους και αποτρέπουν τη δημιουργία ιόντων των μετάλλων. Παρόλα αυτά το πεντασθενές χρώμιο είναι ικανό να αναστείλει τη λειτουργία των αντιοξειδωτικών ενζύμων και να φέρει αντίθετα αποτελέσματα στην κυτταρική μεμβράνη και γενικότερα στο κύτταρο. (Tang et al, 2021)

Η έκθεση του ανθρώπου και ειδικότερα των εργαζομένων που απασχολούνται σε χώρους βιομηχανικής φύσης στο χρώμιο μπορεί να καταστεί επικίνδυνη για την υγεία του. Πιο συγκεκριμένα, είναι δυνατό να προκληθούν:

- επαγγελματικό άσθμα
- ερεθισμός και βλάβη στα μάτια και στη μύτη
- πνευμονική συμφόρηση και οίδημα
- διάβρωση και αποχρωματισμός των δοντιών
- καρκίνος
- ηπατική και νεφρική βλάβη
- ερεθισμός του αναπνευστικού συστήματος
- άνω κοιλιακό άλγος
- αλλεργική δερματίτιδα.

4.2.1.1. Καρκίνος

Όλες οι ενώσεις που σχηματίζει το εξασθενές χρώμιο κρίνονται ως καρκινογόνες για τον άνθρωπο και ορισμένες από αυτές μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο του πνεύμονα και στα ζώα. Ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου εξαρτάται από την ποσότητα του εξασθενούς χρωμίου που λαμβάνεται κατά την εισπνοή καθώς και από το χρόνο έκθεσης του ανθρώπου σε αυτό. Όσο οι δύο αυτοί παράγοντες αυξάνονται, τόσο αυξάνονται και οι πιθανότητες εμφάνισης καρκίνου του αναπνευστικού συστήματος. Μελέτες έχουν δείξει πως πριν τη δεκαετία του 1980, τα ποσοστά θνησιμότητας ήταν αυξημένα σε ανθρώπους οι οποίοι εργάζονταν σε βιομηχανίες όπου υπήρχε παραγωγή και χρήση χρωμίου σε διάφορες διεργασίες.

Ο καρκίνος του στομάχου μπορεί να συσχετιστεί με την έκθεση των εργαζομένων στο εξασθενές χρώμιο είτε από κατάποση σωματιδίων χρωμίου είτε μέσω επαφής του χεριού με το στόμα.

4.3. ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

4.3.1. ΕΙΣΟΔΟΣ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΩΝ

Μάτια

Σε περίπτωση που το χρωμικό οξύ ή η σκόνη χρωμίου έρθει σε επαφή με τα μάτια, μπορεί να δημιουργήσει μόνιμη βλάβη στους οφθαλμούς. Σε αυτή την περίπτωση κρίνεται απαραίτητη η αποφυγή άμεσης επαφής των ματιών με το εξασθενές χρώμιο σε οποιαδήποτε μορφή βρίσκεται αυτό όπως σκόνη, αερολύματα, νέφη, υγρά, καπνό και αναθυμιάσεις.

4.3.2. ΕΙΣΟΔΟΣ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Κατά την εισπνοή του εξασθενούς χρωμίου προκαλείται ερεθισμός της μύτης, του λαιμού και κατ' επέκταση και των πνευμόνων. Η συνεχόμενη ή εκτεταμένη έκθεση στο χρώμιο μπορεί να καταστεί βλαβερή για τους βλεννογόνους των ρινικών οδών και να δημιουργήσει έλκη και ρινορραγίες. Σε ακραίες περιπτώσεις, μπορεί να προκληθεί και διάτρηση του διαφράγματος, του τοιχώματος δηλαδή που βρίσκεται μεταξύ των δυο ρινικών οδών. Σε περίπτωση που οι εργαζόμενοι εμφανίσουν αλλεργία στο εξασθενές χρώμιο, είναι πολύ πιθανό να έχουν και συμπτώματα άσθματος όπως συριγμό και δύσπνοια.

Τα συμπτώματα από την επανειλημμένη έκθεση στο χρώμιο μπορεί να περιλαμβάνουν καταρροή, φτέρνισμα, βήχας και φαγούρα.

4.3.1. ΕΙΣΟΔΟΣ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΗΣ ΔΕΡΜΑΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ

Η επανειλημμένη επαφή του εξασθενούς χρωμίου με το δέρμα οδηγεί σε δερματίτιδα και δερματικά έλκη. Πιο συγκεκριμένα, ορισμένοι εργαζόμενοι εμφανίζουν αλλεργική ευαισθησία και μπορεί να προκληθεί σοβαρό εξάνθημα ακόμα και με την επαφή μικρής ποσότητας χρωμίου. Σε περίπτωση που έχει προηγηθεί απασχόληση με χρώμιο σε υγρή ή στερεή μορφή υπάρχει περίπτωση να αναπτυχθεί αλλεργική αντίδραση η οποία ονομάζεται αλλεργική δερματίτιδα εξ επαφής. Ένα συχνό φαινόμενο αλλεργικής δερματίτιδας εξ επαφής συμβαίνει με το τσιμέντο Portland και μπορεί να οδηγήσει σε εξέλκωση του δέρματος (OSHA,2006)

Παρ' όλο που το τρισθενές Χρώμιο είναι ικανό να προξενήσει δερματικές βλάβες, το εξασθενές Χρώμιο αποδεδειγμένα μπορεί να ερεθίσει το δέρμα ακόμα και αν έρθει σε επαφή με μικρές ποσότητες. Η χαρακτηριστική οξύτητα που υπερισχύει στα ιόντα του Χρωμίου ευθύνονται για το ερεθισμό του επιθηλιακού ιστού του δέρματος.

Η δερματίτιδα που προκαλεί η επαφή με το Χρώμιο, δημιουργεί μια σειρά αντιδράσεων που αναπτύσσονται σταδιακά σε 4 φάσεις:

1^η φάση: Αποτελεί το πρώιμο στάδιο όπου ακόμα δεν είναι εμφανής ο ερεθισμός του δέρματος καθώς το Χρώμιο διεισδύει και ενώνεται με τις ειδικές επιδερμικές πρωτεΐνες.

2^η φάση: Το μόριο που είναι συζευγμένο στην πρωτεΐνη αντιδρά με τα T-λεμφοκύτταρα.

3^η φάση: Η έκθεση στο Χρώμιο προκαλεί την ενεργοποίηση των κυττάρων αποδεδευσώντας με αυτό τον τρόπο τους μεσολαβητές της φλεγμονής και δημιουργούν τη φλεγμονή του δέρματος.

4^η φάση: Η δερματική φλεγμονώδης αντίδραση επικρατεί καθώς τα λεμφοκύτταρα συνεχίζουν να αντιλαμβάνονται την ύπαρξη του μορίου της πρωτεΐνης.

Έχει παρατηρηθεί σε χώρες όπως η Δανία, έχουν αναφερθεί περιστατικά δερματικού ερεθισμού που οφείλεται στο γεγονός ότι εργαζόμενοι σε βιομηχανία γούνας έχουν εκτεθεί στο χρώμιο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τον Μάιο του 2015 να μην επιτρέπονται ποσότητες εξασθενούς χρωμίου άνω των 3 ppm στα προϊόντα γούνας από την Ευρωπαϊκή Ένωση.(Cedillo Alvarez et al, 2021)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Στην περιοχή Hazaribagh της πόλης Ντάκα στο Μπαγκλαντές, οι βιομηχανίες βυρσοδεψείας θέτουν σε επεξεργασία περίπου 220 τόνους δέρματος ημερησίως όπου για κάθε τόνο επεξεργασμένου δέρματος απορρίπτονται στο περιβάλλον 600-1000 κιλά στερεά απόβλητα. Ένα μέρος αυτών των αποβλήτων αξιοποιείται προκειμένου να μετατραπεί σε συμπυκνωμένη πρωτεΐνη και να ενταχθεί στην τροφή των πουλερικών. Ως τρόπος απόρριψης των στερεών αποβλήτων αποτελούσε η υγειονομική ταφή η οποία όμως προκάλεσε προβλήματα στο έδαφος λόγω της έκπλυσης του χρωμίου. Το γεγονός αυτό, κατέστησε το έδαφος ακατάλληλο για καλλιέργεια και άλλες χρήσεις. Εξαιτίας αυτού του περιβαλλοντικού προβλήματος και της αύξησης του κόστους της υγειονομικής ταφής, οι βιομηχανίες δέρματος, προκειμένου να αποκτήσουν μια βιώσιμη μέθοδο απόρριψης των αποβλήτων, προσπαθούν να μειώσουν τα παραγόμενα απόβλητα και να αυξήσουν την ποσότητα των αποβλήτων που επαναχρησιμοποιούνται. Τα απόβλητα που επαναχρησιμοποιούνται μετατρέπονται είτε σε λίπασμα είτε συμπυκνώνονται και εντάσσονται στην τροφή των πουλερικών. Το 2007 το Πανεπιστήμιο της Ντάκα και το Συμβούλιο Επιστημονικής και Βιομηχανικής Έρευνας του Μπαγκλαντές (Bangladesh Council of Scientific and Industrial Research-BCSIR) πραγματοποίησαν μια μελέτη στην οποία αναφέρεται ότι στα αυγά και στο κρέας των πουλερικών ανιχνεύθηκαν υψηλές ποσότητες χρωμίου πάνω από το επιτρεπτό όριο. Επιπλέον, αποδείχθηκε ότι μέθοδοι επεξεργασίας όπως ο βρασμός και οι επεξεργασίες ξήρανσης δεν απομάκρυναν σημαντικά το χρώμιο από τα δείγματα που συλλέχθηκαν. Η συγκέντρωση του χρωμίου στην παραγόμενη πρωτεΐνη αποτελούσε το 2,49% των συστατικών ανάμεσα σε περιεκτικότητες καδμίου, αρσενικού και υδραργύρου. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι 80% των βυρσοδεψείων στο Μπαγκλαντές χρησιμοποιούν το χρώμιο στις διαδικασίες μαυρίσματος.

