

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ 1:

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΚΑΡΔΙΑΚΟ ΡΥΘΜΟ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ *Daphnia magna*, ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΝΕΡΟΨΥΛΛΟΣ ή ΔΑΦΝΙΑ

1. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

1.1. Διατύπωση Προβλήματος

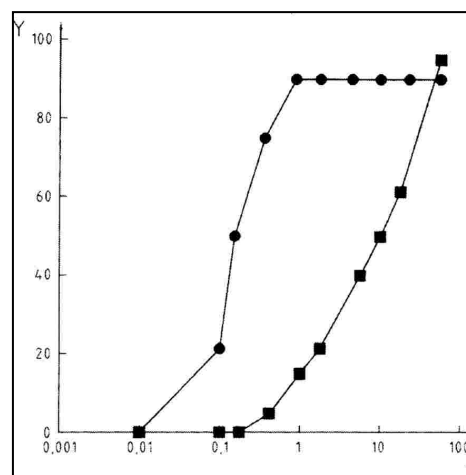
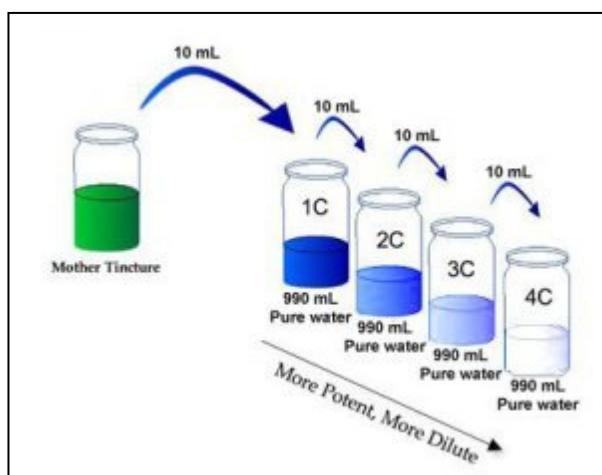
Να ερευνήσετε την επίδραση που έχει η μεταβολή της συγκέντρωσης της διεγερτικής ουσίας καφεΐνης στον καρδιακό ρυθμό του υδρόβιου ασπόνδυλου οργανισμού, *Daphnia magna*.

Σε μια ερευνητική ομάδα του ευρωπαϊκού προγράμματος της UNESCO SEMEP ανατέθηκε να διερευνήσουν πειραματικά στο εργαστήριο την επίδραση που έχει η μεταβολή της συγκέντρωσης της διεγερτικής ουσίας καφεΐνης στον καρδιακό ρυθμό του υδρόβιου ασπόνδυλου οργανισμού, *Daphnia magna*. Η ερευνητική ομάδα κλήθηκε στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει τα αποτελέσματα του πειράματος για να εκτιμήσει στο εργαστήριο τη συγκέντρωση της καφεΐνης σε ένα κοινό αναψυκτικό του εμπορίου.

1.2. Αναστοχαστικά ερωτήματα

1.2.1. Να διατύπωσετε ερευνητικά ερωτήματα, υπόθεση και προβλέψεις που αφορούν στην επίδραση της καφεΐνης στον καρδιακό ρυθμό του οργανισμού *Daphnia magna*.

1.2.2. Να διερευνήσετε πώς μπορείτε πειραματικά να προσδιορίσετε την άγνωστη συγκέντρωση μιας ουσίας με την χρήση καμπύλης βαθμονόμησης ή αναφοράς.



2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ – ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

(Οι Δείκτες αυτοί αφορούν τη συνιστώσα Πρακτικές και Επιστημονικές Δεξιότητες της Ενότητας 2: ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΟΡΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ)

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ	ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ
<p>B.2.1. Οι μαθητές να σχεδιάζουν και να εκτελούν πειράματα, που αφορούν στην επίδραση της καφεΐνης (ή της θερμοκρασίας), στον καρδιακό ρυθμό του οργανισμού <i>Daphnia magna</i>, κοινή ονομασία νερόψυλλος ή δάφνια. Οι μαθητές να διαχειρίζονται ποσοτικά δεδομένα, να αποτυπώνουν και να ερμηνεύουν αποτελέσματα για εξαγωγή συμπερασμάτων με τα οποία να επιβεβαιώνουν ή να απορρίπτουν τις υποθέσεις τους.</p>	<p>B.2.1α. Διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων, υποθέσεων και προβλέψεων που αφορούν στην επίδραση της καφεΐνης (ή της θερμοκρασίας) στον καρδιακό ρυθμό του οργανισμού <i>Daphnia magna</i>, κοινή ονομασία νερόψυλλος ή δάφνια.</p> <p>B.2.1β. Σχεδιασμός και διεξαγωγή πειραμάτων με τη χρήση της μεθόδου των διαδοχικών αραιώσεων όσον αφορά στην επίδραση χημικής ουσίας (π.χ. καφεΐνης) στον καρδιακό ρυθμό του οργανισμού <i>Daphnia magna</i>.</p> <p>B.2.1γ. Χρήση κατάλληλων οργάνων και συσκευών για την εκτέλεση και καταγραφή αξιόπιστων και έγκυρων ποσοτικών μετρήσεων (π.χ. χρόνου, όγκου, μάζας, θερμοκρασίας κ.λπ.).</p> <p>B.2.1δ. Χρήση της κατάλληλης επιστημονικής ορολογίας για την καταγραφή και τη διάχυση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων σε ειδικούς πίνακες και γραφήματα.</p> <p>B.2.1ε. Επιβεβαίωση ή απόρριψη αρχικών υποθέσεων.</p> <p>B.2.1ζ. Προσδιορισμός άγνωστης συγκέντρωσης μιας χημικής ουσίας με τη χρήση καμπύλης βαθμονόμησης.</p> <p>B.2.1η. Τρόποι βελτίωσης της πειραματικής διερεύνησης ώστε να αυξάνεται η εγκυρότητα και η αξιοπιστία του πειράματος.</p>
<p>B.2.2. Οι μαθητές να χειρίζονται με ασφάλεια και ήθος ασπόνδυλους οργανισμούς για τη μέτρηση των φυσιολογικών λειτουργιών.</p>	<p>B.2.2α. Χρήση ασπόνδυλων οργανισμών για τη μέτρηση των φυσιολογικών λειτουργιών τους με ασφάλεια και βάσει ηθικών αρχών.</p>
<p>B.2.3. Οι μαθητές να κατανοούν τη σημασία της μοντελοποίησης και της επανάληψης της αργής κίνησης του βίντεο για τη συλλογή δεδομένων.</p>	<p>B.2.3α. Σημασία της μοντελοποίησης και της επανάληψης της αργής κίνησης του βίντεο για τη συλλογή δεδομένων.</p> <p>B.2.3β. Μεταφορά γνώσεων και δεξιοτήτων που αφορούν τη χρήση της μοντελοποίησης και της επανάληψης της αργής κίνησης του βίντεο για τη συλλογή δεδομένων που αφορούν στην επίδραση της θερμοκρασίας και διαφόρων χημικών ουσιών (π.χ. ακετυλοχολίνη, αδρεναλίνη-επινεφρίνη, νοραδρεναλίνη-νορεπινεφρίνη) στον καρδιακό ρυθμό του οργανισμού <i>Daphnia magna</i>.</p>

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

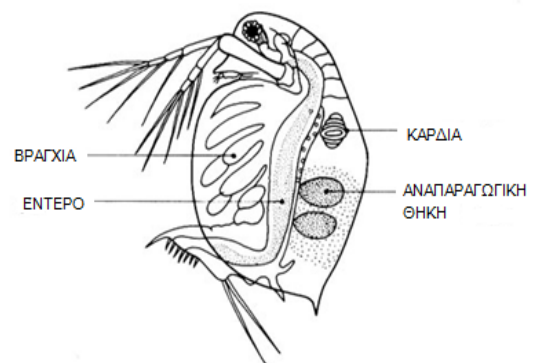
3.1. Προϋπάρχουσα Γνώση και Εμβάθυνση στο Θεωρητικό πλαίσιο

Η καφεΐνη είναι ένα πικρό, λευκό κρυσταλλικό αλκαλοειδές της ξανθίνης ($C_8H_{10}N_4O_2$) το οποίο είναι ένα διεγερτικό ναρκωτικό. Η καφεΐνη είναι φυσική ουσία που βρίσκεται σε περισσότερα από 60 διαφορετικά είδη φυτών. Περιέχεται στα φύλλα, στους κόκκους ή στα φρούτα που παράγουν τα φυτά, όπου χρησιμεύει ως ζιζανιοκτόνο, απωθητικό εντόμων ή στην επικονίαση. Χρησιμοποιείται ιατρικά ως διεγερτικό και σαν διουρητικό. Η καφεΐνη μπορεί επίσης να κατασκευαστεί με χημική σύνθεση και χρησιμοποιείται ως προσθετικό σε τρόφιμα, ροφήματα, ποτά και αναψυκτικά. Ο καφές, το τσάι, η σοκολάτα, το κακάο και πολλά αναψυκτικά περιέχουν καφεΐνη. Έχουν δημοσιευθεί περισσότερες από 10.000 δημοσιεύσεις σχετικά με τις άμεσες αλλά και μακροχρόνιες επιπτώσεις της κατανάλωσης καφεΐνης στην υγεία αλλά και την καρδιά του ανθρώπου.

Ο βιολόγος Neal J. Smatresk - Κοσμήτορας του Κολεγίου Επιστημών στο Πανεπιστήμιο του Τέξας στο Arlington - προσφέρει την παρακάτω εξήγηση για τη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και της επίδρασης στην καρδιά του ανθρώπου:

“Σε κυτταρικό επίπεδο, η καφεΐνη αποτρέπει την ενζυμική δράση της φωσφοδιεστεράσης. Η φωσφοδιεστεράση μέσα στο κυτταρόπλασμα των κυτάρων διασπά το κυκλικό AMP (cAMP, 3'-5'-κυκλική μονοφωσφορική αδενοσίνη). Το κυκλικό AMP είναι ένας πολύ σημαντικός δευτερογενής αγγελιοφόρος που παίρνει μέρος σε πλήθος ενδοκυτταρικών διαδρομών μεταγωγής σήματος. Πολλές ορμόνες και νευροδιαβιβαστές δεν μπορούν να διαπεράσουν την κυτταρική μεμβράνη και έτσι ασκούν τις ενέργειές τους έμμεσα μέσω αυτών των δευτερογενών αγγελιοφόρων. Όταν αυτές οι ορμόνες ή οι νευροδιαβιβαστές, συνδέονται με έναν υποδοχέα της κυτταρικής μεμβράνης ενός κυτάρου, ξεκινά μια χημική αλυσιδωτή αντίδραση που έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό δευτερογενών αγγελιοφόρων. Έτσι, όταν η καφεΐνη σταματήσει την αποικοδόμηση του κυκλικού AMP, τα αποτελέσματά του κυκλικού AMP παρατείνονται και η επίδραση σε όλο το σώμα ενισχύεται. Στην καρδιά, η νορεπινεφρίνη (νοραδρεναλίνη) και η επινεφρίνη (αδρεναλίνη), με την επίδραση της καφεΐνης προκαλούν περαιτέρω αύξηση στον ρυθμό και τη ένταση των συσπάσεων των μυών της καρδιάς. Η νορεπινεφρίνη ως νευροδιαβιβαστής, απελευθερώνεται από τους περισσότερους μεταγαγγλιακούς νευρώνες του συμπαθητικού κοντά στον ιστό του φλεβοκόμπτου (βηματοδότη της καρδιάς), ενώ η ορμόνη επινεφρίνη απελευθερώνεται κυρίως από τα επινεφρίδια. Αυτά τα χημικά μηνύματα προετοιμάζουν τον οργανισμό είτε για να αντιμετωπίσει άμεσα τον στρεσογόνο παράγοντα (αντίδραση «μάχης») είτε για να τον αποφύγει γρήγορα (αντίδραση «φυγής»). Κατά τη διάρκεια καταστάσεων άγχους ή έκτακτης ανάγκης, αυξάνουν τον καρδιακό ρυθμό, αυξάνοντας έτσι την αρτηριακή πίεση και παρέχοντας περισσότερο οξυγόνο στον εγκέφαλο και σε άλλους ιστούς.”

Ο οργανισμός *Daphnia magna* (Σχήμα 1) ανήκει στα ασπόνδυλα Καρκινοειδή, που ζουν ελεύθερα σε γλυκό νερό, λίμνες, βάλτους και ποτάμια. Οι οργανισμοί *Daphnia* μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως μοντέλο σε συγκεκριμένες συνθήκες στο εργαστήριο για να προσδιοριστεί η σχέση μεταξύ της αύξησης της συγκέντρωσης της καφεΐνης και της μεταβολής του καρδιακού ρυθμού. Το γένος *Daphnia* είναι γνωστό ως νερόψυλλοι γιατί χαρακτηρίζεται από οργανισμούς που έχουν την ικανότητα να πραγματοποιούν μικρά πηδήματα στο νερό. Η διάμετρος του σώματος των ενήλικων θηλυκών του γένους *Daphnia* είναι περίπου 3-5 mm.



Σχήμα 1: Εικόνα της *Daphnia magna*

3.2. Παρατηρώντας τον καρδιακό ρυθμό του *Daphnia*

Η μικρή καρδιά του *Daphnia* είναι εύκολα ορατή με μικροσκόπιο χαμηλής ισχύος. Ο καρδιακός ρυθμός παρακολουθείται και μετρείται υπό διαφορετικές συνθήκες. Για παράδειγμα, η αλλαγή στη θερμοκρασία του νερού ή η αλλαγή στη συγκέντρωση διαφορετικών χημικών ουσιών που προστίθενται στο νερό μπορεί να προκαλέσει αύξηση του καρδιακού ρυθμού που μπορεί να φτάσει τους 300 κτύπους ανά λεπτό. Η καρδιά του *Daphnia* διαθέτει ένα ιδιαίτερο σύστημα ρύθμισης του καρδιακού ρυθμού, πολύ διαφορετικό από την ανθρώπινη καρδιά, αφού ο φλεβόκομβος (φυσιολογικός βηματοδότης) αποτελείται από μια συλλογή από νεύρα, το καρδιακό γάγγλιο, που ενεργούν ακούσια. Αυτό σημαίνει ότι θα ήταν λάθος να εξαχθούν συμπεράσματα, από τα ευρήματα μιας μελέτης του καρδιακού ρυθμού του οργανισμού *Daphnia* (μοντέλο) στον ανθρώπινο οργανισμό. Το αποτέλεσμα μιας μη-ανθρώπινης πειραματικής μελέτης έχει μόνο προσωρινή κλινική σημασία. Χρειάζονται προσεκτικά σχεδιασμένες ερευνητικές μελέτες που πραγματοποιούνται με τη βοήθεια εθελοντών για τον έλεγχο της εγκυρότητας του μοντέλου.

3.3. Βιο-ηθικά ζητήματα στη χρησιμοποίηση πειραματόζων

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο υπερψήφισε την αναθεώρηση της νομοθεσίας που αφορά ζώα τα οποία χρησιμοποιούνται για επιστημονικούς σκοπούς. Με την αναθεωρημένη νομοθεσία, την οποία πρότεινε αρχικά η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2008, θα ενισχυθεί η προστασία των ζώων που εξακολουθούν να χρειάζονται για την έρευνα και τη διεξαγωγή δοκιμών ασφάλειας. Η νέα οδηγία θα συμβάλει επίσης ουσιαστικά στην ελαχιστοποίηση του αριθμού των πειραματόζων και θα απαιτεί την εφαρμογή εναλλακτικών λύσεων, στο μέτρο του δυνατού, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα ίσους όρους ανταγωνισμού στη βιομηχανία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και βελτιώνοντας την ποιότητα της έρευνας που διεξάγεται στην ΕΕ. Η νέα οδηγία καλύπτει τα ζώα που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση και την κατάρτιση, καθώς και στη βασική έρευνα – όλα τα ζωντανά σπονδυλωτά πλην του ανθρώπου και ορισμένα άλλα είδη που πιθανώς είναι σε θέση να αισθανθούν πόνο. Η χρήση Πρωτευόντων, πλην του ανθρώπου, υπόκειται σε περιορισμούς, ενώ η νέα οδηγία προβλέπει επίσης, για πρώτη φορά, την απαγόρευση της χρήσης ανθρωποειδών πιθήκων σε επιστημονικές διαδικασίες. Μόνον όταν διακυβεύεται η επιβίωση των ειδών αυτών ή σε περίπτωση απροσδόκητης έξαρσης ασθένειας που απειλεί τη ζωή του ανθρώπου ή του προκαλεί σοβαρή αναπηρία θα είναι δυνατόν να επιτραπεί σε κράτος μέλος, κατ' εξαίρεση, η χρήση τους.

