



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ

ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Χρήση γεωργικών υπολειμμάτων για την απορρύπανση υδάτων
επιβαρυσμένων με Νικέλιο (Ni)**



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΧΑΣΚΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΗΜΗΡΚΟΥ ΑΝΘΟΥΛΑ

ΒΟΛΟΣ, 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω θερμά:

- ❖ Την επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου κ.Ανθούλα Δημήρκου , Καθηγήτρια του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και διευθύντρια του Εργαστηρίου Εδαφολογίας για την πολύτιμη βοήθειά της και την συμπαράσταση της σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Την ευχαριστώ θερμά που πίστεψε στις δυνατότητες μου και ήταν δίπλα μου σε κάθε δυσκολία που αντιμετώπισα. Η συμβολή της υπήρξε καθοριστική στην συγγραφή και την επιτυχή ολοκλήρωση της προπτυχιακής μου διατριβής.
- ❖ Τον κ.Βασίλειο Αντωνιάδη, Αναπληρωτής Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για την συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή και την βοήθεια που μου παρείχε κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους της πτυχιακής μου διατριβής.
- ❖ Τον κ.Ζαχαρία Ιωάννου, Ερευνητής ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ (ποιότητα εδάφους) για την συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή καθώς και για την καθοδήγηση για την σωστότερη συγγραφή και παρουσίαση της.
- ❖ Την παρούσα προπτυχιακή διατριβή μου θα ήθελα να την αφιερώσω στους γονείς μου Γεώργιο και Δήμητρα καθώς και στα αδέρφια μου Παναγιώτη και Ζωίτσα, που ήταν δίπλα μου σε κάθε μου βήμα κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Στη παρούσα πτυχιακή διατριβή μελετήθηκε η συμπεριφορά ορισμένων φυσικών υλικών ως βελτιωτικών ρυπασμένων υδάτων από βαρέα μέταλλα και συγκεκριμένα από νικέλιο.

Για τον σκοπό αυτό ως φυσικά υλικά χρησιμοποιήθηκαν η αγριαγκινάρα και ο σίτος υπό μορφή πέλετ. Τα υλικά αυτά αφού ενεργοποιήθηκαν με την χρήση 1 N, 3 N , 5 N HCL και 1N, 3N, 5N H₂SO₄ μελετήθηκε η συμπεριφορά της προσρόφησης του Ni σε επτά διαφορετικές συγκεντρώσεις (0,0.5,1,2,3,5,10) του και τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (20,40,60°C). Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων του νικελίου που προσροφήθηκε από κάθε υλικό πραγματοποιήθηκε με την τεχνική της ατομικής απορρόφησης με φλόγα.

Από την παραπάνω μελέτη προέκυψε ότι από όλα τα υλικά που μελετήθηκαν στην παρούσα διατριβή η μέγιστη προσρόφηση αυξάνεται καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται από τους 20°C στους 40°C και μειώνεται από τους 40°C στους 60°C.

Η καλύτερη προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων στην Langmuir, Freundlich και Temkin παρατηρήθηκε στην Langmuir.

Από όλα τα υλικά που μελετήθηκαν η μεγαλύτερη προσρόφηση νικελίου (384,6 mg/Kg) παρατηρήθηκε στην αγριαγκινάρα 1 N H₂SO₄ στους 40°C.

Από την μελέτη των θερμοδυναμικών παραμέτρων ΔH, ΔS και ΔG προέκυψαν ότι:

α) Οι θετικές τιμές του ΔG (για αγριαγκινάρα 3 +5 N H₂SO₄ και 3+5 N HCL ,καθώς και για σίτο 3 +5 N H₂SO₄ στους 40°C) υποδηλώνουν ότι η απορρόφηση είναι παρακινούμενη και θερμοδυναμικά δυσμενής ενώ για όλα τα υπόλοιπα υλικά που μελετήθηκαν οι τιμές της ΔG είναι αρνητικές και αυτό υποδηλώνει ότι η απορρόφηση είναι αυθόρμητη και θερμοδυναμικά ευνοϊκή.

β) η διαδικασία της απορρόφησης είναι ενδόθερμη για αγριαγκινάρα 1 N HCL-1 N H₂SO₄, σίτο 1 N HCL - 1 N H₂SO₄, σίτο 3+5 N H₂SO₄ λόγω θετικών τιμών ΔH.

γ) η διαδικασία της απορρόφησης είναι εξώθερμη για σίτο 3+5 N HCL, αγριαγκινάρα 3+5 N HCL, αγριαγκινάρα 3+5 N H₂SO₄ λόγω αρνητικών τιμών ΔH.

δ) Οι αρνητικές τιμές του ΔS για την αγριαγκινάρα (1 N HCL-1 N H₂SO₄) υποδηλώνουν ότι έχουμε μεγαλύτερης τάξης αντίδραση κατά τη διάρκεια της

απορρόφησης του νικελίου από την αγριαγκινάρα (μείωση της αταξίας, δηλαδή μειώνεται η τυχαία κίνηση των ιόντων του νικελίου).

ε) Οι θετικές τιμές του ΔS για το σίτο 1 N HCL- 1 N H₂SO₄, σίτο 3+5 N HCL, σίτο 3+5 N H₂SO₄, αγριαγκινάρα 3+5 N HCL, αγριαγκινάρα 3+5 N H₂SO₄ υποδηλώνουν μια αυξημένη διαταραχή / τυχειότητα στην μεσεπιφάνεια προσροφητή / διαλύματος κατά την προσρόφηση του νικελίου.

Περιεχόμενα

1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	7
1.1 ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ (<i>Cynara carduncylus</i>).....	7
1.1.1 ΕΔΑΦΟΣ.....	8
1.1.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	9
1.1.3 ΦΩΣ.....	9
1.1.4 ΝΕΡΟ.....	10
1.2 ΣΙΤΑΡΙ.....	11
1.2.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΡΑΓΩΓΗ ΣΙΤΟΥ.....	12
1.2.2 ΕΓΧΩΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΙΤΟΥ.....	14
1.2.3. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ.....	17
1.2.4. ΚΛΙΜΑ.....	18
1.2.5. ΈΔΑΦΟΣ.....	18
1.3 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.....	19
1.3.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	19
1.4 ΝΙΚΕΛΙΟ (Ni).....	22
1.4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	22
1.4.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ.....	23
1.4.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	23
1.6 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ.....	29
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	31
2.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	31
2.1.1 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑΣ ΚΑΙ ΣΙΤΟΥ.....	31
2.1.2 ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ Ni ΑΠΟ ΟΛΑ ΤΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ.....	33
2.1.3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ Ni ΑΠΟ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΕ 3 N ΚΑΙ 5 N ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑΣ Ή ΣΙΤΟΥ ΣΤΟΥΣ 20,40 ΚΑΙ 60°C.....	37
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	38
3.1 ΙΣΟΘΕΡΜΕΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ.....	38
3.2 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ.....	50
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	59
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61
5.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61
5.2 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62

5.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ..... 64

1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ (*Cynara carduncylus*)



Η αγριαγκινάρα είναι ένα φυτό που μπορεί να καλλιεργηθεί σε γόνιμα αλλά ακόμη και στα πιο άγονα εδάφη. Υπό μορφή πέλετ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιοκαύσιμο για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Πρόκειται για ένα πολυετές είδος αγκαθίου που καλλιεργείται σε κάποιες περιοχές της Μεσογείου. Παρουσιάζει τεράστια αντοχή σε ξηρά κλίματα και δίνει το μέγιστο των αποδόσεων ακόμη και χωρίς άρδευση γιατί εκμεταλλεύεται τις βροχοπτώσεις. Επίσης είναι κατάλληλη καλλιέργεια ακόμη και για επικλινή εδάφη καθώς εξαιτίας του εύρωστου ριζικού τμήματος τα προστατεύει από την διάβρωση. Αφού πραγματοποιείται η συγκομιδή το καλοκαίρι, το φυτό αρχίζει να αναπτύσσεται με την έναρξη των βροχών και την βλάστηση των υπόγειων οφθαλμών. Το φυτό παίρνει σχήμα ρόδακα έως την επόμενη άνοιξη που

αναπτύσσονται τα στελέχη. Αργότερα αναπτύσσονται διάφορες διακλαδώσεις στην κορυφή του φυτού δημιουργώντας κεφαλές. Τους καλοκαιρινούς μήνες τα υπέργεια όργανα του φυτού ξηραίνονται ενώ τα υπόγεια (ρίζα και βλαστός) παραμένουν ζωντανά. Από διάφορες επιστημονικές μελέτες στην Ιταλία καθώς και στην Ελλάδα έδειξαν ότι πρόκειται για ένα φυτό που προσαρμόζεται εύκολα και οι αποδόσεις κυμαίνονται από 0,4 έως 1,5 τόνους/στρέμμα. Η εποχή συγκομιδής ξεκινά τον μήνα Ιούλιου και συνεχίζεται μέχρι τον Αύγουστο. Η θερμογόνο δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού της αγριαγκινάρας, κυμαίνεται από 3.474 kcal/kg, για τα φύλλα και τα βράκτια φύλλα και σε 5.912 kcal/kg, για τους σπόρους. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε έλαια. Σημαντικές διαφορές στη θερμογόνο δύναμη, παρουσιάζονται ανάμεσα στα διάφορα μέρη του φυτού. Τα φύλλα, τα οποία έχουν μικρή θερμογόνο δύναμη, παρουσιάζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 14 %. Στα υπόλοιπα φυτικά μέρη, το ποσοστό της τέφρας κυμαίνεται από 3,3 % ως 5,3 %. Στο πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στο εργαστήριο γεωργίας δημιουργήθηκε το πρώτο ελληνικό στερεό καύσιμο σε μορφή πέλετ με πρώτη ύλη την αγριαγκινάρα (Μπλέτσας Βασίλειος, 2010).

1.1.1 ΕΛΑΦΟΣ

Η αγριαγκινάρα ευδοκimei σε διάφορους τύπους εδαφών από ελαφρά έως βαριά, ασβεστούχα, ακόμα και σε άγονα πετρώδη και επικλινή. Το pH διακυμαίνεται από 6,5 έως 8,2 και δεν συστήνεται για βαριά ή όξινα εδάφη. Ειδικότερα σε αλατούχα εδάφη θεωρείται ως κατάλληλη καλλιέργεια για τις καλλιέργειες που θα ακολουθήσουν καθώς μετακινεί τα άλατα στα κατώτερα στρώματα (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008).

1.1.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία στην οποία αναπτύσσεται η αγριαγκινάρα είναι περίπου 6-8°C. Ο σπόρος από την άλλη, φυτρώνει στους 15-20°C σε χρονικό διάστημα 1-2 εβδομάδων. Η φθινοπωρινή σπορά γίνεται από αρχές Σεπτεμβρίου έως αρχές Νοεμβρίου και η ανοιξιάτικη από Μάρτιο έως Απρίλιο. Πρόκειται για ένα ανθεκτικό φυτό στο ψύχος καθώς στο στάδιο πλήρους ανάπτυξης της ροζέτας το όριο αντοχής ανέρχεται στους -20 °C. Γενικά όμως σε θερμοκρασία -5°C αρχίζει η κάμψη των φύλλων και τοπική νέκρωση του μίσχου ο οποίος περιέχει και την υψηλότερη περιεκτικότητα νερού. Με την άνοδο της θερμοκρασίας έχουμε την έκπτυξη νέων φύλλων από την βάση της κεντρικής ρίζας. Στην περίπτωση υψηλού υψόμετρου ο βιολογικός κύκλος του φυτού επιμηκύνεται ακόμη και ένα μήνα, με την συγκομιδή να γίνεται το Σεπτέμβριο. (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008)

1.1.3 ΦΩΣ

Η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας απαιτεί αρκετό φως και είναι φυτό μακράς ημέρας. Η φωτοσύνθεση μεγιστοποιείται στα 50 kgCO₂ha⁻¹h⁻¹ και σε εντάσεις ολικής ηλιακής ακτινοβολίας πάνω από 600 W/m² (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008). Η αναπνοή των φύλλων της αγριαγκινάρας επηρεάζεται από την θερμοκρασία και την περιεκτικότητα των φύλλων σε άζωτο. Σε μια πρόσφατη μελέτη η σχέση της αναπνοής με την θερμοκρασία μετρήθηκε με βάση το Q₁₀ (Archontoulisetal, 2008). Έχει βρεθεί ότι το Q₁₀ για την αγριαγκινάρα έχει τιμές 2,26 - 2,38, ενώ τα επίπεδα αζώτου στο φύλλο κυμαίνονται από 0,9 έως 3,9

gNm^2 (Archontoulisetal, 2008). Από την άλλη η περιεκτικότητα του αζώτου στα φύλλα παίρνει τις ανάλογες τιμές του συγκεκριμένου μήνες:

α) για τους μήνες Σεπτέμβριος έως Νοέμβριος κυμαίνεται από 2,0-3,4

β) για τους μήνες Δεκέμβριος έως Απρίλιος κυμαίνεται από 2,5-3,9

γ) για τους μήνες Μάιος έως Ιούνιος κυμαίνεται από 0,9-1,7

1.1.4 NEPO

Η αγριαγκινάρα τους χειμερινούς και εαρινούς μήνες εκμεταλλεύεται τις βροχοπτώσεις και σε συνδυασμό με την πυκνή φυλλοστοιβάδα που καλύπτει πλήρως το έδαφος μειώνονται οι απορροές και οι εξατμίσεις. Το εύρος των βροχοπτώσεων πρέπει να είναι στα 400 χιλιοστά για να μην αποτελέσει η υγρασία πρόβλημα στην ανάπτυξη του φυτού (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008). Η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας γενικά θεωρείται ξηρική χρησιμοποιώντας τις χειμερινές και ανοιξιάτικες βροχοπτώσεις. Επομένως με τις βροχοπτώσεις και την εφαρμογή 1-2 αρδεύσεων θα ανεβάσει κατά πολύ την απόδοση της καλλιέργειας. Έχει παρατηρηθεί επίσης, ότι σε εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη νερού, η καλλιέργεια με το βαθύ ριζικό σύστημα που διαθέτει έκανε χρήση των επιπέδων αποθεμάτων νερού και έτσι οι αποδόσεις σε βιομάζα αυξήθηκαν κατά πολύ. (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008).

