



# Μηχανική Περιβάλλοντος

## Ενότητα 1: Εισαγωγή

Δρ. Ελένη Γκριλλα  
Μηχανικός Περιβάλλοντος

e-mail. [elen.grilla@gmail.com](mailto:elen.grilla@gmail.com)

# Περιεχόμενο Μαθήματος

---

1. Εισαγωγή στη Μηχανική Περιβάλλοντος
2. Περιβαλλοντικά Συστήματα και Πόροι
3. Ισοζύγια μάζας
4. Ισοζύγια ενέργειας
5. Παραγωγή ενέργειας – Συμβατικές μορφές
6. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
7. Ρύπανση και παρακολούθηση περιβάλλοντος
8. Αέριοι ρύποι και ακουστική ρύπανση
9. Υγρά απόβλητα
10. Στερεά απόβλητα
11. Υγειονομική ταφή – Ανακύκλωση
12. Βιομηχανικά και Επικίνδυνα Απόβλητα

# Προτεινόμενο Σύγγραμμα



*Κούγκολος Α., 4<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα*

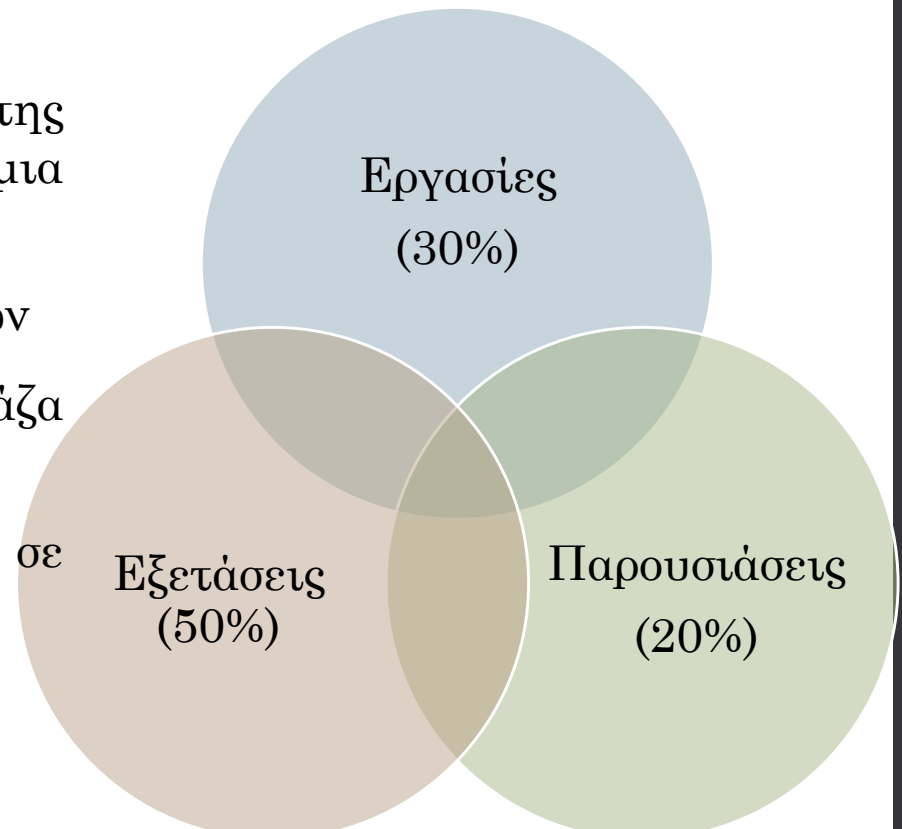
*Εγγραφή στο μάθημα*



# Δομή Μαθήματος

## Εργασίες

- Μικρορύποι και Φαρμακευτικές Ουσίες στα Λύματα
- Μικροπλαστικά
- Ρύπανση Υδροφόρου Ορίζοντα από Βαρέα Μέταλλα
- Αντιμετώπιση του Φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας σε μια Πυκνοκατοικημένη Περιοχή
- Διαχείριση ηλεκτρονικών αποβλήτων
- Επιπτώσεις της θέρμανσης με βιομάζα (τζάκια) στην ποιότητα του αέρα
- Χρήση γκριζου νερού (Greywater) σε αστικές περιοχές



# Δομή Γραπτής Εργασίας

Η εργασία θα πρέπει να έχει έκταση 3500 - 4500 λέξεις και να περιλαμβάνει τις εξής ενότητες:

1. **Εισαγωγή & Ορισμός Προβλήματος:** Ποιο είναι το πρόβλημα; (π.χ. Ρύπανση από PFAS, έλλειψη νερού, εκπομπές CH<sub>4</sub>). Ποιοι είναι οι περιβαλλοντικοί δέκτες και οι επιπτώσεις τους.