Αν και οι ασπόνδυλοι οργανισμοί *Daphnia* έχουν απλό νευρικό σύστημα και δεν «υποφέρουν» με τον ίδιο τρόπο όπως τα ανώτερα ζώα, αξίζουν σεβασμού και έτσι τα ζώα επιστρέφονται αμέσως μετά το πείραμα στη δεξαμενή καλλιέργειας. Με αυτή την πρακτική αντιμετωπίζονται και τα δεοντολογικά ζητήματα μελέτης πεδίου, όπου τα ζώα επιστρέφονται και πάλι στον βιότοπό τους. Η καλλιέργεια των οργανισμών *Daphnia* σε ενυδρείο είναι ουσιαστικά ανέξοδη.

Οι οργανισμοί ωριμάζουν μέσα σε λίγες μέρες, γι' αυτό δεν παίρνει πολύ χρόνο για να αναπτυχθεί μια αποικία. Το εξωτερικό περίβλημα του *Daphnia* είναι διαφανές, και με τη χρήση ενός μικροσκοπίου μπορεί κανείς να μετρήσει τον καρδιακό ρυθμό τους ή να παρατηρήσει το πότε τρέφονται. Έτσι, είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν ερευνητικές μελέτες που δεν προκαλούν τον θάνατο των οργανισμών. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμη και υπό ιδανικές συνθήκες οι οργανισμοί αυτοί ζουν μόνο ένα ή δύο μήνες και ότι στη φύση οι περισσότεροι από αυτούς τρώγονται από ψάρια και άλλους υδρόβιους οργανισμούς μέσα στις πρώτες λίγες ημέρες ή εβδομάδες της ζωής τους. Συχνά χρησιμοποιούνται για τροφή των γυρίνων ή άλλων μικρών αμφιβίων, ειδών όπως ο αφρικανικός νάνος βάτραχος (*Hymenochirus boettgeri*). Οι οργανισμοί *Daphnia* είναι επίσης μια δημοφιλής ζωντανή τροφή για τροπικά και για θαλάσσια ψάρια που κρατούνται σε αιχμαλωσία. Οι οργανισμοί *Daphnia* μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν για να εξεταστούν οι συνέπειες που έχουν οι τοξίνες/χημικοί ρύποι σε ένα οικοσύστημα. Αυτό καθιστά τους οργανισμούς του γένους *Daphnia* καλούς βιοδείκτες.

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

Η ερευνητική μελέτη στο εργαστήριο εξαρτάται από την πρόσβαση σε μια υγιή καλλιέργεια του *Daphnia* και από τον αριθμό των μαθητών και των μικροσκοπίων. Υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις στα δεδομένα που συγκεντρώνονται στην τάξη. Καταγράφονται τα αποτελέσματα της τάξης για τον καρδιακό ρυθμό σε συγκεκριμένες συνθήκες και υπολογίζεται η μέση τιμή (και η τυπική απόκλιση). Λόγω της μεταβλητότητας των αποτελεσμάτων μεταξύ των μεμονωμένων οργανισμών *Daphnia*, κάθε ζευγάρι (ή ομάδα) μαθητών θα πρέπει να διεξάγει επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για να συμβάλει στην εκτίμηση της μέσης τιμής του καρδιακού ρυθμού του *Daphnia* σε συγκεκριμένες συνθήκες.

Μία δεύτερη επιλογή είναι η καταγραφή σε βίντεο ενός οργανισμού *Daphnia* για συγκεκριμένη χρονική περίοδο, κατά την οποία οι μαθητές θα καταμετρήσουν τον καρδιακό ρυθμό. Μέτρηση σφυγμών/παλμών της καρδιάς για ένα λεπτό! Ο καρδιακός ρυθμός του οργανισμού είναι πολύ γρήγορος, έτσι μπορείτε να υπολογίσετε τον ρυθμό σχηματίζοντας τελεία για κάθε χτύπο της καρδιάς σε ένα κομμάτι χαρτί. Μετρήστε τις τελείες και εκφράστε τον καρδιακό ρυθμό ως αριθμό παλμών ανά λεπτό.

<https://www.youtube.com/watch?v=2g-04Uk0ut0>

Στη συνέχεια, το βίντεο επαναλαμβάνεται σε αργή επανάληψη για να μετρήσουν οι μαθητές ξανά τον αριθμό των καρδιακών παλμών. Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν θέματα για την ακρίβεια και την αξιοπιστία της μέτρησής τους.

<https://www.youtube.com/watch?v=CCxOuR3VZcs>

5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

5.1. Υλικά

- Μικροσκόπιο
- Καλλιέργεια του οργανισμού *Daphnia magna* σε νερό της λίμνης. Προσοχή! Η χλωρίνη σκοτώνει τον οργανισμό *Daphnia*.
- Τρυβλίο Petri
- Πιπέτα Pasteur
- Γυάλινη αντικειμενοφόρος πλάκα που έχει μια γυαλισμένη κοιλότητα στο κέντρο της επιφάνειας
- Συγκεντρώσεις από διαφορετικές χημικές ουσίες που μπορεί να επηρεάσουν τον καρδιακό ρυθμό (καφεΐνη 0.1%, νικοτίνη 0.1%, αιθανόλη 2%, αδρεναλίνη 0.0001%, ακετυλοχολίνη 0.0001%, ασπιρίνη)
- Νερό από δεξαμενή καλλιέργειας *Daphnia* σε σταθερές θερμοκρασίες - 0 °C (σε λουτρό πάγου), 10 °C (προσθήκη πάγου σε υδατόλουτρο), 20 °C, 30 °C και 40 °C (σε λουτρό νερού). Αναφορά σε περιορισμό της ερευνητικής μελέτης αν η θερμοκρασία δεν μπορεί να παραμείνει σταθερή.
- <https://www.youtube.com/watch?v=HhOUwlOdxkA>

5.2. Ασφάλεια και υγεία

- I. Να χειρίζεστε προσεκτικά τα οποιαδήποτε χημικά που επηρεάζουν τον καρδιακό ρυθμό του *Daphnia*. Η επινεφρίνη και η νικοτίνη σε καθαρή μορφή είναι πολύ τοξικές χημικές ουσίες και πρέπει να αντιμετωπίζονται με μεγάλη προσοχή. ΜΟΝΟ ΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΠΡΕΠΕΙ να χειρίζονται τα διαλύματα επινεφρίνης και νικοτίνης.
- II. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να φορούν γάντια όταν χειρίζονται τις χημικές ουσίες.
- III. Να τηρείτε τις συνήθειες, ορθές εργαστηριακές πρακτικές υγιεινής.

5.3. Μεθοδολογία: Επίδραση της καφεΐνης στον καρδιακό ρυθμό του *Daphnia*

- I. Να χρησιμοποιήσετε μια πιπέτα για να μεταφέρετε μια σταγόνα που περιέχει ένα μεγάλο άτομο *Daphnia* (γνωστής ηλικίας) μέσα στην κοιλότητα στο κέντρο της αντικειμενοφόρου πλάκας
- II. Να τοποθετήσετε το τρυβλίο Petri στην τράπεζα ενός μικροσκοπίου και να παρατηρήσετε τον οργανισμό χρησιμοποιώντας τον αντικειμενικό φακό χαμηλής μεγέθυνσης. Η καρδιά είναι τοποθετημένη στη ραχιαία πλευρά ακριβώς πάνω από το έντερο (βλ. Σχήμα 1). Βεβαιωθείτε ότι μετράτε τον καρδιακό ρυθμό και όχι τις κινήσεις των βραγχίων ή τις κινήσεις του εντέρου
- III. Να επιτρέψετε χρόνο στον οργανισμό, σε σταθερή θερμοκρασία (π.χ. 20 °C), ώστε ο ρυθμός να είναι σταθερός
- IV. Να χρησιμοποιήσετε χρονόμετρο ώστε να μετρήσετε τον αριθμό των καρδιακών παλμών, κάθε 10 δευτερόλεπτα, για χρονικό διάστημα 30 δευτερολέπτων. Στο τέλος της έρευνας, να επιστρέψετε τον οργανισμό *Daphnia* στην καλλιέργεια.
- V. Να αφήσετε τον οργανισμό *Daphnia* στο τρυβλίο Petri που περιέχει νερό της λίμνης σε διαφορετική θερμοκρασία λίγο χρόνο για να εγκλιματιστεί στις διαφορετικές συγκεντρώσεις καφεΐνης: 0,001, 0,010, 0,100, 0,150 mg/ml
- VI. Να καταγράψετε τον καρδιακό ρυθμό σε κάθε συγκέντρωση καφεΐνης και να δημιουργήσετε πίνακα αποτελεσμάτων
- VII. Να σχεδιάσετε γραφική παράσταση της μέσης συχνότητας των καρδιακών παλμών ανά λεπτό έναντι της συγκέντρωσης της καφεΐνης.

Φύλλα Εργασίας Μαθητών/τριών

Όνοματεπώνυμο μαθητή/τριας:

Ομάδα: Τμήμα: Ημερομηνία:

**Ερώτηση ανοιχτού τύπου από την Παγκύπρια Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Επιστήμης 2014 (EUSO).
Απαντήσεις στην ιστοσελίδα της Βιολογικής Εταιρείας Κύπρου**

Η Νίκη χρησιμοποίησε ένα μικροσκόπιο με αντικειμενικό φακό χαμηλής ισχύος και γυάλινη αντικειμενοφόρο πλάκα που έχει μια γυαλισμένη κοιλότητα στο κέντρο της επιφάνειάς της, η οποία μπορεί να κρατήσει μια μεγάλη σταγόνα νερό και πάνω απός την οποία μπορεί να τοποθετηθεί καλυπτρίδα. Η Νίκη τοποθέτησε μια μεγάλη σταγόνα νερού που περιείχε ένα οργανισμό *Daphnia* μέσα στην κοιλότητα και στη συνέχεια κάλυψε την κοιλότητα με την καλυπτρίδα. Η Νίκη ερεύνησε την επίδραση που έχει η μεταβολή της συγκέντρωσης της διεγερτικής ουσίας καφεΐνης στον καρδιακό ρυθμό του *Daphnia*. Βιντεογράφησε τέσσερα άτομα *Daphnia*. Κάθε άτομο τοποθετήθηκε σε διαφορετική συγκέντρωση καφεΐνης για 10 δευτερόλεπτα. Η Νίκη επανέλαβε τρεις φορές τη διαδικασία για κάθε άτομο και χρησιμοποίησε την αργή επανάληψη του βίντεο για να μετρήσει τον αριθμό των καρδιακών παλμών. Τα δεδομένα που συνέλεξε παρουσιάζονται στον πίνακα των αποτελεσμάτων.

α) Να συμπληρώσετε τον πίνακα αποτελεσμάτων.

Συγκέντρωση Καφεΐνης (mg/ml)	Καρδιακοί παλμοί <i>Daphnia</i> (παλμοί/10 sec)			Μέση τιμή καρδιακών παλμών <i>Daphnia</i> (παλμοί/10 sec)	Μέση τιμή καρδιακών παλμών <i>Daphnia</i> (παλμοί/min)
0,001	30	28	32		
0,010	36	34	38		
0,100	40	26	40		
0,150	45	44	46		

β) Να διατυπώσετε την πιθανότερη υπόθεση της Νίκης για την έρευνά της.

γ) Ποια είναι η ομάδα ελέγχου (μάρτυρα) που θα πρέπει να χρησιμοποιήσει η Νίκη στο πείραμά της;

δ) Να προτείνετε δύο (2) λόγους που αναφέρονται στο κείμενο για να εξηγήσετε γιατί οι οργανισμοί *Daphnia* είναι κατάλληλοι για το πείραμα.

ε) Να αναφέρετε δύο (2) μεταβλητές που θα πρέπει να ελέγξει η Νίκη ώστε να έχει αξιόπιστα αποτελέσματα.

ζ) Να υπολογίσετε την % αύξηση στον ρυθμό της καρδιάς του *Daphnia* που προκάλεσε η αύξηση στη συγκέντρωση της καφεΐνης από 0,001 mg/ml σε 1 mg/ml.
Να δείξετε τους υπολογισμούς σας.

η) Να παρουσιάσετε τα αποτελέσματα σε γραφική παράσταση, με τη βοήθεια τετραγωνισμένου χαρτιού (δες επόμενη σελίδα). Ποιες τέσσερις (4) παραμέτρους θα πρέπει να έχετε υπόψη σας για τη δημιουργία μιας ορθής γραφικής παράστασης;

θ) Οι μαθητές του προγράμματος SEMEP UNESCO επανέλαβαν την ερευνητική μελέτη, χρησιμοποίησαν την ίδια *Daphnia* και διατήρησαν τις ίδιες συνθήκες και τοποθέτησαν τον οργανισμό σε μια σταγόνα αναψυκτικού και μετά στη γυάλινη αντικειμενοφόρο πλάκα. Οι μαθητές βρήκαν ότι η μέση τιμή του καρδιακού παλμού ανά 10 δευτερόλεπτα ισούται με 38.

i. Να χρησιμοποιήσετε την καμπύλη βαθμονόμησης (γραφική παράσταση) για να υπολογίσετε τη συγκέντρωση της καφεΐνης σε ένα αναψυκτικό.

.....
.....

ii. Να αναφέρετε δύο (2) περιορισμούς που θα πρέπει να αναφέρουν οι μαθητές.

Επίδραση Καφεΐνης
στους καρδιακούς παλμούς
του οργανισμού *Daphnia magna*

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ 2:
ΜΟΡΙΑΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ: ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ DNA
ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ

1. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

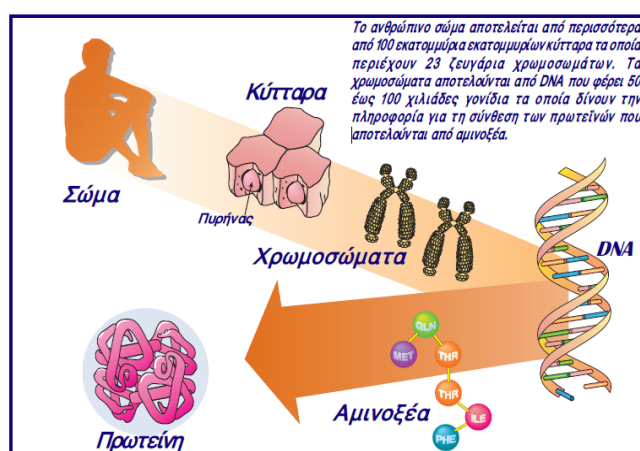
1.1. Διατύπωση Προβλήματος

Ποιος είναι ο πατέρας του Αλέξανδρου;

Η Μαρία και ο Ορέστης είναι ζευγάρι. Τους τελευταίους μήνες έχουν εμπλακεί σε μια διαμάχη για την πατρότητα του Αλέξανδρου. Συγκεκριμένα, ο Ορέστης επιμένει ότι ο Αλέξανδρος δεν είναι δικό του παιδί, ενώ η Μαρία το απορρίπτει για διάφορους λόγους που δεν θα τους αναλύσουμε. Το ζευγάρι έχει ακόμη ένα παιδί, τον Γρηγόρη. Να διερευνήσετε και να ταυτοποιήσετε, με μεγάλη βεβαιότητα (99,99%), την πατρότητα του Αλέξανδρου.

