

**Θ. ΚΟΥΙΜΤΖΗ**

Καθηγήτῃ ΑΠΘ

**Κ. ΜΑΤΗ**

Επικ. Καθηγήτῃ ΑΠΘ

# ΑΡΧΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η αντίληψη του μεγέθους της ρύπανσης του Περιβάλλοντος προκάλεσε, και συνεχώς προκαλεί, διάφορες κινητοποιήσεις για τη λήψη μέτρων αντιρρύπανσης. Το πρόβλημα άγγιξε και την παιδεία σ' όλες τις βαθμίδες και ειδικεύσεις με προώθηση της έρευνας των προβλημάτων ρύπανσης και των μεθόδων επίλυσής τους.

Μέσα σ' όλη αυτή την προσπάθεια ένα μεγάλο ρόλο έχει να παίξει και ο χημικός, κύρια σε θέματα που αναφέρονται στη χημική ρύπανση, που άλλωστε αντιπροσωπεύει και το μεγαλύτερο ποσοστό της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ο χημικός: θα ασκήσει τον αναλυτικό έλεγχο της ρύπανσης και θα επινοήσει, θα προτείνει και θα εισάγει μέτρα αντιρρύπανσης, καθώς και θα γνωματεύσει για την αποτελεσματικότητα των μέτρων και των προδιαγραφών που εφαρμόζονται.

Το Τμήμα Χημείας του ΑΠΘ, ανταποκρινόμενο στις προσπάθειες που γίνονται για την προστασία του περιβάλλοντος, περιέλαβε στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα, παράλληλα με τα μαθήματα «Χημεία του Περιβάλλοντος» και «Έλεγχος της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος» και το κατ' επιλογή μάθημα «ΑΡΧΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ».

Το βιβλίο αυτό έχει σαν κύριο σκοπό να καλύψει τις ανάγκες της διδασκαλίας του μαθήματος αυτού. Φυσικά, στα πλαίσια ενός εξαμηνιαίου μαθήματος δεν είναι δυνατό να αναπτυχθούν όλα τα θέματα της αντιρρύπανσης. Όμως, σε συνδυασμό και με τις γνώσεις των άλλων μαθημάτων του Τμήματος πιστεύουμε ότι ο Χημικός θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσει διάφορα προβλήματα σχετικά με τη ρύπανση και την προστασία του περιβάλλοντος.

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 1987

Θ. ΚΟΥΙΜΤΖΗΣ  
Κ. ΜΑΤΗΣ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	5
<b>1. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ .....</b>	<b>11</b>
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	11
1.2. ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ .....	12
1.3. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ .....	14
1.4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ .....	15
<b>2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ .....</b>	<b>17</b>
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	17
2.2. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ .....	18
2.2.1. Συμπύκνωση με άμεση ψύξη .....	19
2.2.2. Συμπύκνωση με έμμεση ψύξη .....	19
2.3. ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ .....	20
2.3.1. Τεχνικές απορρόφησης .....	21
2.4. ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ .....	24
2.4.1. Προσροφητικά μέσα .....	25
2.4.2. Τεχνικές προσρόφησης .....	27
2.5. ΚΑΥΣΗ - ΘΕΡΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ .....	29
2.5.1. Συστήματα καύσης .....	30
2.6. ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΩΝ .....	31
2.6.1. Έλεγχος των εκπομπών διοξειδίου του θείου .....	32
2.6.2. Έλεγχος εκπομπών οξειδίων του αζώτου .....	33
<b>3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩ- ΜΑΤΙΔΙΑ .....</b>	<b>36</b>
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	36
3.2. ΘΑΛΑΜΟΙ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ .....	38
3.3. ΑΕΡΟΚΥΚΛΩΝΕΣ .....	39
3.4. ΣΑΚΚΟΦΙΛΤΡΑ .....	42
3.4.1. Τύποι σακκόφιλτρων .....	44
3.5. ΠΥΡΓΟΙ ΕΚΠΛΥΣΗΣ - ΨΕΚΑΣΜΟΥ .....	45
3.5.1. Τύποι πύργων έκπλυσης - ψεκασμού .....	47
3.5.2. Τεχνικές αποσταγονοποίησης .....	49
3.6. ΗΛΕΚΤΡΟΦΙΛΤΡΑ .....	50
3.6.1. Τύποι ηλεκτρόφιλτρων .....	50
3.6.2. Λειτουργία και απόδοση ηλεκτρόφιλτρων .....	53