2. **Βιβλιογραφική Ανασκόπηση** (τελευταία 5ετία): Παρουσίαση της ερευνητικής λύσης από το άρθρο που επιλέξατε. Περιγραφή της πειραματικής διάταξης ή του υπολογιστικού μοντέλου.

3. **Αποτελέσματα:**

- Ισοζύγια Μάζας & Ενέργειας: Ποιες είναι οι εισροές και οι εκροές του συστήματος;
- Αποδοτικότητα: Ποσοστά απομάκρυνσης ρύπων ή παραγωγής ενέργειας.
- Διάγραμμα Ροής: Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος.
- Συμμόρφωση με τη νομοθεσία

4. **Κριτική Αξιολόγηση & Συμπεράσματα:** Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου. Δυνατότητα εφαρμογής της λύσης σε πραγματική κλίμακα (scale-up) στην Ελλάδα.

5. **Βιβλιογραφία:** σε σύστημα APA.

Δομή: Επώνυμο, Αρχικό. (Έτος). Τίτλος άρθρου. Τίτλος Περιοδικού, τόμος(τεύχος), σελίδες. DOI ή URL.

# Δομή Παρουσίασης

Slide	Τίτλος Ενότητας	Περιεχόμενο
1	Εξώφυλλο	Τίτλος εργασίας, ονόματα φοιτητών, μάθημα, ημερομηνία.
2	Εισαγωγή & Πρόβλημα	Ορισμός του περιβαλλοντικού προβλήματος. Γιατί μας αφορά; (π.χ. "Η ρύπανση των υδάτων από μικροπλαστικά").
3	Σκοπός της Μελέτης	Τι εξετάζει το συγκεκριμένο επιστημονικό άρθρο; Ποιο είναι το "κενό" που έρχεται να καλύψει η έρευνα;
4	Περιγραφή Συστήματος	Οπτική απεικόνιση της λύσης. Εδώ μπαίνει το Διάγραμμα Ροής.
5	Μηχανισμοί & Λειτουργία	Πώς λειτουργεί η λύση; (π.χ. "Η διαδικασία της προσρόφησης", "Η χημική οξειδωση"). Χρήση χημικών τύπων ή φυσικών νόμων.
6	Τεχνικά Δεδομένα	Παρουσίαση των βασικών παραμέτρων (π.χ. pH, θερμοκρασία, παροχή) που μελετήθηκαν.
7	Αποτελέσματα (Graphs)	Ανάλυση γραφημάτων από το άρθρο που δείχνει την απόδοση (π.χ. % απομάκρυνση ρύπου συναρτήσει του χρόνου).
8	Σύγκριση & Αξιολόγηση	Σύγκριση της ερευνητικής λύσης με τις υπάρχουσες "παραδοσιακές" μεθόδους. Κριτική Αξιολόγηση
9	Δυνατότητα Εφαρμογής	Μπορεί αυτό να εφαρμοστεί στην πράξη; (Ανάλυση κόστους, Scale-up, περιβαλλοντική νομοθεσία).
10	Συμπεράσματα	Τα 3-4 βασικά μηνύματα της εργασίας.
11	Βιβλιογραφία	Συνοπτική λίστα των κυριότερων πηγών.
12	Ερωτήσεις	Ευχαριστήριο slide.

# Περιβάλλον

## Τι είναι Περιβάλλον;

Περιβάλλον είναι το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία.

### Φυσικό Περιβάλλον



• Ατμόσφαιρα



• Υδρόσφαιρα

• Λιθόσφαιρα



• Βιόσφαιρα



### Ανθρωπογενές Περιβάλλον



• Πόλεις

• Βιομηχανίες

• Μεταφορές

• Ενεργειακά συστήματα



# Αλληλεπιδράσεις Συστημάτων

Τα περιβαλλοντικά συστήματα δεν λειτουργούν ανεξάρτητα, αλλά αλληλεπιδρούν συνεχώς μέσω ροής ενέργειας και μεταφοράς ύλης.