1.2 ΣΙΤΑΡΙ

















Το σιτάρι μετά τον αραβόσιτο είναι παγκοσμίως το δεύτερο δημητριακό που συγκομίζεται και τρίτο ακολουθεί το ρύζι. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται δύο είδη : το *Triticum durum* (σκληρό σιτάρι) που χρησιμοποιείται για την παρασκευή μακαρονιών και το *Triticum aestivum* (μαλακό σιτάρι) που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψωμιού. Γενικά το σιτάρι έχει πολλές χρήσεις όπως για την παραγωγή μύρας, ως βασική τροφή που είναι πλούσια σε γλουτένη καθώς και ως ζωοτροφή. Ο φλοιός του σιταριού μπορεί να αποσπαστεί από τον καρπό, στην συνέχεια να αλεστεί και να γίνει πίτουρο. Ο καρπός του σιταριού πέρα από το ότι είναι βασική τροφή, χρησιμοποιείται επίσης και ως πρώτη ύλη για την παρασκευή καυσίμων (Μήτσιος Κωνσταντίνος, 2013)

1.2.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΡΑΓΩΓΗ ΣΙΤΟΥ

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η καλλιέργεια των σιτηρών καλύπτει περίπου το 20% της έκτασής της. Την περίοδο 2004-2005 καλλιεργήθηκαν περίπου 2.158 εκατομμύρια στρέμματα με σιτάρι και η παραγωγή που έδωσαν ξεπέρασε τους 627.131.000 τόνους με αποτέλεσμα να καλύψει το 75% της παγκόσμιας παραγωγής χειμερινών σιτηρών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η Κίνα έρχεται πρώτη με 91.330.000 τόνους και ακολουθούν η Ινδία και οι ΗΠΑ με 72.060.000 και 91.330.000 τόνους αντίστοιχα. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση αν και οι εκτάσεις που καλλιεργούνται είναι περιορισμένες οι υψηλότερες αποδόσεις παρατηρούνται στην Γερμανία με 817 κιλά ανά στρέμμα και στην Γαλλία με 758 κιλά ανά στρέμμα (<http://www.gramene.org/>).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Διεθνής Παραγωγή Σίτου

	Διεθνής Παραγωγή Σίτου (ανά εκατομμύριο μετρικών τόνων)				
Κατάταξη	Χώρα	2010	2011	2012	2013
1	 Κίνα	115	117	126	122
2	 Ινδία	80	86	95	94
3	 Ηνωμένες Πολιτείες	60	54	62	58
4	 Ρωσία	41	56	38	52
5	 Γαλλία	40	38	40	39
6	 Καναδάς	23	25	27	38
7	 Γερμανία	24	22	22	25
8	 Πακιστάν	23	25	24	24
9	 Αυστραλία	22	27	30	23
10	 Ουκρανία	16	22	16	23
11	 Τουρκία	19	21	20	22
12	 Ιράν	13	13	14	14
13	 Καζακστάν	9	22	13	14
14	 Ηνωμένο Βασίλειο	14	15	13	12
15	 Πολωνία	9	9	9	9

(https://en.wikipedia.org/wiki/International_wheat_production_statistics).

Το 2010-2013 η διεθνής παραγωγή σίτου όπως φαίνεται στον πίνακα 1.1 είναι αυξανόμενη, με την Κίνα να καταλαμβάνει την πρώτη θέση με μέσο όρο 89 περίπου μετρικούς τόνους, την δεύτερη θέση η Ινδία με μέσο όρο 89 περίπου

μετρικούς τόνους και την τρίτη θέση οι Ηνωμένες Πολιτείες με μέσο όρο 58.5 μετρικούς τόνους.

1.2.2 ΕΓΧΩΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΙΤΟΥ

Όπως και στις περισσότερες χώρες, έτσι και στην Ελλάδα η καλλιέργεια του σίτου αποτελεί ένα από τα πιο σπουδαία χειμερινά σιτηρά. Η παραγωγή σκληρού σιταριού στην χώρα μας έχει παράδοση εδώ και πάρα πολλά χρόνια και αυτό επιβεβαιώνεται με τους καρβουνιασμένους σπόρους των νεολιθικών οικισμών Διμηνίου και Σέσκλου της περιοχής του Βόλου. Σημαντικό επίτευγμα είναι επίσης ότι η Ελλάδα συγκαταλέγεται στα Παγκόσμια Κέντρα γενετικού υλικού για το σκληρό σιτάρι. Σύμφωνα με τον πίνακα 1.2 το σιτάρι συνεχίζει μέχρι και σήμερα να αποτελεί σημαντική καλλιέργεια για την χώρα μας και να καλλιεργείται σε όλα τα γεωγραφικά διαμερίσματα. Η μεγαλύτερη παραγωγή σίτου όπως διακρίνεται παράγεται στην Κεντρική Μακεδονία και ακολουθεί η Θεσσαλία όπου σε αυτά τα δύο διαμερίσματα πραγματοποιείται και παραπάνω από την μισή συνολική εγχώρια παραγωγή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: Εγχώρια παραγωγή σίτου

Περιφέρειες και Περιφερειακές Ενότητες	ΣύνολοΕκτάσεων Total Area	Σιτάρι Wheat			
		Μαλακό Soft		Σκληρό Hard	
		Εκτάσεις	Παραγωγή	Εκτάσεις	Παραγωγή
ΣύνολοΕλλάδας	9877007	1827866	506936,003	3889749	1063479,558
Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης	1371017	252.998	78.434	310.661	70.942
Ροδόπης	166.392	60.633	18.315	47.968	10.493
Δράμας	252.559	56.632	19.140	56.047	16.503
Έβρου	317.328	60.810	18.015	192.148	40.600
Θάσου	20	—	—	—	—
Καβάλας	188.122	21.039	6.052	9.388	2.132
Ξάνθης	152.666	53.884	16.912	5.110	1.215
Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	3263532	722374	168656,31	1361525	301836,814
Θεσσαλονίκης	794.906	185.997	55.471	228.970	62.428
Ημαθίας	66.921	11.486	3.459	14.001	3.134
Κιλκίς	632.515	204.340	46.924	324.415	68.293
Πέλλας	223.378	46.015	10.221	59.973	15.284
Πιερίας	224.577	66.760	20.213	76.059	17.069
Σερρών	710.630	99.325	30.894	286.718	69.145
Χαλκιδικής	304.372	40.760	10.402	166.968	45.538
Περιφέρεια	1228496	431001	127623,36	333917	79626,514

Δυτικής Μακεδονίας			9		
Κοζάνης	534.364	134.504	39.909	245.547	58.635
Γρεβενών	260.700	145.722	52.202	8.456	2.065
Καστοριάς	110.038	39.674	10.918	39.847	10.772
Φλώρινας	252.624	52.913	14.118	28.110	7.003
Περιφέρεια Ηπείρου	78445	2743	864,88	467	138,45
Ιωαννίνων	22.729	1.295	441	234	84
Άρτας	6.437	311	91	101	30
Θεσπρωτίας	10.097	26	12	10	4
Πρέβεζας	17.955	109	35	73	24
Περιφέρεια Θεσσαλίας	201842	203847	65476,812	997038	330425,308
Λάρισας	1264244	124230	36730.54	651902	224588.685
Καρδίτσας	310.624	33.189	12.005	180.885	65.008
Μαγνησίας	241.326	13.188	4.072	115.266	36.067
Σποράδων	21	—	—	—	—
Τρικάλων	204.721	46.056	16.446	29.646	11.459
Περιφέρεια ΣτερεάςΕλλάδα ς	977596	39331	16580,512	20981	7338,81
Φθιώτιδας	436.246	15.482	4.928	293.343	91.453
Βοιωτίας	319.878	1.325	405	203.131	59.978
Εύβοιας	101.455	15.562	5.511	27.189	7.533
Ευρυτανίας	344	10	2	34	2
Φωκίδας	17.353	4.890	1.328	3.625	762

(<http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/>-).

1.2.3. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

Από γενετικής άποψης το σιτάρι αποτελεί το ιδανικό παράδειγμα ότι τα στενά συγγενικά είδη μπορούν να συνδυαστούν σχηματίζοντας πολυπλοειδήςσειρές (Roehlman, 1987). Ως σιτάρι είναι γνωστός ένας αριθμός ειδών που ανήκουν στο γένος *Triticum* της οικογένειας των Αγρωστωδών (Gramineae), που συγγενεύει με τα άγρια γένη *Agropyron* και *Aegilops*. Αυτό το γένος ταξινομείται εντός της υποοικογένειας *Triticaceae* στην οποία εμπεριέχονται και άλλα γένη, όπως το *Secale* και το *Hordeum*. Ο χρωμοσωμικός αριθμός του γένους *Triticum* είναι 7. Ανάλογα με τον αριθμό χρωμοσωμάτων χωρίζονται σε τρεις ομάδες: σε διπλοειδή ($2n=2x=14$), σε τετραπλοειδή ($2n=4x=28$) ή σε εξαπλοειδή είδη ($2n=6x=42$). Τα γενώματα που συμμετέχουν στην δημιουργία των διάφορων τύπων σιταριού είναι (A,B, D ή G). Τα καλλιεργούμενα διπλοειδή, τετραπλοειδή και εξαπλοειδή έχουν συνήθως τη γενωμική σύνθεση AA, AABB, AABBDD αντίστοιχα (Παπακώστα,1996).

1.2.4. ΚΛΙΜΑ

Η άριστη θερμοκρασία του σίτου είναι 20-22°C, ελάχιστη 3-4°C και μέγιστη 35°C. Στις υψηλές θερμοκρασίες το ενδοσπέρμιο υφίσταται αποσύνθεση από μικροβιακή δράση και το έμβρυο πεθαίνει(Σφήκας, 1995) . Οι χειμερινές ποικιλίες αντέχουν σε θερμοκρασία -20°C και αν δεχτούν σκληραγώγηση αντέχουν και στους -30 °C ενώ οι εαρινές σε θερμοκρασία -10°C. Όσον αφορά τις βροχοπτώσεις, το σιτάρι καλλιεργείται παγκοσμίως σε περιοχές όπου η ετήσια βροχή κυμαίνεται από 270 έως 1750 mm αλλά συναντάται συνήθως σε περιοχές όπου η ετήσια βροχή είναι 375-775 mm (Peterson, 1965).

1.2.5. ΈΔΑΦΟΣ

Η καλλιέργεια του σίτου καλλιεργείται σε διάφορους τύπους εδαφών αλλά ευδοκμεί καλύτερα σε βαθιά και καλοστραγγιζόμενα εδάφη. Τα εδάφη με υψηλό υδατικό ορίζοντα αλλά και αυτά που είναι πλούσια σε οργανική ουσία θα πρέπει να αποφεύγονται καθώς τα φυτά πλαγιαίνουν (Καραμάνος, 1992). Οι μεγαλύτερες αποδόσεις παρατηρούνται σε αργιλοπυλώδη εδάφη με επαρκή υγρασία. Τα αμμώδη εδάφη θα πρέπει να αποφεύγονται γιατί δίνουν μικρές αποδόσεις καθώς επίσης ακατάλληλα θεωρούνται τα όξινα και εκπλυθέντα (Σφήκας, 1995).

