



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧ/ΚΩΝ & ΜΗΧ/ΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘ/ΚΩΝ & ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟΥ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΗΘΙΚΗ
&
ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΗΜΗΤΡΑΚΑΚΗΣ Η. ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΘΕΟΛΟΓΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΙΟΥΝΙΟΣ 2020

Περιεχόμενα

Πρόλογος	5
Κεφάλαιο 1: Περιβαλλοντική Ηθική και Βιοηθική	
Το περιβάλλον ως έννοια	7
Το περιβάλλον ως πραγματικότητα	7
Περιβαλλοντική ηθική	8
Ανθρωποκεντρική ηθική	10
Οικοκεντρική ηθική	11
Βαθεία οικολογία	12
Διαγενεακή και ενδογενεακή δικαιοσύνη	13
Το περιβαλλοντικό ζήτημα	14
Συμφωνίες σταθμοί στόχοι της ΕΕ	15
Αρνητές της κλιματικής αλλαγής	18
Βιοηθική	18
Κεφάλαιο 2: Αυτόνομα συστήματα στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής	
Ενεργειακό ζήτημα	23
Οικολογικό αποτύπωμα	23
Αποτύπωμα άνθρακα	27
Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων ρύπων	31
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	33
Reuse-Reduce-Recycle	34
Αιολική ενέργεια	35
Ηλιακή ενέργεια	38
Πυρηνική ενέργεια	41
Παγκόσμια διατροφή	43
Βιομηχανική παραγωγή της τροφής	44

Αειφορικές μέθοδοι καλλιέργειας	45
Έλλειμμα τροφής	47
Αλγόριθμοι	47
Γεωργία ακριβείας	50
Κεφάλαιο 3: Επικοινωνία με αυτόνομα συστήματα	
Παγκόσμια χλωρίδα	53
Επικοινωνία	54
Βιοτικοί επικοινωνιστές	55
Στοιχεία από τη ζωή των μελισσών	59
Μορφολογία	60
Ανατομία	61
Αισθήσεις των μελισσών	65
Η δραστηριότητα των μελισσών στις διάφορες ηλικίες τους	66
Επικοινωνία των μελισσών	66
Η κοινωνία των μελισσών	69
Οικονομική – Περιβαλλοντική σημασία της μέλισσας	70
Εχθροί και ασθένειες του μελισσιού	71
Φυσική άμυνα του μελισσιού	72
Διαταραχή κατάρρευσης αποικίας (Colony Collapse Disorder)	74
Επικοινωνία με αυτόνομα συστήματα	76
Η κατασκευή της Robobee	77
Μπορεί η Robobee να αντικαταστήσει τη μέλισσα;	82
Ανησυχίες	83
Συμπεράσματα	85
Βιβλιογραφία	87

Πρόλογος

Στο πλαίσιο της εκπόνησης διπλωματικής εργασίας ως το τελικό στάδιο περάτωσης των προπτυχιακών σπουδών μου, καταπιάστηκα με ένα θέμα που αφορά συνάμα το περιβάλλον και την επιστήμη του ηλεκτρολόγου μηχανικού. Και οι δύο αυτοί τομείς υπήρξαν κορυφαίοι στην προσωπική μου επαφή με την επιστήμη και αισθάνομαι τυχερός που σε αυτό το τελευταίο στάδιο ως φοιτητής της σχολής ΗΜΜΥ του ΕΜΠ αξιόθηκα να περιπλανηθώ σε χώρους που με προβληματίσαν και εξήψαν το ενδιαφέρον μου σε αυτήν την πορεία.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η κριτική ανάδειξη της όλο και εντονότερης σχέσης που παρουσιάζουν θέματα καθαρά περιβαλλοντικά με τα σύγχρονα τεχνολογικά συστήματα. Ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και τα δύο πεδία είναι κεντρικής σημασίας των καιρών μας και η ενασχόληση με αυτά μπορεί να οδηγήσει σε ενδιαφέροντα μονοπάτια σκέψεων και ενδεχομένως καθοριστικά για την περαιτέρω δράση του ενδιαφερόμενου. Κρίθηκε σκόπιμο να δομηθεί σε τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο θα αναφερθούν διαφορετικές προσεγγίσεις αναφορικά με το περιβάλλον και την περιβαλλοντική ηθική. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε το περιβαλλοντικό ζήτημα σήμερα, καθώς επίσης τους εκάστοτε στόχους που ο άνθρωπος έθεσε διαχρονικά για την προστασία του. Δε θα παραλείψουμε βέβαια έναν κριτικό σχολιασμό της τάσης που αναφέρεται ως “άρνηση της κλιματικής αλλαγής”. Μία σύντομη αναφορά στη βιοηθική θα μας επιτρέψει την αξιολογική κρίση στα συμπεράσματα της παρούσης. Στο δεύτερο κεφάλαιο τη σκυτάλη θα δώσουμε σε εφαρμοσμένα αυτόνομα συστήματα, όπου θα παρουσιαστούν διαφορετικά ζητήματα που αφορούν άμεσα τον άνθρωπο, κάνοντας αναφορά στις λύσεις που έχουν έως τώρα δοθεί και επιχειρώντας να αναδείξουμε τη σκοπιά από την οποία προσεγγίστηκε το ζήτημα σύμφωνα με τις θεωρίες του πρώτου κεφαλαίου. Στο τρίτο και κύριο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε μια τεχνολογική πρόταση που επινοήθηκε για την ενίσχυση της επικοινωνίας των φυτών, διαδικασία ουσιώδη για την ύπαρξη του ανθρώπου στη Γη. Αρχικά γίνεται αναφορά στην παγκόσμια χλωρίδα, προτού αναδείξουμε το ρόλο των επικοινωνιακών γενικά και της μέλισσας ειδικά. Αφού εισχωρήσουμε λίγο στην ανατομική λειτουργία, απαραίτητη για να κατανοήσουμε τεχνικά τη δοθείσα λύση, θα δώσουμε στοιχεία από την κοινωνία των μελισσών, ως κλειστού συστήματος αλλά και ως συστήματος που είναι σε άμεση επικοινωνία με άλλα παρόμοια συστήματα. Θα μπορούμε έτσι να παρουσιάσουμε τεχνικά αλλά και

θεωρητικά την ιδέα της ρομποτικής μέλισσας μέσω μιας σύντομης ιστορικής αναδρομής έως τις τελευταίες εξελίξεις.

Τέλος θα αναφερθούμε σε προβληματισμούς και ανησυχίες ήδη εκπεφρασμένες σε αυτό το εγχείρημα, προτού εξάγουμε το συμπέρασμα της εργασίας σχετικά με τα εργαλεία που μας δίνουν οι θεωρίες της περιβαλλοντικής ηθικής.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον επιβλέποντα καθηγητή μου σε αυτή την πρώτη μου επαφή με τη συγγραφή κ. Κωνσταντίνο Θεολόγου, που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με αυτό το αντικείμενο αλλά και για την άριστη συνεργασία που είχαμε όλο αυτό το διάστημα. Θερμές ευχαριστίες αξίζουν όλοι οι καθηγητές του ΕΜΠ που στάθηκαν οδηγοί στην πορεία μου στον επιστημονικό χώρο. Ειδική μνεία στους καθηγητές του ΓΠΑ κ. Νικόλαο Εμμανουήλ και κ. Αντώνιο Τσαγκαράκη για τις γνώσεις που μου δίδαξαν πάνω στη μελισσοκομία. Τέλος να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην Ιατρό Αφροδίτη Μαρία Κοντοπούλου για τη στήριξη που μου παρείχε, την υπομονή που έδειξε αλλά και την ουσιαστικότητα πρώτη ανάγνωση μετά των εύστοχων παρατηρήσεών της.

Κεφάλαιο 1 Περιβαλλοντική Ηθική

Το περιβάλλον ως έννοια

Ο όρος περιβάλλον^{1*} αναφέρεται σε οτιδήποτε περιβάλλει κάτι άλλο. Είναι εμφανές ότι κάθε φορά που χρησιμοποιούμε τον όρο, θα πρέπει να γίνεται σαφής διαχωρισμός του περιβάλλοντος και του περιβαλλόμενου. Για παράδειγμα στις εφαρμογές που αφορούν έναν μηχανικό και σε κάθε μία από αυτές ορίζουμε ένα σύστημα το οποίο θα μελετήσουμε οπότε περιβάλλον θα είναι οτιδήποτε βρίσκεται εκτός των ορίων του συστήματος αυτού.

Το περιβάλλον ως πραγματικότητα

Μιλώντας γενικά για περιβάλλον, συνήθως εννοούμε το φυσικό περιβάλλον, το σύνολο δηλαδή των ζωντανών οργανισμών και αβιοτικών παραγόντων που υπάρχουν σε αυτό. Στις κοινωνικές επιστήμες θα ήταν εξίσου σύνηθες με τον όρο περιβάλλον να εννοούμε το κοινωνικό περιβάλλον μιας μονάδας ή ενός συστήματος. Στην παρούσα εργασία το κοινωνικό περιβάλλον θα μας απασχολήσει ελάχιστα στο τελευταίο κεφάλαιο ενώ το φυσικό περιβάλλον σε όλη την έκτασή της έτσι όταν χρησιμοποιούμε απλώς τη λέξη περιβάλλον θα εννοούμε φυσικό, ομοίως περιβαλλοντικό κ.α. Ειδιάλλως θα γίνεται ρητή αναφορά στο επίθετο (π.χ. κοινωνικό, ψηφιακό).

Είναι λοιπόν εμφανές ότι ο άνθρωπος ως είδος είναι μέρος του φυσικού περιβάλλοντος και δεν αποτελεί την περιβαλλόμενη μονάδα [Δεσποτόπουλος, 2008]. Ποιο είναι λοιπόν το περιβαλλόμενο σύστημα που περιβάλλεται από το φυσικό περιβάλλον; Στην πραγματικότητα λοιπόν οποιοδήποτε στοιχείο του περιβάλλοντος είναι δυνατό να οριστεί ως περιβαλλόμενο ανάλογα με την κάθε φορά εξεταζόμενη συνθήκη και έτσι μπορούμε να πούμε ότι περιβάλλον και περιβαλλόμενο ταυτίζονται, κάτι που έρχεται σε αντίφαση με την έννοια που αρχικά δώσαμε.

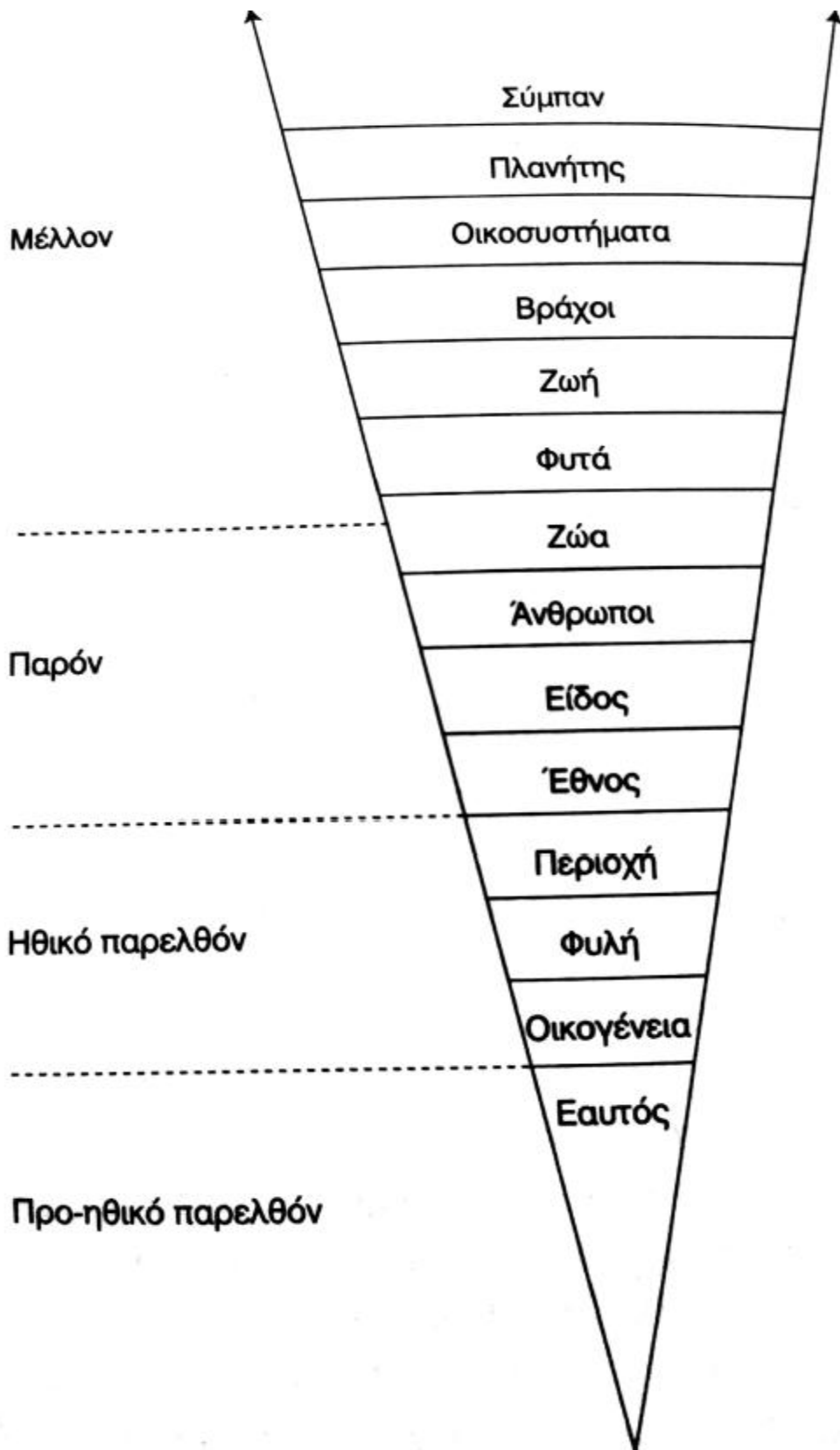
^{1*}Ουδέτερο της μετοχής του ρήματος περιβάλλω, σύνθετη των λέξεων περι και βάλλω και κυριολεκτικά σημαίνει : βρίσκομαι ή είμαι τοποθετημένος γύρω απο κάτι.

Βέβαια φιλοσοφικές προσεγγίσεις γύρω από το περιβάλλον έχουν αναλυθεί και θα παρουσιάσουμε μερικές θεωρίες και προσεγγίσεις γύρω από την περιβαλλοντική ηθική.

Περιβαλλοντική ηθική

Τόσο από την πρόοδο της τεχνολογίας όσο και από ιστορικές συγκυρίες του παρελθόντος, προέκυψε η ανάγκη επίλυσης ηθικών διλημμάτων. Η εφαρμοσμένη ηθική είναι ο επιστημονικός κλάδος που έρχεται να δώσει επιχειρήματα υπέρ η κατά της εφαρμογής ορισμένων τεχνολογιών [Παρούσης, 2015]. Έχουμε λοιπόν μια μετάβαση από την αναγνώριση και θεμελίωση ηθικών κρίσεων (μεταηθική) σε μια προσπάθεια εφαρμογής ηθικών αξιών. Ο κλάδος της εφαρμοσμένης ηθικής περιλαμβάνει την Περιβαλλοντική Ηθική και τη Βιοηθική οι οποίες θα μας απασχολήσουν στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας. Επεκτείνεται όμως σε ευρύτερο πεδίο που περιέχει την Ιατρική Ηθική, Ηθική των Επιχειρήσεων, Ηθική των Μηχανικών, Ηθική των Διεθνών σχέσεων, Ηθική του Δικαίου, Ηθική του πολέμου κ.α. [στο ίδιο] Στο παρελθόν η ενασχόληση των φιλοσόφων με τον τομέα της ηθικής επικεντρώθηκε σε ερωτήματα σχετικά με την αντιμετώπιση ενός ανθρώπου από έναν άλλο ή από ένα σύνολο ανθρώπων. Αυτός ο περιορισμός είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τη θεώρηση της εγγενούς αξίας που θα αναλύσουμε παρακάτω. Όμως, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1, τα όρια της ηθικής εξέλιξης διευρύνονται με τα χρόνια. Γεννιούνται ερωτήματα, όπως ποιοι είναι οι παραλήπτες της ηθικής συμπεριφοράς του ανθρώπου και εάν τα ζώα ή τα αβιοτικά στοιχεία του οικοσυστήματος είναι άξια ηθικής θεώρησης [Γεωργόπουλος, 2002].

Ανάλογα με τις διαφορετικές προσεγγίσεις που ακολουθήθηκαν για την ηθική ενασχόληση με θέματα που αφορούν το φυσικό περιβάλλον, προτάθηκαν διαφορετικές θεωρίες που σχετίζονται με εννοιολογικούς δυϊσμούς, εκ των οποίων ξεχωρίζουν τέσσερις βασικοί: 1) Η σύγκρουση ανάμεσα στον ανθρωποκεντρισμό και τον μη ανθρωποκεντρισμό 2) Εγγενής και εργαλειακή αξία των μη ανθρώπινων όντων και αντικειμένων, 3) ολιστική και ατομικιστική άποψη για τη φύση και 4) ενδιαφέρον για την εξοικονόμηση των πόρων (ρηχή οικολογία) από τη μία και βαθύ μετασχηματισμό της ανθρώπινης συνείδησης ως προς τη φύση (βαθιά οικολογία) από την άλλη [στο ίδιο:45].



Σχήμα 1: Η εξέλιξη της ηθικής σύμφωνα με τον Nash(1989)[στο ίδιο:40]

Ανθρωποκεντρική περιβαλλοντική ηθική

Ο άνθρωπος τίθεται στο επίκεντρο όλων των πραγμάτων και άρα το περιβάλλον με τις βασικές οικολογικές του μονάδες, τα διάφορα οικοσυστήματα, και οτιδήποτε αυτές περιέχουν αντιμετωπίζονται με τη λογική “πρώτα ο άνθρωπος”, ως μονάδα, ως είδος ή στην καλύτερη των περιπτώσεων λαμβάνοντας υπ’ όψιν τις επόμενες γενιές. Παραδοσιακή ηθική θεωρία που εντάσσεται στις ανθρωποκεντρικές θεωρίες είναι η χρησιμοθηρία ή ωφελμισμός, που αξιολογεί τις διάφορες επιλογές ανάλογα με το ποσό της ευτυχίας που προκαλεί στον μεγαλύτερο δυνατό αριθμό ανθρώπων [Mill, 2002:80-85]. Έτσι προτάθηκαν μέθοδοι αξιολόγησης μιας πράξης ανάλογα με τις ευχάριστες ή δυσάρεστες συνέπειες που προκαλούσε. Το απλό ερώτημα όμως “τι γίνεται σε περιπτώσεις που η μεγιστοποίηση της ευτυχίας ενός συνόλου έρχεται σε σύγκρουση με τα δικαιώματα ενός άλλου συνόλου;” έδωσε ευκαιρία κριτικής από τους υποστηρικτές μιας άλλης ανθρωποκεντρικής θεωρίας, αυτής των δικαιωμάτων. Σύμφωνα με αυτή οι μέθοδοι αξιολόγησης επικεντρώνονται στους λόγους αρχών που απαιτεί μια δράση και όχι στις συνέπειες της δράσης αυτής. Τα δικαιώματα και οι αρχές τις οποίες προτάσσει αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι νομικά κατοχυρωμένα ή απλώς να γίνονται σεβαστά στο ηθικό πεδίο [Γεωργόπουλος, 2002:127].

Σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης μιας πράξης σε σχέση με την περιβαλλοντική ηθική έχει αναδειχθεί το κατά πόσο αυτή η πράξη ωφελεί, πέρα από την ομάδα που εξετάζεται στο παρόν, και τους ανθρώπους του μέλλοντος. Σε όλες τις ανθρωποκεντρικές θεωρίες θα μπορούσαμε να αντικαταστήσουμε ή όχι τον σημερινό άνθρωπο από τον άνθρωπο του παρελθόντος. Αυτοί που υποστηρίζουν ότι έχουμε καθήκοντα απέναντι στις επόμενες γενεές κάνουν αναφορά στη λεγόμενη διαγενεακή αλληλεγγύη [Bengston & Oyama, 2007]. Έτσι όταν τα κριτήρια είναι καθαρά ωφελμιστικά, ένα από αυτά τα κριτήρια είναι και η ωφελιμότητα ή μη των επόμενων γενεών. Βέβαια η αντίθετη άποψη πως δεν έχει κανένα νόημα το να επωμισθούμε υποχρεώσεις απέναντι σε ανθρώπους που δεν έχουν γεννηθεί έχει αρκετούς υποστηρικτές, είτε λόγω αδυναμίας στην εποχή μας να επωμισθούμε αυτό το βάρος, είτε λόγω αποποίησης της ευθύνης αφού αγνοούμε τα κίνητρα και τις επιθυμίες των επομένων.

Η μεγάλη ομοιότητα των προσεγγίσεων που θέτουν τον άνθρωπο ως επίκεντρο δίνουν στο φυσικό περιβάλλον εργαλειακό χαρακτήρα αναγνωρίζοντας τη χρησιμότητα

των διαφόρων στοιχείων του και αυτό αναφέρεται στη βιβλιογραφία με τον όρο εργαλειακή αξία. Εργαλειακή αξία δίνεται όταν αναγνωρίζεται απλώς η χρησιμότητα του φυσικού περιβάλλοντος στον άνθρωπο. Εγγενής αξία αναγνωρίζεται μόνο και μόνο επειδή υπάρχει [Διαγούπη, 2012: 15].

Οικοκεντρική περιβαλλοντική ηθική

Στον αντίποδα των ανθρωποκεντρικών προσεγγίσεων στέκεται η οικοκεντρική περιβαλλοντική ηθική, οι διάφορες προσεγγίσεις της οποίας προσδίδουν κάποιο είδος εγγενούς αξίας στο φυσικό περιβάλλον. Αλλιώς χαρακτηρίζεται και “αυταξία” αφού το νόημά της είναι ότι προσδίδει αξία σε κάτι απλώς και μόνο που υπάρχει. Και σε αυτή τη περίπτωση διαφορετικές προσεγγίσεις οδηγούν σε διαφορετικές θεωρίες, κάθε μία προσδίδοντας αυταξία σε πιο στενό ή διευρυμένο κύκλο ζωντανών ή μη οργανισμών [Παπαγιαννόπουλος, 2010].

Η πρώτη αναφορά σε θεωρία που απέδιδε εγγενή αξία σε μη ανθρώπινα πλάσματα αφορούσε τα ζώα. Τα ζώα έχουν την ικανότητα να αισθάνονται, την ικανότητα της επικοινωνίας, κάποιου είδους νοημοσύνη και άρα δικαιούνται να λογίζονται ως μέρη της ηθικής κοινότητας. Για το ποια ζώα όμως θα γίνουν μέλη αυτής της κοινότητας και τι γίνεται με ανταγωνισμούς που υπάρχουν μεταξύ τους έμελλε να αναπτυχθούν διαφορετικές και πολλές φορές αντικρουόμενες θεωρίες.

Αρχικά αναπτύχθηκε η θεωρία πως τα ζώα δεν θα έπρεπε να γίνονται αντικείμενο εκμετάλλευσης από τους ανθρώπους για συμμετοχή σε πειράματα του επιστημονικού τομέα ή της βιομηχανίας καλλυντικών ή άλλων τομέων όπου ο σκοπός ήταν καθαρά προς όφελος του ανθρώπου [Dombrowski, 1988]. Σε αυτά, κατά κανόνα, τα ζώα υποφέρουν κάτι που ερχόταν σε αντίθεση με τα, και νομικώς πλέον αναγνωρισμένα, δικαιώματα των ζώων^{2*}. Τα ζώα δεν υποφέρουν μονάχα στο κλουβί του εργαστηρίου αλλά και στο βοσκοτόπι που περιορίζονται με σκοπό την εμπορία τους ως ανθρώπινη τροφή. Αναδύθηκε λοιπόν το ερώτημα κατά πόσο είναι ηθικό να εκτρέφουμε ζώα και κατ' επέκταση κατά πόσο είναι σωστό να τρώμε γενικότερα προϊόντα ζωικής προέλευσης. Αρκετοί που συμμετέχουν στο κίνημα για την απελευθέρωση των ζώων δε διστάζουν να αποκαλέσουν έναν μη χορτοφάγο ως δολοφόνο ζώων [Dominic, 2010].

^{2*}Τα δικαιώματα αυτά δεν ήταν αναγνωρισμένα ούτε ήταν δεδομένο πως οι άνθρωποι τα λάμβαναν υπ' όψιν τους. Χρειάστηκαν αρκετές δεκαετίες προσπαθειών από το αυτοαποκαλούμενο “κίνημα για την απελευθέρωση των ζώων” αλλά και η ανάπτυξη της αντίστοιχης θεωρίας που ισχυροποιούσε τα επιχειρήματα των υποστηρικτών του.

Πηγαίνοντας ένα βήμα παραπέρα, άσχετα με το αν τα ζώα υποφέρουν ή όχι, θεωρητικοί της οικοκεντρικής προσέγγισης μίλησαν για τα δικαιώματα των ζώων που απορρέουν από την εγγενή αξία που πρέπει ο άνθρωπος να τους αναγνωρίσει. Η σφαγή οικόσιτων ζώων λοιπόν και το κυνήγι είναι ανεπίτρεπτα για λόγους αρχής και όχι γιατί αυτά υποφέρουν κατά την εκτροφή ή θανάτωση τους.

Οι παραπάνω προσεγγίσεις εξετάζουν τα ζώα ως μονάδες, ατομικά και όχι ολιστικά. Οι άνθρωποι, ως άτομα του είδους *Homo Sapiens*, δεν είναι ανώτεροι από τα ζώα και οποιαδήποτε θεώρηση προκρίνει ικανότητες του ανθρώπου ανώτερες από αυτές των ζώων είναι ανθρωποκεντρική. Η μεγάλη στροφή γίνεται από θεωρητικούς που επισημαίνουν ότι αυτό που πρέπει πάση θυσία να καταφέρουμε είναι η διάσωση οικοσυστημάτων, ειδών πανίδας και χλωρίδας και όχι τα άτομα [Γεωργόπουλος, 2002: 201]. Χρήζει όμως ηθικής αντιμετώπισης ένα οικοσύστημα; Είναι δυνατό να υπάρχουν ηθικές υποχρεώσεις προς τα δέντρα ως σύνολο; Σύμφωνα με τον Aldo Leopold στην ηθική της γης, προκρίνεται η ηθική προτεραιότητα της βιοτικής κοινότητας έναντι των ατόμων και των ειδών που τη συναπαρτίζουν [Πρωτοπαπαδάκης, 2012: 127] μέσα από μια συνεκτική θεωρία που τοποθετεί την ανθρώπινη κοινότητα ισότιμα στην πλανητική ηθική κοινότητα.

Βαθεία Οικολογία

Οι παραπάνω προσεγγίσεις έχουν χαρακτηριστεί ως ανήκουσες στην λεγόμενη 'ρηγή' οικολογία, όπου ο άνθρωπος παρουσιάζεται ως διαχειριστής του φυσικού περιβάλλοντος εστιάζοντας στην ευημερία των ανθρώπων και στοχεύοντας να προστατεύσει τα διάφορα οικοσυστήματα που όμως σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με το είδος *Homo Sapiens*. Η προσπάθεια για άρθρωση διαφορετικών κοσμοαντιλήψεων όπου η φύση θα έχει κεντρικό ρόλο ονομάστηκε οικοφιλοσοφία [Γεωργόπουλος, 2002: 281]. Διατυπώθηκαν συγκεκριμένες θέσεις όχι καθαρά ηθικού-φιλοσοφικού προσανατολισμού αλλά και πολιτικού-κοινωνικού οι οποίες συνθέτουν απόψεις που συγκαταλέγονται στη λεγόμενη 'βαθεία' οικολογία. Οι απόψεις αυτές έχουν κατηγορηθεί ότι βάζουν σε δεύτερη μοίρα τον άνθρωπο ή ότι τον εξισώνουν με άλλα ζώα, ότι είναι στρατευμένες πολιτικά*. Κυριότερη όμως κριτική έχουν δεχθεί λόγω μιας εκ των βασικών θέσεων της βαθείας οικολογίας πως ο πληθυσμός της Γης είναι υπερβολικός με αποτέλεσμα το οικοσύστημα να δέχεται τεράστιες πιέσεις. Η πληθυσμιακή αυτή έκρηξη

των ανθρωπίνων όντων καταναλώνει πολλαπλάσιες ποσότητες φυσικών πόρων και ρυπαίνει σε εξαιρετικό βαθμό το φυσικό περιβάλλον [στο ίδιο: 294]. Για τους βαθείς οικολόγους, η θάλασσα, οι πέτρες, οι ποταμοί, οι μικροοργανισμοί και γενικότερα καθετί που βρίσκεται στο φυσικό περιβάλλον έχουν εγγενή αξία και πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν το δικό τους συμφέρον. Έτσι ο άνθρωπος οφείλει να αντιλαμβάνεται τον εαυτό του σε έντονη αλληλοδιαπλοκή με την -ισότιμη σε απόδοση αξίας- φύση [Καραγεωργάκης & Γεωργόπουλος, 2005].

Βέβαια οι περισσότερες λύσεις που προτείνονται σε διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα που θα περιγράψουμε σε επόμενο κεφάλαιο, καθοδηγούνται από τις δυνατότητες της τεχνολογίας, τις πολιτικές αποφάσεις και σε μικρότερο βαθμό παίρνοντας θέση στο δυϊσμό ρηχότητας-βάθους της ηθικής επιλογής αυτών των λύσεων.

Διαγενεακή και ενδογενεακή δικαιοσύνη

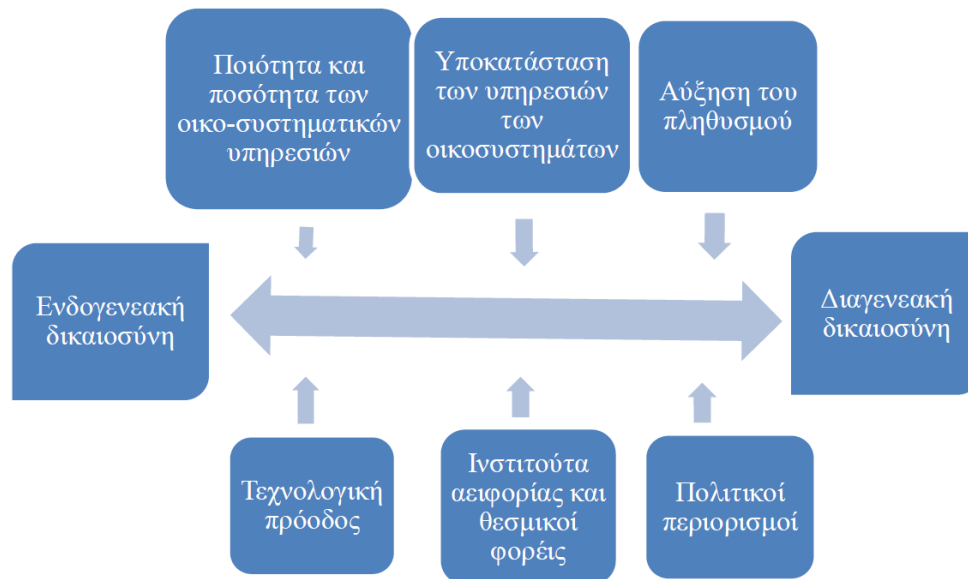
Η ενδογενεακή δικαιοσύνη σχετικά με το περιβάλλον αναφέρεται στην ίση αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων ανά τον κόσμο. Έτσι η κατανομή των δικαιωμάτων στις οικοσυστημικές υπηρεσίες και των ωφελειών που προκύπτουν από τη χρήση τους δε θα πρέπει να αξιαιρεί κάποιο σύνολο ανθρώπων [Μουσιόπουλος και συν. 2015: 16]. Ομοίως και η κατανομή των βαρών δε μπορεί να γίνει εξισώνοντας αναπτυγμένες με αναπτυσσόμενες χώρες.

Βασική αρχή της διαγενεακής ισότητας, είναι ότι η κυρίαρχη γενιά δεν πρέπει να επιβαρύνει το μέλλον της νεότερης, στερώντας της πόρους οικονομικούς ή φυσικούς αλλά και ευκαιρίες (εργασία, πολιτική συμμετοχή, κοινωνικά αγαθά). Η διαγενεακή δικαιοσύνη σχετικά με το περιβάλλον αναφέρεται στην ισότιμη κατανομή των φυσικών πόρων μεταξύ διαφορετικών γενεών και συγκεκριμένα στη διατήρηση των πόρων που καταναλώνονται σήμερα ώστε να μην λείψουν από τις γενιές που δεν έχουν ακόμα γεννηθεί [Bengston & Oyama, 2007].

Για τη διασύνδεση των παραπάνω γίνονται τρεις υποθέσεις:

1. Υπόθεση ανεξαρτησίας. Αναφέρεται στην ανεξάρτητη επίτευξη των στόχων της μιας από τους στόχους της άλλης
2. Υπόθεση διευκόλυνσης. Η επίτευξη στόχων της μίας καθιστά ευκολότερη την επίτευξη στόχων της άλλης.

3. Υπόθεση αντιπαλότητας. Η επίτευξη ενός στόχου της μιας, καθιστά δύσκολη την επίτευξη ενός στόχου της άλλης.



Σχέση ενδογενεακής - διαγενεακής οικολογικής δικαιοσύνης, πηγή: [Μουσιόπουλος και συν., 2015]

Το περιβαλλοντικό ζήτημα

Τεράστια είναι τα προβλήματα που έχει δημιουργήσει η παρουσία του ανθρώπου στη Γη και τα οποία θα αναφέρουμε ακροθιγώς. Η ατμοσφαιρική ρύπανση ως αποτέλεσμα της βιομηχανικής ανάπτυξης, βλάπτει την υγεία των ανθρωπίνων όντων, των πτηνών, των εντόμων και απειλεί με εξαφάνιση τα είδη. Το πρόβλημα της μείωσης της βιοποικιλότητας που εν μέρει προκαλείται από την ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και από άλλες δραστηριότητες του ανθρώπου όπως η υπεραλίευση, το λαθραίο κυνήγι κ.α. Η μείωση των ειδών χλωρίδας και πανίδας στερεί από τον άνθρωπο σημαντικές για την επιβίωσή του υπηρεσίες (ανθρωποκεντρική προσέγγιση) και εξαφανίζει δια παντός από τον πλανήτη μας ζωή με εγγενή αξία (οικοκεντρική προσέγγιση). Η κλιματική αλλαγή, άμεση απόρροια των δυο προαναφερθέντων προβλημάτων, κάνει εμφανή την παρουσία της μέσα από την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, την τροπή των καιρικών συνθηκών σε ακραίες εκφάνσεις, την αλλαγή του παγκόσμιου εδάφους με το λιώσιμο των πάγων, την ερημοποίηση παραγωγικών περιοχών και την αύξηση της στάθμης της θάλασσας.

Συμφωνίες σταθμοί

Οι συνέπειες αυτές εντείνουν το πρόβλημα της βιοποικιλότητας αλλά και απειλούν ευθέως την ζωή του ανθρώπου. Δραστηριότητες του ανθρώπου αναγκαίες στο σύγχρονο τρόπο ζωής είναι κατ' αποκλειστικό λόγο υπεύθυνες για τα προβλήματα αυτά. Η βιομηχανία, η παραγωγή ενέργειας, οι μεταφορές, η βιομηχανοποιημένη γεωργία, η αλιεία, ο τουρισμός, η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού εντείνουν την παρέμβαση και δημιουργούν το δίπολο οικονομίας-περιβάλλοντος που δεν επιτρέπει στην ανθρωπότητα να τα αντιμετωπίσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Έτσι δεν είναι υπερβολή να υποστηρίξουμε ότι οι ανθρωποκεντρικές λύσεις που θα δούμε παρακάτω είναι εγκλωβισμένες στο ότι για κάθε βελτίωση που επιφέρουν στον ένα πόλο δημιουργούν προβλήματα στον άλλο πόλο.

