

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ & ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ  
«ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ»  
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ:  
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ**  
**ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΧΩΡΟΥΣ**  
**ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ**

**ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ**



**Επιβλέπουσα**  
**Μ. ΜΑΝΔΑΡΑΚΑ**  
**Επικ. Καθηγήτρια ΕΜΠ**

ΑΘΗΝΑ 2003

<b>Περιεχόμενα</b>	Σελίδα
Περιεχόμενα Σχημάτων	4
Περιεχόμενα Πινάκων	4 – 6
Περιεχόμενα Εικόνων	6
Περιεχόμενα Διαγραμμάτων	6 – 7
Συντομογραφίες	7
Περίληψη - Ευχαριστίες	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΧΩΜΑΤΕΡΩΝ</b>	9 – 18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ</b>	19-25
2.1. Εισαγωγή	19-20
2.2. Κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία	20-21
2.3. Ρύπανση του εδάφους	21-22
2.4. Ρύπανση του αέρα	22
2.5. Ρύπανση των υδάτων	22-23
2.6. Κίνδυνοι ατυχημάτων	23-24
2.7. Αντιαισθητική θέα – Οπτική ρύπανση	24
2.8. Λοιπές επιπτώσεις	24-25
2.9. Συμπέρασμα	25
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΧΩΡΑ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ</b>	26-35
3.1. Παραγωγή βιοαερίου	26-28
3.2. Επιπτώσεις από την παραγωγή βιοαερίου	29-31
3.3. Παραγωγή στραγγισμάτων	32-34
3.4. Επιπτώσεις από την παραγωγή στραγγισμάτων	34-35

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΥΣΚΟΛΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ</b>	<b>36-39</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>40-57</b>
5.1. Γενικά	40-45
5.2. Μέθοδοι εκτίμησης επικινδυνότητας	45-47
5.3. Τομείς εφαρμογής της εκτίμησης επικινδυνότητας	47-50
5.4. Η εκτίμηση επικινδυνότητας ως εργαλείο για τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων	50-52
5.5. Η διάρθρωση του μηχανισμού της εκτίμησης επικινδυνότητας στις χωματερές	52-55
5.5.1. Στόχοι εκτίμησης επικινδυνότητας	54
5.5.2. Αντιμετώπιση αβεβαιοτήτων	54-55
5.6. Αξιολόγηση εναλλακτικών σχεδίων	55
5.7. Αξιολόγηση λειτουργικών θεμάτων	55-56
5.8. Καθορισμός κριτηρίων αποδοχής απορριμμάτων στους Χ.Υ.Τ.Α.	56-57
5.9. Συμπέρασμα	57
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ</b>	<b>58-61</b>
6.1. Αναγκαιότητα για προστασία των υπογείων υδάτων – Κοινοτικές Οδηγίες	58-59
6.2. Προσδιορισμός ρίσκου ρύπανσης υπογείων υδάτων	59-61
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (Χ.Α.Δ.Α.)</b>	<b>62-102</b>
7.1. Εννοιολογικό μοντέλο	62-69
7.2. Αξιολόγηση Πηγής (Source)	70-72
7.3. Αξιολόγηση Διόδου (Path)	73-88
7.4. Αξιολόγηση Τελικών Αποδεκτών (Targets)	89-94

7.5. Αναλύσεις ευαισθησίας	95-102
----------------------------	--------

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ  
ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΧΩΜΑΤΕΡΩΝ ΔΗΜΩΝ  
ΜΕΝΗΙΔΑΣ – ΝΟΜΟΥ ΠΕΛΛΑΣ &  
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΠΑΠΠΑ - ΝΟΜΟΥ ΣΕΡΡΩΝ** 103-114

8.1. Εισαγωγή	103
8.2. Περιγραφή χαρακτηριστικών ανεξέλεγκτης κωματερής στο Δήμο Μενηίδας του Νομού Πέλλας	103-107
8.3. Περιγραφή χαρακτηριστικών ανεξέλεγκτης κωματερής στο Δήμο Εμμανουήλ Παππά του Νομού Σερρών	108-113
8.4. Συμπεράσματα	113-114

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ** 115-117

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ** 118-121

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι:** Παρουσίαση μοντέλου στο Excel

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ:** Ερωτηματολόγια συλλογής πληροφοριών για τις  
εξεταζόμενες ανεξέλεγκτες κωματερές

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ:** Χάρτης ανεξέλεγκτων κωματερών Κεντρικής  
Μακεδονίας

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV:** Γεωλογικός χάρτης Δήμων Εμμανουήλ Παππά &  
Στρυμών Νομού Σερρών

## **Περιεχόμενα Σχημάτων**

Σελίδα

Σχήμα 2.1: Επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων και παράγοντες που επηρεάζουν το είδος και τη σοβαρότητά τους.	20
Σχήμα 3.1: Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου από διάφορες κατηγορίες υλικών	27
Σχήμα 5.1: Μοντέλο «Πηγή – Δίοδος – Αποδέκτης»	53 & 63
Σχήμα 7.1: Ο χωρισμός τους ελλαδικού χώρου σε 19 ζώνες	80
Σχήμα 7.2: Ο χωρισμός του ελλαδικού χώρου με βάση την παράμετρο <b>b</b>	81
Σχήμα 7.3: Σεισμικότητα των διαφόρων σεισμικών ζωνών των επιφανειακών σεισμών του ελληνικού χώρου	84
Σχήμα 7.4: Ισχύων Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος	85
Σχήμα 7.5: Νέος Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος που θα τεθεί σε ισχύ στις αρχές του 2004	86

## **Περιεχόμενα Πινάκων**

Σελίδα

Πίνακας 3.1: Κύρια οργανικά και ανόργανα συστατικά βιοαερίου	26
Πίνακας 3.2: Ημίσεια ζωή αποδόμησης για διάφορα υλικά	28
Πίνακας 3.3: Σύνθεση στραγγισμάτων	33
Πίνακας 3.4: Σύνθεση στραγγισμάτων, ανάλογα με την ηλικία του ΧΥΤΑ	34
Πίνακας 4.1: Συσχέτιση αναγκαίων πληροφοριών - μέσων άντλησης πληροφορίας σε χώρο ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων	38
Πίνακας 5.3: <b>Matrix</b> επικινδυνότητας που σχετίζεται με τον όγκο των απορριμμάτων και τα στραγγίσματα της κωματερής	56
Πίνακας 7.1.: Κριτήρια αξιολόγησης Πηγής, Διόδου και Αποδέκτη	66
Πίνακας 7.2: Παράμετροι αξιολόγησης - Πηγές πληροφοριών - Αβεβαιότητες	67