1.3 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

1.3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα οργανικά υλικά, συμπεριλαμβανομένων των λιπασμάτων, της ιλύος και των υπολειμμάτων καλλιεργειών, εφαρμόζονται σε γεωργικά εδάφη για την αύξηση της γονιμότητας του εδάφους και της παραγωγικότητας των καλλιεργειών (WestermanandBicudo, 2005) και για τη μείωση της υγρασίας του εδάφους (Jalali και Ranjbar, 2009). Η προσθήκη οργανικών τροποποιήσεων ενδέχεται να επηρεάσει την κινητικότητα και την τοξικότητα των βαρέων μετάλλων. Πολλές πρόσφατες δημοσιεύσεις αναφέρουν τη χρήση οργανικών τροποποιήσεων ως προσροφητικές για την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων (Jalali and Jalili, 2011, Jalali and Rostaei, 2012, Jalali and Aboulghazi, 2013). Για την τροποποίηση μολυσμένων εδαφών γίνεται χρήση οργανικών εδαφών (Brownetal., 2003, Hartleyetal., 2009). Οι οργανικές ουσίες του εδάφους έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν την κινητικότητα των βαρέων μετάλλων του εδάφους σχηματίζοντας συμπλέγματα με βαρέα μέταλλα, επηρεάζοντας την εκρόφιση των βαρέων μετάλλων, τη διαλυτότητα και την κινητικότητα. Η γνώση της κίνησης των βαρέων μετάλλων από οργανικά πλούσια ασβεστολιθικά εδάφη είναι σημαντική για την εκτίμηση της κινητικότητας των βαρέων μετάλλων και την πιθανή μεταφορά τους στα υπόγεια ύδατα και για την ανάπτυξη μεθόδων για την πρόβλεψη τέτοιων ζημιών. Υπάρχουν πολλά μοντέλα για την προσομοίωση της μεταφοράς βαρέων μετάλλων σε εδάφη (Amoozegar-Fardetal., 1983, BarryandSposito, 1988, Changetal., 2001, ZhuandAnderson, 2002, Prommeretal.,

2003). Το πιο διαδεδομένο μοντέλο αντιδράσεων μεταξύ βαρέων μετάλλων και εδάφους είναι το πρόγραμμα PHREEQC, το οποίο χρησιμοποιείται συχνά για την εφαρμογή πειραματικών καμπυλών (Parkhurst and Appelo, 2013 , Appelo και Postma, 2005 , Boluda-Botella, 2009 , Lu et al., 2014 , Boluda-Botella et al. 2014).

Ενώ η ανταγωνιστική κίνηση των βαρέων μετάλλων στα εδάφη, έχει αποτελέσει αντικείμενο αρκετών μελετών (Chotpanarat et al., 2011 , Chotpanarat et al., 2012 , Campbell et al., 2006 , Liu et al., 2006) η ανταγωνιστική κίνηση των βαρέων μετάλλων σε ασβεστολιθικά εδάφη δεν είναι καλά τεκμηριωμένη. Συγκεκριμένα, οι πληροφορίες είναι περιορισμένες σχετικά με την έκταση του διαχωρισμού των βαρέων μετάλλων κατά τη διάρκεια της έκχυσης βαρέων μετάλλων σε ασβεστολιθικά εδάφη. Η πηγή των βαρέων μετάλλων στα λύματα είναι η βιομηχανία επιμετάλλωσης μετάλλων, οι εξορυκτικές εργασίες, οι βιομηχανίες λιπασμάτων, μπαταρίες, χαρτοβιομηχανία, διύλιση πετρελαίου, ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση, μεταλλουργία, υφαντουργία, κατασκευή βαφής και τα φυτοφάρμακα κ.λπ. Λόγω της ανάπτυξης αυτών των βιομηχανιών, τα βαρέα μέταλλα απορρίπτονται άμεσα ή έμμεσα στο περιβάλλον, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα βαρέα μέταλλα που απορρίπτονται κυρίως από τις βιομηχανίες είναι κάδμιο (Cd), το σίδηρο (Fe), το νικέλιο (Ni), το σελήνιο (Se), το βανάδιο (V), ο χαλκός (Cu), το κοβάλτιο (Co) υδράργυρο (Hg), μόλυβδος (Pb), ψευδάργυρος (Zn) και αρσενικό (As). Συμβατικές τεχνολογίες επεξεργασίας για την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων είναι η χημική κατακρήμνιση, η ανταλλαγή ιόντων, η οξείδωση, η αναγωγή, η αντίστροφη όσμωση, η ηλεκτροδιάλυση και υπερδιήθηση. Το χρώμιο είναι ένα από τα πιο τοξικά βαρέα μέταλλα στα λύματα και υπάρχει σε δύο σταθερές καταστάσεις οξείδωσης όπως Cr (III) και Cr (VI). Η παρουσία του καδμίου ακόμη και σε χαμηλότερη συγκέντρωση είναι πολύ επιβλαβές. Το κάδμιο μπορεί να προκαλέσει νεφρική υποβάθμιση, μυϊκές κράμπες,

ατροφία των όρχεων και παραμόρφωση του σκελετού. Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας έχει θέσει ανώτατο όριο .003 mg / l σε απόβλητα για το κάδμιο. Το κάδμιο προέρχεται από φυσικές πηγές, ανθρωπογενείς πηγές, βιομηχανικές επεξεργασίες και οικιακά κατάλοιπα. Ο σίδηρος είναι ένα από τα πιο άφθονα μέταλλα στο φλοιό της Γης. Εμφανίζεται φυσικά στο νερό σε διαλυτή μορφή. Το σίδηρο εισέρχεται στο νερό από πολλές βιομηχανίες όπως η εξορυκτική βιομηχανία, τη βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα, τη διάβρωση κλπ. Το σίδηρο στο αναλώσιμο πόσιμο νερό προκαλεί προβλήματα, όπως το κοκκινωπό χρώμα και την οσμή. Το νικέλιο και οι ενώσεις του είναι άοσμες και δεν έχουν γεύση. Επίσης μπορεί να προκαλέσει καρκίνο, αϋπνία και μπορεί να γίνει υπεύθυνο για την απώλεια οσμής. Καθώς το νικέλιο υπερβαίνει στο κρίσιμο επίπεδο του, μπορεί να φέρει σοβαρά προβλήματα πνευμόνων και νεφρών πέραν της πνευμονικής ίνωσης και δερματίτιδας του δέρματος. Το Σελήνιο (Se) είναι ένα ενδιαφέρον στοιχείο λόγω της αναγκαιότητάς του για την ανθρώπινη υγεία και της υψηλής τοξικότητας σε υψηλές συγκεντρώσεις. Ωστόσο, το σελήνιο υπάρχει στο φλοιό της Γης σε χαμηλά επίπεδα και εισάγεται στο περιβάλλον από φυσικούς και ανθρωπογενείς πηγές. Το υπερβολικό σελήνιο μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό του δέρματος και των ματιών, νευρολογική βλάβη και τερατώδης παραμορφώσεις, κίρρωση του ήπατος, πνευμονικό οίδημα και θάνατο. Επίσης, είναι ταξινομημένο ως μεταλλαξιογόνο και τερατογόνο στην τοξικότητα. Ομοίως, άλλα βαρέα μέταλλα βανάδιο, χαλκός, κοβάλτιο, υδράργυρος και μόλυβδος προκαλούν επικίνδυνα προβλήματα στην υγεία. (Madhu Agarwal et al., 2017).

1.4 ΝΙΚΕΛΙΟ (Ni)



1.4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το Ni χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 3500 π.Χ. όπως επισημαίνεται στην ιστορία. Λόγω του ότι τα μεταλλεύματα του Ni έμοιαζαν με τα μεταλλεύματα αργύρου, εκείνη την εποχή τα θεωρούσαν ίδια. Η μελέτη του Νικελίου λαμβάνει χώρα τον 18^ο αιώνα. Το πρώτο πράγμα που ανακαλύφθηκε σχετικά με αυτό είναι ότι ο πράσινος χρωματισμός του γυαλιού οφείλεται στο νικέλιο και το 1981 δημιουργήθηκε το πρώτο νόμισμα από Ni (Τερζόπουλος Αντύπας, 2011)

1.4.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ

Η δομή του Ni αποτελείται κυρίως από δύο τύπους κοιτασμάτων:

- τους λαταρίτες όπου τα κύρια μεταλλεύματα τους είναι οι νικελιούχοι λιμονίτες $\text{FeO} \cdot \text{NiO}(\text{OH})$ και οι γαρνιαρίτες $\text{NiSiO}_3 \cdot \text{MgSiO}_3(\text{OH})$
- τα μαγματικά θειούχα μεταλλεύματα με κυρίαρχο τον πεντλαντίτη $(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$.

Το 30% της παγκόσμιας παραγωγής φαίνεται να είναι στην περιοχή Sudbury στο Οντάριο του Καναδά όπου σύμφωνα με μία θεωρία δημιουργήθηκε από την πτώση ενός μετεωρίτη. Κοιτάσματα Ni έχουν ανακαλυφθεί και στις Γαλλία, την Αυστραλία, Ινδονησία, την Κούβα και πρόσφατα και στην Τουρκία. Τα περισσότερα κοιτάγματα Ni όμως βρίσκονται στον πυρήνα της γης με την μορφή μάγματος (Τερζόπουλος Αντύπας,2011)

1.4.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Όταν αποτελεί συστατικό υγρών αποβλήτων το Ni μεταφέρεται στα υπόγεια ύδατα καθώς και όταν απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα προσροφούνται από συσσωματώματα ιζημάτων ή χώματος. Στα όξινα εδάφη το Ni μεταφέρεται πιο εύκολα στα υπόγεια νερά. Το Ni επίσης αν και αποτελεί συστατικό στοιχείο της διατροφής των ζώων σε ποσότητες άνω των επιτρεπτών ορίων θεωρείται καρκινογόνο (Τερζόπουλος Αντύπας,2011). Η συσσώρευση βαρέων μετάλλων σε

εδάφη λόγω των ανθρωπογενών εισροών μπορεί να οδηγήσει σε έκπλυση βαρέων μετάλλων από εδάφη που οδηγούν σε μόλυνση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων και ως εκ τούτου απειλούν τα υδάτινα οικοσυστήματα , τους πόρους πόσιμου ύδατος και τον άνθρωπο (Hooda and Alloway, 1993) .

Ισόθερμες προσρόφησης

Εισαγωγή

Η διαδικασία προσρόφησης είναι ένα επιφανειακό φαινόμενο όπου η προσροφημένη ουσία προσκολλάται στην επιφάνεια του προσροφητή με φυσικές ή χημικές αλληλεπιδράσεις. Είναι σημαντικό να βρεθεί το καταλληλότερο μοντέλο για την ακριβή πρόβλεψη των παραμέτρων προσρόφησης και τη διερεύνηση της συμπεριφοράς προσροφητικών (Foo, 2010). Το μοντέλο προσρόφησης ισορροπίας, το οποίο είναι γνωστό ως ισόθερμη προσρόφησης, είναι σημαντικό για τον σωστό σχεδιασμό συστημάτων προσρόφησης. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων εκατό ετών αναπτύχθηκε μια μεγάλη ποικιλία ισόθερμων ισορροπίας, μεταξύ των οποίων οι Langmuir, Freundlich, Temkin, Redlich-Peterson, Radke-Prausnitz, Dubinin-Radushkevich, Koble-Corrigan, Sips, Khan, Flory-Huggins, Hill BET (Foo, 2010, Baghdadi, 2017). Οι παράμετροι των εξισώσεων και τα μοντέλα ισορροπίας παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τους μηχανισμούς προσρόφησης, τις επιφανειακές ιδιότητες και τις συγγένειες του προσροφητή.

Στην παρούσα μελέτη, πραγματοποιείται εφαρμογή των πειραματικών δεδομένων ισορροπίας σε εξισώσεις δύο παραμέτρων, Langmuir, Freundlich, Temkin, Dubinin Radushkevich.