Προτού όμως δούμε εκτενέστερα τα προβλήματα αυτά και τις τεχνολογίες με τις οποίες προσπάθησε ο άνθρωπος να τα λύσει, ας δούμε τις κύριες θεσμικές κινήσεις που έγιναν για την καταπολέμηση αυτών των αρνητικών φαινομένων:

- 1η διάσκεψη του ΟΗΕ για το περιβάλλον (1972) όπου οι αρχηγοί κρατών και κυβερνήσεων αναγνώρισαν ότι στο πλαίσιο της οικονομικής ανάπτυξης και βελτίωσης της ποιότητας ζωής θα έπρεπε να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο περιβάλλον. Δόθηκε έτσι η εντολή στα Κοινοτικά όργανα να επεξεργαστούν προτάσεις για την περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Κοινότητας και να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα προς αυτή την κατεύθυνση.
- 1ο σχέδιο δράσεων για το περιβάλλον (1973) όπου καθορίζεται το πλαίσιο της κοινοτικής πολιτικής. Από τότε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εκδίδει πολυετή προγράμματα δράσης για το περιβάλλον τα οποία καθορίζουν μελλοντικές νομοθετικές προτάσεις και στόχους για την περιβαλλοντική πολιτική της ΕΕ. Το 2013, το Συμβούλιο και το Κοινοβούλιο ενέκριναν το 7ο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον για το διάστημα μέχρι το 2020, υπό τον τίτλο «Ευημερία εντός των ορίων του πλανήτη μας»
- Ίδρυση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) (1990) με σκοπό την ευρεία διάδοση αξιόπιστων και συγκρίσιμων πληροφοριών για το περιβάλλον ώστε να διευκολύνεται η λήψη απαραίτητων μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος και να εξασφαλίζεται σωστή πληροφόρηση σχετικά με την κατάσταση του.
- Η συνδιάσκεψη του Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (1992) αποτελεί σταθμό στη σύγχρονη περιβαλλοντική νομοθεσία και πολιτική. Καθιερώνει και πολιτικά την αρχή της αειφόρου ανάπτυξης, δηλαδή της ανάπτυξης που ικανοποιεί τις ανάγκες των σημερινών γενεών χωρίς να στερεί τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να

ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες. [Έκθεση Brundtland, Our Common Future, 1987] Εδώ βλέπουμε για πρώτη φορά την ιδέα της διαγενεακής αλληλεγγύης να αποκτά νομοθετημένη μορφή, αφού μπαίνει ουσιαστικά ένας κανόνας ανάπτυξης της παραγωγικής διαδικασίας που λαμβάνει υπ' όψιν τον αντίκτυπο αυτής στις μελλοντικές γενεές.

- Το πρωτόκολλο του Κιότο (1997) αποτελεί έναν «οδικό χάρτη», στον οποίο περιλαμβάνονται τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής που προκαλείται λόγω της αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με αυτό, τα κράτη που το έχουν συνυπογράψει δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων (2008-2012) κατά ένα συγκεκριμένο στόχο σε σχέση με τις εκπομπές του 1990. Αυτό επιχειρείται να γίνει με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο, ώστε να μην επιβαρυνθεί η παγκόσμια οικονομία. Επινοείται ένας μηχανισμός που προβλέπει την αγοραπωλησία δικαιωμάτων εκπομπών μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών (όπως για παράδειγμα κράτη και υπόχρεες εγκαταστάσεις) κατά τη θεωρία των property rights^{3*}.

Όπως έχει ήδη υπογραμμιστεί η περιβαλλοντική νομοθεσία δεν είναι απομονωμένος τομέας. Είναι απόλυτα συνδεδεμένος με τις πολιτικές προτεραιότητες αλλά και τη διοικητική ικανότητα του κάθε κράτους να προσαρμοστεί στις σύγχρονες και πειστικές προκλήσεις. Παράλληλα με αυτές τις εξελίξεις, ένας νέος κλάδος της μηχανικής αρχίζει να συστηματοποιείται και να ανεξαρτητοποιείται από τους μητρικούς κλάδους, αυτός της Μηχανικής περιβάλλοντος. Οι επιστήμονες αυτού του κλάδου έχουν την ευθύνη σύνταξης των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), που είναι πλέον υποχρεωτικές για οποιοδήποτε έργο.

Οι στόχοι της ΕΕ

- 20-20-20 (2020): Συμφωνία μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ έχει θέσει έναν αισιόδοξο στόχο για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Αυτή με χρονικό ορίζοντα υλοποίησης το έτος 2020, περιελάμβανε τη μείωση κατά 20%.

^{3*}η θεωρία των property rights είναι μια οικονομική θεωρία που μελετά την επίδραση των αποκλειστικών δικαιωμάτων στην ευημερία του κοινωνικού συνόλου.

- των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO²), την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας στο συνολικό σύστημα παραγωγής κάθε

χώρας στο 20% και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%, λαμβάνοντας ως έτος αναφοράς το 1990. Βέβαια αν λάβουμε υπ' όψιν τις έντονες πολιτισμικές, διοικητικές, οικονομικές κ.α. διαφορές μεταξύ των χωρών μελών μπορούμε να εξηγήσουμε γιατί άλλες χώρες ξεπέρασαν αυτούς τους στόχους εύκολα ενώ άλλες απέτυχαν ολοσχερώς [European Commission].

- 40-32-32.5 (2030): Ως μεσοπρόθεσμος στόχος έως το έτος 2030 έχει αναπτυχθεί ακριβώς το ίδιο πλάνο όπως προηγουμένως με επίκεντρο την περαιτέρω βελτίωση των δεικτών, σε σχέση πάντα με έτος αναφοράς το 1990. Έτσι η μείωση στις εκπομπές αερίων ορίζεται στο 40%, η διείσδυση των ΑΠΕ καθορίζεται στο 32% και η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στο 32.5%. Η ιδέα πίσω από αυτό το στόχο είναι ο χαρακτηρισμός της Ευρώπης ως κλιματικά ουδέτερης οικονομίας.

- Ευρωπαϊκή πράσινη συμφωνία (Green deal 2050) : Ο πλέον φιλόδοξος στόχος της ΕΕ που αποσκοπεί στο να μετατρέψει την Ευρώπη σε κλιματικά ουδέτερη ήπειρο. Μακροπρόθεσμη στρατηγική αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής με έτος ορόσημο το 2050, και περιλαμβάνει την επίτευξη μηδενικών καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τις χώρες της ΕΕ συνολικά, κυρίως μέσω της μείωσης των εκπομπών, των επενδύσεων σε πράσινες τεχνολογίες και της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος. Ο νόμος έχει ως σκοπό να εξασφαλίσει ότι όλες οι πολιτικές της ΕΕ θα συμβάλουν στην επίτευξη του εν λόγω στόχου και ότι όλοι οι τομείς της οικονομίας και της κοινωνίας θα διαδραματίσουν τον ρόλο που τους αναλογεί.

Οι παραπάνω στόχοι δείχνουν τον ανθρωποκεντρικό-ωφελιμιστικό τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που προαναφέραμε. Η ελάχιστη οικονομική επίπτωση αυτών των δράσεων βάζει σε δεύτερη μοίρα της ανάγκες τις περιβαλλοντικής ισορροπίας έναντι της ισορροπίας της οικονομίας. Επίσης δε γίνεται λόγος για την εγγενή αξία των οικοσυστημάτων παρά μονάχα οι επιπτώσεις που θα έχει στη ζωή του ανθρώπου μια πιθανή δυσμενέστερη κλιματική κατάσταση στο μέλλον.

Επίσης ως προτεραιότητα μπαίνει το κλίμα και όχι άλλα προβλήματα όπως η μείωση της βιοποικιλότητας από ανθρώπινες δραστηριότητες ή η μόλυνση των υπόγειων υδάτων από την κακή διαχείριση των αποβλήτων. Γι αυτό τα κράτη έχουν κατηγορηθεί από περιβαλλοντικές οργανώσεις και επιστήμονες ότι δρουν πάρα πολύ αργά αγγίζοντας τα όρια της μη αντιστρεψιμότητας*⁴ του προβλήματος.

Οι αρνητές της κλιματικής αλλαγής

Αυτό που τις τελευταίες δεκαετίες έχει ευρέως γίνει αποδεκτό ως κλιματική αλλαγή δεν είναι καθολικά αποδεκτό. Επιστημονικές έρευνες καταλήγουν σε τελείως αντιφατικά συμπεράσματα [Klein, 2014: 114]. Με δεδομένα όπως ότι οι παγκόσμιοι πόροι είναι απεριόριστοι κι επιχειρήματα πως η εξαφάνιση κάποιων ειδών είναι δεδομένη, απορρίπτοντας δεδομένα ερευνών που στοιχειοθετούσαν την κλιματική αλλαγή. Κι ενώ οι διεθνείς οργανισμοί ξεκινούσαν να σχεδιάζουν μελλοντικές δράσεις, οι αρνητές της κλιματικής αλλαγής καλούσαν τους ανθρώπους σε εφησυχασμό. Μια καθαρά εργαλειακή αντίληψη για το περιβάλλον που δεν υποστηρίζει την προστασία του περιβάλλοντος “χωρίς λόγο”^{5*}.

Γενικά για τη Βιοηθική

Η Βιοηθική είναι η εφαρμογή της ηθικής στις επιστήμες της ζωής. Είναι ο κλάδος που ασχολείται με όσα ηθικά και κοινωνικά προβλήματα ανακύπτουν από τις νέες εφαρμογές της Βιολογίας και της Ιατρικής, προσπαθώντας να πετύχει μια εξισορρόπηση των ωφελειών και των κινδύνων από τις αποφάσεις μας για τη χρήση της τεχνολογίας [Βιδάλης & Μολάκη, 2016] . Από τη φύση της η Βιοηθική είναι το σημείο τομής διαφορετικών επιστημονικών πεδίων: της Βιολογίας και της Ιατρικής αλλά και της Νομικής, της Φιλοσοφίας, της Κοινωνιολογίας και της Θεολογίας.

^{4*}ή σημείο μηδέν :το σημείο εκείνο που αν το πρόβλημα ενταθεί θα είναι εξαιρετικά δύσκολο έως αδύνατο να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Για το ζήτημα αυτό γίνεται αναφορά όλο και συχνότερα καθώς όπως υποστηρίζει ο Χρ. Ζερεφός “Αλλάξαμε τη σύσταση της ατμόσφαιρας και το σύστημα παύει να είναι σε ισορροπία “.

^{5*}ο μόνος λόγος που αποδέχονται οι εισηγητές-υποστηρικτές των χρησιμοθηρικών θεωριών, κάποια δράση υπέρ του περιβάλλοντος είναι προς όφελος, άμεσο ή έμμεσο των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, καθώς η αυταξία μη ανθρωπίνων όντων απορρίπτεται παντελώς.



Σχήμα 2, πηγή <https://www.slideshare.net/georgearlapanos/ss-76790631>

Η εφαρμογή της βιοηθικής έχει σκοπό να [Schneider, 1971]:

1. Να ορίσει και να υπερασπιστεί ανθρώπινες αξίες.
2. Να προαγάγει τις αξίες αυτές στους τομείς της έρευνας και της επιστήμης.
3. Να προβλέψει τους πιθανούς κινδύνους που μπορεί να προκύψουν από τις εξελίξεις της επιστήμης και να σταθμίσει τα οφέλη και τους κινδύνους για τον άνθρωπο, τους άλλους ζωντανούς οργανισμούς και το περιβάλλον.
4. Να διαμορφώσει ένα πλαίσιο για την πρακτική επίλυση δύσκολων ηθικών διλημμάτων.

Κλάδος της βιοηθικής αποτελεί η βιοϊατρική που ασχολείται με τα ηθικά και κοινωνικά ζητήματα που αφορούν τη διαχείριση της ζωής του ανθρώπου, κυρίως στο πεδίο της Ιατρικής. Ειδικότερα στην ιατρική ηθική τέσσερις αρχές ισότιμες μεταξύ τους συνιστούν σύμφωνα με τους Beauchamp & Childress ένα βασικό κώδικα δεοντολογίας για την αντιμετώπιση κάθε ζητήματος βιοηθικής:

1. Αρχή της αυτονομίας, αναφέρεται στο σεβασμό του ατόμου να κάνει τις δικές του επιλογές σε θέματα υγείας.
2. Αρχή της αβλάβειας, αναφέρεται στο καθήκον του ιατρού να φροντίζει για την υγεία των ασθενών αποφεύγοντας πρακτικές που μπορεί να τη βλάψουν.
3. Αρχή της ευεργεσίας, εμπεριέχει κανόνες για την εξισορρόπηση ωφελειών και κινδύνων.
4. Αρχή της δικαιοσύνης αναφέρεται στη δίκαιη μεταχείριση των ατόμων και την ίση πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας.

Σύγχρονα μείζονα ζητήματα που άπτονται της βιοηθική [Βιδάλης & Μολάκη, 2016]:

- Μεταμοσχεύσεις: Οι προβληματισμοί που αντιμετωπίζουμε στις μεταμοσχεύσεις από την πλευρά της βιοηθικής διακρίνονται σε αυτούς που αφορούν στην περίπτωση ιστών και οργάνων από τον ζώντα δότη και σε εκείνους που σχετίζονται με τον νεκρό δότη, ενώ ελλοχεύει κι ο κίνδυνος εμπορευματοποίησης των οργάνων.
- Αποφάσεις για το τέλος της ζωής: Σε ορισμένες χώρες, επιτρέπονται και αναγνωρίζονται νομικά έγγραφα τα οποία εκφράζουν τις επιθυμίες του ασθενή, όπως οι «διαθήκες ζωής» για περιπτώσεις μη αναστρέψιμης εγκεφαλικής βλάβης και ανάγκη για τεχνητή σίτιση κι ενυδάτωση. Μια αμφιλεγόμενη επιλογή του ασθενούς είναι η ευθανασία, ο «καλός/αξιοπρεπής θάνατος» κι εμπεριέχει την επίσπευση του θανάτου προκειμένου να παύσει ο αβάσταχτος πόνος και η ταλαιπωρία που υφίσταται ο πάσχων.
- Έρευνα στον άνθρωπο και στα ζώα: Η έρευνα σε διάφορους οργανισμούς αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο για τον προσδιορισμό λειτουργιών της ζωής. Στον άνθρωπο έχουμε δύο επίπεδα έρευνας: *in vitro*, που διενεργείται σε ανθρώπινο βιολογικό υλικό (κύτταρα, ιστό, αίμα κ.λπ.), το οποίο έχει αποσπασθεί από τον οργανισμό, και *in vivo*, στον ίδιο τον ανθρώπινο οργανισμό, με τη συμμετοχή εθελοντών. Όσον αφορά στην έρευνα με ζώα η επικρατούσα άποψη θεωρεί ότι τα ζώα έχουν κατώτερη αξία αλλά δεν πρέπει να αγνοούμε στοιχειώδεις τους ανάγκες για την καλή τους διαβίωση. Σήμερα, στην έρευνα με ζώα χρησιμοποιούμε πολλά είδη, περισσότερη όμως προσοχή δίνουμε στη χρήση σπονδυλωτών (ψαριών, ποντικών, κουνελιών κ.λπ.). Ο κανόνας που ισχύει διεθνώς για τη μεταχείρισή τους ονομάζεται «αρχή των τριών Rs» των Russell M. S. William και Burch L. Rex. που αποτελείται από τρεις λέξεις (replacement, reduction, refinement) και σημαίνουν ότι καμιά έρευνα δεν πρέπει να γίνεται σε σπονδυλωτά ζώα, αν υπάρχει εναλλακτική (Replacement). Αν δεν υπάρχει τέτοιος τρόπος, η έρευνα πρέπει να γίνεται στον απολύτως απαραίτητο αριθμό ζώων και όχι σε μεγαλύτερο (Reduction). Τα ζώα αυτά πρέπει να τα μεταχειριζόμαστε με σεβασμό, αποφεύγοντας όσο γίνεται περιττή ταλαιπωρία ή πόνο τόσο κατά τη συντήρησή τους όσο και κατά τη διάρκεια του πειράματος. Αν στο τέλος του πειράματος το ζώο χρειάζεται να θανατωθεί -γιατί αλλιώς θα υποφέρει-, αυτό πρέπει να γίνει μόνο με συγκεκριμένους τρόπους (αναισθησία, ανώδυνη ένεση κ.λπ.) (Refinement).
- Γενετική: Ο δρόμος που άνοιξε με τη χαρτογράφηση του ανθρώπινου γονιδιώματος μας οδηγεί ήδη στην ανακάλυψη πληροφοριών, κρίσιμων για την υγεία μας. Αναμφίβολα κρίνεται σημαντική η γνώση της γενετικής μας προδιάθεσης για σοβαρές ασθένειες (όπως π.χ. ο καρκίνος ή οι καρδιαγγειακές ασθένειες), ώστε να τις προλάβουμε, πριν

εκδηλωθούν. Όμως, από την άλλη, η γνώση της προδιάθεσης για την εκδήλωση σοβαρών ασθενειών μπορεί να έχει και αρνητικές επιπτώσεις στην κοινωνική μας ζωή.

- Ιατρικώς υποβοηθούμενη αναπαραγωγή κι επιλογή εμβρύων: Κάθε άνθρωπος έχει δικαίωμα στην αναπαραγωγή, στην απόκτηση απογόνων δηλαδή, εφόσον το επιθυμεί [Φραγκουδάκη, 2007]. Ωστόσο, ορισμένοι άνθρωποι πιθανώς να αντιμετωπίζουν προβλήματα υπογονιμότητας, οπότε αναζητούν ιατρική βοήθεια, προσφεύγουν δηλαδή στην Ιατρικώς Υποβοηθούμενη Αναπαραγωγή (ΙΥΑ). Άλλες φορές επειδή υπάρχει ο κίνδυνος για τα παιδιά να κληρονομήσουν μια σοβαρή γενετική ασθένεια από τους γονείς. Επίσης υπάρχει και το ενδεχόμενο παρένθετης μητέρας στην περίπτωση που κάποια γυναίκα δε δύναται να κυφορήσει ή ζευγάρι ομοφυλόφιλων να τεκνοποιήσει. Οι άνωθεν λόγοι εγείρουν αμφισβήτηση από διάφορες οπτικές πλευρές (θεολογική, κοινωνιολογική(αλλαγή προτύπου οικογένειας)). Επίσης η δυνατότητα επιλογής εμβρύου θεωρείται κατακριτέα γιατί πιθανόν οδηγεί στην ευγονική, δηλαδή στη δυνατότητα επιλογής θετικών χαρακτηριστικών.
- Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί: Ο όρος αυτός αφορά στους ζωντανούς οργανισμούς (φυτά, ζώα και μικροοργανισμούς), των οποίων το γενετικό υλικό έχει τροποποιηθεί τεχνητά, με τη βοήθεια της μοριακής βιολογίας για να προσδώσει μια νέα ιδιότητα στον οργανισμό, όπως π.χ. [Μητροσύλη, 2004]:
 - Λιγότερες απαιτήσεις των φυτών για νερό.
 - Ανθεκτικότητα των φυτών σε παράσιτα και ζιζάνια, με συνακόλουθη ελάττωση χρήσης παρασιτοκτόνων και ζιζανιοκτόνων.
 - Καθυστέρηση στην ωρίμανση και στην αλλοίωση των φρούτων και των λαχανικών.
 - Παραγωγή εμπλουτισμένων τροφών με ευεργετικά στοιχεία.
 - Αντοχή φυτών σε αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες.
 - Παραγωγή μεγαλύτερης μάζας ή πιο εύγευστου κρέατος και γάλακτος στα ζώα.
 - Παραγωγή ανθρώπινων πρωτεϊνών (π.χ. ινσουλίνης) για θεραπευτικές εφαρμογές.
 - Παραγωγή εμβολίων
 - Τροποποίηση βακτηρίων για βιολογική απορρύπανση.

Το κύριο ζήτημα βιοηθικής που προκύπτει εδώ είναι το αν επιτρέπεται να προχωρούμε σε πρακτικές εφαρμογές μιας τεχνολογίας, όταν δεν έχουμε ακόμη φτάσει σε ακριβή συμπεράσματα για την ασφάλειά της. Ο πιο ορατός κίνδυνος από την ανάπτυξη ΓΤΟ στο περιβάλλον είναι οι επιμολύνσεις άλλων οργανισμών, με καταστροφικές συνέπειες για τη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα.

- Βλαστοκύτταρα: Με τις σημερινές δυνατότητες της τεχνολογίας, η αφαίρεση βλαστοκυττάρων στο πρώιμο στάδιο της ανάπτυξης ενός εμβρύου που έχει δημιουργηθεί με εξωσωματική γονιμοποίηση, σημαίνει την καταστροφή του. Από την άλλη πλευρά, τα εμβρυικά βλαστοκύτταρα, χάρη στη δυναμική που διαθέτουν να διαφοροποιούνται σε πολλούς τύπους ιστού, μας εξασφαλίζουν πολύ μεγαλύτερες πιθανότητες να πετύχουμε την παραγωγή μοσχευμάτων, που θα έλυναν το πρόβλημα της περιορισμένης προσφοράς ιστών και οργάνων για μεταμοσχεύσεις [Δεληγεώργη, 2003]. Τίθεται, λοιπόν, το ερώτημα: είναι θεμιτό να καταστρέφουμε ανθρώπινα έμβρυα, για να πετύχουμε καλύτερες θεραπευτικές λύσεις (και ίσως να σώσουμε τις ζωές πολύ περισσότερων ασθενών που χρειάζονται μεταμόσχευση), ή μήπως αυτό ισοδυναμεί με θυσία ανθρώπων όπως εμείς [Βούλτσος και Χατζητόλιος, 2010].

Κεφάλαιο 2

Αυτόνομα συστήματα στη μάχη της προστασίας του περιβάλλοντος

Ενεργειακό ζήτημα

Όπως είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, η αναγνώριση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που έχουν δημιουργήσει οι δραστηριότητες του ανθρώπου, παρακίνησαν τα κράτη διεθνώς να λάβουν μέτρα περιορισμού των εκπομπών αερίων που είναι υπεύθυνα για την κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο τα κυρίως επικίνδυνα αέρια είναι :1)διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) , 2)μεθάνιο (CH_4), 3)χλωροφθοράνθρακες (CFC), 4), υπερφθοράνθρακες (PFCs), 5)υποξείδιο του αζώτου (N_2O), 6)εξαφθοριούχο θείο (SF_6) και αποτελούν τα GHG (GreenHouse Gases) των οποίων οι συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα καταγράφονται και η αποδέσμευσή του από τις βιομηχανίες παρακολουθούνται. Στην προσπάθεια λοιπόν των συμβαλλόμενων μερών των συμφωνιών για τη μείωση των εκπομπών GHG, προτάθηκαν εργαλεία που θα κάνουν δυνατή την καταγραφή αυτών των βελτιώσεων αλλά και τεχνολογίες που θα συνεισφέρουν στο περιβαλλοντικό κέρδος χωρίς να χρειαστεί να μειωθεί η βιομηχανική παραγωγή.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο της παραγωγής GHG καθώς η πλειονότητα των βιομηχανιών αγοράζουν την ενέργεια που χρειάζονται για τη λειτουργία τους. Η αύξηση της παραγωγής λοιπόν που στοχεύουν οι ανεπτυγμένες χώρες και ακόμα πιο έντονα οι αναπτυσσόμενες οδηγεί σε μία ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως. Αυτή η επιδιωκόμενη αύξηση είναι ένας παράγοντας δυσκολίας στο στόχο της μείωσης των εκπομπών GHG και η εξισορρόπηση των στόχων αποτελεί πρόκληση για την ανθρωπότητα.

Προτού όμως αναφερθούμε στις προσπάθειες για μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ας δούμε κάποια εργαλεία που αναπτύχθηκαν για να ποσοτικοποιηθεί το πρόβλημα.

Οικολογικό αποτύπωμα

Για την κατανόηση των επιπτώσεων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στο φυσικό περιβάλλον δημιουργήθηκε ένα εργαλείο μέτρησης των απαιτήσεων της ανθρωπότητας σε φυσικούς πόρους, το οικολογικό αποτύπωμα. Ο δείκτης αυτός δημιουργήθηκε με στόχο να υπολογιστεί η απαραίτητη περιοχή γης για την παραγωγή και συντήρηση των

αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνονται από μια καθορισμένη κοινότητα παρέχοντας επαρκείς ενδείξεις για τη βιώσιμη ανάπτυξη της κοινότητας αυτής και κατ' επέκταση της ανθρωπότητας. Η περιοχή γης στην οποία αναφέρεται ο δείκτης περιλαμβάνει το σύνολο της βιολογικά παραγωγικής γης, του πόσιμου νερού και της θάλασσας, που απαιτείται ώστε να παραχθούν οι φυσικοί πόροι που καταναλώθηκαν παγκοσμίως και να γίνει διαχείριση των αποβλήτων που παράγονται, λαμβάνοντας πάντα υπόψη την τρέχουσα τεχνολογία και ακολουθώντας τους τρέχοντες ρυθμούς διαχείρισης των φυσικών πόρων [Γκούνελα, 2008: 3]. Μονάδα μέτρησης του οικολογικού αποτυπώματος είναι το εκτάριο (1 ha=10.000 m²) και ως εκ τούτου μετατρέπει όλες τις δραστηριότητες του ανθρώπου σε έκταση γης η οποία είναι απαραίτητη για να λάβουν χώρα αυτές οι δραστηριότητες. Οι άνθρωποι καταναλώνουν πόρους και οικολογικές υπηρεσίες από όλο τον κόσμο και συνεπώς το παγκόσμιο οικολογικό αποτύπωμα είναι το άθροισμα όλων αυτών των περιοχών όπου κι αν βρίσκονται στον πλανήτη.

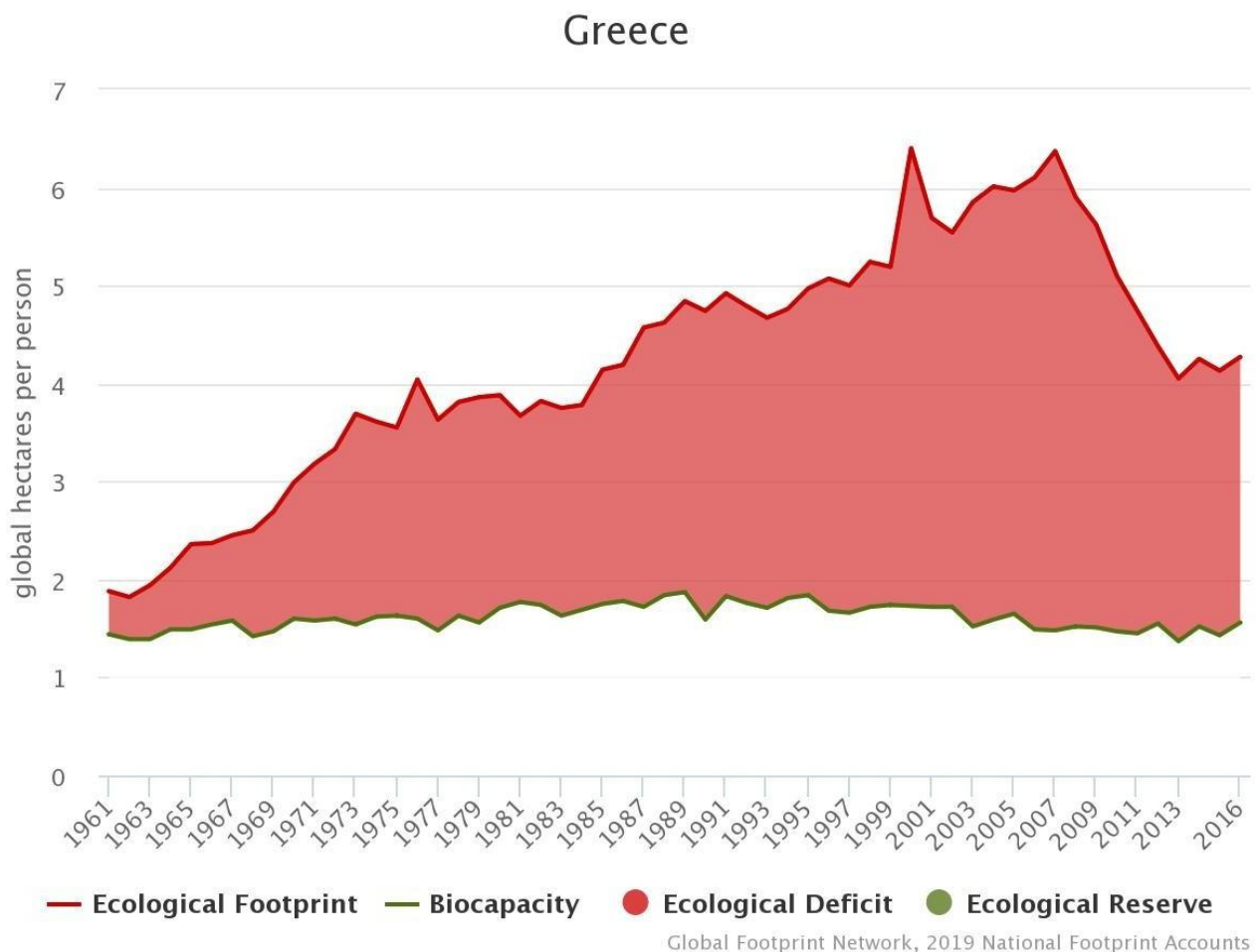
Ο δείκτης αυτός είναι χρηστικός και εφαρμόσιμος καθώς χρησιμοποιεί μία παγκόσμια σταθερά στον ορισμό του, την έκταση της γης η οποία είναι σταθερή και προσφέρει ένα μέτρο σύγκρισης της ικανότητας του πλανήτη να ανανεώνει τους καταναλισκόμενους πόρους. Επιπλέον είναι εύκολα συγκρίσιμες οι επιπτώσεις από τη δραστηριότητα διάφορων υποομάδων της ανθρωπότητας όπως τα κράτη και έτσι είναι ένα συμβουλευτικό εργαλείο στη χάραξη εθνικών περιβαλλοντικών και οικονομικών στρατηγικών.

Για να καταλάβουμε καλύτερα πως λειτουργεί ο δείκτης θα δώσουμε το παρακάτω παράδειγμα: Σύμφωνα με στοιχεία του worldometers τον Μάιο του 2020 ο τρέχων πληθυσμός της γης ανέρχεται στρογγυλεμένα στους 7.787.540.000 ανθρώπους. Ταυτόχρονα η έκταση της γης είναι υπολογισμένη στα 51.010.000.000 εκτάρια εκ των οποίων το 71% καλύπτεται από θάλασσα. Αν λοιπόν θεωρήσουμε το υπόλοιπο 29% ως διαθέσιμη και αξιοποιήσιμη για τις δραστηριότητες του ανθρώπου, βλέπουμε σύμφωνα με την παρακάτω σχέση την έκταση που αντιστοιχεί θεωρητικά σε κάθε άνθρωπο.

$$\frac{\text{Διαθέσιμη επιφάνεια της Γης}}{\text{Σημερινός παγκόσμιος πληθυσμός}} = 1,9 \text{ εκτάρια ανά κεφαλή}$$

Με μια σύντομη ματιά στα στατιστικά της Ελλάδας καταλαβαίνουμε ότι οι κάτοικοι αυτής χρειάζονται πάνω από τέσσερα (4) εκτάρια, πολύ περισσότερη έκταση από ότι

θεωρητικά τους αναλογεί και εύκολα βγαίνει το συμπέρασμα πως είτε στερούν από κατοίκους άλλων κρατών πόρους, είτε υπεραντλούν πόρους από το μερίδιο γης που τους αναλογεί, είτε συμβαίνουν και τα δυο μαζί.



Η εκτίμηση της υπερεκμετάλλευσης του περιβάλλοντος με την χρήση του οικολογικού αποτυπώματος ενός έθνους και η πραγματοποίηση σύγκρισης με το διαθέσιμο έδαφος του έχει δημιουργήσει αρκετές ανησυχίες. Αν για παράδειγμα όλα τα κράτη υποχρεώνονταν να χρησιμοποιούν μόνο τόση φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος όση εμπεριέχεται στο τοπικό τους επίπεδο, τότε θα αναγκάζονταν για έναν άνισο περιορισμό των δραστηριοτήτων τους ενώ κάποια θα στρέφονταν στη λύση της αύξησης της έκτασής τους εις βάρος των γειτονικών κρατών με ότι αυτό συνεπάγεται. Άλλο μειονέκτημα του δείκτη αυτού είναι πως τα αποτελέσματά του παρουσιάζουν πολλές φορές υπερέτιμηση της διαθέσιμης βιολογικής ικανότητας του εδάφους και υποτίμηση των απαιτήσεων των ανθρώπων σε φυσικούς πόρους

μειώνοντας ακόμα περισσότερο τον οικολογικό δείκτη που αποδίδουν στις διάφορες ομάδες. Ένα επιπλέον μειονέκτημα της μεθόδου είναι πως σε μικρότερες κλίμακες είναι δύσκολο να αντληθούν δεδομένα για αξιόπιστες μετρήσεις.

Στο σημείο αυτό να αναφέρουμε πως δεν είναι όλη η χερσαία έκταση της γης βιολογικά παραγωγική ούτε μπορεί να αξιοποιηθεί για τη διαχείριση των απορριμμάτων που προκύπτουν από την παραγωγική διαδικασία. Στις μεθόδους υπολογισμού του οικολογικού αποτυπώματος ορίζονται παράγοντες ισοδυναμίας για κάθε τύπο γης [στο ίδιο: 6] Η γη που λαμβάνει υπ' όψιν του ο δείκτης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



- Βιολογικά παραγωγική Γη
- Βιολογικά παραγωγική θάλασσα
- Γη Ενέργειας
- Κτισμένη Γη
- Γη περιορισμένης διαθεσιμότητας

Κατηγορίες γης στις οποίες μετράται το οικολογικό αποτύπωμα [Γκούνελα: 5]

Δεν είναι λοιπόν αρκετός αυτός ο δείκτης για την εξαγωγή τελικών συμπερασμάτων παρά για να δώσει μια εικόνα και αυτή μόνο συγκριτικά μεταξύ υποομάδων αλλά και διαχρονικά μιας συγκεκριμένης ομάδας. Παρ' όλα αυτά έκανε ευρέως αποδεκτό πως τα έθνη του κόσμου, ιδίως αυτά των αναπτυγμένων και οικονομικά εύρωστων χωρών, θα πρέπει να κινηθούν με την λογική της “Συρρίκνωσης και του καταμερισμού” του οικολογικού αποτυπώματος, ώστε να εξασφαλίσουν την βιωσιμότητα των μελλοντικών γενιών του πλανήτη. Με τον όρο συρρίκνωση, εννοούμε μείωση του παγκόσμιου οικολογικού αποτυπώματος έτσι ώστε η κατανάλωση των ανανεώσιμων πόρων της Γης, να μην υπερβαίνει την αναγεννητική ικανότητα των παραγωγικών οικοσυστημάτων του πλανήτη. Με τον όρο καταμερισμός εννοούμε τον τρόπο με τον οποίο η βιολογικά παραγωγική ικανότητα της Γης, θα κατανεμηθεί δίκαια ανάμεσα στους πολίτες του

κόσμου, στα έθνη, στις διάφορες περιοχές αλλά και στα άλλα είδη του πλανήτη [στο ίδιο: 24].