Υπάρχουν κάποιοι παράγοντες οι οποίοι προκαλούν την οξείδωση του τρισθενούς χρωμίου σε εξασθενές χρώμιο. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι εξής:

- η ποιότητα των χημικών ουσιών, ειδικότερα εκείνων που προσδίδουν το μαύρο χρώμα
- η φωτογήρανση που προκύπτει ύστερα από έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία

- η οξείδωση που προκύπτει στον αέρα λόγω του υψηλού pH
- υψηλή θερμοκρασία σε διαδικασίες όπως η θέρμανση στους 80 °C
- οι συνθήκες αποθήκευσης οι οποίες δεν είναι οι κατάλληλες
- η επίδραση της φυσικής λιπαρής ουσίας

Επιπλέον, η οξείδωση του τρισθενούς χρωμίου σε εξασθενές χρώμιο συμβαίνει συνήθως σε οξύ περιβάλλον με την παρουσία ισχυρών οξειδωτικών παραγόντων χωρίς αυτό να είναι υποχρεωτικό. Η οξείδωση μπορεί να προκύψει σε αλκαλικό περιβάλλον με την παρουσία ήπιων οξειδωτικών παραγόντων. Παρατηρήθηκε πως όσο μεγαλύτερη η ποσότητα του τρισθενούς χρωμίου που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την υψηλή θερμοκρασία, τόσο αυξάνεται και η περιεκτικότητα σε εξασθενές χρώμιο. Τα αυξημένα επίπεδα εξασθενούς χρωμίου βρέθηκαν στην τέφρα από τα στερεά απόβλητα της βιομηχανίας δέρματος και σε δείγματα δέρματος που κυμαίνονταν ανάλογα με τη θερμοκρασία και με το χρόνο που διατηρούνταν στις περιοχές ύστερα από θέρμανση στους 300-1000 °C. Τα υψηλότερα επίπεδα εξασθενούς χρωμίου εντοπίστηκαν ύστερα από καύση σε θερμοκρασίες μικρότερες από 500°C και μεγαλύτερες από 800 °C. Όσον αφορά το χρόνο διατήρησης στις περιοχές, η ποσότητα του εξασθενούς χρωμίου μειώνονταν όσο αυξάνονταν ο χρόνος. Σχετικά με τις συνθήκες αποθήκευσης, η σχετική υγρασία του αέρα είναι δυνατό να προκαλέσει το σχηματισμό εξασθενούς χρωμίου σε περιοχές που περιέχουν χρώμιο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Πιο συγκεκριμένα, έχει διαπιστωθεί ότι το εξασθενές χρώμιο δημιουργείται σε συνθήκες υγρασίας κάτω από 35%. (Mazumder et al, 2013)

Παρά το γεγονός ότι το χρώμιο χρησιμοποιείται ευρέως σε αρκετές βιομηχανικές δραστηριότητες, οι επιπτώσεις του στο περιβάλλον κρίνονται επικίνδυνες και ανησυχητικές. Συγκεκριμένα το εξασθενές χρώμιο καθίσταται επιβλαβές για τους ζωντανούς οργανισμούς και τα φυτά όταν εκείνο συσσωρεύεται. Μερικές από τις επιπτώσεις του χρωμίου στο περιβάλλον είναι η εξασθένηση της βλάστησης των σπόρων, καθυστέρηση της ανάπτυξης και της απόδοσης, παρεμπόδιση διαδικασιών όπως η φωτοσύνθεση, η λήψη θρεπτικών συστατικών και διάφορες γενετικές μεταλλάξεις που μπορεί να οδηγήσουν σε βλαβερές ασθένειες. Η τοξικότητα του χρωμίου αφορά τα φυτά, τα ζώα και τον άνθρωπο. (Ukhurebor et al, 2021)

Η ρύπανση του περιβάλλοντος προκύπτει από την απόρριψη των βιομηχανικών λυμάτων που περιέχουν χρώμιο. Το 60% των βυρσοδεψείων που βρίσκονται στην Ινδία έχουν μολύνει τα υπόγεια ύδατα με υψηλές ποσότητες χρωμίου με αποτέλεσμα να μην είναι κατάλληλα για πόση. Η παρουσία χλωρίου και νατρίου σε υψηλές περιεκτικότητες σε συνδυασμό με άλλα απόβλητα όπως δέρματα ζώων, τρίχες και οξέα προκαλεί περαιτέρω μόλυνση στα υπόγεια ύδατα και τα καθιστά ακατάλληλα και ανθυγιεινά. (Chandrasekaran et al, 2018)

5.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Το χρώμιο και οι διάφορες ενώσεις του καταλήγουν στο έδαφος και στο υδροφόρο ορίζοντα μέσω των γεωλογικών διεργασιών, των δραστηριοτήτων του ανθρώπου καθώς και της υπέρμετρης διάθεσης τοξικών αποβλήτων που περιέχουν χρώμιο. Το τρισθενές χρώμιο βρίσκεται φυσικά στο έδαφος λόγω της διαλυτότητας και της ικανότητας που έχει να απορροφά σωματίδια από το έδαφος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα

την εξέλιξη και την ανάπτυξη των οργανισμών καθώς συμβάλλει ως πηγή θρεπτικών συστατικών. Όσον αφορά το εξασθενές χρώμιο έχει αρνητική επίδραση στα φυτά διότι έχει τη δυνατότητα να διαπεράσει την κυτταρική μεμβράνη μέσα στο κύτταρο και να δημιουργήσει περιθώρια για άλλα είδη οξυγόνου(ROS) τα οποία εντείνουν ακόμα περισσότερο τις βλαβερές επιπτώσεις. Το Cr(VI) μέσω των διόδων που υπάρχουν για τα ανιόντα διαπερνά τις κυτταρικές μεμβράνες ως χρωμικό/διχρωμικό (οξυανιόν). Αυτό συμβαίνει καθώς υπάρχει ομοιότητα στη δομή των χρωμικών με τα θειικά και τα φωσφορικά ιόντα. Πραγματοποιείται μέσα στα κύτταρα ενδοκυτταρική αναγωγή του εξασθενούς χρωμίου σε πεντασθενές και εν τέλει σε τρισθενές χρώμιο το οποίο δεν μπορεί να διαπεράσει την κυτταρική μεμβράνη λόγω της ασθενούς διαπερατότητάς της. Το τρισθενές χρώμιο συμβάλλει στη δημιουργία διαφόρων συμπλεγμάτων που περιλαμβάνουν τρισθενές χρώμιο, πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα . Το γεγονός αυτό προκαλεί ευρέος φάσματος βλάβη στο DNA εμποδίζοντας βασικές διαδικασίες των κυττάρων όπως η αντιγραφή του DNA και η μεταγραφή του RNA αποδεικνύοντας έτσι τις βλαβερές επιπτώσεις που προκύπτουν στα φυτά από το χρώμιο. (Ukhurebor et al, 2021)

5.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΟ ΝΕΡΟ

Οι κύριες μορφές του χρωμίου που εμφανίζονται στο νερό είναι το τρισθενές Cr(III) και εξασθενές χρώμιο (CrVI) και η κατάσταση στην οποία θα βρίσκεται εξαρτάται από τις συνθήκες οξειδοαναγωγής και το pH. Το τρισθενές χρώμιο περιλαμβάνει αδιάλυτα σύμπλοκα υδροξειδίου και κατατάσσεται ως κατιόν ενώ το εξασθενές χρώμιο ως διχρωμικό ανιόν και ως μονοσθενές και δισθενές χρωμικό σε pH πάνω και κάτω από 6,5 αντίστοιχα. Μία ακόμα διαφορά τους είναι πως το εξασθενές χρώμιο είναι πιο υδατοδιαλυτό και έτσι διαπερνά ευκολότερα στα υπόγεια ύδατα. Εφόσον δεν προέρχονται από βιομηχανικές διεργασίες αλλά από πετρώματα, ο συνδυασμός μαγγανίου σιδήρου που συνυπάρχει στα ορυκτά με το τρισθενές χρώμιο μπορεί να προκαλέσουν οξείδωση του τρισθενούς χρωμίου σε εξασθενές χρώμιο και κατ' αυτό τον τρόπο να περάσει στα υπόγεια ύδατα.(Coyte et al, 2020)

Όσον αφορά το υδάτινο περιβάλλον, το χρώμιο εμπεριέχεται:

1. στο νερό της βροχής→ 0,2-1 μg/L
2. στο θαλασσινό νερό→0,04-0,5 μg/L
3. στα επιφανειακά ύδατα→0,5-2 μg/L
4. στα υπόγεια ύδατα→ < 1 μg/L

Στα υπόγεια ύδατα, η περιεκτικότητα σε χρώμιο μπορεί να αυξηθεί σε περίπτωση που βρίσκονται κοντά σε ορυκτά τα οποία περιέχουν χρώμιο και ενδέχεται να περάσει σε αυτά. Η διάθεση του χρωμίου στο υδάτινο περιβάλλον εξαρτάται από την εκάστοτε εθνική νομοθεσία και από τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα όρια που θέτει η εθνική νομοθεσία για το τρισθενές και εξασθενές χρώμιο ποικίλλουν καθώς διαφέρουν ο υδάτινος αποδέκτης(θαλασσινό νερό, λίμνη, ποτάμι, συστήματα αποχέτευσης) καθώς και η ύπαρξη βιομηχανιών στην περιοχή. (Vaioroulou et al,2020)



Εικόνα 6: Αποτέλεσμα ρύπανσης του νερού με χρώμιο(Toxicology Litigation Support)

5.2.1. ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΟ ΝΕΡΟ

5.2.1.1. ΧΡΩΜΙΟ ΣΤΟ ΝΕΡΟ: ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑ

Ένα σημαντικό γεγονός με διαρροή χρωμίου συνέβη στην περιοχή Hinkley, 80 μίλια βορειοανατολικά του Λος Άντζελες, σε ένα σταθμό συμπίεσης που ονομαζόταν Pacific Gas and Electric Company (PG&E). Ο σταθμός αυτός μεταφέρει φυσικό αέριο μέσω αγωγών από το Τέξας στην Καλιφόρνια. Προκειμένου να αποφευχθεί η διάβρωση στο εσωτερικό του σταθμού, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία του νερού ψύξης με μια ένωση η οποία περιείχε χρώμιο. Δίχως να υποστεί κάποια επεξεργασία το νερό αυτό κατέληξε στη λίμνη και επιβάρυνε το έδαφος ,τα υπόγεια νερά και τον υδροφόρο ορίζοντα με χρώμιο.(USGS, 2016).

Στη Βόρεια Καρολίνα της Καλιφόρνια, πάνω από 3,9 εκατομμύρια άνθρωποι τροφοδοτούνται από τα υπόγεια νερά για οικιακές χρήσεις και για πόσιμο νερό.(Coyle et al, 2020)

5.2.1.2. ΧΡΩΜΙΟ ΣΤΟ ΝΕΡΟ: ΕΛΛΑΔΑ

Από το 1969 και μετά άρχισε να αναπτύσσεται η βιομηχανική περιοχή των Οиноφύτων όπου οι βιομηχανίες παρήγαγαν υγρά βιομηχανικά απόβλητα τα οποία κατέληγαν στον Ασωπό ποταμό. Ο Ασωπός διέρχεται από περιοχές όπως ο Ωρωπός, το Σχηματάρι, τα Οινόφυτα και καταλήγει στο Νότιο Ευβοϊκό κόλπο. Στη βιομηχανική ζώνη των Οινόφτων υπάρχουν βιομηχανίες μεταλλουργίας, παραγωγής χρωμάτων και μπαταριών οι οποίες χρησιμοποιούν βαρέα μέταλλα στην παραγωγική διαδικασία. Ήδη από το 1990 οι κάτοικοι των γύρω περιοχών διαμαρτύρονταν σχετικά με το χρώμα και τη θολότητα του πόσιμου νερού. Στη συνέχεια το 2007 έγιναν έλεγχοι σχετικά με τις απαιτούμενες άδειες διάθεσης υγρών αποβλήτων τα οποία θα πρέπει να έχουν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία. Στη συγκεκριμένη έκθεση αναφέρθηκε πως πολλές βιομηχανίες είχαν άδεια λειτουργίας δίχως τις άδειες απόρριψης των αποβλήτων. Επιπλέον, βρέθηκε εξασθενές χρώμιο σε απόβλητα βιομηχανιών που χρησιμοποιούσαν χρώμιο ή άλλες ενώσεις του στην παραγωγική διαδικασία πραγματοποιώντας τη διάθεση αυτών των αποβλήτων κάτω από το έδαφος. Αργότερα το 2009 και το 2010