Εξίσωση Langmuir

Η ισόθερμη Langmuir χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό της προσροφημένης ουσίας στο προσροφητικό υλικό σε δεδομένη θερμοκρασία. Αυτό το μοντέλο υποστηρίζει ότι η προσροφητική επιφάνεια έχει έναν συγκεκριμένο αριθμό θέσεων όπου τα προσροφητικά μόρια μπορούν να προσροφηθούν και επίσης εμπλέκει την μονοστρωματική προσρόφηση χωρίς καμία πλευρική αλληλεπίδραση μεταξύ των προσροφημένων μορίων. Επιπρόσθετα, το μοντέλο υποθέτει ομοιόμορφες ενέργειες προσρόφησης και καμία μετατόπιση της προσροφημένης ουσίας. Η Langmuir ισόθερμη προσρόφησης χρησιμοποιείται για την εύρεση της μέγιστης ικανότητας προσρόφησης από την πλήρη μονοστρωματική κάλυψη της προσροφητικής επιφάνειας (Bhagya et al., 2016).

Η εξίσωση Langmuir εκφράζεται με την σχέση (Kumar et al., 2006, Srivastara et al., 2017):

$$q = \frac{X_m K_L C_{eq}}{1 + K_L C_{eq}}$$

Η παραπάνω εξίσωση συνήθως χρησιμοποιείται τροποποιημένη υπό τη γραμμική της μορφή:

$$\frac{C_{eq}}{q} = \frac{1}{K_L X_m} + \frac{1}{X_m} C_{eq}$$

Όπου,

q : η ποσότητα της προσροφημένης ουσία ανά μονάδα μάζας προσροφητικού υλικού (mg kg^{-1}),

C_{eq} : η συγκέντρωση της προσροφημένης ουσίας στην ισορροπία (mg L^{-1}),

K_L : η σταθερά της εξίσωσης Langmuir, που σχετίζεται με την ενέργεια προσρόφησης και αυξάνει με την αύξηση της ισχύος του δεσμού προσρόφησης και

X_m : η σταθερά που αντιπροσωπεύει την μέγιστη τιμή της προσρόφησης ανά μονάδα μάζας προσροφητικού υλικού.

Οι σταθερές K_L και X_m υπολογίζονται από την αποτέμνουσα και την κλίση αντίστοιχα, της γραφικής παράστασης C_{eq}/q (άξονας ψ) συναρτήσεως του C_{eq} (άξονας χ).

Μια περαιτέρω ανάλυση της εξίσωσης Langmuir μπορεί να γίνει με μια αδιάστατη παράμετρο ισορροπίας R_L γνωστή επίσης και ως συντελεστής διαχωρισμού. Η αδιάστατη σταθερά R_L υπολογίζεται με την σχέση:

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0}$$

Όπου,

C_0 : η αρχική συγκέντρωση του μετάλλου (mg L^{-1}) στο εύρος συγκεντρώσεων που μελετήθηκε και

K_L : ο συντελεστής της ισόθερμης Langmuir ($1/\text{mg}$)

Η τιμή του R_L θα μας οδηγήσει στα κάτωθι συμπεράσματα:

$0 < R_L < 1$, ευνοϊκή η διαδικασία της προσρόφησης

$R_L > 1$, μη ευνοϊκή η διαδικασία της προσρόφησης

$R_L = 1$, η διαδικασία της προσρόφησης είναι γραμμική

$R_L = 0$, η διαδικασία της προσρόφησης είναι μη αναστρέψιμη.

Εξίσωση Freundlich

Το μοντέλο της ισόθερμης Freundlich υποστηρίζει ότι η προσρόφηση λαμβάνει χώρα σε ετερογενή επιφάνεια με αλληλεπίδραση μεταξύ των προσροφημένων μορίων (Günay et al., 2007, Wibowo et al., 2017). Η προσρόφηση δεν περιορίζεται μόνο στο σχηματισμό μονοστρωματικής αλλά και πολυστρωματικής προσρόφησης (Foo and Hameed, 2010) Επιπλέον, αυτό το

μοντέλο υποδηλώνει ότι η ενέργεια προσρόφησης δεν είναι σταθερή αλλά μειώνεται εκθετικά με την ολοκλήρωση της διαδικασίας προσρόφησης (Kumar et al., 2010). Αυτό το μοντέλο είναι μια εμπειρική εξίσωση και εκφράζεται από την εξίσωση:

$$q = K_F C_{eq}^n$$

Η γραμμική μορφή της εξίσωσης είναι η κάτωθι:

$$\log q = \log K_F + n \log C_{eq}$$

Όπου,

q , η ποσότητα της προσροφημένης ουσίας ανά μονάδα μάζας του προσροφητικού υλικού (mg kg^{-1}),

C_{eq} : η συγκέντρωση της προσροφημένης ουσίας στην ισορροπία (mg L^{-1}),

K_F , είναι η σταθερά της ισόθερμης Freundlich, η οποία είναι δείκτης προσέγγισης της ικανότητας προσρόφησης και

n , είναι η ένταση της προσρόφησης που εκτιμά την απόκλιση από την γραμμικότητα της προσρόφησης (Tan et al., 2009). Εάν $n = 1$, η προσρόφηση είναι γραμμική, εάν $n > 1$, η διαδικασία της προσρόφησης είναι χημική, εάν $n < 1$, η διαδικασία της προσρόφησης είναι φυσική (Aydin et al., 2006). Ο συντελεστής ετερογένειας εκφράζεται από το n , όσο μικρότερο το n , τόσο μεγαλύτερη η αναμενόμενη ετερογένεια (Tan et al., 2009).

Εξίσωση Temkin

Το μοντέλο Temkin βασίζεται σε εμπειρική εξίσωση που περιέχει έναν παράγοντα που υποδεικνύει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του προσροφητικού υλικού και της προσροφημένης ουσίας. Αυτή η εξίσωση καθορίζεται με βάση τη χημική προσρόφηση και υποθέτει ότι οι θερμότητες προσρόφησης μειώνονται γραμμικά λόγω της αλληλεπίδρασης προσροφητικού υλικού και προσροφημένης

ουσίας σε διαφορετικά στρώματα προσρόφησης για όλα τα μόρια. Η προσρόφηση χαρακτηρίζεται από ομοιόμορφη κατανομή των ενεργειών δέσμευσης μέχρι κάποια μέγιστη δεσμευτική ενέργεια (Tanzifi et al., 2017, Ioannou et al., 2012, Vijayaraghavan, 2006).

Η ισόθερμη Temkin στις χαμηλές συγκεντρώσεις ιόντων δεν ακολουθεί το νόμο του Henry. Η μη γραμμική μορφή της εξίσωσης παριστάνεται με τη σχέση:

$$q_e = \frac{RT}{b} \ln(K_T C_{eq}) \quad (1)$$

Η εξίσωση (1) στην γραμμική της μορφή μπορεί να εκφραστεί ως εξής (Temkin, et al., 1940):

$$q_e = B_1 \ln K_T + B_1 \ln C_{eq}$$

Όπου $B_1 = \frac{RT}{b}$

Όπου,

B_1 , είναι μια σταθερά που σχετίζεται με τη θερμότητα της διαδικασίας της προσρόφησης,

R , είναι η παγκόσμια σταθερά αερίου ($8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$),

T , είναι η απόλυτη θερμοκρασία (K),

K_T , η σταθερά προσρόφησης στην ισορροπία, που σχετίζεται με την μέγιστη σταθερά προσρόφησης (L mg^{-1}),

b , αποτελεί παράμετρο που σχετίζεται με την θερμότητα της προσρόφησης (J mol^{-1}). Οι παράμετροι K_T και b της εξίσωσης $q_e = \frac{RT}{b} \ln(K_T C_{eq})$ προσδιορίζονται από το γράφημα του q_e συναρτήσει του $\ln C_{eq}$.

1.6 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Επίδραση της θερμοκρασίας

Η εξάρτηση της απορρόφησης από την θερμοκρασία σχετίζεται με ποικίλες θερμοδυναμικές παραμέτρους. Για την μελέτη της θερμοδυναμικής της απορρόφησης, διεξήχθησαν μελέτες απορρόφησης σε διάφορες θερμοκρασίες. Αν η ικανότητα απορρόφησης μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας σε μια συγκεκριμένη αρχική συγκέντρωση σημαίνει ότι η απορρόφηση είναι μια εξώθερμη διαδικασία. Η μεταβολή της ελεύθερης ενέργειας υπολογίζεται από τον τύπο :

$$\Delta G^0 = -R * T * \ln K_C$$

Η σταθερά ισορροπίας K_c για κάθε θερμοκρασία δίδεται από τον τύπο :

$$K_C = \frac{C_{Be}}{C_{Ae}}$$

Τα ΔH^0 και ΔS^0 υπολογίζονται από την εξίσωση του Van'tHoff:

$$\ln K_C = \frac{\Delta S^0}{R} - \frac{\Delta H^0}{RT}$$

Τα ΔH° και ΔS° υπολογίζονται από την κλίση της γραφικής παράστασης του $\ln K_C$ σε συνάρτηση με το $1/T$ όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:

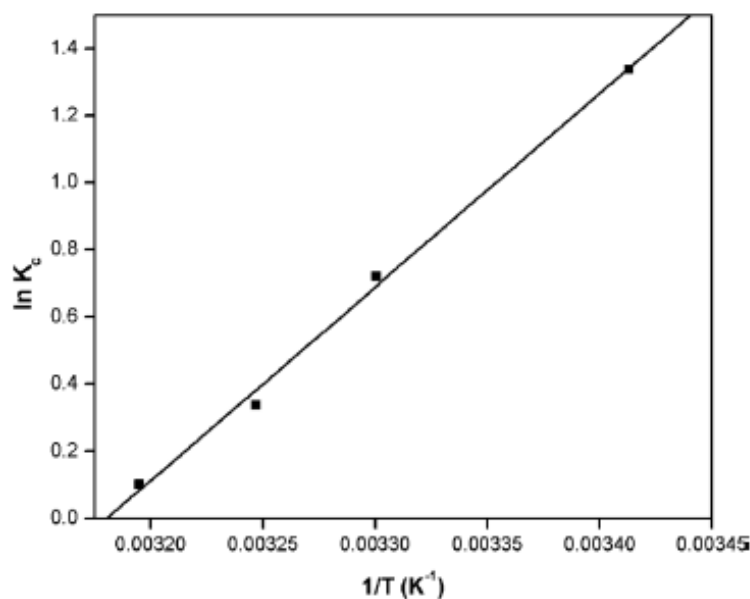


Fig. 3. Van't Hoff plot for the adsorption of Cu(II) removal. Conditions: adsorbent dosage 0.5 g/100 ml, pH 6.0, initial concentration 20 mg l⁻¹.

Όταν οι μεταβολές της ελεύθερης ενέργειας (ΔG°) είναι αρνητικές η απορρόφηση είναι αυθόρμητη και θερμοδυναμικά ευνοϊκή. Οι αρνητικές τιμές του ΔG° σημαίνουν μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη όσον αφορά την διαδικασία απορρόφησης. Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται και η τιμή του ΔG° μειώνεται σημαίνει μικρότερη κινητήρια δύναμη και επομένως μικρότερη ικανότητα απορρόφησης σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Όταν οι τιμές του ΔH° είναι αρνητικές σημαίνει ότι η διαδικασία απορρόφησης είναι εξώθερμη στην φύση. Οι αρνητικές τιμές του ΔS° σημαίνουν υψηλότερης τάξης αντίδραση κατά την διάρκεια της απορρόφησης ενός στοιχείου από την επιφάνεια προσρόφησης.

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

2.1.1 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑΣ ΚΑΙ ΣΙΤΟΥ

Η αγριαγκινάρα και ο σίτος τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως προσροφητικά υλικά στην παρούσα πτυχιακή διατριβή ήταν υπό μορφή πέλετ. Σε ποτήρι ζέσεως των 250 ml προστέθηκαν 5 g αγριαγκινάρας ή σίτου και 20 ml από HCL ή H₂SO₄ σε συγκεντρώσεις 1N, 3N και 5N. Στην συνέχεια αφέθηκαν για 24h σε ηρεμία. Την επόμενη μέρα πραγματοποιήθηκε διήθηση και ταυτόχρονα μετρήθηκε και το pH. Το pH στο κάθε διήθημα πριν αρχίσει το ξέπλυμα κυμαίνονταν στα δείγματα του σίτου από 0,8 έως 1,07 ενώ στην αγριαγκινάρα από 2,6 έως 3. Το εργαστηριακό πείραμα έκπλυσης των δύο φυτικών υλικών μπορεί να προσομοιώσει φυσικές συνθήκες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως για την παροχή πληροφοριών σχετικά με τον κίνδυνο έκπλυσης πιθανών ρύπων και θρεπτικών ουσιών από τα εδάφη. Μετά το ξέπλυμα οι τιμές pH στο διήθημα ήταν οι εξής: πίνακα 2.1.1 και 2.1.2. Κατόπιν ακολούθησε 'ξέπλυμα' των ιζημάτων με απιονισμένο νερό έως ότου το pH του διηθήματος να φτάσει το 5 με 6. Το διήθημα

τοποθετείται για 24 h στους 80 °C στο πυριατήριο και συλλέγεται σε φιαλίδια falcon αφού λυοτριβηθεί στο γουδί.