1.2. Αναστοχαστικά ερωτήματα

- 1.2.1. Με ποιον τρόπο θεωρείτε ότι θα μπορούσε κάποιος να πιστοποιήσει, με βεβαιότητα σχεδόν 99,99% την πατρότητα ενός παιδιού; Σε ποια θεωρητική αρχή στηρίζετε την απάντησή σας;
- 1.2.2. Τι βιολογικό υλικό θεωρείτε ότι απαιτείται για να πιστοποιηθεί με βεβαιότητα σχεδόν 99,99% η πατρότητα του Αλέξανδρου;
- 1.2.3. Ποια στοιχεία του βιολογικού υλικού των εμπλεκόμενων ατόμων της συγκεκριμένης διαμάχης θεωρείτε ότι θα πρέπει να μελετηθούν και γιατί;
- 1.2.4. Πώς θα αναλυθούν τα δεδομένα της συγκεκριμένης διαδικασίας που προτείνετε και πώς θα προκύψει η τελική απόφαση για το πρόβλημα που απασχολεί τη Μαρία και τον Ορέστη;
- 1.2.5. Ποιες βασικές θεωρητικές αρχές και έννοιες θεωρείτε ότι θα πρέπει να γνωρίζετε πριν προχωρήσετε στη μεθοδολογία της διαδικασίας που προτείνετε για πιστοποίηση της πατρότητας του Αλέξανδρου;



2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ – ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

(Οι Δείκτες αυτοί αφορούν τη συνιστώσα Πρακτικές και Επιστημονικές Δεξιότητες της Ενότητας 3: ΜΟΡΙΑΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΓΟΝΙΔΙΟΥ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ)

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ	ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ
B.3.1. Οι μαθητές να είναι σε θέση να εξηγούν τη θεωρητική αρχή της μεθόδου αποτυπωμάτων DNA (DNA fingerprinting), σε σχέση με τον έλεγχο της πατρότητας ενός ατόμου.	B.3.1α. Μέθοδος πιστοποίησης ενός ατόμου, ούτως ώστε να υπάρχει βεβαιότητα πιστοποίησης 99,99%. B.3.1β. Είδος βιολογικού υλικού που χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση της πατρότητας ενός ατόμου, με βεβαιότητα πιστοποίησης 99,99%. B.3.1γ. Τι είναι γενετικοί πολυμορφικοί δείκτες STRs και τι το γενετικό αποτύπωμα; B.3.1δ. Σημαντικότητα των γενετικών πολυμορφικών δεικτών STRs για την ανάλυση γενετικού αποτυπώματος. B.3.1ε. Στάδια που αφορούν τη μέθοδο αποτυπωμάτων DNA (DNA fingerprinting), την οποία ακολουθούν οι βιολόγοι για να δημιουργήσουν ένα γενετικό αποτύπωμα (ή γενετικό προφίλ).
B.3.2. Οι μαθητές να είναι σε θέση να διατυπώνουν και αναλύουν ηθικά προβλήματα που προκύπτουν από τη δημιουργία γενετικών αποτυπωμάτων στους ανθρώπους.	B.3.2α. Ηθικά προβλήματα που προκύπτουν από τη δημιουργία γενετικών αποτυπωμάτων στους ανθρώπους.
B.3.3. Οι μαθητές να μπορούν να σχεδιάζουν, να εκτελούν και να ερμηνεύουν έγκυρα πειράματα που αφορούν την απομόνωση DNA από ανθρώπινα κύτταρα.	B.3.3α. Σχεδιασμός και εκτέλεση έγκυρων πειραμάτων που αφορούν την απομόνωση DNA από ανθρώπινα κύτταρα για τον έλεγχο της πατρότητας ενός ατόμου. B.3.3β. Διατύπωση παρατηρήσεων, εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων που αφορούν πειράματα απομόνωσης DNA από ανθρώπινα κύτταρα για τον έλεγχο της πατρότητας ενός ατόμου. B.3.3γ. Διατύπωση παρατηρήσεων, εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων που αφορούν γενετικά αποτυπώματα (προφίλ) πυρηνικού και μιτοχονδριακού DNA, με βάση τη μέθοδο αποτυπωμάτων DNA (DNA fingerprinting) για τον έλεγχο της πατρότητας ενός ατόμου. B.3.3δ. Χρήση της κατάλληλης επιστημονικής ορολογίας για την καταγραφή και τη διάχυση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων όσον αφορά τη μέθοδο αποτυπωμάτων DNA (DNA fingerprinting) και τη δημιουργία γενετικών αποτυπωμάτων για τον έλεγχο της πατρότητας ενός ατόμου. B.3.3ε. Μεταφορά γνώσεων και δεξιοτήτων που αφορούν τη μέθοδο αποτυπωμάτων DNA (DNA fingerprinting) και τη δημιουργία γενετικών αποτυπωμάτων για την πατρότητα ενός ατόμου σε διαφορετικές περιπτώσεις που αφορούν την καθημερινή ζωή.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

3.1. Προϋπάρχουσα Γνώση και Εμβάθυνση στο Θεωρητικό Πλαίσιο

Το ανθρώπινο πυρηνικό γονιδίωμα αποτελείται από σαράντα έξι (46) χρωματοσώματα: είκοσι τρία (23) από τη μητέρα μας, είκοσι τρία (23) από τον πατέρα μας. Έχουμε, λοιπόν, κάθε είδος χρωματοσώματός μας δύο (2) φορές (εκτός από την περίπτωση των ανδρικών φυλετικών χρωματοσωμάτων). Επομένως, διαθέτουμε τουλάχιστον δύο (2) αντίγραφα κάθε γονιδίου. Το κύριο συστατικό των χρωματοσωμάτων είναι το δεσοξυριβοζουκλεϊνικό οξύ (DNA). Ωστόσο, ενώ μόνο το 1% περίπου από τα τρία (3) δισεκατομμύρια ζεύγη βάσεων του γονιδιώματός μας κωδικοποιεί για την παραγωγή πρωτεϊνών, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προγράμματος ENCODE, 20-80% του γονιδιώματός μας ενδέχεται να είναι αλληλουχίες με ρυθμιστική λειτουργία. Παράλληλα ένα 30% περίπου του γονιδιώματος αποτελείται από επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες που οργανώνονται σε ομάδες. Αν συγκρίνουμε τα DNA δύο (2) ανθρώπων, στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι ίδια, με τη μεταβλητότητα να εντοπίζεται σε μεγάλο βαθμό σε αυτές τις επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες. Διαφορετικοί άνθρωποι μπορεί να έχουν διαφορετικό αριθμό επαναλήψεων όσον αφορά αυτές τις αλληλουχίες. Για παράδειγμα, ένα άτομο μπορεί να έχει πέντε (5) επαναλήψεις σε έναν συγκεκριμένο γενετικό τόπο (θέση στο DNA) ενώ ένα άλλο άτομο μπορεί να έχει επτά (7). Χρησιμοποιώντας δείγματα, π.χ. από το σάλιο, το αίμα ή το σπέρμα, μπορούμε να αναλύσουμε τις επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες σε διάφορους τόπους (θέσεις) DNA. Αυτή η ανάλυση ονομάζεται ανάλυση **γενετικού αποτυπώματος**. Όπως τα δακτυλικά αποτυπώματα, έτσι και τα γενετικά αποτυπώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάκριση/ταυτοποίηση ατόμων.

Συγκεκριμένα, το **γενετικό αποτύπωμα** είναι η μοναδική γενετική ταυτότητα κάθε ατόμου, η οποία αποτελείται από δεκαέξι (16) τουλάχιστον τμήματα του γενετικού υλικού που δεν κωδικοποιούν πρωτεΐνες, και τα οποία καλούνται γενετικοί δείκτες. Κάθε γενετικός δείκτης εμφανίζει μεγάλη ποικιλομορφία στον ανθρώπινο πληθυσμό, και το σύνολο της πληροφορίας που προκύπτει από την ανάλυση δεκαέξι (16) γενετικών δεικτών προσδίδει τη μοναδικότητα στο γενετικό αποτύπωμα κάθε ατόμου. Επομένως, η ανάλυση γενετικών αποτυπώματων εστιάζεται στην ανάλυση γενετικών δεικτών, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως **γενετικοί πολυμορφικοί δείκτες**. Η ανάλυση αυτή ονομάζεται **Μέθοδος Αποτυπωμάτων DNA (DNA fingerprinting)**.

Η πρώτη μέθοδος γενετικών αποτυπώματων επινοήθηκε το 1984 από τον Alec Jeffreys, ο οποίος χρησιμοποίησε επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες DNA που είναι γνωστές ως μεταβλητός αριθμός διαδοχικών επαναλήψεων (VNTRs); όπως για παράδειγμα, η αλληλουχία D1S80, (AGGACCACCAGGAAGG). Αυτές οι αλληλουχίες, 10-100 ζεύγη βάσεων (bp) ανά επανάληψη, μπορούν να διαπιστωθούν με τη χρήση ενζύμων περιορισμού, τα οποία λειτουργούν σαν μοριακά ψαλίδια που κόβουν το DNA σε προκαθορισμένες αλληλουχίες (αλληλουχίες αναγνώρισης).

Σήμερα, η τεχνική η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για γενετικά αποτυπώματα στηρίζεται στην **αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR)**. Η PCR εφευρέθηκε το 1983 από τον Kary Mullis, ο οποίος για αυτή την εφεύρεσή του τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ στη Χημεία. Αυτή η εφεύρεση, μαζί με την ανακάλυψη στα τέλη της δεκαετίας του 1980 των **σύντομων διαδοχικών επαναλήψεων STRs** (short tandem repeats - 2-9 ζεύγη βάσεων (bp) επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες), άνοιξαν τον δρόμο για την υψηλής ταχύτητας τεχνολογία γενετικής αποτύπωσης που χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως.

Συγκεκριμένα, η γενετική αποτύπωση που βασίζεται στην PCR εφαρμόζεται ευρέως στις ιατροδικαστικές έρευνες για τον **έλεγχο πατρότητας**, τη διάγνωση πολλών γενετικών ασθενειών (π.χ. νόσος του Huntington,

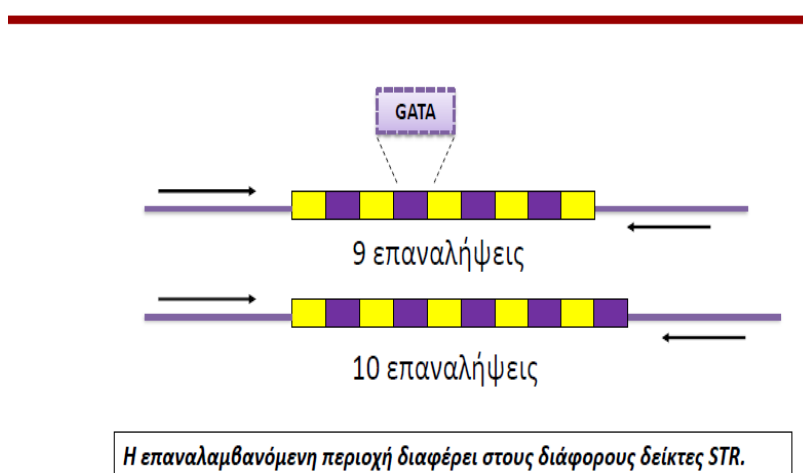
Κυστική Ίνωση), τον εντοπισμό θυμάτων καταστροφών, την εξακρίβωση γενεαλογικών δένδρων, τον εντοπισμό αγνοουμένων, τη διερεύνηση ιστορικών προσωπικοτήτων (π.χ. για τον τελευταίο τσάρο της Ρωσίας και της οικογένειάς του), κ.λπ.

Για παράδειγμα, στις ιατροδικαστικές έρευνες η γενετική αποτύπωση που βασίζεται στο PCR επιτρέπει στην αστυνομία να αποκλείσει ή να ταυτοποιήσει υπόπτους στη βάση γενετικού υλικού, όπως από θύλακες τριχών, δέρμα, σπέρμα, σάλιο ή αίμα. Δυνατή είναι, επίσης, και η απομόνωση γενετικού υλικού και από οποιοδήποτε υπόβαθρο (τσίχλα, αποτσιγάρο, ποτήρι, οδοντόβουρτσα, ύφασμα, κ.τ.λ.). Όμως, ένα και μόνο γενετικό αποτύπωμα δεν είναι επαρκές αποδεικτικό στοιχείο για την καταδίκη κάποιου ατόμου, καθώς στενοί συγγενείς μπορεί να έχουν πολύ παρόμοια αποτυπώματα (και τα μονοζυγωτικά δίδυμα έχουν ακριβώς τα ίδια). Γι' αυτό, υπάρχει ευρωπαϊκή σύσταση για την ανάλυση **16 γενετικών πολυμορφικών δεικτών STRs**. Βέβαια, κάθε χώρα μπορεί να αποφασίσει ποιους γενετικούς πολυμορφικούς δείκτες STRs προτιμά να αναλύσει. Αυτό, όμως, το γεγονός καθιστά δύσκολες τις συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών χωρών.

Στην εξέταση της πατρότητας, απομονώνεται γενετικό υλικό από καθένα από τα τρία άτομα (πατέρας, μητέρα (αν είναι εφικτό), παιδί) και αναλύονται μία σειρά από γενετικοί πολυμορφικοί δείκτες. Η ύπαρξη κοινών γενετικών πολυμορφικών δεικτών μεταξύ πατέρα και παιδιού είναι συνήθως ικανή να πιστοποιήσει μία υπόθεση πατρότητας και μάλιστα σε πολύ υψηλό ποσοστό (99,99%). Αντιθέτως, η απουσία κοινών γενετικών δεικτών οδηγεί στον αποκλεισμό της πατρότητας σε ποσοστό 100%.

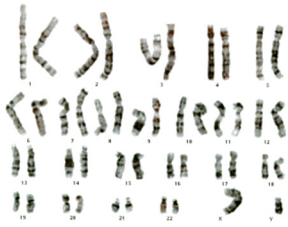
Σε περιπτώσεις που ζητείται να εξακριβωθεί κάποια άλλου είδους συγγένεια μεταξύ ατόμων, η αρχή που ακολουθείται είναι η ίδια, εντούτοις ανάλογα με την περίπτωση αναλύεται το γενετικό υλικό των πλησιέστερων εν ζωή συγγενών (π.χ. στην περίπτωση αναζήτησης αγνοουμένων).

ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ STRs (Short Tandem Repeats)

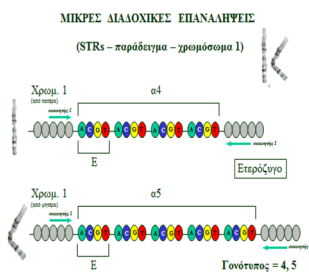


3.2. Μέθοδος Αποτυπωμάτων DNA (DNA fingerprinting)

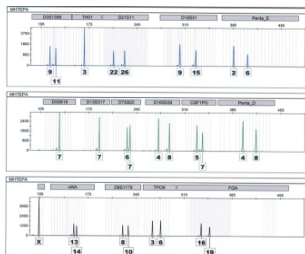
Στον πιο κάτω πίνακα δίνονται βασικές πληροφορίες για τη μέθοδο αποτυπωμάτων DNA (DNA fingerprinting) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο πατρότητας. Να διαβάσετε τις πληροφορίες αυτές και να απαντήσετε στα ερωτήματα που ακολουθούν.



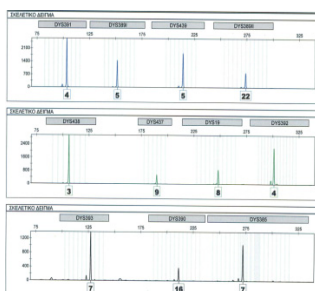
Αρχικά, οι άμεσα ενδιαφερόμενοι για την εξέταση και τα αποτελέσματά της ενημερώνονται αναλυτικά για την όλη διαδικασία και συνυπογράφουν τα σχετικά έντυπα. Στη συνέχεια, γίνεται αιμοληψία (ή χρήση άλλου βιολογικού υλικού π.χ. σάλιου) και **απομονώνεται το γενετικό υλικό**. Για τον σκοπό αυτό τα βιολογικά δείγματα εκτίθενται σε διάφορα διαλύματα και **σταδιακά εκχυλίζεται και απομονώνεται το γενετικό υλικό (πυρηνικό ή/και μιτοχονδριακό DNA)** κάθε ατόμου, ξεχωριστά από τα υπόλοιπα συστατικά των κυττάρων (RNA, πρωτεΐνες



Ακολουθεί η τεχνική της αλυσιδωτής αντίδρασης πλυμεράσης (PCR) που εστιάζει στην ανάλυση γενετικών πολυμορφικών δεικτών. Κατά την PCR **πολύ μικρή ποσότητα του γενετικού υλικού (pg/μl)** υποβάλλεται σε ειδική διαδικασία κατά την οποία, με ειδικό εξοπλισμό και ειδικά αντιδραστήρια, **επιλέγονται και πολλαπλασιάζονται (σε εκατομμύρια αντίγραφα)**, για κάθε δείγμα γενετικού υλικού που εξετάζεται, **συγκεκριμένες χρωματοσωματικές θέσεις (χρωματοσωματικοί τόποι)**.