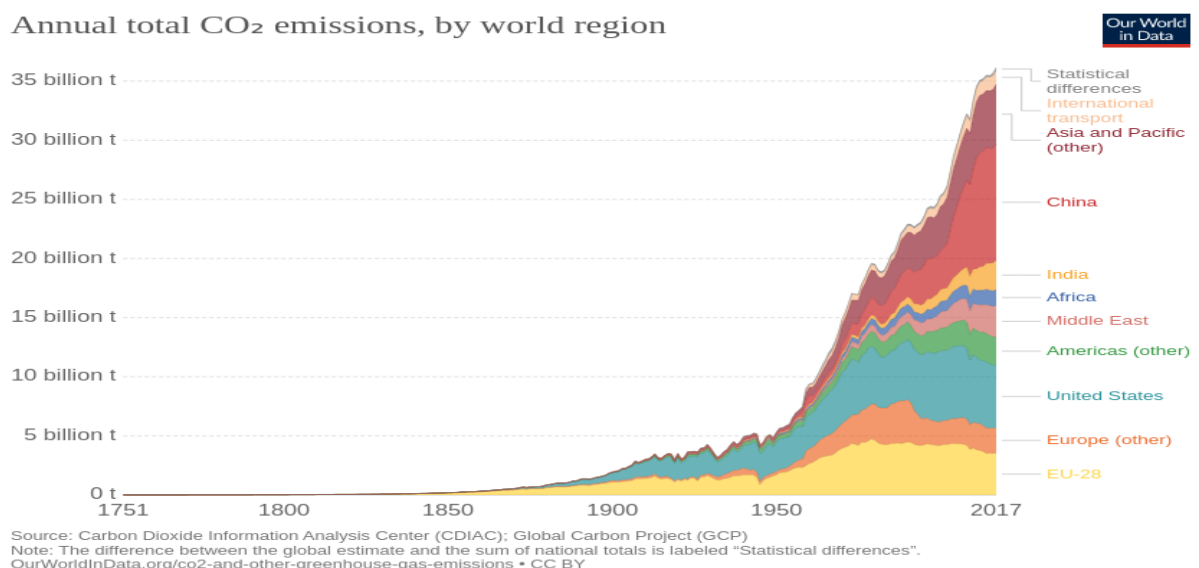
Αποτύπωμα άνθρακα

Η ανάγκη χρησιμοποίησης ενός πιο εύκολα μετρήσιμου δείκτη για την εξαγωγή συμπερασμάτων οδήγησε στην εισαγωγή του ανθρακικού αποτυπώματος ως εργαλείου υπολογισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αποτελεί υποομάδα του οικολογικού αποτυπώματος αφού δε λαμβάνει υπ' όψιν όλους τους φυσικούς πόρους που χρησιμοποιούνται, παρά μόνο εκείνους που έχουν ως αποτέλεσμα την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. Ουσιαστικά ως δείκτης υπολογίζει το συνολικό διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από έναν οργανισμό κατά τη διάρκεια της ζωής του. Για να συμπεριληφθούν όλα τα GHG στους υπολογισμούς, χρησιμοποιούμε το ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂eq) το οποίο υπολογίζεται αν πολλαπλασιάσουμε τις εκπομπές καθενός από τα έξι αέρια του θερμοκηπίου με το Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη εντός περιόδου 100 ετών [Αχτύπη, 2017: 53].

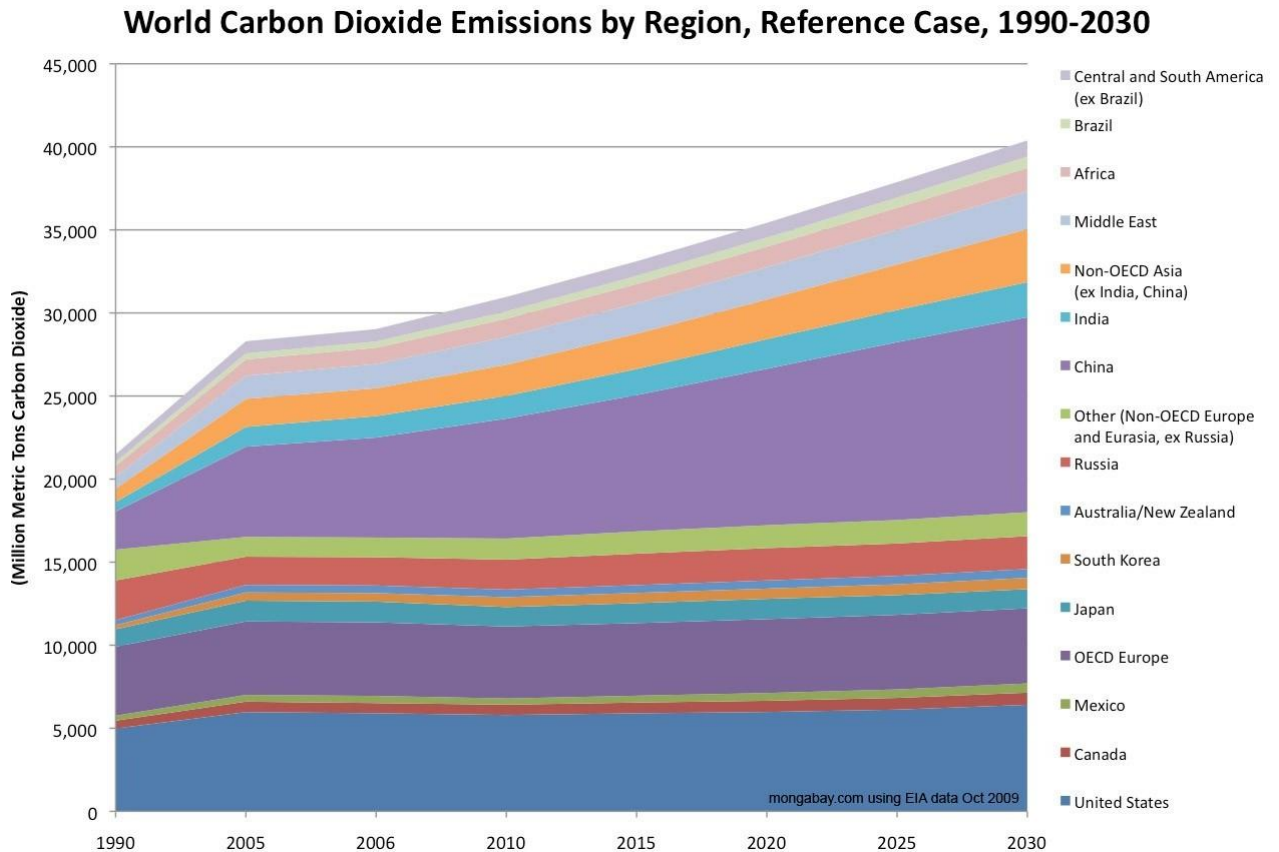
Έχουμε έτσι ένα δείκτη μιας μετρήσιμης ποσότητας εκπομπών που μπορεί να κάνει αντίστοιχα μετρήσιμο προσεγγιστικά το οικολογικό αποτύπωμα. Ο υπολογισμός του μπορεί να γίνει για ένα κράτος, μια εταιρία, έναν άνθρωπο και αθροιστικά να αποφανθούμε για την ανθρωπότητα συνολικά. Ο υπολογισμός του αποτυπώματος γίνεται ύστερα από συλλογή δεδομένων τα οποία μετατρέπονται σε ισοδύναμους τόνους CO₂ με δύο βασικές μεθόδους. Στη μία με την ανάλυση όλων των διεργασιών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας (bottom-up μέθοδος) και στην άλλη από τον υπολογισμό περιβαλλοντικών εισροών-εκροών της δραστηριότητας αυτής (bottom-down μέθοδος) [στο ίδιο: 64]. Αρμόδιο όργανο του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών για την αξιολόγηση επιστημονικών θεμάτων σχετικών με την κλιματική αλλαγή είναι η Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) και παρέχει τους συντελεστές μετατροπής κάθε περιβαλλοντικής δραστηριότητας ώστε να γίνεται υπολογισμός του δείκτη. Επίσης η IPCC προετοιμάζει αναλυτικές εκθέσεις αξιολόγησης σχετικά με την κατάσταση των επιστημονικών, τεχνικών και κοινωνικοοικονομικών γνώσεων για την κλιματική αλλαγή, τις επιπτώσεις της και τους μελλοντικούς κινδύνους, καθώς και μελετών που προτείνουν τρόπους για τη μείωση του ρυθμού με τον οποίο λαμβάνει χώρα η κλιματική αλλαγή.

Έτοιμα μοντέλα υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος προσφέρονται για την, αρχικά, εύκολη και γρήγορη προσέγγιση μιας ενδεικτικής τιμής και στη συνέχεια μιας πιο αναλυτικής εκτίμησης του συνολικού αποτυπώματος. Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα διατροφικό προϊόν. Πόση ενέργεια απαιτήθηκε για την άρδευση και καλλιέργειά του; Πόση ενέργεια καταναλώθηκε για τη συγκομιδή και διαλογή του; Πόσα υλικά απαιτούνται για τη συσκευασία του; Πόσα καύσιμα καταναλώθηκαν μέχρι να φτάσει στον τελικό καταναλωτή; Τα δεδομένα των απαντήσεων αυξάνουν την τιμή του ανθρακικού αποτυπώματος. Αντίθετα μειώνει την τιμή του το γεγονός πως η καλλιέργεια αποτελεί περιβαλλοντική εισροή αυξάνοντας τη βιομάζα της καλλιεργούμενης γης. Σε άλλους πάλι τομείς, όπως οι αερομεταφορές, οι άμεσες και έμμεσες εκπομπές απαιτούν πιο περίπλοκες αναλύσεις για να υπολογιστούν [Jungbluth & Meili, 2018].

Ο εύκολος υπολογισμός λοιπόν δίνει τη δυνατότητα εποπτείας στον χρήστη του δείκτη ώστε να μπορεί να αποφανθεί για ενδεχόμενες βελτιώσεις που θα μπορούσαν να μειώσουν την τελική του τιμή. Δίνει επίσης τη δυνατότητα ελέγχου σε διεθνείς φορείς πάνω σε οργανισμούς που δεσμεύονται από τις διάφορες συμβάσεις για το κλίμα. Είναι λοιπόν δυνατές συγκρίσεις εκπομπών μεταξύ κρατών άλλα και κάθε κράτους με προηγούμενα έτη. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τη συνεισφορά στο παγκόσμιο ανθρακικό αποτύπωμα όπως την έχει καταγράψει ο οργανισμός καταγραφής των παγκόσμιων εκπομπών Global Carbon Project (GCP).

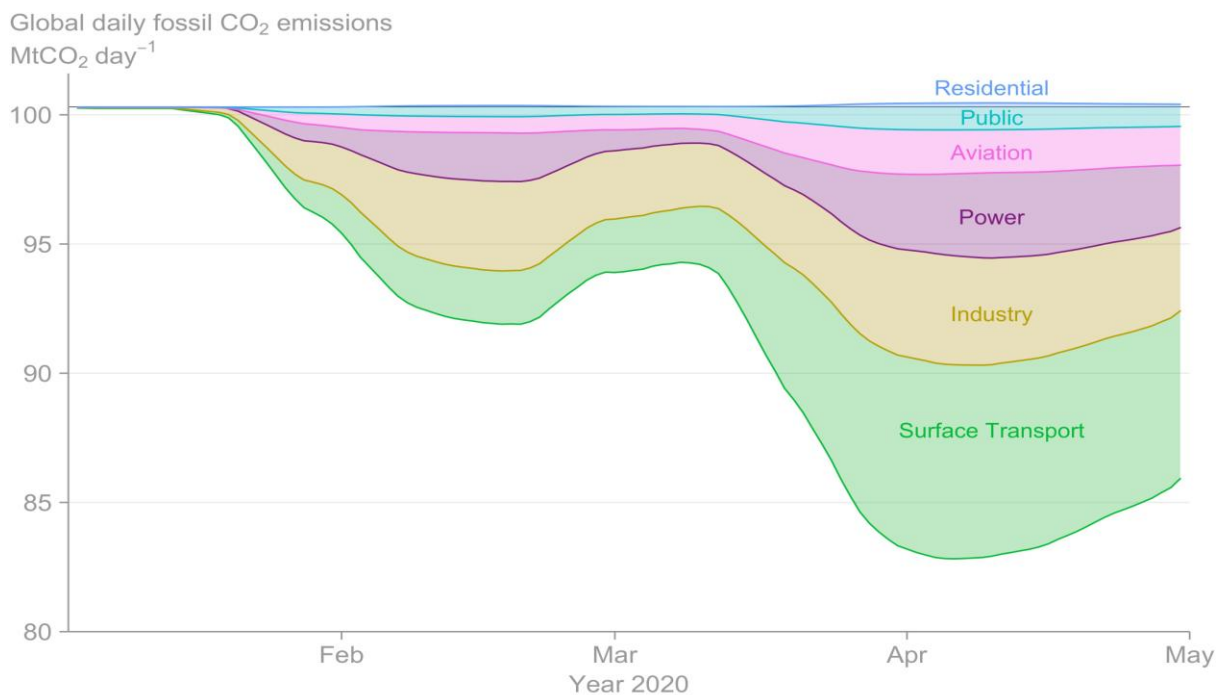


Στο επόμενο φαίνεται το ύψος των εκπομπών από το έτος αναφοράς 1990 καθώς και οι προβλέψεις μέχρι το έτος 2030 οπύ τοποθετείται ο τρέχων στόχος της ΕΕ.



σχήμα 8. πηγή: photos.mongabay.com/09/forecast_co2.jpg

Η σημασία του δείκτη γίνεται αντιληπτή από το παρακάτω σχήμα, οπύ φαίνονται οι διακυμάνσεις στις εκπομπές στη μη ομαλή περίοδο του παγκόσμιου lockdown που συντελέστηκε τους μήνες της πανδημίας του sars-cov-2. Προσφέρει την ευελιξία γρήγορων συμπερασμάτων σχετικά με τη μεταβολή των εκπομπών διαχρονικά.



© Source: Le Quéré et al. Nature Climate Change (2020); Global Carbon Project

Έχοντας λοιπόν γνώση του ανθρακικού αποτυπώματος ένας οργανισμός, εκτός από δράσεις μείωσης αυτού, μπορεί να προβεί σε αντιστάθμισή του μέσα από ενέργειες που μειώνουν το παγκόσμιο αποτύπωμα. Στο προηγούμενο παράδειγμα με το διατροφικό προϊόν, η χρησιμοποίηση αποδοτικότερης τεχνολογίας για την τυποποίηση του προϊόντος αυτού θα μειώσει το τελικό ανθρακικό αποτύπωμα του ίδιου αλλά δε θα καταφέρει ποτέ να τη μηδενίσει. Αν όμως ο παραγωγός παράλληλα με την δημιουργία του συγκεκριμένου προϊόντος φυτέψει δέντρα σε μία έκταση ανεξάρτητη με την έκταση που διατηρεί την καλλιέργειά του, μπορεί να μηδενίσει πλήρως το ανθρακικό αποτύπωμα των δράσεών του. Μεταφέρει λοιπόν το πεδίο βελτίωσης από το άμεσο αποτύπωμα στο συνολικό αντίκτυπο (θετικό ή αρνητικό) στο περιβάλλον.

Η ιδέα της αντιστάθμισης είναι ένας τρόπος ανάληψης περιβαλλοντικής ευθύνης από έναν οργανισμό που αντιλαμβάνεται ότι δεν μπορεί μονάχα να εκπέμπει GHG αλλά πρέπει ταυτόχρονα να φροντίζει να αυξάνει τη δυνατότητα απορρόφησής τους από το περιβάλλον. Έχουν λοιπόν δημιουργηθεί οργανισμοί που αναλαμβάνουν να οργανώσουν δράσεις που αντισταθμίζουν τις εκπομπές άνθρακα και τις προσφέρουν ως υπηρεσία σε οργανισμούς που θέλουν να μειώσουν το ανθρακικό τους αποτύπωμα.

Η πρακτική αυτή παρότι συνεισφέρει στην τελική μείωση των GHG στην ατμόσφαιρα έχει επικριθεί καθώς α)μεταθέτει την ανάληψη δράσεων εκτός των τομέων δραστηριότητας του ενδιαφερόμενου και β)δε μειώνει τις συνολικές εκπομπές.

Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών

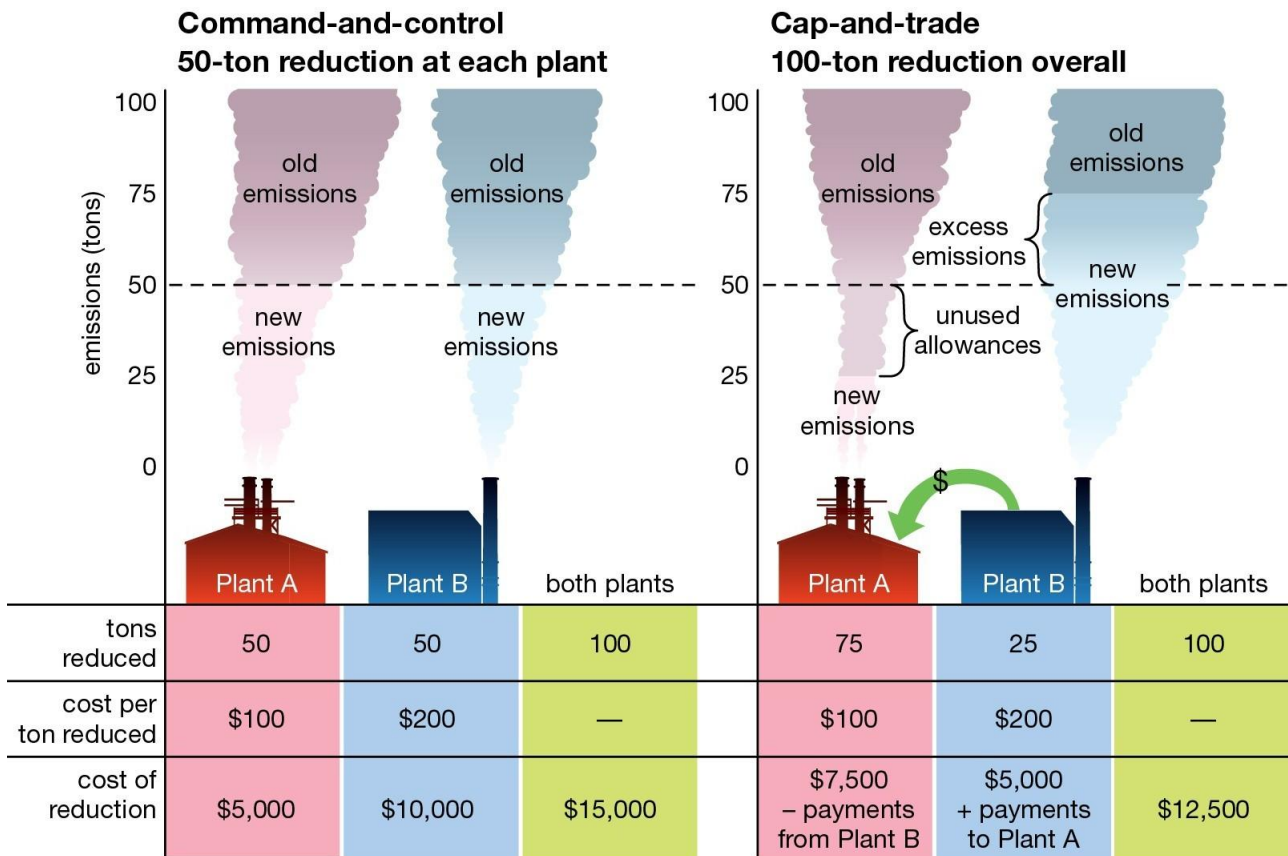
Οι μετρήσιμοι στόχοι που έθεσε η ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα οδήγησε στην θέσπιση κανόνων μεταξύ των κρατών μελών, αλλά και μεταξύ της ΕΕ και τρίτων χωρών, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι αυτοί. Το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ) της ΕΕ δρομολογήθηκε το 2005 με στόχο να ενθαρρυνθεί η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με τρόπο όμως οικονομικά αποδοτικό και αποτελεσματικό. Θέτει περιορισμούς στις ποσότητες GHG που μπορούν να εκπέμπουν τα κράτη θέτοντας ανώτατα όρια τα οποία και μειώνονται σταδιακά ώστε να επιτευχθεί ο μεσο-μακροπρόθεσμος στόχος μείωσης [europa.eu].

Το εργαλείο αυτό κατανέμει με ένα δίκαιο τρόπο τα δικαιώματα αυτά ανάμεσα στα κράτη λαμβάνοντας υπ' όψιν πληθώρα παραγόντων όπως η οικονομική ανάπτυξη της κάθε χώρας μέλους, το ενεργειακό της προφίλ, η διείσδυση των πράσινων τεχνολογιών στην παραγωγή ενέργειας κ.α.

Το σημαντικό όμως είναι η πρόβλεψη που επιτρέπει στις χώρες-μέλη να εμπορεύονται μέρος των δεσμεύσεων εκπομπών και να ανακατανέμουν πρακτικά τις επιτρεπόμενες εκπομπές μεταξύ τους [Λιανού, 2011 :15]. Κι αυτό είναι εφικτό αφού η δέσμευση αφορά τη συνολική μείωση των εκπομπών εντός ΕΕ την οποία δέσμευση δεν επιμερίζει με αναλογικό τρόπο, αλλά σταθμισμένο σύμφωνα με της δυνατότητες του κάθε κράτους. Με τη σειρά του κάθε κράτος-μέλος κατανέμει τα δικαιώματα εκπομπών στις εγκαταστάσεις που υπάγονται στο σύστημα εμπορίας μέσα από το Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΣΚΔΕ), το οποίο περιλαμβάνει εγκαταστάσεις που δραστηριοποιούνται στους τομείς της ενέργειας, της παραγωγής και μεταποίησης των σιδηρούχων μεταλλευμάτων, της εξορυκτικής βιομηχανίας και της παραγωγής χαρτιού και χαρτονιού, οι οποίες υπόκεινται υποχρεωτικά στο εν λόγω σύστημα.

Παρέχονται οικονομικά κίνητρα στις ρυπαίνουσες εταιρίες για την επίτευξη χαμηλότερων εκπομπών αφού το σύστημα εμπορίας δίνει τη δυνατότητα της αγοραπωλησίας των δικαιωμάτων που μοιράζονται σε αυτές. Αν για παράδειγμα ένας παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας καταφέρει να μειώσει τις εκπομπές GHG από τις δραστηριότητές του, έχει τη δυνατότητα να πουλήσει τη διαφορά που προκύπτει από το ανώτατο επιτρεπτό όριο που του αναλογεί σε μία οποιαδήποτε εταιρία που ξεπέρασε το όριο. Μια διαδικασία που δημιούργησε το ρητό “ο ρυπαίνων πληρώνει” και ανταμείβει όσους οργανισμούς επενδύουν στη μείωση των ρύπων των δραστηριοτήτων τους.

Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ένα παράδειγμα για τον τρόπο με τον οποίο το ΣΕΔΕ οδηγεί σε μια οικονομικά βιώσιμη μείωση των εκπομπών, καθώς δε η μείωση αυτή ενδέχεται να κοστίζει λιγότερο σε κάποιους κλάδους και περισσότερο σε άλλους.



© Encyclopædia Britannica, Inc.

Η δυνατότητα αγοραπωλησίας είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία χρηματιστηρίων ρύπων στην ΕΕ αλλά και παγκοσμίως μέσα από το οποία θα μετατραπούν τα κίνητρα μείωσης σε απτά οικονομικά αποτελέσματα [στο ίδιο: 17]. Τη ρύθμιση βέβαια των κανόνων της αγοράς αναλαμβάνουν οι διεθνείς οργανισμοί και στην περίπτωση της ΕΕ οι κοινοτικές οδηγίες που προκύπτουν από την πιο πρόσφατη συμφωνία που υπογράφηκε στην σύνοδο των Παρισίων το 2015 [europa.eu]. Η στρατηγική προσαρμογής της ΕΕ, θα συμβάλει στη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών GHG καθιστώντας την ΕΕ ανθεκτική στην κλιματική αλλαγή, θα ενθαρρύνει τη διατήρηση της οικονομικής ανάπτυξης στα παρόντα επίπεδα, θα τονώσει τις επενδύσεις που αντιστρέφουν την κλιματική αλλαγή και θα δημιουργήσει νέες ποιοτικές θέσεις εργασίας [Ευρωπαϊκή επιτροπή, 2013].

Το σύστημα εμπορίας, παρότι παρέχει κίνητρα για μείωση των ρύπων και εποπτεύει τις εμπορικές συναλλαγές χρειάζεται να συνδυαστεί με άλλα εργαλεία για την επίτευξη των στόχων όπως είναι τα 'προγράμματα από κοινού' και ο 'μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης' των οποίων το περιεχόμενο ξεφεύγει από τους σκοπούς της παρούσης.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Η οδηγία της Ε.Ε. για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει ως στόχο να διασφαλίσει ότι έως το 2030 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα καλύπτουν τουλάχιστον το 32% της συνολικής κατανάλωσης της ΕΕ όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τις μεταφορές, τη θέρμανση και την ψύξη. Κάθε κράτος μέλος υιοθετεί το δικό του εθνικό σχέδιο δράσης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με διαφορετικό ποσοστό συνεισφοράς στη συνολική μείωση.

Ως ανανεώσιμες πηγές θεωρούνται εκείνες που ανανεώνονται με φυσικό τρόπο όντας ανεξάντλητες και δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση όπως εξόρυξη ή καύση, με αποτέλεσμα να μην συνεπάγονται έκλυση αερίων του θερμοκηπίου και άλλων αποβλήτων. Ως ΑΠΕ θεωρούνται [Παπαδοπουλος, 1997: 2]:

1. Ηλιακή ενέργεια, παράγεται αξιοποιώντας την ενέργεια του ήλιου είτε απ' ευθείας μετατρέποντάς την σε ηλεκτρική είτε μέσω ηλιακών συλλεκτών μετατρέποντάς την πρώτα σε θερμική.
2. Αιολική ενέργεια, παράγεται αξιοποιώντας την κινητική ενέργεια των αέριων μαζών και μετατρέποντάς την αρχικά σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική.
3. Υδροηλεκτρική, παράγεται από την αποθηκευμένη δυναμική ενέργεια υδάτινων ρευμάτων που αφήνονται να εξέλθουν από φράγματα.
4. Κυματική ενέργεια, παράγεται από τα θαλάσσια κύματα τα οποία παρασύρουν στην ταλάντωσή τους κατάλληλες διατάξεις μετατρέποντας την κινητική σε ηλεκτρική.
5. Γεωθερμική ενέργεια, παράγεται από τη θερμότητα των εσωτερικών στρωμάτων της γης.
6. Βιομάζα, παρέχει ως πρώτη ύλη γεωργικά και δασικά υπολείμματα τα οποία με κατάλληλη θερμοχημική επεξεργασία παράγουν τα βιοκαύσιμα.
7. Κυψέλες καυσίμου, μετατρέπουν τη χημική ενέργεια απ' ευθείας σε ηλεκτρική.

Οι πιο διαδεδομένες μορφές ΑΠΕ είναι η ηλιακή και αιολική. Ο συνδυασμός μείωσης του κόστους εγκατάστασης ανά KWatt τα τελευταία χρόνια, της αύξησης των δεικτών αποδοτικότητας και της κοινοτικής στήριξης αποτέλεσαν τους βασικούς μοχλούς ανάπτυξης της αιολικής και ηλιακής ενέργειας. Χαρακτηριστικό των διατάξεων

αυτών είναι η αδυναμία ελέγχου του ρυθμού παροχής πρωτογενούς ενέργειας εν αντιθέσει με τις συνήθεις διατάξεις παραγωγής από συμβατικές ή και άλλες ανανεώσιμες πηγές και αποτελεί το βασικό μειονέκτημα τους καθώς η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται και καταναλώνεται ταυτόχρονα [στο ίδιο: 5].

Ένα επίσης σημαντικό μειονέκτημα των ΑΠΕ είναι οι αλλοιώσεις που δημιουργεί η διείσδυσή τους*⁶ σε ένα υφιστάμενο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας το ανώτατο όριο που αυτή συνεπάγεται στο λόγο ενέργειας ΑΠΕ προς συμβατικής ενέργειας [στο ίδιο: 165,338]. Βέβαια οι αλλοιώσεις αυτές αντισταθμίζονται από τα οφέλη της σύνδεσής τους στο δίκτυο όπως είναι η ευστάθεια του δικτύου και η βελτίωση ποιότητας της τροφοδότησης του καταναλωτή, υποστήριξη των αιχμών ζήτησης με την συνεπαγόμενη αποφόρτιση των δικτύων και κυρίως η μείωση των απωλειών μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας [Χατζηβασιλειάδης, 2009: 5].

Reuse-Reduce-Rycycle

Προτού συνεχίσουμε σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, πρέπει να επισημάνουμε πως ο καλύτερος τρόπος μείωσης των εκπομπών είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον τελικό χρήστη. Απλές κινήσεις οικιακής οικονομίας και ευσυνειδησίας των πολιτών θα μπορούσαν να μειώσουν σε κάποιο ποσοστό τις ανάγκες τροφοδότησης με ενέργεια και κατ'επέκταση να μειώσουν χωρίς περαιτέρω βελτιώσεις και αλλαγές το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και με μηδενικό κόστος [European Comission, 2017: 17].



Ομοίως η επαναχρησιμοποίηση, όπου αυτό είναι δυνατό, εργαλείων, πρώτων υλών και γενικά αντικειμένων τα οποία απαιτούν ενέργεια για να κατασκευαστούν, δεν αυξάνει το ανθρακικό αποτύπωμα των ενεργειών που πραγματοποιούνται με αυτά.

*6 Ο όρος διείσδυση αφορά το ποσοστό ενσωμάτωσης των ΑΠΕ στο συνολικό δίκτυο.

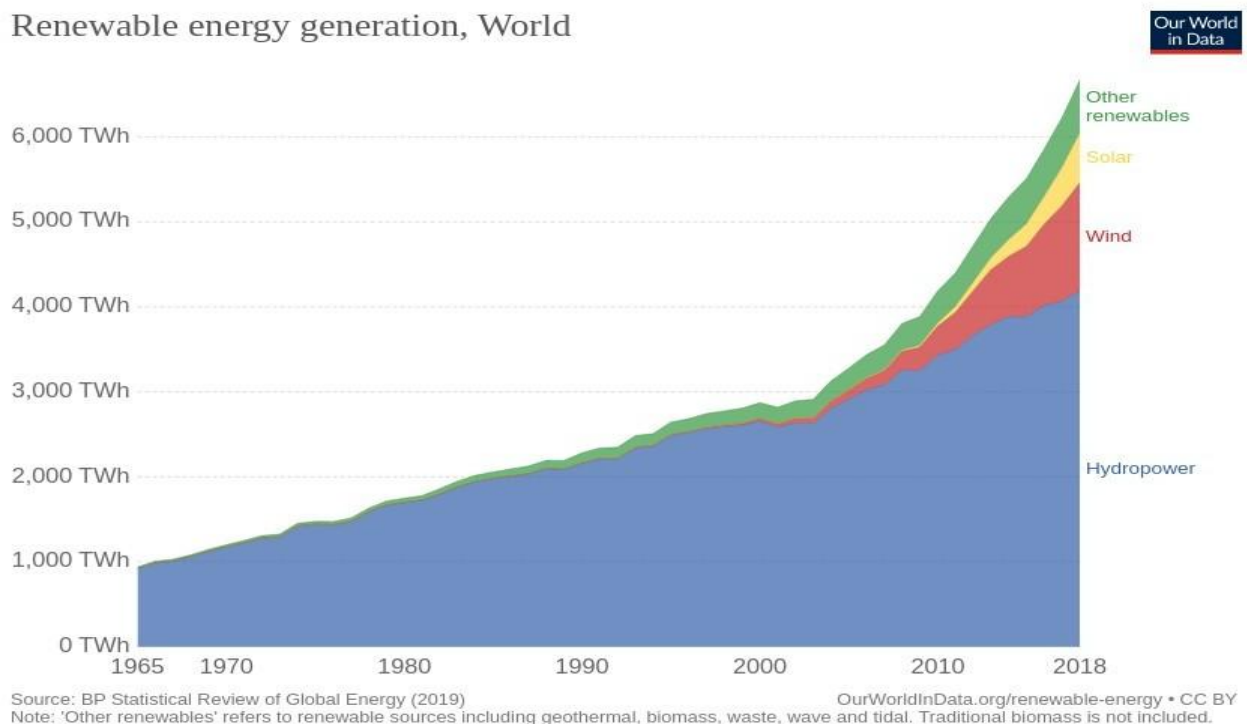
Ακόμα όμως και αν δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση αυτών για το σκοπό που αρχικά κατασκευάστηκαν, η εύρεση μιας νέας χρήσης θα απέτρεπε την κατάληξή τους στα σκουπίδια. Τέλος η ανακύκλωση οδηγεί σε μικρότερες αυξήσεις των εκπεμπόμενων GHG καθώς η μείωση των κρίκων της αλυσίδας που απαιτούνται για την παραγωγή αντικειμένων θα εξοικονομήσει ενέργεια και πρώτες ύλες.

Τα τρία αυτά συστατικά της περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς των καταναλωτών, μείωση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση, γνωστά ως τα “3 R”, προλαμβάνουν τη συσσώρευση υπερβολικών και περιττών αποβλήτων και στοχεύουν στη μείωση κατανάλωσης μη ανανεώσιμων πόρων.

Αιολική ενέργεια

Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ μετά τα υδροηλεκτρικά προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα, με αυξητικές τάσεις.

Renewable energy generation, World



Οι ανεμογεννήτριες σε λίγες περιπτώσεις αξιοποιούνται μεμονωμένα για την παραγωγή μηχανικής και θερμικής ενέργειας ή ηλεκτρικής για περιοχές εκτός σύνδεσης

στο ηλεκτρικό δίκτυο, με περιορισμένη όμως οικονομική σημασία. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων ομαδοποιούνται σε αιολικά πάρκα, δηλαδή συστοιχίες πολλών ανεμογεννητριών που εγκαθίσταται και λειτουργούν σε μια περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύουν το σύνολο της παράγωγής τους στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο.

Η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου απαιτεί και κάποιες συνοδευτικές εγκαταστάσεις καταστροφικές για το περιβάλλον [Αμοργιανιώτης & Μαλινδρέτος, 2010: 35]. Ηλεκτρικοί υποσταθμοί μετατροπής τάσης, μετεωρολογικοί πύργοι, εργοταξιακοί οικίσκοι και γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας απαιτούν τεράστιες ποσότητες τσιμέντου που αλλοιώνουν την ταυτότητα των μέχρι πρότινος παρθένων οικοσυστημάτων [στο ίδιο]. Για να μεταφερθούν οι γιγάντιες ανεμογεννήτριες στη θέση εγκατάστασης, αποψιλώνονται δασικές εκτάσεις και ανοίγονται δρόμοι μεγάλου πλάτους με αποτέλεσμα τη ριζική αλλαγή του τοπίου. Το συγκεκριμένο οδικό δίκτυο χρησιμεύει μόνο στην εγκατάσταση και τη συντήρηση του αιολικού πάρκου και δεν συνεισφέρει στο εθνικό δίκτυο εξυπηρετώντας μετακινήσεις πολιτών. Το πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να εξαλειφθεί αν η χρήση των αερομεταφορών δεν ήταν τόσο κοστοβόρα. Οδηγούμαστε έτσι σε μία λεηλασία των βουνών με fast track διαδικασίες που εξαφανίζουν το κάλλος των φυσικών τοπίων μετατρέποντάς τα σε βιομηχανικές ζώνες παραγωγής αιολικής ενέργειας, με τεράστιο κόστος στη φυσική, τοπική και τουριστική ταυτότητα καθώς και δραματικό οικολογικό αποτύπωμα [Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία, 2020 :11].