Πίνακας 2.1.1 : Τιμές του pH της ενεργοποιημένης αγριαγκινάρας.

Αγριαγκινάρα	Τιμή pH
HCL 1 N	4,62
H ₂ SO ₄ 1 N	4,38
HCL 3 N	4,32
H ₂ SO ₄ 3 N	4,14
HCL 5 N	4,60
H ₂ SO ₄ 5 N	4,46
H ₂ O	7,05

Πίνακας 2.1.2: Τιμές σίτου μετά την ενεργοποίησή του.

Σίτος	Τιμή pH
HCL 1 N	5.76
H ₂ SO ₄ 1 N	5.67
HCL 3 N	5.22
H ₂ SO ₄ 3 N	6.23
HCL 5 N	5.92
H ₂ SO ₄ 5 N	4.90
H ₂ O	6.14

Την επόμενη μέρα, προσδιορίστηκε η υγρασία στα ενεργοποιημένα δείγματα. Αφού τοποθετήθηκαν σε κάψα πορσελάνης 0,5g κάθε υλικού. Οι κάψες με τα δείγματα αφού ζυγίστηκαν τοποθετήθηκαν στο πυριατήριο στους 100°C για 24h. Την επομένη, οι κάψες απομακρύνθηκαν από το πυριατήριο και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα έως ότου τα δείγματα φτάσουν την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Κατόπιν προσδιορίστηκε το βάρος κάψας και ξηρού δείγματος με την χρήση ζυγού. Από την διαφορά βάρους κάψας και δείγματος πριν και μετά το πυριατήριο προσδιορίστηκε η υγρασία κάθε υλικού.

2.1.2 ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ Ni ΑΠΟ ΟΛΑ ΤΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ

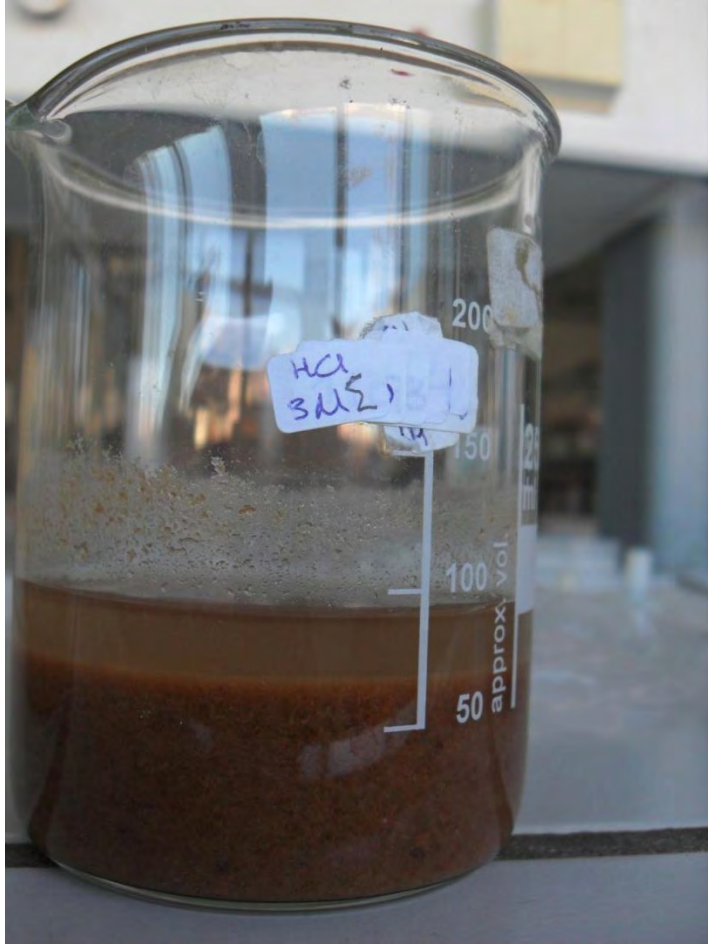
Σε falcon των 50 ml τοποθετήθηκε 0,2 g ξηρής ουσίας και 25 ml έξι διαφορετικών συγκεντρώσεων Ni (0,0-0,2-1,0-2,0-5,0 και 10 ppm) . Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ανακινητήρα στη θερμοκρασία των 20°C για 24h. Ακολούθησε διήθηση και στο διήθημα προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του Ni με την χρήση της ατομικής απορρόφησης . Η διαφορά μεταξύ αρχικής και τελικής συγκεντρώσεις έδωσε την τελική προσρόφηση σε χιλιοστόγραμμαρια Ni/ kg ξηρού δείγματος. Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η προσρόφηση του Ni από 1N HCL ή H₂SO₄ έδωσε ελάχιστη διαφορά προσρόφησης από τα 3N και 5N οπότε αποφασίστηκε η συνέχιση του πειράματος μελέτης προσρόφησης του Ni στα ενεργοποιημένα δείγματα σίτου και αγριαγκινάρας 1 NHCL και H₂SO₄ στις T 20,40 και 60°C σε έξι διαφορετικές συγκεντρώσεις Ni.



Εικόνα 2.1.1 : Προσθήκη νερού έως ότου τα υλικά να πλησιάσουν στο φυσικό pH.



Εικόνα 2.1.2: Αγριαγκινάρα με 3N συγκέντρωση Ni.



Εικόνα 2.1.3: Σίτος με 3N συγκέντρωση Ni.

2.1.3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ Ni ΑΠΟ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΕ 3 N ΚΑΙ 5 N ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑΣ Ή ΣΙΤΟΥ ΣΤΟΥΣ 20,40 ΚΑΙ 60°C

Σε falcon των 50ml τοποθετείται 0,1 g ενεργοποιημένης αγριαγκινάρας ή σίτου με 3NHCL ή H₂SO₄ καθώς επίσης και 0,1 g ενεργοποιημένης αγριαγκινάρας ή σίτου 5N και προστέθηκαν 25 ml έξι διαφορετικών συγκεντρώσεων Ni 0,0-0,2-1,0-2,0-5,0 και 10ppm. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν για ανακίνηση 24h στους 20°C,40°C και 60 °C. Έπειτα διηθήθηκαν και στο διήθημα προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του Ni με την χρήση της ατομικής απορρόφησης από την διαφορά μεταξύ τελικής και αρχικής συγκέντρωσης του διηθήματος προσδιορίστηκε η απορρόφηση του Ni σε χιλιοστόγραμμα/kg ξηρής ενεργοποιημένης 3+5 N αγριαγκινάρας ή σίτου. Όλα τα πειράματα επαναλήφθηκαν σε τρεις επαναλήψεις.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 ΙΣΟΘΕΡΜΕΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζεται: Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης και οι σταθερές προσρόφησης του νικελίου των ισοθέρμων Langmuir, Freundlich, Temkin για την ενεργοποιημένη αγριαγκινάρα με 1N,3N,5N HCL -1N,3N,5N H₂SO₄ – H₂O στους 20°C.

Πίνακας 3.1.1: Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης και οι σταθερές προσρόφησης του νικελίου της ισόθερμης Langmuir, Freundlich, Temkin για την αγριαγκινάρα (1N,3N,5N HCL -1N,3N,5N H₂SO₄ – H₂O) στους 20°C.

	T=20 °C									
ΥΛΙΚΑ	LANGMUIR				FREUNDLICH			TEMKIN		
	Qmax									
ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	mg/Kg	KL	RL	R ²	KF	nf	R ²	A	B	R ²
1N HCL	204,1	3,8	0,0258	1,00	139,9	0,196	0,90	146,0	27,9	0,94
3N HCL	175,4	81,4	0,0012	1,00	145,3	0,137	0,72	149,8	18,9	0,72
5N HCL	156,3	213,3	0,0005	1,00	140,8	0,082	0,58	143,1	10,6	0,56
H ₂ O	434,8	4,6	0,0212	0,99	245,4	2,390	0,94	279,4	84,6	0,97
1N H ₂ SO ₄	227,3	2,2	0,0434	1,00	142,5	0,222	0,95	149,7	33,3	0,99
3N H ₂ SO ₄	370,4	0,9	0,1000	0,88	139,7	0,516	0,88	187,8	58,7	0,88
5N H ₂ SO ₄	188,7	10,6	0,0093	1,00	149,7	0,135	0,89	153,7	19,6	0,91

Από τον πίνακα 3.1.1 παρατηρούμε ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από την αγριαγκινάρα 1N, 3N, 5N HCL ακολουθεί την σειρά 1N>3N>5N και ισούται με 204,1>175,4>156,3 mg/kg ενώ από την αγριαγκινάρα 1N ,3N ,N H₂SO₄ είναι το 3N>1N>5N και ισούται με 370,4>227,3>188,7 mg/kg.

Από τον πίνακα 3.1.1 παρατηρούμε ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από την μη ενεργοποιημένη αγριαγκινάρα είναι μεγαλύτερη από την ενεργοποιημένη αγριαγκινάρα 1N, 3N, 5N HCL και 1N, 3N, 5N H₂SO₄ και ίση με 434,8 mg/kg.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R^2) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 20°C από αγριαγκινάρα 1N, 3N, 5N HCL και 1N, 3N, 5N H₂SO₄ στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Langmuir ακολουθεί η Temkin και η Freundlich.

Το μοντέλο της Langmuir υποστηρίζει ότι η προσροφητική επιφάνεια της ενεργοποιημένης αγριαγκινάρας (1 N HCL-1 N H₂SO₄, 5N H₂SO₄) έχει έναν συγκεκριμένο αριθμό θέσεων όπου τα προσροφητικά μόρια Ni μπορούν να προσροφηθούν και επίσης εμπλέκει την μονοστρωματική προσρόφηση Ni χωρίς καμία πλευρική αλληλεπίδραση μεταξύ των προσροφημένων μορίων. Επιπρόσθετα, το μοντέλο υποθέτει ομοιόμορφες ενέργειες προσρόφησης και καμία μετατόπιση της προσροφημένης ουσίας.

Το μοντέλο της ισόθερμης Freundlich υποστηρίζει ότι η προσρόφηση του Ni από ενεργοποιημένη αγριαγκινάρα (1 N HCL-1 N H₂SO₄-3 N H₂SO₄-5 NH₂SO₄) λαμβάνει χώρα σε ετερογενή επιφάνεια με αλληλεπίδραση μεταξύ των προσροφημένων μορίων (Günay et al., 2007, Wibowo et al., 2017). Η προσρόφηση δεν περιορίζεται μόνο στο σχηματισμό μονοστρωματικής αλλά και πολυστρωματικής προσρόφησης (Foo and Hameed, 2010). Το μοντέλο της

ισόθερμης Temkin καθορίζεται με βάση τη χημική προσρόφηση και υποθέτει ότι οι θερμοότητες προσρόφησης μειώνονται γραμμικά λόγω της αλληλεπίδρασης προσροφητικού υλικού της αγριαγκινάρας (1 N HCL-1 N H₂SO₄-3 N H₂SO₄-5 N H₂SO₄) και προσροφημένης ουσίας (Ni) σε διαφορετικά στρώματα προσρόφησης για όλα τα μόρια.

Επίσης οι τιμές του συντελεστή διαχωρισμού(RL) είναι μικρότερες της μονάδος και αυτό επιβεβαιώνει την καλύτερη προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων στην ισόθερμη Langmuir.Ο συντελεστής ετερογένειας (nf) της Freundlich παρουσιάζει την μικρότερη τιμή, επομένως την μεγαλύτερη ετερογένεια για 5N HCLκαι 5 NH₂SO₄.

Πίνακας 3.1.2: Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης και οι σταθερές προσρόφησης του νικελίου της ισόθερμης Langmuir, Freundlich, Temkin για τον σίτο (1N,3N,5N HCL -1N,3N,5N H₂SO₄ – H₂O) στους 20° C.