Στη συνέχεια **διαχωρίζονται τα προϊόντα της PCR**, με βάση το μέγεθός τους, **σε μικροστήλες γενετικού αναλυτή**. Αυτός ο διαχωρισμός γίνεται με μια εξειδικευμένη διαδικασία που ονομάζεται **ηλεκτροφόρηση**. Ακολούθως **τα αποτελέσματα της ηλεκτροφόρησης**, για κάθε βιολογικό δείγμα, **αναλύονται με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού** σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Οι πληροφορίες που θα προκύψουν από την επεξεργασία αυτή, αποτυπώνονται με τη μορφή ειδικής γραφικής παράστασης (ηλεκτροφερόγραμμα). Αυτή η γραφική παράσταση απεικονίζει το **γενετικό αποτύπωμα (προφίλ) του ατόμου** από το οποίο προέρχεται κάθε βιολογικό δείγμα. Στη συνέχεια, **συγκρίνονται τα γενετικά προφίλ των συγγενών με τα γενετικά αποτυπώματα (προφίλ) για να διαπιστωθεί αν συσχετίζονται γενετικά**.

3.3. Βιο-ηθικά ζητήματα και δημιουργία γενετικών αποτυπωμάτων

3.3.1. Αναστοχαστικό ερώτημα

Προκύπτουν βιοηθικά ζητήματα από τη δημιουργία γενετικών αποτυπωμάτων στον άνθρωπο;

Η ευκολία με την οποία μπορεί να εξασφαλιστεί γενετικό υλικό (θύλακες τριχών, δέρμα, σπέρμα, σάλιο ή αίμα) εν αγνοία του προσώπου στο οποίο αναφέρονται τα δεδομένα, και με την οποία, στη συνέχεια, μπορούν να ληφθούν πληροφορίες από το εν λόγω υλικό, απαιτεί τη θέσπιση αυστηρών νομικών ρυθμίσεων ώστε να αποσοβηθούν οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν σε νέες μορφές «κλοπής ταυτότητας». Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί να είναι ιδιαίτερα σοβαροί αφού μπορεί να θίγεται η πατρότητα και η μητρότητα ενός ατόμου ή να δημιουργείται η δυνατότητα χρήσης του υλικού για σκοπούς κλωνοποίησης, κλπ. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο, κατά τη νομική ρύθμιση των γενετικών δεδομένων θα πρέπει οπωσδήποτε να ληφθεί υπόψη το νομικό καθεστώς των δειγμάτων DNA που χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση των ζητούμενων πληροφοριών. Για παράδειγμα, μεταξύ των ζητημάτων που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην άσκηση ενός ευρέος φάσματος δικαιωμάτων των προσώπων στα οποία αναφέρονται τα δεδομένα κατά τη διαχείριση τέτοιων δειγμάτων, καθώς και στην καταστροφή ή/και ανωνυμοποίηση των δειγμάτων μετά την εξασφάλιση των απαιτούμενων πληροφοριών.

Τέλος, θα πρέπει να εφαρμοστούν διαδικασίες για να εξασφαλιστεί ότι τα γενετικά δεδομένα υφίστανται επεξεργασία υπό την εποπτεία ειδικευμένων επαγγελματιών οι οποίοι έχουν δικαίωμα να προβούν σε τέτοια επεξεργασία βάσει συγκεκριμένων αδειών και κανόνων.

Πριν γίνει οποιαδήποτε ανάλυση γενετικού αποτυπώματος, το κάθε εμπλεκόμενο πρόσωπο θα πρέπει να ενημερώνεται δεόντως σχετικά με την αναγκαιότητα διενέργειας τέτοιας ανάλυσης και να δίνει ρητά τη συγκατάθεσή του για τον σκοπό αυτό, και για την επεξεργασία των γενετικών του δεδομένων. Η συνειδητή συγκατάθεση έχει κρίσιμη σημασία στον τομέα των γενετικών αναλύσεων, επειδή οι πληροφορίες που λαμβάνουν τα άτομα για τον ίδιο τον εαυτό τους μπορούν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις για την ίδια τους τη ζωή και την οικογένειά τους. Ελεύθερη συγκατάθεση σημαίνει ότι ένα άτομο δεν εξαναγκάζεται να υποβληθεί σε γενετικές δοκιμασίες, όταν κάτι τέτοιο δεν αποτελεί ρητή του επιθυμία.

Στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στα οποία η νομοθεσία δεν προβλέπει ακόμη τους σκοπούς και τις δέουσες εγγυήσεις για την επεξεργασία των γενετικών δεδομένων, οι αρχές προστασίας δεδομένων (ΑΠΔ) ενθαρρύνονται να διαδραματίσουν ακόμη πιο ενεργό ρόλο με σκοπό να εξασφαλίσουν την απόλυτη τήρηση της αρχής του τελικού σκοπού και της αρχής της αναλογικότητας.



3.4. Αξιοποίηση εικονικών εργαστηρίων για μελέτη των διαφόρων σταδίων για τη δημιουργία γενετικών αποτυπωμάτων

Να αξιοποιήσετε τους πιο κάτω συνδέσμους εικονικών εργαστηρίων για να μελετήσετε όλα τα στάδια για τη δημιουργία γενετικών αποτυπωμάτων και να απαντήσετε το σχετικό ερώτημα 4 στο Φύλλο Εργασίας σας.

<http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/extraction/>

<http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/pcr/>

<http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/gel/>

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΤΙΚΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΩΝ

4.1. Αναστοχαστικά ερωτήματα

4.1.1. Ποιο είναι το ερευνητικό ερώτημα της διερεύνησής σας;

.....

4.1.2. Ποια η υπόθεσή σας όσον αφορά το ερευνητικό σας ερώτημα;

.....

4.1.3. Τι βιολογικό υλικό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση της πατρότητας του Αλέξανδρου;

.....

4.1.4. Ποια στοιχεία του γενετικού υλικού των εμπλεκόμενων ατόμων της συγκεκριμένης διαμάχης θα πρέπει να μελετηθούν και γιατί;

.....

4.1.5. Με ποιον τρόπο θα μελετηθούν τα συγκεκριμένα στοιχεία του γενετικού υλικού των εμπλεκόμενων ατόμων της διαμάχης;

.....

4.1.6. Πώς θα αναλυθούν τα δεδομένα που θα συλλέξετε και πώς θα προκύψει η τελική απόφαση για την πατρότητα του Αλέξανδρου;

.....

5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

5.1. Εισαγωγή

Η εργαστηριακή άσκηση περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Πείραμα για απομόνωση DNA από το σάλιο
- Μελέτη έτοιμων γενετικών αποτυπωμάτων (προφίλ) του Ορέστη, της Μαρίας του Αλέξανδρου και του Γρηγόρη και συλλογή δεδομένων
- Ανάλυση δεδομένων και λύση προβλήματος

Σημείωση: Η απομόνωση DNA από το σάλιο, θα πραγματοποιηθεί με απλά προσβάσιμα υλικά τα οποία οι μαθητές μπορούν να βρουν στην κουζίνα του σπιτιού τους.

5.2. Ασφάλεια και Υγεία

- Να χρησιμοποιήσετε χειρουργικά γάντια μιας χρήσης για την πειραματική διαδικασία.
- Μετά το ξέπλυμα της στοματικής κοιλότητάς σας με στοματικό ιστονικό διάλυμα, να το απορρίψετε με προσοχή στο πλαστικό δοχείο, για να αποφευχθεί η μετάδοση μικροβίων.
- Να ακολουθήσετε όλες τις ορθές εργαστηριακές πρακτικές υγιεινής.

5.3. Πείραμα για απομόνωση DNA από το σάλιο

5.3.1. Όργανα και υλικά

- Δύο (2) μικρά πλαστικά ποτήρια
- 10 ml ιστονικό διάλυμα
- 5 ml υγρό πιάτων
- 5 ml παγωμένη αιθανόλη (τοποθετημένη σε πάγο)
- Ένα (1) κουτί σκόνη μαλακτικού κρέατος (meat tenderizer)
- Δύο (2) γυάλινες πιπέττες 5 ml
- Ένα (1) φιαλίδιο Eppendorf
- Τρία (3) Πλαστικά καλαμάκια και μια (1) οδοντογλυφίδα

5.3.2. Εκτέλεση πειράματος

Βήμα 1: Ξεπλένουμε τη στοματική μας κοιλότητα με 10 ml ιστονικού διαλύματος και το απορρίπτουμε σε πλαστικό ποτήρι.

Σε τι θεωρείτε ότι χρησιμεύει η διαδικασία αυτή για την απομόνωση του DNA;

.....

Βήμα 2: Προσθέτουμε 5 ml υγρού πιάτων στο πλαστικό ποτήρι, αναδεύοντας ήπια με το καλαμάκι, προσέχοντας να μην δημιουργηθούν φυσαλίδες.

Σε τι θεωρείτε ότι χρησιμεύει η διαδικασία αυτή για την απομόνωση του DNA;

.....

Βήμα 3: Προσθέτουμε στο πλαστικό ποτήρι 5-6 σταγόνες διαλύματος μαλακτικού κρέατος (meat tenderizer) (πρωτεολυτικά ένζυμα) και αναδεύουμε ήπια με καλαμάκι (για τη δημιουργία του διαλύματος, διαλύουμε μισή κουταλιά σκόνης μαλακτικού κρέατος σε 10 ml νερό). Σε τι θεωρείτε ότι χρησιμεύει η διαδικασία αυτή για την απομόνωση του DNA;

.....

Βήμα 4: Προσθέτουμε 5 ml παγωμένη αιθανόλη και αναδεύουμε ήπια με καλαμάκι. Τι παρατηρείτε στην επιφάνεια επαφής διαλύματος με σάλιο/αιθανόλης;

.....

Βήμα 5: Με καλαμάκι ή οδοντογλυφίδα συλλέγουμε το DNA και το φυλάγουμε σε φιαλίδιο errendorf με αιθανόλη. Γιατί χρησιμοποιήσαμε αιθανόλη για το πείραμά μας;

.....

Ας θυμηθούμε...

Το υγρό σαπουνι πιάτων βοηθά ώστε να διαλυθούν τα λιπίδια των μεμβρανών και να απελευθερωθούν από τους πυρήνες τα νημάτια χρωματίνης.

Τα πρωτεολυτικά ένζυμα διασπούν τις πρωτεΐνες (ιστόνες) της χρωματίνης ώστε να απελευθερωθεί το DNA.

Η παγωμένη αλκοόλη που έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται δύο (2) φάσεις, προκαλεί αδιαλυτοποίηση και καταβύθιση του DNA.

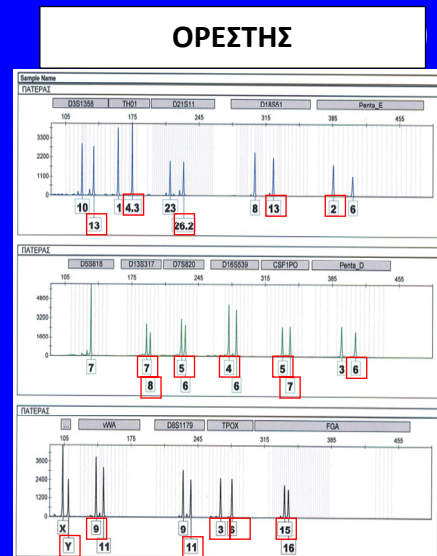
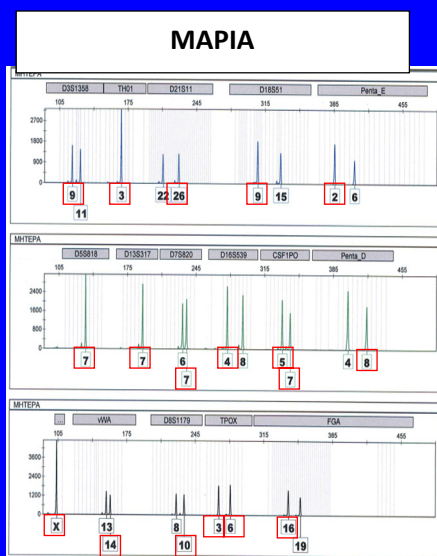
Το αλάτι βοηθά τα μόρια DNA ώστε να ενωθούν το ένα με το άλλο με αποτέλεσμα να μπορούμε να τα συλλέξουμε μετά την καταβύθισή τους στην φάση της αιθανόλης.

5.4. Μελέτη έτοιμων γενετικών αποτυπωμάτων (προφίλ)

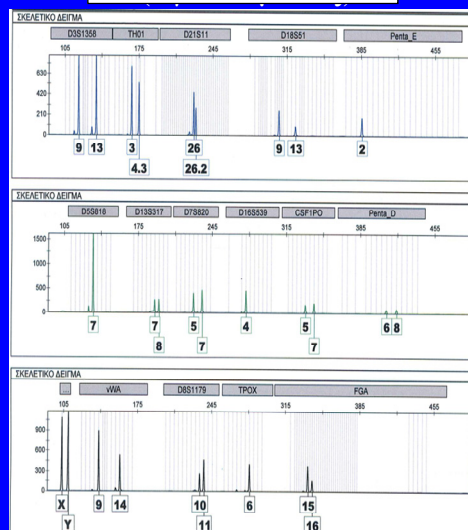
Στη Δραστηριότητα αυτή σας δίνονται έτοιμα τα γενετικά αποτυπώματα (προφίλ) του Ορέστη, της Μαρίας του Αλέξανδρου και του Γρηγόρη, όπως έχουν ετοιμασθεί από επιστήμονες βιολόγους.

Συγκεκριμένα, στο καθένα βιολογικό δείγμα κάθε ατόμου αναλύθηκαν συγκεκριμένες θέσεις που βρίσκονται σε διάφορα χρωμοσώματα. Οι αριθμοί δείχνουν, ανά χρωμοσωματική θέση, συγκεκριμένα γονίδια που διαθέτουν τα τέσσερα άτομα. Με κόκκινα τετράγωνα σημειώνονται τα γονίδια του Ορέστη, της Μαρίας, και του Γρηγόρη, τα οποία εμφανίζονται και στο δείγμα που προέρχεται από τον Αλέξανδρο.

ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΑ (ΠΡΟΦΙΛ) ΑΠΟ ΑΥΤΟΣΩΜΑΤΙΚΟ ΠΥΡΗΝΙΚΟ DNA



ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
(Παιδί του Ορέστη;)

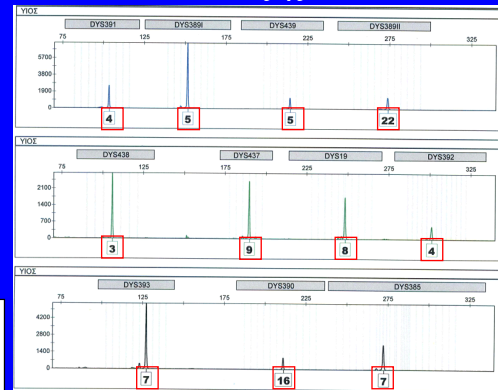
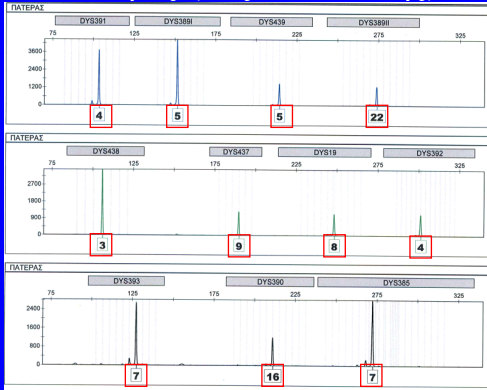


ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΑ
ΠΡΟΦΙΛ 1

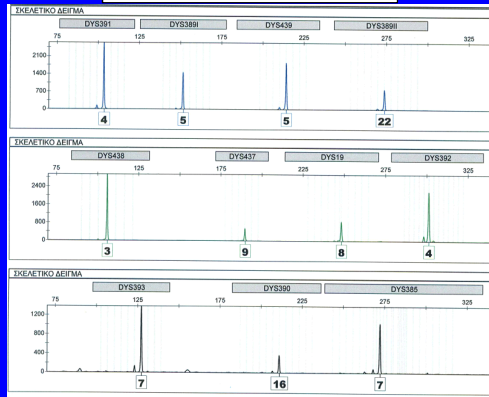
ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΑ (ΠΡΟΦΙΛ) ΑΝΔΡΙΚΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣΩΜΑΤΟΣ Y

ΟΡΕΣΤΗΣ

ΓΡΗΓΟΡΗΣ



**ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
(παιδί του Ορέστη;)**



**ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΑ
ΠΡΟΦΙΛ 2**

5. 5. Ανάλυση δεδομένων

Να μελετήσετε και να συγκρίνετε τα δεδομένα που αποτυπώνονται στα πιο πάνω γενετικά αποτυπώματα (προφίλ) 1 και 2. Στη συνέχεια, να καταγράψετε τις παρατηρήσεις σας, όσον αφορά το είδος των γονιδίων που ανευρέθηκαν στο κάθε άτομο και να καταγράψετε τα συμπεράσματά σας για την ταυτοποίηση της πατρότητας του Αλέξανδρου.