## Αλληλεπίδραση Φυσικών Συστημάτων

- Ατμόσφαιρα ↔ Υδρόσφαιρα (υδρολογικός κύκλος)
- Ατμόσφαιρα ↔ Λιθόσφαιρα (όξινη βροχή – διάβρωση εδάφους)
- Βιόσφαιρα ↔ Ατμόσφαιρα (φωτοσύνθεση – αναπνοή)
- Υδρόσφαιρα ↔ Λιθόσφαιρα (Ποιότητα νερού επηρεάζει υδρόβιους οργανισμούς)

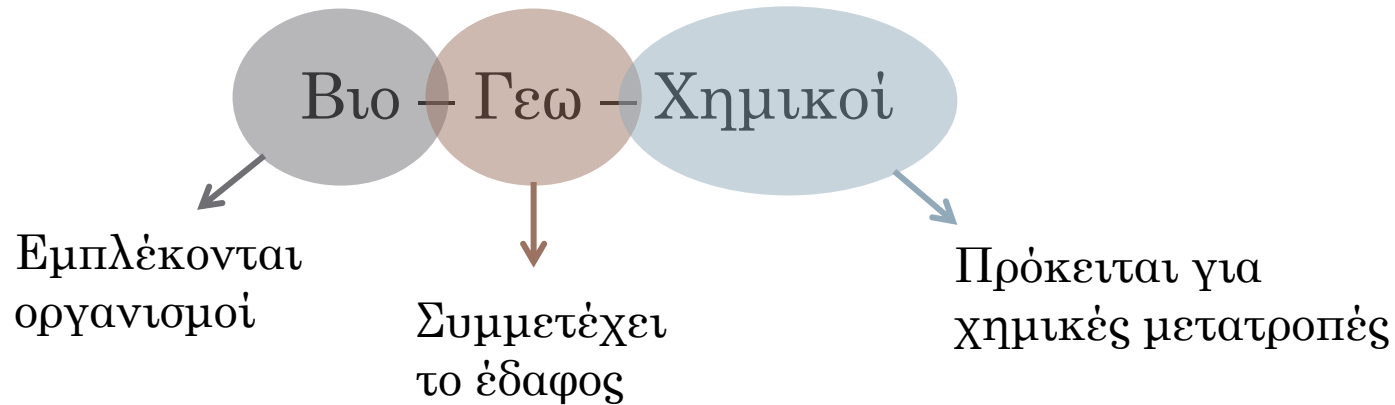
## Αλληλεπίδραση Ανθρωπογενών – Φυσικών Συστημάτων

- Βιομηχανία → Ατμοσφαιρική ρύπανση
- Μεταφορές → Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου
- Αστικοποίηση → Καταστροφή οικοσυστημάτων
- Γεωργία → Ρύπανση υδάτων (ευτροφισμός)

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μεταβάλλουν τους φυσικούς κύκλους (άνθρακα, αζώτου, νερού).

# Βιογεωχημικοί Κύκλοι

Φυσικοί μηχανισμοί ανακύκλωσης της ύλης μεταξύ ατμόσφαιρας, υδρόσφαιρας, λιθόσφαιρας και βιόσφαιρας.



- Άνθρακας (C)
- Άζωτο (N)
- Νερό (H<sub>2</sub>O)
- Φώσφορος (P)

*Γιατί επικεντρωνόμαστε σε αυτά τα στοιχεία;*

Είναι θεμελιώδη στοιχεία για τη ζωή, ανακυκλώνονται μεταξύ των σφαιρών της Γης και η ανθρώπινη δραστηριότητα μεταβάλλει σημαντικά τους φυσικούς τους κύκλους.