<b>4. ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ - ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ: ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ</b> .....	55
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	55
4.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	57
4.2.1. Στάδιο προεπεξεργασίας .....	58
4.2.2. Πρωτοβάθμια κατεργασία .....	59
4.2.3. Δευτεροβάθμια κατεργασία .....	59
4.2.4. Τριτοβάθμια κατεργασία .....	60
<b>5. ΚΑΤΑΚΑΘΙΣΗ - ΠΑΧΥΝΣΗ</b> .....	62
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	62
5.2. ΑΙΩΡΗΜΑΤΑ ΛΕΠΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ .....	63
5.3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ .....	64
5.4. ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΚΑΘΙΣΗΣ .....	66
5.5. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΣΤΗΝ ΑΣΥΝΕΧΗ ΚΑΤΑΚΑΘΙΣΗ .....	69
5.6. ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΚΥΝΗΧ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΑΘΙΣΗ .....	71
5.7. ΠΑΧΥΝΤΗΣ .....	73
5.8. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗ ΙΔΑΝΙΚΗΣ ΡΟΗΣ .....	76
<b>6. ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ - ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗ</b> .....	79
6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	79
6.2. ΧΡΗΣΗ ΑΛΑΤΩΝ Al (III) και Fe (III) .....	80
6.3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΡΟΚΙΔΩΤΙΚΟΥ .....	83
6.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΜΙΞΗΣ .....	85
6.5. ΠΕΡΙΚΙΝΗΤΙΚΗ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗ .....	87
6.6. ΟΡΘΟΚΙΝΗΤΙΚΗ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗ .....	88
6.7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ .....	90
6.8. ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗΣ .....	91
<b>7. ΔΙΗΘΗΣΗ</b> .....	96
7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	96
7.2. ΔΙΗΘΗΣΗ ΜΕ ΒΑΘΥ ΣΤΡΩΜΑ .....	96
7.2.1. Λειτουργία .....	96
7.2.2. Ικανότητα διήθησης .....	98
7.2.3. Φίλτρα μικρής κλίμακας .....	100
7.2.4. Δοκιμή του διηθητικού μέσου .....	103
7.3. ΣΥΝΕΧΗ ΔΙΗΘΗΣΗ ΜΕ ΚΕΝΟ .....	107
7.3.1. Γενικά για τη διήθηση με πλακούντα .....	107
7.3.2. Επιλογή φίλτρων κενού .....	110
<b>8. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗΣ</b> .....	113
8.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	113
8.2. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ .....	117
8.2.1. Επιδράσεις στη συγκέντρωση διεπιφάνειας .....	117
8.2.2. Επιδράσεις της συγκέντρωσης στην κύρια μάζα του υγρού .....	118
8.2.3. Επιδράσεις στο συντελεστή μεταφοράς μάζας .....	119