Παρατηρήσεις:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Συμπεράσματα

Επιβεβαίωση ή Απόρριψη αρχικής υπόθεσης

5.6. Λύση προβλήματος

Με βάση τα δεδομένα που έχετε στη διάθεσή σας, ο Αλέξανδρος είναι παιδί του Ορέστη και της Μαρίας; Να τεκμηριώσετε την απάντησή σας, με βάση τα δεδομένα που έχετε στη διάθεσή σας με βάση τη διερεύνησή σας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Madden D (2006). Discovering DNA. *Science in School* 1: 34-36.
www.scienceinschool.org/2006/issue1/discoveringdna

Butler JM (2010). *Fundamentals of forensic DNA typing*. Amsterdam, Netherlands: Academic Press. | SBN: 9780123749994

John W. Pelley (2012). In, Elsevier's Integrated Review Biochemistry (Second Edition). Organization, Synthesis, and Repair of DNA

Manolis Kellis (2014). Defining functional DNA elements in the Human Genome Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 111 no. 17, 6131–6138

Καριόλου, Μ. (2015). Μέθοδος Αποτυπωμάτων DNA. Εργαστήριο Δικανικής Γενετικής Ινστιτούτου Νευρολογίας και Γενετικής Κύπρου.

http://www.clinical.bioiatriki.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=39&Itemid=41

http://ec.europa.eu/justice/policies/privacy/docs/wpdocs/2004/wp91_el.pdf

<http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/extraction/>

<http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/pcr/>

<http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/gel/>

4. Να ονομάσετε, με τη σωστή σειρά, τα τέσσερα στάδια που θα πρέπει να ακολουθήσουν οι βιολόγοι για να δημιουργήσουν το γενετικό προφίλ του Ορέστη, της Μαρίας, του Αλέξανδρου και του Γρηγόρη, σύμφωνα με το πρόβλημα της πειραματικής δραστηριότητας.

1.

2.

3.

4.

5. Πριν από μερικά χρόνια οι ειδικοί χρησιμοποιούσαν τις ομάδες αίματος για τις έρευνες πατρότητας. Η Αλεξάνδρα υποστηρίζει ότι με αυτές τις πρακτικές, οι ειδικοί δεν μπορούν να επιβεβαιώσουν την πατρότητα. Να εξηγήσετε γιατί είναι ορθός ο συλλογισμός της Αλεξάνδρας.

6. Ο Αντώνης υποστηρίζει ότι πρέπει να χρησιμοποιηθεί οπωσδήποτε και το μιτοχονδριακό γενετικό υλικό για τη δημιουργία των γενετικών αποτυπωμάτων των εμπλεκόμενων στην έρευνα πατρότητας του Αλέξανδρου. Να γράψετε κατά πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τη θέση του Αντώνη και να τεκμηριώσετε την άποψή σας.

7. Η Ισμήνη υποστηρίζει ότι η δημιουργία γενετικών αποτυπωμάτων του ανδρικού χρωματοσώματος Υ έχει προσθετική αξία στη συγκεκριμένη διερεύνηση πατρότητας. Να γράψετε κατά πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τη θέση της Ισμήνης και να τεκμηριώσετε την άποψή σας.
8. Με βάση ποια γενική θεωρητική παραδοχή μπορούν να εξηγηθούν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα γενετικά αποτυπώματα (προφίλ) αρ.1;
9. Με βάση ποια θεωρητική παραδοχή μπορούν να εξηγηθούν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα γενετικά αποτυπώματα (προφίλ) αρ.2;
10. Να εξηγήσετε πώς μπορεί να αξιοποιηθεί η μέθοδος ανάλυσης αποτυπωμάτων DNA για την εξακρίβωση ταυτότητας πτωμάτων όταν αυτά είναι παραμορφωμένα από σεισμούς, πυρκαγιές ή αεροπορικά δυστυχήματα.

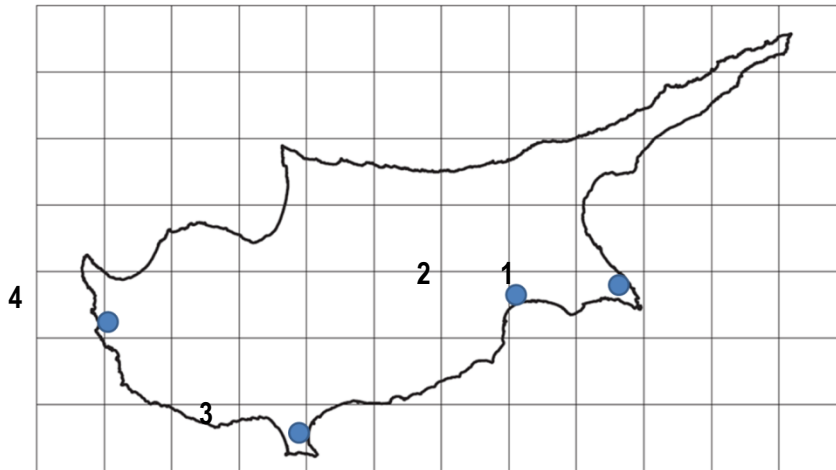
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ 3:
ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΒΙΟΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ
ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ SHANNON-WIENER (H')

1. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

1.1 Διατύπωση προβλήματος

Ποιο οικοσύστημα έχει τη μεγαλύτερη ποικιλότητα φυτών;

Σε μια ομάδα μαθητών Βιολογίας Γ' Λυκείου ανατέθηκε μια εργαστηριακή διερεύνηση για τη μελέτη τεσσάρων (4) χερσαίων παράκτιων οικοσυστημάτων της Κύπρου (Εικόνα 1) με σκοπό να προσδιορίσουν σε ποιο από τα τέσσερα οικοσυστήματα οι βιοκοινότητες των φυτών έχουν τη μεγαλύτερη ποικιλότητα. Κατά την εργασία πεδίου που πραγματοποίησε η ομάδα των μαθητών επισκέφθηκε την άνοιξη και τα τέσσερα οικοσυστήματα.



Εικόνα 1: Χάρτης της Κύπρου όπου φαίνονται τα 4 παράκτια οικοσυστήματα που μελετήθηκαν

1.2 Αναστοχαστικά ερωτήματα:

- 1.2.1 Τι είναι η βιολογική ποικιλότητα;
- 1.2.2 Πώς μπορούμε να μετρήσουμε την ποικιλότητα στις βιοκοινότητες;
- 1.2.3 Ποια ποσοτικά μεγέθη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της ποικιλότητας;

2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ – ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

(Οι Δείκτες αυτοί αφορούν τη συνιστώσα Πρακτικές και Επιστημονικές Δεξιότητες της Ενότητας 7: ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ)

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ	ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ
B 1.1 Οι μαθητές να κατανοούν και να εξηγούν τι ορίζεται ως βιολογική ποικιλότητα και σε ποια επίπεδα διακρίνεται.	B 1.1α Γενετική ποικιλότητα και η σημασία της. B 1.1β Ποικιλότητα ειδών και η σημασία της. B 1.1γ Ποικιλότητα βιοκοινοτήτων και η σημασία της.
B 1.2 Οι μαθητές να κατανοούν και να εξηγούν ότι η βιολογική ποικιλότητα απειλείται.	B 1.2α Απειλούμενα είδη B 1.2β Κόκκινα βιβλία B 1.2γ Κόκκινοι κατάλογοι ειδών.
B 1.3 Οι μαθητές να διατυπώνουν τεκμηριωμένες υποθέσεις σχετικά με ένα συγκεκριμένο πρόβλημα που σχετίζεται με τη βιοποικιλότητα.	B 1.3α Τεκμηριωμένες υποθέσεις για την ποικιλότητα διαφορετικών βιοκοινοτήτων.
B 1.4 Οι μαθητές να σχεδιάζουν κατάλληλα προγράμματα δειγματοληψίας για τη μέτρηση ποσοτικών μεγεθών ποικιλότητας.	B 1.4α Πλούτος ειδών B 1.4β Αφθονία ειδών B 1.4γ Σχετική αφθονία ειδών B 1.4δ Δείκτης ποικιλότητας – H' B 1.4ε Δείκτης ισοκατανομής – J.
B 1.5 Οι μαθητές να διαχειρίζονται ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τη βιοποικιλότητα βιοκοινοτήτων, να εξαγάγουν αποτελέσματα και να ερμηνεύουν τα αποτελεσμάτων για εξαγωγή συμπερασμάτων.	B 1.5α Πλούτος ειδών (αριθμός ειδών) σε μια βιοκοινότητα. B 1.5β Αφθονία ειδών σε μια βιοκοινότητα. B 1.5γ Σχετική αφθονία ειδών σε μια βιοκοινότητα. B 1.5δ Ποικιλότητα ειδών (δείκτης ποικιλότητας Sannon-Wiener – H') σε μια βιοκοινότητα B 1.5ε Παράγοντες που εξαρτάται η ποικιλότητα ειδών. B 1.5στ Δείκτης ισομερούς Κατανομής Ειδών – J σε μια βιοκοινότητα B 1.5ζ Αποτύπωση αποτελεσμάτων μετρήσεων, από μια πειραματική διερεύνηση της ποικιλότητας ή της σχετικής αφθονίας ειδών σε μια βιοκοινότητα, με τη μορφή γραφικής παράστασης, καθώς και να ερμηνεύετε ανάλογες γραφικές παραστάσεις. B 1.5η Ερμηνεία σχέσης μεταξύ δείκτη ποικιλότητας (H') και δείκτη ισοκατανομής (J) για διαφορετικές βιοκοινοτήτες.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

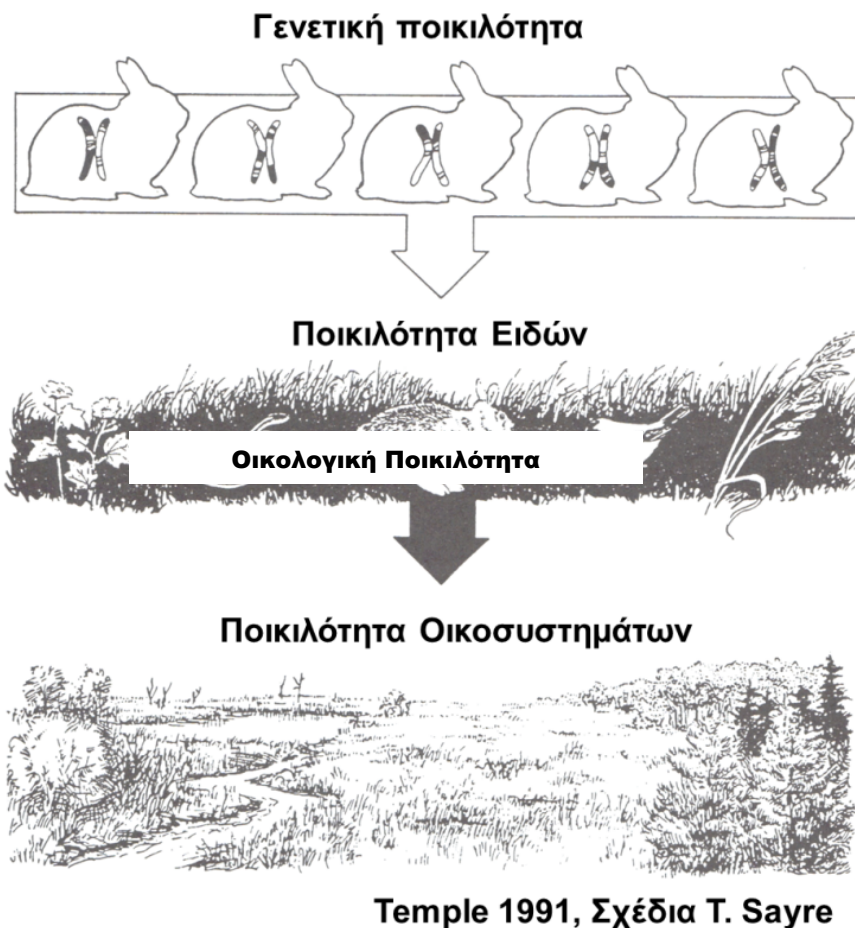
3.1 Προϋπάρχουσα Γνώση και Εμβάθυνση στο Θεωρητικό Πλαίσιο

Ο όρος «ποικιλότητα» αναφέρεται στις διαφορετικές μορφές με τις οποίες εκδηλώνεται η ζωή από το επίπεδο των οργανισμών μέχρι και εκείνο των οικοσυστημάτων. Τα οικοσυστήματα με μεγαλύτερη ποικιλότητα παρουσιάζουν και μεγαλύτερη ποικιλία σχέσεων μεταξύ των βιοτικών παραγόντων τους. Έτσι, όποτε μια μεταβολή διαταράσσει την κατάστασή τους, υπάρχουν αρκετοί διαθέσιμοι μηχανισμοί που μπορούν να επαναφέρουν τις σχέσεις στην πρότερη κατάσταση. Αν, για παράδειγμα, σε ένα οικοσύστημα είναι περιορισμένος ο αριθμός των ειδών που ζουν σ' αυτό, συνήθως περιορίζεται και το πλήθος των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Έτσι κάθε διαταραχή του οικοσυστήματος που θα προκαλούσε την εξαφάνιση ενός είδους θα απειλούσε άμεσα και την εξαφάνιση του είδους που εξαρτάται τροφικά από αυτό. Αν αντίθετα υπάρχει μεγάλη ποικιλία οργανισμών, οι εναλλακτικές λύσεις στη διατροφή τους είναι περισσότερες και επομένως η εξαφάνιση ή η μείωση του πληθυσμού ενός είδους δεν απειλεί άμεσα τα είδη που τρέφονται από αυτό. Για τον λόγο αυτό τα φυσικά οικοσυστήματα (δάση, λίμνες κτλ.), που συνήθως έχουν μεγαλύτερη ποικιλότητα από τα τεχνητά (καλλιεργούμενοι αγροί, τεχνητές λίμνες κτλ.), είναι και περισσότερο σταθερά στον οικολογικό χρόνο.

Ο όρος «βιοποικιλότητα» αποδίδεται στην ποικιλία του φαινομένου της ζωής σε κάθε επίπεδο οργάνωσής της, από τα γονίδια, τα χρωμοσώματα και τους οργανισμούς ως τα είδη, τις βιοκοινότητες και τα οικοσυστήματα. Δυστυχώς όμως η διαχείριση της βιόσφαιρας από τον άνθρωπο έχει οδηγήσει στη μείωση της βιοποικιλότητας. Κύριο αίτιο της εξαφάνισης των ειδών είναι η καταστροφή ή η αλλοίωση των περιοχών στις οποίες αυτά μπορούν να επιβιώσουν. Μεταξύ των βιότοπων που έχουν υποστεί αλλοίωση ή καταστροφή περιλαμβάνονται οι υγρότοποι και τα τροπικά δάση.