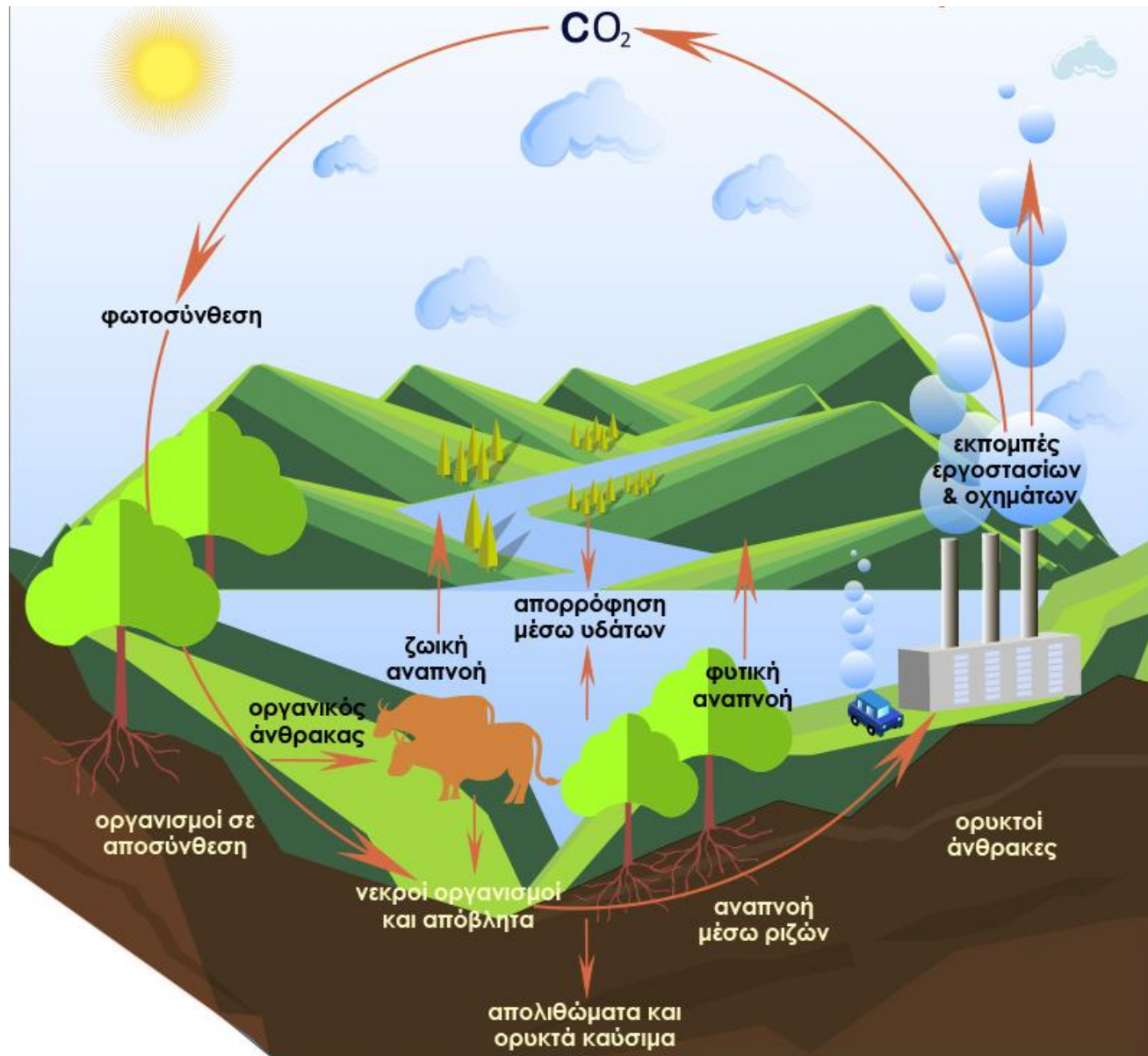
# Κύκλος του νερού

Αν αυξηθεί η αστικοποίηση σε μια περιοχή, ποιο στάδιο του υδρολογικού κύκλου επηρεάζεται περισσότερο;



# Κύκλος του άνθρακα

*Αν αύριο σταματούσαν όλες οι εκπομπές από ορυκτά καύσιμα, θα επανερχόταν άμεσα το CO<sub>2</sub> στα προ-βιομηχανικά επίπεδα;*