Πίνακας 7.3: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση την ετήσια βροχόπτωση	71
Πίνακας 7.4: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση την έκταση της κωματερής	71
Πίνακας 7.5: Αδιαπέρατοι και διαπερατοί γεωλογικοί σχηματισμοί	75
Πίνακας 7.6: Πηλικά πάχους εδάφους και υδραυλικής αγωγιμότητας	77
Πίνακας 7.7: Τελική βαθμολογία πηλίκων $H/k$	77
Πίνακας 7.8: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τον τύπο του εδάφους	79
Πίνακας 7.9: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τη σεισμική ζώνη της περιοχής	87
Πίνακας 7.10: Βαθμολογία σεισμικής επικινδυνότητας με βάση τον τύπο του εδάφους και τη σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει ο χώρος	87
Πίνακας 7.11: Τελική βαθμολογία σεισμικής επικινδυνότητας	88
Πίνακας 7.12: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τη χρήση των υπογείων υδάτων	90
Πίνακας 7.13: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση την απόσταση του υπόγειου υδροφορέα από τελικούς φυσικούς αποδέκτες	91
Πίνακας 7.14: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τον αριθμό των κατοίκων που καλύπτουν τις ανάγκες τους σε πόσιμο νερό από τις πηγές της περιοχής	92
Πίνακας 7.15: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τη γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα της περιοχής	93
Πίνακας 7.16: Εύρος βαθμολογιών Πηγής, Διόδου, Αποδέκτη και συνολικού Ρίσκου	94
Πίνακας 7.17: Ανάλυση ευαισθησίας τελικού ρίσκου $R$ στις μεταβολές των παραμέτρων $P$ ή $A$	95
Πίνακας 7.18: Ανάλυση ευαισθησίας τελικού ρίσκου $R$ στις μεταβολές των παραμέτρων $H/k$ ή $Seism$	97

Πίνακας 7.19: Ανάλυση ευαισθησίας τελικού ρίσκου <b>R</b> στις μεταβολές της παραμέτρου <b>U</b>	99
Πίνακας 7.20: Ανάλυση ευαισθησίας τελικού ρίσκου <b>R</b> στις μεταβολές των παραμέτρων <b>S<sub>επιφ.αποδ.</sub></b> ή <b>People</b> ή <b>Agr</b>	101

<b>Περιεχόμενα Εικόνων</b>	Σελίδα
----------------------------	--------

Εικόνα 5.1: Στάδια εκτίμησης επικινδυνότητας	43
Εικόνα 5.2: Τομείς εφαρμογής της εκτίμησης επικινδυνότητας	48
Εικόνα 8.1: Απεικόνιση της λεκάνης ταφής της ανεξέλεγκτης χωματερής στο Δήμο Μενηίδας του Νομού Πέλλας	104
Εικόνα 8.2: Απεικόνιση της οδού πρόσβασης στη χωματερή	105
Εικόνα 8.3: Απεικόνιση της ανεξέλεγκτης χωματερής στο Δήμο Εμμανουήλ Παππά του Νομού Σερρών από οδό πρόσβασης χώρου (30 μέτρα από την Εθνική οδό Σερρών-Δράμας)	108
Εικόνα 8.4: Απεικόνιση χωματερής από τη λεκάνη ταφής προς βορρά	109
Εικόνα 8.5: Απεικόνιση χωματερής από τη λεκάνη ταφής προς το νότο (Εθνική Οδό)	109
Εικόνα 8.6: Απεικόνιση χωματερής προς τα ανατολικά	110
Εικόνα 8.7: Απεικόνιση στάσιμων υδάτων εντός της χωματερής	110
Εικόνα 8.8: Απεικόνιση εδάφους χωματερής εντός ρέματος «Ντράμνιτσα», από αμμώδεις κροκάλες	111

<b>Περιεχόμενα Διαγραμμάτων</b>	
---------------------------------	--

Διάγραμμα 7.1: Σχέση τελικού ρίσκου με τη βαθμολογία των παραμέτρων <b>P</b> ή <b>A</b>	96
Διάγραμμα 7.2: Μεταβολή (διαφορά) των τιμών του τελικού ρίσκου <b>R</b> με τη μοναδιαία αύξηση της βαθμολογίας των παραμέτρων <b>P</b> ή <b>A</b>	96
Διάγραμμα 7.3: Σχέση τελικού ρίσκου με τη βαθμολογία των παραμέτρων <b>H/k</b> ή <b>Seism</b>	97

Διάγραμμα 7.4: Μεταβολή (διαφορά) των τιμών του τελικού ρίσκου <b>R</b> με τη μοναδιαία αύξηση της βαθμολογίας των παραμέτρων <b>H/k</b> ή <b>Seism</b>	<b>98</b>
Διάγραμμα 7.5: Σχέση τελικού ρίσκου με τη βαθμολογία της παραμέτρου <b>U</b>	<b>99</b>
Διάγραμμα 7.6: Μεταβολή (διαφορά) των τιμών του τελικού ρίσκου <b>R</b> με τη μοναδιαία αύξηση της βαθμολογίας της παραμέτρου <b>U</b>	<b>100</b>
Διάγραμμα 7.7: Σχέση τελικού ρίσκου με τη βαθμολογία των παραμέτρων <b>S<sub>επιφ.αποδ.</sub></b> ή <b>People</b> ή <b>Agr</b>	<b>101</b>
Διάγραμμα 7.8: Μεταβολή (διαφορά) των τιμών του τελικού ρίσκου <b>R</b> με τη μοναδιαία αύξηση της βαθμολογίας των παραμέτρων <b>S<sub>επιφ.αποδ.</sub></b> ή <b>People</b> ή <b>Agr</b>	<b>102</b>

### **Συντομογραφίες**

**EPA: Environmental Protection Agency**

X.Y.T.A.: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

E.E.: Ευρωπαϊκή Ένωση

O.T.A.: Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης

**OSHA: Occupational Safety and Health Administration**

A: Έκταση περιοχής

P: Βροχοπτώσεις

**R:** Επιφανειακή απορροή

I: Κατείδυση

E: Εξατμισιοδιαπνοή

H: Βάθος υδροφόρου ορίζοντα – Πάχος εδάφους

**k:** Υδραυλική αγωγιμότητα

**Seism:** Σεισμικότητα περιοχής

U: Χρήση νερού

**S<sub>επιφ.αποδ.</sub>:** Απόσταση από επιφανειακούς αποδέκτες και υδροληπτικά έργα

**People:** Πληθυσμός που χρησιμοποιεί το νερό της περιοχής για πόση

**Agr:** Γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα σε ακτίνα **3 km**



## Περίληψη - Ευχαριστίες

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας αξιολόγησης και εκτίμησης του κινδύνου ρύπανσης των υπογείων υδάτων από διαρροές στραγγισμάτων σε χώρους ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων.

Τα πρώτα έξι κεφάλαια της εργασίας είναι θεωρητικά και αναφέρονται στο πρόβλημα των ανεξέλεγκτων χωματερών και στις επιπτώσεις που απορρέουν από αυτό. Επίσης, γίνεται αναφορά στις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις ανεξέλεγκτες χωματερές και στη δυσκολία αποκατάστασής τους. Παράλληλα, αναπτύσσεται η μέθοδος της εκτίμησης επικινδυνότητας ως εργαλείο για τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων και γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην αναγκαιότητα προστασίας των υπογείων υδάτων.

Στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων από διαρροές στραγγισμάτων σε χώρους ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων. Λόγω του μεγάλου αριθμού των ανεξέλεγκτων χωματερών που υπάρχουν στη χώρα μας (περίπου **2.160**) και της άμεσης ανάγκης τερματισμού της λειτουργίας τους, η μεθοδολογία που αναπτύσσεται και η οποία είναι ημιποσοτική, λειτουργεί με όσο το δυνατόν λιγότερες πληροφορίες, οι οποίες είναι σχετικά εύκολο να ανακτηθούν χωρίς να απαιτούν πολύ χρόνο και μεγάλες οικονομικές δαπάνες. Παράλληλα, η μεθοδολογία έχει ως στόχο να παρέχει μια καλή προσέγγιση της τάξης μεγέθους των κινδύνων και να αποτελεί ένα γρήγορο και εύχρηστο εργαλείο συγκριτικής αξιολόγησής τους. Έτσι, γίνεται εύκολος ο εντοπισμός των περισσότερο επικίνδυνων χώρων, οι οποίοι χρήζουν άμεσου τερματισμού της λειτουργίας τους.

Το 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο αποτελεί εφαρμογή της μεθολογίας για τη συγκριτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας δύο ανεξέλεγκτων χωματερών της Κεντρικής Μακεδονίας.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κα Μ.Μανδαράκα, Επίκ. Καθηγήτρια ΕΜΠ, για την ανάθεση και επίβλεψη του εξαιρετικά ενδιαφέροντος θέματος, καθώς και τον κ. Α. Μαυρόπουλο, Υπευθ. Τομέα Διαχείρισης Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων της εταιρείας ΕΠΕΜ Α.Ε., για τις υποδείξεις και την ουσιαστική βοήθειά του.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:**

### **ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΧΩΜΑΤΕΡΩΝ**

Είναι διαπιστωμένο ότι τα στερεά απόβλητα αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης με συνεχώς αυξανόμενες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον δημιουργώντας παράλληλα και μία αδικαιολόγητη σπατάλη πόρων.

Η παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα το 2000 υπολογίστηκε περίπου σε 4.000.000 τόνους, ενώ η ετήσια αύξησή της για τα προσεχή χρόνια κυμαίνεται στο 0,7 %. Αυτό σε συνδυασμό με την αυξητική τάση του πληθυσμού κατά 0,4 % περίπου ετησίως, συνεπάγεται αύξηση της ημερήσιας παραγωγής απορριμμάτων ανά κάτοικο. Πιο συγκεκριμένα, κατά το 2010 η ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων ανά κάτοικο αναμένεται να φτάσει τα 1,13 κιλά, έναντι των 0,97 κιλών ανά κάτοικο και ημέρα το έτος 1997.

Με τον όρο “ανεξέλεγκτες χωματερές” εννοούνται οι χώροι διάθεσης απορριμμάτων, οι οποίοι δεν πληρούν τους κανόνες προστασίας του περιβάλλοντος προς αποφυγήν διαφυγής αερίων ρύπων ή μόλυνσης των υδροφορέων.

Μέχρι πρόσφατα η ανεξέλεγκτη ή ημιελεγχόμενη απόθεση των απορριμμάτων σε χωματερές αποτελούσε την πιο διαδεδομένη μέθοδο τελικής διάθεσής τους σε ολόκληρο τον κόσμο. Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν κλείσει χιλιάδες χωματερές, σε πολλά μέρη του κόσμου χρησιμοποιούνται ακόμα.

Στην Ιαπωνία μέχρι το 2000 έκλεισαν 2.300 χώροι διάθεσης οικιακών απορριμμάτων και 2.500 χώροι διάθεσης βιομηχανικών αποβλήτων [20]. Στις Η.Π.Α. σύμφωνα με καταγραφή του 1991 υπήρχαν 5.812 χώροι διάθεσης αστικών απορριμμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων που λειτουργούσαν σύμφωνα με τους κανονισμούς της EPA [35], ενώ στην Ολλανδία λειτουργούσαν 4.000 περίπου χώροι διάθεσης απορριμμάτων [50]. Τέλος, καταγραφή του 1990 έδειξε ότι στη Σουηδία υπήρχαν 283 ενεργοί χώροι οικιακών απορριμμάτων και χιλιάδες άλλοι εγκαταλελειμμένοι [17].

Στη χώρα μας το πρόβλημα των ανεξέλεγκτων χώρων είναι τεράστιο, αφού μέχρι το 2000 λειτουργούσαν περισσότεροι από 5.000 χώροι διάθεσης, το 70% των οποίων αποτελούσαν χώρους ανεξέλεγκτης

απόρριψης. Από τους χώρους αυτούς, το **39%** δεν είχε άδεια λειτουργίας, το **36%** δεν διέθετε τα απαραίτητα έργα υποδομής, το **53%** βρισκόταν σε περατά εδάφη και το **19%** σε ημιπερατά. Επιπλέον, το **43%** αυτών προκαλούσε προβλήματα δυσοσμίας, το **57%** ρύπανση των υπογείων νερών, το **32%** παρουσίαζε προβλήματα ανάφλεξης και τέλος το **4%** είχε επιφέρει ποιοτική υποβάθμιση στην περιοχή [18].

Τρομακτικές είναι οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία από τις ανεξέλεγκτες χωματερές, οι οποίες στο τέλος του **2001** υπολογίστηκαν στις **2.182** σε ολόκληρη τη χώρα. Στην Ελλάδα σήμερα έχουν καταγραφεί περίπου **2.160** παράνομες χωματερές. Ο αριθμός τους έχει μειωθεί σε σύγκριση με το παρελθόν, αλλά εξακολουθεί να δημιουργεί πολύ μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Στο λεκανοπέδιο της Αττικής, όπου συγκεντρώνεται πληθυσμιακά η μισή Ελλάδα, λειτουργούν περίπου **25** παράνομοι χώροι διάθεσης απορριμμάτων, στους οποίους καταλήγουν **250.000** με **300.000** τόνοι σκουπιδιών το χρόνο. Επίσης, έχουν εντοπιστεί άλλα **60** σημεία που χρησιμοποιούνται ουσιαστικά ως σκουπιδότοποι. Οι χωματερές αυτές, οι οποίες βρίσκονται κυρίως στη δυτική, βόρεια και ανατολική Αττική, με μεγαλύτερη πυκνότητα εμφάνισης στις περιοχές των Μεσογείων και της Λαυρεωτικής, αποτελούν σοβαρό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Ακόμα και μεγάλοι δήμοι, όπως το Λαύριο, το Κορωπί, η Παιανία, το Μαρκόπουλο, η Κερατέα, ο Αυλώνας, το Γραμματικό, το Καπανδριτί και ο Ωρωπός, καλύπτουν τις ανάγκες εναπόθεσης των απορριμμάτων τους σε παράνομους χώρους.