3.2 Βιοποικιλότητα ή βιολογική ποικιλότητα

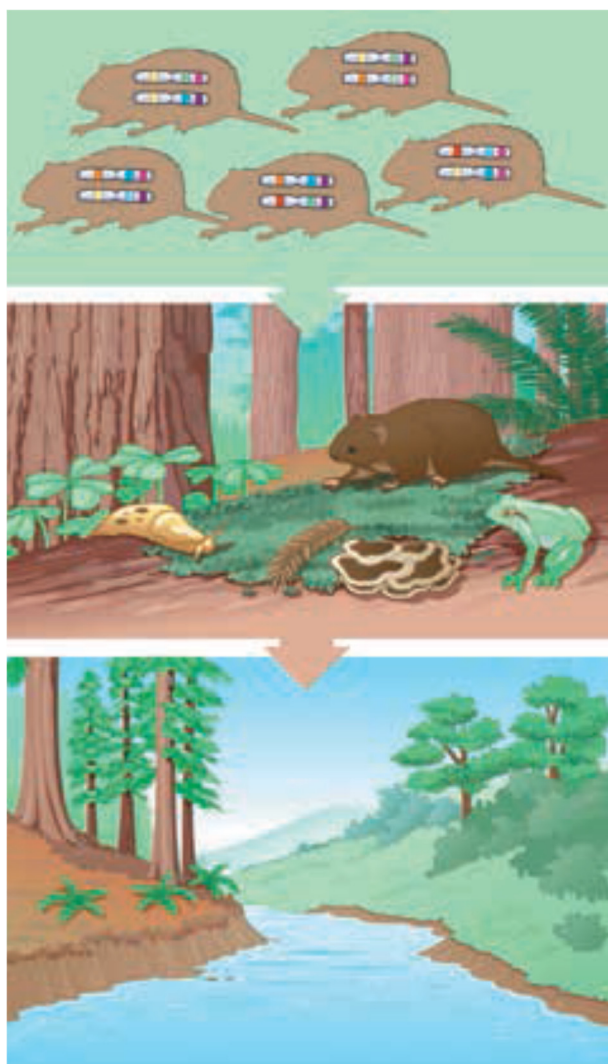
Βιοποικιλότητα ή βιολογική ποικιλότητα ορίζεται ως η ποικιλότητα ανάμεσα στους ζωντανούς οργανισμούς από όλες τις πηγές που αυτοί μπορεί να προέρχονται, συμπεριλαμβάνοντας μεταξύ άλλων χερσαία, θαλάσσια και άλλα υδάτινα οικοσυστήματα και των οικολογικών ενότητων στις οποίες είναι μέρος. Περιλαμβάνει την ποικιλότητα μέσα στο είδος, μεταξύ των ειδών και των οικοσυστημάτων, (Article 2, Use of terms, Convention on Biological Diversity, CBD, 1992). Η ποικιλότητα μέσα στο είδος ονομάζεται γενετική ποικιλότητα, η ποικιλότητα μεταξύ των ειδών ονομάζεται ποικιλότητα ειδών και η ποικιλότητα μεταξύ των βιοκοινοτήτων ονομάζεται οικολογική ποικιλότητα (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Τα τρία βασικά επίπεδα βιοποικιλότητας (Πηγή: Temple 1991, Σχέδια: T. Sayre Τροποποιημένη)

3.2.1 Γενετική Ποικιλότητα

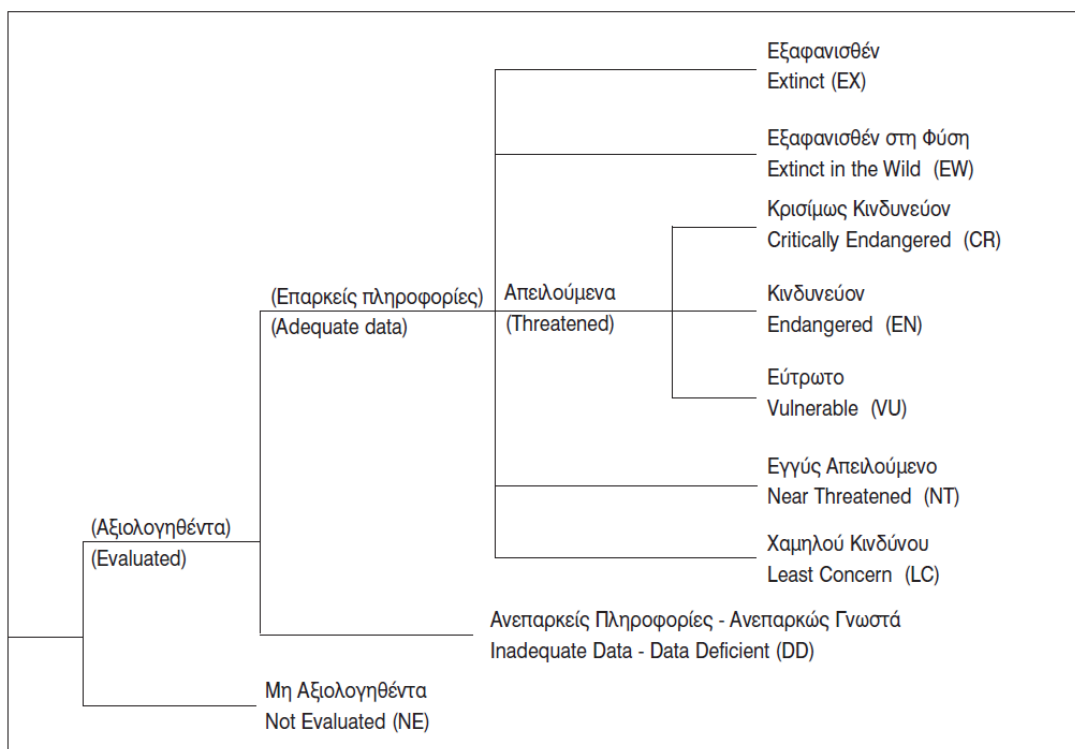
Γενετική ποικιλότητα ονομάζεται ο συνδυασμός των διαφορετικών γονιδίων που υπάρχει μέσα σε ένα πληθυσμό ενός είδους, καθώς και η ποικιλομορφία που υπάρχει σε διαφορετικούς πληθυσμούς του ίδιου είδους, η οποία συνδέεται συχνά με προσαρμογές των οργανισμών στις τοπικές συνθήκες. Η εξαφάνιση κάποιου πληθυσμού μπορεί να κοστίσει σε ένα είδος προκαλώντας διάβρωση της γενετικής ποικιλότητας, η οποία μειώνει με τη σειρά της τις προσαρμοστικές προοπτικές του. Η απώλεια γενετικής ποικιλότητας σε ολόκληρη τη βιόσφαιρα επηρεάζει επίσης την ανθρώπινη ευημερία. Αν χάσουμε άγριους πληθυσμούς φυτών που συγγενεύουν στενά με καλλιεργούμενα είδη, χάνουμε γενετικούς πόρους που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν –με κατάλληλες διασταυρώσεις– για τη βελτίωση της ποιότητας των καλλιεργειών, π.χ. προσδίδοντάς τους ανθεκτικότητα σε κάποια ασθένεια.



Εικόνα 3: Τα τρία επίπεδα βιοποικιλότητας. Τα υπερμεγέθη χρωμοσώματα στο πάνω διάγραμμα συμβολίζουν τη γενετική ποικιλότητα στο εσωτερικό του πληθυσμού (Πηγή: Campbell, Ελληνική Έκδοση).

3.2.2 Ποικιλότητα ειδών

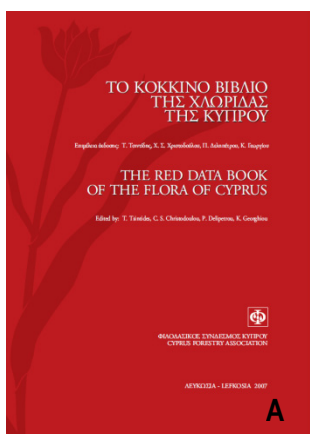
Ποικιλότητα ειδών ονομάζεται η ποικιλία των ειδών σε κάποιο βιότοπο, οικοσύστημα ή και σε ολόκληρη τη βιόσφαιρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλότητα ενός οικοσυστήματος τόσο μεγαλύτερη είναι συχνά και η σταθερότητά του. Η εξαφάνιση ειδών μπορεί να έχει και τοπικό χαρακτήρα. Λόγου χάρη, ένα είδος μπορεί να χαθεί από ένα ποτάμιο οικοσύστημα αλλά να επιβιώσει σε κάποιο γειτονικό. Η παγκόσμια εξαφάνιση ενός είδους σημαίνει ότι χάνεται από όλα τα οικοσυστήματα στα οποία ζούσε, επιφέροντας μόνιμη υποβάθμισή τους. Τα είδη τα οποία κινδυνεύουν με εξαφάνιση ονομάζονται **απειλούμενα είδη**. Σύμφωνα με τη Διεθνή Ένωση για την Προστασία της Φύσης (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN) τα απειλούμενα με εξαφάνιση είδη μπορούν να χαρακτηριστούν σε μια από τις 7 κατηγορίες κινδύνου (Εξαφανισθέν, Εξαφανισθέν στη Φύση, Κρισίμως Κινδυνεύον, Κινδυνεύον, Εύρωτο, Εγγύς (Σχεδόν) Απειλούμενο, Χαμηλού Κινδύνου) λαμβάνοντας υπόψη τον κίνδυνο εξαφάνισης ενός είδους χρησιμοποιώντας ποσοτικές παραμέτρους. Οι κατηγορίες κινδύνου εξαφάνισης των ειδών της IUCN φαίνονται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Σχηματική παράσταση των κατηγοριών κινδύνου της IUCN (IUCN, 2003).

Με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης της IUCN δημιουργούνται οι Κόκκινοι Κατάλογοι και τα Κόκκινα Βιβλία τα οποία είναι χρήσιμα εργαλεία που έχουν στη διάθεσή τους διάφοροι φορείς για την προστασία της βιοποικιλότητας. Στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται το εξώφυλλο του Κόκκινου Βιβλίου της Χλωρίδας της Κύπρου (Α) και η συνοπτική αξιολόγηση των φυτών της Κύπρου (Β).

Κατηγορία IUCN IUCN Category	Αριθμός Φυτών Number of Plants	Αθροιστικό Σύνολο Cumulative Sum	Ποσοστό (%) Percentage
Τοπικά Εξαφανισθέντα (RE/?RE) Regionally Extinct	23	23	7,0
Κρισίμως Κινδυνεύοντα (CR) Critically Endangered	46	69	14,0
Κινδυνεύοντα (EN) Endangered	64	133	19,5
Εύτρωτα (VU) Vulnerable	128	261	39,0
Ανεπαρκώς Γνωστά (DD) Data Deficient	45	306	13,7
Εγγύς Απειλούμενο (NT) Near Threatened	15	321	4,6
Χαμηλού Κινδύνου (LC) Least Concern	7	328	2,2
Σύνολο Total	328	328	100,0



Εικόνα 5: Εξώφυλλο του Κόκκινου Βιβλίου της Χλωρίδας της Κύπρου (Α) και η συνοπτική αξιολόγηση των φυτών της χλωρίδας της Κύπρου (Β).

3.2.3 Οικολογική ποικιλότητα

Οικολογική ποικιλότητα ονομάζεται η ποικιλία που εμφανίζουν οι διάφορες βιοκοινότητες στη σύνθεση και τη σχετική ποσοτική συμμετοχή των ειδών σε αυτές. Η οικολογική ποικιλότητα περιγράφει το εύρος των διαφορών μεταξύ των τύπων βιοτόπων και την ποικιλότητα των ενδιαιτημάτων και των οικολογικών διεργασιών που συμβαίνουν σε κάθε ένα τύπο οικοσυστήματος. Μερικά οικοσυστήματα έχουν ήδη υποστεί έντονα τον αντίκτυπο των ενεργειών του ανθρώπου, ο οποίος προκαλεί πολλές **διαταραχές**, ενώ άλλα υπόκεινται σε αλλαγές με γοργό ρυθμό. Διαταραχή ονομάζεται ένα συμβάν, π.χ. μια καταιγίδα, μια πυρκαγιά, μια πλημμύρα, μια περίοδος ξηρασίας, η υπερβόσκηση ή κάποια δραστηριότητα του ανθρώπου, η οποία επιφέρει αλλαγές σε μια βιοκοινότητα, απομακρύνοντας οργανισμούς από αυτήν ή η εισάγοντας ξενικά είδη (Χωροκατακτητικά Ξένα Είδη ή Εισβλητικά είδη) ή μεταβάλλοντας τη διαθεσιμότητα των πόρων. Η αντίσταση (*resistance*) ενός οικοσυστήματος είναι η ικανότητα της διατήρησης ενός οικοσυστήματος στο ίδιο στάδιο ακόμη και όταν οι διαταραχές είναι σε εξέλιξη. Η ικανότητα επανάκαμψης (*resilience*) ενός οικοσυστήματος είναι η ικανότητα επιστροφής ενός οικοσυστήματος σε στάδιο παρόμοιο με εκείνο πριν από τη διαταραχή.

Και τα τρία επίπεδα βιοποικιλότητας είναι σημαντικά για τη ζωή όπως τη γνωρίζουμε σήμερα, καθώς επίσης και για τον άνθρωπο (Purvis & Hector, 2000).

Γενετική Ποικιλότητα:

- Διατήρηση της αναπαραγωγικής βιωσιμότητας των ειδών.
- Αντοχής σε ασθένειες.
- Ικανότητα προσαρμογής σε μεταβαλλόμενες συνθήκες.
- Διατήρηση και βελτίωση των σύγχρονων κτηνοτροφικών και αγροτικών ειδών και ικανότητα να αντεπεξέρχονται σε ασθένειες (οικόσιτα ζώα).

Ποικιλότητα Ειδών:

- Παρέχει στον άνθρωπο πηγές και εναλλακτικούς πόρους για τροφή, καταφύγιο, ιατρική χρήση.

Οικολογική Ποικιλότητα σε επίπεδο οικοσυστημάτων:

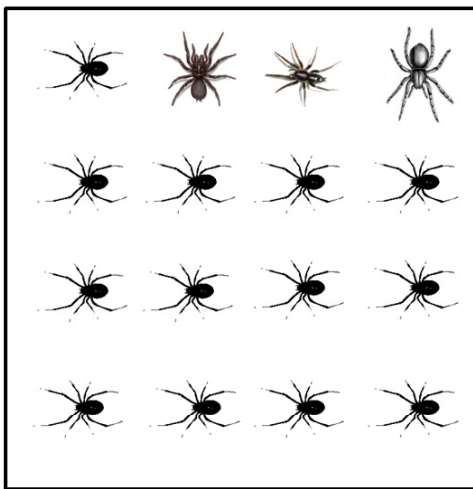
- Καλή λειτουργία των οικοσυστημάτων.
- Παροχή βασικών υπηρεσιών όπως:
 - Νερό για πόση και για γεωργική χρήση
 - Έλεγχο πλημμυρών
 - Προστασία από τη διάβρωση του εδάφους
 - Καθαρισμός νερού και αέρα (Charin et al., 1998)

3.3 Βασικά ποσοτικά μεγέθη μέτρησης της ποικιλότητας

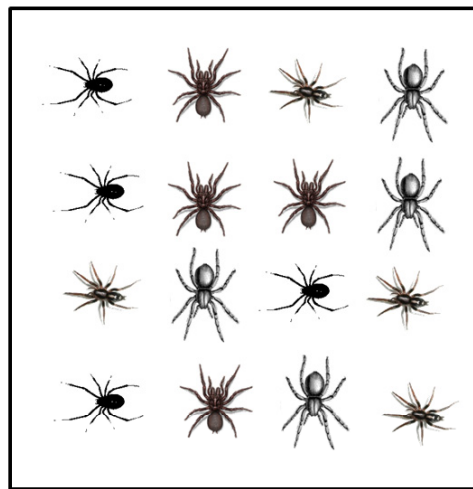
Οι βιολόγοι με ειδικότητα στην οικολογία (οικολόγοι) χρησιμοποιούν μια ποικιλία διαφορετικών ποσοτικών μεθόδων για να συγκρίνουν την ποικιλότητα σε διάφορα οικοσυστήματα. Τέτοια ποσοτικά μεγέθη μέτρησης της ποικιλότητας είναι χρήσιμα για τον καθορισμό των κατάλληλων περιοχών για τη διατήρηση, τη διάγνωση των επιπτώσεων της περιβαλλοντικής αλλαγής, τον προσδιορισμό κρίσιμων οικοτόπων για σπάνια ή απειλούμενα είδη και την παρακολούθηση της προόδου των διαφόρων μέτρων διατήρησης που εφαρμόζονται για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Τρία βασικά ποσοτικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της οικολογικής ποικιλότητας είναι: (1) Ο Πλούτος Ειδών, (2) Η Αφθονία Ειδών, και (3) Οι Δείκτες Ποικιλότητας.