8.2.4. Επιδράσεις στο γινόμενο μεταφοράς μάζας .....	121
8.2.5. Επιδράσεις άλλων υλικών στη μεταφορά οξυγόνου .....	122
8.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ .....	123
<b>9. ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ</b> .....	128
9.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ .....	128
9.2. ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ ΔΙΑΣΚΟΡΠΙΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ .....	130
9.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ .....	133
9.4. ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ ΔΙΑΛΥΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ .....	135
<b>10. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΑΥΟΣ</b> .....	142
10.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ .....	142
10.2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥΣ .....	146
10.3. ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΟΡΤΙΑ .....	150
10.4. ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	155
10.5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ .....	159
<b>11. ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ</b> .....	164
11.1. ΧΡΗΣΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ .....	164
11.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΠΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ .....	166
11.2.1. Εισαγωγή .....	166
11.2.2. Συστήματα στατικού μέσου .....	167
11.2.3. Μικροβιακή λάσπη - Μέσα υποστήριξης .....	170
11.2.4. Παράμετροι και λειτουργία .....	172
11.2.5. Συστήματα κινούμενου μέσου .....	174
11.3. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΙ ΦΩΣΦΟΡΟΥ .....	176
11.4. ΑΝΑΕΡΟΒΙΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ .....	177
11.4.1. Γενικά .....	177
11.4.1. Αναερόβια χώνευση .....	179
11.4.3. Άλλες διεργασίες .....	181
11.5. ΛΙΜΝΕΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ .....	182
<b>12. ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b> .....	183
12.1. ΠΡΟΣΕΡΟΦΗΣΗ .....	183
12.2. ΙΟΝΑΝΤΑΛΛΑΓΗ .....	186
12.3. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ .....	188
12.4. ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ .....	190
12.5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑΣ .....	193
<b>13. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</b> .....	196
13.1. ΚΑΤΑΚΑΘΙΣΗ .....	196
13.1.1. Σχεδιασμός της ζώνης διαύγασης (Χρήση της διαδικασίας του μακρού σωλήνα) .....	196
13.1.2. Σχεδιασμός της πάχυνσης ή πύκνωσης (Χρήση της διαδικασίας του Oltmann) .....	203
13.2. ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ .....	210

13.3.	ΔΙΗΘΗΣΗ .....	212
13.4.	ΑΕΡΙΣΜΟΣ .....	215
13.5.	ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ .....	212
13.5.1.	Κινητική και λειτουργία της επίπλευσης .....	217
13.5.2.	Υδροδυναμική της δεξαμενής επίπλευσης .....	222
13.5.3.	Μονάδα διαλυμένου αέρα .....	226
13.6.	ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ .....	230
13.7.	ΑΕΡΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ .....	240
	<b>ΓΕΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>247</b>
	<b>10. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΚΠΛΟΥΣ</b>	
	10.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
	10.2. ΠΛΑΝΚΤΟΝ ΑΕΡΙΩΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΛΟΥΣ ΤΟΥΣ	
	10.3. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΜΕ ΣΤΑΘΙΑ ΦΩΤΙΑΣ	
	10.4. ΕΠΙΠΛΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΠΛΟΥΣ	
	10.5. ΚΑΛΥΠΤΗΡΙΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΘΕΡΜΙΑΣ	
	<b>11. ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ</b>	
	11.1. ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑ	
	11.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΘΙΣΤΗΣ	
	11.3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
	11.3.1. Συστήματα οξυγόνου	
	11.3.2. Μικροβιακή βιομάζα - Μονοκουλτούρα	
	11.3.3. Ηθρομύκηση και κοκκοποίηση	
	11.3.4. Συστήματα κίνησης βιομάζας	
	11.3.5. Συστήματα κίνησης βιομάζας	
	11.3.6. ΑΝΟΜΟΚΑΛΥΨΗ ΚΕΣΤΟΥ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΙΟΛΟΓΙΑ	
	11.4. ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	
	11.4.1. Γενικά	
	11.4.2. Αερόβια και αναερόβια	
	11.4.3. Άλλες διατάξεις	
	11.5. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ	
	<b>12. ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	
	12.1. ΠΡΟΒΛΗΤΗ	
	12.2. ΙΟΝΑΝΤΑΚΑΤΙΣΗ	
	12.3. ΑΠΟΖΕΜΑΝΣΗ	
	12.4. ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	
	12.5. ΕΠΙΠΛΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΠΛΟΥΣ	
	<b>13. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΠΛΟΥΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΛΟΥΣ</b>	
	13.1. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ	
	13.1.1. Καταρτίσεις των βιομηχανιών και των οικιακών αποβλήτων	
	13.1.2. Καταρτίσεις των βιομηχανιών και των οικιακών αποβλήτων	
	13.1.3. Καταρτίσεις των βιομηχανιών και των οικιακών αποβλήτων	
	13.1.4. Καταρτίσεις των βιομηχανιών και των οικιακών αποβλήτων	
	13.1.5. Καταρτίσεις των βιομηχανιών και των οικιακών αποβλήτων	