Πέρα όμως από την αλλοίωση του τοπίου, οι επιπτώσεις στην πανίδα είναι σημαντικές. Το ζωικό βασίλειο θα υποφέρει. Για παράδειγμα, οι ανεμογεννήτριες μόνο στην περιοχή της Καλιφόρνια σκοτώνουν κατά μέσο όρο 200-300 γεράκια, και 40-60 χρυσαετούς ετησίως, ενώ έχει εκτιμηθεί ότι 7.000 αποδημητικά πουλιά συνολικά σκοτώνονται στη διάρκεια ενός έτους [Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία, 2020]. Πολλά μεταναστευτικά έντομα επίσης διέρχονται από τα σημεία εγκατάστασης αιολικών πάρκων δημιουργώντας σμήνη με αποτέλεσμα την εξόντωση χιλιάδων τόνων εντόμων ετησίως [Franz, 2018: 2]. Οι απώλειες αυτές που οφείλονται στη λειτουργία των ανεμογεννητριών έρχονται να προστεθούν στις απώλειες που προκαλεί η ανθρώπινη δραστηριότητα. Ωστόσο και η μη ιπτάμενη πανίδα επηρεάζεται από την παρουσία των ανεμογεννητριών, καθώς τα φυσικά μονοπάτια που χρησιμοποιεί καταπατούνται και/ή αποκόπτονται. Η ενσωμάτωση συστημάτων αναγνώρισης των διερχόμενων σμηνών που θα προσαρμόζει την κίνηση των πτερυγίων έχει προταθεί αλλά το μεγαλύτερο κόστος και η αύξηση της πιθανότητας να παρουσιαστεί κάποια βλάβη δεν έδωσαν συνέχεια

προς αυτή την τεχνολογία [στο ίδιο]. Τα ενδημικά πουλιά και έντομα από την άλλη φαίνεται να συνηθίζουν την παρουσία των ανεμογεννητριών αλλά όχι και την κίνηση των πτερυγίων που προκαλούν απώλειες στον πληθυσμό των μελισσών και των νυχτερίδων [Tronstad & others, 2014 :9].

Επιπρόσθετα οι κοινωνίες των ανθρώπων που ζουν κοντά στα αιολικά πάρκα επηρεάζονται αρνητικά από την παρουσία των ανεμογεννητριών. Η οπτική όχληση, παρότι υποκειμενική, επιβάλλεται στο τοπίο υποβαθμίζοντας την τουριστική αξία των περιοχών στις οποίες εγκαθίστανται τα αιολικά πάρκα. Οι κατάσπαρτες από ανεμογεννήτριες βουνοκορφές συνιστούν ένα τοπίο αλλοιωμένο και ψυχρό, το οποίο έχει απολέσει τον σκοπό του και κάθε αίσθηση του φυσικού ανάγλυφου του και του ζωτικού του ορίζοντα [Παυλάκη, 2016]. Ένα τοπίο ανίκανο πλέον να βιωθεί και να προσφέρει απόλαυση στη θέασή του και την πολύτιμη εμπειρία της αναψυχής [Συγκολλίτου, 2009]. Η ηχητική ρύπανση επίσης εισέβαλε στην ηρεμία της φύσης και της υπαίθρου και είναι ενοχλητικοί για όσους διαβιούν κοντά σε πάρκο, όπως συμβαίνει σε πολλές περιπτώσεις σε νησιά [Καραγιάννης, 2014]. Ο Θόρυβος βέβαια που προέρχεται από τα ρουλεμάν, τη γεννήτρια και τα πτερύγια (αεροδυναμικός θόρυβος) της ανεμογεννήτριας, με βάση αυστηρές προδιαγραφές παραμένει κάτω από κάποια επιτρεπτά όρια για να αποφεύγεται η ενόχληση [Λευθεριώτης, 2015]. Παρόλα τα παραπάνω μειονεκτήματα η παραγωγή ενέργειας από ανεμογεννήτριες αυξάνεται με τον ταχύτερο ρυθμό συγκριτικά με τις υπόλοιπες ΑΠΕ και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έχει διπλασιαστεί τα τελευταία 6 χρόνια, όπως φαίνεται στο γράφημα που ακολουθεί.

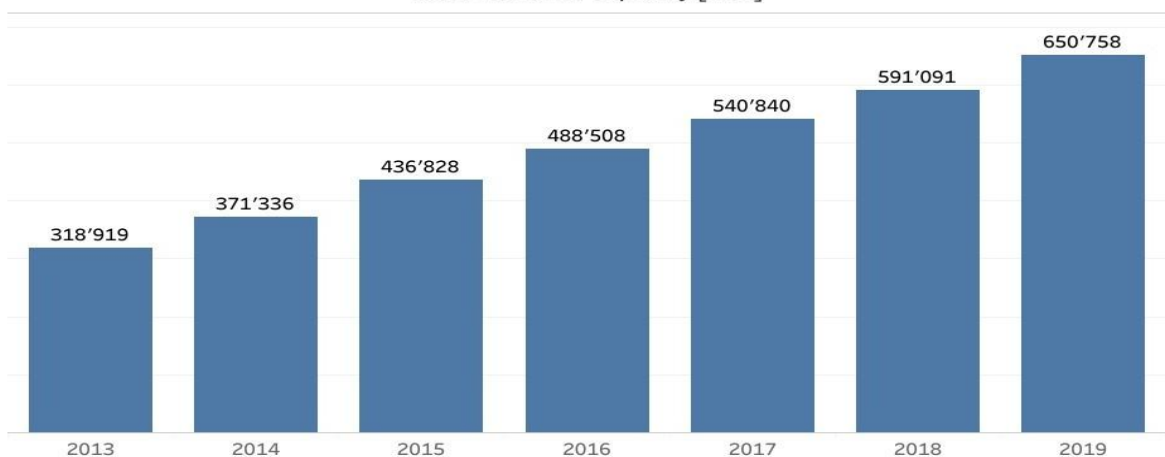
Global Capacity	New Installations	Growth Rates	Top 10 Markets	Country and regional shares	All Countries (list)	1980 - 2019
-----------------	-------------------	--------------	----------------	-----------------------------	----------------------	-------------



LIBRARY
by Jean-Daniel Pitteloud

GLOBAL WIND INSTALLATIONS

Total Installed Capacity [MW]



Ηλιακή Ενέργεια

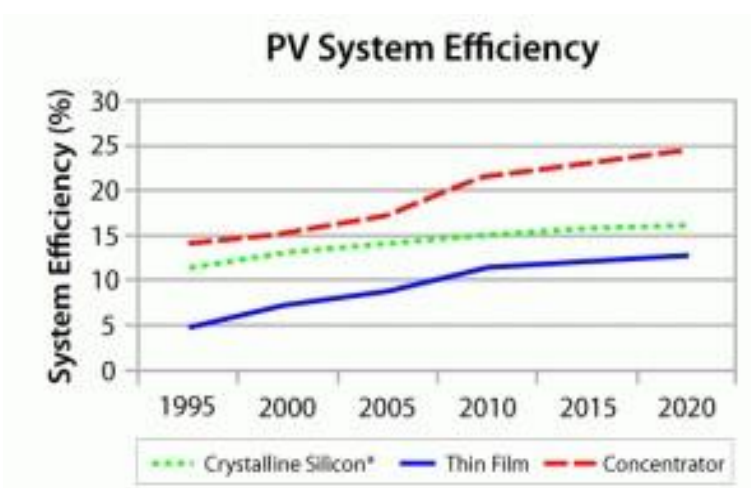
Σε αντίθεση με την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας που απαιτεί συγκεκριμένες κλιματολογικές συνθήκες για να καταστεί δυνατή, η ηλιακή ενέργεια είναι ευρέως αξιοποιήσιμη και σχεδόν παντού διαθέσιμη. Ευρέως διαδεδομένη είναι η αξιοποίησή της για θέρμανση με τους ηλιακούς θερμοσίφωνες, ενώ τις τελευταίες δεκαετίες έμφαση δόθηκε στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με τον όρο φωτοβολταϊκά συστήματα εννοούμε:

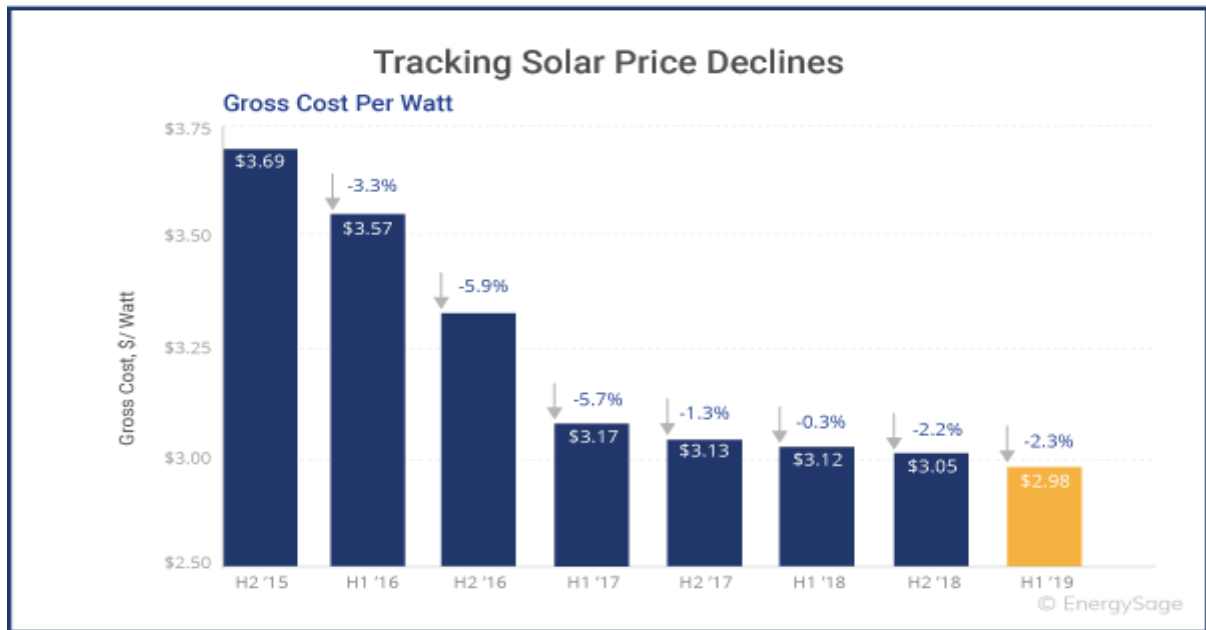
α)τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (φωτοστοιχεία ή ηλιακά κύτταρα) που συνδέονται σε σειρά ή/και παράλληλα μεταξύ τους τα οποία δέχονται ηλιακή ακτινοβολία στην μια επιφάνεια τους και εμφανίζουν διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο επιφανειών τους,

β)τις διατάξεις ελέγχου, προστασίας, αποθήκευσης αλλά και μετατροπής του παραγόμενου συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο ώστε να είναι δυνατή η προσαρμογή στο δίκτυο [Παπαδόπουλος, 1997: 219].

Η τεχνική ανάλυση ξεφεύγει από τους στόχους της παρούσης εργασίας, θα σταθούμε όμως σε ένα ζήτημα που αποτελεί το σημαντικότερο πεδίο έρευνας σχετικά με τα φωτοβολταϊκά και συγκεκριμένα στο βαθμό απόδοσής τους.

Ο βαθμός απόδοσης ενός φωτοστοιχείου εκφράζει το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ενέργεια και εξαρτάται από πλήθος παραγόντων, σημαντικότερος εκ των οποίων το υλικό κατασκευής του ίδιου του στοιχείου [Black, 2015], αλλά και η θερμοκρασία των στοιχείων. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η εξέλιξη του βαθμού απόδοσης τα τελευταία 25 χρόνια για τις διαφορετικές τεχνολογίες κατασκευής τους.





Λόγω των χαμηλών βαθμών απόδοσης που επιτυγχάνουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα, καταλαμβάνουν μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσουν την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Πάρκα χιλιάδων στρεμμάτων τοποθετούνται σε γη χαμηλής παραγωγικής αξίας όπως απόκρημνες πλαγιές ή έρημοι [Turney & Fthenakis, 2011]. Πλωτά ηλιακά πάρκα επιλέγονται σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει διαθέσιμη γη, όπως το OMEGA1 στη νότια Γαλλία, το μεγαλύτερο πλωτό ηλιακό πάρκο της Ευρώπης. Μικρότερα πάρκα έκτασης μερικών στρεμμάτων έχουν κατασκευαστεί και σε εξαιρετικά παραγωγικές περιοχές και αυτό οδήγησε την Ευρωπαϊκή Ένωση να σταματήσει να επιδοτεί επενδύσεις που δρουν ανταγωνιστικά στη γεωργική παραγωγή [European Commission]. Σε κάθε όμως περίπτωση όμως η παρουσία επίπεδων φωτοβολταϊκών πλαισίων στο φυσικό περιβάλλον δημιουργεί μια οπτική όχληση, μικρότερης σημασίας στις απομακρυσμένες περιοχές και μεγαλύτερης σε κατοικήσιμες ή επισκέψιμες ζώνες [Φυλλαδιτάκης, 2017].

Η αύξηση λοιπόν του βαθμού απόδοσης είναι κεντρικό ζήτημα καθώς θα δώσει τη δυνατότητα να αυξήσουμε την παραγωγή ενέργειας από τον ίδιο αριθμό κυττάρων διατηρώντας σταθερές όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους [ESA]. Η αύξηση της απόδοσης εκτός του ότι θα οδηγήσει σε εξοικονόμηση χώρου θα οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση του κόστους παραγωγής της κιλοβατώρας (Kwh) καθιστώντας την πράσινη ενέργεια προσιτή και συμφέρουσα οικονομικά, ώστε να καταστεί δυνατή η αύξηση του ποσοστού ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ και κατ' επέκταση η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στο επόμενο σχήμα καταγράφεται η μείωση του κόστους ανά Watt εγκατεστημένης ισχύος.

Μικρή αύξηση στον βαθμό απόδοσης των υπαρχόντων τεχνολογιών μπορούν να προσφέρουν κάποιες τεχνικές. Η χρησιμοποίηση για παράδειγμα υλικών αλλαγής φάσης δείχνει να προσφέρει κάποια βελτίωση γύρω στο 1% [Κακουριώτης, 2013]. Ομοίως η βελτίωση της τεχνολογίας των συστημάτων κινητής βάσης για παρακολούθηση της πορείας του ήλιου (trackers) οδηγεί σε αύξηση του βαθμού απόδοσης αντίστοιχου μεγέθους [Alexandru & Pozna, 2008].

Η χρησιμοποίηση νέων υλικών μπορεί να αυξήσει την απόδοση από 20% που είναι σήμερα κατά μέσο όρο σε >40% [Xiaoqing & others, 2015]. Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι συνηθισμένα και ευρέως διαδεδομένα όπως το πέτρωμα περοβσκίτης (CaTiO₃) ή εξαιρετικά σπάνια και δύσκολο να εξορυχθούν όπως το τελούριο (Te). Η επιλογή των υλικών αυτών μπορεί να οδηγήσει στο διπλασιασμό της απόδοσης των φωτοβολταϊκών από τη μία αλλά θα έχει σοβαρές έμμεσες κι άμεσες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον από την άλλη .

Η προμήθεια της βιομηχανίας κατασκευής φωτοβολταϊκών σε Τελλούριο θα βασιστεί σε υποθαλάσσιες εξορύξεις οι οποίες πρέπει να γίνουν σε βάθος μεγαλύτερο του ενός χιλιομέτρου στην θαλάσσια ζώνη Pacific Clarion-Clipperton Zone (CCZ) [Jones & others, 2017]. Η υποθαλάσσια αυτή δραστηριότητα θα μειώσει σε μεγάλο βαθμό τους πληθυσμούς υδρόβιων οργανισμών και θα οδηγήσει σε εξαφάνιση εκείνους που ζουν στην επιφάνεια του βυθού [Gooday & others, 2017].

Τα υλικά που απαιτούνται για τη δημιουργία των ηλιακών πάρκων σε μεγάλες ποσότητες όπως σίδηρος και βωξίτης, είναι προϊόντα εξορύξεων και οι ποσότητές τους εκτιμάται ότι είναι πολύ μεγαλύτερες ανά παραγόμενη kWh σε σύγκριση με όλες τις συμβατικές μορφές ενέργειας [Φυλλαδιτάκης, 2017]. Σε μικρότερες ποσότητες αλλά αναγκαία, είναι η χρήση τοξικών υλικών όπως το κάδμιο και υλικών που η προμήθειά τους είναι καταστρεπτική για το περιβάλλον άλλων οργανισμών (όπως το τελλούριο που είδαμε παραπάνω).

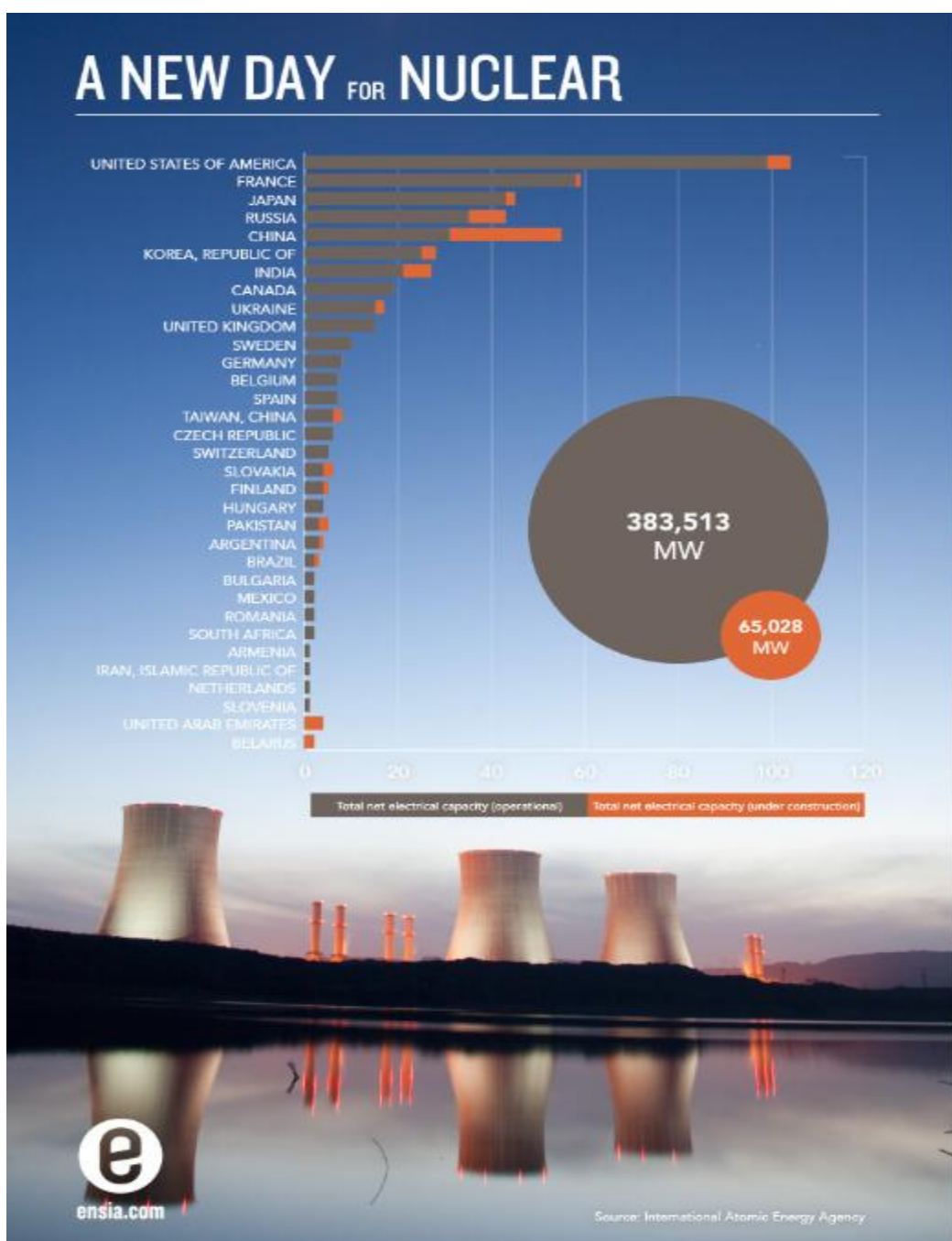
Δεν είναι μόνο οι φυσικοί πόροι που πρέπει να καταναλωθούν για να δημιουργηθούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα αλλά και η επικινδυνότητα κάποιων από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία παραγωγής των πλαισίων. Και μόλις ο κύκλος ζωής των πλαισίων τελειώσει ή όταν φωτοστοιχεία με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης θα επιβάλλουν την αντικατάσταση των παλιών πάνελ, θα υπάρξει τεράστιο ζήτημα απόθεσης υλικών και η εξειδικευμένη ανακύκλωση θα πρέπει να είναι οικονομικά συμφέρουσα ώστε να μην πεταχθούν χιλιάδες τόνοι υλικών [στο ίδιο].

Με σημείο εκκίνησης λοιπόν της προστασία του περιβάλλοντος μέσω της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, οδηγούμαστε σε μία διαταραχή του οικοσυστήματος με ίδιες πρακτικές όπως οι συμβατικές ρυπαίνουσες τεχνολογίες. Δεν είναι βέβαια συγκρίσιμο το ανθρακικό αποτύπωμα των ηλιακών πάρκων με αυτό των συμβατικών σταθμών παραγωγής ενέργειας αλλά δεν μπορούμε να το αγνοήσουμε. Αν θέλουμε να μειώσουμε το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ενέργειας πρέπει να μειώσουμε την κατανάλωση.

Πυρηνική ενέργεια

Η πυρηνική ενέργεια είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας εναλλακτικής μορφής ενέργειας που ήρθε να λύσει το πρόβλημα της εκπομπής GHG συντελώντας στην ενεργειακή αυτονομία στα κράτη που αποφάσιζαν να την υιοθετήσουν. Η ευρεία

αποδοχή της οφειλόταν στην εξαιρετικά μικρή εισροή πρώτων υλών και τη σχεδόν μηδενική επιβάρυνση με ρύπους του περιβάλλοντος καθώς και η εφαρμογή της στις βιοϊατρικές τεχνολογίες. Έτσι έφτασε μέχρι και να αποτελεί κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για τη Γαλλία στην οποία παράγεται με αυτό τον τρόπο το 75% της συνολικής της κατανάλωσης [Levitan, 2016]. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά χώρα καθώς και οι προσθήκες κατά το έτος 2016. Στην ΕΕ 26% της συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από αυτή τη μορφή [Europarl, 2020].



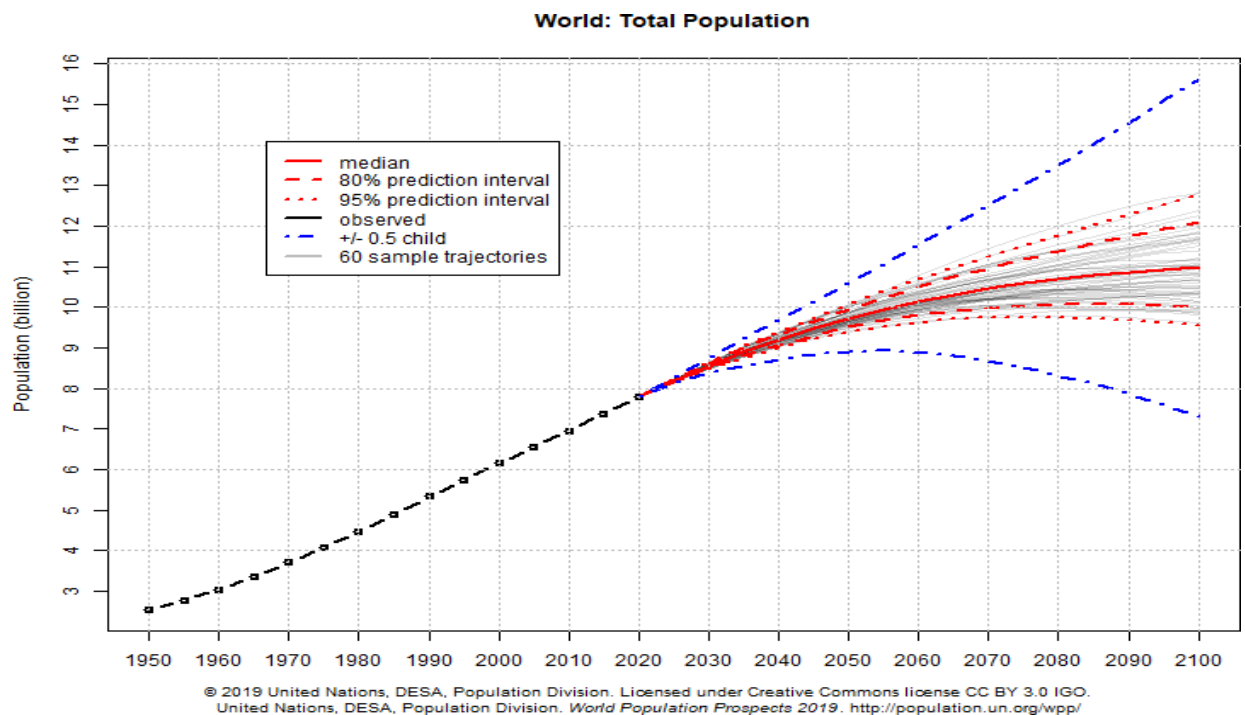
Τα μειονεκτήματα όμως αυτής της μορφής ενέργειας δεν άργησαν να φανούν. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι αμύθητη τόσο σε περίπτωση κάποιου ατυχήματος όσο και από τα ραδιενεργά απόβλητα που παράγονται και απαιτούνται χιλιάδες χρόνια για να καταστούν ανενεργά [Horvath & Rachlew, 2016].

Και το κόστος όμως παραγωγής κάθε kWh δεν είναι τόσο μικρό όσο υπολογίζεται αν απλώς αθροίσουμε το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας. Το πραγματικό κόστος αυξάνεται ραγδαία υπολογίζοντας το κόστος διάλυσης, απόσυρσης και θέσης εκτός λειτουργίας ενός πυρηνικού αντιδραστήρα, καθώς και αυτό που σχετίζεται με τη διαχείριση των ραδιενεργών αποβλήτων. Λαμβάνοντας υπ' όψιν και το κόστος των μέτρων πρόληψης πιθανών κινδύνων, τότε συμπεραίνουμε πως από οικονομική άποψη η πυρηνική δεν είναι και τόσο ανταγωνιστική [Παπαντωνάκη, 2019]. Αν βέβαια κοστολογήσουμε τις επεμβάσεις που πρέπει να γίνουν σε πιθανό ατύχημα τότε θα μιλάμε για μία ασύμφορη από κάθε άποψη, πηγή ενέργειας. Ωστόσο οι έρευνες προσανατολίζονται τόσο στην εξάλειψη των κινδύνων όσο και στη δημιουργία τεχνολογιών που θα μειώσουν το χρόνο ζωής των ραδιενεργών αποβλήτων [Horvath & Rachlew, 2016]. Επιπρόσθετα τα διεθνή πρωτόκολλα γίνονται αυστηρότερα σχετικά με την ασφάλεια [Europarl, 2020].

Με την ανάδειξη των παραπάνω από την επιστημονική κοινότητα και από την εναντίωση σε αυτή τη μορφή ενέργειας από περιβαλλοντικές οργανώσεις, αλλά και από τις τραγικές εμπειρίες του παρελθόντος (βλέπε Chernobyl, Fukushima) αρκετά κράτη αποφάσισαν να αποσύρουν τους πυρηνικούς σταθμούς αφήνοντας πίσω τους την εποχή της πυρηνικής ενέργειας. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αποτελεί η Γερμανία που έχει αποφασίσει την οριστική διακοπή της λειτουργίας των πυρηνικών σταθμών που λειτουργούν στην επικράτειά της μέχρι το 2022, πολύ πιο σύντομα από την παύση λειτουργίας των λιγνιτικών της μονάδων η οποία χρονολογείται στο 2038 [ESA, 2020].

Παγκόσμια διατροφή

Ο πληθυσμός της Γης αναμένεται, σύμφωνα με την έκθεση “World Population Prospects” του ΟΗΕ να φτάσει τα περίπου 10 δισεκατομμύρια έως το 2050, ακολουθώντας γραμμική αύξηση όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Το στοιχείο αυτό γεννά ερωτήματα, πέρα όλων των άλλων, για τη δυνατότητα παραγωγής τροφής σε τέτοια ποσότητα ώστε να μπορέσουν να τραφούν όλοι αυτοί οι άνθρωποι. Πρέπει να βρεθούν λύσεις με το δεδομένο ότι η έκταση της γης είναι σταθερή. Η αύξηση και βελτίωση της παραγωγής είναι ένας απλός τρόπος, όχι όμως κι εύκολος, που πρέπει να επιτευχθεί διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την διατροφική ασφάλεια των καταναλωτών. Η υιοθέτηση των τεχνολογικών αλλαγών στην κατασκευή των εργαλείων παραγωγής, η εισαγωγή νέων μεθόδων και ο εμπλουτισμός της έρευνας στη γεωργία υπήρξαν καταλύτες προς τον επιθυμητό στόχο [Μπεόπουλος, 2006: 8]. Η επιλογή επίσης συγκεκριμένων φυτών που δίνουν μεγάλες παραγωγές και μπορούν να αποθηκευθούν είναι μια λύση που όμως δεν αποτελεί κάτι καινούριο καθώς αυτό συνέβαινε τα χρόνια της πρώτη οργάνωσης των γεωργικών κοινωνιών. Η κυριότερη όμως αντίδραση των καλλιεργητών ήταν η οργάνωση των παραγωγικών τους εκμεταλλεύσεων σύμφωνα με το μοντέλο της βιομηχανικής παραγωγής.

Βιομηχανική παραγωγή της τροφής

Διάφορες θεωρίες έχουν αναπτυχθεί σχετικά με τις αιτίες που ο άνθρωπος εγκατέλειψε τη θηρευτική και συλλεκτική οργάνωση που ασκούσε για να υιοθετήσει ένα μοντέλο γεωργίας με μόνιμη εγκατάσταση σε ένα τόπο [Δαουτόπουλος & Κουτσούκος, 2008: 23]. Από την εποχή της μεγάλης στροφής έως σήμερα, ανακαλύψεις σταθμοί στην ιστορία των επιστημών, η διεύρυνση των γνώσεων σχετικά με τη θρέψη και προστασία των φυτών και η ανάπτυξη της τεχνολογίας διαμόρφωσαν ένα παραγωγικό μοντέλο που αποτελεί τη σύγχρονη, εντατική γεωργία.

Χαρακτηριστικά αυτής είναι [στο ίδιο: 173-176]:

- οι τεράστιες μονοκαλλιέργειες που εξαφάνισαν κάθε είδος χλωρίδας μειώνοντας τη βιοποικιλότητα της περιοχής,
- η επιλογή καλλιέργειας φυτών από ένα περιορισμένο γενετικό υλικό που μειώνει περαιτέρω τη βιοποικιλότητα,
- η μη σημειακή ρύπανση από την έκλυση των εδαφών από τα λιπάσματα, την καύση των υπολειμμάτων και τις εκπομπές των γεωργικών μηχανημάτων,
- η διάβρωση των εδαφών από την εύκολη και φθηνή επιλογή της ζιζανιοκτονίας,
- η μεγάλη κατανάλωση μη πράσινης ενέργειας,
- η αύξηση της αντοχής των παρασίτων,
- η υπερβολική κατανάλωση υδάτινων πόρων και η αλατοποίηση των εδαφών.
- η επιμόλυνση των τροφών με φυτοφάρμακα και αντιβιοτικά.

Στο βωμό της αύξησης της παραγωγής υιοθετήθηκαν πρακτικές που μειώνουν δραστικά την ποιότητα-ασφάλεια των τροφίμων και επιβάρυναν τα οικοσυστήματα. Τόσο όμως οι απαιτήσεις των καταναλωτών όσο και ο προσανατολισμός της διεθνούς κοινότητας σε φιλοπεριβαλλοντικές πρακτικές ωθούν σε μία στροφή προς τις εναλλακτικές μεθόδους παραγωγής.

Αειφορικές μέθοδοι καλλιέργειας

Η οικολογία ώθησε τους γεωπόνους να ενσωματώσουν στον προβληματισμό τους τα όρια και τις πρακτικές συντήρησης του εδάφους, αλλά και να δοθεί έμφαση στη βιοποικιλότητα [Μπεόπουλος, 2006: 5]. Επιπρόσθετα η ζήτηση των καταναλωτών για ασφαλή και οικολογικά προϊόντα ώθησε τους παραγωγούς σε μια αλλαγή πλεύσης προς την αειφορική γεωργία. [Kneafsay & others, 2008].

Αειφορική, σύμφωνα με τους Δαουτόπουλο & Κουτσούκο στην Ιστορία της Γεωργίας, είναι “η γεωργία που επιτρέπει στην παρούσα γενιά να διασφαλίσει τις ανάγκες της σε τρόφιμα χωρίς να εμποδίζει να κάνουν το ίδιο και οι μελλοντικές γενιές”. Στο ίδιο περιγράφουν αναλυτικά τις διάφορες μορφές που χρησιμοποιούν αειφορικές πρακτικές και είναι:

- Βιολογική γεωργία, η οποία σύμφωνα με το πρόγραμμα αγροτικές ανάπτυξης (ΠΑΑ) της Ευρωπαϊκής κοινότητας στόχο έχει την προστασία του περιβάλλοντος από τα αγροτικά υπολείμματα και την μείωση των φυσικών πόρων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία
- Βιοδυναμική γεωργία, που επιπρόσθετα με τη βιολογική αντιλαμβάνεται το αγρόκτημα σαν αυτοδύναμο και αυτοτροφοδοτούμενο οργανισμό λαμβάνοντας υπ’ όψιν το σωστό χρόνο για να γίνει η εκάστοτε απαιτούμενη παρέμβαση.
- Τοπική-Κοινοτική γεωργία, που στόχο έχει την αυτάρκεια ενός τόπου και την ελαχιστοποίηση των μεταφορών των παραγόμενων προϊόντων.
- Φυσική γεωργία, που απαιτεί μια πνευματική προσέγγιση στο θέμα της παραγωγής της τροφής
- Διαρκής ή μόνιμη γεωργία η οποία δίνει επιπλέον, έμφαση στο σχεδιασμό του συστήματος παραγωγής
- Βιο-εντατική γεωργία, η οποία εστιάζει στην αύξηση της παραγωγής μικρών καλλιεργειών με βιολογικές μεθόδους.

Το κοινό των παραπάνω μεθόδων είναι πως παύει να είναι κεντρική ιδέα η αύξηση της παραγωγής. Αντίθετα η υγεία των καταναλωτών και η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί τις ελάχιστες προϋποθέσεις και καθεμία εισάγει και διαφορετικές παραμέτρους εστίασης.

Τα προϊόντα που παράγονται με τις παραπάνω μεθόδους θεωρούνται εναλλακτικά προϊόντα και ενώ η τιμή τους είναι μεγαλύτερη από αυτή των συμβατικών επιλέγονται, από την πιο ευαισθητοποιημένη στον τομέα της διατροφής, μερίδα πολιτών [Zahaf & Ferhani, 2016]. Αυτά τα προϊόντα επίσης χρησιμοποιούν και διαφορετικά δίκτυα διανομής που φέρνουν πιο κοντά των παραγωγό και τον καταναλωτή με αποτέλεσμα να ευνοείται η μεταξύ τους συνδιαμόρφωση και ενημέρωση πάνω σε ζητήματα διατροφής.

Έλλειμμα τροφής

Το έλλειμμα τροφής σε μη ανεπτυγμένες χώρες έχει απασχολήσει αρκετές δεκαετίες πριν τον ΟΗΕ και έτσι προχώρησε με τη Διεθνή Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) στην ίδρυση του παγκοσμίου προγράμματος σίτισης, της μεγαλύτερης ανθρωπιστικής οργάνωσης στον κόσμο βασικοί στόχοι της οποίας είναι η παροχή φαγητού για άτομα που βρίσκονται σε ανάγκη, η βελτίωση της διατροφής και της ποιότητας ζωής των ασθενέστερων ατόμων καθώς και η δημιουργία υποδομών για την ανάπτυξη της αυτοσυντήρησης των επί μέρους υποβαθμισμένων κοινοτήτων.