έγινε ξανά αυτοψία στις μονάδες όπου επεξεργάζονταν τα λύματα των Οиноφύτων και του Σχηματαρίου και εντοπίστηκαν ελλείψεις και προβλήματα στα στάδια και στον εξοπλισμό επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Σύμφωνα με μελέτες, το χρονικό διάστημα 1999-2009 έχει παρατηρηθεί αύξηση στα ποσοστά ορισμένων τύπων καρκίνου στους κατοίκους των γύρω περιοχών και η καρκινογένεση οφείλεται στην ύπαρξη βαρέων μετάλλων, όπως είναι το χρώμιο, στο πόσιμο νερό. Σε μια μέτρηση που πραγματοποιήθηκε το 1996, το εξασθενές χρώμιο βρέθηκε σε συγκέντρωση 54 $\mu\text{g/Lt}$ σε πηγή πόσιμου νερού. Από τον Ιούλιο του 2007 έως τον Ιούλιο του 2010 μετρήθηκαν επαναλαμβανόμενα σε πηγές πόσιμου νερού στο δήμο Οиноφύτων. Ανάμεσα σε αυτές τις μετρήσεις, 13 ήταν πάνω από το όριο ανίχνευσης με ανώτατη να αποτελούν τα 51 $\mu\text{g/L}$ για το εξασθενές χρώμιο. (Christoforidou et al,2011)

Στα τέλη του έτος 2004 διενεργήθηκαν από το Γενικό Χημείο του Κράτους αναλύσεις οι οποίες εντόπιζαν την παρουσία ολικού χρωμίου στο πόσιμο νερό στην περιοχή των Οиноφύτων. Λίγα χρόνια μετά, έγινε αντιληπτό πως το 95% του ολικού χρωμίου που ανιχνεύθηκε στον υδροφόρο ορίζοντα αποτελούσε την καρκινογόνα-μεταλλαξιγόνα μορφή. Πέρα από την περιοχή των Οиноφύτων, οι γύρω περιοχές αντιμετώπιζαν και εκείνες τις βλαβερές επιπτώσεις του εξασθενούς χρωμίου λόγω του κοινού υδροφόρου ορίζοντα και της απόρριψης των αποβλήτων από βιομηχανίες όπως βαφεία, κλωστοϋφαντουργία καθώς και από μεταλλουργικές και κτηνοτροφικές μονάδες. Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως στις βιομηχανίες αλουμινίου, κατά τη διάρκεια επεξεργασίας του, υποβάλλεται σε μια διαδικασία περάσματος από χρωμικό οξύ το οποίο περιέχει εξασθενές χρώμιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα υγρά απόβλητα, πέρα από αυτά που παράγονται κατά τη βιομηχανική διαδικασία, να περιέχουν ποσότητες χρωμίου. (Αντωνοπούλου,2021)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

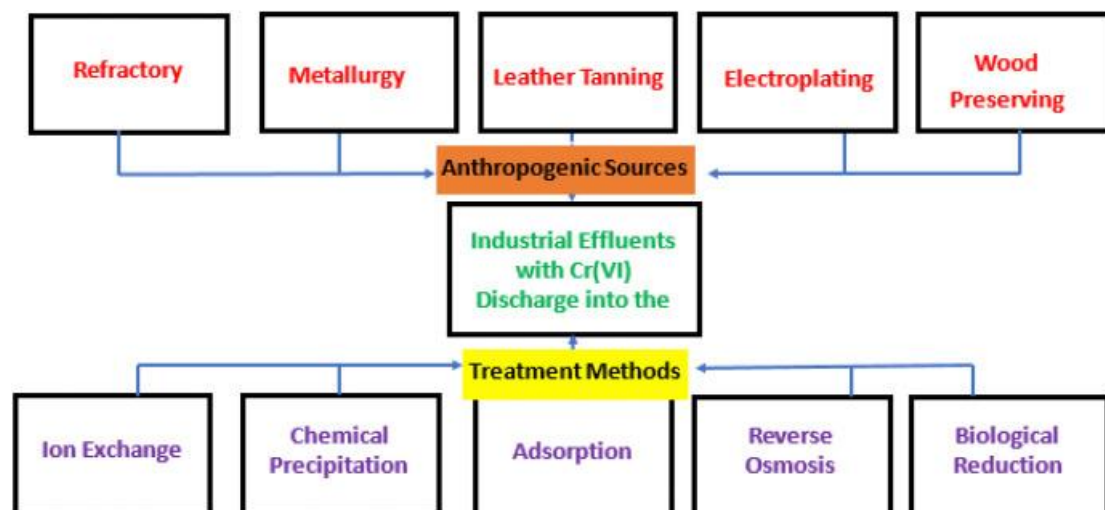
6.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ

Τα βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν χρώμιο προέρχονται κυρίως από τα μεταλλουργία, τις αυτοκινητοβιομηχανίες, βιομηχανίες παραγωγής δέρματος και του τομέα της ηλεκτρολυτικής επιμετάλλωσης. Οι υπέρμετρες ποσότητες χρωμίου στα λύματα μπορούν να δημιουργήσουν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου εφόσον δεν έχει προηγηθεί η απαραίτητη επεξεργασία προτού απορριφθεί στο περιβάλλον. Λόγω του ότι το εξασθενές χρώμιο δεν αποτελεί έναν ανανεώσιμο πόρο και είναι ικανό να διαπεράσει στον υδροφόρο ορίζοντα και στα υπόγεια ύδατα κρίνεται αναγκαίο να εφαρμοστούν ορισμένες στρατηγικές για την ασφαλή, οικονομική και αποδοτική απομάκρυνσή του. Σε πολλές περιπτώσεις οι φυσικοχημικές μέθοδοι απομάκρυνσης του χρωμίου δεν καλύπτουν αρκετές από αυτές τις προϋποθέσεις και για αυτό το λόγο αναπτύσσεται ραγδαία η χρήση βιολογικών μέσων για τη μέγιστη απόδοση. Αρκετοί μικροβιακοί παράγοντες και υδρόβια φυτά φέρουν σημαντικά αποτελέσματα στην προσρόφηση μετάλλων και συγκεκριμένα του σιδήρου και του θείου πληρώντας τις προϋποθέσεις και για ενισχυμένη αποκατάσταση και του χρωμίου.

6.1. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι μέθοδοι απομάκρυνσης αποτελούνται κυρίως από φυσικοχημικές στρατηγικές όπως:

- χημική αναγωγή και καθίζηση,
- ηλεκτροχημική αναγωγή/οξείδωση,
- ηλεκτροδιάλυση,
- αντίστροφη ώσμωση,
- εκχύλιση με διαλύτη,
- προσρόφηση,
- ανταλλαγή ιόντων και
- κατάλυση με τη χρήση φωτός (Singh et al, 2021)
- διεργασίες διαχωρισμού με μεμβράνες



ΕΙΚΟΝΑ 7: Ανθρωπογενείς πηγές του χρωμίου και οι διεργασίες απομάκρυνσης του.(Ukhurebor et al, 2021)

Σε αυτή την εικόνα αναφέρονται οι ανθρωπογενείς πηγές του εξασθενούς χρωμίου και οι μέθοδοι επεξεργασίας που αφορούν κυρίως φυσικοχημικές διεργασίες. Αρκετές από αυτές τις μεθόδους λειτουργούν ορθά κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις. Αυστηρή παρακολούθηση της διαδικασίας, προσωπικό με εξειδικευμένες γνώσεις, υψηλό κόστος λειτουργίας και το ότι δεν είναι αποδοτικές ως προς την ολοκληρωτική μείωση του χρωμίου είναι μερικές από αυτές.(Ukhurebor et al, 2021)

6.1.1. : Χημική αναγωγή και οξείδωση

Μια από τις χημικές μεθόδους καθαρισμού των αποβλήτων είναι η οξείδωση και αναγωγή σε υδατικό περιβάλλον. Προκειμένου να πραγματοποιηθούν τέτοιου είδους αντιδράσεις θα πρέπει το pH να είναι ρυθμισμένο στην κατάλληλη και απαιτούμενη τιμή. Στα διαλύματα το εξασθενές χρώμιο μπορεί να υπάρξει είτε ως χρωμικό είτε ως διχρωμικό ανιόν άλατος τα οποία βρίσκονται σε ισορροπία στην αντίδραση. Όταν το διάλυμα είναι αλκαλικό επικρατούν τα χρωμικά ενώ σε όξινα διαλύματα τα διχρωμικά. Τα αναγωγικά προκαλούν αναγωγή των ιόντων του εξασθενούς χρωμίου σε τρισθενές κατιόν χρωμίου το οποίο καταλήγει σε αδιάλυτο υδροξείδιο του χρωμίου. Τα

περισσότερα μεταλλοκατιόντα καθιζάνουν ως αδιάλυτα υδροξείδια ενώ κάποια άλλα καταρρίπτονται ως αδιάλυτα φωσφορικά, ανθρακικά ή θειούχα άλατα. Όπως προαναφέρθηκε, το τρισθενές χρώμιο καθιζάνει ως αδιάλυτο υδροξείδιο και προκειμένου να συμβεί ορθά η καθίζηση θα πρέπει το pH να είναι μεταξύ 8 και 9,5. (Αυλωνίτης, 2016)

Η πιο συχνή μέθοδος δέσμευσης του χρωμίου είναι η χημική αναγωγή η οποία συνοδεύεται στη συνέχεια με χημική καθίζηση σε αλκαλικό pH. Αυτή η περίπτωση όμως δεν είναι λειτουργική και αποτελεσματική για ποσότητες μικρότερες των 100 mg/L χρωμίου στα λύματα. Επιπρόσθετα, μετά τη διαδικασία της χημικής αναγωγής παράγεται ιλύς η οποία δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για εμπορικούς σκοπούς επομένως χρειάζεται άδεια απόρριψης σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους όπως η TSDF (Treatment Storage and Disposal Facility). Για να πραγματοποιηθεί σωστά η μεταφορά της από τη βιομηχανία στους χώρους αυτούς απαιτείται ενέργεια, κατάλληλος χειρισμός και αποθήκευση. (Ukhurebor et al, 2021).

6.1.2: Προσρόφηση

Σύμφωνα με έρευνες η κατακρήμνιση, η μείωση και η προσρόφηση του χρωμίου αποτελούν τις πιο συχνές και αποδοτικές στρατηγικές απομάκρυνσης του χρωμίου καθώς μπορούν να επεξεργαστούν μεγάλης κλίμακας λύματα. Πιο συγκεκριμένα, η προσρόφηση χρησιμοποιείται ως μια οικονομική και απλουστευμένη μέθοδος απομάκρυνσης χρωμίου η οποία θεωρείται ως η πιο αποτελεσματική για την επεξεργασία λυμάτων που περιέχουν μέταλλα όπως το χρώμιο. Τα χημικά που λειτουργούν ως προσροφητικά υλικά είναι ο ενεργός άνθρακας, η χιτοζάνη και οι ζεόλιθοι τα οποία προσροφούν το χρώμιο ποικιλοτρόπως με το μεγαλύτερο μέρος της δράσης τους να είναι σε χαμηλό pH. Ένα λειτουργικό υλικό το οποίο είναι παραγωγό της χιτοζάνης και θεωρείται μια ελπιδοφόρα προσέγγιση για την υψηλή προσρόφηση του χρωμίου. Στόχος της χρήσης αυτών των υλικών είναι η όσο το δυνατό πιο υψηλή απόδοση με χαμηλό κόστος λειτουργίας. (Ukhurebor et al, 2021).