Ποιο από τα Οικοσυστήματα 1 και 2 της Εικόνας 6 έχει τη μεγαλύτερη ποικιλότητα;

Οικοσύστημα 1



Οικοσύστημα 2



Latrodectus hasseldii Thorell, 1870



Atrax robustus O. Pickard-Cambridge, 1877



Herpyllus ecclesiasticus Hentz, 1832



Lycosa fatifera Hentz, 1842

Εικόνα 6: Διαφορά μεταξύ Πλούτου Ειδών, Αφθονίας Ειδών και Ποικιλότητας Ειδών

3.3.1 Αριθμός Ειδών (Πλούτος ειδών – species richness): Ονομάζεται ο αριθμός των ειδών σε μια βιοκοινότητα σε δεδομένο χώρο και χρόνο. Είναι η απλούστερη μέτρηση της ποικιλότητας αλλά δεν λαμβάνει καθόλου υπόψη τον αριθμό των ατόμων του κάθε είδους. Μια βιοκοινότητα με 30 είδη έχει μεγαλύτερη ποικιλότητα από μία με 10 είδη. Όμως, ο αριθμός των ειδών από μόνος του, λαμβάνοντας υπόψη και τη δυσκολία εντοπισμού των σπάνιων ειδών, ακόμη και σε εκτεταμένες δειγματοληψίες, δεν προσφέρει πάντοτε μια χρήσιμη εκτίμηση της βιοποικιλότητας.

3.3.2. Αριθμός Ατόμων (Αφθονία ειδών - species abundance): Ονομάζεται ο αριθμός των ατόμων κάθε είδους (αφθονία ειδών) που απαντούν σε μια βιοκοινότητα.

Συνήθως υπολογίζεται η **Σχετική Αφθονία Ειδών** δηλαδή το ποσοστό των ατόμων ενός είδους (n_i) στο σύνολο των ατόμων όλων των ειδών που υπάρχουν σε μια βιοκοινότητα (N).

$$\text{Σχετική Αφθονία Ειδών} = 100 \times (n_i / N)$$

3.3.3. Ποικιλότητα Ειδών (species diversity): Ο συνδυασμός του **Αριθμού των Ειδών** και της **Σχετικής Αφθονίας Ειδών** καθορίζει την **Ποικιλότητα των Ειδών**.

Δύο σημαντικοί παράγοντες καθορίζουν την ποικιλότητα μιας βιοκοινότητας είναι:

- (1) ο αριθμός των ειδών και
- (2) τη σχετική αφθονία των ειδών.

Ένας από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους Δείκτες Ποικιλότητας των ειδών για την μέτρηση της ποικιλότητας σε μία βιοκοινότητα είναι ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener που συμβολίζεται με το γράμμα H' .

Δείκτης Ποικιλότητας Shannon-Wiener:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\ln p_i)$$

Όπου:

p_i = η αναλογία των ατόμων του είδους i (n_i) προς το σύνολο των ατόμων του δείγματος (N).

Το p_i ονομάζεται και σχετική αφθονία του είδους.

S = ο αριθμός των ειδών στη βιοκοινότητα

Ο δείκτης ποικιλότητας (H') αυξάνει όσο αυξάνεται ο αριθμός των ειδών στη βιοκοινότητα και η σχετική αφθονία και γίνεται μέγιστος όταν όλα τα είδη έχουν ίση μεταξύ τους σχετική αφθονία.

Ο δείκτης ποικιλότητας (H') έχει δύο ιδιότητες που τον καθιστούν προσφιλή για τη μέτρηση της ποικιλότητας ειδών:

α) $H' = 0$, όταν στο δείγμα υπάρχει μόνο ένα είδος

β) Ο H' παίρνει μέγιστη τιμή (H'_{max}) μόνο όταν όλα τα είδη του δείγματος αντιπροσωπεύονται από τον ίδιο αριθμό ατόμων, όταν δηλαδή η σχετική αφθονία των ειδών είναι ίση.

Η αντικειμενικότητα του δείκτη ποικιλότητας (H') αυξάνει όσο αυξάνει το μέγεθος του δείγματος.

Η τιμή του δείκτη αυτού για τα συνήθη οικολογικά δεδομένα φθάνει μέχρι 4, ενώ θεωρητικά μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή.

Δείκτης Ισοκατανομής (J)

Η εξέταση του δείκτη ποικιλότητας Shannon-Wiener συνδυάζεται με τον **δείκτη ισοκατανομής (J) της βιοκοινότητας**. Ο δείκτης ισοκατανομής (J) (ή ομοιομορφίας) εκφράζει το πόσο όμοιος είναι ο αριθμός των ατόμων των διαφορετικών ειδών της βιοκοινότητας. Οι βιοκοινότητες θεωρείται ότι έχουν υψηλή ποικιλότητα εάν τα άτομα του κάθε είδους κατανέμονται ομοιόμορφα (δηλ. έχουν ίση σχετική αφθονία). Η ποικιλότητα ενός οικοσυστήματος αυξάνει με την ταυτόχρονη αύξηση του αριθμού των ειδών και της ισοκατανομής των ειδών. Ο δείκτης ισοκατανομής (ομοιομορφίας) κυμαίνεται μεταξύ του 0 και του 1, όπου με 1 εκφράζεται η πλήρης ομοιομορφία.

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

Όπου:

S = ο συνολικός αριθμός των ειδών σε μια βιοκοινότητα

J : παίρνει τιμές από 0 - 1

(1 = πλήρης ομοιομορφία στην κατανομή των ατόμων όλων των ειδών)

H' = Δείκτης ποικιλότητας *Shannon-Wiener*

3.4. Σχεδιασμός Δειγματοληψίας

Για τη μέτρηση των πιο πάνω ποσοτικών μεγεθών (π.χ. πλούτος, αφθονία, ποικιλότητα) θα πρέπει οι βιολόγοι με ειδικότητα στην οικολογία (οικολόγοι) να ακολουθήσουν ένα προσεκτικά σχεδιασμένο, τυποποιημένο πρόγραμμα δειγματοληψίας. Οι δειγματοληπτικές μέθοδοι περιλαμβάνουν τις χρησιμοποιούμενες συσκευές δειγματοληψίας, τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι συσκευές, τον χρόνο που γίνεται η δειγματοληψία και τον αριθμό των επιλεγόμενων βιοκοινοτήτων. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να κάνουμε δειγματοληψία με τρόπο που λαμβάνει υπόψη τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις και τις προτιμήσεις των ειδών που μελετώνται. Η τυποποίηση της δειγματοληψίας είναι απαραίτητο να παρέχει έγκυρη βάση για τα οικολογικά δεδομένα που συλλέγουμε. Μια δειγματοληψία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο αντικειμενική, αντιπροσωπευτική, έγκυρη και αξιόπιστη γίνεται.

3.4.1 Μερικές βασικές αρχές κατά τον σχεδιασμό μιας δειγματοληψίας είναι:

1. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των δειγμάτων τόσο πιο αντικειμενική είναι η δειγματοληψία.
2. Ο αριθμός των ειδών που καταγράφεται σε ένα δείγμα μιας βιοκοινότητας αυξάνεται με μεγαλύτερη προσπάθεια δειγματοληψίας.
3. Οι αριθμοί, η διάταξη (τυχαία ή συστηματική), το μέγεθος και το σχήμα των δειγματοληπτικών επιφανειών (π.χ., πλαίσια – quadrats) επηρεάζουν τόσο τον αριθμό των ειδών που καταγράφονται όσο και την εκτίμηση της σχετικής αφθονίας των ειδών.
4. Η αντικειμενικότητα της δειγματοληψίας αυξάνεται όταν συλλέγεται ίδιος αριθμός δειγμάτων από κάθε βιοκοινότητα.
5. Η αντικειμενικότητα της δειγματοληψίας αυξάνεται όταν συλλέγονται δείγματα από διαφορετικές εποχές (αν είναι δυνατόν από όλες τις εποχές).
7. Η αντικειμενικότητα της δειγματοληψίας αυξάνεται όταν εφαρμόζονται οι ίδιες δειγματοληπτικές μέθοδοι σε κάθε περιοχή μελέτης και σε κάθε βιοκοινότητα.

3.5 Ηθικά Ζητήματα

- Προσοχή στη χρήση ζωντανών οργανισμών (αποφεύγετε το κόψιμο, ποδοπάτημα και γενικά τη διαταραχή του οικοσυστήματος)
- Αποφυγή της απομάκρυνσης από το οικοσύστημα σπάνιων ή /και απειλούμενων ειδών

3.6 Παράδειγμα Υπολογισμού των Βασικών Ποσοτικών Μεγεθών μέτρησης της ποικιλότητας

3.6.1 Αριθμός Ειδών (Πλούτος ειδών – species richness):

Βιοκοινότητα 1
Αριθμός Ειδών: 4

Βιοκοινότητα 2
Αριθμός Ειδών: 4

3.6.2 Αριθμός Ατόμων (Αφθονία ειδών - species abundance):

Βιοκοινότητα 1

Αριθμός Ατόμων: 16

Σχετική Αφθονία Είδους *Latrodectus hasseldii*: $100 \times (13/16) = 81.25$

Σχετική Αφθονία Είδους *Atrax robustus*: $100 \times (1/16) = 6.25$

Σχετική Αφθονία Είδους *Herpyllus ecclesiasticus*: $100 \times (1/16) = 6.25$

Σχετική Αφθονία Είδους *Lycosa fatifera*: $100 \times (1/16) = 6.25$

Βιοκοινότητα 2

Αριθμός Ατόμων: 16

Σχετική Αφθονία Είδους *Latrodectus hasseldii*: $100 \times (4/16) = 25$

Σχετική Αφθονία Είδους *Atrax robustus*: $100 \times (4/16) = 25$

Σχετική Αφθονία Είδους *Herpyllus ecclesiasticus*: $100 \times (4/16) = 25$

Σχετική Αφθονία Είδους *Lycosa fatifera*: $100 \times (4/16) = 25$

3.6.3 Δείκτης Ποικιλότητας *Shannon-Wiener* (Shannon & Weaver, 1949):

$$H' = - \sum (p_i) (\ln p_i)$$

Οικοσύστημα 1

Είδος	Δ.Ε. 1	Δ.Ε. 2	Δ.Ε. 3	Άθροισμα Ατόμων Είδους	$p_i = n_i/N$	$\ln p_i$	$p_i \times \ln p_i$
<i>Latrodectus hasseldii</i>	13			13	0,8125	-0,2076	0,1687
<i>Atrax robustus</i>	1			1	0,0625	-2,7726	0,1733
<i>Herpyllus ecclesiasticus</i>	1			1	0,0625	-2,7726	0,1733
<i>Lycosa fatifera</i>	1			1	0,0625	-2,7726	0,1733
Σύνολο ατόμων	16				H' =		0,8619

Δείκτης Ποικιλότητας Βιοκοινότητας 1, $H'_1 = 0,8619$

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

$$J_1 = 0,8619 / 1,3864 = 0,6217$$

$$J_1 = 0,6217$$

Δείκτης Ισοκατανομής Βιοκοινότητας 1, $J_1 = 0,6217$

Βιοκοινότητα 2

Είδος	Δ.Ε. 1	Δ.Ε. 2	Δ.Ε. 3	Άθροισμα Ατόμων Είδους	$p_i (= n_i/N)$	$\ln p_i$	$p_i \times \ln p_i$
<i>Latrodectus hasseldii</i>	4			4	0,2500	-1,3863	0,3466
<i>Atrax robustus</i>	4			4	0,2500	-1,3863	0,3466
<i>Herpyllus ecclesiasticus</i>	4			4	0,2500	-1,3863	0,3466
<i>Lycosa fatifera</i>	4			4	0,2500	-1,3863	0,3466
Σύνολο ατόμων	16				H' =		1,3864

Δείκτης Ποικιλότητας Βιοκοινότητας 2, $H'_2 = 1,3864$

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

$$J_2 = 1,3864 / 1,3864 = 1$$

$$E_{H_2} = 1$$

Δείκτης Ισοκατανομής Βιοκοινότητας 2, $J_2 = 1$

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΤΙΚΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΩΝ

Να οργανώσετε μια μεθοδολογία δειγματοληψία στα τέσσερα (4) υπό μελέτη οικοσυστήματα για να προσδιορίσετε την ποικιλότητα των φυτών.

Τα πιο κάτω αναστοχαστικά ερωτήματα θα σας βοηθήσουν να σχεδιάσετε τη μεθοδολογία της δειγματοληψίας σας:

- Ποιο μπορεί να είναι το μέγεθος της δειγματοληπτικής επιφάνειας;
- Σε ποια εποχή μπορεί να διενεργηθούν οι δειγματοληψίες;
- Ποιος μπορεί να είναι ο αριθμός των δειγματοληπτικών επιφανειών;
- Ποιους άλλους παράγοντες χρειάζεται να λάβετε υπόψη σας;

5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

5.1 Εισαγωγή

Η εργαστηριακή άσκηση περιλαμβάνει επί του παρόντος τη μαθηματική επεξεργασία δεδομένων για τον υπολογισμό του δείκτη ποικιλότητας Shannon-Wiener (H') και όχι την πρακτική εφαρμογή της εργασίας πεδίου για τη συλλογή των οικολογικών δεδομένων, λόγω πρακτικών δυσκολιών, και μόνο για τη μεταβατική περίοδο.

5.2 Ασφάλεια και Υγεία:

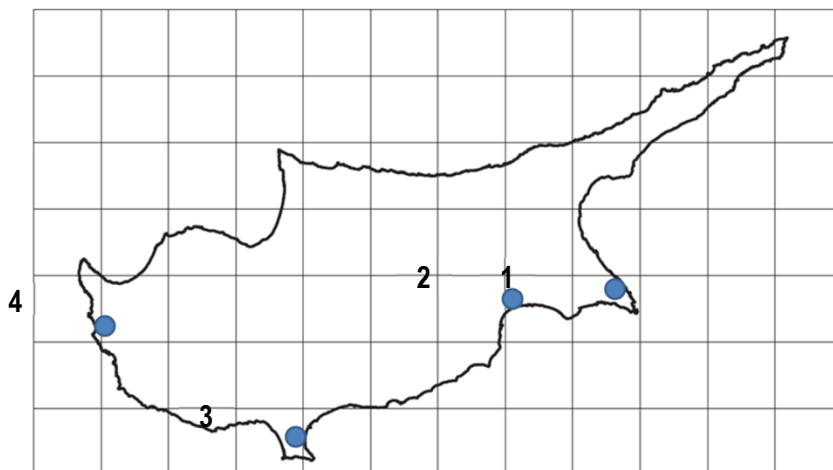
- Να δώσετε την απαραίτητη προσοχή στην ένδυση και υπόδησή σας (αστάθεια εδάφους, ερπετά, ψηλά φυτά, ακανθώδη φυτά, έντομα).
- Να έχετε μαζί σας βαλιτσάκι για πρώτες βοήθειες.
- Να έχετε μαζί σας νερό.

5.3 Όργανα και Υλικά:

- Σημειώσεις Εργασίας Πεδίου – Θεωρητικό Υπόβαθρο
- Φύλλα Εργασίας Μαθητή – Υπολογισμός Δείκτη Ποικιλότητας

5.4 Μεθοδολογία Δειγματοληψίας:

Μια ομάδα μαθητών Βιολογίας Γ' Λυκείου είχε στόχο την καταγραφή της ποικιλότητας των βιοκοινοτήτων των φυτών τεσσάρων παράκτιων οικοσυστημάτων της Κύπρου. Κατά την εργασία πεδίου που πραγματοποίησε, επισκέφθηκε την άνοιξη τα τέσσερα (4) χερσαία παράκτια οικοσυστήματα της Κύπρου (Εικόνα 7). Σε κάθε οικοσύστημα διενήργησε μια (1) δειγματοληψία. Η δειγματοληπτική επιφάνεια ήταν σταθερή σε κάθε οικοσύστημα και είχε μέγεθος 25 m². Στη συνέχεια προχώρησε στην αποτύπωση της φυτικής ποικιλότητας των 4 βιοκοινοτήτων με σχεδιαγράμματα τα οποία φαίνονται στην Εικόνα 8.