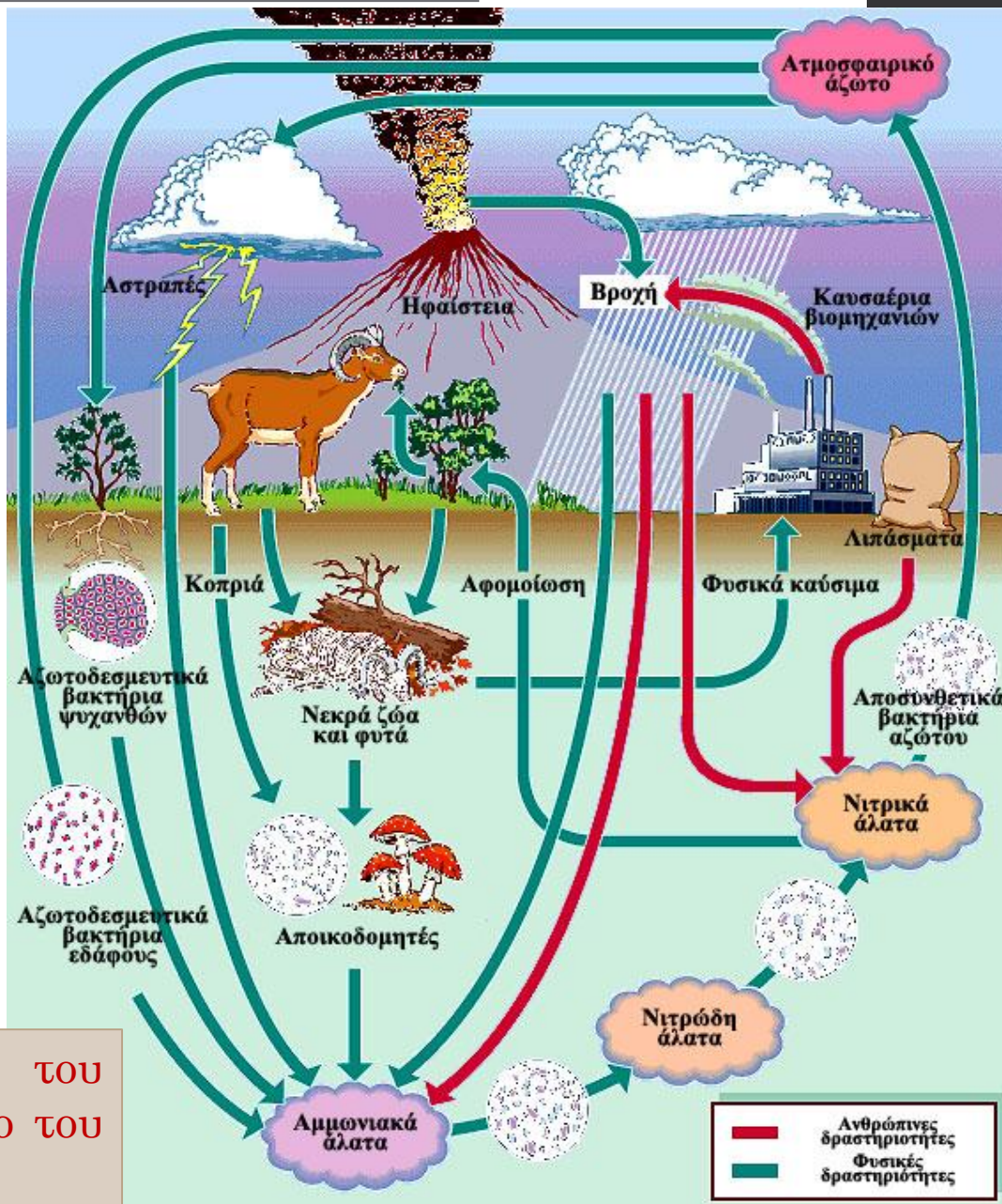
# Κύκλος του αζώτου

Η διαδικασία μέσω της οποίας το άζωτο μετατρέπεται σε διαφορετικές χημικές μορφές και κυκλοφορεί μεταξύ ατμόσφαιρας, εδάφους, υδάτων και οργανισμών.

- Το 78% της ατμόσφαιρας είναι άζωτο (N<sub>2</sub>).
- Όμως το N<sub>2</sub> δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τα φυτά, θέλει αζωτοδέσμευση.