6.1.2.1: Προσρόφηση με νανοϋλικά

Στη συνέχεια, η προσρόφηση μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση άλλων υλικών και συγκεκριμένα νανοϋλικών τα οποία έχουν αρκετά υψηλή ικανότητα προσρόφησης χρωμίου. Τέτοιο υλικό αποτελεί το γραφένιο και τα παράγωγα του το οποίο έχει ως βάση τον άνθρακα και στη οξειδωμένη του κατάσταση μπορεί να πετύχει ικανοποιητική απόδοση προσρόφησης. Έχει εντοπιστεί πως χρειάστηκαν μόλις 70 mg γραφένιου για να αποκαταστήσουν 100% το χρώμιο από τα λύματα σε pH ίσο με 8.

Μερικά από τα νανοϋλικά έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα ως προς την απομάκρυνση του χρωμίου, ωστόσο δεν έχουν εξελιχθεί ώστε να χρησιμοποιηθούν εμπορικά ως τεχνολογίες. Τέτοια παραδείγματα είναι οι νανο-ράβδοι πολυανιλίνης επικαλυμμένα με φωσφόριο και τα νανο-ανιόντα άνθρακα. Μια ακόμη προσέγγιση είναι οι νανο-σωλήνες άνθρακα οι οποίοι μπορούν να θεωρηθούν προσροφητικά υλικά είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με κάποιο άλλο μέταλλο όπως το οξείδιο του Σιδήρου FeO. Η ένωση αυτή, αποδεδειγμένα, διευκολύνει την ικανότητα προσρόφησης καθώς υπάρχει μεγαλύτερη επιφάνεια και μέσω απλών μαγνητικών ενεργειών πραγματοποιείται πλήρης αφαίρεση του χρωμίου. Η δυσκολία ανάπτυξης τέτοιου είδους τεχνολογιών βασίζεται στο γεγονός ότι απαιτούνται υψηλές δαπάνες και να

γίνεται εξοικονόμηση υλικών, ενέργειας και κόστους, προκειμένου να υλοποιηθούν.
(Ukhurebor et al, 2021)

Χρήση νανοϋλικών άνθρακα για προσρόφηση εξασθενούς χρωμίου

Καθώς ο άνθρακας αποτελεί ένα σημαντικό και πολυχρηστικό στοιχείο, είναι δυνατό να συμβάλλει σε διεργασίες όπως η απομάκρυνση του εξασθενούς χρωμίου μέσω της διαδικασίας της προσρόφησης. Οι εκάστοτε ιδιότητες του άνθρακα προσαρμόζονται ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων άνθρακα. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, μια τέτοια μορφή άνθρακα αποτελεί το γραφένιο όπου ανάλογα με τη δομή που θα σχηματίσει είναι ικανό να προκαλέσει δέσμευση των ιόντων του εξασθενούς χρωμίου από τα λύματα. Τέτοιες μορφές αποτελούν οι νανοσωλήνες άνθρακα και τα φουλερένια που συχνά αποκαλούνται ως μοριακός άνθρακας.

Χρήση ενεργού άνθρακα για προσρόφηση εξασθενούς χρωμίου

Ο ενεργός άνθρακας χρησιμοποιείται από τη δεκαετία του 1920 για την επεξεργασία του νερού προκειμένου να βελτιώσει την ποιότητα του νερού και να απομακρύνει τυχόν επικίνδυνες ουσίες προτού φτάσουν στους καταναλωτές. Η πρώτη ύλη για την παραγωγή ενεργού άνθρακα μπορεί να περιλαμβάνει λιγνίτη, ασφαλτούχο άνθρακα, τύρφη, κέλυφος καρύδας και υπολείμματα με βάση το πετρέλαιο, τη ζάχαρη και το ξύλο. Ο ενεργός άνθρακας αποτελείται από πορώδεις και ακανόνιστες επιφάνειες και κατά την προετοιμασία του δημιουργούνται υδρόφιλες λειτουργικές ομάδες υψηλής δραστηριότητας. Οι ομάδες αυτές μπορεί να έχουν όξινο, ουδέτερο ή βασικό χαρακτήρα και πολλοί παράγοντες εξαρτώνται από την ποσότητα και τον τύπο όπως το φορτίο στην επιφάνεια, το βαθμό της οξύτητας και της αλκαλικότητας καθώς και την πυκνότητα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται η απόδοση και η αποτελεσματικότητα της προσρόφησης ως προς την ουσία που έχει στοχοποιηθεί.

Η προσρόφηση με τη χρήση ενεργού άνθρακα θεωρείται αποτελεσματική μέθοδος καθώς επιτυγχάνεται η επεξεργασία των λυμάτων που είναι μολυσμένα από επικίνδυνες ουσίες όπως μέταλλα, ραδιονουκλίδια, αρωματικά και φαινολικά παράγωγα όπως χρωστικές και φυτοφάρμακα και φαρμακευτικά προϊόντα. Η τεχνική αυτή χαρακτηρίζεται από χαμηλό κόστος επένδυσης και απλό σχεδιασμό και χρησιμοποιείται σε διαδικασίες επεξεργασίας βιομηχανικών λυμάτων. Η μεγάλη πορώδης επιφάνεια προσφέρει υψηλή επιφανειακή αντιδραστικότητα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή συγκέντρωση λειτουργικών ομάδων που περιέχουν οξυγόνο (καρβοξυλικές και φαινολικές) και υψηλή αντοχή αυτού του προσροφητικού.

6.1.2.2: Προσρόφηση με γεωκτηνοτροφικά απόβλητα

Μία ακόμη τεχνική απομάκρυνσης του χρωμίου είναι η χρήση βιολογικών υλικών που έχουν ως βάση τη γεωργία και την κτηνοτροφία. Τα υλικά αυτά αποτελούν τα γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα και λειτουργούν ως προσροφητες για την ανάκτηση του Χρωμίου. Πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η μείωση και η σωστή διαχείριση των απορριμμάτων που προέρχονται από αυτούς τους τομείς αποτελώντας ταυτόχρονα μια βιώσιμη και αποδοτική λύση. Μερικά από αυτά τα υλικά είναι το άχυρο σίτου, το

πίτουρο ρυζιού και αραβόσιτος και ξύλο ελάτης τα οποία έχουν δείξει βέλτιστη ικανότητα προσρόφησης του χρωμίου όπως και πολλά άλλα όπως το εξωτερικό περίβλημα του ρυζιού, οι πευκοβελόνες και οι φλούδες πατάτας που πιθανολογούνται ότι θα βοηθήσουν αρκετά στο μέλλον. Μία τεχνολογία βιοαποκατάστασης εφαρμόστηκε για την επεξεργασία αποβλήτων ηλεκτρολυτικής επιμετάλλωσης σε μια εγκατάσταση επιχρωμίωσης στην περιοχή της Καταλονίας στην Ισπανία. Η τεχνολογία αυτή ήταν βιοπροσρόφηση συνοδευόμενη από κροκίδωση/καθίζηση. Ως βιοϋλικό χρησιμοποιήθηκαν απόβλητα από καφέ και για τη διαδικασία της κροκίδωσης χρειάστηκαν $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ και $FeCl_3$. Η μέθοδος αυτή κρίθηκε αποτελεσματική καθώς τα όρια του χρωμίου από 112,49 mg/L μειώθηκαν στο 0,50 mg/L. Ωστόσο ένας περιοριστικός παράγοντας είναι ότι για τη βιομάζα χρειάζεται να έχει προηγηθεί επεξεργασία προκειμένου να έχει τα επιθυμητά και αποδοτικά αποτελέσματα. Με αυτόν το τρόπο αυξάνεται η ικανότητα της προσρόφησης μαζί με το κόστος λειτουργίας και τα απαιτούμενα επίπεδα ενέργειας.

6.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πέρα από τις φυσικοχημικές μεθόδους απομάκρυνσης υπάρχουν και τα βιολογικά μέσα τα οποία στηρίζονται στη χρήση:

- 1) νεκρής και ζωντανής βιομάζας
- 2) διαφόρων συστημάτων βιολογικής αποκατάστασης τα οποία έχουν ως βάση το νερό
- 3) επιφάνεια δραστικών ουσιών που ενισχύουν τη διαδικασία αποκατάστασης (Singh et al, 2021)

6.2.1. : Χρήση ενεργητικής και παθητικής βιομάζας

Προκειμένου να γίνει ανάκτηση του χρωμίου, μπορεί να γίνει και συνδυασμός ενεργητική που αφορά την βακτηριακή καλλιέργεια και παθητικής βιομάζας που αφορά τα φυτικά και ζωικά υπολείμματα. Η συγκεκριμένη τεχνική έχει εφαρμοστεί για την απομάκρυνση μετάλλων όπως ο χαλκός, το νικέλιο, ο ψευδάργυρος, ο άργυρος και ο κυανιούχος χρυσός από βιομηχανικά απόβλητα. Όλα αυτά τα μέταλλα ανήκουν στα ανιόντα και συμπίπτουν με τα χρωμικά. Σε μια μελέτη για την ανάκτηση εξασθενούς χρωμίου από τα βιομηχανικά απόβλητα χρησιμοποιήθηκε ως παθητική βιομάζα μια σκόνη ξύλου που ονομαζόταν Wood Apple Shell Powder (WASP) με ταυτόχρονη χρήση της στήλης βιοαπορρόφησης. Η βιομάζα που προέκυψε σε συμπιεσμένη μορφή μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στον τομέα της βιομηχανίας. Στη συνέχεια, έγινε χρήση της ενεργής βιομάζας, δηλαδή βακτηριακή καλλιέργεια, όπου επεξεργάστηκε το εξασθενές χρώμιο που προέκυψε από τη στήλη βιοαπορρόφησης. Η διαδικασία αυτή κρίθηκε οικονομική, βιώσιμη και ταυτόχρονα αποδοτική και για μελλοντικές χρήσεις. (Singh et al, 2021)

6.2.2.: Βιοαποκατάσταση

Λόγω της ομοιότητας του εξασθενούς χρωμίου με το ανιόν SO_4^{2-} , μπορεί να γίνει η μεταφορά του μέσω βιολογικών μεμβρανών. Επομένως, άλλα μέταλλα όπως το θείο και ο σίδηρος μπορούν να βοηθήσουν στην βιοαποκατάσταση του χρωμίου.