Οι κυριότερες χωματερές της Αττικής είναι οι εξής:

**ΩΡΩΠΟΣ:** Λειτουργεί από το **1983** σε δασική έκταση, με άδεια του νομάρχη. Καταλαμβάνει έκταση **18** στρεμμάτων.

**ΑΥΛΩΝΑΣ:** Λειτουργεί πάνω από **30** χρόνια σε παλίο λατομείο. Εκτός από τους δημότες, εξυπηρετεί δύο στρατόπεδα και τις φυλακές της περιοχής. Βρίσκεται σε απόσταση **300** μέτρων από την Εθνική Οδό. Τα σκουπίδια δεν θάβονται, αλλά καίγονται.

**ΠΟΛΥΔΕΝΔΡΙ:** Βρίσκεται στη θέση-ρέμα Παλιό Βάθη, δύο χιλιόμετρα δυτικά της κοινότητας, σε δασική περιοχή με θαμνώδη βλάστηση. Καταλαμβάνει έκταση **15** στρεμμάτων περίπου. Στη χωματερή αυτή αποτίθενται και χημικά απόβλητα.

**ΚΑΠΙΑΝΔΡΙΤΙ:** Απέχει δύο χιλιόμετρα από την κοινότητα και βρίσκεται σε δασική περιοχή, με θαμνώδη βλάστηση, μέσα σε ρέμα. Καταλαμβάνει έκταση **70** στρεμμάτων. Σε απόσταση **200** και **500** μέτρων βρίσκονται δύο σπίτια.

**ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ:** Η χωματερή βρίσκεται σε απόσταση **1.750** μέτρων από την κατοικημένη περιοχή. Καταλαμβάνει έκταση **10** στρεμμάτων και βρίσκεται κοντά σε δασική έκταση. Γίνεται καύση των απορριμμάτων.

**ΛΑΥΡΙΟ:** Απέχει ένα χιλιόμετρο από το Λαύριο. Βρίσκεται κοντά σε εργοτάξιο και είναι ιδιοκτησία του Δήμου Λαυρίου. Καταλαμβάνει **10** στρέμματα.

**ΚΑΛΥΒΙΑ:** Λειτουργεί σε έκταση **40** στρεμμάτων περίπου. Απέχει περίπου ένα χιλιόμετρο από την κατοικημένη περιοχή και συνορεύει με καλλιέργειες και θαμνώδεις εκτάσεις. Χρονολογείται από τις αρχές του **1970**. Σε πολλά σημεία υπάρχει κίνδυνος από αυτοαναφλέξεις και έχει ζητηθεί το άμεσο κλείσιμό της.

**ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ:** Η περιοχή που περιβάλλει τη χωματερή είναι θαμνώδης. Νότια του χώρου υπάρχουν καλλιέργειες και κατοικημένες περιοχές.

**ΚΟΥΒΑΡΑΣ:** Λειτουργεί από τη δεκαετία του **1940**. Απέχει πέντε χιλιόμετρα από τον οικισμό και **400** μέτρα από το δρόμο προς το Λαύριο. Καταλαμβάνει έκταση **100** στρεμμάτων. Έχει διαπιστωθεί έντονη οσμή από τη διαφυγή βιοαερίου, ενώ γίνεται καύση των απορριμμάτων.

**ΒΑΡΝΑΒΑΣ:** Καλύπτει έκταση **10** στρεμμάτων περίπου και δεν έχει άδεια λειτουργίας. Πολύ κοντά στη χωματερή υπάρχουν αμπέλια και πυκνό πευκοδάσος. Απέχει **500** μέτρα από το τελευταίο σπίτι του οικισμού. Στη χωματερή αυτή αποθέτουν τα απορρίμματά τους και οι στρατιωτικές μονάδες της περιοχής.

**ΚΟΡΩΠΙ:** Βρίσκεται σε ρεματιά, ενάμισι χιλιόμετρο από τον οικισμό και καλύπτει έκταση **25-30** στρεμμάτων. Σε αυτήν γίνεται ελεύθερη καύση.

**ΠΑΙΑΝΙΑ:** Η χωματερή βρίσκεται μέσα σε ρέμα και απέχει μισό χιλιόμετρο από το τελευταίο σπίτι του οικισμού. Έχει έκταση **100** στρεμμάτων και λειτουργεί από το **1977-1978**. Υπάρχουν δεξαμενές πυροπροστασίας και μηχάνημα καθημερινής διάστροφης των απορριμμάτων. Το προσεχές διάστημα προβλέπεται κλείσιμο της χωματερής.

**ΕΡΥΘΡΕΣ:** Η κωματερή λειτουργεί από το **1960**. Δεν έχει άδεια καταλληλότητας. Βρίσκεται σε ρέμα, δύο χιλιόμετρα από τον οικισμό. Στα όρια της κωματερής υπάρχουν πυλώνες υψηλής τάσης της ΔΕΗ.

**ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟ:** Αν και η κωματερή έχει κλείσει από το **1966**, δεν έχει γίνει αποκατάστασή της. Τα απορρίμματα οδηγούνται στο Σταθμό Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων.

**ΜΕΓΑΡΑ:** Η κωματερή λειτουργεί στη θέση Καμπία, σε δημόσια δασική έκταση και καταλαμβάνει έκταση **160** στρεμμάτων. Στο εσωτερικό του χώρου υπάρχουν καλώδια υψηλής τάσης της ΔΕΗ και μάλιστα σε αρκετά χαμηλό ύψος. Διαπιστώθηκε έντονη οσμή από τη διαφυγή βιοαερίου.

**ΟΙΝΟΗ:** Λειτουργεί μέσα σε δασική έκταση, καταλαμβάνει έκταση **10** στρεμμάτων και συνορεύει με αμπέλια και σιτηρά. Κατά τους θερινούς μήνες παρατηρείται αυτοανάφλεξη των απορριμμάτων.

**ΚΑΛΑΜΟΣ:** Σε απόσταση **2** χιλιομέτρων από τη θάλασσα λειτουργεί κωματερή έκτασης **5** στρεμμάτων.

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ:** Μια σειρά οικοπέδων και ελεύθερων χώρων έχουν μετατραπεί σε κωματερές στην ευρύτερη περιοχή του Πειραιά: δεξιά και αριστερά της Λεωφόρου Σχιστού, στα παλαιά λατομεία στο Σχιστο Κορυδαλλού, στην περιοχή γύρω από τις σιδηροδρομικές γραμμές στο ύψος των Καμινίων και στα αδιέξοδα οδών.

Αυτοπίες περιβαλλοντολόγων που έγιναν στις ανεξέλεγκτες κωματερές στο νομό Αττικής έδειξαν ότι είναι άκρως επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητο το κλείσιμο και η αποκατάστασή τους, αφού οι περισσότερες είναι κοντά σε κατοικημένες περιοχές, σε δασικές και καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Ωστόσο, οι επιπτώσεις συνεχίζονται για πολλά χρόνια μετά αφού κλείσουν οι κωματερές.