	T=20° C									
ΥΛΙΚΑ	LANGMUIR				FREUNDLICH			TEMKIN		
	Q _{max}									
ΣΙΤΟΣ	mg/Kg	KL	RL	R ²	KF	nf	R ²	A	B	R ²
1N HCL	149,3	1,9	0,0500	0,97	72,9	0,358	0,89	90,9	22,3	0,95
3N HCL	158,7	1,9	0,0497	1,00	93,4	0,218	1,00	90,5	29,0	0,97
5N HCL	151,5	3,3	0,0294	1,00	81,6	0,355	0,83	101,7	23,3	0,95
H₂O	196,1	6,4	0,0154	0,99	119,3	0,413	0,75	147,2	34,2	0,85
1N H ₂ SO ₄	142,9	1,1	0,0825	0,96	60,9	0,461	0,82	78,9	24,4	0,92
3N H ₂ SO ₄	169,5	1,3	0,0738	0,97	75,8	0,463	0,72	99,2	28,2	0,88
5N H ₂ SO ₄	196,1	1,5	0,0642	0,98	93,3	0,422	0,89	116,6	31,4	0,96

Από τον πίνακα 3.1.2 παρατηρούμε ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από τον σίτο 1N, 3N, 5N HCL ακολουθεί την σειρά 3N>5N>1N και ισούται με

158,7>151,5>149,3 mg/kg ενώ από τον σίτο 1N ,3N ,5N H₂SO₄ είναι το 5N>3N>1N και ισούται με 196,1>169,5>142,9 mg/kg.

Από τον πίνακα 3.1.2 παρατηρούμε ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από σίτο με νερό είναι μεγαλύτερη από τον σίτο 1N, 3N, 5N HCL και 1N, 3N, 5N H₂SO₄ και ίση με 196,1mg/kg.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R²) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 20°C από σίτο 1N, 3N, 5N HCL και 1N, 3N, 5N H₂SO₄ στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Langmuir ακολουθεί η Temkin και η Freundlich.

Langmuir : Για την ενεργοποιημένη αγριαγκινάρα με 1,3,5 N HCL-1 N H₂SO₄ - 1,3,5 N H₂SO₄ αυτό το μοντέλο υποδηλώνει ότι η προσροφητική επιφάνεια έχει έναν συγκεκριμένο αριθμό θέσεων όπου τα προσροφητικά μόρια μπορούν να προσροφηθούν και επίσης εμπλέκει την μονοστρωματική προσρόφηση χωρίς καμία πλευρική αλληλεπίδραση μεταξύ των προσροφημένων μορίων.

Freundlich : Για την ενεργοποιημένη αγριαγκινάρα 3 N HCL- 5 N H₂SO₄ το μοντέλο αυτό υποδηλώνει ότι η προσρόφηση λαμβάνει χώρα σε ετερογενή επιφάνεια με αλληλεπίδραση μεταξύ των προσροφημένων μορίων.

Temkin : Για την ενεργοποιημένη αγριαγκινάρα 1,3,5 N HCL-1,3,5 N H₂SO₄ το μοντέλο αυτό βασίζεται σε εμπειρική εξίσωση που περιέχει έναν παράγοντα που υποδεικνύει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του προσροφητικού υλικού και της προσροφημένης ουσίας.

Επίσης οι τιμές της σταθεράς RL είναι μικρότερες της μονάδος και αυτό επιβεβαιώνει την καλύτερη προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων στην ισόθερμη Langmuir.

Ο συντελεστής ετερογένειας (nf) της Freundlich παρουσιάζει την μικρότερη τιμή, επομένως την μεγαλύτερη ετερογένεια για 3N HCL και 5 NH₂SO₄.

Πίνακας 3.1.3: Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης και οι σταθερές προσρόφησης του νικελίου της ισόθερμης Langmuir, Freundlich, Temkin για την αγριαγκινάρα και τον σίτο (1N HCL -1 N H₂SO₄) στους 40° C.

	40° C									
ΥΛΙΚΑ	LANGMUIR				FREUNDLICH			TEMKIN		
	Qmax									
ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	mg/Kg	KL	RL	R ²	KF	nf	R ²	A	B	R ²
1N HCL	161,3	77,5	0,0013	0,99	145,2	0,324	0,15	91,0	196,1	0,22
1N H ₂ SO ₄	384,6	0,5	0,1560	0,86	150,5	2,177	0,77	169,8	62,9	0,72
ΣΙΤΟΣ										
1N HCL	476,2	1,5	0,0625	0,48	298,0	2,474	0,51	439,7	204,3	0,25
1N H ₂ SO ₄	185,2	27,0	0,0037	0,88	129,9	0,113	0,45	134,7	17,4	0,45

Από τον πίνακα 3.1.3 παρατηρούμε ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από την αγριαγκινάρα 1N HCL είναι μικρότερη από την 1N H₂SO₄ με 161,3 και 384,6

mg/kg αντίστοιχα. Από την άλλη παρατηρούμε ότι η προσρόφηση του νικελίου από τον σίτο 1N HCL είναι μεγαλύτερη από την 1N H₂SO₄ με 476,2 και 185,2 mg/kg αντίστοιχα.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R^2) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 40°C από αγριαγκινάρα 1 N HCL και 1 N H₂SO₄ στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Langmuir.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R^2) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 40°C από σίτο 1 N HCL και 1 N H₂SO₄ στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Langmuir.

Επίσης οι τιμές της σταθεράς RL είναι μικρότερες της μονάδος και αυτό επιβεβαιώνει την καλύτερη προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων στην ισόθερμη Langmuir.

Ο συντελεστής ετερογένειας (nf) της Freundlich παρουσιάζει την μικρότερη τιμή, επομένως την μεγαλύτερη ετερογένεια για 1NH₂SO₄.

Πίνακας 3.1.4: Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης και οι σταθερές προσρόφησης του νικελίου της ισόθερμης Langmuir, Freundlich, Temkin για την αγριαγκινάρα και τον σίτο (1 N HCL -1 N H₂SO₄) στους 60°C.

	60°C									
ΥΛΙΚΑ	LANGMUIR			FREUNDLICH			TEMKIN			
	Q _{max}									
ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	mg/Kg	KL	RL	R ²	KF	nf	R ²	A	B	R ²
1N HCL	588,2	0,1	0,4550	0,23	64,3	0,980	0,98	29,4	66,2	0,99
1N H ₂ SO ₄	53,2	2,2	0,0432	0,85	38,8	0,656	0,77	21,1	-4,8	0,13
ΣΙΤΟΣ										
1N HCL	77,5	1,4	0,0685	0,65	38,5	0,384	0,61	44,9	15,1	0,68
1N H ₂ SO ₄	15,8	2,5	0,0380	0,95	34,0	0,039	0,01	36,7	-6,4	0,14

Από τον πίνακα 3.1.4 παρατηρούμε ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από την αγριαγκινάρα 1N HCL είναι μεγαλύτερη από την 1N H₂SO₄ με 588,2 και 53,2 mg/kg αντίστοιχα. Επίσης παρατηρούμε ότι η προσρόφηση του νικελίου από τον σίτο 1N HCL είναι μεγαλύτερη από την 1N H₂SO₄ με 77,5 και 15,8 mg/kg αντίστοιχα.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R²) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 60°C από αγριαγκινάρα 1 N HCL στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Temkin.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R^2) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 60°C από αγριαγκινάρα 1 N H_2SO_4 στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Langmuir.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R^2) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 60°C από σίτο 1 N HCL στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Temkin.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R^2) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 60°C από σίτο 1 N H_2SO_4 στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Langmuir.

Επίσης οι τιμές της σταθεράς RL είναι μικρότερες της μονάδος και αυτό επιβεβαιώνει την καλύτερη προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων στην ισόθερμη Langmuir.

Ο συντελεστής ετερογένειας (n_f) της Freundlich παρουσιάζει την μικρότερη τιμή, επομένως την μεγαλύτερη ετερογένεια για 1N H_2SO_4 .

3+5 N

Πίνακας 3.1.5: Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης και οι σταθερές προσρόφησης του νικελίου της ισόθερμης Langmuir, Freundlich, Temkin για τον σίτο και την αγριαγκινάρα (3N+5NHCL -3N+5N H₂SO₄) στους 20°C.

		T=20 °C								
		3+5 N								
ΥΛΙΚΑ		LANGMUIR			FREUNDLICH			TEMKIN		
	Qmax									
	mg/Kg	KL	RL	R ²	KF	nf	R ²	A	B	R ²
HCL ΣΙΤΟΣ	95,2	3,4	0,0286	0,98	63,2	0,477	0,69	73,5	19,0	0,75
H ₂ SO ₄ ΣΙΤΟΣ	111,1	2,5	0,0380	0,98	67,5	0,540	0,78	79,8	23,8	0,87
HCL ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	178,6	0,9	0,0980	0,89	73,3	0,481	0,71	98,8	29,4	0,75
H ₂ SO ₄ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	227,3	0,4	0,1980	0,82	59,6	0,671	0,71	94,1	37,2	0,88

Από τον πίνακα 3.1.5 παρατηρούμε ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από τον σίτο H₂SO₄ είναι μεγαλύτερη από την HCL με 111,1 και 95,2 mg/kg αντίστοιχα. Επίσης παρατηρούμε ότι η προσρόφηση του νικελίου από την αγριαγκινάρα H₂SO₄ είναι μεγαλύτερη από την HCL με 227,3 και 178,6mg/kg αντίστοιχα.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R²) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 20°C από σίτο 3+5 N HCL, 3+5 N H₂SO₄ και από αγριαγκινάρα 3+5 N HCL , 3+5 N H₂SO₄ στις ισόθερμες Langmuir, Freundlichκαι Temkin φαίνεται ότι τα

πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Langmuir ακολουθεί η Temkin και η Freundlich. Επίσης οι τιμές της σταθεράς RL είναι μικρότερες της μονάδος και αυτό επιβεβαιώνει την καλύτερη προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων στην ισόθερμη Langmuir.

Ο συντελεστής ετερογένειας (nf) της Freundlich παρουσιάζει την μικρότερη τιμή, επομένως την μεγαλύτερη ετερογένεια για 3+5 N HCL σίτος και 3+5 N H₂SO₄ αγριαγκινάρα.

Πίνακας 3.1.6: Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης και οι σταθερές προσρόφησης του νικελίου της ισόθερμης Langmuir, Freundlich, Temkin για τον σίτο και την αγριαγκινάρα (3N+5N HCL -3N+5N H₂SO₄) στους 40°C.

		T=40 °C								
		3+5 N								
ΥΛΙΚΑ		LANGMUIR			FREUNDLICH			TEMKIN		
	Q _{max}									
	mg/Kg	KL	RL	R ²	KF	nf	R ²	A	B	R ²
HCL ΣΙΤΟΣ	85,5	2,4	0,0402	0,89	94,4	0,104	0,32	98,1	-9,1	0,36
H ₂ SO ₄ ΣΙΤΟΣ	158,7	21,0	0,0047	1,00	153,2	0,152	1,00	75,1	1,4	0,65
HCL ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	161,3	62,0	0,0016	1,00	143,3	0,073	1,00	143,1	9,4	1,00
H ₂ SO ₄ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	166,7	10,0	0,0099	1,00	155,7	0,229	1,00	154,4	28,3	1,00

Από τον πίνακα 3.1.6 παρατηρούμε ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από τον σίτο 3+5 N H₂SO₄ είναι μεγαλύτερη από την 3+5 N HCL με 158,7 και 85,5mg/kg αντίστοιχα. Επίσης παρατηρούμε ότι η προσρόφηση του νικελίου από

την αγριαγκινάρα 3+5 N H₂SO₄ είναι μεγαλύτερη από την 3+5 N HCL με 166,7 και 161,3mg/kg αντίστοιχα.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R²) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 40°C από σίτο 3+5 N HCL, στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Langmuir ακολουθεί η Temkin και η Freundlich. Στον σίτο 3+5 N H₂SO₄ παρατηρείται ότι καλύτερη προσαρμογή στην Langmuir ακολουθεί η Freundlich και η Temkin. Επίσης οι τιμές της σταθεράς RL είναι μικρότερες της μονάδος και αυτό επιβεβαιώνει την καλύτερη προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων στην ισόθερμη Langmuir.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R²) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 40°C από αγριαγκινάρα 3+5 N HCL και 3+5 N H₂SO₄, στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται εξίσου καλά και στις τρεις ισόθερμες.

Ο συντελεστής ετερογένειας (nf) της Freundlich παρουσιάζει την μικρότερη τιμή, επομένως την μεγαλύτερη ετερογένεια για 3+5 N HCL σίτος και 3+5 N HCL αγριαγκινάρα.

Πίνακας 2.1.7: Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης και οι σταθερές προσρόφησης του νικελίου της ισόθερμης Langmuir, Freundlich, Temkin για τον σίτο και την αγριαγκινάρα (3N+5N HCL -3N+5N H₂SO₄) στους 60°C.