Ειδικότερα, αυτό μπορεί να γίνει μέσω οξειδωτικών και αναγωγικών βακτηρίων και με περιβάλλον που είναι πλούσιο σε θεικές ενώσεις. Η μέθοδος αυτή έχει διεξαχθεί με τη χρήση δυο βακτηρίων, του *Acidithiobacillus thiooxidans* και του *Acidithiobacillus ferrooxidans* όπου βρέθηκαν σε περιβάλλον με θείο και βοήθησαν στην οξείδωσή του και εν τέλει στην ανάκτηση του χρωμίου από απόβλητα που προέρχονταν από τη βιομηχανία βυρσοδεψείας σε μεγάλο ποσοστό. Ο *Acidithiobacillus thiooxidans* κρίθηκε πιο ευαίσθητο στη διαδικασία αυτή και μείωσε σε λιγότερο ποσοστό το χρώμιο όμως θεωρήθηκε κατάλληλο για την απομάκρυνση του χρωμίου από λύματα ηλεκτρολυτικής επιμετάλλωσης λόγω της έντονης δραστηριότητάς του. Επομένως σε αυτές τις μεθόδους η επιλογή των μικροοργανισμών είναι πολύ σημαντική προκειμένου να επιτευχθεί η πλήρης απομάκρυνση του χρωμίου. (Singh et al,2021)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

7.1. ΟΡΙΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΧΡΩΜΙΟΥ

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας λόγω των σοβαρών επιπτώσεων του χρωμίου στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον, έχει ορίσει τα ανώτατα όρια ανίχνευσης του χρωμίου. Το όριο αυτό είναι τα 50 µg/Lt ή 500 ppb με το οποίο είναι σύμφωνα πολλά πρότυπα ανά τον κόσμο. Στην Ινδία σύμφωνα με το Central Pollution Control Board (CPCB) η συγκέντρωση του χρωμίου στο πόσιμο νερό είναι 0,05 mg/Lt ενώ όταν απορρίπτονται τα επεξεργασμένα βιομηχανικά λύματα στα επιφανειακά ύδατα το όριο είναι 0,1mg/Lt. Ο Οργανισμός Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA) έχει ορίσει ως ανώτατο όριο τα 50 µg/Lt για τα βιομηχανικά λύματα, το οποίο αργότερα αναθεωρήθηκε στα 100 µg/Lt. Σύμφωνα με έρευνες υπάρχουν πάνω από 100 πιθανές πηγές στον κόσμο απ' όπου προέρχεται το χρώμιο και θέτουν σε κίνδυνο πάνω από 1,5 εκατομμύρια ανθρώπους σε συνδυασμό και με άλλους ρύπους.(Singh et al 2021)

7.2.ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3ης Νοεμβρίου 1998 όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787

Στο άρθρο 2 της **Οδηγίας 98/83/ΕΚ** αναφέρονται οι εξής ορισμοί:

1. «νερό ανθρώπινης κατανάλωσης»:

- «το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία.

- το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών, που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση Το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης δεν εντάσσεται στην έννοια του τροφίμου, παρέχεται με υποχρέωση της Πολιτείας σε όλους τους πολίτες της επικράτειας ως δημόσιο αγαθό, μη υπαγόμενο στους κανόνες της αγοράς και διέπεται από τους νόμους της υγειονομικής μηχανικής»

«Το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι υγιεινό και καθαρό εφόσον:

α) είναι απαλλαγμένο μικροοργανισμών και παρασίτων, και οποιωνδήποτε ουσιών, σε αριθμούς και συγκεντρώσεις, που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και

β) πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις των κανονισμών και οι αρμόδιες Αρχές λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις της παρούσας διάταξης.»

7.3. ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΝΕΡΟΥ

Ανάλογα με τον όγκο του νερού που παράγεται ημερησίως εξαρτάται και ο αριθμός των ελέγχων από τις Υπηρεσίες Περιβαλλοντικής Υγιεινής και Υγειονομικού Ελέγχου των Περιφερειακών Ενοτήτων οι οποίοι αρμόδιοι παρακολουθούν συστηματικά την κατάσταση των συστημάτων ύδρευσης της εκάστοτε περιοχής.

Όγκος νερού (V) που διανέμεται ή παράγεται ημερησίως εντός της ζώνης παροχής(σε m³)	Αριθμός ελέγχων
≤100	Κατά την κρίση της Υπηρεσίας και τουλάχιστον μία φορά ανά τριετία
100<V≤1000	1 ανά έτος
1000<V≤10.000	2 ανά έτος
10.000<V≤100.000	3 ανά έτος
>100.000	4 ανά έτος

Ο υγειονομικός έλεγχος που διενεργείται από τους αρμόδιους συμπεριλαμβάνει:

- Την κατανομή των τμημάτων που αποτελείται το σύστημα ύδρευσης(από την πηγή ως το σημείο) και ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί
- Τη δειγματοληψία νερού προκειμένου να εξεταστούν οι χημικές, μικροβιολογικές και ενδεικτικές παράμετροι
- Τον έλεγχο του υπολειμματικού χλωρίου

- Και τέλος ολοκληρώνεται με την αποστολή των αποτελεσμάτων στο Υπουργείο Υγείας. (Οδηγία 98/83/ΕΚ)

7.4. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/689/ΕΟΚ που σχετίζεται με τα μέτρα, τους όρους και τους περιορισμούς για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων, «επικίνδυνο απόβλητο ορίζεται κάθε απόβλητο το οποίο επισημαίνεται με αστερίσκο (εν δυνάμει επικίνδυνο απόβλητο) και το οποίο ταξινομείται ως επικίνδυνο σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην παράγραφο Α του παραρτήματος Ι του άρθρου 19.

Το Παράρτημα Ι του άρθρου 19 περιλαμβάνει τον Ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων όπου χωρίζεται σε 20 κεφάλαια. Τα 20 αυτά κεφάλαια απαριθμούνται και ο διψήφιος αριθμός αντιστοιχεί στην πηγή προέλευσης του αποβλήτου. Στη συνέχεια κάθε κεφάλαιο χωρίζεται σε επιπλέον κατηγορίες προκειμένου να διευκρινίζεται πιο συγκεκριμένα η πηγή του αποβλήτου.

Πιο συγκεκριμένα, για το εξασθενές χρώμιο, το κεφάλαιο 4 του Ευρωπαϊκού καταλόγου αναφέρεται στα απόβλητα που προέρχονται από βιομηχανίες δέρματος, γούνας και υφαντουργίας όπου όπως έχει αναφερθεί, το εξασθενές χρώμιο έχει ανιχνευθεί στα λύματα αυτών των βιομηχανιών. (Οδηγία 91/689/ΕΟΚ)

7.5. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ REACH

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ορίσει τον κανονισμό REACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) με σκοπό να περιορίσει τους κινδύνους που περιέχονται στα χημικά προϊόντα προστατεύοντας με αυτό τον τρόπο την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ο κανονισμός αυτός δεν αφορά μόνο τις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανική διαδικασία αλλά και στα προϊόντα της καθημερινότητας, όπως για παράδειγμα, απορρυπαντικά, καθαριστικά, βαφές και χρώματα. Τα αρχικά του κανονισμού REACH υποδηλώνουν καταχώρηση, αξιολόγηση, αδειοδότηση και περιορισμοί των χημικών προϊόντων και ξεκίνησε να ισχύει την 1^η Ιουνίου 2007.

Λειτουργία Κανονισμού

Ο κανονισμός REACH(Ευρωπαϊκός Κανονισμός 1907/2006) ορίζει τις διεργασίες που πρέπει να γίνουν για την έγκυρη πληροφόρηση σχετικά με τα χαρακτηριστικά και την επικινδυνότητα της κάθε χημικής ουσίας. Η αξιολόγηση αυτή βοηθά στη διαχείριση των κινδύνων της κάθε χημικής ουσίας προκειμένου να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα όπως απαγόρευση ή περιορισμό καθώς και να επιτραπεί η χρήση της ύστερα από αδειοδότηση.

Ο κανονισμός αυτός αφορά και τις επιχειρήσεις που λειτουργούν ως:

- 1) Παρασκευαστές
- 2) Εισαγωγείς
- 3) Χρήστες των χημικών προϊόντων (ECHA, 2006)

7.6. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ CLP

Ο κανονισμός CLP (Classification, Labelling, Packaging) αφορά την ταξινόμηση, την επισήμανση και τη συσκευασία (σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κώδικα αρ. 1272/2008) και έχει ως στόχο να προστατεύσει την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον που πραγματοποιείται μέσω της ασφαλούς και ελεύθερης μεταφοράς διαφόρων ουσιών, μειγμάτων και αντικειμένων. Όπως και στον κανονισμό REACH, ο κανονισμός CLP επηρεάζει όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και επιχειρήσεις που δρουν ως παρασκευαστές, εισαγωγείς και χρήστες μειγμάτων και ουσιών είναι υποχρεωμένοι να ταξινομήσουν, να επισημαίνουν και να συσκευάζουν κατάλληλα και με ασφάλεια τις επικίνδυνες χημικές ουσίες πριν να είναι διαθέσιμα για αγορά και χρήση.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ

Η κλίμακα στην οποία ταξινομείται ο κίνδυνος μιας χημικής ουσίας ή μείγματος, περιλαμβάνει τη φυσική επικινδυνότητα, την επικινδυνότητα για την υγεία και το περιβάλλον καθώς και άλλου είδους επικινδυνότητες. Αφότου ταξινομηθεί κατάλληλα, ακολουθεί η ενημέρωση των αρμόδιων φορέων και των καταναλωτών μέσω της επισήμανσης επικινδυνότητας. Ο κανονισμός περιέχει τις κατάλληλες ενδείξεις επικινδυνότητας όπως απεικονίσεις, λέξεις που υποδηλώνουν προειδοποίηση, επικινδυνότητα, πρόληψη καθώς και τρόποι απόκρισης και απόρριψης που σχετίζονται ανάλογα με την κατηγορία κινδύνου. Όσον αφορά τη συσκευασία των μειγμάτων, βασίζεται σε ειδικά πρότυπα συσκευασίας με σκοπό την ορθή και ασφαλή τροφοδότησή τους με τις επικίνδυνες χημικές ουσίες. Εφόσον έχουν ολοκληρωθεί οι διαδικασίες που εκτελούνται σύμφωνα με τον κανονισμό CLP, οι παρασκευαστές και οι εισαγωγείς υποχρεούνται να καταθέσουν τις πληροφορίες ταξινόμησης και επισήμανσης των ουσιών που διαθέτουν στην αγορά, στο αντίστοιχο ευρετήριο που τηρεί ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Χημικών Προϊόντων (ECHA-European Chemicals Agency). (ECHA, 2008)

7.7. ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

Η Αμερικανική Εταιρεία Κυβερνητικών Υγιεινολόγων Βιομηχανίας (American Conference of Governmental Industrial Hygienists- ACGIH) έχει ορίσει κάποιες Οριακές Τιμές Χημικών Ουσιών και Φυσικών Παραγόντων (TLVs- (Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents). Οι Οριακές αυτές τιμές αφορούν συγκεντρώσεις χημικών ουσιών στις οποίες μπορεί να εκτεθεί ο άνθρωπος

στον εργασιακό του χώρο και όχι μόνο και τρόπος μετάδοσης τους να αποτελεί ο αέρας. Η απορρόφηση της χημικής ουσίας από το άτομο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και διαφέρει από άτομο σε άτομο. Ορισμένοι εργαζόμενοι είναι πιθανό να αντιδράσουν υπερβολικά σε κάποια χημική ουσία ή συνδυασμό αυτών λόγω ηλικίας, γενετικών παραγόντων και τρόπων ζωής(κάπνισμα, κατανάλωση αλκοόλ).