Το πρόβλημα των ανεξέλεγκτων κωματερών όμως δεν αφορά μόνο το λεκανοπέδιο της Αττικής, αλλά και την περιφέρεια. Σύμφωνα με στοιχεία της εταιρείας Οικολογικής Ανακύκλωσης, σοβαρότατα προβλήματα υπάρχουν σε όλους του νομούς της περιφέρειας Πελοποννήσου (Κορινθίας, Αργολίδας, Αρκαδίας, Λακωνίας και Ηλείας), στην Αιτωλοκαρνανία και την Ηπειρο, για τις οποίες θα γίνει νομοθετική ρύθμιση από το υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ ανάλογη με αυτή της Αττικής.

Σύμφωνα με έρευνα των επιστημόνων του ΤΤΕ/ΤΚΜ, σε όλη την περιφέρεια το **10,5 %** των σκουπιδιών καταλήγει στους ΧΥΤΑ, το **50 %** στους χώρους ελεγχόμενης ταφής απορριμμάτων και το **39,5 %** καταλήγει

στις ανεξέλεγκτες χωματερές. Όσον αφορά στη Κεντρική Μακεδονία, στο νομό Θεσσαλονίκης λειτουργούν παράνομα **93** χωματερές, στο νομό Ημαθίας **63**, στον νομό Κιλκίς **80**, στον νομό Σερρών **98**, στον νομό Πέλλας **98**, στον νομό Πιερίας **43**, ενώ στον νομό Χαλκιδικής δεν υπάρχει επίσημη καταγραφή, ωστόσο η εκτίμηση των επιστημόνων είναι ότι λειτουργούν **80** χωματερές.

Πιο συγκεκριμένα για το σύνολο της περιφέρειας ισχύουν τα εξής:

- Στην Ηλεία, εκτός από το Επιτάλιο, λειτουργούν άλλες **9** μεγάλες ανεξέλεγκτες χωματερές και μάλιστα σε περιοχές φυσικού κάλλους. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο προστατευόμενος από τη διεθνή σύμβαση Ραμσάρ υγροβιότοπος Στροφυλιάς-Κοτυχίου, δέχεται τα σκουπίδια από τις κοινότητες Κουρτέσι και Παλαιά Μανωλάδα, καθώς και από το Δήμο Λεχαιών. Στο Δήμο Βάρδας τα σκουπίδια καίγονται σε απόσταση αναπνοής από τον ποταμό Βέργα. Οι κοινότητες Τραγανού και Σταφιδόκαμπου απορρίπτουν τα σκουπίδια τους στις όχθες του Πηνειού, ενώ ο Δήμος Βαρθολομιού στο δάσος Θινών. Η Αμαλιάδα και οι γύρω κοινότητες καίνε τα σκουπίδια τους σε χώρο κοντά στην κοινότητα Κορυφής.

Στο παρελθόν είχαν ξεκινήσει τα έργα για την κατασκευή ΧΥΤΑ στην περιοχή Τριανταφυλλιάς, αλλά σταμάτησαν λόγω διενέξεων μεταξύ των φορέων της Αμαλιάδας και του Πύργου.

Η Ένωση Πολιτών για την Οικολογία και το Περιβάλλον (ΕΠΟΠ) προτίθεται να καταθέσει σύντομα να καταθέσει μηνυτήρια αναφορά στον εισαγγελέα Πλημμελειοδικών Ηλείας, κατά όλων των δήμων του νομού που έχουν μετατρέψει παράνομα και αυθαίρετα διάφορες εκτάσεις σε σκουπιδότοπους για την απόθεση των απορριμμάτων τους, ρυπαίνοντας ανεξέλεγκτα το περιβάλλον. Συγχρόνως με τη μηνυτήρια αναφορά, θα προβεί σε καταγγελία εγγράφως και προς το αρμόδιο τμήμα περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσκομίζοντας αποδεικτικό υλικό, στο οποίο περιλαμβάνονται φωτογραφίες και βίντεο από τις παράνομες αυτές χωματερές. Σε ανακοίνωσή τους τα μέλη της ΕΠΟΠ, την οποία κοινοποίησαν και στο Νομαρχιακό Συμβούλιο Ηλείας, αναφέρουν μεταξύ άλλων πως οι πολίτες της Ηλείας, από οκταετίας και πλέον, παρακολουθούν με ανησυχία και δικαιολογημένη αγανάκτηση την αδυναμία των εκπροσώπων της Τοπικής και Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης να δώσουν λύση σε ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα του νομού και συγκεκριμένα στο θέμα της διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων.

- Στη γειτονική Αχαΐα έχει γίνει ένας σύγχρονος χώρος υγειονομικής ταφής για την πόλη της Πάτρας, όμως στον υπόλοιπο νομό επικρατεί το χάος. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Αιγίου, όπου ο σκουπιδότοπος βρίσκεται σε απόσταση μόλις **150** μέτρων από μια πηγή από την οποία υδρεύονται κάποιες συνοικίες της πόλης. Η νομαρχία έχει επεξεργαστεί ένα πρόγραμμα για τη δημιουργία τεσσάρων νέων χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.
- Στην Καλαμάτα, η χωματερή που λειτουργεί εδώ και **30** χρόνια, έχει επηρεάσει τον υδροφόρο ορίζοντα στα βορειοανατολικά της πρωτεύουσας της Μεσσηνίας. Πολλά σκουπίδια καταλήγουν στη θάλασσα.
- Στην Αιτωλοακαρνανία ο μεγαλύτερος δήμος, του Αγρινίου, απορρίπτει τα σκουπίδια του -περίπου **30.000** τόνους το χρόνο- στην παλιά κοίτη του Αχελώου. Το Μεσολόγγι καταστρέφει με τα απορρίμματά του τη λιμνοθάλασσα στην τοποθεσία Τουρλίδα. Η κατασκευή ΧΥΤΑ στον Αγιο Θωμά συναντά τις αντιδράσεις των περιοίκων. Στον Αστακό τα σκουπίδια καίγονται ανεξέλεγκτα σε μια περιοχή όπου βόσκουν αγελάδες και κατσίκια.
- Στην Ιεράπετρα έχουν ξεσπάσει πυρκαγιές από την χωματερή, όπου, εκτός από τα οικιακά απορρίμματα, καταλήγουν μεγάλες ποσότητες πλαστικών από τα θερμοκήπια.
- Ανοικτό είναι το θέμα για τα νησιά, όπου τα σκουπίδια αποτελούν τη σημαντικότερη αιτία υποβάθμισης του τοπίου και μόλυνσης των νερών, ενώ οι διαθέσιμοι χώροι είναι ελάχιστοι. Στη Νάξο τα σκουπίδια απορρίπτονται και καίγονται δίπλα στη θάλασσα, σε απόσταση δύο χιλιομέτρων από τη Χώρα. Στη Σάμο οι βασικότερες χωματερές, στο Καρλόβασι και το Βαθύ, βρίσκονται κοντά σε περιοχές υδροδότησης.
- Στα νησιά του Σαρωνικού ανεξέλεγκτες χωματερές βρίσκονται δίπλα στις παραλίες, με αποτέλεσμα οι ψαράδες να πιάνουν συχνά στα δίκτυα τους σκουπίδια. Όσο για την Αίγινα, τα απορρίμματά της μεταφέρονται στα Ανω Λιόσια.
- Σε ολόκληρο το νομό Χαλκιδικής λειτουργεί μονάχα ένας οργανωμένος Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων, ενώ έχουν καταγραφεί τουλάχιστον **80** ανεξέλεγκτες χωματερές και σκουπιδότοποι. Σε αυτές τα απορρίμματα διατίθενται δίχως καμία επεξεργασία, προκαλώντας δυσμενείς επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, ενώ ο κίνδυνος για εκδήλωση πυρκαγιών είναι συνεχής. Σύμφωνα με το Νομαρχιακό Σχεδιασμό για τη Διαχείριση των αποβλήτων προβλέπεται η δημιουργία τεσσάρων νέων Χ.Υ.Τ.Α. στη Γαλάτιστα, τον Πολύγυρο, τη Μεγάλη Παναγιά