## Ανθρώπινη Παρέμβαση προκαλεί:

- Ευτροφισμό
- Ρύπανση υπόγειων υδάτων
- Όξινη βροχή
- Εκπομπές N<sub>2</sub>O (ισχυρό αέριο θερμοκηπίου)



Αν σταματούσαν όλα τα βακτήρια του εδάφους, τι θα συνέβαινε στον κύκλο του αζώτου;

# Περιβαλλοντικά Προβλήματα

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα προκύπτουν όταν διαταράσσεται η φυσική ισορροπία των περιβαλλοντικών συστημάτων και των βιογεωχημικών κύκλων.



## Κλιματική Αλλαγή

- Φαινόμενο θερμοκηπίου
- Ακραία καιρικά φαινόμενα

*Ποιον βιογεωχημικό κύκλο διαταράσσει περισσότερο κάθε πρόβλημα;*



## Ρύπανση Νερού

- Ευτροφισμός
- Βιομηχανικά Απόβλητα
- Μικρορύποι



## Ρύπανση Εδάφους

- Πλαστική Ρύπανση
- Υπερκατανάλωση



# Μηχανική Περιβάλλοντος

Η Μηχανική Περιβάλλοντος:

- Προστατεύει φυσικούς πόρους
- Διαχειρίζεται απόβλητα
- Επεξεργάζεται νερό & λύματα
- Ελέγχει ρύπανση αέρα
- Σχεδιάζει βιώσιμα συστήματα



Διαχείριση  
Υδατικών  
Πόρων



Έλεγχος  
Ρύπανσης  
Αέρα



Διαχείριση  
Στερεών και  
Επικίνδυνων  
Αποβλήτων



Προστασία  
Εδάφους και  
Υπογείων  
Υδάτων



Ενεργειακή  
Μηχανική και  
ΑΠΕ



Περιβαλλοντική  
Αξιολόγηση και  
Πολιτική

# Ορισμοί

---

## Ρύπανση

Η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας σε ποσότητα ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία ανθρώπων και ζώων.

## Μόλυνση

Η μορφή ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από τη παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον.

## Υποβάθμιση

Η πρόκληση από ανθρώπινες δραστηριότητες ρύπανσης, η οποία έχει αρνητικές συνέπειες στην οικολογική ισορροπία.

## Πηγές

Τα μέρη στα οποία εκπέμπονται ρύποι. Οι πηγές μπορεί να είναι φυσικές ή ανθρωπογενείς. Επίσης μπορεί να είναι σημειακές ή μη.

# Διαστάσεις της ρύπανσης

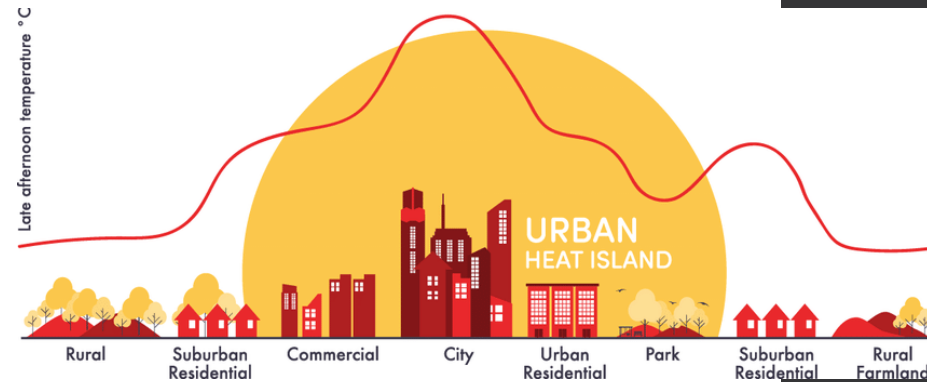
---

- **Φαινόμενα με παγκόσμια διάσταση.** Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η τρύπα του όζοντος.
- **Φαινόμενα με διεθνείς-διακρατικές διαστάσεις.** Χαρακτηριστικό φαινόμενο είναι η όξινη βροχή και η ρύπανση ενός ποταμού που διασχίζει περισσότερες από μια χώρες.
- **Φαινόμενα με τοπικές-περιφερειακές διαστάσεις.** Χαρακτηριστικά φαινόμενα είναι οι καπνομίχλες.
- **Ρύπανση εργασιακού χώρου.**
- **Ρύπανση οικιακού χώρου ή εσωτερικού χώρου.**

# Φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας

Η αστική θερμική νησίδα ορίζεται ως το φαινόμενο κατά το οποίο μέσα στην πόλη η θερμοκρασία αυξάνεται με αποτέλεσμα η αστική περιοχή να είναι πιο ζεστή από τις υπαίθριες περιοχές που την περιβάλλουν.