Οι Οριακές τιμές(TLVs) μετριοούνται είτε σε χιλιογραμμάρια ουσίας ανά κυβικό μέτρο (mg/m^3) είτε σε μέρη ανά εκατομμύριο της ουσίας στον αέρα κατ' όγκον (ppm). Συνηθίζεται οι οριακές τιμές που αφορούν αέρια και ατμούς να χρησιμοποιείται τα μέρη ανά εκατομμύριο της ουσίας στον αέρα κατ' όγκον(ppm) ως μονάδα μέτρησης. Οι εξισώσεις που καθορίζουν τις οριακές τιμές είναι οι εξής:

$$\text{TLV}(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{\text{TLV}(\text{ppm}) (\text{μοριακό βάρος της ουσίας σε γραμμάρια})}{24.45}$$

όπου 24.45 ο μοριακός όγκος σε λίτρα.

$$\text{TLV}(\text{ppm}) = \frac{\text{TLV}(\text{mg}/\text{m}^3) 24.45}{(\text{μοριακό βάρος της ουσίας σε γραμμάρια})}$$

Σε περίπτωση που οι οριακές τιμές(TLVs) μετρηθούν σε ppm η θερμοκρασία και η βαρομετρική πίεση δεν επηρεάζουν το αποτέλεσμα ενώ αν μετρηθούν σε mg/m^3 θα πρέπει να επαναπροσδιοριστούν σύμφωνα με τη θερμοκρασία και την πίεση.

Οι Οριακές τιμές ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες:

1. Οριακή τιμή- Χρονικά Σταθμισμένη Μέση Τιμή(TLV-TWA)

Αφορά τη μέση τιμή συγκέντρωσης μιας χημικής ουσίας στην οποία εκτίθεται ο εργαζόμενος συνήθως 8 ώρες την ημέρα και 48 ώρες την εβδομάδα σε καθημερινή και επαναλαμβανόμενη βάση, χωρίς να επιδράσει αρνητικά στην υγεία του

2. Οριακή τιμή- Οριακή τιμή έκθεσης μικράς διάρκειας(TLV-STEL)

Σε αυτή τη τιμή οι εργαζόμενοι μπορούν να εκτεθούν για μικρό χρονικό διάστημα χωρίς όμως να εμφανιστούν συμπτώματα όπως ερεθισμός, σοβαρή φθορά των ιστών με χρόνια επίδραση και περιπτώσεις αδυναμίας που είναι δυνατό να προκαλέσουν ατύχημα κατά τη διάρκεια της εργασίας εμποδίζοντας έτσι την ομαλή απόδοση του εργαζομένου. Σε κάθε περίπτωση, η καθημερινή μέση τιμή (TLV-TWA) που έχει οριστεί δεν πρέπει να ξεπερνά τα όρια. Οι οριακές τιμές (TLV-STEL) χρησιμοποιούνται προκειμένου να προσδιορίσουν καταστάσεις οι οποίες έχουν προκαλέσει τοξικές συνέπειες είτε στους ανθρώπους είτε στα ζώα.

Σχετικά με το χρονικό διάστημα, οι τιμές που κυμαίνονται μεταξύ της χρονικά Σταθμισμένης Μέσης Τιμής(TLV-TWA) και της Οριακής τιμής έκθεσης μικράς διάρκειας(TLV-STEL) δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 15 λεπτά και να εκτίθενται στη χημική ουσία μέχρι 4 φορές μέσα στην ημέρα. Στην περίπτωση που η έκθεση συμβαίνει επαναλαμβανόμενα, θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους ελάχιστο διάστημα 60 λεπτά.

3. Οριακή τιμή-Οροφή(TLV-C)

Το άτομο δεν πρέπει να εκτίθεται σε τέτοιες συγκεντρώσεις οποιοδήποτε χρονικό διάστημα μέσα στη μέρα. Ο προσδιορισμός της οριακής τιμής (TLV-C) πραγματοποιείται με δειγματοληψία διάρκειας 15 λεπτών εάν δεν μπορεί να επιτευχθεί η επίβλεψη ταυτόχρονα. Από αυτή τη δειγματοληψία εξαιρούνται οι ουσίες που είναι γνωστό ότι μπορούν να δημιουργήσουν ερεθισμό ακόμα και όταν η έκθεση γίνεται για μικρό χρονικό διάστημα. (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.,1996)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΣΤΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΚΟ ΧΩΡΟ

Η πρόληψη και η ελαχιστοποίηση των κινδύνων που εγκυμονεί μια τοξική ουσία όπως είναι το χρώμιο αποτελεί βασικό κομμάτι της διατήρησης της δημόσιας υγείας και της περιβαλλοντικής ευημερίας. Ανάλογα με το είδος και τη κλίμακα που κυμαίνεται η ρύπανση, σε συνδυασμό με την τοποθεσία, εφαρμόζεται και η ανάλογη προσέγγιση αντιμετώπισης των επιπτώσεων του χρωμίου. Οι εφαρμογές αυτές συνίσταται να είναι οικολογικές ως προς το περιβάλλον και να λειτουργούν μακροπρόθεσμα προκειμένου να υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Για τον καθορισμό της εφαρμογής που θα χρησιμοποιηθεί τελικά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το κόστος λειτουργίας, η αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα, η αντοχή σε υψηλές συγκεντρώσεις, η αναγνώριση μεικτών ρύπων καθώς και η υποστήριξη των ανθρώπων της περιοχής που λαμβάνει χώρα η ρύπανση. (Ukhurebor et al,2021)

Ενδείκνυται οι εργαζόμενοι να φορούν τη κατάλληλη ενδυμασία και τα μέτρα ατομικής προστασίας. Επίσης, θα πρέπει οι εργαζόμενοι να υφίστανται τακτικά εκπαίδευση σχετικά με τη χρήση τοξικών ουσιών, την ορθή ανάγνωση ετικετών και αναγνώριση των συμβόλων επισήμανσης επικινδυνότητας καθώς και τα μέτρα δράσης σε περίπτωση που έρθουν σε επαφή με το χρώμιο μέσω της εισπνοής, του στόματος, των ματιών και της δερματικής οδού. Το χρώμιο όταν βρίσκεται σε μορφή σκόνης αποτελεί εύφλεκτο υλικό, επομένως, είναι κίνδυνος για έναρξη πυρκαγιάς και μπορεί να προκαλέσει ξαφνική έκρηξη στον αέρα. Όταν το άτομο εισέρχεται σε ένα χώρο που υπάρχει σκόνη χρωμίου θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι έχουν απομακρυνθεί τα εκρηκτικά και εύφλεκτα υλικά που αυξάνουν τις πιθανότητες ανάπτυξης μιας πυρκαγιάς. Πολύ σημαντική τεχνική απομάκρυνσης της σκόνης του χρωμίου από έναν χώρο είναι η χρήση εξοπλισμού καθαρισμού για αυτό ακριβώς το σκοπό ή με μεθόδους που περιέχουν υγρό καθαρισμό. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να εφαρμόζεται στεγνός καθαρισμός για την απομάκρυνση σκόνης μιας τοξικής ουσίας.

Όσον αφορά τις προληπτικές εξετάσεις, ο εργαζόμενος που εκτίθεται συχνά ή σε μεγάλες ποσότητες ενώσεων χρωμίου(ίσα ή πάνω από τα όρια TLV), θα πρέπει να υποβάλλεται σε προληπτικό έλεγχο των ζωτικών οργάνων ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι εξετάσεις αυτές περιλαμβάνουν:

- Έλεγχος πνευμονικής λειτουργίας
- Δερματικός έλεγχος
- Έλεγχος ηπατικής και νεφρικής λειτουργίας(New Jersey Department of Health, 2009)

8.1. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΡΟΥΧΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ

Ο OSHA με συγκεκριμένα πρότυπα έχει ορίσει μέτρα προστασίας αλλά και πρωτόκολλα σε περίπτωση επαφής με το χρώμιο.

Ο εργοδότης θα πρέπει:

- να παρέχει τον κατάλληλο εξοπλισμό που αντιστοιχεί στην επικίνδυνη χημική ουσία και να αναλάβει την εκπαίδευση των εργαζομένων σχετικά με την ορθή χρήση και τη σωστή χρονική στιγμή που πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο εξοπλισμός.

Γάντια και ρουχισμός

Εφαρμογή εξοπλισμού και ρουχισμού από υλικά τα οποία δεν είναι διαπεραστικά ή δεν αποδομούνται από τη δραστική ουσία. Οι κατασκευαστές και οι προμηθευτές εξοπλισμού ασφαλείας προτείνουν τον κατάλληλο και προστατευτικό εξοπλισμό ανάλογα με την περίπτωση. Αυτός ο εξοπλισμός, που περιλαμβάνει γάντια, υποδήματα, προστασία κεφαλής και στολή, θα πρέπει να είναι διαθέσιμος και καθαρός πριν από κάθε χρήση, καθημερινά.

Προστασία όρασης

Όσον αφορά την προστασία των ματιών, προτείνεται η εφαρμογή προστατευτικών γυαλιών τα οποία καλύπτουν εξ ολοκλήρου το μάτι, πλαισιώνοντας και την εξωτερική πλευρά του ματιού και δρουν σαν ασπίδα. Σε περίπτωση που χρειαστεί επιπλέον προστασία του προσώπου χρησιμοποιούνται ασπίδες προστασίας του προσώπου χωρίς όμως να παραλείπεται ο εξοπλισμός για την προστασία των ματιών.

Προστασία αναπνευστικού συστήματος

Για την αποφυγή εισχώρησης τοξικών ουσιών στο αναπνευστικό σύστημα γίνεται χρήση масκών προστασίας μισής ή ολόκληρης κάλυψης του προσώπου με ενσωματωμένο φίλτρο και ακόμα μεγαλύτερη προστασία με τη χρήση αναπνευστήρα που τροφοδοτείται με καθαρό αέρα.

Κατά τη διάρκεια χρήσης αυτών των масκών προστασίας θα πρέπει το άτομο να απομακρυνθεί από την περιοχή σε περίπτωση που:

- 1) ανιχνευθεί χρώμιο μέσω της οσμής, της γεύσης ή άλλου τρόπου ανίχνευσης
- 2) παρατηρηθεί ασυνήθιστη αντίσταση αναπνοής
- 3) εκδηλωθεί ερεθισμός των ματιών στην περίπτωση της χρήσης μάσκας προστασίας ολικής κάλυψης.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ελεγχθεί η κατάσταση της μάσκας προστασίας για ενδεχόμενη αντικατάσταση του φίλτρου ή ολόκληρου του εξοπλισμού.

8.2. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Σημαντική κρίνεται και η εκπαίδευση του εργαζομένου σχετικά με το χειρισμό και την αποθήκευση δοχείων που περιέχουν χρώμιο. Τα δοχεία θα πρέπει να είναι ερμητικά κλεισμένα σε δροσερό και καλά αεριζόμενο χώρο. Το χρώμιο μπορεί να αντιδράσει έντονα ή και εκρηκτικά με ουσίες όπως το νιτρικό αμμώνιο, το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα, το λίθιο, το πενταφθοριούχο βρώμιο, τα οξείδια του αζώτου και το διοξείδιο του θείου.

8.3. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Σε περίπτωση που ο εργαζόμενος κληθεί να αντιμετωπίσει κάποιον κίνδυνο πυρκαγιάς θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένος και κατάλληλα εξοπλισμένος σύμφωνα με τους κανόνες ασφαλείας.

Το χρώμιο σε μορφή σκόνης είναι εξαιρετικά εύφλεκτο και αντιμετωπίζεται με τη χρήση ξηρής σκόνης ή άλλων ξηρών χημικών παραγόντων κατάσβεσης. Κατά τη διάρκεια πυρκαγιάς παράγονται και εκπέμπονται επικίνδυνα αέρια επομένως χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην αντιμετώπιση της. Σε καμία περίπτωση δεν ενδείκνυται η προσθήκη νερού στα δοχεία που εμπεριέχουν χρώμιο.