και τη Σιθωνία. Ωστόσο το πρόγραμμα αυτό έχει τεθεί υπό συνολική αναθεώρηση, γεγονός που σημαίνει πως για αρκετά καλοκαίρια ακόμη το πρόβλημα των σκουπιδιών στη Χαλκιδική θα παραμένει και θα διογκώνεται.

Όλες οι μεγάλες πόλεις αργά ή γρήγορα θα κληθούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα διαχείρισης των σκουπιδιών τους.

Σύμφωνα με στοιχεία του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., στη χώρα μας λειτουργούν **33** οργανωμένοι Χ.Υ.Τ.Α. που καλύπτουν τις ανάγκες διάθεσης του **53%** των αστικών αποβλήτων. Τα υπόλοιπα διατίθενται σε χώρους ανεξέλεγκτης απόρριψης, που κατ' εκτίμηση ανέρχονται σε **2.160**. Ο αριθμός των εν λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α. κρίνεται μικρός εάν αναλογισθούμε ότι οι ανάγκες σε Χ.Υ.Τ.Α. στην Ελλάδα απαιτούν τη λειτουργία τουλάχιστον **150** χώρων. Επιπρόσθετα, παρατηρείται ότι λόγω της απουσίας των απαραίτητων ελέγχων λειτουργίας των χώρων, υπήρξαν περιπτώσεις όπου νέοι Χ.Υ.Τ.Α. δεν κατάφεραν να πληρούν τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους τους.

Ρητή είναι η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία επιβάλλει το κλείσιμο και την αποκατάσταση όλων των ανεξέλεγκτων χωματερών που λειτουργούν στη χώρα μας και την άμεση δημιουργία Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων.

Η Ελλάδα αυτήν τη στιγμή αντιμετωπίζει **116** καταγγελίες παραβίασης της κοινοτικής περιβαλλοντικής νομοθεσίας. Οι περισσότερες περιπτώσεις οφείλονται στο γεγονός ότι η Ελλάδα δεν έχει εναρμονιστεί με την κοινοτική νομοθεσία και δεν έχει φροντίσει να ενσωματώσει στην εθνική νομοθεσία την οδηγία περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων.

Η υλοποίηση έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων στη χώρα μας χαρακτηρίζεται από ακρότητες, τόσο από την πλευρά της άρνησης των τοπικών κοινωνιών (σύνδρομο **NIMBY** δηλαδή όχι στην αυλή μου), αλλά και της αδράνειας των τοπικών υπευθύνων (σύνδρομο **NIMTOF** δηλαδή όχι κατά τη διάρκεια της θητείας μου). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τόσο την καταστρατήγηση Κοινοτικών Οδηγιών (όπως στην περίπτωση της χωματερής Κουρουπητού Χανίων), όσο και την απώλεια Κοινοτικών Πόρων αλλά περισσότερο την τελική απουσία έργων υποδομής στον τόπο.

Η χώρα μας λίγο έλειψε να καταδικαστεί για δύο παράνομες χωματερές, στο Κοτύχι της Ανατολικής Αττικής και στο Επιτάλιο Ηλείας, ενώ οι αρχές δεσμεύτηκαν να προσδιορίσουν Χώρο Υγειονομικής Ταφής άμεσα. Στο



παρελθόν η Ελλάδα είχε καταδικαστεί για την περίπτωση της κωματερής στον Κουρουπιτό Χανίων. Το πρόστιμο που επιβλήθηκε τότε ήταν αρκετά υψηλό, καθώς προέβλεπε την καταβολή **7.000.000** δρχ. για κάθε ημέρα λειτουργίας της κωματερής. Σήμερα η χώρα μας βρίσκεται κατηγορούμενη για τη κωματερή στην Πέρα Γαλήνη στο Ηράκλειο Κρήτης, αλλά και για τον ΧΥΤΑ του Ρεθύμνου που έχει ξεπεράσει τα όρια αντοχής του.

Στα πλαίσια σεμιναρίου σχετικά με τους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, δια στόματος της Μάργκοτ Βάλστρομ, η οποία είναι η αρμόδια επιτροπος για την προστασία του περιβάλλοντος, απέδωσε στην Ελλάδα και στην Ισπανία το μετάλλιο της «ντροπής» στην Ευρώπη, καθώς είναι οι χώρες που πρωταγωνιστούν στην Ε.Ε. στις παράνομες κωματερές. Ειδικότερα για τη χώρα μας, η Επιτροπή κίνησε τη διαδικασία προσφυγής της στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο για μη κοινοποίηση μεταφοράς της Οδηγίας του **1999** για τους χώρους υγειονομικής ταφής, εντός της προθεσμίας που έληγε τον Ιούνιο του **2001**. Και όλα αυτά συμβαίνουν εν όψει της διοργάνωσης των Ολυμπιακών Αγώνων του **2004**.

Ο πραγματικός κίνδυνος όμως είναι να χαθεί η τελευταία ίσως ευκαιρία αξιοποίησης κοινοτικών πόρων από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης για να δημιουργηθούν Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων και μονάδες ανακύκλωσης από την Τοπική Αυτοδιοίκηση, αφού η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με επιστολή της στη χώρα μας, προειδοποίησε πως αν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα για το κλείσιμο των ανεξέλεγκτων κωματερών, θα διακόψει την κοινοτική χρηματοδότηση για τα έργα αυτά.

Σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία, τα κράτη-μέλη είναι υποχρεωμένα να διασφαλίσουν ότι η διάθεση ή αξιοποίηση των απορριμμάτων θα γίνεται χωρίς να κινδυνεύουν το περιβάλλον και η υγεία του ανθρώπου. Δεν πρέπει να δημιουργείται κίνδυνος για το νερό, τον αέρα ή το έδαφος, να βλάπτονται τοπία ή να προκαλούνται ενοχλήσεις από θόρυβο ή οσμές.

Στις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε. τα σκουπίδια είτε λιπασματοποιούνται, είτε καίγονται για παραγωγή ενέργειας. Στην Ελλάδα μέχρι πριν από λίγα χρόνια δεν υπήρχαν προγράμματα μείωσης του όγκου των σκουπιδιών, και φυσικά ούτε ενημερωτικές καμπάνιες, συστήματα χωριστής διαλογής χρήσιμων υλικών σε κάδους, μονάδες συλλογής συμπίεσης και συσκευασίας υλικών (μέταλλο, γυαλί, χαρτί) που θα ανακτώνται και θα χρησιμοποιούνται ξανά. Οι ενδείξεις δεν ήταν ευνοϊκές, επειδή δεν υπήρχε

μια εθνική πολιτική για την ανακύκλωση και την επιδότηση των ανακυκλωμένων υλικών.

Με στόχο την ολοκληρωμένη και σε όλη την έκταση της χώρας ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων μέχρι το τέλος του **2008**, το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. επικαιροποίησε τον Εθνικό Σχεδιασμό Στερεών Αποβλήτων (Ιούλιος **2002**) και κατάρτισε Σχέδιο Επιτελικής Παρακολούθησης της υλοποίησής του.

Ο επικαιροποιημένος Εθνικός Σχεδιασμός περιλαμβάνει μέτρα που αφορούν:

- Στον έλεγχο της λειτουργίας των ανεξέλεγκτων χωματερών και στη σταδιακή εξάλειψή τους.
- Στη δημιουργία και λειτουργία σύγχρονων Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), με στόχο την κάλυψη όλης της χώρας μέχρι το τέλος του **2008**.
- Στην καθιέρωση και εφαρμογή συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων (υλικά συσκευασίας, αυτοκίνητα, ελαστικά, μπαταρίες, ορυκτέλαια, αδρανή, έντυπα, ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά κ.α.), που οδηγούν στη μείωση των στερεών αποβλήτων κατά **30%**.
- Στη συμμετοχή ιδιωτικών κεφαλαίων, για την ορθολογική και αποτελεσματική λειτουργία των έργων.

Πιο συγκεκριμένα, άμεση προοπτική σύμφωνα με το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., είναι η εξάλειψη των ανεξέλεγκτων χώρων απόθεσης μέχρι το **2006** και παράλληλα η κατασκευή άλλων **85** Χ.Υ.Τ.Α. και **113** Σταθμών Μεταφόρτωσης μέχρι το **2008**, έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες ορθής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα. Για το λόγο αυτό θα δεσμευθούν περίπου **500** εκατ. ευρώ από τα Εθνικά και Ευρωπαϊκά Ταμεία. Συγχρόνως στο πλαίσιο αυτό, αναμένεται να επενδυθούν και ιδιωτικά κεφάλαια άνω των **88** εκατ. ευρώ για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων, ενώ δημιουργούνται οι προοπτικές υλοποίησης ιδιωτικών επενδύσεων για την ανακύκλωση και εκμετάλλευση των απορριμμάτων (βιομηχανίες ανακύκλωσης ελαστικών, χάρτου, ορυκτελαίων αυτοκινήτου και ηλεκτρικών ειδών).

Λαμβάνοντας υπόψη όμως τα ισχύοντα στην Ε.Ε., κρίνεται απαραίτητη η έγκαιρη διασάφηση των πλαισίων λειτουργίας των Χ.Υ.Τ.Α. (δημόσια ή ιδιωτική λειτουργία) και άμεσου ελέγχου τους στα επόμενα χρόνια.

Καθώς η συνεχής ενημέρωση του κοινού στα προβλήματα των στερεών αποβλήτων θα πιέζει προς βιωσιμότερες λύσεις, αναμένεται ότι η διαχείριση των στερεών αποβλήτων θα αποτελεί τον τομέα που θα εστιάζεται το επιστημονικό, τεχνολογικό, εμπορικό, οικονομικό και κοινωνικό ενδιαφέρον για τα επόμενα χρόνια.

Η σοβαρότητα και η έκταση του προβλήματος των ανεξέλεγκτων χωματερών στη χώρα μας, καθιστά επιτακτική την άμεση λήψη μέτρων για το κλείσιμό τους, κυρίως εν όψει των Ολυμπιακών Αγώνων του **2004**.

Στα δύο επόμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας επισημαίνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης απορριμμάτων και οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτούς, έτσι ώστε να γίνει κατανοητή η άμεση ανάγκη για τον τερματισμό της λειτουργίας τους.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:**

### **ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ**

#### **2.1. Εισαγωγή**

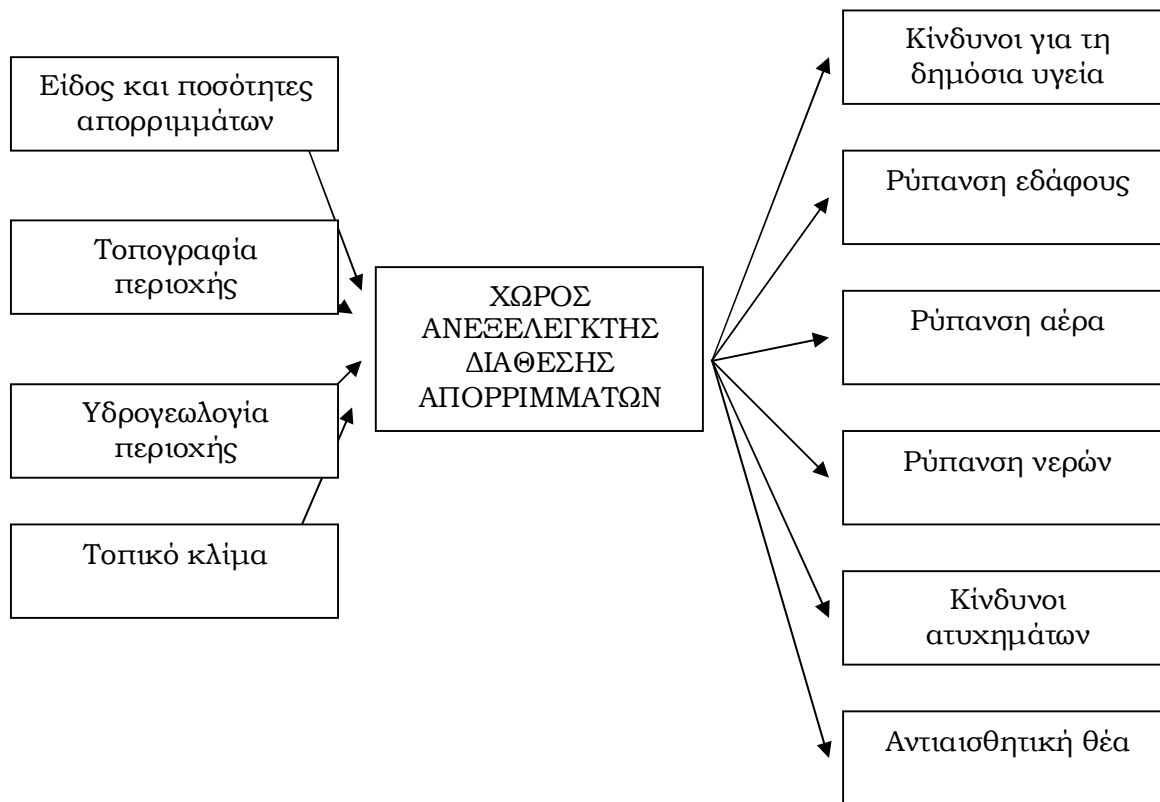
Ανεξέλεγκτη ονομάζεται κάθε απόρριψη ή/και άλλου είδους διάθεση στερεών αποβλήτων που πραγματοποιείται χωρίς επιστημονικό σχεδιασμό και εποπτεία από εξειδικευμένο προσωπικό.