---

## ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι η επιστημονική έρευνα και η τεχνολογία έχουν προσφέρει λύσεις σε πολλά προβλήματα που σχετίζονται με τη βελτίωση του επιπέδου ζωής των ανθρώπων. Ο άνθρωπος, στην ιστορική του πορεία και στον παντοτινό του αγώνα για ένα καλύτερο μέλλον, κατόρθωσε να δημιουργεί γνώσεις που αυξάνονται με γεωμετρική πρόοδο. Τελικά για ένα συγκεκριμένο άνθρωπο, είναι σήμερα ακατόρθωτο να παρακολουθεί την εξέλιξη και την αύξηση όλων των γνώσεων. Απλά περιορίζεται σε ορισμένα πεδία γνώσεων, που τον ενδιαφέρουν περισσότερο. Αυτό συνετέλεσε και στη διαμόρφωση ομάδων ανθρώπων με διαφορετικό τρόπο αντιμετώπισης των προβλημάτων, που σχετίζονται με τη βελτίωση του επιπέδου ζωής.

Πολλά από τα προβλήματα αυτά προέρχονται και από τη μεταφορά των γνώσεων της επιστημονικής έρευνας και τεχνολογίας στην πράξη. Ειδικότερα, το μεγαλύτερο ποσοστό των αρνητικών επιπτώσεων από τα προβλήματα αυτά αφορούν το περιβάλλον. Πολλές φορές οι αρνητικές επιπτώσεις είναι τόσο έντονες που δημιουργούν και προβλήματα διατήρησης κάποιου από τα είδη του φυτικού ή ζωϊκού κόσμου. Διότι έχει αποδειχθεί ότι περιβάλλον και ζωή είναι δυο έννοιες απόλυτα συνυφασμένες.

Όταν λοιπόν περιβάλλον και ζωή συνυπάρχουν αρμονικά, επιτρέπουν στον άνθρωπο να ζει ομαλά, τόσο από φυσικής πλευράς –σωματική υγεία– όσο και από ψυχικής. Αντίθετα, η βίαιη εισαγωγή ανεπιθύμητων στοιχείων, που υποβαθμίζουν το περιβάλλον, μετατοπίζει την ισορροπία και καταστρέφει την αρμονία. Οι συνέπειες μιας τέτοιας περίπτωσης είναι κατά κανόνα δυσάρεστες και πολλές φορές δεν μπορούμε να προβλέψουμε το μεγεθός τους. Έτσι π.χ. η ποιότητα ζωής σε πολλά αστικά κέντρα υποβαθμίστηκε σαν αποτέλεσμα απρογραμμάτι-



στης βιομηχανικής ανάπτυξης. Οι διάφοροι βιότοποι καταστράφηκαν σαν αποτέλεσμα της αλόγιστης χρήσης των φυτοφαρμάκων.

Σε αρκετές περιπτώσεις η εισαγωγή ανεπιθύμητων στοιχείων στο περιβάλλον έχει παγκόσμιες επιπτώσεις. Π.χ. ή καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος (από τα διάφορα freon) μπορεί να έχει δυσάρεστες συνέπειες στους ζώντες οργανισμούς όλης της γης. Επίσης, η μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα μπορεί να προκαλέσει αύξηση της μέσης θερμοκρασίας. Η αύξηση αυτή θα έχει σαν αποτέλεσμα την τήξη των πάγων με όλα τα επακόλουθά της.

Υπάρχουν αναρίθμητα παραδείγματα με τα οποία γίνονται φανερές οι δυσμενείς επιπτώσεις της ρύπανσης του περιβάλλοντος στον κόσμο των φυτών και των ζώων.

Η αντίληψη για το μέγεθος της ρύπανσης του περιβάλλοντος προκάλεσε, και συνεχώς προκαλεί, διάφορες κινητοποιήσεις που αρκετές φορές καταλήγουν στη λήψη μέτρων αντιρρύπανσης. Ο ισχυρισμός, σύμφωνα με τον οποίο η καταστροφή του περιβάλλοντος είναι αναπόφευκτο τμήμα της βιομηχανικής ανάπτυξης, είναι αστήρικτο. Η ανθρώπινη επινοητικότητα έχει την ικανότητα να ξεπερνά τα αρνητικά αποτελέσματα, που συχνά συνοδεύουν την πρόοδο. Υπάρχουν και στην περίπτωση αυτή πολλά παραδείγματα που επιβεβαιώνουν την παραπάνω άποψη.