8.4. ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

Μετά από επαφή με τα μάτια

Πλύσιμο της περιοχής των ματιών με νερό για τουλάχιστον 30 λεπτά

Αφαίρεση φακών επαφής σε περίπτωση που υπάρχουν

Άμεση αναζήτηση ιατρικής βοήθειας

Μετά από επαφή με το δέρμα

Αφαίρεση ρουχισμού που έχει εκτεθεί στο χρώμιο

Πλύσιμο με σαπούνι και νερό

Μετά από εισπνοή

Απομάκρυνση του ατόμου από την πηγή χρωμίου

Χορήγηση τεχνητής αναπνοής αν δεν αναπνέει και καρδιοπνευμονική αναζωογόνηση (CPR) αν δεν έχει σφυγμό

Άμεση αναζήτηση ιατρικής βοήθειας(New Jersey Department of Health, 2009)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η επεξεργασία του νερού ανάλογα με το είδος του νερού και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του, θα πρέπει να πραγματοποιείται μέσω των κατάλληλων μεθόδων προκειμένου να απομακρύνονται οι επικίνδυνες και τοξικές ουσίες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.
- Μέσω της σωστής αξιολόγησης των μεθόδων απομάκρυνσης μιας επικίνδυνης ουσίας, λαμβάνονται υπόψιν το κόστος εγκατάστασης και υλοποίησης, το οικολογικό αντίκτυπο απέναντι στο περιβάλλον και η βιωσιμότητα της εκάστοτε τεχνικής. Στην περίπτωση του εξασθενούς χρωμίου χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο οι φυσικοχημικές μέθοδοι ενώ παράλληλα αναπτύσσονται και οι βιολογικές μέθοδοι λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας οι οποίες θεωρούνται εξίσου αποτελεσματικές και θα απασχολήσουν στο μέλλον.
- Είναι σημαντικό να λαμβάνονται μέτρα πρόληψης με βάση τις ισχύουσες νομοθεσίες τόσο για τα όρια ανίχνευσης του χρωμίου όσο και για την εφαρμογή των μέσων προστασίας από τους εργαζομένους.
- Οι εργαζόμενοι να υφίστανται επαρκή εκπαίδευση για την πιθανή έκθεση τους στο χρώμιο και για τη σωστή χρήση των σκευασμάτων που περιέχουν χρώμιο.
- Να πραγματοποιείται συχνή αναθεώρηση και τροποποίηση των κατευθυντήριων οδηγιών, όποτε αυτό κρίνεται αναγκαίο.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ποιότητα του νερού μεταξύ άλλων εξαρτάται από την ύπαρξη και την αναθεώρηση των κατευθυντήριων οδηγιών αντλώντας δεδομένα από τις επιδημιολογικές μελέτες και παράλληλα να έχουν ως βάση τις διαρκείς επιτηρήσεις που θα έχουν ως στόχο έναν αποτελεσματικό σχεδιασμό.(WHO,2022)

Όταν το χρώμιο βρίσκεται σε μεγάλη περιεκτικότητα, ανώτερη από τα επιτρεπτά όρια, η ρύπανση οφείλεται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες βιομηχανικού και αστικού χαρακτήρα. (Tumolo et al. , 2020)

Σύμφωνα με έρευνες υπάρχουν πάνω από 100 πιθανές πηγές στον κόσμο απ' όπου προέρχεται το χρώμιο και θέτουν σε κίνδυνο πάνω από 1,5 εκατομμύρια ανθρώπους σε συνδυασμό και με άλλους ρύπους.(Singh et al 2021). Ο Οργανισμός Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA) έχε ταξινομήσει το χρώμιο στους 129 πρωταρχικούς ρύπους και θεωρείται ένα από τα πιο επιβλαβή βαρέα μέταλλα. (Mazumder et al,2013)

Μελέτες έχουν δείξει πως πριν τη δεκαετία του 1980, τα ποσοστά θνησιμότητας ήταν αυξημένα σε ανθρώπους οι οποίοι εργαζόνταν σε βιομηχανίες όπου υπήρχε παραγωγή και χρήση χρωμίου σε διάφορες διεργασίες. Στις βιομηχανίες όπου παράγονται οι γούνες, χρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό 80-90% το θεικό Χρώμιο λόγω της ικανότητας του να προσδίδει το μαύρο χρώμα. Το 60% των βυρσοδεψείων που

βρίσκονται στην Ινδία έχουν μολύνει τα υπόγεια ύδατα με υψηλές ποσότητες χρωμίου με αποτέλεσμα να μην είναι κατάλληλα για πόση. Οι βιομηχανίες δέρματος, προκειμένου να αποκτήσουν μια βιώσιμη μέθοδο απόρριψης των αποβλήτων, προσπαθούν να μειώσουν τα παραγόμενα απόβλητα και να αυξήσουν την ποσότητα των αποβλήτων που επαναχρησιμοποιούνται.

Το 2007 το Πανεπιστήμιο της Ντάκα και το Συμβούλιο Επιστημονικής και Βιομηχανικής Έρευνας του Μπαγκλαντές (Bangladesh Council of Scientific and Industrial Research-BCSIR) πραγματοποίησαν μια μελέτη στην οποία αναφέρεται ότι στα αυγά και στο κρέας των πουλερικών ανιχνεύθηκαν υψηλές ποσότητες χρωμίου πάνω από το επιτρεπτό όριο. Επιπλέον, αποδείχθηκε ότι μέθοδοι επεξεργασίας όπως ο βρασμός και οι επεξεργασίες ζήρασης δεν απομάκρυναν σημαντικά το χρώμιο από τα δείγματα που συλλέχθηκαν. Η συγκέντρωση του χρωμίου στην παραγόμενη πρωτεΐνη αποτελούσε το 2,49% των συστατικών ανάμεσα σε περιεκτικότητες καδμίου, αρσενικού και υδραργύρου. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι 80% των βυρσοδεψιών στο Μπαγκλαντές χρησιμοποιούν το χρώμιο στις διαδικασίες μαυρίσματος. (Mazumder et al, 2013)

Όσον αφορά τις εγχώριες βιομηχανίες, από τη δεκαετία του 70 αυξήθηκε η χρήση βαρέων μετάλλων στις βιομηχανίες των Οиноφύτων. Ύστερα από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 1999-2009, παρατηρήθηκαν περιστατικά καρκινογένεσης στους κατοίκους της περιοχής των Οиноφύτων η οποία οφείλεται στη χρήση βαρέων μετάλλων στις βιομηχανικές διεργασίες και στην ασύδωτη απόρριψη των αποβλήτων στο περιβάλλον και στη διείσδυση του χρωμίου στην τροφική αλυσίδα και το πόσιμο νερό. Στις επιπρόσθετες μετρήσεις που έγιναν από το 2007 έως το 2010, ανιχνεύθηκε υψηλή περιεκτικότητα χρωμίου στο πόσιμο νερό. (Christoforidou et al, 2011)

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ

Εφόσον οι χημικοί παράγοντες επιδρούν σημαντικά στην υγεία του ανθρώπου και στην ποιότητα του περιβάλλοντος θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στους κινδύνους που ελλοχεύουν και στην έγκυρη αντιμετώπιση τους μέσω των κατάλληλων τεχνικών. Η ορθή εφαρμογή και ανάπτυξη των τεχνικών θα πρέπει να συμβαδίζει με την εξέλιξη της τεχνολογίας και με άλλους παράγοντες όπως η ρύπανση του περιβάλλοντος και η κλιματική αλλαγή. Πιο συγκεκριμένα, η περαιτέρω διερεύνηση τεχνικών απομάκρυνσης του χρωμίου μέσω βιολογικών μέσων μπορεί να αποτελέσει σημαντικό κομμάτι στην εξέλιξη της συγκεκριμένης τεχνικής προκειμένου να επιτευχθεί η πλήρης απομάκρυνση του χρωμίου και να αποφεύγονται με αυτό τον τρόπο οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον. Επιπλέον, καταλυτικής σημασίας κρίνονται οι συνθήκες αποθήκευσης του χρωμίου και εργασίας των εργαζομένων που εκτίθενται στο χρώμιο καθώς θα πρέπει να διερευνώνται συνεχώς τα επίπεδα χρωμίου στον εργασιακό χώρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Britannica, Gregersen E., Chromium. (2023). Ανακτήθηκε από: <https://www.britannica.com/science/chromium> στις 12 Ιουλίου 2022.

Cedillo Alvarez C., Bravo Gómez M.A., Hernández Zavala A., Hexavalent chromium: Regulation and health effects. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.(2021). 65,126729. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126729>

Chandrasekaran V., Dvarionienė J., Substitution of Hazardous Chemicals in fur processing industry. (2018). Ανακτήθηκε από: <https://epubl.ktu.edu/object/elaba:29033489/> στις 4 Δεκεμβρίου 2022.

Christoforidou E.P.,Kales S.N.,Hadjistavrou K., Stoltidi M., Linos A., The pollution from heavy metals of drinking water sources in Oinofyta region, (2011). 100(5–6):281—287. Ανακτήθηκε από: https://repository-edulll.ekt.gr/edulll/bitstream/10795/3355/2/3355_1.114_%ce%94%ce%97%ce%9c_1_1_12_11.pdf στις 5 Ιουνίου 2022.

Coyte R.M., McKinley K.L., Jiang S., Karr J., Dwyer G.D., Keyworth A.J., Davis C.C., Kondash A.J., Vengosh A., Occurrence and distribution of hexavalent chromium in groundwater from North Carolina, USA.(2020).711,135135. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135135>

European Chemicals Agency, Κανονισμός του CLP.(2008) Ανακτήθηκε από: <https://echa.europa.eu/el/regulations/clp/understanding-clp> στις 6 Δεκεμβρίου 2022.

European Chemicals Agency, Κανονισμός του REACH.(2006) Ανακτήθηκε από: <https://echa.europa.eu/el/regulations/reach/understanding-reach> στις 6 Δεκεμβρίου 2022.

European Environment Agency, Chromium and its compounds. (2017). Ανακτήθηκε από: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eper-chemicals-glossary/chromium-and-its-compounds> στις 12 Ιουλίου 2022.

Harvard T.H. Chan, School of Public Health, Chromium.(2020).Ανακτήθηκε από: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/chromium/> στις 5 Δεκεμβρίου 2022.

Levallois P., Villanueva C. M., Drinking Water Quality and Human Health: An Editorial,(2019). 16(4), 631. <https://doi.org/10.3390%2Fijerph16040631>

Mazumder L. T., Hasan S., Rahman M.L., Hexavalent Chromium in Tannery Solid Waste Based Poultry Feed in Bangladesh and Its Transfer to Food Chain.(2013). 3,44-51. Ανακτήθηκε από: https://www.researchgate.net/profile/Shahnoor-Hasan/publication/236231315_Hexavalent_Chromium_in_Tannery_Solid_Waste_Based_Poultry_Feed_in_Bangladesh_and_Its_Transfer_to_Food_Chain/links/0deec5247deb61338000000/Hexavalent-Chromium-in-Tannery-Solid-Waste-Based-Poultry-Feed-in-Bangladesh-and-Its-Transfer-to-Food-Chain.pdf στις 5 Δεκεμβρίου 2022.