Η ταχύτητα και η διεύθυνση των ανέμων μπορεί να είναι διαφορετικά ανάμεσα στην ύπαιθρο και στην πόλη. Τα μεγάλα κτίρια εμποδίζουν τη ροή του αέρα.



Τα **αίτια δημιουργίας** του φαινομένου μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- **Έλλειψη βλάστησης.** Έχει υπολογισθεί ότι μια αύξηση της πράσινης περιοχής κατά 10% θα μείωνε κατά 0.2 °C τη θερμοκρασία του αέρα και κατά 1.3 °C τη θερμοκρασία σε μια επιφάνεια.

# Φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας

---

- Οι ιδιότητες των αστικών δομικών υλικών. Το τσιμέντο και η άσφαλτος έχουν μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από τη βλάστηση, έτσι μπορούν να απορροφήσουν ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την απελευθερώσουν τη νύχτα.
- Τα πολλά ψηλά κτίρια κτισμένα σε μικρή απόσταση επηρεάζουν τη ροή του ανέμου.
- Τα καυσαέρια των αυτοκινήτων είναι σε θερμοκρασία υψηλότερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Τα κτίρια το χειμώνα θερμαίνονται και οι καυστήρες εκπέμπουν καυσαέρια που έχουν υψηλή θερμοκρασία. Το καλοκαίρι τα κτίρια ψύχονται και τα αirkοντίσιον βγάζουν θερμότητα έξω από τα κτίρια.
- Ο φωτισμός κατά τη νύχτα μπορεί να προκαλέσει μικρή αύξηση της θερμοκρασίας.

# Ισοζύγιο Ενέργειας

---

## Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος

**Η ενέργεια ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται,  
αλλά αλλάζει μορφή**

*Άρα, αν η πόλη είναι πιο ζεστή, δημιουργείται ενέργεια; Ή απλώς κατανέμεται διαφορετικά;*

Η αστική θερμική νησίδα αποτελεί εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> Θερμοδυναμικού Νόμου σε ανοιχτό περιβαλλοντικό σύστημα.

- Η ενέργεια που προσπίπτει σε μια επιφάνεια κατανέμεται σε διαφορετικές ροές.
- Η πόλη δεν παράγει περισσότερη ηλιακή ενέργεια απλώς αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο αυτή κατανέμεται.

# Ισοζύγιο Ενέργειας

---

## Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος

Για κάθε σύστημα ισχύει:

$$\text{Εισρέουσα } E = \text{Εκρέουσα } E + \text{Μεταβολή αποθηκευμένης } E$$

Σε περιβαλλοντικά συστήματα η αποθηκευμένη ενέργεια περιλαμβάνει:

- εσωτερική ενέργεια (θερμοκρασία)
- δυναμική ενέργεια
- κινητική ενέργεια

**Ενέργεια**,  $E$ , ορίζεται η ικανότητα πραγματοποίησης έργου ( $W$ ).  
Μονάδες μέτρησης είναι το Joule και το Btu.

# Ισοζύγιο Ενέργειας

- Η προσθήκη ενέργειας σε ένα σύστημα σε πολλές περιπτώσεις προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του συστήματος.

Για παράδειγμα, η αποβαλλόμενη θερμότητα ενός εργοστασίου παραγωγής ενέργειας προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στο νερό ψύξης.

Το ποσό της ενέργειας που προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας μίας μονάδας μάζας ενός υλικού κατά  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ονομάζεται **ειδική θερμότητα** και συμβολίζεται με **c**.