Η επιστημονική έρευνα και η τεχνολογία άρχισαν να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους και στην προστασία του περιβάλλοντος. Ένας νέος κανόνας άρχισε να επιβάλλεται στην πορεία των ανθρώπων προς την πρόοδο. Η βιομηχανική ανάπτυξη και η προστασία του περιβάλλοντος πρέπει να υπηρετούν τις ανάγκες της ανθρώπινης κοινωνίας συνολικά. Οι δυο αυτές τάσεις δεν πρέπει να νοούνται σαν αλληλοσυγκρουόμενες, αλλά μόνο σαν αλληλοσυμπληρούμενες έννοιες.

## 1.2 ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Σαν ρύπανση του περιβάλλοντος νοείται η άμεση ή έμμεση εκπομπή σ' αυτό ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια τέτοια που να προκαλεί βλάβες στην υγεία, υλικές ζημιές, δυσμενείς επιπτώσεις στους ζωντανούς οργανισμούς ή στα οικοσυστήματα, ή να καταστήσει το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις τους.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος οφείλεται τόσο σε φυσικές διεργα-



σίες (έδαφος, ηφαίστεια, πυρκαγιές, βιολογικές δραστηριότητες, κ.ά.), όσο και σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανία, θέρμανση, αυτοκίνητα, παραγωγή ενέργειας κ.ά.).

Σε ό,τι αφορά τη ρύπανση που προέρχεται από φυσικές πηγές, έχει αποκατασταθεί δια μέσου των αιώνων μια ισορροπία ανάμεσα στους μηχανισμούς ρύπανσης και στους μηχανισμούς αντιρρύπανσης. Η ανάπτυξη και η εξέλιξη των ζώντων οργανισμών έγινε κάτω από τέτοιες διαμορφωμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Φυσικά υπήρχαν και περιόδοι έντονης αναπροσαρμογής των περιβαλλοντικών συνθηκών. Στις περιπτώσεις αυτές, όσοι από τους οργανισμούς φυτικούς ή ζωικούς δεν μπόρεσαν να προσαρμοσθούν, έχουν εξαφανισθεί από την επιφάνεια της γης.

Έτσι τα νέα στοιχεία που βίαια εισάγονται στα διάφορα οικοσυστήματα θεωρούμε ότι αναφέρονται στη ρύπανση του περιβάλλοντος από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες αυτές, όπως είναι γνωστό, αυξάνονται και σε πολλές περιπτώσεις έχουν προκαλέσει σημαντικές αλλοιώσεις στο περιβάλλον. Σ' αυτό συντελεί και το γεγονός ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι άνισα κατανομημένες και κατά κανόνα συγκεντρώνονται σε μικρές επιφάνειες, σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια της γης.

Το παράξενο είναι ότι, ενώ οι ανθρώπινες δραστηριότητες στοχεύουν σε μια καλύτερη ποιότητα ζωής, πολλές φορές το συνολικό αποτέλεσμα τους είναι αντίθετο. Αυτό γίνεται φανερό αν αναλογισθούμε ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος είναι πιο έντονη στις αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες, σε σχέση με τις υπό ανάπτυξη χώρες. Έτσι, θα μπορούσε κανείς να υποθέσει ότι η βιομηχανική ανάπτυξη είναι ταυτόσημη με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος που όμως δεν είναι σωστό. Και δεν είναι σωστό για πολλούς λόγους, π.χ. τα αγαθά που απολαμβάνουν οι άνθρωποι στις βιομηχανικές χώρες είναι πολύ περισσότερα από τις υπό ανάπτυξη. Παράλληλα η ρύπανσή του περιβάλλοντος είναι αμελητέα όταν γίνεται σωστή εκμετάλλευση των γνώσεων και λαμβάνεται υπόψη η ποιότητα ζωής στο σχεδιασμό της βιομηχανικής ανάπτυξης. Δηλαδή, αυτό που αναφέραμε προηγούμενα, ότι η βιομηχανική ανάπτυξη μπορεί να συνυπάρξει με την ποιότητα ζωής, είναι βάσιμο.

**Πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος.** Οι πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες είναι πάρα πολλές. Παρακάτω αναφέρονται συνολικά οι κυριότερες κατηγορίες των ανθρωπογενών πηγών χημικής ρύπανσης.

1. **Βιομηχανίες.** Συμμετέχουν σε μεγάλο ποσοστό στη ρύπανση του

περιβάλλοντος. Τα βιομηχανικά απόβλητα (αέρια, στερεά και υγρά) έχουν σε πολλές περιπτώσεις δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στην υγιεινή διαβίωση των ανθρώπων και έχουν προκαλέσει καταστροφές σε μικρά ή μεγάλα οικοσυστήματα.

2. **Αστικές δραστηριότητες.** Τα αστικά λύματα και τα στερεά απορρίματα δημιουργούν σοβαρά προβλήματα ρύπανσης, που αυξάνονται όσο μεγαλύτερο είναι το αστικό κέντρο. Μαζί με τα λύματα, διοχετεύονται στο περιβάλλον και μη αποικοδομήσιμα προϊόντα, όπως π.χ. απορρυπαντικά, ορυκτέλαια, φάρμακα κ.ά.

3. **Συγκοινωνία-κεντρική θέρμανση.** Οι πηγές αυτές προκαλούν κυρίως ρύπανση της ατμόσφαιρας και επειδή είναι συγκεντρωμένες σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, προσβάλλουν άμεσα την υγεία των κατοίκων.

4. **Γεωργικές δραστηριότητες.** Λιπάσματα, βελτιωτικά εδάφους, παρασιτοκτόνα, εντομοκτόνα, κ.ά. προκαλούν έντονα προβλήματα ρύπανσης στους υδάτινους αποδέκτες.

5. **Τυχαία περιστατικά.** Είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος από τυχαία περιστατικά, όπως π.χ. έκρηξη σε δεξαμενόπλοιο που μεταφέρει πετρέλαιο, ατύχημα σε βιομηχανία π.χ. Σεβέζο, Μομπάλ, κ.ά..

### 1.3 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Με τον όρο προστασία του περιβάλλοντος εννοούμε το σύνολο των μέτρων και των δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στην πρόληψη και καταστολή της ρύπανσης, έτσι ώστε να βελτιώνεται η ποιότητα ζωής και να διατηρείται η ισορροπία στα μικρά και μεγάλα οικοσυστήματα.

Από τον ορισμό αυτό προκύπτει ότι η προστασία του περιβάλλοντος είναι υπόθεση όλων των ανθρώπων, είτε στο πλαίσιο της συλλογικής είτε στο πλαίσιο της ατομικής τους δράσης. Παράλληλα η συμμετοχή του Κράτους, με το συντονισμό των μέτρων και δραστηριοτήτων (κρατικά όργανα - οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης, κοινωνικές, επαγγελματικές και επιστημονικές οργανώσεις) πρέπει να είναι αποφασιστική.

Η προστασία του περιβάλλοντος περιλαμβάνει πολλούς επιστημονικούς κλάδους, που ο καθένας αντιμετωπίζει και επιλύει διαφορετικά προβλήματα, όπως π.χ.

- διατήρηση της καθαρότητας του νερού, του αέρα και του εδάφους
- καθαρισμός βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων
- απομάκρυνση και αξιοποίηση απορριμάτων
- διατήρηση του τοπίου και προστασία της φύσης

- προστασία από το θόρυβο
- προστασία από τις ακτινοβολίες
- προστασία από τις μολύνσεις, κ.ά.

Φυσικά οι ελλείψεις, σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος, είναι ακόμα μεγάλες. Δυστυχώς για τους πιο πολλούς, το περιβάλλον είναι μια έννοια ασαφής και η έκκληση που γίνεται για τη διατήρηση των οικολογικών ισορροπιών πολλές φορές δε βρίσκει κατανόηση.