Το έλλειμμα αυτό δεν είναι καθαρά αποτέλεσμα της αδυναμίας των σύγχρονων κοινωνιών για παραγωγή ικανής ποσότητας τροφής. Συνήθη φαινόμενα αποτελούν η απόθεση τεραστίων ποσοτήτων τροφίμων σε χωματερές γιατί η τιμή πώλησής τους δεν ικανοποιεί τους παραγωγούς, η απόσυρση τροφίμων ως ακατάλληλα λόγω επιμολύνσεων που βρέθηκαν σε δείγμα μιας παρτίδας ακόμα και η σκόπιμη, επιδοτούμενη ταφή τους προκειμένου να δημιουργηθεί ένα τεχνητό πλεόνασμα ζήτησης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η εναπόθεση σε χωματερή στην περιοχή Φαλάσαρνα της Κρήτης 50 τόνων τομάτας καθημερινώς για αρκετές μέρες την άνοιξη του 2020 [Δεικτάκης, 2020]. Δεν είναι μικρή άλλωστε και η ποσότητα των τροφίμων που καταλήγουν στα σκουπίδια γιατί παρέμειναν αδιάθετα πέραν της ημερομηνίας λήξης τους ή γιατί λόγω κακού υπολογισμού των αναγκών μαγειρεύτηκαν από εστιατόρια και νοικοκυριά αλλά περίσσεψαν.

Στην προσπάθεια να σταματήσουν τα φαινόμενα αυτά επικεντρώνονται πρωτοβουλίες όπως η “save the food” στη Θεσσαλονίκη και η “redirect” στην Αθήνα που στόχο έχουν να χρησιμοποιηθούν τρόφιμα που θα κατέληγαν στα απορρίμματα για την παραγωγή γευμάτων, για τη δωρεάν διάθεσή τους σε ευάλωτες ομάδες πολιτών, καθώς και για την ευαισθητοποίηση των πολιτών σχετικά με τη σπατάλη των τροφίμων.

Αλγόριθμοι

Κάθε προσπάθεια αύξησης της παραγόμενης ποσότητας και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις της ενέργειας και της τροφής, είχε ως συνέπεια την έκλυση

παραπάνω αερίων του θερμοκηπίου ή γενικότερα κάποια επίπτωση στο φυσικό περιβάλλον. Στο σημείο αυτό θα εξετάσουμε την περίπτωση που η αύξηση δεν οφείλεται στην αύξηση των εισροών αλλά στην αποδοτικότερη λειτουργία των υπαρχόντων συστημάτων.

Από την αρχή της εφεύρεσης του ψηφιακού υπολογιστή ξεκίνησε και η ανάπτυξη αλγορίθμων που θα έδιναν τη δυνατότητα σε αυτόν να αλληλεπιδράσει με τον άνθρωπο για παράδειγμα συμμετέχοντας σε μία συνομιλία ή αντικαθιστώντας κάποιον παίκτη σε ένα παιχνίδι στρατηγικής [Russell & Norvig, 2005]. Η τεχνητή νοημοσύνη, είχε μόλις γεννηθεί και σήμερα αποτελεί ένα ταχέως εξελισσόμενο πεδίο της πληροφορικής.

Το πεδίο εφαρμογών της τεχνητής νοημοσύνης είναι τεράστιο. Αναφέρουμε ενδεικτικά σχεδιασμό παιχνιδιών, αναγνώριση φωνής και εικόνας, εφαρμογές στη βιοϊατρική και την ρομποτική μοντέλα πρόβλεψης για την οικονομία και την εφαρμοσμένη στατιστική [McCarthy, 2007]. Εμπλέκονται μέθοδοι μηχανικής μάθησης που χαρακτηρίζονται από μαθηματικούς αλγορίθμους και στατιστικές μεθόδους ανάλυσης, αλλά κυρίως βασίζεται στη μάθηση μέσω επαναληπτικών διαδικασιών χρησιμοποιώντας εμπειρικά δεδομένα και μη συμβολικές μεθόδους [Russell & Norvig, 2005].

Πληθώρα αλγορίθμων έχουν αναπτυχθεί για διαφορετικές ανάγκες επίλυσης προβλημάτων. Ο αλγόριθμος της 'τεχνητής αποικίας μυρμηγκιών' έχει χρησιμοποιηθεί με καλά αποτελέσματα σε προβλήματα επιχειρησιακής έρευνας όπως αυτό του 'πλανόδιου πωλητή' [Βουτσαδάκης, 2017]. Με τη χρήση αυτού του αλγορίθμου είναι δυνατή η μείωση των συνολικών μετακινήσεων -και κατ' επέκταση η μείωση των εκπομπών GHG- στο εθνικό οδικό δίκτυο από τις εταιρίες διανομών ή στον εναέριο χώρο ενός αεροδρομίου [στο ίδιο]. Αλγόριθμοι αυτού του είδους ανήκουν στην θεωρία σμήνους που αποτελεί με τη σειρά της κατηγορία εξελικτικών αλγορίθμων εμπνευσμένων από τη φύση [Fisher & others, 2013]. Έτσι και τα ονόματα που δίνουν οι ερευνητές είναι περιγραφικά προερχόμενα από την αποικία από την οποία εμπνεύστηκαν. Η μέλισσα, ο λύκος, η αρκτική γαρίδα, η φάλαινα, η νυχτερίδα, η πυγολαμπίδα, ο κούκος, η αράχνη, τα βακτήρια, τα μεταναστευτικά πτηνά και πολλά άλλα με τα σμήνη και τις αποικίες που σχηματίζουν έχουν εμπνεύσει εξαιρετικά αποδοτικούς αλγορίθμους που βασίστηκαν στην παρατήρηση των δομών αυτών των σμηνών για να συνθέσουν την δομή τους [στο ίδιο]. Ουσιαστικά μιμούνται τη συμπεριφορά και την αυτοοργάνωση των ζώων κατά τη βέλτιστη επίλυση των δικών τους αναγκών όπως είναι η εύρεση τροφής και η ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης

ενέργειας κατά την πτήση μετανάστευσης, ανταλλάσσοντας πληροφορίες μεταξύ τους, και όλα αυτά μεταφράζονται σε μαθηματικά μοντέλα κατανοητά από τον υπολογιστή [Χασιακός].

Τα προβλήματα που εμπλέκουν πληθώρα ατόμων που διασυνδέονται, όπως αυτά της ομαδοποίησης και της ταξινόμησης αποτελούν μια ανάλυση στιγμεργίας (από τις λέξεις στίγμα και έργο) με την έννοια πως οι ενέργειες του κάθε ατόμου αφήνουν σημάδια στο περιβάλλον, τα οποία καθορίζουν και υποκινούν τις ενέργειες όλων των ατόμων, που καθένα με τη σειρά του επηρεάζει τις ενέργειες καθενός κ.ο.κ. [Πάσχος, 2014].

Στη νοημοσύνη σμήνους όταν τα άτομα που αποτελούν το μελετούμενο σύστημα είναι ρομπότ, μιλάμε για ρομποτική σμήνους όπου μικρά και απλούστερης κατασκευής αυτόνομα συστήματα συντονίζουν τη λειτουργία ενός μεγαλύτερου, σε έκταση και πολυπλοκότητα συστήματος [Τσιακούλη, 2016]. Αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν γι' αυτό το σκοπό έχουν εφαρμογή στα δίκτυα διανομής θερμότητας των κτηριακών εγκαταστάσεων οδηγώντας στη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του συστήματος και τελικά στη μείωση της απαραίτητης ενέργειας [στο ίδιο].

Σχετικά με την παραγωγή ενέργειας, είναι εφικτός ο συνδυασμός του τομέα των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας με τον τομέα των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου για τη μοντελοποίηση και λειτουργία μικροδικτύων βασισμένων σε ΑΠΕ [Παπαϊωάννου, 2017]. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ένα μικροδίκτυο που σχηματίζεται περιμετρικά από παραγωγούς ανανεώσιμης και συμβατικής ενέργειας, από καταναλωτές, το δίκτυο μεταφοράς και διανομής και τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης και κεντρικά από το σύστημα εποπτείας και ελέγχου που κάνει αποδοτική τη μεταξύ τους σύνδεση.



Και κάθε κόμβος του μικροδικτύου μπορεί να ενσωματώσει ευφυείς τεχνικές για τη βελτίωση της απόδοσής του, συμβάλλοντας τοπικά στη βελτίωση της συνολικής απόδοσης του microgrid. Στην περίπτωση φωτοβολταϊκών για παράδειγμα, ένας MPP-tracker βασισμένος στην ασαφή λογική παρέχει προσαρμοστικότητα του φ/β συστήματος λαμβάνοντας υπ' όψιν τις εξωτερικές συνθήκες εξασφαλίζοντας γνώση των πραγματικών επιδόσεων πέραν των βέλτιστων που αυτό θα παρουσίαζε στις ιδανικές συνθήκες [Καραγιάννης, 2012]. Στην περίπτωση συνδυαστικής παραγωγής από διαφορετικής μορφής ΑΠΕ (πχ συστοιχίας φ/β και ανεμογεννητριας) ο ευφυής έλεγχος μέσω ελεγκτών ασαφούς λογικής χρησιμοποιείται για τη βέλτιστη αποθήκευση της ενέργειας που παρήχθη αλλά δε χρησιμοποιήθηκε από τις ανάγκες του μικροδικτύου [Παπαϊωάννου, 2017]. Είναι τελικώς εφικτή η βέλτιστη διαχείριση ενέργειας στο μικροδίκτυο.

Γεωργία ακριβείας

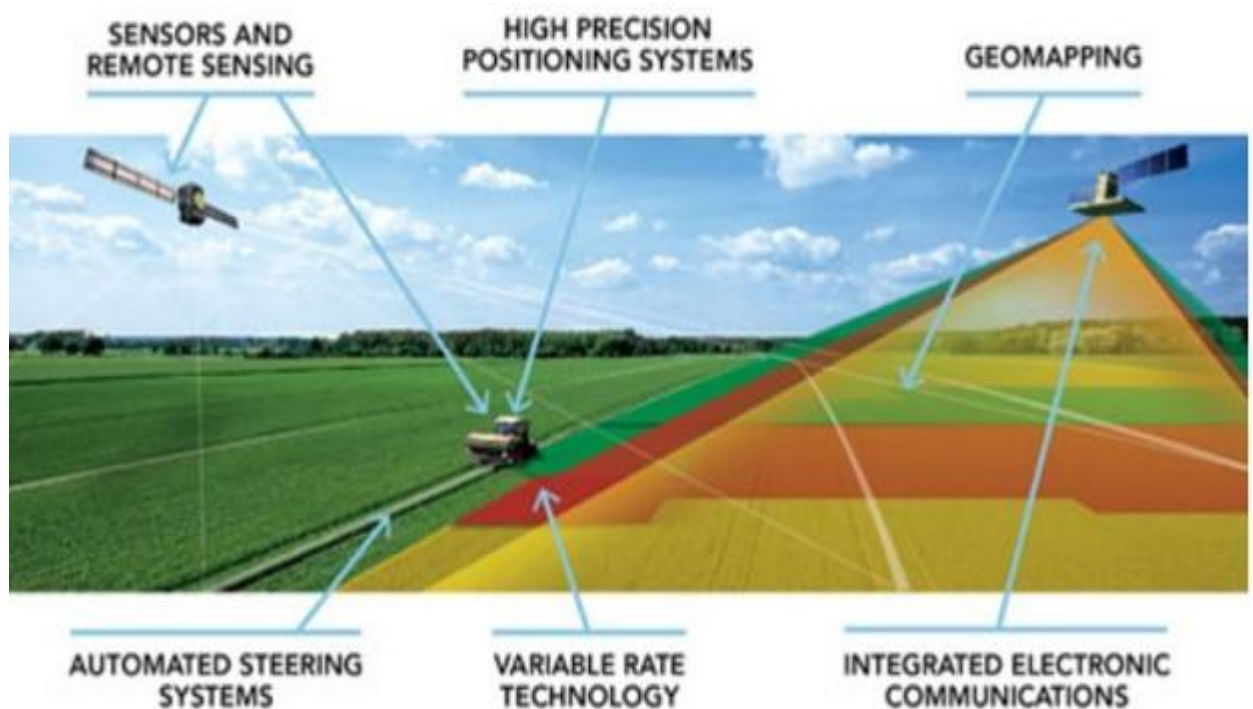
Σχετικά τώρα με την παραγωγή της τροφής, σταθμό στην πορεία της αγροτικής παραγωγής αποτελεί η γεωργία ακριβείας. Σύμφωνα με τους Ευαγγέλου & Τσαντήλα “Γεωργία ακριβείας (Precision Agriculture) αποτελεί ένα σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων που στηρίζεται στη διαχείριση των εισροών σε έναν αγρό σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας τόσο χωρικά όσο και χρονικά”. Βασίζεται σε τεχνολογίες και πληροφοριακά μέσα που καταγράφουν με ακρίβεια μέσω αισθητήρων την κατάσταση σε κάθε διαφορετικό κομμάτι του αγρού δίνοντας τη δυνατότητα διαχείρισης των δεδομένων ώστε τελικά να εφαρμοστούν οι κατάλληλες εισροές (πχ λίπανσης, ύδρευσης κ.α.) τόσο σε κάθε ξεχωριστό κομμάτι όσο και σε κάθε ξεχωριστή χρονική στιγμή. Λαμβάνεται έτσι υπ' όψιν η χωρική και χρονική παραλλακτικότητα του εδάφους και σχεδιάζεται η εξειδικευμένη καλλιεργητική φροντίδα για κάθε σημείο της παραγωγής. Με χρήση ρομπότ, μη επανδρωμένων σκαφών, αισθητήρων, τεχνολογίας GPS και δορυφόρων, πληροφοριακών και επικοινωνιακών συστημάτων πετυχαίνουμε τους παρακάτω στόχους [Φουντάς & Γέμτος, 2015: 3]:

- αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών
- βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων
- πιο αποδοτική χρήση των αγροχημικών
- εξοικονόμηση της ενέργειας

- προστασία του εδάφους και των νερών από τη ρύπανση.

Οι παραπάνω στόχοι είναι συναφείς με τις μεγάλες προκλήσεις για μία γεωργία του μέλλοντος [στο ίδιο]:

1. Τη βιώσιμη αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας και των εισοδημάτων, ασφάλεια των τροφίμων και οικονομική ανάπτυξη.
2. Την προσαρμογή και την οικοδόμηση ανθεκτικότητας στις απαιτήσεις που προστάζουν οι κλιματικές αλλαγές.
3. Τη μείωση και/ή εξάλειψη των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου για μετριασμό της συμμετοχής της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή.



πηγή: CEMA - European Agricultural Machinery Association

Η γεωργία ακριβείας έχει χρησιμοποιηθεί για το διαχωρισμό των ζιζανίων από την καλλιέργεια και την αποτελεσματική καταπολέμηση των πρώτων με μεγάλη συνεισφορά στην προστασία του περιβάλλοντος και στην οικονομική βιωσιμότητα της εκμετάλλευσης [Fragkouloropoulos, 2017]. Και η χρήση των μη επανδρωμένων

αεροσκαφών για τους ψεκασμούς των καλλιεργειών θα συμβάλει πέραν των παραπάνω στόχων και στην προστασία της υγείας του χρήστη των αγροεφοδίων καθώς δεν είναι απαραίτητη η παρουσία του την ώρα της εφαρμογής [στο ίδιο]. Στο σημείο αυτό να επισημανθεί ο διαχωρισμός αυτής της καινοτομίας από τις καταστρεπτικές για το περιβάλλον και την υγεία των κατοίκων της υπαίθρου μεθόδους αεροψεκασμών του παρελθόντος, κατά τις οποίες τεράστιες ποσότητες ελευθερώνονταν, δεκάδες ή και εκατοντάδες μέτρα πάνω από μία καλλιεργήσιμη περιοχή, σε αντίθεση με την τοπική διαδοχική (φυτό-φυτό, δέντρο-δέντρο και μέτρο-μέτρο) εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας [Ταγαράκης, 2014].

Οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται για τη γεωργία ακριβείας έχουν πληθώρα εφαρμογών σε παραπλήσιους κλάδους όπως η μελέτη της γύρης των φυτών στην ατμόσφαιρα, η μελέτη της διάβρωσης των εδαφών, ο χαρακτηρισμός-οριοθ των παρόχθιων μεσογειακών δασών κ.α. [Φουντάς & Γέμτος, 2015: 144].

Κεφάλαιο 3 Επικονίαση με αυτόνομα συστήματα

Παγκόσμια χλωρίδα

Το σύνολο των φυτών που φύονται στη γη αποτελούν την παγκόσμια χλωρίδα και υπολογίζεται ότι ο αριθμός τους ξεπερνά τα 390.000 είδη. Από αυτά τα 369.400 έχουν άνθη ενώ το 21% αντιμετωπίζει κίνδυνο εξαφάνισης [Willis, 2010]. Τα φυτά που εμφανίζονται αποκλειστικά σε μια περιοχή ονομάζονται ενδημικά*⁷. Η κατηγορία αυτή, λόγω της γεωγραφικά οριοθετημένης παρατήρησης των περιλαμβανόμενων φυτών, είναι εξαιρετικά σημαντική καθώς μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες για το παρελθόν της συγκεκριμένης περιοχής αλλά και για τους ιδιαίτερους οικολογικούς παράγοντές της. Συνεπώς λόγω των ιδιοτήτων των ενδημικών φυτών, τους έχει αποδοθεί αξία όχι τόσο για τις ωφέλειες προς τον άνθρωπο αλλά για τη συνεισφορά τους στην βιοποικιλότητα με αποτέλεσμα να έχουν υιοθετηθεί νόμοι με τους οποίους προστατεύονται ως σπάνια ή απειλούμενα.

Βέβαια οι κίνδυνοι που απειλούν τα φυτά είναι πολλοί. Οι κυριότερες απειλές για τα φυτά είναι η καταστροφή τους από τις γεωργικές καλλιέργειες και την κτηνοτροφία (31%), η αποψίλωση των δασών για ξυλεία (21%) και οι κάθε είδους κατασκευές κτιρίων και υποδομών (13%). Η κλιματική αλλαγή παίζει μικρότερο ρόλο προς το παρόν (4%), αλλά η επίδρασή της στα φυτά θα αυξηθεί στο μέλλον. Τα παράκτια μακρόβια δέντρα είναι αυτά που απειλούνται περισσότερο από όλα (έχουν συρρικνωθεί κατά 25% την τελευταία δεκαετία) και ακολουθούν τα τροπικά και υποτροπικά δάση [στο ίδιο]. Υπολογίζεται ότι ο ρυθμός εξαφάνισης των ειδών έχει αυξηθεί κατά 500 φορές σε σχέση με τους προηγούμενους αιώνες ενώ ο ρυθμός δημιουργίας νέων έχει παραμείνει σταθερός. Ας μη λησμονούμε πως οι αερόβιοι οργανισμοί απαιτούν οξυγόνο για την ύπαρξή τους το οποίο τροφοδοτείται και ανακυκλώνεται από τα φυτά. Συμπερασματικά αποτελούν θεμέλιο λίθο των οικοσυστημάτων και η μείωσή τους επηρεάζει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.

Από τον τεράστιο κατάλογο των φυτών της παγκόσμιας χλωρίδας κάποια ξεχωρίζουν για την τροφή που παρέχουν στους επικονιαστές. Αυτή μπορεί να είναι το νέκταρ ή το μελίττωμα που αποτελούν πηγές υδατανθράκων και η γύρη που αποτελεί πηγή πρωτεϊνών. Περίοδος μελιτοφορίας για κάθε φυτό είναι η περίοδος που αυτό κάνει

*⁷ Η ενδημικότητα δεν περιορίζεται στο φυτικό αλλά αφορά και στο ζωικό βασίλειο. Έχει επικρατήσει όμως και η μεταφορική του χρήση στο κοινωνικό επίπεδο για την περιγραφή ενός φαινομένου που επαναλαμβάνεται σε μια ορισμένη περιοχή.

διαθέσιμη την τροφή στον επικονιαστή και διαφέρει μέσα στις εποχές του χρόνου για κάθε φυτό. Διακρίνουμε επίσης εκείνα τα φυτά που εμφανίζουν φαρμακευτική δράση είτε μέσω της άμεσης χρήσης των εξαγόμενων από αυτά ουσιών είτε μέσω της κατανάλωσής τους. Στη μακρά του ιστορία άλλωστε ο άνθρωπος αξιοποίησε τις ιδιότητες αυτές στην ιατρική άλλοτε ως θεραπεία κι άλλοτε ως όπλο δεδομένης της δηλητηριώδους δράσης ορισμένων από αυτά.

Ας αναλογιστούμε επίσης πόσα ακόμη υλικά που χρησιμοποιούν οι ζωντανοί οργανισμοί, οφείλουν την προέλευσή τους στα φυτά. Αξιοποιούν κλαδιά και κορμούς δέντρων ως πρώτη ύλη για την κατασκευή των καταφύγιών τους είτε αυτά αυτούσια, άνευ επεξεργασίας, προσφέρουν το κατάλληλο ενδιαίτημα για την προστασία και ανάπτυξή τους. Ο άνθρωπος με τη σειρά του χρησιμοποιεί ευρέως εργαλεία από ξύλο απαραίτητα για μετασχηματισμό και επεξεργασία της ύλης. Ο κατάλογος των χρήσεων ξεπερνά τους σκοπούς της παρούσης εργασίας όμως η σημασία τους είναι πρωταρχική για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη.

Επικονίαση

Επικονίαση είναι η μεταφορά των ώριμων γυρεόκοκκων (εφεξής γύρη) από τους ανθήρες στα ώριμα στίγματα του υπέρου των ανθέων. Μέσω αυτής πραγματοποιείται η γονιμοποίηση και κατ' επέκταση η αναπαραγωγή, επιβίωση και εξέλιξη των φυτών. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα μέσω αβιοτικών παραγόντων ήτοι του ανέμου και του νερού μέσω των οποίων υλοποιείται η ανεμογαμία και η υδρογαμία αλλά και μέσω βιοτικών παραγόντων, όπως ζώων ή εντόμων που πραγματοποιούν αντίστοιχα τη ζωογαμία ή την εντομογαμία. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση όμως, στην οποία θα εστιάσουμε το ενδιαφέρον μας ακολούθως είναι η διαδικασία που απαιτεί την μεσολάβηση εντόμων.

Αναλόγως των διαφορών στην ανατομία και τη μορφολογία των φυτών η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, είτε πραγματοποιείται μεταξύ φυτών διαφορετικής γενετικής σύστασης, διαδικασία που ονομάζεται σταυρεπικονίαση, είτε μεταξύ φυτών με την ίδια γενετική σύσταση που ονομάζεται αυτεπικονίαση [Καραμπέτσος, 2005: 282]. Όπως γίνεται κατανοητό στη δεύτερη περίπτωση δεν υπάρχει εξάρτηση από φορείς γυρεόκοκκων και τα φυτά που η ανατομία τους το επιτρέπει δεν έχουν ανάγκη ζώα ή έντομα για την αναπαραγωγή τους. Στα εντομόγαμα φυτά τεράστια σημασία για την προσέλκυση των επικονιαστών παίζει το χρώμα. Ο

πληθωρικός καμβάς που συνθέτουν τα χρώματα των διαφορετικών μερών του φυτού αποσκοπεί στον εύκολο εντοπισμό τους από τους επικονιαστές. Αντίστοιχος είναι κι ο ρόλος της οσμής ενός φυτού, η ένταση της οποίας εξαρτάται κυρίως από το είδος του επικονιαστή που προσελκύουν.

Βιοτικοί επικονιαστές

Πληθώρα ζώων κι εντόμων κατά την αναζήτηση της τροφής τους παίζουν το ρόλο του επικονιαστή. Παρακάτω αναφέρονται τα κυριότερα:

- Μέλισσα (*Apis mellifera*). Η μέλισσα επιλέγει να επισκεφθεί τα φυτά που ικανοποιούν τις διατροφικές της απαιτήσεις. Επιλέγονται έτσι φυτά που περιέχουν νέκταρ με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και γύρη με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ενώ ταυτόχρονα αποφεύγονται φυτά που λόγω του σχήματος ή του μεγέθους των ανθέων τους καθιστούν δύσκολη τη συλλογή του νέκταρος [Αλυσσανδράκης, 2007 :26].
- Βομβίνος (*Bombus*). Έντομα με μεγάλες ανάγκες σε ενέργεια και για το λόγο αυτό προτιμούν φυτά που παράγουν άφθονο νέκταρ.
- Λεπιδόπτερα (πεταλούδες). Επικονιάζουν και αυτά διαφορετικά φυτά προσελκόμενα από συνδυασμό ερεθισμάτων όρασης και αφής.
- Ψήνας (*Blastophaga psenes*). Γνωστό από την αρχαιότητα έντομο. Αποτελεί μέρος μιας εξειδικευμένης περίπτωσης επικονίασης, καθώς τόσο το έντομο όσο και το φυτό που επικονιάζει αλληλοεξαρτώνται αποκλειστικά για την ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου [Καραμπέτσος, 2005 : 288]
- Νυχτερίδα (*Leptonycteris curasoae*). Φυτά απαραίτητα στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών(π.χ *Agave tequilana* που αποτελεί αποκλειστική πρώτη ύλη για την παραγωγή τεκίλας), καθώς και φυτά με άνθη που ανοίγουν τη νύχτα χρειάζονται ένα νυχτερινό θηρευτή για να γονιμοποιηθούν.



- Πτηνά, σκαθάρια, ζώα. Αυτή η κατηγορία επικονιαστών δεν τρέφεται με γύρη ή νέκταρ παρά με κάποιο μέρος του φυτού και καθώς έρχονται σε επαφή με αυτό γίνονται φορείς αναπαραγωγικού υλικού.
- Άνθρωπος. Στην περίπτωση που για ειδικούς λόγους μεσάζοντας είναι ο άνθρωπος μιλάμε για τεχνητή επικονίαση των φυτών, που σκοπό έχει τον έλεγχο των μερών που θα έρθουν σε επαφή. Είναι πολύ χρήσιμη πρακτική για την αύξηση της ομοζυγωτίας και άρα της διατήρησης των επιθυμητών χαρακτηριστικών ενός φυτού, αλλά και για τη δημιουργία γενετικής παραλλακτικότητας κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος βελτίωσης [Τραντάς, 2018].

Σε αυτό το σημείο αξίζει να επισημανθεί ότι στη γεωργία, κάποιες φυτείες είναι πλήρως εξαρτώμενες από τις μέλισσες ως προς την επικονιάσή τους για την παραγωγή φρούτων και καρπών, ενώ άλλες απλώς εξαρτώνται από αυτές για ενίσχυση της ικανότητάς τους για παραγωγή ποιοτικότερων και υγιεινότερων καρπών. Επιπροσθέτως, η επίσπευση της διαδικασίας επικονίασης που πραγματοποιούν οι μέλισσες, ακόμα και αν κάποια φυτά δεν την έχουν ανάγκη για τα παραπάνω, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρονικού διαστήματος μεταξύ ανθοφορίας και καρπόδεσης, γεγονός που μειώνει το ρίσκο προσβολής από ζημιογόνους παράγοντες όπως τα έντομα, οι ασθένειες, τα αγροχημικά ή οι καιρικές συνθήκες. Γίνεται λοιπόν κατανοητό πως αυτά τα φυτά θα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο σε ενδεχόμενη περαιτέρω μείωση του πληθυσμού των μελισσών σε σχέση με άλλα που χρησιμοποιούν άλλες πηγές για την



επικονιάσή τους.

Συλλέκτρια μέλισσα γεμάτη γύρη στα τριχίδια του σώματός της (photo by John Sullivan, Wiki)

ΠΟΙΟΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΕΠΙΚΟΝΙΑΣΤΕΣ;



Στην Ευρώπη επικονιάζουν:



Οι μέλισσες είναι οι σημαντικότεροι επικονιαστές

Υπάρχουν 2000 είδη άγριας μέλισσας στην Ευρώπη

Η Ευρώπη φιλοξενεί το 10% της παγκόσμιας ποικιλότητας των μελισσών



Apis mellifera (ή δυτική μέλισσα μελιού):

- Το πιο γνωστό είδος μέλισσας
- Το διαχειρίζονται οι μελισσοκόμοι για την παραγωγή μελιού και άλλων μελισσοκομικών προϊόντων

Επικονίαση είναι η διαδικασία γονιμοποίησης των φυτών, μέσω της μεταφοράς γύρης (αρσενικών γαμετών) από τα αρσενικά στα θηλυκά μέρη των λουλουδιών.

Άλλοι τρόποι επικονίασης:



Αυτεπικονίαση



Επικονίαση μέσω του ανέμου

Η παρατηρούμενη μείωση στους πληθυσμούς των επικονιαστών έχει θορυβήσει την ανθρωπότητα και έχει οδηγήσει σε δράσεις για την προστασία τους. Η αστικοποίηση με την πρόκληση τεράστιας αλλαγής στη χρήση γης καθώς και η εντατικοποιημένη γεωργική παραγωγή με τις μονοκαλλιέργειες και τη συνεπαγόμενη ισοπέδωση της ποικιλίας της χλωρίδας, στερεί από τους επικονιαστές την ποικιλία αλλά και την ποσότητα φυτών που είναι απαραίτητη για την επιβίωσή τους. Η συχνή και μη ορθολογική χρήση χημικών φυτοφαρμάκων δημιουργεί ένα τοξικό περιβάλλον μέσα στο οποίο είναι βέβαιη η δηλητηρίαση (άμεση από εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα, έμμεση από ζιζανιοκτόνα) μέρους των πληθυσμών αυτών. Οι παντός είδους ρύποι και η κλιματική αλλαγή αλλάζουν τελείως τις φυσικές συνθήκες στις οποίες τα είδη αυτά έχουν προοριστεί να ζουν.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο με ψήφισμα του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου προωθείται η αποτελεσματικότερη διερεύνηση των αιτιών του προβλήματος και η παρακολούθηση του πληθυσμού των επικονιαστών. Προωθείται η ανάπτυξη φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων, φιλικών στους επικονιαστές και παράλληλα ο περιορισμός -αρχικά- και σταδιακά η απαγόρευση εκείνων που αποδεδειγμένα εντείνουν το πρόβλημα. Ταυτόχρονα υιοθετούνται πολιτικές που ενθαρρύνουν τη βιολογική γεωργία και τη στήριξη της επαγγελματικής και ερασιτεχνικής μελισσοκομίας καθώς για την αντιμετώπιση του προβλήματος πρέπει να υπάρξει ισορροπία μεταξύ εντομόφιλων φυτών και επικονιαστών εντόμων το οποίο μπορεί να γίνει μόνο με την αύξηση των μελισσοσμηγών.



Στοιχεία από τη ζωή των μελισσών

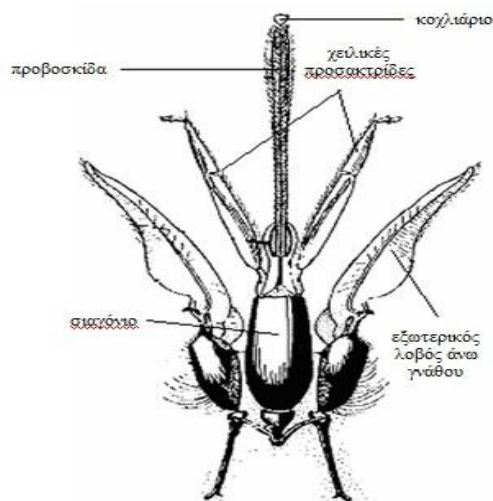
Η μέλισσα (*Apis mellifera* L.) είναι έντομο που έχει μελετηθεί και μελετάται εκτενέστατα λόγω της διατροφικής και οικονομικής του σημασίας για τον άνθρωπο εδώ και χιλιάδες χρόνια*⁸. Τα προϊόντα κυψέλης που αξιοποιούνται είναι το μέλι, η γύρη και ο βασιλικός πολτός στο διατροφικό τομέα, η πρόπολη και το κερί στη βιομηχανία καλλυντικών και το δηλητήριο για ιατροφαρμακευτικούς λόγους. Τεράστια είναι η υφιστάμενη βιομηχανία που σχετίζεται άμεσα με τη μελισσοκομία, καθώς για την παραγωγή των παραπάνω προϊόντων απαιτούνται πολλά εργαλεία και υλικά. Ας δούμε κάποια απο τα χαρακτηριστικά αυτού του εντόμου.

*8 μέλι βρέθηκε σε έρευνες σε πυραμίδα στην Αίγυπτο, μάλιστα το μέλι αυτο παρέμενε βρώσιμο μετά από τρεις χιλιετίες διαθέσιμο στο <https://www.nationalgeographic.com.au/history/honey-in-the-pyramids.aspx>, καθώς επίσης και σε ανασκαφές στη Γεωργία [Giorgi Lomsadze, Report Georgia Unearths the World's Oldest Honey διαθέσιμο στο https://eurasianet.org/report-georgia- unearths-the-worlds-oldest-honey?fbclid=IwAR2Ake5_7JBH

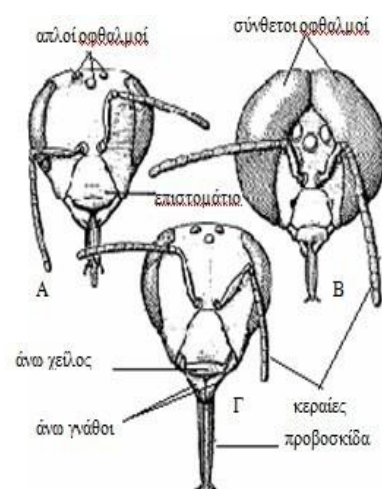
Μορφολογία

Το σώμα της μέλισσας χωρίζεται σε τρία διακριτά μέρη: την κεφαλή, το θώρακα και την κοιλία [Αλυσσανδράκης, 2007: 8].

1. Η κεφαλή περιλαμβάνει τους οφθαλμούς εκ των οποίων δύο σύνθετοι με πολλά οματίδια στα πλάγια και τρεις απλοί σε τριγωνική διάταξη στο μέτωπο, τις κεραίες και τα στοματικά μόρια. Με τους δύο (2) σύνθετους οφθαλμούς η μέλισσα βλέπει παραστάσεις. Αντίθετα, με τους τρεις (3) απλούς οφθαλμούς, αντιλαμβάνεται τις αλλαγές στην ένταση του φωτός.



Εικόνα 12. Προβοσκίδα εργάτριας μέλισσας (από Dade, 1962).



Πρόσθια όψη κεφαλής (από Dade, 1962). Α. Βασίλισσα, Β. Κηφήνας, Γ. Εργάτρια.

2. Ο θώρακας είναι το μεσαίο μέρος του σώματος της μέλισσας και αποτελείται από τρία τμήματα. Καθένα φέρει ένα ζεύγος ποδιών, ενώ το δεύτερο και τρίτο τμήμα φέρουν και από ένα ζεύγος πτερυγών. Διασχίζεται εσωτερικά από τον οισοφάγο, περιέχει τους θωρακικούς αδένες, τους μυς των φτερών και άλλα ζωτικά όργανα.