		T=60 °C								
		3+5 N								
ΥΛΙΚΑ	LANGMUIR				FREUNDLICH			TEMKIN		
	Q _{max} mg/Kg	KL	RL	R ²	KF	nf	R ²	A	B	R ²
HCL ΣΙΤΟΣ	56,5	-2,2	-0,0432	0,99	97,6	-0,171	0,55	103,5	-15,0	0,44
H ₂ SO ₄ ΣΙΤΟΣ	81,3	-11,2	0,0089	0,99	2,1	-0,242	0,78	80,2	-5,9	0,01
HCL ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	74,6	-0,5	-0,1760	1,00	605,1	0,825	1,00	384,7	-129,6	1,00
H ₂ SO ₄ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	151,5	-6,6	0,0149	0,97	343,9	0,384	1,00	301,0	69,8	1,00

Από τον πίνακα 3.1.7 παρατηρούμε ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από τον σίτο H₂SO₄ είναι μεγαλύτερη από την HCL με 81,3 και 56,5 mg/kg αντίστοιχα. Επίσης παρατηρούμε ότι η προσρόφηση του νικελίου από την αγριαγκινάρα H₂SO₄ είναι μεγαλύτερη από την HCL με 151,5 και 74,6 mg/kg αντίστοιχα.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R²) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 60°C από σίτο 3+5 N HCL και 3+5 N H₂SO₄, στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην Langmuir ακολουθεί η Freundlich και η Temkin.

Από την τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R^2) που προέκυψε από την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων της προσρόφησης του νικελίου στους 60°C από αγριαγκινάρα 3+5 N HCL και 3+5 N H_2SO_4 στις ισόθερμες Langmuir, Freundlich και Temkin φαίνεται ότι τα πειραματικά δεδομένα προσαρμόζονται εξίσου καλά και στις τρεις ισόθερμες.

Ο συντελεστής ετερογένειας (n_f) της Freundlich παρουσιάζει την μικρότερη τιμή, επομένως την μεγαλύτερη ετερογένεια για 3+5 N HCL σίτος και 3+5 N H_2SO_4 αγριαγκινάρα.

3.2 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Πίνακας 3.2.1: Θερμοδυναμικές παράμετροι της προσρόφησης του Νικελίου από αγριαγκινάρα 1 N HCL.

ΥΛΙΚΟ	T ($^\circ\text{C}$)	$\Delta S/R$ (J/mol)	$\Delta H/R$ (J/mol $^\circ\text{C}$)	$\Delta G^{0*}R$ (J/mol)
ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ HCL	20	-3,12	1499	-507,13
	40	-3,12	1499	-695,65
	60	-3,12	1499	-359,86

Πίνακας 3.2.2: Θερμοδυναμικές παράμετροι της προσρόφησης του Νικελίου από αγριαγκινάρα 1 N H₂SO₄.

ΥΛΙΚΟ	T (°C)	ΔS/R (J/mol)	ΔH/R (J/mol°C)	ΔG ^{0*} R (J/mol)
ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ H ₂ SO ₄	20	-0,17	563,4	-506,70
	40	-0,17	563,4	-524,40
	60	-0,17	563,4	-497,96

Από τους πίνακες 3.2.1 και 3.2.2 φαίνονται οι τιμές του ΔG, ΔH, ΔS για την προσρόφηση του νικελίου (Ni) από την αγριαγκινάρα 1 M HCL και 1 M H₂SO₄ στις θερμοκρασίες 20, 40 και 60°C.

Όταν οι μεταβολές της ελεύθερης ενέργειας (ΔG⁰) είναι αρνητικές η απορρόφηση είναι αυθόρμητη και θερμοδυναμικά ευνοϊκή .Οι αρνητικές τιμές του ΔG⁰σημαίνουν μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη όσον αφορά την διαδικασία απορρόφησης. Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται και η τιμή του ΔG⁰μειώνεται σημαίνει μικρότερη κινητήρια δύναμη και επομένως μικρότερη ικανότητα απορρόφησης σε υψηλότερες θερμοκρασίες ενώ όταν η θερμοκρασία αυξάνεται και η τιμή του ΔG⁰ αυξάνεται σημαίνει μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη .Επίσης, βλέπουμε ότι οι τιμές του ΔH είναι θετικές, άρα αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία απορρόφησης είναι ενδόθερμη στη φύση. Οι τιμές του ΔS είναι αρνητικές, επομένως έχουμε μεγαλύτερης τάξης αντίδραση κατά τη διάρκεια της απορρόφησης του νικελίου από την αγριαγκινάρα ή αλλιώς παρατηρείται μία μείωση της αταξίας, δηλαδή μειώνεται η τυχαία κίνηση των ιόντων του νικελίου.

Πίνακας 3.2.3: Θερμοδυναμικές παράμετροι της προσρόφησης του Νικελίου από σίτο1 N HCL.

ΥΛΙΚΟ	T (°C)	$\Delta S/R$ (J/mol)	$\Delta H/R$ (J/mol°C)	$\Delta G^{0*}R$ (J/mol)
ΣΙΤΟΣ HCL	20	0,5	368,8	-493,95
	40	0,5	368,8	-575,00
	60	0,5	368,8	-507,67

Πίνακας 3.2.4: Θερμοδυναμικές παράμετροι της προσρόφησης του Νικελίου από σίτο1 N H₂SO₄.

ΥΛΙΚΟ	T (°C)	$\Delta S/R$ (J/mol)	$\Delta H/R$ (J/mol°C)	$\Delta G^{0*}R$ (J/mol)
ΣΙΤΟΣ H ₂ SO ₄	20	1,60	10,84	-461,43
	40	1,60	10,84	-553,11
	60	1,60	10,84	-520,12

Όταν οι μεταβολές της ελεύθερης ενέργειας (ΔG^0) είναι αρνητικές η απορρόφηση είναι αυθόρμητη και θερμοδυναμικά ευνοϊκή. Οι αρνητικές τιμές του ΔG^0 σημαίνουν μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη όσον αφορά την διαδικασία απορρόφησης. Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται και η τιμή του ΔG^0 μειώνεται σημαίνει μικρότερη κινητήρια δύναμη και επομένως μικρότερη ικανότητα απορρόφησης σε υψηλότερες θερμοκρασίες ενώ όταν η θερμοκρασία αυξάνεται και η τιμή του ΔG^0 αυξάνεται σημαίνει μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη. Επίσης, βλέπουμε ότι οι τιμές του ΔH είναι θετικές, άρα αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία απορρόφησης είναι ενδόθερμη στη φύση. Οι τιμές του ΔS είναι δείκτης του συστήματος προσρόφησης. Οι θετικές τιμές ΔS υποδηλώνουν μια αυξημένη

διαταραχή / τυχειότητα στην μεσεπιφάνεια προσροφητή / διαλύματος κατά την προσρόφηση του νικελίου.

Πίνακας 3.2.5: Θερμοδυναμικές παράμετροι της προσρόφησης του Νικελίου από σίτο 3+5 NHCL

ΥΛΙΚΟ	T (°C)	$\Delta S/R$ (J/mol)	$\Delta H/R$ (J/mol°C)	$\Delta G^{0*}R$ (J/mol)
ΣΙΤΟΣ HCL	20	2,8	-338,1	-477,83
	40	2,8	-338,1	-549,02
	60	2,8	-338,1	-588,51

Όταν οι μεταβολές της ελεύθερης ενέργειας (ΔG^0) είναι αρνητικές η απορρόφηση είναι αυθόρμητη και θερμοδυναμικά ευνοϊκή. Οι αρνητικές τιμές του ΔG^0 σημαίνουν μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη όσον αφορά την διαδικασία απορρόφησης. Επίσης, βλέπουμε ότι οι τιμές του ΔH είναι αρνητικές, άρα αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία απορρόφησης είναι εξώθερμη στη φύση. Οι τιμές του ΔS είναι δείκτης του συστήματος προσρόφησης. Οι θετικές τιμές ΔS υποδηλώνουν μια αυξημένη διαταραχή / τυχειότητα στην μεσεπιφάνεια προσροφητή / διαλύματος κατά την προσρόφηση του νικελίου.

Πίνακας 3.2.6: Θερμοδυναμικές παράμετροι της προσρόφησης του Νικελίου από σίτο 3+5 N H₂SO₄.

ΥΛΙΚΟ	T (°C)	ΔS/R (J/mol)	ΔH/R (J/mol°C)	ΔG ⁰ *R (J/mol)
ΣΙΤΟΣ H ₂ SO ₄	20	0,14	260,2	-475,35
	40	0,14	260,2	95,94
	60	0,14	260,2	-531,86

Όταν οι μεταβολές της ελεύθερης ενέργειας (ΔG^0) είναι αρνητικές η απορρόφηση είναι αυθόρμητη και θερμοδυναμικά ευνοϊκή στους 20°C και 60°C. Οι αρνητικές τιμές του ΔG^0 σημαίνουν μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη όσον αφορά την διαδικασία απορρόφησης. Στους 40° C παρατηρούμε ότι η τιμή του ΔG^0 είναι θετική οπότε η θετική τιμή της ελεύθερης ενέργειας (ΔG^0) υποδηλώνει ότι η απορρόφηση είναι παρακινούμενη και θερμοδυναμικά δυσμενής. Οι θετικές τιμές του ΔG σημαίνουν μικρότερη κινητήρια δύναμη όσον αφορά τη διαδικασία απορρόφησης. Επίσης, βλέπουμε ότι οι τιμές του ΔH είναι θετικές, άρα αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία απορρόφησης είναι ενδόθερμη στη φύση. Οι θετικές τιμές ΔS υποδηλώνουν μια αυξημένη διαταραχή / τυχαιότητα στην μεσεπιφάνεια προσροφητή / διαλύματος κατά την προσρόφηση του νικελίου.

Πίνακας 4.2.7: Θερμοδυναμικές παράμετροι της προσρόφησης του Νικελίου από αγριαγκινάρα 3+5 N HCL.

ΥΛΙΚΟ	T (°C)	ΔS/R (J/mol)	ΔH/R (J/mol°C)	ΔG ⁰ *R (J/mol)
ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ HCL	20	13,53	-3637	-474,60
	40	13,53	-3637	58,32
	60	13,53	-3637	-1087,50

Όταν οι μεταβολές της ελεύθερης ενέργειας (ΔG°) είναι αρνητικές η απορρόφηση είναι αυθόρμητη και θερμοδυναμικά ευνοϊκή στους 20°C και 60°C. Οι αρνητικές τιμές του ΔG° σημαίνουν μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη όσον αφορά την διαδικασία απορρόφησης. Στους 40° C παρατηρούμε ότι η τιμή του ΔG° είναι θετική οπότε η θετική τιμή της ελεύθερης ενέργειας (ΔG°) υποδηλώνει ότι η απορρόφηση είναι παρακινούμενη και θερμοδυναμικά δυσμενής. Επίσης, βλέπουμε ότι οι τιμές του ΔH είναι αρνητικές, άρα αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία απορρόφησης είναι εξώθερμη στη φύση. Οι θετικές τιμές ΔS υποδηλώνουν μια αυξημένη διαταραχή / τυχαιότητα στην μεσεπιφάνεια προσροφητή / διαλύματος κατά την προσρόφηση του νικελίου.

Πίνακας 3.2.8: Θερμοδυναμικές παράμετροι της προσρόφησης του Νικελίου από αγριαγκινάρα 3+5 N H₂SO₄.

ΥΛΙΚΟ	T (°C)	$\Delta S/R$ (J/mol)	$\Delta H/R$ (J/mol°C)	$\Delta G^{0*}R$ (J/mol)
ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ H ₂ SO ₄	20	0,33	-0,327	-446,57
	40	0,33	-0,327	114,83
	60	0,33	-0,327	-576,96

Όταν οι μεταβολές της ελεύθερης ενέργειας (ΔG°) είναι αρνητικές η απορρόφηση είναι αυθόρμητη και θερμοδυναμικά ευνοϊκή στους 20°C και 60°C. Οι αρνητικές τιμές του ΔG° σημαίνουν μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη όσον αφορά την διαδικασία απορρόφησης. Στους 40° C παρατηρούμε ότι η τιμή του ΔG° είναι θετική οπότε η θετική τιμή της ελεύθερης ενέργειας (ΔG°) υποδηλώνει ότι η απορρόφηση είναι παρακινούμενη και θερμοδυναμικά δυσμενής . Επίσης,

βλέπουμε ότι οι τιμές του ΔH είναι αρνητικές, άρα αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία απορρόφησης είναι εξώθερμη στη φύση. Οι θετικές τιμές ΔS υποδηλώνουν μια αυξημένη διαταραχή / τυχαιότητα στην μεσεπιφάνεια προσροφητή / διαλύματος κατά την προσρόφηση του νικελίου.