Στα περιβαλλοντικά συστήματα, η μεταβολή της αποθηκευμένης ενέργειας σε ένα σύστημα μάζας  $m$ , όταν η θερμοκρασία αλλάζει κατά  $\Delta T$ , δίνεται από την εξίσωση:

$$\Delta E_{\text{εσωτ}} = m c \Delta T$$

$\Delta E_{\text{εσωτ}}$ : μεταβολή  $E_{\text{εσωτ}}$

$m$ : μάζα (kg)

$c$ : ειδική θερμότητα (kcal/kg  $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta T$ : μεταβολή θερμοκρασίας ( $^{\circ}\text{C}$ )

# Ισοζύγιο Ενέργειας

Συστήματα στα οποία παρατηρείται μεταφορά ενέργειας και μάζας θεωρούνται *ανοικτά συστήματα*, ενώ συστήματα στα οποία πραγματοποιείται μόνο μεταφορά ενέργειας θεωρούνται *κλειστά συστήματα*.

Στα ανοικτά συστήματα η εξίσωση μετατρέπεται ως εξής:

$$\text{Ρυθμός μεταφοράς ενέργειας } \Delta^{\circ}E_{\text{εσωτ}} = m^{\circ} c \Delta T$$

$\Delta^{\circ}E_{\text{εσωτ}}$ : ο ρυθμός μεταφοράς ενέργειας (J/s ή W)

$m^{\circ}$ : ο ρυθμός μεταφοράς μάζας στο σύστημα (kg/s)

$c$ : ειδική θερμότητα (kcal/kg °C)

$\Delta T$ : μεταβολή θερμοκρασίας (°C)

Για παράδειγμα, αν χρησιμοποιείται νερό για την ψύξη ενός εργοστασίου παραγωγής ενέργειας, τότε  $m^{\circ}$  θα είναι ο ρυθμός μεταφοράς της μάζας του νερού και  $\Delta T$  η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξης καθώς περνά μέσα από το εργοστάσιο.

# Ισοζύγιο Ενέργειας - Παράδειγμα

- Πόσος χρόνος χρειάζεται για να ζεσταθεί το νερό ηλεκτρικού θερμοσίφωνα, όγκου 40 γαλονιών, από τους 10 °C στους 60 °C, αν η ισχύς της αντίστασης είναι 5 KW. Θεωρείστε ότι όλη η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική, ενώ η ενέργεια που προσδίδεται στο δοχείο και οι απώλειες θερμότητας είναι αμελητέες. Δίνεται ότι  $c = 1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$ .

Εισρέουσα  $E =$  Εκρέουσα  $E +$  Μεταβολή αποθηκευμένης  $E$

$$\Delta E_{\text{εσοτ}} = m c \Delta T$$

$\Delta E_{\text{εσοτ}}$ : μεταβολή  $E_{\text{εσοτ}}$

$m$ : μάζα (kg)

$c$ : ειδική θερμότητα (kcal/kg °C)

$\Delta T$ : μεταβολή θερμοκρασίας (°C)

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

$$\rho = m/V$$

$$1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} = 4,184 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C}.$$

# Ισοζύγιο Ενέργειας - Άσκηση

- Σε έναν ατμοηλεκτρικό σταθμό παραγωγής ενέργειας η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται αποτελεί το  $1/3$  της θερμικής ενέργειας του καυσίμου. Η ηλεκτρική ισχύς της μονάδας είναι  $1000 \text{ MW}$ . Το υπόλοιπο της ενέργειας χάνεται στο περιβάλλον ως θερμότητα. Το  $15\%$  της αποβαλλόμενης θερμότητας απομακρύνεται μέσω των αερίων, ενώ το υπόλοιπο  $85\%$  μέσω των νερών ψύξης που λαμβάνονται από παρακείμενο ποτάμι. Το συγκεκριμένο ποτάμι έχει παροχή  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  και θερμοκρασία  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Αν η θερμοκρασία του νερού ψύξης επιτρέπεται να αυξηθεί μόνο κατά  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , τι παροχή νερού απαιτείται από το ποτάμι; Ποια θα είναι η θερμοκρασία του ποταμού μετά την απόρριψη σε αυτό του νερού ψύξης; Δίνεται ότι  $c = 1 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C}$ .

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

$$\rho = m/V$$

$$1 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C} = 4,184 \text{ KJ/Kg }^\circ\text{C}.$$