Τα φτερά της μέλισσας είναι λεπτά, μεμβρανώδη, ενισχυμένα από διάφορα νεύρα και χωρίζονται σε δυο ζεύγη. Το πρώτο ζεύγος είναι το μεγαλύτερο σε μήκος και ευρίσκεται κολλημένο στον δεύτερο δακτύλιο του θώρακα, το δεύτερο ζεύγος έχει μικρότερο μήκος και ευρίσκεται κολλημένο στον τρίτο δακτύλιο του θώρακα. Οι μύες, που κινούν τα φτερά περίπου 200 φορές το δευτερόλεπτο, ευρίσκονται και αυτοί προσκολλημένοι στον θώρακα. Τα φτερά μπορούν και κινούνται είτε αγκιστρωμένα ανά δύο, μεγάλο και μικρό, από κάθε πλευρά του σώματος της μέλισσας, είτε με διαφορετική ταχύτητα, τα μικρά και τα μεγάλα σε ζεύγη. Το κάθε πόδι αποτελείται από πέντε (5) μέρη, όπως και σε όλα τα έντομα. Με το πρώτο ζεύγος ποδιών καθαρίζει από την γύρη τα μάτια και τις κεραίες. Το πρώτο ζεύγος ποδιών είναι τα πιο μικρά σε μέγεθος. Με αυτά καθαρίζει τις

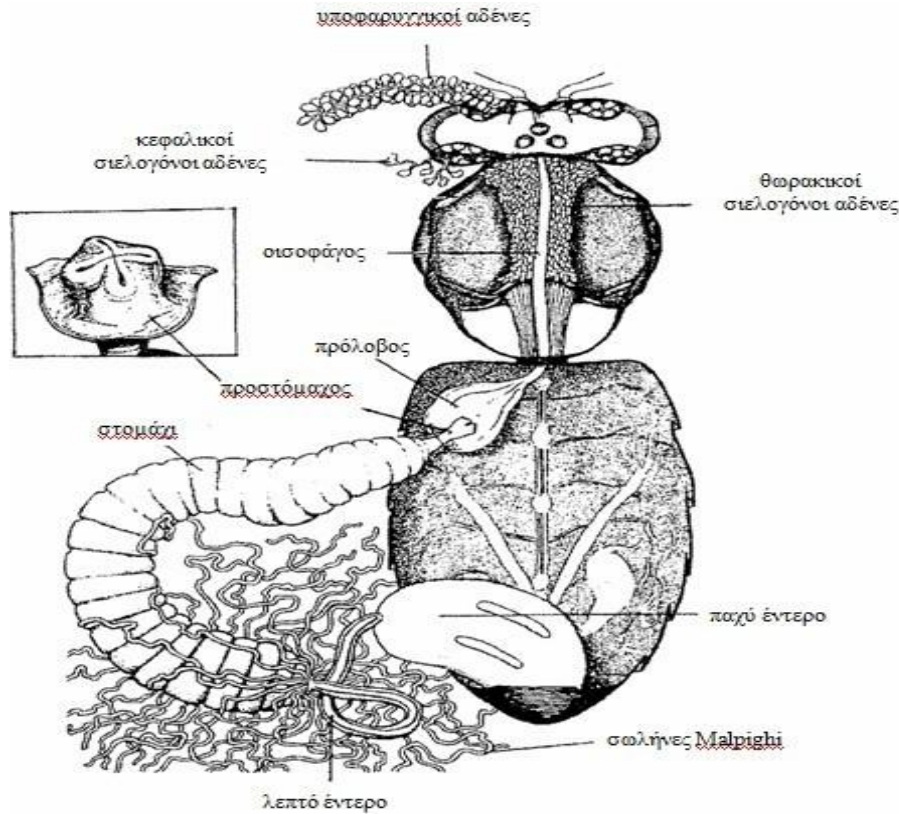
κεραίες της και τα μάτια της από τους κόκκους γύρης, μετά από κάθε επίσκεψη της σε άνθος. Επίσης καθαρίζει την γλώσσα της από την γύρη που προσκολλάται κατά την συλλογή νέκταρος. Το δεύτερο ζεύγος βοηθά για την στήριξη, το περπάτημα, την συμπίεση της γύρης στα πίσω πόδια και την μεταφορά της γύρης και του σάλιου από τα πρώτα πόδια, στα πίσω. Το τρίτο ζεύγος είναι και το πιο δυνατό, έχει στο ύψος της κνήμης τριχίδια τα οποία, σαν βούρτσα, συλλέγουν και συγκρατούν την γύρη, και ειδικές υποδοχές καλαθάκια, για την μεταφορά της στην κυψέλη. Επίσης με αυτά μπορούν να μεταφέρουν ρητίνη και πρόπολη. Με το μεσαίο ζεύγος ποδιών πιέζει την γύρη μέσα στα καλάθια των τελευταίων ποδιών, στηρίζεται κατά τις μετακινήσεις της και βοηθά στην αμυντική στάση που λαμβάνει κατά τα καθήκοντα του σκοπού. Επίσης βοηθά στη μεταφορά νεκρών μελισσών και την σύλληψη εχθρών. Τέλος, με τις σκληρές τρίχες που υπάρχουν στα μεσαία πόδια συλλέγει και μεταφέρει την γύρη και την στερεώνει στα καλάθια μεταφοράς.

3. Η κοιλία των μελισσών αποτελείται από δέκα (10) συνολικά κοιλιακούς δακτυλίους. Στην κοιλία της μέλισσας βρίσκονται το σύνολο των εσωτερικών οργάνων, καθώς επίσης και το κεντρί. Όταν το κεντρί δεν είναι σε χρήση βρίσκεται μέσα σε έναν αγωγό στο πίσω μέρος της κοιλιάς της μέλισσας. Όταν είναι να χρησιμοποιηθεί, εμφανίζεται μόνον το μισό μέγεθος, με την βάση του κρυμμένη στο σώμα της. Το κεντρί είναι ένας κοίλος αγωγός όπως μια βελόνα σύριγγας. Η άκρη της είναι οδοντωτή έτσι ώστε να αγκιστρώνεται στο δέρμα των θηλαστικών. Η βάση του κεντρίου επικοινωνεί με το σάκο, που περιέχει το δηλητήριο. Αυτός τροφοδοτείται από επί μέρους αδένες, ο ένας περιέχει αλκαλικό δηλητήριο και ο άλλος όξινο. Κατά το τσίμπημα αυτά τα δύο ενώνονται.

Ανατομία

1. **Πεπτικό και απεκκριτικό σύστημα.** Το πεπτικό σύστημα της μέλισσας ξεκινάει από το στόμα και καταλήγει στην έδρα. Χωρίζεται σε τρία μέρη, το πρόσθιο, το μέσο και το οπίσθιο έντερο. Με το πεπτικό σύστημα συνδέονται και κάποιοι σημαντικοί αδένες, οι υποφαρυγγικοί. Οι υποφαρυγγικοί αδένες βρίσκονται στο κεφάλι και παράγουν το βασιλικό πολτό στις νεαρές εργάτριες. Όταν η μέλισσα μεγαλώσει σε ηλικία, οι υποφαρυγγικοί αδένες ατροφούν και δεν παράγουν βασιλικό πολτό, αλλά εκκρίνουν ένα ένζυμο, την ιμπερτάση, το σημαντικότερο ένζυμο για την παραγωγή μελιού. Ένα πολύ σημαντικό τμήμα του πεπτικού

συστήματος της μέλισσας είναι ο πρόλοβος ή μελιστόμαχος. Σε αυτόν τον χώρο αποθηκεύεται το νέκταρ όταν η μέλισσα το συλλέγει και μέχρι να το αποθέσει στην κηρήθρα. Όσο το νέκταρ βρίσκεται στον πρόλοβο ωριμάζει σε μέλι. Επίσης μείζονος σημασίας τμήμα είναι ο προστόμαχος, που παίζει το ρόλο βαλβίδας, εμποδίζοντας την επαναφορά τροφής από το στομάχι στον πρόλοβο.



Πεπτικό σύστημα της μέλισσας. Αριστερά φαίνεται λεπτομέρεια του προστόμαχου (από Dade, 1962).

Πηγή Αλυσσανδράκης σελ. 11, 3^ο κεφαλαίου

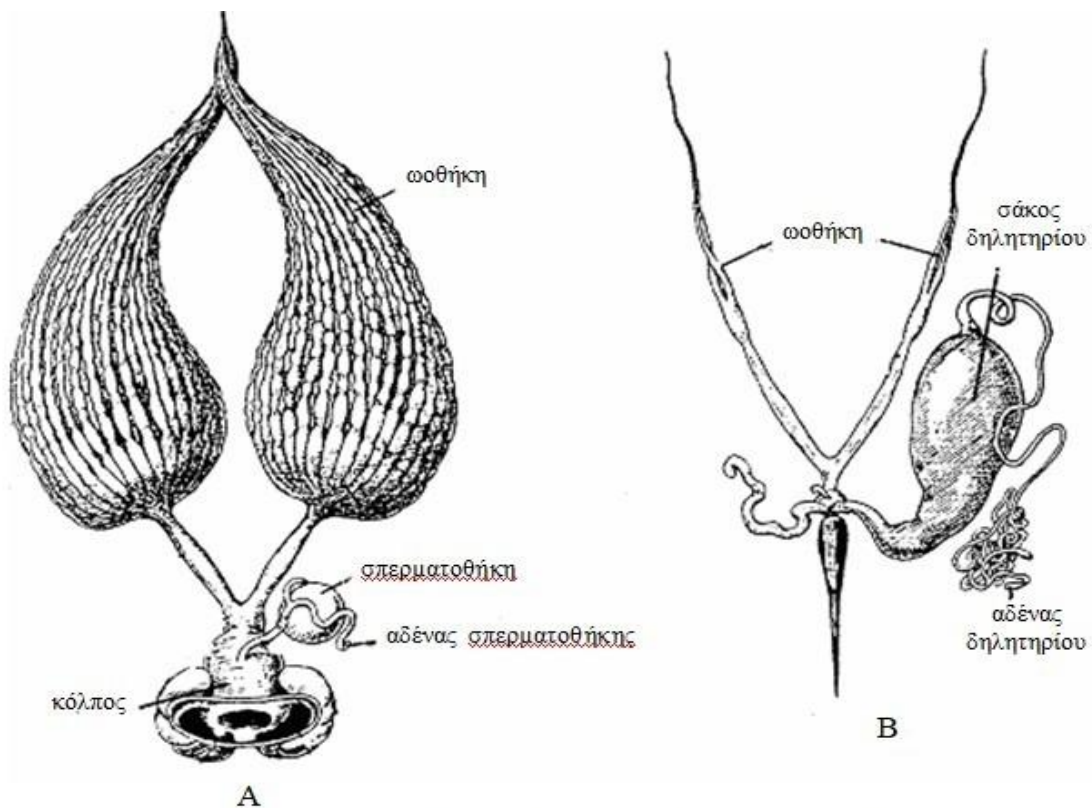
2.Κυκλοφορικό σύστημα. Αποτελείται από την καρδιά και την αορτή, για την κυκλοφορία της αιμολέμφου στη σωματική κοιλότητα του εντόμου. Κύριοι ρόλοι της αιμολέμφου αποτελούν η μεταφορά θρεπτικών συστατικών από το στομάχι προς τα σωματικά κύτταρα και η άμυνα της μέλισσας.

3.Αναπνευστικό σύστημα. Οι μέλισσες αναπνέουν παθητικά, μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων, τις τραχειές.

4.Νευρικό σύστημα. Το νευρικό σύστημα της μέλισσας είναι σχετικά απλό. Τα νευρικά κύτταρα συγκεντρώνονται σε ομάδες, τα γάγγλια και συνδέονται μέσω συνάψεων με τον εγκέφαλο και τα διάφορα αισθητήρια όργανα.

5.Αναπαραγωγικό σύστημα: Μόνο η βασίλισσα και ο κηφήνας έχουν πλήρως ανεπτυγμένο αναπαραγωγικό σύστημα, ενώ οι εργάτριες ατροφικό(εικόνα Β). Τα

γεννητικά όργανα της βασίλισσας απαρτίζονται από δύο καλά αναπτυγμένες ωοθήκες(εικόνα Α).



Αναπαραγωγικό σύστημα βασίλισσας (Α) και εργάτριας (Β) (από Snodgrass, 1975).

Πηγή αλυσσανδράκης σελ 12

1.Αδενικό σύστημα. Οι μέλισσες διαθέτουν δύο ειδών αδένες, τους ενδοκρινείς και τους εξωκρινείς. Οι πρώτοι παράγουν ορμόνες που δρουν μέσα στο σώμα της μέλισσας, ενώ οι δεύτεροι σχετίζονται με τις δραστηριότητες των μελισσών.

Ενδοκρινείς:

α)Οι προθωρακικοί μόνο στις προνύμφες και παράγουν την ορμόνη εκδυσόνη, που ελέγχει τις εκδύσεις.

β)Οι αδένες 'corpora allata' παράγουν τη νεανική ορμόνη, που σχετίζεται με τη διαφοροποίηση της κάστας. Όταν η προνύμφη προορίζεται για βασίλισσα, ο αδένας αυτός διεγείρεται από ουσίες του βασιλικού πολτού και παράγει μεγαλύτερες ποσότητες νεανικής ορμόνης. Στις ενήλικες μέλισσες, οι αδένες αυτοί ρυθμίζουν την αύξηση και ανάπτυξη αυτών, καθώς και την κατανομή εργασιών.

Οι εξωκρινείς αδένες είναι πιο χαρακτηριστικοί επειδή σχετίζονται με 4 βασικές

λειτουργίες της εργάτριας μέλισσας: την παραγωγή κεριού, την επικοινωνία, την άμυνα και την επεξεργασία της τροφής.

Κηρογόνοι αδένες. παράγουν το κεριό με το οποίο οι μέλισσες κατασκευάζουν την κηρήθρα που αποτελείται από συστοιχία κελιών σε σχήμα κανονικού εξαγώνου.

Αδένας Νασάνοφ. παράγει την ομόνυμη φερομόνη, με την οποία οι εργάτριες υποδεικνύουν την είσοδο της φωλιάς, την ύπαρξη νερού και τροφής, ενώ βοηθά και στο σχηματισμό του 'τσαμπιού' κατά τη σμηνοουργία.

Αδένας δηλητηρίου. Παράγει το δηλητήριο, που συγκεντρώνεται στο σάκο δηλητηρίου μέχρι η μέλισσα να κεντρίσει.

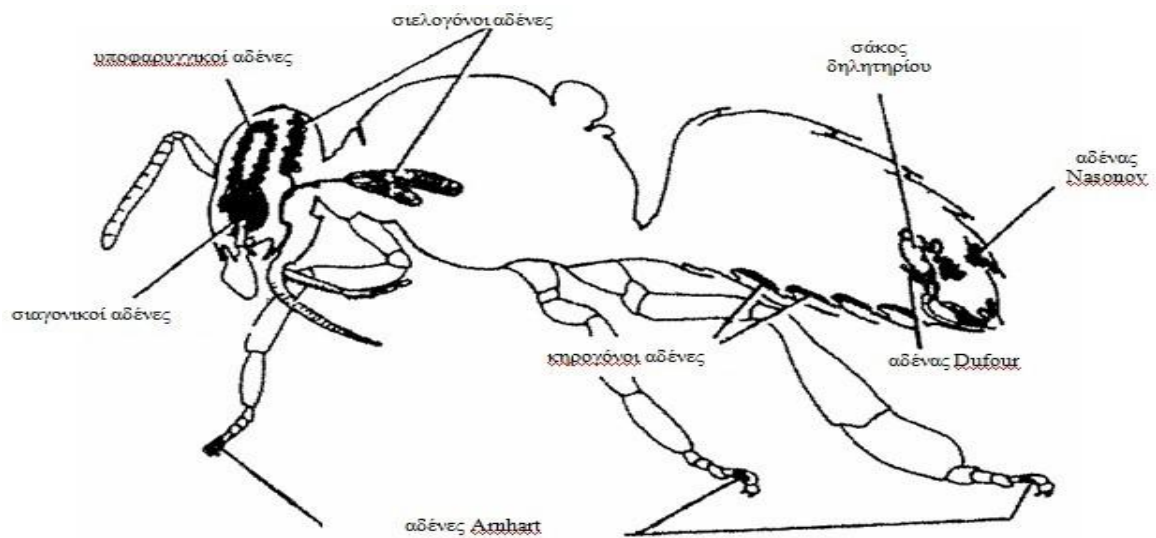
Αδένες Αρνχαρτ. Παράγουν ουσίες που συνθέτουν τη φερομόνη «ίχνος ποδιού», που κατευθύνει τις συλλέκτριες μέλισσες στα άνθη και την είσοδο της φωλιάς, ενώ η βασίλισσα την αποθέτει πάνω στα κελιά της κηρήθρας.

Σιαγονικοί αδένες. Είναι πολύ μεγάλοι στη βασίλισσα και παράγουν μίγμα πολλών ουσιών με σημαντική επίδραση στη σωστή λειτουργία του μελισσιού. Η συγκεκριμένη φερομόνη λειτουργεί σαν ένδειξη για τις εργάτριες ότι υπάρχει βασίλισσα, και έτσι το μελίσι διατηρεί τη συνοχή του.

Σιελογόνοι αδένες. Κεφαλικοί και θωρακικοί .Ο ρόλος τους είναι η διάλυση των τροφών προς πέψη ή η κατεργασία υλικών, όπως του κεριού.

Υποφαρυγγικοί αδένες. Βρίσκονται στην κεφαλή της εργάτριας και παράγουν βασιλικό πολτό στην αρχή της ζωής της, οπότε και είναι καλά ανεπτυγμένοι. Καθώς η μέλισσα μεγαλώνει σε ηλικία, αυτοί οι αδένες ατροφούν, συρρικνώνονται και παράγουν κυρίως το ένζυμο ιμπερτάση, απαραίτητο για τη μετατροπή του νέκταρος σε μέλι.

Αδένας Κοστσέβνικοφ. Βρίσκεται στο κεντρί της μέλισσας και εκκρίνει ένα μίγμα που δρα σαν φερομόνη συναγεμού.



Εξωκρινείς αδένες της εργατριας μέλισσας (από Michener, 1974).

Πηγή Αλυσσανδραλακης σελ 13

ΑΙΣΘΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΛΙΣΣΩΝ

1. Όραση. Οι μέλισσες χρησιμοποιούν τη όραση κατά τη συλλογή τροφής, και κατά την επιστροφή στην κυψέλη. Το εύρος μήκους κύματος που βλέπει η μέλισσα είναι 300-650 nm, με αποτέλεσμα να μπορεί να διακρίνει 4 χρώματα: υπεριώδεις, μπλε, πρασινομπλέ και κίτρινο. Το κόκκινο χρώμα δε μπορεί να το δει η μέλισσα.
2. Όσφρηση. Τα αισθητήρια όργανα της όσφρησης των μελισσών (sensilla placodea) βρίσκονται στα οκτώ (8) τελευταία άρθρα των κεραίων. Οι μέλισσες χρησιμοποιούν την όσφρηση για τις οσμές λουλουδιών. Επίσης, με την όσφρηση αναγνωρίζουν άτομα της ίδιας κυψέλης.
3. Γεύση. Η μέλισσα μπορεί να διακρίνει τις ίδιες τέσσερις (4) γεύσεις με τον άνθρωπο (γλυκό, ξινό, πικρό, αλμυρό), με σημαντικότερη του γλυκού (καθορισμός προτίμησης νέκταρος). Τα αισθητήρια όργανα της γεύσης βρίσκονται μες στο στόμα, στις κεραίες και στους ταρσούς των μπροστινών ποδιών.
4. Αφή. Οι περισσότερες από τις τρίχες στην επιφάνεια του σώματος των μελισσών αποτελούν τα αισθητήρια όργανα αφής τους.
5. Ακοή. Οι μέλισσες έχουν δύο ειδών όργανα για να αντιλαμβάνονται ήχους και δονήσεις. Οι συλλέκτριες μέλισσες κάνουν κάποιο ιδιαίτερο ήχο με τα φτερά τους ώστε να υποδηλώσουν στις υπόλοιπες ότι έχουν βρει τροφή. Αυτός ο ήχος συλλαμβάνεται από το 'όργανο του Johnston', στην κεραία, που αντιλαμβάνεται τους ήχους. Οι δονήσεις συλλαμβάνονται από τα λεγόμενα χορδοτονικά όργανα (scoloparia).

6. Άλλες αισθήσεις. Αντίληψη διοξειδίου του άνθρακα, με αισθητήρια όργανα στις κεραίες. Επίσης, αντιλαμβάνονται μεταβολές στη σχετική υγρασία, αλλαγές στη θερμοκρασία του αέρα και την ατμοσφαιρική πίεση.

Η δραστηριότητα των μελισσών στις διάφορες ηλικίες τους

Η ζωή της εργάτριας μέλισσας, από τότε που βγαίνει από το κελί μέχρι το θάνατό της, μπορεί να χωριστεί σε 3 στάδια [Αλυσσανδράκης].

Στο 1^ο στάδιο της ζωής της (1-10η ημέρα), η εργάτρια απασχολείται ως οικιακή μέλισσα στο εσωτερικό της κυψέλης, καθαρίζοντας και προετοιμάζοντας τα κελιά που έμειναν άδεια για να δεχθούν ένα νέο αυγό. Οι νεαρές μέλισσες στέκονται πάνω στα κελιά του γόνου για να τα διατηρούν ζεστά. Με την πάροδο λίγων ημερών αναπτύσσονται υπερβολικά, εντός του κεφαλιού της οι υποφαρυγγικοί αδένες,

αναγκαίοι για τη δραστηριότητά της ως παραμάνα του γόνου. Τα λευκώματα που περιέχει η τροφή από αυτούς τους αδένες προέρχονται από τ' αποθέματα γύρης της κυψέλης που καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες. Η περιποίηση του γόνου είναι κοπιαστική. Προς το τέλος αυτής της περιόδου, η μέλισσα αφήνει για 1η φορά την κυψέλη και κάνει μια πεντάλεπτη πτήση προσανατολισμού. Με μερικές ακόμη πτήσεις προσανατολισμού μπορεί ν' αναλάβει ασχολίες κι εκτός κυψέλης.

Στο 2^ο στάδιο της ζωής της (10^η-20^η ημέρα) τερματίζεται η δραστηριότητά της ως παραμάνα λόγω ατροφίας των υποφαρυγγικών αδένων. Κατόπιν αναπτύσσονται κυρίως οι κηρογόνοι αδένες της, απαραίτητοι για την κατασκευή της κηρήθρας. Άλλα εργασιακά καθήκοντα στο στάδιο αυτό αποτελούν η παραλαβή κι επεξεργασία του νέκταρ, η καθαριότητα της κυψέλης μ' εκκένωσή της από απορρίμματα και πτώματα. Προς το τέλος του σταδίου ορισμένες επιδίδονται στη φρούρηση και υπεράσπιση της εισόδου της κυψέλης.

Στο 3^ο στάδιο (20^η ημέρα- θάνατος(4^η-5^η εβδομάδα ζωής) η μέλισσα γίνεται συλλέκτρια. Τότε πετά εκτός κυψέλης για ν' αναζητήσει λουλούδια και να συλλέξει νέκταρ και γύρη.

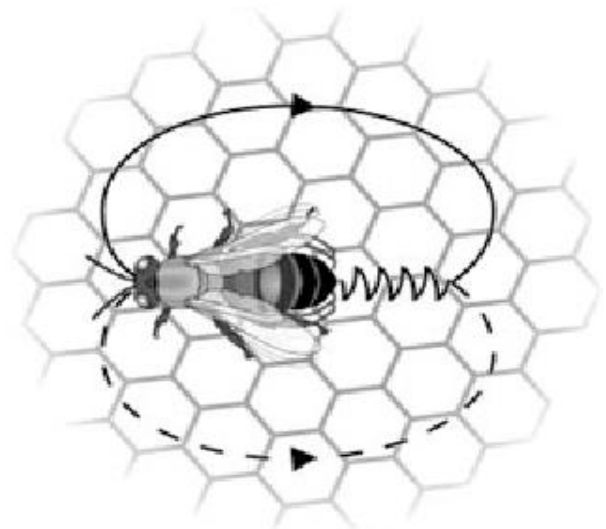
Επικοινωνία μελισσών

Η ανιχνεύτρια μέλισσα, αναζητά τριγύρω από την κυψέλη να διεγερθεί η προσοχή της από τη μυρωδιά και να πλησιάσει την προσφερόμενη τροφή.

Επιστρέφοντας λοιπόν εξάγει από τον πρόλοβό της το περιεχόμενο που μάζεψε. Αυτό το παίρνουν αμέσως 2-3 μέλισσες της κυψέλης και φροντίζουν για την περαιτέρω χρησιμοποίησή του είτε ταΐζοντας ανάλογα με τις ανάγκες τις πεινασμένες μέλισσες είτε αυξάνοντας τα αποθέματα μέσα στα κελιά, εσωτερικές υποθέσεις με τις οποίες η συλλέκτρια δεν ασχολείται. Η συλλέκτρια που απαλλάχθηκε από το φορτίο της αρχίζει ένα είδος κυκλικού χορού . Τρέχει με γρήγορα μικρά βήματα επάνω στην περιοχή της κηρήθρας, όπου εκείνη τη στιγμή βρίσκεται σε μικρούς κύκλους τριγύρω, μεταβάλλοντας συχνά τη φορά περιστροφής . Αυτός ο εντυπωσιακός χορός εκτελείται ανάμεσα σε συνωστισμό από μέλισσες και οι μέλισσες που βρίσκονται πιο κοντά στη χορεύτρια, βηματίζουν γρήγορα πίσω της και προσπαθούν να διατηρούν την επαφή με την κοιλιά της με τις προτεταμένες κεραίες τους. Αυτός ο στροβιλισμός μπορεί να κρατήσει από μερικά δευτερόλεπτα ως μισό ή ολόκληρο λεπτό. Έπειτα η χορεύτρια σταματά ξαφνικά , αποχωρίζεται από την ακολουθία της για να βγάλει συχνά σε μια δεύτερη ή και σε μια τρίτη θέση της κηρήθρας μια ακόμη σταγόνα μελιού κι επαναλαμβάνει . Μετά από λίγο κατευθύνεται προς την έξοδο της κυψέλης και πετά προς τον τόπο της τροφής , για να κουβαλήσει ένα νέο φορτίο κι επιστρέφοντας κάθε φορά επαναλαμβάνει την ίδια θεατρική παράσταση. Ο χορός αυτός εκτυλίσσεται στο σκοτάδι της κλειστής κυψέλης, οι υπόλοιπες μέλισσες ακολουθούν τη συλλέκτρια αντιλαμβανόμενες τις κινήσεις της με την αφή , ακοή και την όσφρηση. Συνεπώς με το χορό αναγγέλλεται στην κυψέλη η ανακάλυψη άφθονης τροφής. Οι πιο κοντινές μέλισσες οδηγούνται σε κατάσταση ζωνής αναστάτωσης με αποτέλεσμα να παρασύρονται και ν' ακολουθούν την αρχική ανιχνεύτρια κατά την έξοδό της από την κυψέλη προς την επανεύρεση της πηγής τροφής. Οι καινούριες δε γνωρίζουν όπως είναι φανερό πού βρίσκεται ο στόχος αλλά πληροφορούνται με τις συμβολικές κινήσεις του κυκλικού χορού μόνον ότι πρέπει να ψάξουν τριγύρω από τη κυψέλη. Σε περίπτωση όμως που η πηγή τροφής εντοπίζεται σε μεγαλύτερη απόσταση, τότε οι μέλισσες επιδίδονται στον μεικτό ή κουνιστό χορό, που περιλαμβάνει μια γρήγορη οφιοειδή κίνηση με την κοιλιά , που πραγματοποιείται πάντα κατά ευθύγραμμη διαδρομή.



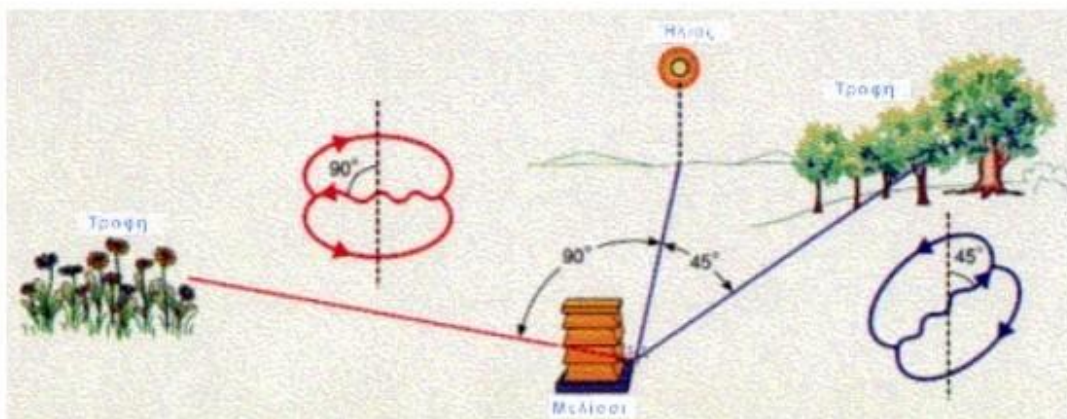
Κυκλικός χορός



Μεικτός χορός Πηγή Gardner et al. 2008

Συγχρόνως η χορεύτρια παράγει ένα θόρυβο , που αντιστοιχεί στη συχνότητα των δονήσεων των φτερών που παράγονται με τους πτητικούς μυς του θώρακα, χωρίς κίνηση των φτερών. Συνεπώς όχι μόνο με την οφιοειδή κίνηση της κοιλιάς αλλά και με την παραγωγή του ήχου «τονίζεται» κυριολεκτικά η διαδρομή αυτή.

Επιπλέον ο μεικτός χορός φανερώνει και την κατεύθυνση της τροφής, που σχετίζεται άμεσα με την κατεύθυνση της ευθύγραμμης διαδρομής , κατά την οποία πάλλεται η κοιλιά. Ο ήλιος χρησιμοποιείται απ' τις μέλισσες ως πυξίδα. Ο Karl von Frisch αντιλήφθηκε ότι η κατεύθυνση προς την οποία εκτελούνται οι διαδρομές του κουνιστού χορού εξαρτώνται από την κατεύθυνση της πηγής της τροφής από την κυψέλη, αλλά και από την ώρα της ημέρας: Η κατεύθυνση του χορού αλλάζει ανάλογα με την τοποθεσία της πηγής της τροφής, ανεξαρτήτως ώρας. Έχοντας μια σταθερή πηγή τροφής, η κατεύθυνση αλλάζει με την ίδια γωνία που αλλάζει και ο ήλιος με το πέρασμά του στον ουράνιο θόλο». Αν λάβει κανείς υπόψη του ότι ο ήλιος δεν είναι ορατός μέσα στην κυψέλη και ότι οι μέλισσες εκτελούν το χορό στην κάθετη επιφάνεια της κηρήθρας, τότε ανακύπτει το ερώτημα με ποιο τρόπο μεταφράζουν τις γωνίες πτήσης μέσα στη σκοτεινή κυψέλη. Η παρακάτω εικόνα δείχνει πως μπορεί να γίνει αυτό:



Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της γωνίας που εκτελείται ο χορός στην κάθετη επιφάνεια της κυψέλης και της θέσης του ήλιου σε σχέση με την κατεύθυνση της πηγής της τροφής. Όταν η τροφή και ο ήλιος βρίσκονται προς την ίδια κατεύθυνση, η διαδρομή του χορού εκτελείται με κατεύθυνση κατακόρυφα προς τα πάνω (αντίθετα με την κατεύθυνση της βαρύτητας). Όταν η τροφή είναι σε κάποια γωνία προς τα δεξιά (μπλε) ή αριστερά (κόκκινη) σε σχέση προς τον ήλιο, η μέλισσα κατευθύνει τη διαδρομή του χορού της με την ίδια γωνία που βρίσκεται η τροφή σε σχέση με την κάθετο στη βαρύτητα.

Η κοινωνία των μελισσών

Στην κοινωνία των μελισσών είναι σύνηθες κάποιες μέλισσες να εισέλθουν σε άλλες κυψέλες είτε λόγω αποπροσανατολισμού, είτε λόγω αντικατάστασης της αρχικής κυψέλης από άλλη με ειδικό χειρισμό είτε λόγω μεταφοράς της σε άλλο μέρος με αποτέλεσμα η μέλισσα να αναζητήσει καταφύγιο σε μίαν άλλη κοινωνία μελισσών. Αυτή γίνεται ευπρόσδεκτη, αφού κουβαλάει μαζί της και τα “δώρα” από την συλλογή της.

Κάτι αντίστοιχο άλλωστε ισχύει και για τα μέλη μια ανθρώπινης κοινωνίας όπως έχει αναφέρει και ο Ernst Mayr:

“Σε μια κοινωνική ομάδα, τα μέλη της δείχνουν να αντιλαμβάνονται ότι πρόσθετοι εργάτες ή ενδεχόμενοι γεννήτορες μερικές φορές θα ενίσχυαν την ομάδα, και ως εκ τούτου είναι συνήθως κάπως ανεκτικοί προς τέτοιους νεοαφιχθέντες.”

Οικονομική - Περιβαλλοντική σημασία της μέλισσας

Η σημασία της μέλισσας στην οικονομία έχει μελετηθεί διεξοδικά [Χατζήνα, 2007]. Η απευθείας συμμετοχή της στην παγκόσμια οικονομία μέσω της μελισσοκομίας ως κλάδου της αγροτικής παραγωγής δε δείχνει την αξία αυτή καθώς αποτελεί ένα μικρό ποσοστό της συνολικής γεωργικής οικονομικής δραστηριότητας. Αν όμως επιχειρήσουμε να υπολογίσουμε την έμμεση συνεισφορά της σε αυτή μέσα από την αύξηση της συνολικής παραγωγής και της ποιότητας αυτής μας αποκαλύπτεται η τεράστια αξία του εντόμου αυτού στην οικονομία, τάξης μεγέθους μεγαλύτερης από τις δραστηριότητες της μελισσοκομίας [Στο ίδιο].

Αυτός είναι και ο λόγος άλλωστε που παγκοσμίως παίρνονται μέτρα για την προστασία τους από ανθρωπογενείς παράγοντες που οδηγούν στη μείωση των πληθυσμών της. Μία καλλιέργεια που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις μέλισσες είναι αυτή των αμυγδαλιών στην Καλιφόρνια. Εκεί μάλιστα οι παραγωγοί αντιλαμβανόμενοι την εξάρτηση αυτή, ενοικιάζουν κυψέλες από μελισσοκόμους την περίοδο της ανθοφορίας και τηρούν αυστηρά πρωτόκολλα ψεκασμών όσο οι μέλισσες βρίσκονται στην περιοχή.

Περισσότερα όμως από διακόσια (200) καλλιεργούμενα είδη φυτών που αποτελούν το 80% της διατροφής του ανθρώπου σε παγκόσμιο επίπεδο επικονιάζονται μερικώς ή αποκλειστικά από τις μέλισσες και αυτό αναδεικνύει περαιτέρω τη σημασία της [Europarl].

Κι αν ο υπολογισμός της οικονομικής σημασίας της μέλισσας μπορεί να προσεγγιστεί, είναι αδύνατο να αποφανθούμε με οικονομικούς όρους σχετικά με την περιβαλλοντική σημασία. Η διατήρηση της βιοποικιλότητας είναι άμεσα συσχετισμένη με την επικονίαση όπως και η βελτίωση-ανθεκτικότητα των ποικιλιών κάθε είδους απέναντι στις νέες ασθένειες που τα φυτά αντιμετωπίζουν. Συγκεκριμένα ολιγολεκτικοί επικονιαστές που επισκέπτονται πολύ μικρό αριθμό φυτών είναι εξειδικευμένοι και αποκλειστικοί επικονιαστές των φυτών αυτών [Χατζήνα, 2007]. Κατ' επέκταση εξασφαλίζουν την ευρύτερη σταθερότητα του οικοσυστήματος, την επισιτιστική ασφάλεια και την ανθρώπινη ευημερία. Όπως άλλωστε έχει παρατηρηθεί, όπου οι πληθυσμοί μελισσών μειώνονται, υπάρχει επίσης μείωση των πληθυσμών των φυτών [Simon & Jacobus, 1978].

Εχθροί και ασθένειες του μελισσιού

Τα πολύτιμα για τις μέλισσες προϊόντα αποτελούν εξαιρετική πηγή ενέργειας για πολλά ζώα και έντομα.