Πίνακας 3.2.8

Υλικά	Θερμοκρασίες	Μέγιστη προσρόφηση	R ² LANGMUIR
Αγριαγκινάρα	°C	mg/Kg	
1 N HCL	20	204,1	1
	40	161,3	0,99
	60	588,2	0,23

Πίνακας 3.2.9

Υλικά	Θερμοκρασίες	Μέγιστη προσρόφηση	R ² LANGMUIR
Αγριαγκινάρα	°C	mg/Kg	
1 N H ₂ SO ₄	20	227,3	1
	40	384,6	0,86
	60	53,2	0,85

Πίνακας 3.2.10

Υλικά	Θερμοκρασίες	Μέγιστη προσρόφηση	R ² LANGMUIR
ΣΙΤΟΣ	°C	mg/Kg	
1 N HCL	20	149,3	0,97
	40	476,2	0,48
	60	77,5	0,65

Πίνακας 3.2.11

Υλικά	Θερμοκρασίες	Μέγιστη προσρόφηση	R ² LANGMUIR
ΣΙΤΟΣ	°C	mg/Kg	
1 N H ₂ SO ₄	20	142,9	0,96
	40	185,2	0,88
	60	15,8	0,95

Πίνακας 3.2.12

Υλικά	Θερμοκρασίες	Μέγιστη προσρόφηση	R ² LANGMUIR
ΣΙΤΟΣ	°C	mg/Kg	
3+5 N HCL	20	95,2	0,98
	40	85,5	0,89
	60	56,5	0,99

Πίνακας 3.2.13

Υλικά	Θερμοκρασίες	Μέγιστη προσρόφηση	R ² LANGMUIR
ΣΙΤΟΣ	°C	mg/Kg	
3+5 N H ₂ SO ₄	20	111,1	0,98
	40	158,7	1
	60	81,3	0,99

Πίνακας 3.2.14

Υλικά	Θερμοκρασίες	Μέγιστη προσρόφηση	R ² LANGMUIR
ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ	°C	mg/Kg	
3+5 N HCL	20	178,6	0,89
	40	161,3	1
	60	74,6	1

Πίνακας 3.2.15

Υλικά	Θερμοκρασίες	Μέγιστη προσρόφηση	R ² LANGMUIR
ΑΓΡΙΑΚΙΝΑΡΑ	°C	mg/Kg	
3+5 N H ₂ SO ₄	20	227,3	0,82
	40	166,7	1
	60	151,5	0,97

Από τους πίνακες 3.2.8 – 3.2.15 προκύπτει ότι η μέγιστη προσρόφηση του νικελίου από όλα τα υλικά που μελετήθηκαν στην παρούσα διατριβή, αυξάνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία από τους 20°C στους 40°C και μειώνεται καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται από τους 40°C στους 60°C.

Η καλύτερη προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων παρατηρήθηκε στην Langmuir.

Από όλα τα υλικά που μελετήθηκαν η μεγαλύτερη προσρόφηση νικελίου 384,6 mg/Kg παρατηρείται στην αγριαγκινάρα 1 N H₂SO₄ στους 40°C.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όλα τα υλικά που μελετήθηκαν στην παρούσα διατριβή η μέγιστη προσρόφηση αυξάνεται καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται από τους 20°C στους 40°C και μειώνεται από τους 40°C στους 60°C.

Η καλύτερη προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων παρατηρήθηκε στην Langmuir.

Από όλα τα υλικά που μελετήθηκαν η μεγαλύτερη προσρόφηση νικελίου (384,6 mg/Kg) παρατηρείται στην αγριαγκινάρα 1 N H₂SO₄ στους 40°C.

Οι θετικές τιμές του ΔG (για αγριαγκινάρα 3 +5 N H₂SO₄ και 3+5 N HCL ,καθώς και για σίτο 3 +5 N H₂SO₄ στους 40°C) υποδηλώνουν ότι η απορρόφηση είναι παρακινούμενη και θερμοδυναμικά δυσμενής ενώ για όλα τα υπόλοιπα υλικά που μελετήθηκαν οι τιμές της ΔG είναι αρνητικές και αυτό υποδηλώνει ότι η απορρόφηση είναι αυθόρμητη και θερμοδυναμικά ευνοϊκή.

Οι θετικές τιμές του ΔH (για αγριαγκινάρα 1 N HCL-1 N H₂SO₄, σίτο 1 N HCL - 1 N H₂SO₄, σίτο 3+5 N H₂SO₄) υποδεικνύουν ότι η διαδικασία απορρόφησης είναι ενδόθερμη.

Οι αρνητικές τιμές του ΔH (για σίτο 3+5 N HCL, αγριαγκινάρα 3+5 N HCL, αγριαγκινάρα 3+5 N H₂SO₄) υποδηλώνουν ότι η διαδικασία απορρόφησης είναι εξώθερμη.

Οι αρνητικές τιμές του ΔS για την αγριαγκινάρα (1 N HCL-1 N H₂SO₄) υποδηλώνουν ότι έχουμε μεγαλύτερης τάξης αντίδραση κατά τη διάρκεια της απορρόφησης του νικελίου από την αγριαγκινάρα ή αλλιώς παρατηρείται μία μείωση της αταξίας, δηλαδή μειώνεται η τυχαία κίνηση των ιόντων του νικελίου.

Οι θετικές τιμές του ΔS (για το σίτο 1 N HCL- 1 N H₂SO₄, σίτο 3+5 N HCL, σίτο 3+5 N H₂SO₄, αγριαγκινάρα 3+5 N HCL, αγριαγκινάρα 3+5 N H₂SO₄) υποδηλώνουν μια αυξημένη διαταραχή / τυχειότητα στην μεσεπιφάνεια προσροφητή / διαλύματος κατά την προσρόφηση του νικελίου.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δαναλάτος Ν. και Αρχοντούλης Σ., 2008. Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων, αγριαγκινάρας, ηλίανθου και σόργου. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
2. Ιωάννου Α. 2001. Σημειώσεις χημικής τεχνολογίας. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας.
3. Καραμάνος Α., (1992), «Τα σιτηρά των Εύκρατων Κλιμάτων», Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών, Αθήνα
4. Μήτσιος Κ. 2013, Μελέτη της συμπεριφοράς ορισμένων εδαφικών συστατικών στην πρόσληψη αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων από τις καλλιέργειες σιταριού και βλίτου. (Πτυχιακή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,2013)
5. Μπλέτσας Βασίλειος, Πιτσίνη Ελένη 2010, Ενεργειακά φυτά (Πτυχιακή, Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου,2010)
6. ΝΙΚΟΛΑΙΔΟΥ ΧΑΡΟΥΛΑ-ΔΑΝΑΗ,2006.Βελτίωση Ρυπασμένων Εδαφών από Ζη με χρήση υλικών που πρόεκυψαν από τροποποίηση φυσικών εδαφικών συστατικών και ορυκτών. Βόλος
7. Παπακώστα, Δ., 2012. << Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι (Σιτηρά, Ψυχανθή Χορτοδοτικά Φυτά), Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
8. Σπαθή Έλενα, 2010. Η επίδραση της λίπανσης της αγριαγκινάρας στην παραγωγή σπόρου και βιομάζας στο Βελεστίνο το 2009. (Πτυχιακή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2010)
9. Σφήκας Α., (1995), «Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά», Α.Π.Θ., Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.

10. Σφήκας, Α.Γ. 1995. Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων : Θεσσαλονίκη.
11. Τερζόπουλος Αντύπας, 2011. Δομή και Ιδιότητες Κραμάτων ηλεκτρολυτικής συναπόθεσης Νικελίου – Μαγγανίου και Νικελίου – Σιδήρου – Μαγγανίου (Πτυχιακή Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Τμήμα Χημικών Μηχανικών

5.2 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Amoozegar-Fard, M., Warrick, A.W., Fuller, W.H., 1983. A simplified model for solute movement through soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 1047–1049.
2. Aydin, H., Baysal, G., 2006. Adsorption of acid dyes in aqueous solutions by shells of bittimpistacial khinjuk stocks *Desalination* 196, 248–259.
3. Brown, S., Chaney, R., Hallfrisch, J., Xue, Q., 2003. Effects of mbiosolids processing on lead bioavailability in an urban soil. *J. Environ. Qual.* 32, 100–108.
4. Chotpantarat, S., Ong, S.K., Sutthirat, C., Osathaphan, K., 2011. Competitive sorption and transport of Pb^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} and Zn^{2+} in lateritic soil columns. *J. Hazard. Mater.* 190, 391–396.
5. Foo, K.Y., Hameed, B.H., 2010. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems, *Chem. Eng. J.* 156, 2–10. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2009.09.013>
6. Günay, A., Arslankaya, E., Tosun, İ., 2007. Lead removal from aqueous solution by natural and pretreated clinoptilolite: adsorption equilibrium and kinetics, *J. Hazard. Mater.* 146, 362–371.
7. Ioannou, Z., Papapostolou, T., Georgoulas, N., Dimirkou, A., 2012. Use of modified zeolites for the remediation of waters and cultivated soils from Cu(II), *Water Air Soil Pollut.* 223, 5841-5854.

8. Jalali and Aboulghazi, 2013. Sunflower stalk, an agricultural waste, as an adsorbent for the removal of lead and cadmium from aqueous solutions.
9. Jalali, M. and Ranjbar, F. (2009) Rates of Decomposition and Phosphorus Release from Organic Residues Related to Residue Composition. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172, 353-359.
10. Jalali, M., Ranjbar, F., 2009. Effects of sodic water on soil sodicity and nutrient leaching in poultry and sheep manure amended soils. *Geoderma* 153, 194–204.
11. Jalali, M., Rostaei, L., 2012. Lead distribution in plant residues amended calcareous soils as a function of incubation time. *Soil Sediment Contam.* 21, 51–61.
12. Jalali, M., Khanboluki, G., 2007. Redistribution of fractions of zinc, cadmium, and lead in calcareous soils treated with EDTA. *Arch. Agron. Soil Sci.* 53, 147–160.
13. JOHN M. POEHLMAN, DAVID A, 1995. SLEPER Breeding Field Crops.
14. Kumar, V., Sivanesan, S., 2006. Isotherm parameters for basic dyes onto activated carbon: Comparison of linear and non linear method, *J. Hazard. Mater. B*, 129-147.
15. Kumar, P.S., Ramalingam, S., Senthamarai C., Niranjanaa, M., Vijayalakshmi, P., Sivanesan, S., 2010. Adsorption of dye from aqueous solution by cashew nut shell: studies on equilibrium isotherm, kinetics and thermodynamics of interactions, *Desalination* 261 (1–2) 52–60.
16. Mohsen Jalali, Zahra Latifi, 2018. Measuring and simulating effect of organic residues on the transport of cadmium, nickel, and zinc in a calcareous soil. Department of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.
17. Renu, Madhu Agarwal, Kailash Singh, S. Upadhyaya, R. K. Dohare, 2017. Removal of heavy metals from wastewater using modified agricultural

- adsorbents. Department of Chemical Engineering, Malaviya National Institute of Technology Jaipur, JLN Marg, Jaipur-302017, India.
18. Rifaqat Ali Khan Rao and Umra Khan, 2017. Adsorption of Ni(II) on alkali treated pineapple residue (*Ananas comosus* L.): Batch and column studies, Environmental Research Laboratory, Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering and Technology, Aligarh Muslim University, Aligarh 202002, U.P., India
 19. Tan, I.A.W., Ahmad, A.L., Hameed, B.H., 2009. Biosorption isotherms, kinetics, thermodynamics and desorption studies of 2,4,6-trichlorophenol on oil palm empty fruit bunch-based activated carbon, *J. Hazard. Mater.* 264, 473–482.
 20. Tanzifi, M., Hosseini, S.H., Kiadehi, A.D., Olazar, M., Karimipour, K., Rezaie Mehr, R., Ali, I., 2017. Artificial neural network optimization for methyl orange adsorption onto polyaniline nano-adsorbent: Kinetic, isotherm and thermodynamic studies, *Journal of Molecular Liquids* 244, 189-200.
 21. Temkin, M., Pyzhev, V., 1940. Kinetics of ammonia synthesis on promoted iron catalysts, *Acta Physicochim. URSS* 12, 217-222.
 22. Vijayaraghavan, K., Padmesh, T., Palanivelu, K., Velan, M., 2006. Biosorption of nickel (II) ions onto *Sargassum wightii*: application of two-parameter and three-parameter isotherm models, *J. Hazard. Mater.* 133, 304-308.
 23. Westerman, P., Bicudo, J., 2005. Management considerations for organic waste use in agriculture. *Bioresour. Technol.* 96, 215–221.

5.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

1. <http://www.gramene.org/>
2. [http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/-](http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/)
3. https://en.wikipedia.org/wiki/International_wheat_production_statistics