- National Institutes for Health, Chromium Fact sheet for Professionals.(2022). Ανακτήθηκε από: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Chromium-HealthProfessional/> στις 5 Δεκεμβρίου 2022.
- New Jersey Department of Health, Hazardous Substance Fact sheet, (2009). Ανακτήθηκε από: <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0432.pdf> στις 6 Δεκεμβρίου 2022.
- Occupational Safety and Health Administration, Hexavalent Chromium Health effects(2006). Ανακτήθηκε από: <https://www.osha.gov/hexavalent-chromium/health-effects> στις 20 Ιουνίου 2022.
- Occupational Safety and Health Administration. Health Effects of Hexavalent Chromium. OSHA Fact Sheet.(2006). Ανακτήθηκε από: https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/hexavalent_chromium.pdf στις 20 Ιουλίου 2022.
- Séby F.,Vacchina V., Critical assessment of hexavalent chromium species from different solid environmental, industrial and food matrices.(2018). 104,54-68. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.11.019>
- Singh P., Itankar N., Patil Y., Biomangement of hexavalent chromium: Current trends and promising perspectives, Journal of Environmental Management, (2021). 279,111547. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111547>
- Tang X., Huang Y., Li Y., Wang L.,Pei X., Zhou D., He P., Hughes S.S., Study on detoxification and removal mechanisms of hexavalent chromium by microorganisms, Ecotoxicology and Environmental Safety(2021).208,111699. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111699>
- The Lancet, The Lancet Commission on water, sanitation, and hygiene, and health. (2021). 10310, 1469-1470. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02005-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02005-5)
- [Tumolo M.](#), [Ancona V.](#), [De Paola D.](#), [Losacco D.](#), [Campanale C.](#), [Massarelli C.](#), and [Uricchio V. F.](#), Chromium Pollution in European Water, Sources, Health Risk, and Remediation Strategies: An Overview. (2020). 17(15):5438 <https://doi.org/10.3390%2Fijerph17155438>
- Ukhurebor K. E., Aigbe U.O.,Onyancha R.B., Nwankwo W., Osibote O.A.,Paumo H.K., MondayAma O.,Adetunji C.O., Siloko I.U. Effect of hexavalent chromium on the environment and removal techniques: A review. Journal of Environmental Management.(2021). 111809. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111809>
- United States Geological Survey(USGS). California Water Science Center, Occurrence of natural and anthropogenic hexavalent chromium (Cr VI) in groundwater near a mapped plume, Hinkley, CA. (2016). Ανακτήθηκε από: <https://ca.water.usgs.gov/projects/hinkley/index.html> στις 5 Ιουνίου 2022.
- Vaiopoulou E., Gikas P., Regulations for chromium emissions to the aquatic environment in Europe and elsewhere. (2020). 254, 126876. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126876>

World Health Organization, Drinking-Water fact sheet, (2022). Ανακτήθηκε από: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> στις 15 Ιουλίου 2022

World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and the second addenda., (2022). Ανακτήθηκε από: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064> στις 15 Ιουλίου 2022

Αντωνοπούλου Μ., Μελέτη της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα εδαφών αστικών πάρκων της Θήβας,(2021). Ανακτήθηκε από: <http://dspace.aua.gr/xmlui/handle/10329/7318> στις 5 Ιουνίου 2022.

Αυλωνίτης Α. Σ. , Περιβαλλοντική Μηχανική Ι: Εισαγωγή στην Τεχνολογία του νερού και υγρών αποβλήτων. (2013). Αθήνα. Εκδόσεις ΙΩΝ

Αυλωνίτης Α. Σ. , Περιβαλλοντική Μηχανική ΙΙ: (2016). Αθήνα. Εκδόσεις ΙΩΝ

Γκορίτσας Β., Συμβολή στη βελτιστοποίηση συνδυασμού διεργασιών τριτοβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βαφείου κλωστοϋφαντουργίας. (2010). Ανακτήθηκε από: <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/3847> στις 4 Δεκεμβρίου 2022.

Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας-ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., Οριακές Τιμές(TLVs) Χημικών Ουσιών και Φυσικών Παραγόντων και Δείκτες Βιολογικής Έκθεσης (BEIs),(1996). Ανακτήθηκε από: <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/ORIAKES%20TIMES%20EKTHESHHS.1133773767620.pdf> στις 6 Δεκεμβρίου 2022.

Μποζίκης Ν., Σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης χρωμίτη στην περιοχή των Γρεβενών.(2021). Ανακτήθηκε από: <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/55053/%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20final%20Bozikis%20CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20CE%BC%CE%BF%CF%81%CF%86%CE%AE.pdf?sequence=1>

Οδηγία 1272/2008 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 16ης Δεκεμβρίου 2008. Ανακτήθηκε από: http://publications.europa.eu/resource/cellar/a0da21bf-b795-4b30-983b-f146aa15e594.0005.04/DOC_1 στις 6 Δεκεμβρίου 2022.

Οδηγία 91/689/ΕΟΚ της 12ης Δεκεμβρίου 1991. Ανακτήθηκε από: <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-ip-135887252006-fek-383b-2832006> στις 6 Δεκεμβρίου 2022.

Οδηγία 98/83/ΕΚ της 3ης Νοεμβρίου 1998. Ανακτήθηκε από: <https://www.elinyae.gr/index.php/ethniki-nomothesia/ya-g1d-gp-oik673222017-fek-3282b-1992017> στις 6 Δεκεμβρίου 2022.

Φράγκου Δ., Μέθοδοι Επεξεργασίας του Πόσιμου Νερού σε διάφορες πόλεις τις Ελλάδας. (2018). Ανακτήθηκε από: <https://apothesis.lib.hmu.gr/handle/20.500.12688/9445> στις 23 Ιουνίου 2022

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Britannica, Gregersen E., Chromium. (2023). Ανακτήθηκε από: <https://www.britannica.com/science/chromium> στις 12 Ιουλίου 2022.

Εικόνα 2: Ukhurebor K. E., Aigbe U.O., Onyancha R.B., Nwankwo W., Osibote O.A., Paumo H.K., Monday Ama O., Adetunji C.O., Siloko I.U. Effect of hexavalent chromium on the environment and removal techniques: A review. Journal of Environmental Management.(2021). 111809. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720317345> στις 14 Ιουνίου 2022.

Εικόνα 3: Tseng C.H., Lee I.H., Chen Y.C., Evaluation of hexavalent chromium concentration in water and its health risk with a system dynamics model. Science of The Total Environment. (2019).669.103-111. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971931085X#f0025> στις 14 Ιουνίου 2022.

Εικόνα 4: Οδηγία 1272/2008 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 16ης Δεκεμβρίου 2008. Ανακτήθηκε από: http://publications.europa.eu/resource/cellar/a0da21bf-b795-4b30-983b-f146aa15e594.0005.04/DOC_1 στις 6 Δεκεμβρίου 2022.

Εικόνα 5: Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην εργασία. (2012). Ανακτήθηκε από: <https://osha.europa.eu/en/publications/danger-chemicals-hazard-pictograms-explained-leaflet> στις 5 Δεκεμβρίου 2022.

Εικόνα 6: Toxicology Litigation Support. Ανακτήθηκε από: <http://www.consultox.com/toxicology-hexavalentchromium.shtml> στις 5 Ιουνίου 2022.

Εικόνα 7: Ukhurebor K. E., Aigbe U.O., Onyancha R.B., Nwankwo W., Osibote O.A., Paumo H.K., Monday Ama O., Adetunji C.O., Siloko I.U. Effect of hexavalent chromium on the environment and removal techniques: A review. Journal of Environmental Management.(2021). 111809. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720317345> στις 14 Ιουνίου 2022.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and the second addenda., (2022). Ανακτήθηκε από: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064> στις 17 Ιουλίου 2022

Πίνακας 2: Φράγκου Δ., Μέθοδοι Επεξεργασίας του Πόσιμου Νερού σε διάφορες πόλεις τις Ελλάδας. (2018). Ανακτήθηκε από: <https://apothesis.lib.hmu.gr/handle/20.500.12688/9445> στις 23 Ιουνίου 2022

Πίνακας 3: Χημικές ιδιότητες του χρωμίου, Britannica, Gregersen E., Chromium. (2023). Ανακτήθηκε από: <https://www.britannica.com/science/chromium> στις 12 Ιουλίου 2022.

Πίνακας 4: Συνιστώμενη ημερήσια δόση χρωμίου μέσω της διατροφής, (Harvard T.H. Chan, (2020). Ανακτήθηκε από: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/chromium/> στις 7 Δεκεμβρίου 2022.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Κατάλογος αποβλήτων Οδηγία 91/689/ΕΟΚ

- 01 Απόβλητα που προκύπτουν, από εξερεύνηση, εξόρυξη, εργασίες λατομείου, φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών
- 02 Απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία, προετοιμασία και επεξεργασία τροφίμων
- 03 Απόβλητα από την κατεργασία ξύλου και την παραγωγή ταμπλάδων και επίπλων, καθώς και πολτού χαρτιών και χαρτονιών
- 04 Απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος, γούνας και υφαντουργίας
- 05 Απόβλητα από τη δύλιση πετρελαίου, τον καθαρισμό φυσικού αερίου και την πυρολυτική επεξεργασία άνθρακα
- 06 Απόβλητα από ανόργανες χημικές διεργασίες
- 07 Απόβλητα από οργανικές χημικές διεργασίες
- 08 Απόβλητα από την παραγωγή, διαμόρφωση, προμήθεια και χρήση (ΠΔΠΧ) επικαλύψεων (χρώματα, βερνίκια και σμάλτο υάλου), κολλών, στεγανωτικών και τυπογραφικών μελανών
- 09 Απόβλητα από τη φωτογραφική βιομηχανία
- 10 Απόβλητα από θερμικές επεξεργασίες
- 11 Απόβλητα από τη χημική επιφανειακή επεξεργασία και την επικάλυψη μετάλλων και άλλων υλικών υδρομεταλλουργία μη σιδηρούχων μετάλλων
- 12 Απόβλητα από τη μορφοποίηση και τη φυσική και χημική επιφανειακή επεξεργασία μετάλλων και πλαστικών
- 13 Απόβλητα ελαίων και απόβλητα υγρών καυσίμων (εκτός βρωσίμων ελαίων, 05 και 12)

14 Απόβλητα από οργανικούς διαλύτες, ψυκτικές ουσίες και προωθητικά (εκτός 07 και 08)

15 Απόβλητα από συσκευασίες απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίσματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικό ρουχισμό μη προδιαγραφόμενα άλλως

16 Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως στον κατάλογο

17 Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις (περιλαμβάνεται χώμα εκσκαφής από ρυπασμένες τοποθεσίες)

18 Απόβλητα από την υγειονομική περίθαλψη ανθρώπων ή ζώων ή/και από σχετικές έρευνες (εξαιρούνται απόβλητα κουζίνας και εστιατορίων που δεν προκύπτουν άμεσα από το σύστημα υγείας)

19 Απόβλητα από τις μονάδες διαχείρισης αποβλήτων, εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και την προετοιμασία ύδατος προοριζομένου για κατανάλωση από τον άνθρωπο και ύδατος για βιομηχανική χρήση

20 Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα), περιλαμβανομένων μερών χωριστά συλλεγέντων