Πάντως από τη στιγμή που έγινε αντιληπτός ο κίνδυνος από τη ρύπανση του περιβάλλοντος, ο άνθρωπος άρχισε να παίρνει και τα πρώτα μέτρα για την προστασία του. Έτσι αναπτύχθηκαν και διάφοροι εξειδικευμένοι επιστημονικοί κλάδοι με αντικείμενο τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την ανάπτυξη μεθόδων αντιρρύπανσης. Ένας από τους κυριότερους κλάδους είναι και η **τεχνολογία αντιρρύπανσης**. Είναι ο κλάδος που εξετάζει, μελετάει και αναπτύσσει μεθόδους και τεχνικές για την προστασία του περιβάλλοντος από τη χημική ρύπανση. Άλλωστε, η χημική ρύπανση είναι και ο μεγαλύτερος κίνδυνος για την καταστροφή του περιβάλλοντος.

Παράλληλα με τις μεθόδους αντιρρύπανσης, οι κυβερνήσεις των κρατών νομοθέτησαν θεσμικά πλαίσια προστασίας του περιβάλλοντος και τα κατοχύρωσαν συνταγματικά, π.χ. στο Ελληνικό Σύνταγμα του 1975 (άρθρο 24) αναφέρεται ότι: «η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του κράτους».

## 1.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, υπάρχουν πάρα πολλές πηγές χημικής ρύπανσης του περιβάλλοντος. Αυτό συνετέλεσε στο να αναπτυχθούν και πολλές μέθοδοι και τεχνικές που σήμερα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και τον περιορισμό της ρύπανσης.

Η περιγραφή όλων των μεθόδων στην έκδοση αυτού του βιβλίου είναι αδύνατη. Η δυσκολία επαυξάνεται και από το γεγονός ότι κάθε μέθοδος εφαρμόζεται με πολλές, μικρές ή μεγάλες, τροποποιήσεις σε διαφορετικές πηγές εκπομπής ρύπων. Έτσι, κρίθηκε σκόπιμο να εξετασθούν οι γενικές αρχές των μεθόδων αντιρρύπανσης και παράλληλα να αναφερθούν ορισμένα ειδικά παραδείγματα που θα βοηθήσουν στην αφομοίωση και την εμπέδωση της διδασκόμενης ύλης.

Για την αντιμετώπιση ενός συγκεκριμένου περιβαλλοντικού προβλήματος ρύπανσης πρέπει να επιλεγεί και η κατάλληλη μέθοδος αντιρρύπανσης. Η επιλογή της καθορίζεται από πολλούς παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους αναφέρονται παρακάτω:

1. Φυσική κατάσταση του ρύπου, π.χ. αέρια, ατμοί, σκόνες, κ.ά.
2. Τοξικότητα του ρύπου.
3. Θέση στην οποία βρίσκεται η πηγή των ρύπων, π.χ. η γειννίαση με κατοικημένη περιοχή προϋποθέτει πάντοτε εφαρμογή των πιο αποτελεσματικών μεθόδων αντιρρύπανσης.
4. Όγκος των εκπεμπομένων αποβλήτων.
5. Συγκέντρωση των ρύπων στα απόβλητα.
6. Υπάρχουσα νομοθεσία σχετικά με τα επιτρεπτά όρια εκπομπών και
7. Κόστος κατασκευής και λειτουργίας των εγκαταστάσεων καθαρισμού των αποβλήτων.

---

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αριθμός των αερίων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα είναι μεγάλος. Έτσι στην ατμόσφαιρα έχουν ανιχνευθεί διάφορες ενώσεις που ο αριθμός τους ξεπερνάει τα τρία εκατομμύρια. Βέβαια, πολλές από τις ενώσεις αυτές είναι προϊόντα διαφόρων αντιδράσεων, που γίνονται στην ατμόσφαιρα. Επίσης, πολλές ενώσεις εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από διάφορες φυσικές πηγές.