- Η αρκούδα είναι ένας πολύ επικίνδυνος εχθρός που λόγω του μεγέθους του απαιτείται μεγάλος αριθμός μελισσών αλλά και πολύς χρόνος για την απόθυσή του, κάτι που εξαντλεί το μελίσσι μετά από μια επίθεση.
- Τα ποντίκια σκαρφαλώνουν και εισχωρούν στην κυψέλη για να καταλήξουν γρήγορα νεκρά από τα κεντρίσματα των μελισσών. Όμως, ακόμα και αν δεν προλαβαίνουν να καταστρέψουν τις κερήθρες απαιτείται να ξοδευτεί μεγάλη ενέργεια για την μουμιοποίησή του με πρόπολη ώστε να αποφευχθεί η μόλυνση του μελισσιού, καθώς δε μπορούν οι μέλισσες να το απομακρύνουν εκτός κυψέλης.
- Ο μελισσοφάγος τρέφεται με μέλισσες και άλλα υμενόπτερα και είναι μικρής σημασίας το πρόβλημα που δημιουργεί ως προς τον πληθυσμό. Η βλάβη που γίνεται όμως σε περίπτωση που σκοτώσει μια βασίλισσα κατά τη διάρκεια της μοναδικής φοράς που θα βγει από την κυψέλη μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια του μελισσιού.
- Οι σφήκες που τρέφονται με μέλισσες μπορούν να επιφέρουν μείωση στον πληθυσμό αλλά αν το μελίσσι είναι δυνατό θα καταφέρει να τις εξοντώσει.
- Η αχερόντια άτροπος είναι μία πεταλούδα με σχήμα και μέγεθος παρόμοιο με αυτό της μέλισσας. Αν λοιπόν εισέλθει στη κυψέλη οι μέλισσες θα δυσκολευτούν να την αναγνωρίσουν ως εχθρό.
- Ο κηρέοσκορος προκαλεί ζημιές στη βασική οικοδομική μονάδα του μελισσιού, την κηρήθρα τρεφόμενος με κερί και γεννώντας σε αυτό. Είναι κλασσικό παράδειγμα της σημασίας ενός δυνατού και σφιχτού μελισσιού καθώς οι μέλισσες καθαρίζουν και απομακρύνουν αυγά και προνύμφες.
- Το άκαρι βαρρόα είναι για τη σύγχρονη μελισσοκομία η μεγαλύτερη πληγή. Εμφανίστηκε τον προηγούμενο αιώνα και είναι υπεύθυνο για την απώλεια εκατοντάδων χιλιάδων μελισσοσμηνών στην Ελλάδα [Βλογιαννίτης, 2016: 10]. Είναι υπεύθυνη για την μόλυνση των άγριων μελισσιών σε σημείο που να κινδυνεύει η επιβίωση τους, ειδικά σε περιοχές με έντονο συνωστισμό από ήμερες αποικίες.
- Η ασκοσφαίρωση πρόκειται για ασθένεια που προκαλείται από μύκητα (*Ascosphaera apis*). Μπορεί να μειώσει τον πληθυσμό στο σημείο της πλήρους θανάτωσης. Και σε αυτή την περίπτωση το σφιχτό μελίσσι θα τα καταφέρει χωρίς επέκταση του προβλήματος.

- Η νοζεμίαση είναι ασθένεια που προκαλείται από πρωτόζωο (*Nosema apis*). Προκαλεί από μικρές ζημιές προσβάλλοντας τα ακμαία έντομα, ως μεγάλες προσβάλλοντας το γόνο.
- Η Αμερικανική και η Ευρωπαϊκή σηψιγονία είναι βακτηριακές παθήσεις που καταπονούν ιδιαίτερα τα μελίτσια καθώς μπορούν να διαβιώνουν για πολλά χρόνια σε ένα μελίττι [Υφαντίδης : 52]
- Ο ιός της σακόμορφης σήψης του γόνου εξαπλώνεται βραδέως και χάνει σχετικά γρήγορα τη μολυσματικότητά του.
- Οι δηλητηριάσεις είναι τέλος ένα πολύ συχνό φαινόμενο που οδηγεί στην γενικευμένη ή μη απώλεια πληθυσμού. Μπορεί να προκληθεί από συλλογή τροφών που έχουν τοξικά ιχνοστοιχεία για τη μέλισσα. Η συνηθέστερη όμως αιτία είναι η εκτεταμένη χρήση φυτοφαρμάκων και εντομοκτόνων, είτε άμεσα όταν η μέλισσα θα πετάξει εντός ενός σύννεφου σταγονιδίων είτε άμεσα συλλέγοντας γύρη και νέκταρ στα οποία θα έχει επικαθίσει το επιβλαβές φυτοφάρμακο.

Φυσική άμυνα του μελισσιού

Η *Apis mellifera* έχει κατορθώσει να επιβιώσει στον πλανήτη εδώ και τριάντα εκατομμύρια (3×10^6) χρόνια και αυτό μαρτυρεί την ανάπτυξη ενός κατάλληλου αμυντικού συστήματος ικανού να αντιμετωπίσει εχθρούς και αρρώστιες που την προσβάλλουν [Υφαντίδης, 1995: 4]. Το κυριότερο όπλο άμυνας του μελισσιού*⁹ είναι το κεντρί με το δηλητήριο που διοχετεύει.

Σε ένα άγριο μελίττι, σημαντικό όπλο άμυνας αποτελεί και η κατάλληλη θέση της κυψέλης που συνήθως επιλέγεται ψηλά σε σχέση με το έδαφος και εντός κοιλότητας με μικρή είσοδο. Τόσο όμως στα άγρια όσο και στα ήμερα μελίτσια, την είσοδο της κυψέλης προστατεύουν οι ομάδες φρουρών, οι οποίες πέραν της πρώτης επίθεσης στον εισβολέα, θα σημάνουν τον 'συναγερμό' στο υπόλοιπο μελίττι μέσω ειδικών φερομονών που εκλύουν μεταβάλλοντας την οσμή εντός της κυψέλης [στο ίδιο: 9].

^{9*}Το κεντρί δεν αποτελεί όπλο άμυνας της κάθε μέλισσας ξεχωριστά. Κάθε μέλισσα θα προσπαθήσει να προστατέψει ολόκληρη την κοινωνία επιτιθέμενη στον εχθρό, που στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, ειδικά των μεγαλόσωμων εχθρών, απαιτούνται δεκάδες ή και εκατοντάδες τσιμπήματα για την απόθεση. Επιπροσθέτως, λόγω του σχεδιασμού του, το κεντρί όταν θα εισχωρήσει σε ένα υλικό χωρίς να το σπάσει θα αγκιστρωθεί και θα αποκολληθεί όλο το σύστημα που το περιβάλλει με αποτέλεσμα το θάνατο της μέλισσας αλλά την επιβίωση του μελισσιού.

Σημαντικός επίσης παράγοντας ενάντια στις αρρώστιες είναι ο σχολαστικός καθαρισμός του ενδιαιτήματος εντός του οποίου ζει το μελίσσι. Οτιδήποτε περιττό θα απομακρυνθεί άμεσα κάτι που είναι σύνηθες για μια τόσο πολυπληθή κοινωνία. Νεκρές μέλισσες από ασθένεια ή φυσιολογικά αίτια, νεκρός γόνος, αυγά κάποιου εντόμου ή ακάρρηος λειτουργούν ως εστίες μόλυνσης και το μελίσσι φροντίζει να προστατευθεί.

Επιπλέον η σύσταση των προϊόντων που αποθηκεύει η μέλισσα έχουν εξαιρετική αντιμικροβιακή δράση. Η υψηλή ωσμωτική πίεση του υπέρκορου σε σάκχαρα μελιού αποτρέπει την ανάπτυξη μικροβίων. Και η ίδια όμως η διαδικασία επεξεργασίας της πρώτης ύλης από τη μέλισσα για τη δημιουργία μελιού έχει ως αποτέλεσμα τη παρουσία υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2) στη σύστασή του [στο ίδιο: 15], γνωστό για την αντιμικροβιακή του δράση. Και στη γύρη όμως η παρουσία γαλακτικού οξέος αποτρέπει το την παρουσία μυκήτων και βακτηρίων. Τέλος η πρόπολη γνωστή από την αρχαιότητα για της αντιμικροβιακές της δράσεις αποτελεί το κύριο υλικό αποστείρωσης του μελισσιού. Αποτελούμενη από πληθώρα διαφορετικών ουσιών που συλλέγει και στη συνέχεια επεξεργάζεται η μέλισσα, αποτελεί το πολυεργαλείο για την αντιμετώπιση των επιβλαβών μικροοργανισμών που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν και να βλάψουν την κοινωνία του μελισσιού [Τρουλλίδου, 2007: 21].

Ο κυριότερος όμως παράγοντας που θα επιτρέψει στα παραπάνω όπλα να είναι αποτελεσματικά είναι η δύναμη του μελισσιού που συνίσταται σε δύο διαφορετικές και εξίσου σημαντικές καταστάσεις. Η πρώτη αφορά στον πληθυσμό των ατόμων που συγκροτούν την κοινωνία αφού όπως έχει παρατηρηθεί στη φύση τα πολυπληθέστερα μελίσσια (τα οποία ονομάζονται απλώς δυνατά) θα επιβιώσουν ευκολότερα από τα μικρά σε πληθυσμό. Η δεύτερη αφορά το ποσοστό των μελισσών στη μονάδα του όγκου της κυψέλης και αφορά τόσο μικρά όσο και μεγάλα μελίσσια. Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το ποσοστό (το μελίσσι τότε θα ονομάζεται σφιχτό) τόσο πιο εύκολα το μελίσσι θα αντιμετωπίσει μια ασθένεια ή έναν εχθρό αλλά και θα επιτελεί ευκολότερα μια σημαντική λειτουργία για τη μελλοντική υγεία του μελισσιού, αυτή της θέρμανσης του γόνου. Ο συνδυασμός σφιχτών και δυνατών μελισσιών θεωρείται ως ο κυριότερος παράγοντας ελαχιστοποίησης της συχνότητας εμφάνισης των μολυσματικών παθήσεων [Εμμανουήλ, 2019: 17].

Αν τώρα όσα περιγράψαμε παραπάνω δε φανούν ικανά για την προστασία του μελισσιού, τότε αυτό καταφεύγει στην ύστατη φυσική αμυντική διαδικασία, τη σμηνοουργία. Όταν το μελίσσι αντιληφθεί ότι απειλείται από μια ασθένεια που δε μπορεί να αντιμετωπίσει και επεκτείνεται εντός του θα εγκαταλείψει μαζικά την κυψέλη αναζητώντας νέο καταφύγιο σε χώρο απαλλαγμένο από τους προηγούμενους

κινδύνους. Αυτό μπορεί επίσης να γίνει όταν παρατηρηθεί υπερβολική αύξηση του πληθυσμού ή ακόμα και όταν μία πτώση της παραγωγικότητας θα θέσει σε κίνδυνο την επιβίωση του μελισσιού. Σε αυτές τις περιπτώσεις η φυγή δε θα είναι μαζική άλλα μόνο ένα μέρος του πληθυσμού θα αποχωρήσει αποτελούμενο από τις πιο δυνατές και σχετικά νεαρές μέλισσες μαζί με τη βασίλισσα.

Η παραπάνω διαδικασία όσο θεμιτή θεωρείται για το διαφεύγον μελίσι, αποτελεί πονοκέφαλο για το μελισσοκόμο κυρίως λόγω της μείωσης πληθυσμού που αυτή θα σημάνει για το μελισσοκομείο καθώς ένα μέχρι πρότινος δυνατό μελίσι θα αποδυναμωθεί. Επίσης το εναπομείναν μελίσι θα μείνει ορφανό*¹⁰ μία κατάσταση που θα καθυστερήσει την ανάπτυξή του και θα προσθέσει ένα ακόμα μειονέκτημα στην αρχική κατάσταση.

Διαταραχή κατάρρευσης αποικίας (Collony Collapse Disorder)

Την ονομασία αυτή πήρε ένα μη φυσιολογικό φαινόμενο κατά το οποίο η πλειονότητα των εργατριών μελισσών σε μια αποικία μελισσών εξαφανίζεται, αφήνοντας πίσω όμως τη βασίλισσα, άφθονο φαγητό και μερικές νεαρές παραμάνες για να φροντίσουν τον γόνο που βρίσκεται εντός των κηρηθρών. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε εκτεταμένα το 2006 στη Βόρεια Αμερική ύστερα από αναφορές μελισσοκόμων που έκαναν λόγο ακόμα και για 100% απώλειες στα μελισσοσμήνη τους [CCD Steering Committee]. Μία σειρά από συμπτώματα που δεν αποδίδονται σε κάποιο παθογόνο, φυσικό εχθρό ή κακή μελισσοκομική τεχνική και η πραγματική τους προέλευση δεν έχει εξακριβωθεί. Έτσι για την εξήγηση της ξαφνικής παρουσίας του φαινομένου οι απώλειες πληθυσμού αποδόθηκαν σε συνδυασμό γνωστών παραγόντων.

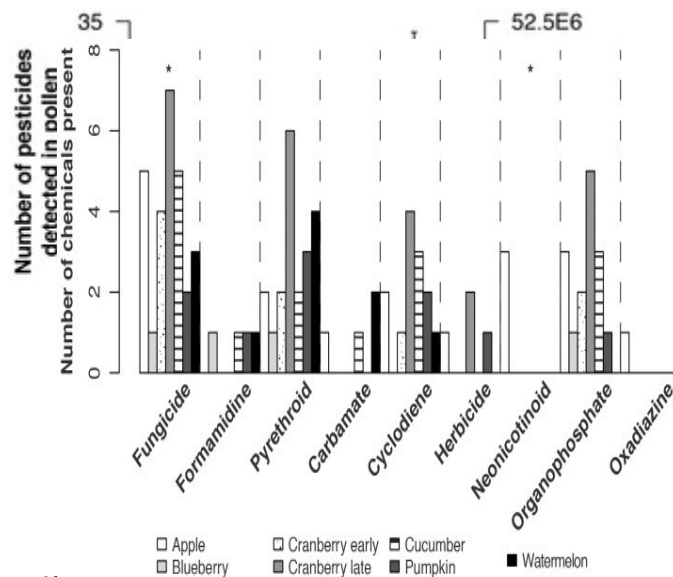
Πολλές μελέτες από το 2006 και έπειτα εστιάζουν σε διαφορετικό παράγοντα ώστε να εξακριβωθεί η κύρια συνιστώσα της διαταραχής, άλλα και να υπολογιστεί η έκταση της ζημιάς τόσο σε αριθμό μελισσοσμηνών όσο και σε οικονομικό επίπεδο.

Κύριο ρόλο φαίνεται να παίζει η δηλητηρίαση από τα φυτοφάρμακα [στο ίδιο]. Έτσι τα ήδη άρρωστα ή πεινασμένα μελίσινα δεν παρουσιάζουν την ίδια ανθεκτικότητα και καταρρέουν μαζικά. Έπειτα ένας συνδυασμός από παθογόνα και από κακές

*10 Ορφανό ονομάζεται το μελίσι που ακούσια ή εκούσια θα μείνει χωρίς βασίλισσα. Ακούσια όταν η βασίλισσα τραυματιστεί από εχθρό, όταν οι ίδιες οι μέλισσες της κυψέλης θελήσουν να την αντικαταστήσουν ή κάποιος κακός χειρισμός θα οδηγήσει στην απώλειά της. Εκούσια όταν κάποιος χειρισμός του μελισσοκόμου το απαιτεί όπως μια απλή αντικατάσταση, είτε για βασιλοτροφία είτε για τη παραγωγή βασιλικού πολτού

μελισσοκομικές πρακτικές μπορεί να δράσει πολλαπλασιαστικά στα συμπτώματα μίας ασθένειας και να επιταχυνθεί η γενίκευση της δυσμενούς κατάστασης.

Δεν πρέπει στο σημείο αυτό να γίνει σύγχυση της διαταραχής κατάρρευσης αποικίας με έναν απλό συνδυασμό άλλων ασθενειών, καθώς σε αυτή παρατηρούνται ταυτόχρονα τόσο κοινά συμπτώματα όσο και μη παρατηρούμενα σε άλλες γνωστές περιπτώσεις, όπως είναι η εγκατάλειψη γόνου και η μη ληλάτηση των εναπομείναντων τροφών από υγιή μελίτσια. Σίγουρα δεν μπορεί να γίνει απόδοση του φαινομένου σε έναν καινούριο παράγοντα και η αντίληψη που υιοθετείται είναι η συνεργιστική ή/και αθροιστική δράση των ήδη γνωστών κινδύνων που αυξάνει την πίεση που ασκείται στις αποικίες [Goulson κ.α.]. Για παράδειγμα μέλισσες που έτρωγαν γύρη μολυσμένη με ευρέως χρησιμοποιούμενα μυκητοκτόνα που θεωρούνταν αβλαβή για τις μέλισσες καθώς είναι σχεδιασμένα για να σκοτώσουν τους μύκητες στα μήλα και όχι έντομα, ήταν τρεις φορές πιο πιθανό να έχουν μολυνθεί από το παράσιτο *nosema* [Engelsdorp, 2013].



Σχέδια από την έρευνα του Engelsdorp, 2013.

Από το 2007, η κυβέρνηση των ΗΠΑ και ερευνητές ενδιαφέρονται για τη διαταραχή της κατάρρευσης αποικιών. Έχει επίσης δημιουργήσει μια ειδική επιτροπή (CCD Committee) με εκπροσώπους από αρμόδια τμήματα για να προσφέρει μια λύση, μέσα από ένα συγκεκριμένο σχέδιο δράσης το οποίο περιλαμβάνει:

1. Συλλογή δεδομένων για τον προσδιορισμό της έκτασης του CCD. Επίσης, έρευνες σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση των αποικιών μελισσών και την υγεία τους.

2. Ανάλυση δειγμάτων για τον προσδιορισμό του επιπολασμού παρασίτων και παθογόνων παραγόντων και έκθεσης σε φυτοφάρμακα.
3. Περαιτέρω έρευνα σχετικά με την υπόθεση νέων και επανεμφανιζόμενων παθογόνων παραγόντων, περιβαλλοντικών στρεσογόνων παραγόντων, παρασίτων μελισσών και φυτοφαρμάκων.
4. Προληπτικά μέτρα για τη βελτίωση της υγείας των μελισσών και των οικοτόπων.

Οι μέλισσες όλων των ειδών είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν πολλαπλούς στρεσογόνους παράγοντες κατά τη διάρκεια της ζωής τους, και ο καθένας είναι πιθανό να μειώσει την ικανότητα των μελισσών να αντιμετωπίσουν τους άλλους. Μια αποικία μελισσών που φαίνεται να υπέκυψε σε ένα παθογόνο μπορεί να μην πέθαινε εάν δεν είχε επίσης εκτεθεί σε μια θανατηφόρα δόση ενός φυτοφαρμάκου και / ή είχε εκτεθεί σε τροφική πενία (η οποία με τη σειρά της μπορεί να οφείλεται σε ξηρασία ή έντονη παρατεταμένη βροχόπτωση που προκαλείται από την αλλαγή του κλίματος ή από τον ανταγωνισμό από μια υψηλή πυκνότητα κυψελών μελισσών που βρίσκονται στην περιοχή).

Επικοινωνία με αυτόνομα συστήματα

Η παρατήρηση της διαταραχής κατάρρευσης αποικίας πέραν του οικονομικού προβλήματος που δημιούργησε στους άμεσα πληττόμενους επαγγελματίες μελισσοκόμους και παραγωγούς, άρχισε να τραβά το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για την εξήγηση του φαινομένου και τον προσδιορισμό των μελλοντικών επιπτώσεων. Παράλληλα με τις έρευνες αυτές, ομάδες επιστημόνων άρχισαν να επεξεργάζονται λύσεις για να αντιμετωπίσουν μια ενδεχόμενη ευρεία εξάπλωση του φαινομένου. Πρώτη μελέτη παρουσιάζεται το 2009, όταν ερευνητές των πανεπιστημίων Harvard και Northeastern αναρωτήθηκαν τι θα συνέβαινε αν δημιουργούσαν μια ρομποτική αποικία μελισσών. Αναρωτήθηκαν αν οι ρομποτικές μέλισσες θα μπορούσαν να μιμηθούν όχι μόνο τη συμπεριφορά ενός ατόμου αλλά τη συμπεριφορά που προκύπτει από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ χιλιάδων μελισσών (εντός κοινωνίας σμήνους αλλά και μεταξύ των κοινωνιών) [Wood & others, 2009]. Θα μπορούσε ένα τέτοιο σύστημα να χρησιμοποιηθεί για να ενισχύσει το έργο των μελισσών και δυνητικά να τις αντικαταστήσει;

Σε πρώτη ανάλυση η ιδέα αυτή φάνταζε αδύνατη. Οι μέλισσες στο διάβα εκατομμυρίων χρόνων έχουν εξελιχθεί σε εξαιρετικές ιπτάμενες μηχανές με μία πολύπλοκη ανατομία. Ως μονάδες ανέπτυξαν την ικανότητα με τα μικροσκοπικά τους

σώματα να πετούν για ώρες, να διατηρούν σταθερότητα στον άνεμο, ν' αναζητούν λουλούδια και να αποφεύγουν θηρευτές. Πώς λοιπόν θα ήταν δυνατό να πλησιάσουμε προς την αναπαραγωγή αυτής της μονάδας σε τεχνικό επίπεδο; Ως κοινωνία ατόμων, αποικίες δεκάδων χιλιάδων μελισσών διανέμουν ευφυώς τα καθήκοντα ώστε να εκπληρωθούν εργασίες ζωτικές για την υγεία- επιβίωση του μελισσιού. Οπότε, ακόμα και αν η τεχνική κατασκευή πετύχαινε, πώς θα καταφέραμε να κάνουμε αυτές τις μονάδες να συνεργαστούν λαμβάνοντας σύνθετες αποφάσεις χωρίς να προκαλείται ασυνεννοησία και σύγχυση με τρόπο που να προσεγγίζει τις λειτουργίες της κοινωνίας των μελισσών [στο ίδιο]; Η πρόοδος στην επιστήμη υλικών και την αρχιτεκτονική υπολογιστών θα συντελούσε ώστε να γίνει μια προσπάθεια υλοποίησης του φιλόδοξου αυτού εγχειρήματος.

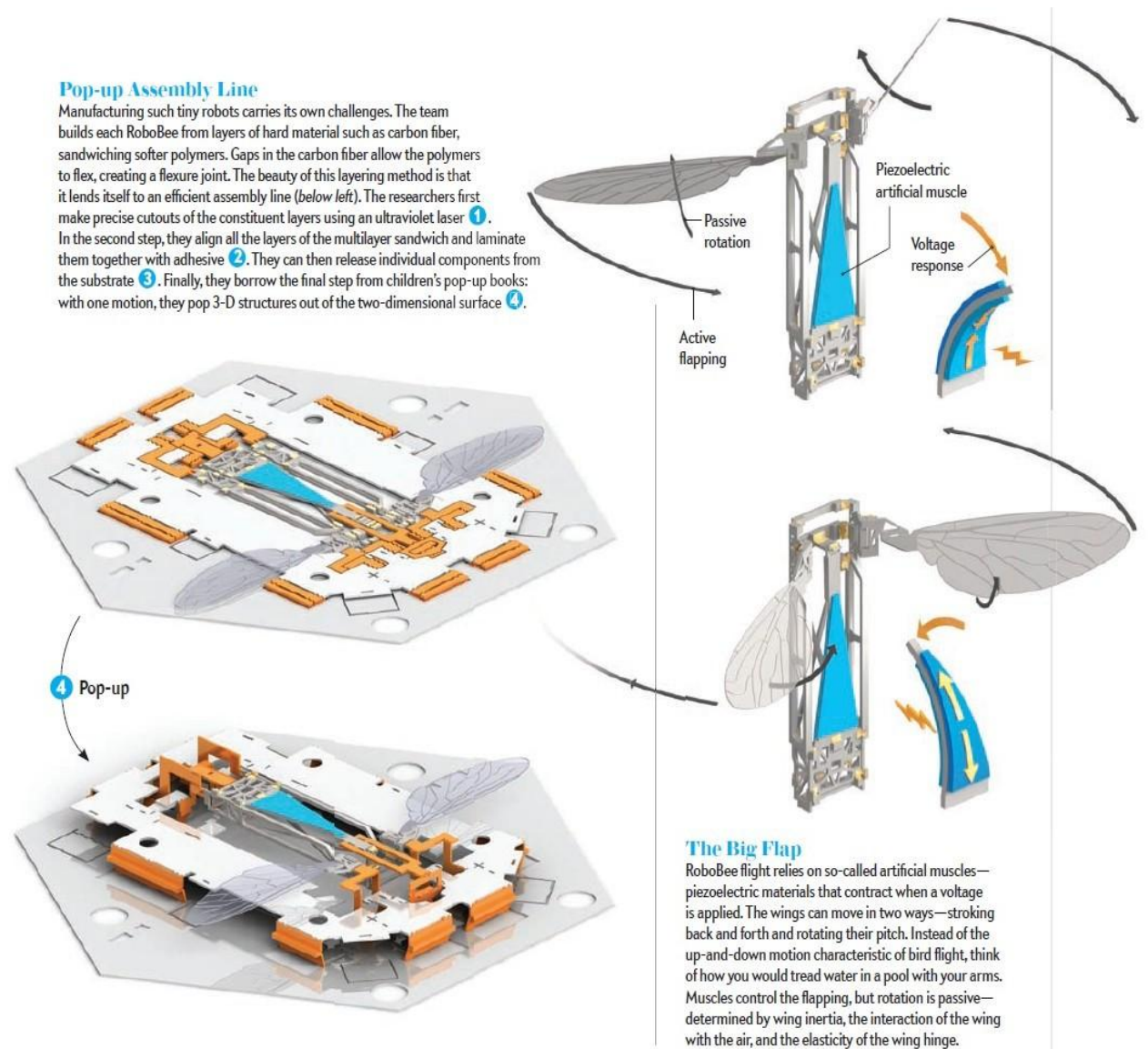
Η κατασκευή της Robo-Bee

Το πρώτο στάδιο ήταν η κατασκευή ενός πλήρους αυτόνομου συστήματος στο μέγεθος ενός εντόμου. Από την πλευρά σχεδίασης η τεχνολογία υπήρχε αλλά από πλευρά υλοποίησης η Robo-Bee συρρίκωνε το μέγεθος, του μέχρι τότε μικρότερου ιπτάμενου συστήματος 100 φορές με υπολογιζόμενο βάρος μικρότερο από μισό γραμμάριο (0.5 gr). Έπρεπε ένα ρομπότ τέτοιων διαστάσεων να σχεδιαστεί και να καταφέρει να πετάξει με όλους τους περιορισμούς που η φύση των δυνάμεων που αναπτύσσονται εισάγονται στο σύστημα. Επιφανειακές δυνάμεις όπως η τριβή κυριαρχούν έναντι δυνάμεων σχετιζόμενων με τη μάζα όπως η βαρύτητα και η αδράνεια [στο ίδιο].

Το σώμα της Robo-Bee δημιουργείται από μια επικάλυψη τριών στρωμάτων. Αρθρώσεις σκαλιστού υλικού εκτός του ανώτερου και κατώτερου στρώματος, επιτρέπουν στο μεσαίο στρώμα πολυμερούς να κάμπτεται, δημιουργώντας έτσι μια εύκαμπτη άρθρωση. Τεχνητοί μύες δημιουργήθηκαν και τοποθετήθηκαν στη βάση των φτερών παράγοντας μεγέθη δύναμης συγκρίσιμης με τους μυς σε έντομα παρόμοιου μεγέθους. Η απαιτούμενη ισχύς θα τροφοδοτείται από μπαταρίες που όμως λόγω του μικρού τους μεγέθους δεν έχουν την ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας αρκούσας για μια αυτόνομη πτήση πάνω από μερικά δευτερόλεπτα. Κι επειδή μια μεγαλύτερη μπαταρία οδηγεί σε αύξηση του βάρους, αυτό με τη σειρά του οδηγεί στο σχεδιασμό μεγαλύτερης ισχύος φτερών που με τη σειρά τους έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ενέργεια. Έτσι για ξεπεραστούν οι (σχετικά με το μέγεθος) μεγάλες ενεργειακές

απαιτήσεις της πτήσης σε μικρές κλίμακες, διερευνάται επίσης η δυνατότητα χρήσης ενός στερεού οξειδίου μικροκαυσίμου-solid oxide fuel cell [στο ίδιο]. Έτσι οι εργασίες στοχεύουν στην περαιτέρω μείωση του βάρους και την ταυτόχρονη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας κάθε τμήματος του σώματος της Robo-Bee.

Σε πρόσφατη μελέτη που εστίαζε στην ενεργειακή αυτονομία, τοποθετήθηκαν φωτοβολταϊκά κύτταρα για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας όμως το τελικό αποτέλεσμα ήταν ογκώδες και λιγότερο ευκίνητο [Breuer, 2019].



Σχέδιο κατασκευής της Robo-Bee από την εργασία των Wood, Nagpal, Wei.

Δεν είναι όμως ούτε θέμα χωρητικότητας του υλικού ούτε οι ενεργειακές απαιτήσεις της κατασκευής που κάνουν δύσκολη μια αυτόνομη πτήση. Ένας

ενσωματωμένος εγκέφαλος είναι ένα άλλο άλυτο πρόβλημα. Μια RoboBee στη φύση θα πρέπει συνεχώς να αποτιμά το περιβάλλον της, να αποφασίζει για την καλύτερη πορεία δράσης και να ελέγχει τους μηχανισμούς πτήσης. Μία λειτουργική RoboBee θα απαιτεί τον δικό της εγκέφαλο που θα συντελεί στη νοημοσύνη που είναι υπεύθυνη τόσο για τον έλεγχο μιας μεμονωμένης Robo-Bee αλλά και για τη διαχείριση των αλληλεπιδράσεών της με άλλες Robo-Bees στην αποικία.

Η αρχική σκέψη ήταν να χτιστεί ένας εγκέφαλος σε επίπεδα, ένα ηλεκτρονικό νευρικό σύστημα που χειρίζεται βασικές λειτουργίες ελέγχου και έναν προγραμματιζόμενο ηλεκτρονικό κορμό για τη λήψη αποφάσεων υψηλού επιπέδου. Και μέσα από τη παρατήρηση της φύσης θα γίνει κατανοητό τι αισθητήρες θα χρησιμοποιηθούν και πώς θα δομηθούν τα εγκεφαλικά κυκλώματα. Οι ιδιοδεκτικοί αισθητήρες παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις εσωτερικές καταστάσεις (π.χ πόσο γρήγορα τα πτερύγια φτεροκοπούν ή το φορτίο που απομένει στην μπαταρία). Οι εξωτερικοί αισθητήρες παρέχουν πληροφορίες για τον έξω κόσμο. Για την ανάπτυξη αυτών των αισθητήρων η συνηθισμένη τεχνολογία δεν ήταν χρηστική αφού οι ευρέως χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες είναι αρκετά μεγάλου βάρους και μεγάλης κατανάλωσης ισχύος. Η ανάδραση από το περιβάλλον είναι απαραίτητη για να λειτουργήσει η σχέση οπτικών αισθητήρων, εγκεφάλου και σώματος για μια επιτυχημένη πτήση και το τρίπτυχο αυτό κλείνει το κατασκευαστικό κομμάτι μια αυτόνομης πτήσης.

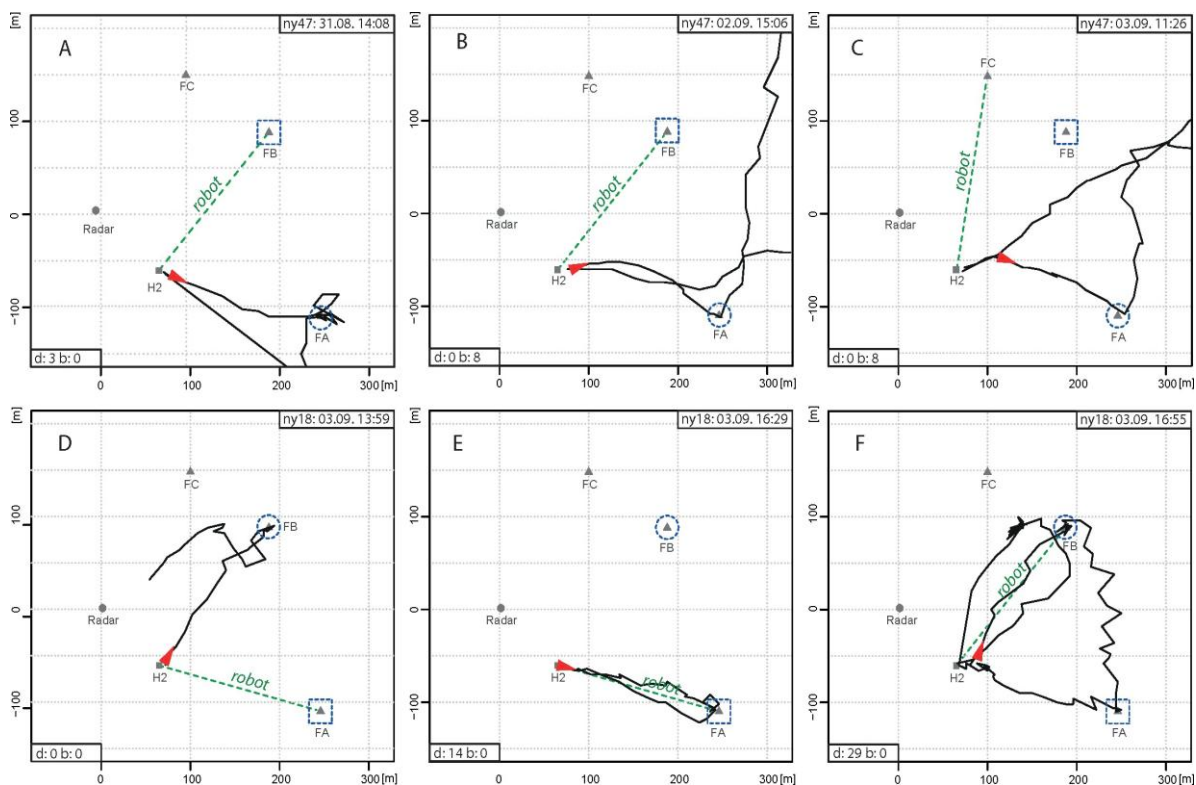
Ακόμα όμως και αν αυτό το κομμάτι ολοκληρωθεί επιτυχώς μεγαλύτερη πρόκληση αποτελεί η επικοινωνία μεταξύ των ιπτάμενων ατόμων, καθώς το κόστος ισχύος που σχετίζεται με τις ασύρματες επικοινωνίες είναι πάρα πολύ μεγάλο. Ο όρος “νοημοσύνη σμήνους”^{*10} εισήχθη για την περιγραφή φυσικών ή τεχνητών συστημάτων που επιδεικνύουν συλλογικά ευφυή συμπεριφορά και έχει εφαρμογές στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης [Beni & Wang, 1989]. Εργασίες που απαιτούν συντονισμένες στρατηγικές αναζήτησης και έξυπνο καταμερισμό εργασίας καθιστούν τον έλεγχο του μελισσοσμήνους, ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου (με ανάδραση) σε πραγματικό χρόνο. Έτσι πέρα από τη μοντελοποίηση του συστήματος αυτού είναι απαραίτητη η ανάπτυξη κατάλληλων αλγορίθμων που θα επιτρέπουν την επεξεργασία των νέων κάθε φορά δεδομένων. Οι νέοι αλγόριθμοι που απαιτείται να δημιουργηθούν δεν είναι απαιτητικοί μόνο από πλευράς κώδικα αλλά και από πλευράς της κατάλληλης γλώσσας

^{*10} Αντίστοιχα η εφαρμογή των αρχών του σμήνους στα ρομπότ ονομάζεται “ρομποτική σμήνους”, ενώ ο όρος “νοημοσύνη σμήνους” αναφέρεται στο σύνολο των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται. Η “πρόβλεψη σμήνους” έχει χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο των προβλημάτων πρόβλεψης του αυτόματου συστήματος [Beni & Wang].

στην οποία θα γραφεί ο κώδικας αυτός. Η γλώσσα προγραμματισμού karma για παράδειγμα σε συνάρτηση με το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων OptRAD (Optimising Reaction-Advection-Diffusion) χρησιμοποιήθηκε για το χτίσιμο ενός πιθανολογικού αλγορίθμου που θα “τρέχει” ο εγκέφαλος κάθε ατόμου Robo-Bee για να καθορίσει εάν θα εκτελέσει μια εργασία με βάση την τρέχουσα κατάσταση του περιβάλλοντος [Wood & others].