Εικόνα 7: Χάρτης της Κύπρου όπου φαίνονται τα 4 παράκτια οικοσυστήματα που μελετήθηκαν

Φυτά που ταυτοποιήθηκαν και σχηματική αναπαράσταση:

Είδος 1  : *Anagalis arvensis* L.

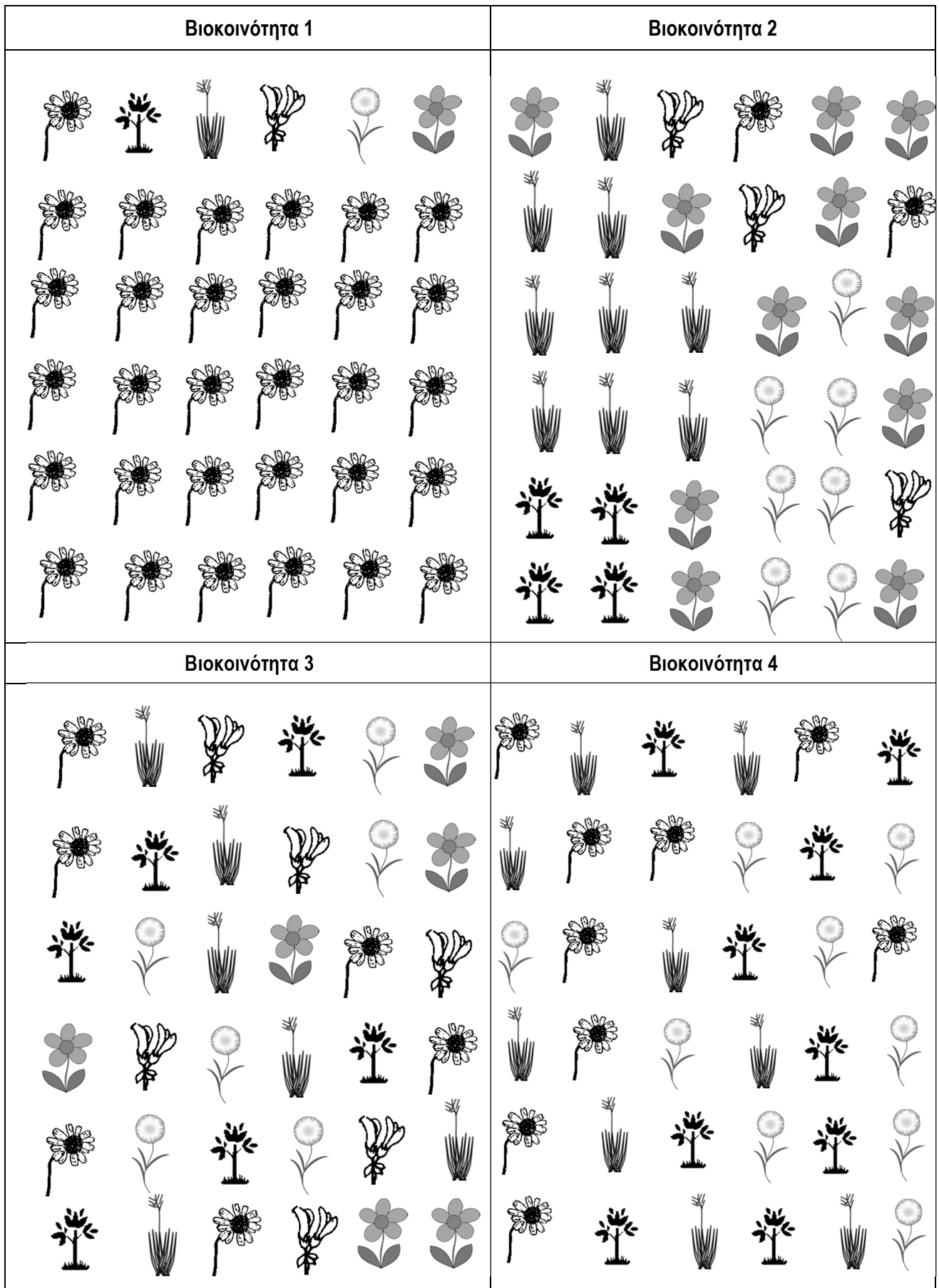
Είδος 2  : *Anthemis tricolor* Boiss.

Είδος 3  : *Ipomoea imperati* (Vahl) Griseb.

Είδος 4  : *Lotus cytisoides* L.

Είδος 5  : *Pancratium maritimum* L.

Είδος 6  : *Schoenus nigricans* L.



Εικόνα 8: Διαγραμματική απεικόνιση των πληθυσμών των 6 φυτικών ειδών που εντοπίστηκαν στις 4 Βιοκοινότητες

Φύλλα Εργασίας Μαθητών/τριών

Όνοματεπώνυμο μαθητή/τριας:

Ομάδα: Τμήμα: Ημερομηνία:

1. Ποια από τις τέσσερις βιοκοινότητες νομίζετε ότι έχει τη μεγαλύτερη ποικιλότητα και γιατί;

Υπόθεση:.....
.....
.....

2. Να χωριστείτε σε 4 ομάδες. Η κάθε ομάδα να υπολογίσει για κάθε βιοκοινότητα (1-4) τα πιο κάτω μεγέθη:

- α. Πλούτος ειδών
- β. Αφθονία ειδών
- γ. Σχετική αφθονία κάθε είδους
- δ. Δείκτης ποικιλότητας (H')
- ε. Δείκτης ισοκατανομής (J)

α. και β. Πλούτος ειδών και Αφθονία Ειδών

	Πλούτος Ειδών	Αφθονία Ειδών
Βιοκοινότητα 1		
Βιοκοινότητα 2		
Βιοκοινότητα 3		
Βιοκοινότητα 4		

γ. i. Σχετική Αφθονία Κάθε Είδους

Βιοκοινότητα 1:

	Υπολογισμοί	Σχετική Αφθονία (%)
<i>Anagalis arvensis</i>		
<i>Anthemis tricolor</i>		
<i>Ipomoea imperati</i>		
<i>Lotus cytisoides</i>		
<i>Pancratium maritimum</i>		
<i>Schoenus nigricans</i>		

Βιοκοινότητα 2:

	Υπολογισμοί	Σχετική Αφθονία (%)
<i>Anagalis arvensis</i>		
<i>Anthemis tricolor</i>		
<i>Ipomoea imperati</i>		
<i>Lotus cytisoides</i>		
<i>Pancratium maritimum</i>		
<i>Schoenus nigricans</i>		

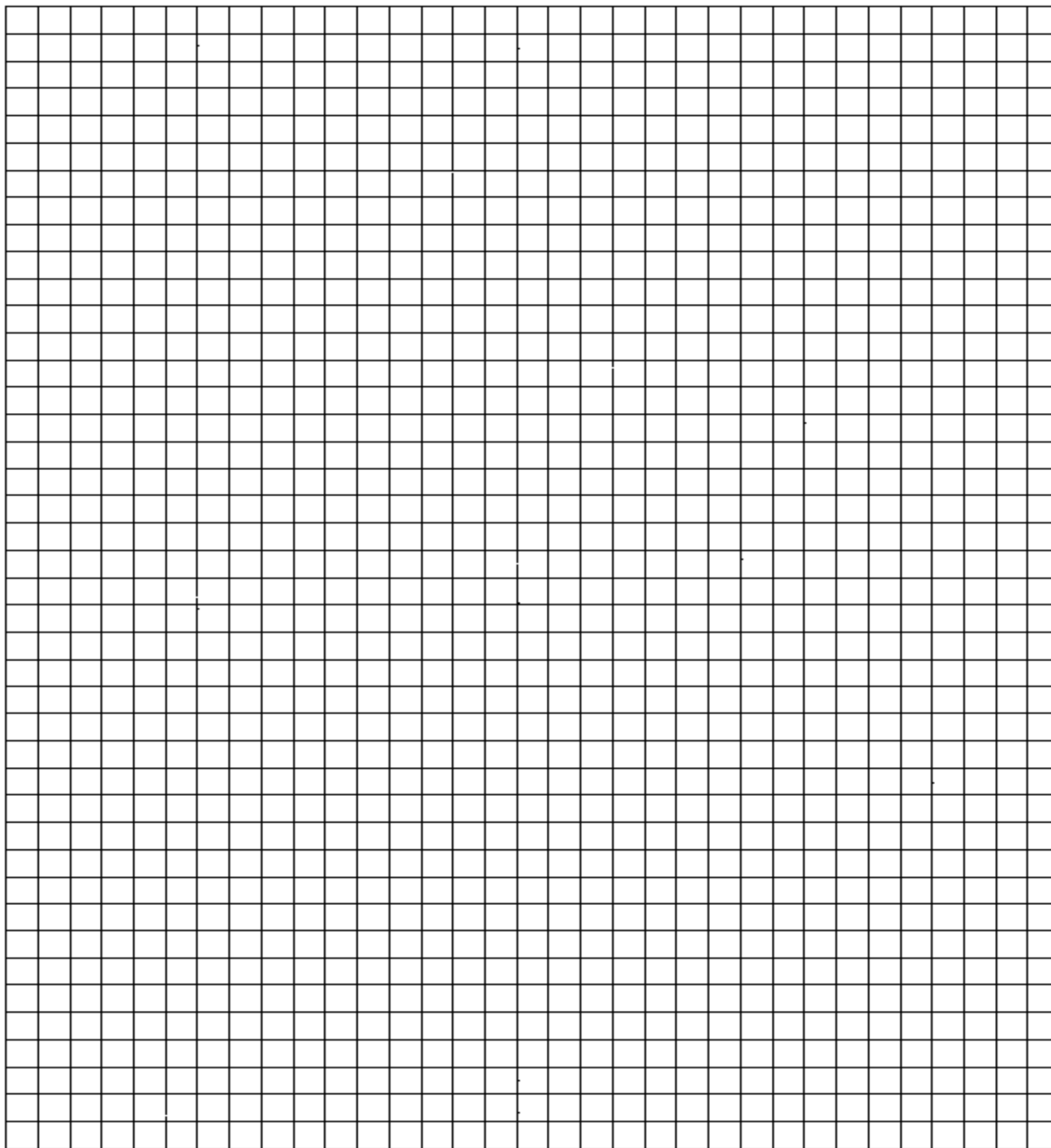
Βιοκοινότητα 3:

	Υπολογισμοί	Σχετική Αφθονία (%)
<i>Anagalis arvensis</i>		
<i>Anthemis tricolor</i>		
<i>Ipomoea imperati</i>		
<i>Lotus cytisoides</i>		
<i>Pancratium maritimum</i>		
<i>Schoenus nigricans</i>		

Βιοκοινότητα 4:

	Υπολογισμοί	Σχετική Αφθονία (%)
<i>Anagalis arvensis</i>		
<i>Anthemis tricolor</i>		
<i>Ipomoea imperati</i>		
<i>Lotus cytisoides</i>		
<i>Pancratium maritimum</i>		
<i>Schoenus nigricans</i>		

ii. Να παρουσιάσετε τα αποτελέσματα της σχετικής αφθονίας των ειδών στις τέσσερις βιοκοινότητες υπό μορφή γραφικής παράστασης.



iii. Να μελετήσετε τη γραφική παράσταση και να καταγράψετε τις παρατηρήσεις σας ως προς τη σχετική αφθονία των ειδών στις 4 βιοκοινότητες.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

δ. Να υπολογίσετε τον δείκτη ποικιλότητας Shannon-Wiener (H') και τον δείκτη ισοκατανομής (J) για κάθε βιοκοινότητα.

Βιοκοινότητα 1

Είδος	Δ.Ε. 1	Δ.Ε. 2	Δ.Ε. 3	Άθροισμα Ατόμων Είδους	$p_i = n_i/N$	$\ln p_i$	$p_i \times \ln p_i$
<i>Anagalis arvensis</i>							
<i>Anthemis tricolor</i>							
<i>Ipomoea imperati</i>							
<i>Lotus cytisoides</i>							
<i>Pancratium maritimum</i>							
<i>Schoenus nigricans</i>							
Σύνολο ατόμων					$H'_1 =$		

Δείκτης Ποικιλότητας Βιοκοινότητας 1, $H'_1 =$

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

$$J_1 =$$

Δείκτης Ισοκατανομής Βιοκοινότητας 1

$$J_1 =$$

Βιοκοινότητα 2

Είδος	Δ.Ε. 1	Δ.Ε. 2	Δ.Ε. 3	Άθροισμα Ατόμων Είδους	$p_i = n_i/N$	$\ln p_i$	$p_i \times \ln p_i$
<i>Anagalis arvensis</i>							
<i>Anthemis tricolor</i>							
<i>Ipomoea imperati</i>							
<i>Lotus cytisoides</i>							
<i>Pancratium maritimum</i>							
<i>Schoenus nigricans</i>							
Σύνολο ατόμων					$H'_2 =$		

Δείκτης Ποικιλότητας Βιοκοινότητας 2, $H'_2 =$

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

$$J_2 =$$

Δείκτης Ισοκατανομής Βιοκοινότητας 2

$$J_2 =$$

Βιοκοινότητα 3

Είδος	Δ.Ε. 1	Δ.Ε. 2	Δ.Ε. 3	Άθροισμα Ατόμων Είδους	$p_i = n_i/N$	$\ln p_i$	$p_i \times \ln p_i$
<i>Anagalis arvensis</i>							
<i>Anthemis tricolor</i>							
<i>Ipomoea imperati</i>							
<i>Lotus cytisoides</i>							
<i>Pancratium maritimum</i>							
<i>Schoenus nigricans</i>							
Σύνολο ατόμων					$H'_3 =$		

Δείκτης Ποικιλότητας Βιοκοινότητας 3, $H'_3 =$

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

$$J_3 =$$

Δείκτης Ισοκατανομής Βιοκοινότητας 3,

$$J_3 =$$

Βιοκοινότητα 4

Είδος	Δ.Ε. 1	Δ.Ε. 2	Δ.Ε. 3	Άθροισμα Ατόμων Είδους	$p_i = n_i/N$	$\ln p_i$	$p_i \times \ln p_i$
<i>Anagalis arvensis</i>							
<i>Anthemis tricolor</i>							
<i>Ipomoea imperati</i>							
<i>Lotus cytisoides</i>							
<i>Pancratium maritimum</i>							
<i>Schoenus nigricans</i>							
Σύνολο ατόμων					$H'_4 =$		

Δείκτης Ποικιλότητας Βιοκοινότητας 4, $H'_4 =$

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

$$J_4 =$$

Δείκτης Ισοκατανομής Βιοκοινότητας 4,

$$J_4 =$$

3. Με βάση τα αποτελέσματα που έχετε βρει μέχρι τώρα να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα.

	Πλούτος Ειδών	Αφθονία Ειδών	H'	J
Βιοκοινότητα 1				
Βιοκοινότητα 2				
Βιοκοινότητα 3				
Βιοκοινότητα 4				

4. Συγκρίνοντας τον δείκτη ποικιλότητας (H') και τον δείκτη ισοκατανομής (J) των βιοκοινοτήτων 1, 2 και 3, ποια νομίζετε ότι είναι η σχέση που υπάρχει μεταξύ τους;

5. (α) Συγκρίνοντας τον δείκτη ποικιλότητας (H') με τον πλούτο και την αφθονία ειδών των βιοκοινοτήτων 1, 2 και 3, ποια νομίζετε είναι η σχέση που υπάρχει μεταξύ τους;

(β) Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε σχετικά με τον δείκτη ποικιλότητας (H');

6. Συγκρίνοντας τον δείκτη ποικιλότητας (H'), τον δείκτη ισοκατανομής (J) με τον πλούτο και την αφθονία ειδών για τις βιοκοινότητες 3 και 4, σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε;

7. Τι θα αλλάζατε στη μεθοδολογία δειγματοληψίας της μαθητικής ομάδας ώστε να αυξήσετε την εγκυρότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της;