Ο αριθμός των τοξικών αερίων που εκπέμπονται από ανθρωπογενείς πηγές δεν είναι εξίσου μεγάλος. Όμως, άλλοτε η μεγάλη τοξικότητα των αερίων και άλλοτε οι μεγάλες ποσότητες που εκπέμπονται δημιουργούν προβλήματα ρύπανσης του περιβάλλοντος. Τα προβλήματα αυτά είναι ορισμένες φορές έντονα. Έτσι υπάρχουν πολλά παραδείγματα εκπομπής τοξικών αερίων στην ατμόσφαιρα με καταστροφικά αποτελέσματα. Προβλήματα δημιουργούνται και από την εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων αερίων λιγότερο τοξικών. Τα αέρια αυτά, σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες, δημιουργούν επικίνδυνες συνθήκες τόσο για τους ζώντες οργανισμούς, όσο και για τα υλικά αγαθά. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα νέφη των μεγαλουπόλεων.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων αναπτύχθηκαν μέθοδοι και τεχνικές για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Έτσι σήμερα υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μεθόδου για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων προβλημάτων ρύπανσης.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, πέρα από τους γενικούς παράγοντες του Κεφ. 1.4, καθορίζεται και από τα παρακάτω:

- α. Φυσικές και χημικές ιδιότητες των αερίων ρύπων.
- β. Όγκος των αερολυμάτων. Με τον όρο αερολύματα εννοούμε πάντοτε το μίγμα των αερίων που εκπέμπονται από τις ανθρωπογενείς

πηγές. Το μίγμα είναι δυνατό να περιέχει εκτός από αέρια και ατμούς ή σωματίδια.

- γ. Συγκέντρωση των τοξικών αερίων στα αερολύματα, και
- δ. Παρουσία (στα αερολύματα) και άλλων τοξικών αερίων ή σωματιδίων, που πρέπει να κατακρατηθούν.

Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για τον έλεγχο της εκπομπής αερίων ρύπων μπορεί να χωρισθούν στις παρακάτω κατηγορίες: **Συμπύκνωση, Απορρόφηση, Προσρόφηση, Καύση - Θερμική οξειδωση, και Χημική κατεργασία.**

## 2.2 ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

Η συμπύκνωση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την κατακράτηση ατμών. Η μέθοδος είναι κατάλληλη στις παρακάτω τρεις περιπτώσεις.

- α) Κατακράτηση από τα αερολύματα ενώσεων με σημείο ζέσεως σχετικά υψηλότερο από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος,
- β) Κατακράτηση ενώσεων που βρίσκονται στα αερολύματα σε μεγάλες συγκεντρώσεις και ακόμη περισσότερο, όταν αποτελούν το κύριο συστατικό των αερολυμάτων, και
- γ) Τα αέρια που κατακρατούνται επαναχρησιμοποιούνται (ανακύκλωση).

Τοξικές ενώσεις, με σχετικά χαμηλή τάση ατμών στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, μπορούν να συγκρατηθούν με συμπύκνωση υπό ψύξη με νερό ή αέρα. Για περισσότερο πτητικές ενώσεις η συμπύκνωση γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο η ψύξη γίνεται με νερό. Στο δεύτερο η ψύξη γίνεται με κατάλληλο ψυκτικό σύστημα, έτσι ώστε να πετυχαίνονται χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Η συμπύκνωση δεν είναι κατάλληλη για πτητικές ενώσεις, ή για ενώσεις που είναι ιδιαίτερα τοξικές. Στις περιπτώσεις αυτές, η συμπύκνωση μπορεί μόνο να χρησιμοποιηθεί σαν προκαταρτική κατεργασία των αερολυμάτων. Δηλαδή, με τη συμπύκνωση απομακρύνουμε τις μεγάλες ποσότητες των αερίων ή ατμών, που θέλουμε, και στη συνέχεια κατεργαζόμαστε τα αερολύματα με μια άλλη μέθοδο, κατάλληλη για μικρότερες συγκεντρώσεις. Η συμπύκνωση σαν προκαταρτική κατεργασία βρίσκει πολλές εφαρμογές, ιδιαίτερα όταν το δεύτερο στάδιο καθαρισμού είναι η προσρόφηση. Κι αυτό επειδή με τη συμπύκνωση ψύχονται τα αερολύματα και έτσι διευκολύνεται η προσρόφηση των τοξικών ενώσεων (Κεφ. 2.4).