Ακόμα όμως και αν η επικοινωνία μεταξύ τους δεν καταστεί σύντομα δυνατή, η Robo-Bee θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για να κατευθύνει ζωντανές μέλισσες και να κάνει τη διαδικασία ανεύρεσης τροφής ευκολότερη συντελώντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση του ρίσκου εύρεσης της τροφής. Σε μια πραγματική κοινωνία όπως αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα, οι μέλισσες χρησιμοποιούν ένα είδος χορού για να κοινοποιήσουν στις υπόλοιπες πού βρίσκεται η τροφή σε σχέση με την κυψέλη. Την ικανότητα αυτή σκέφτηκε να αξιοποιήσει ομάδα ερευνητών, δημιουργώντας μια εξειδικευμένη Robo-Bee που αντί να κάνει όλες τις εργασίες, να πετά και να επικοινωνεί με άλλες τεχνητές μέλισσες, θα εκτελεί απλώς τον μελετημένο αυτό χορό μέσα από τον οποίο γίνεται η διάδοση της συγκεκριμένης γνώσης [Landgraf κ.α., 2018].

Η χορεύτρια μέλισσα προγραμματίστηκε ώστε να κινείται με τέτοιο τρόπο που οι ζωντανές μέλισσες να αντιλαμβάνονται. Η ακριβής αλληλουχία των κινήσεων δινόταν μέσα από πρόγραμμα όπου όλες οι παράμετροι (απόσταση, γωνία, ένταση κίνησης) μπορούσαν να ελεγχθούν και να δίνονται ως εντολή κίνησης στη χορεύτρια χωρίς αυτή να χρειάζεται να εξαχθεί από την κυψέλη. Η ζωντανές μέλισσες θα ακολουθούν αυτόν το χορό με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που κάνουν μεταξύ τους. Επειδή όμως η θέση του ήλιου (τον οποίο χρησιμοποιούν ως σημείο αναφοράς) αλλάζει, η παράμετρος της γωνίας του προγράμματος θα πρέπει να αναπροσαρμόζεται κατάλληλα κάθε μερικά λεπτά. Οι μέλισσες λοιπόν παρότι έχουν τη δική τους εμπειρία από μία προηγούμενη έξοδο από την κυψέλη, λαμβάνουν υπ' όψιν τους κατά ένα ποσοστό την υπόδειξη τις χορεύτριας σε μία επόμενη και κατευθύνουν το πέταγμα τους προς το σημείο αυτό [στο ίδιο].



Στα πάνω σχήματα δείχνονται οι τροχιές που ακολούθησε η μέλισσα μάρτυρας που δεν έδειξε ευαισθησία στις υποδείξεις της χορεύτριας. Στα κάτω φαίνεται η τροχιά άλλου μάρτυρα που μετά την επαφή με τη χορεύτρια προσάρμοσε την κατεύθυνσή της. [Απο πείραμα Landgraf κ.α]

Σε άλλη έρευνα, η τεχνολογία που αναπτύχθηκε για την Robo-Bee τροποποιήθηκε ώστε να καταστεί επιπλέον δυνατή η κίνηση εντός υγρού. Με αύξηση του βάρους για να ενσωματωθούν οι επιπλέον δυνατότητες, κατέστη δυνατή η υβριδική λειτουργία του συστήματος. Το πρόβλημα της εναλλαγής από το υγρό περιβάλλον σε πτήση λύθηκε αξιοποιώντας ιδιότητες της ηλεκτρόλυσης για να δοθεί η αρχική ώθηση που χρειάζεται ώστε να γίνει δυνατή η προσγείωση σε στερεό υλικό, προτού ξεκινήσει η νέα πτήση. Το υβριδικό αυτό ρομπότ ήταν χίλιες (1000) φορές ελαφρύτερο από αυτά που είχαν κατασκευαστεί μέχρι τότε [Chen κ.α., 2017].

Βέβαια το οικονομικό κόστος της μαζικής κατασκευής αυτών των συστημάτων παραμένει υπερβολικά υψηλό και δε συγκλίνει προς το στόχο δημιουργίας πολλών μικρών και φτηνών ρομπότ. Ο μόνος τρόπος να φτιάξουμε φτηνά συστήματα είναι κάνοντας έκπτωση σε μία εκ των παραμέτρων αξιοπιστίας-ταχύτητας. Η λύση αυτή θα είχε μικρότερα ποσοστά επιτυχημένων ως προς τον τελικό στόχο πτήσεων αλλά θα αύξανε τον απόλυτο αριθμό των Robo-Bees που θα ήταν διαθέσιμες για τον στόχο αυτό.

Η επιτυχία του εγχειρήματος σαν συνάρτηση κόστους-αποτελεσματικότητας μπορεί να χωρέσει στην παρακάτω φράση του ρομποτιστή Rodney Brooks:

“Δεδομένου ότι μπορείτε να κάνετε πολλά απλά πράγματα που μαζί λειτουργούν αποτελεσματικά, ποιος νοιάζεται εάν τα άτομα μεμονωμένα αποτυγχάνουν περιοδικά;”

Αν λοιπόν οδηγηθούμε σε φθηνά και γρήγορα ή φθηνά και αξιόπιστα ιπτάμενα ρομπότ, θα αρκούσε αν έστω ένα από τα χιλιάδες αυτά κατάφερε να υπηρετήσει το σκοπό του. Έχοντας στη διάθεσή μας ένα σμήνος από φθηνά ρομπότ το κόστος αποτυχίας καθενός από αυτά θα ήταν μικρό και η πιθανότητα επιτυχίας, δεδομένου του μεγάλου τους αριθμού, θα πλησίαζε τη βεβαιότητα.

Οι εφαρμογές ενός ιπτάμενου συστήματος τέτοιου μεγέθους μπορεί να είναι πολλές ακόμα και αν δεν στεφθεί με επιτυχία ο αρχικός στόχος της επικοινωνίας. Έχει προταθεί η χρήση της για τον εντοπισμό ανθρώπων που βρίσκονται σε κίνδυνο. Οι ρομποτικές μέλισσες θα μπορούσαν να απελευθερωθούν στον τόπο μιας φυσικής καταστροφής αναζητώντας θερμότητα, ήχο ή εκπνεόμενο διοξείδιο του άνθρακα, δηλαδή σημάδια ζωής επιζώντων. Επίσης δεδομένης της κίνησής τους εντός υγρού ,εκτός της ικανότητας για πτήσεις, χρήσιμος κρίνεται κι ο ρόλος τους στη μετεωρολογία, καθώς εξοπλισμένες με ποικίλους αισθητήρες υψηλής ανάλυσης δύνανται να καταγραφούν καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Αναμφίβολα επίσης, θα μπορούσαν ν’ αξιοποιηθούν για διαστημικές μελέτες υποστηρικτικά στα ακριβέστερα αλλά ακριβότερα υπάρχοντα συστήματα. Η τεχνολογία που αναπτύσσεται για να κάνει εφικτή την κίνηση σε τόσο μικρό μέγεθος μπορεί να έχει επεκτάσεις σε άλλους εξίσου σημαντικούς τομείς όπως η βιοϊατρική και η ανίχνευση επιβλαβών χημικών στην ατμόσφαιρα.

Μπορεί η Robo-Bee να υποκαταστήσει τη μέλισσα;

Η ιδέα κατασκευής της όπως είδαμε γεννήθηκε μετά από φόβο μιας πιθανής γενίκευσης της διαταραχής κατάρρευσης αποικίας. Και αν ο άμεσος στόχος δεν ήταν η δημιουργία ενός ρομπότ που θα αντικαταστήσει όλες τις λειτουργίες της δε γνωρίζουμε εάν στο μέλλον κάτι τέτοιο θα μπορούσε να γίνει δυνατό. Όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα, η ανατομία της μέλισσας της δίνει τη δυνατότητα να παράγει και να επεξεργάζεται ουσίες απαραίτητες για τις λειτουργίες της κυψέλης. Σε τεχνικό επίπεδο η αντιγραφή όλων αυτών των λειτουργιών (προς το παρόν) είναι αδύνατη. Όλοι αυτοί οι

αδένες του σώματός της επιτελούν βιολογικές εργασίες δίχως τις οποίες η επιβίωση τού σμήνους δε θα είχε ελπίδα. Η αυτονομία των πτήσεων άλλα και ο χρόνος ζωής των μελισσών εξαρτώνται άμεσα από την τροφή την οποία οι ίδιες συλλέγουν και

αποθηκεύουν εντός των κηρηθρών που οι ίδιες χτίζουν. Έτσι η τροφοδότηση με ενέργεια του φυσικού κλειστού συστήματος της αποικίας όχι μόνο δεν κοστίζει αλλά προσφέρει και πλεονάσματα που ο άνθρωπος αξιοποιεί. Για την εξασφάλιση ενός κατωφλιού πληθυσμού για να συντηρείται ο καταμερισμός των διαφόρων εργασιών, η βασίλισσα γεννά χιλιάδες αυγά καθημερινά που θα αντικαταστήσουν όλες εκείνες που θα χαθούν.

Στον αντίποδα, η Robo-bee δεν απαιτεί ιδιαίτερες συνθήκες θερμοκρασίας για να εκτελέσει μία εργασία, ούτε εξαρτάται απ την παρουσία βασίλισσας στην αποικία για την αναπαραγωγή της. Η πτήση της μέσα από ένα νέφος αγροχημικού δε θα την σκοτώσει ούτε θα γίνει η αφορμή για μία δηλητηρίαση εντός κυψέλης. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και οι ασθένειες που απειλούν τη μέλισσα δε την αγγίζουν και μία πιθανή έλλειψη τροφής από τη μείωση του πληθυσμού των φυτών δε θα έχει καμία επίπτωση στην ενεργειακή της αυτονομία. Όλα τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει ο ζωντανός οργανισμός ξεπερνιούνται με το τεχνητό σύστημα.

Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι η συνεργασία τεχνητής και φυσικής μέλισσας είναι μονόδρομος και θα δρα υποστηρικτικά η μία στην άλλη για να εξαλειφθούν τα μειονεκτήματα και των δυο. Αντί να προσπαθήσουμε να υποκαταστήσουμε τις εργασίες τις μέλισσας, να επικεντρωθούμε στο να την υποστηρίξουμε να κάνει αυτό που εκατομμύρια χρόνια κάνει καλά. Κυρίαρχη προτεραιότητα σε αυτό το σκοπό δεν είναι η τελειοποίηση των αυτόνομων συστημάτων αλλά η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος όπου αυτή δραστηριοποιείται.

Ανυσηχίες

Η ιδέα ενός στρατού από μέλισσες που ελέγχεται από ένα κεντρικό σύστημα πληροφοριών έχει γίνει αφορμή για σενάρια επιστημονικής φαντασίας. Η γνωστή σειρά “Black Mirror” έστησε ένα επεισόδιο πάνω σε αυτή την ιδέα. Παίρνοντας δεδομένη την τελειοποίηση του συστήματος επικοινωνίας μεταξύ των Robobees, τον απόλυτο έλεγχό τους από κεντρικό ηλεκτρονικό σύστημα, έπλασε μία κατάσταση στην οποία το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται για στοχευμένες δολοφονίες, αφού το μέγεθός τους επιτρέπει να εισέλθουν οπουδήποτε. Επομένως ο αυτουργός, χρησιμοποιώντας την

κατάλληλη πρόσβαση στο σύστημα ελέγχου των αποικιών, καταφέρνει να υπολοιήσει σχέδια διαφορετικά από αυτά για την οποία η RoboBee κατασκευάστηκε.

Σε καμία περίπτωση δεν υποστηρίζουμε πως η δυνατότητα της τεχνολογίας να χρησιμοποιηθεί για τους λάθος σκοπούς θα πρέπει να αποκόψει την οποιαδήποτε πρόοδό της. Σαφώς όμως αυστηρά πρωτόκολλα θα πρέπει να δημιουργηθούν για να διασφαλιστεί ότι δε θα κινδυνεύσει ο άνθρωπος και το περιβάλλον.

Συμπεράσματα

Η γενική στόχευση για μείωση των ρύπων ακολουθεί ανθρωποκεντρικές πρακτικές που πρέπει να υπακούουν σε οικονομικούς δείκτες. Κάθε επένδυση σε ΑΠΕ αναλύεται πρωτίστως σε όρους οικονομικής βιωσιμότητας η οποία καθίσταται ως προϋπόθεση για την ολοκλήρωση της επένδυσης. Ωστόσο ακόμα κι όταν τελικά η ωφέλιμη για το περιβάλλον παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ αποτελέσει ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής παραγωγής, η αντικατάστασή τους μόλις παρέλθει ο παραγωγικός χρόνος ζωής τους θα αφήσει πίσω εκατομμύρια τόνους σκουπιδιών και μεγάλες εκτάσεις γης που τίποτα δε θα θυμίζει το αρχικό παρθένο τοπίο.

Επίσης τα κριτήρια με τα οποία η βελτίωση αυτή αξιολογείται στο περιβάλλον προσεγγίζουν το ζήτημα από ωφελμιστική σκοπιά. Μπορεί η εξόρυξη του τελουρίου να οδηγήσει σε μείωση στις συνολικές εκπομπές GHG συντελώντας στη θεαματική αύξηση του βαθμού απόδοσης των φ/β, αλλά η μείωση της βιοποικιλότητας που θα προκαλέσει κάθε άλλο παρά οικοκεντρική λύση, κρίνεται.

Σχετικά με τα βιοκαύσιμα, δεσμεύεται αγροτική γη για να χρησιμοποιηθεί στα σχέδια ενός κράτους ώστε να μειώσει τις εκπομπές ρύπων, αυξάνεται η εντατικοποίηση της καλλιέργειας για να μειωθεί το κόστος παραγωγής και ταυτόχρονα προκαλείται μία έλλειψη προϊόντων και συνεπακόλουθη αύξηση τιμών των ειδών διατροφής.

Η περίπτωση της πυρηνικής ενέργειας κάνει ξεκάθαρο πως μία προτεινόμενη λύση για ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα στο παρόν, αποδεικνύεται πως οδηγεί στο ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα μετά από ορισμένα χρόνια.

Ακόμα και η στοχευμένη αξιοποίηση της ρομποτικής μέλισσας όπως στην περίπτωση της χορευτριάς Robobee, θα εισβάλει στον τρόπο που η φύση αυτορυθμίζεται. Είναι γνωστό ότι η μέλισσα που μόλις έχει εντοπίσει μια πηγή νέκταρος ή γύρης μπορεί ταυτόχρονα να εκτιμήσει και το μέγεθος του αποθέματος και άρα να ειδοποιήσει τον κατάλληλο αριθμό συλλεκτριών που απαιτούνται για τη συλλογή του. Στην προσπάθειά μας να κατευθύνουμε μία αποικία στην πηγή τροφής ίσως την αποπροσανατολίσουμε από άλλες πηγές που αυτή μπορεί να αναζητήσει καλύτερα από εμάς. Κ αν δεν υπάρχει ζήτημα βιοηθικής σχετικά με τη δημιουργία της ρομποτικής μέλισσας, η επικοινωνία που θα καταστεί δυνατή μεταξύ πραγματικού και τεχνητού εντόμου δε γνωρίζουμε που θα μπορούσε να οδηγήσει.

Στην κοινωνία των μελισσών είναι σύνηθες κάποιες μέλισσες να εισέρχονται σε άλλες κυψέλες είτε γιατί αποπροσανατολίστηκαν, είτε γιατί λόγω ειδικού χειρισμού η αρχική κυψέλη αντικαταστάθηκε από άλλη είτε γιατί αυτή μεταφέρθηκε σε άλλο μέρος

με αποτέλεσμα η μέλισσα να αναζητήσει καταφύγιο σε μια άλλη κοινωνία μελισσών. Αυτή γίνεται ευπρόσδεκτη, αφού κουβαλάει μαζί της και τα “δώρα” από την συλλογή της. Κάτι αντίστοιχο άλλωστε ισχύει και για τα μέλη μια ανθρώπινης κοινωνίας όπως έχει αναφέρει και ο Ernst Mayr:

“Σε μια κοινωνική ομάδα, τα μέλη της δείχνουν να αντιλαμβάνονται ότι πρόσθετοι εργάτες ή ενδεχόμενοι γεννήτορες μερικές φορές θα ενίσχυαν την ομάδα, και ως εκ τούτου είναι συνήθως κάπως ανεκτικοί προς τέτοιους νεοαφιχθέντες.”

Κάπως έτσι θα έπρεπε να αντιμετωπίζονται και οι ιδέες που προσδίδουν αυταξία στο περιβάλλον θέτοντας ως αυτοσκοπό την προστασία των διαφόρων οικοσυστημάτων και όχι απλώς ως εργαλείο για την ευημερία του ανθρώπινου είδους πάνω στο πλανήτη.

Βιβλιογραφία

Αλλυσανδρακης, E., 2007. Μελισσοκομία, ΑΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο

Αμοργιανιώτης, Άγγελος & Μαλλινδρέτος, Κωνσταντίνος, 2010, Κατασκευή και διαχείριση – λειτουργία Ανεμογεννητριών και Επιπτώσεις στο Περιβάλλον. Η περίπτωση του Αιολικού Πάρκου της Ροδόπης, Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Καβάλας.

Απλαδάς, E., 2005. «Σπάνια και ενδημικά φυτά έθνικού δρυμού Πάρνηθας», Δασαρχείο Πάρνηθας

Βλογιαννίτης, Σπυρίδων, 2016. Ανάλυση της ανθεκτικότητας του βαρρόα σε ακαρεοκτόνα, ΓΠΑ διαθέσιμο στον δικτυακό τοπο <http://hdl.handle.net/10329/6505>

Βιδάλης, Τάκης, Μολλάκη, Βασιλική, 2016. Τι ξέρω για τη βιοηθική; 2η έκδοση 2018 δημοσίευση από Εθνική Επιτροπή Βιοηθικής, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο http://www.bioethics.gr/images/pdf/Booklet_for_schools_final.pdf

Βούλτσος, Πολυχρόνης & Χατζητόλιος, Απόστολος, 2010. Ηθικές και νομικές επιφυλάξεις για την έρευνα με εμβρυϊκά βλαστοκύτταρα στην Ορθόδοξη Ελλάδα σε σχέση με τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες, στο περιοδικό Ιατρικά θέματα, τ. 50, σελ 32-39, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο <http://www.isth.gr/images/uploads/03-3-BOULTSOS.pdf>

Βουτσαδάκης, Βασίλειος, 2017. Νοήμονες μέθοδοι εμπνευσμένες από το φυσικό κόσμο για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης από το χώρο οικονομίας και διοίκησης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Γεωργόπουλος, Αλέξανδρος, 2002. Περιβαλλοντική ηθική, εκδόσεις Gutenberg, ανατύπωση 1ης έκδοσης

Γκαγτζής, Χ. Αθανάσιος, Κατριάδακης, Κ. Ιωάννης, 2008. Μέτρηση βαθμού απόδοσης φωτοβολταϊκών στοιχείων και μελέτη της εξάρτησής του από τη θερμοκρασία, ΑΠΘ

Δαουτόπουλος, Α. Γεώργιος και Κουτσούκος, Η. Μάριος, 2008. Ιστορία της Γεωργίας, Α' έκδοση, Εκδόσεις Ζυγός

Διαγούπη Ευθυμία, 2012. Η ηθική της γης του Aldo Leopold ως βιωματική ή βιούμενη στάση, συνδέοντάς την με τις παιδαγωγικές αντιλήψεις του Rousseau, ιδίως όπως αυτές

παρουσιάζονται στην Αιμίλιο, Καλαμάτα, διαπανεπιστημιακό και διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών 'Ηθική Φιλοσοφία', Έκπα, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Λεικτάκης, Μιχάλης, 2020. Σε χωματερές 50 τόνοι ντομάτας ημερησίως στα Χανιά- Σε απόγνωση οι παραγωγοί, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο <https://dimosio.gr/diavaste-se-chomateres-50-tonoi-ntomatas-imerisios-sta-chania-se-apognosi-oi-paragogoi> (30/5/20)

Δεσποτόπουλος, Κωνσταντίνος, Αύγουστος 2008. Άνθρωπος και φυσικό περιβάλλον, Ιατρικό Βήμα, σελ 81-82, Ιούλιος-Αύγουστος-Σεπτέμβρης 2008

Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, Μάρτιος 2020. Όλα όσα θα θέλατε να μάθετε για τα αιολικά πάρκα στις προστατευόμενες περιοχές NATURA 2000

Ευαγγέλου, Ελευθέριος, Τσαντήλας Χρήστος, (χ.χ.) Γεωργία Ακριβείας: το μελλοντικό σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων, Πρόγραμμα HYDROSENSE, Μια ερευνητική προσπάθεια στον ελληνικό χώρο, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο <https://docplayer.gr/411249-Georgia-akriveias-to-mellontiko-systima-paragogis-agrotikon-proionton.html>

Καραγεωργάκης, Σταύρος & Γεωργόπουλος, Αλέξανδρος, 2005. Όταν η περιβαλλοντική ηθική συναντά την πολιτική Οικολογία, στο Γεωργόπουλος Αλέξανδρος (επ.) Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Ο νέος πολιτισμός που αναδύεται, Gutenberg, Αθήνα, 2005, σ.σ. 819-839

Καραγιάννης, Αντώνης, 2014. Προκαλούν οι ανεμογεννήτριες ηχητική ρύπανση και ενόχληση;, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο <https://www.limnosreport.gr/eidiseis/35884/καραγιάννης-αντώνης-προκαλούν-οι-ανε/>

Καραγιάννης, Ε. Ιωάννης, 2012. Ευφύης έλεγχος σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, Πανεπιστήμιο Πιρών

Λευθεριώτης, Γεώργιος, 2015. Αιολική ενέργεια και ενέργεια του νερού, Ενότητα: Εισαγωγή στην αιολική ενέργεια, Παναπιστήμιο Πατρών, Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο <https://eclass.upatras.gr/modules/units/?course=PHY1954&id=4286>.

Μασούρα, Ειρήνη, 2014. Ανάλυση διεθνών τιμών αγροτικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων κατά το διάστημα 1996-2013, Πανεπιστήμιο Πατρών

Μητροσύλη, Μαρία, 2004. Τα πιθανά οφέλη από τη χρήση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, Εθνική σχολή δημόσιας διοίκησης, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο https://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies_esdd/15/12/665.pdf

Μουσιόπουλος, Ν., Ντζιαχρήστος, Α., Σλίνη, Θ., 2015. Τεχνική προστασία περιβάλλοντος. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/1009>

Μπουλαξής, Νίκος, 2009. Η διείσδυση των ΑΠΕ στο ηλεκτρικό δίκτυο και οι εθνικοί στόχοι για το 2020, ΡΑΕ.

Παπαγιαννόπουλος, Α. Φοίλιππος, 2010. Το κίνημα της βαθιάς Οικολογίας, Ε.Μ.Π.

Παπαδόπουλος Μιχ., 1997, Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εκδόσεις ΕΜΠ.

Παπαϊωάννου Ι. Κωνσταντίνος, 2017, Εφαρμογές του ευφυούς ελέγχου στον έλεγχο μικροδικτύου με φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτρια, Πανεπιστήμιο Πατρών

Παπαντωνάκη, Χάρης, 2019. Πυρηνική ενέργεια: λύση στο περιβαλλοντικό πρόβλημα ή ένα επιπρόσθετο αγκάθι;, διαθέσιμο την 13/5/20 στο www.ant1news.gr/meypografi-/article/541614/pyriniki-energeia-lysi-sto-periballontiko-problima-i-ena-epiprostheto-agkathi-

Πάσχος, Αλέξανδρος, 2014. Ανίχνευση Ραδιοφάσματος Γνωστικών Ραδιοσυστημάτων με Επιταχυνόμενη Βελτιστοποίηση Σμήνους Σωματιδίων, ΑΠΘ

Παυλάκη, Ε. Σόφη, 2016. ΟΠΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ – Το αποτύπωμα της περιβαλλοντικής βλάβης στο επίπεδο του αισθητού, Δημοκρίτσιο Πανεπιστήμιο Θράκης.

Πελεγρίνης, Θεοδόσης, 2004. Λεξικό της Φιλοσοφίας, Ελληνικά Γράμματα

Πρωτοπαπαδάκης, Δ. Ευάγγελος, 2012. Μια άγρια πράσινη φλόγα στο Ευάγγελος Δ. Πρωτοπαπαδάκης και Ευάγγελος Ι. Μανωλάς, Περιβαλλοντική ηθική ,προκλήσεις και προοπτικές για τον 21ο αιώνα, 2012

Συγκολλίτου, Έφη, 2009. Περιβαλλοντική Ψυχολογία, Εκδόσεις Ελληνικά γράμματα, Αθήνα

Ταγαράκης, Αριστοτέλης, 2014. Σύγχρονη διαχείριση αμπελώνων με χρήση συστημάτων πληροφορικής στο πλαίσιο εφαρμογής γεωργίας ακριβείας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος

Τραντάς, Εμμανουήλ, (χ.χ.). Γενετική βελτίωση φυτών, διαφάνειες διαλέξεων διαθέσιμες στο https://eclass.hmu.gr/modules/document/file.php/GF108/%CE%A4%CE%95%CE%A7%CE%9D%CE%97%CE%A4%CE%97%20%CE%95%CE%A0%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%97_new_2_080318.pdf (11-3-2020)

Τρουλλίδου, Έλενα, 2007. Πρόπολη: χαρακτηρισμός της και αξιολόγηση ενθυλακωμένων μορφών της σε βιοπολυμερή με έμφαση στις αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητές της και την απελευθέρωσή της, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Τσιακούλη, Σπυριδούλα, 2016. Χρήση του Αλγορίθμου Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων για την Επιτήρηση Θερμοκρασίας μιας Περιοχής, ΑΕΙ Πειραιά

Υφαντίδης, Μιχαήλ, 1995. Παθήσεις του μελισσιού, Θεσσαλονίκη 1η έκδοση

Φουντάς, Σπυρος & Γέμτος, Θεοφάνης, 2015. Γεωργία ακριβείας, ISBN: 978-960-603-135-9 Copyright © ΣΕΑΒ, 2015

Φραγκουδάκη, Σ. Ελλάς, 2007. Η νομική μεταχείριση των εφαρμογών της βιογενετικής – ιδίως από πλευρας ιδιωτικού δικαίου-, ΕΚΠΑ

Φυλλαδιτάκης, Εμμανουήλ, 2017. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων, Brunel university UK διαθέσιμο την 11/5/20 στο https://www.labri.fr/perso/billaud/travaux/Helios/Helios2/resources/gr15/Chapter_15_G_R.pdf

Χασιακός, Αθανάσιος, (χ.χ). Μέθοδος Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων, διαθέσιμο την 19/5/20 στο <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1756/3-Particle%20Swarm%20Optimization%20%28PSO%29.pdf>

Χατζηβασιλειάδης, Γιάννης, 2009. Η Διείσδυση των ΑΠΕ στο Ηλεκτρικό Δίκτυο και οι Εθνικοί Στόχοι για το 2020 , ΓΤ ΙΕΝΕ00

Χατζήνα, Φανή, 2007. Επικοινωνία των καλλιεργούμενων φυτών, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο https://www.hellenic-beerresearch.gr/wp-content/uploads/2015/01/POLLINATION_EPIKONIASI- II-2007.pdf (19-3-20)

Aaron, Ong; Kevin, Ma; Nicholas, Gravish; Pakpong, Chirarattananon; Mirko, Kovac; Robert, J. Wood, 2017. A biologically inspired, flapping-wing, hybrid aerial-aquatic microrobot, Science Robotics 25 Oct 2017: Vol. 2, Issue 11, eaao5619 DOI: 10.1126/scirobotics.aao5619

Alexandru, C. and Pozna, C., 2008. Different tracking strategies for optimizing the energetic efficiency of a photovoltaic system, IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, Cluj-Napoca, 2008, pp. 434-439, doi: 10.1109/AQTR.2008.4588958.

Black, E. Lachlan, 2015. New Perspectives on Surface Passivation: Understanding the Si–Al₂O₃ Interface, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy of The Australian National University

Breuer, Kenny, 2019. Flight of the RoboBee, δημοσιευμένο στο NEWS & VIEWS την 27-6-19

CCD Steering Committee, June 2010. Colony Collapse Disorder progress report, United States Department of Agriculture, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/oc/br/ccd/ccdprogressreport2012.pdf>

Dombrowski, A. Daniel, 1988. Hartshorne and the Metaphysics of Animal Rights, State university of New York Press

ESA, 2020. Quarterly Uranium Market Report, 1st quarter of 2020

Essays, UK. 2017. Beauchamp And Childress Four Principles Framework. Retrieved from <https://nursinganswers.net/essays/implications-of-beauchamp-and-childress-four-principles-framework-nursing-essay.php?vref=1> (14/4/2020)

European Commission, 2020. Climate & energy package, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en

Fister, jr. Iztok; Yang, Xin-She; Fister, Iztok; Brest, Janez; Fister, Dušan, 2013. A Brief Review of Nature-Inspired Algorithms for Optimization. *Elektrotehnikski Vestnik/Electrotechnical Review*. 80.

Fragkoulopoulos, G. Emmanouil, 2017. Agricultural Robotics and Automotion Robot Collaboration For Precision Agriculture, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας διαθέσιμ στον δικτυακό τόπο <http://dx.doi.org/10.26253/heal.uth.368>

von Frisch, Karl, 1991. απο τη ζωή των μελισσών, εκδόσεις μελισσοκομική επιθεώρηση, 2η έκδοση

Goulson, Dave; Nicholls, Elizabeth; Botías, Cristina; Rotheray, Ellen L, 2015. Combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers drives bee declines, Sussex research online διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο http://sro.sussex.ac.uk/id/eprint/54228/1/Science_1255957_Goulson_RV_revised_CA_edited.pdf (15-3-20)

Green peace campaigns, Information Leaflets

Horvath, Akos & Rachlew, Elisabeth, 2016. Nuclear Power in the 21st Century: Challenges and Possibilities, DOI:[10.1007/s13280-015-0732-y](https://doi.org/10.1007/s13280-015-0732-y)

IFOAM EU group, 2019. Organic and agroecology: working to transform our food system, Position paper on agroecology,

Jones, Daniel O.B.Kaiser, Stefanie, Sweetman, Andrew K., Smith, Craig R., Menot, Lenaick Vink, Annemiek, Trueblood, Dwight, Greinert, Jens, Billett, David S.M., Martinez Arbizu, Pedro Martinez, Radziejewska, Teresa, Singh, Ravail, Ingole, Baban, Stratmann, Tanja, Simon Lledo, Erik, Durden, Jennifer M., Clark, Malcolm R.. 2017. Biological responses to disturbance from simulated deep-sea polymetallic nodule mining, *PLoS ONE*, 12 (2). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0171750>

Jungbluth, Niels & Meili, Christoph, 2018. Recommendations for calculation of the global warming potential of aviation including the radiative forcing index. *Int J LCA*

(accepted), DOI: 10.1007/s11367-018-1556-3, Schaffhausen, Switzerland, www.esu-services.ch/de/publications/

Klein, Naomi, 2015. Αυτό αλλάζει τα πάντα, καπιταλισμός εναντίον κλίματος, εκδόσεις Λιβάνη

Kneafsey, Moya; Cox, Rosie; Holloway, Lewis; Dowlen, Elisabeth; Venn, Laura; Tuomainen, Heliena; 2008. Connecting consumers, producers and food, exploring alternatives, Berg editorial offices, Oxford

Landgraf, Tim; Bierbach, David; Kirbach, Andreas; Cusing, Rachel; Oertel, Michael; Lehmann, Konstantin; Greggers, Uwe; Menzel, Randolph; Rojas, Raúl; 2018. Dancing Honey bee Robot Elicits Dance-Following and Recruits Foragers, arXiv:1803.07126v1 [cs.RO] 19 Mar 2018

Levitan, Dave, 2016. Is the nuclear power the energy future - or a dinosaur in the death spiral? Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο <https://ensia.com/features/is-nuclear-power-our-energy-future-or-a-dinosaur-in-a-death-spiral> (12/5/2020)

McCarthy, John, 2007. What is Artificial Intelligence? Computer science department, Stanford University διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai/whatisai.pdf>

Mehdi, Zahaf & Madiha, Ferjani, March 2016. Alternative Foods — New Consumer Trends, Organic Farming - A Promising Way of Food Production, Petr Konvalina, IntechOpen, DOI: 10.5772/61962. Available from: <https://www.intechopen.com/books/organic-farming-a-promising-way-of-food-production/alternative-foods-new-consumer-trends>

Mill, John Stuart, 2002. Ωφελμισμός, μτφρ. Φ. Παιονίδης, εκδ. Πόλις, Αθήνα

Muhammad, Fahad Zia; Elhoussin, Elbouchikhi; Mohamed, Benbouzid; 2018. Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects, Applied Energy, Volume 222, Pages 1033-1055, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.04.103>

Nieto, A., Roberts, S.P.M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., García Criado, M., Biesmeijer, J.C., Bogusch, P., Dathe, H.H., De la Rúa, P., De Meulemeester, T., Dehon, M., Dewulf, A., Ortiz-Sánchez, F.J., Lhomme, P., Pauly, A., Potts, S.G., Praz, C., Quaranta, M., Radchenko, V.G., Scheuchl, E., Smit, J., Straka, J., Terzo, M., Tomozii, B., Window, J. and Michez, D. 2014. European Red List of bees. Luxembourg: Publication Office of the European Union

Peano, Cristiana & Sottile, Francesco, 2015. Position paper on agroecology, Slow Food, διαθέσιμο την 20/5/20 στο https://www.slowfood.com/slouurope/wpcontent/uploads/ING_agroecologia-1.pdf

Petis, JS; Lichtenberg, EM; Andree, M.; Stritzinger, J.; Rode, R.; van Engelsdorp, D.; 2013. Crop pollination exposes honey bees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen *Nosema ceranae*,

Potts, Simon & Biesmeijer, Jacobus, June 2010. "Global pollinator declines: trends, impacts and drivers". *Trends in Ecology & Evolution*

Russell, Stuart & Norvig, Peter, 2005. Τεχνητή Νοημοσύνη, μια σύγχρονη προσέγγιση, εκδόσεις κλειδάριθμος, 2η εκτύπωση, ISBN: 960-209-873-2

Bengtson, Vern L. and Oyama, Petrice S., 2007. *Intrergenerational Solidarity: Strengthening Economical and Social Ties*, United Nation Headquarters, New York

Schneider, Howard A. 1971. Review of *Bioethics: Bridge to the Future*, by Van Rensselaer Potter *Perspectives in Biology and Medicine*, vol. 15 no. 1, 1971, p. 152-153. Project MUSE, published by John Hopkins University Press, [doi:10.1353/pbm.1971.0048](https://doi.org/10.1353/pbm.1971.0048).

Turney, D. & Fthenakis, V., 2011. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, pp. 3261-3270

Trieb, Franz, 2018. *Interference of Flying Insects and Wind Parks*, Stuttgart, Institute of Engineering Thermodynamics

Tronstad, Lusha, Abernathy, Ian, Andersen, Mark, DePaolo, Sara and Dillon, E. Michael,

2014. Baseline research for long-term effects of wind farms on insects, plants, birds, and bats in Wyoming: a 2014 Annual Report. Report prepared for the Wyoming Bureau of Land Management by the Department of Zoology and Physiology and Wyoming Natural Diversity Database at the University of Wyoming.

Wenz, S. Peter, 2001. *Environmental Ethics Today*, Oxford University Press

Wood, Pobert, Nagpal, Radhika & Wei, Gu-Yeon, 2009. *Flight of the Reobobees*

Xiaoqing, Jiang; Jiafeng, Zhang; Sajjad, Ahmad; Dandan, Tu; Xuan, Liu; Guoqing, Jia; Xin, Guo; Can, Li; 2020. Dion-Jacobson 2D-3D perovskite solar cells with improved efficiency and stability, Nano Energy, Volume 75, 2020, 104892, ISSN 2211-2855, <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.104892>

Yufeng, Chen; Hongqiang, Wang E.; Farrell, Helbling; Noah, T. Jafferis; Raphael, Zufferey; Willis, Katherine; (n.d.). State of the world plan, Review of scientists of QEW gardens διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.kew.org/science/state-of-the-worlds-plants-and-fungi> (6/4/20)