Η ανεξέλεγκτη απόρριψη αποβλήτων έχει κυρίως τις ακόλουθες μορφές:

- Απλή απόρριψη αποβλήτων σε συγκεκριμένους χώρους από μεμονωμένους ΟΤΑ.
- Απόρριψη φορτίων απορριμμάτων και άλλων αποβλήτων (εμπορικά, βιομηχανικά κ.α.) σε ανεξέλεγκτους χώρους από ιδιώτες.
- Απόρριψη σκουπιδιών κοντά σε χώρους υγειονομικής ταφής από ιδιωτικά ή/και δημόσια αυτοκίνητα.
- Απόρριψη σκουπιδιών σε εξοχικούς, δημόσιους χώρους και παραλίες, από εκδρομείς ή/και κατοίκους.

Η σημερινή ανεξέλεγκτη απόρριψη σκουπιδιών είναι η μεγαλύτερη απειλή για το φυσικό, χερσαίο και υδάτινο περιβάλλον, αλλά και για τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Η υγεία των πολιτών και η ασφάλεια των δασών τίθενται σε άμεσο κίνδυνο κάθε φορά που τόνοι σκουπιδιών θάβονται σε χώρους και οικόπεδα που δεν τηρούν τους κανόνες ορθολογικής διαχείρισης των απορριμμάτων. Τα απορρίμματα που καίγονται ή απλώς “ζυμώνονται” προκαλούν αλυσιδωτές επιπτώσεις στο περιβάλλον, ενώ σοβαρά είναι τα προβλήματα που δημιουργούνται ακόμα και από τις ανενεργές χωματερές.

Οι επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων και η σοβαρότητα αυτών, εξαρτώνται από μια σειρά παραγόντων, όπως το είδος και η ποσότητα των απορριμμάτων, η υδρογεωλογία και η τοπογραφία της περιοχής, το κλίμα κ.α. (Σχήμα 2.1). Στο ίδιο σχήμα αναφέρονται οι βασικότερες επιπτώσεις των ανεξέλεγκτων χωματερών, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικότερα στη συνέχεια [8].



Σχήμα 2.1: Επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων και παράγοντες που επηρεάζουν το είδος και τη σοβαρότητά τους [8].

## 2.2. Κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία

Οι σημαντικότεροι κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία προκύπτουν από την εκδήλωση πυρκαγιών στους χώρους ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων.

Οι 75 τοξικές ουσίες που περιέχουν χλώριο και ανήκουν στην κατηγορία των διοξινών επηρεάζουν τη δημόσια υγεία, μέσω των ανεξέλεγκτων φλεγόμενων κωματερών. Τα ζώα που βόσκουν ελεύθερα κοντά στις κωματερές μεταφέρουν διοξίνες στους πολίτες, μέσω της τροφικής αλυσίδας. Σύμφωνα με την οικολογική οργάνωση **Greenpeace**, η ποσότητα διοξίνης που παράγεται στη χώρα μας κάθε χρόνο από πυρκαγιές σε ανεξέλεγκτες κωματερές, ανέρχεται από **47,7** έως **920 gr**, που αν και

φαινομενικά είναι ελάχιστη, αξίζει να σημειωθεί ότι αρκεί ένα τρισεκατομμυριοστό του γραμμαρίου διοξίνης για να προκαλέσει καρκίνο κι ένα μόλις δισεκατομμυριοστό του γραμμαρίου για να σκοτώσει πειραματόζωα στο εργαστήριο. Ακόμη και απειροελάχιστες συγκεντρώσεις διοξινών μπορούν να επηρεάσουν το ανοσοποιητικό και νευρικό σύστημα.

Επειδή όμως η πρόσληψη διοξινών από τον άνθρωπο γίνεται κυρίως μέσω της τροφικής αλυσίδας και όχι τόσο μέσω του αέρα, όλες οι ανεξέλεγκτες χωματερές θα πρέπει να κλείσουν ή έστω να φυλάσσονται προσωρινώς, ώστε να μην είναι προσβάσιμες στα ζώα.

Η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) σε πρόσφατη έκθεσή της αναφέρει ότι η επικινδυνότητα των εν λόγω τοξικών ουσιών είναι τουλάχιστον δεκαπλάσια απ' ό,τι πιστευότο μέχρι τώρα. Έρευνες σχετικά με τις επιπτώσεις των διοξινών στην ευρύτερη περιοχή του **Seveso** της Ιταλίας, όπου είχε σημειωθεί σημαντική έκλυση διοξίνης το **1976**, έδειξαν πως έχει επηρεαστεί σημαντικά το φύλο των νεογέννητων παιδιών, με αποτέλεσμα να έχει ανατραπεί η ισορροπία αγοριών-κοριτσιών, προς όφελος των δευτέρων.

### **2.3. Ρύπανση του εδάφους**

Τα απορρίμματα στις χωματερές αποσυντίθενται και ζυμώνονται: α)αφήνοντας κατάλοιπα στο έδαφος, β) δημιουργώντας στραγγίσματα και γ)παράγοντας βιοαέριο.

Οι χώροι των ανεξέλεγκτων χωματερών μετατρέπονται σε “βραδυφλεγείς” βόμβες έτοιμες να εκραγούν ανά πάσα στιγμή ιδίως κατά τη θερινή περίοδο. Ειδικότερα, τα απορρίμματα που ζυμώνονται στις χωματερές παράγουν στραγγίσματα, τα οποία χαρακτηρίζονται ως βαριά βιομηχανικά απόβλητα. Τα στραγγίσματα αυτά όταν είναι σε ανεξέλεγκτο χώρο διαφεύγουν στον υδροφόρο ορίζοντα, τον οποίο και μολύνουν, ενώ την ίδια στιγμή τα στραγγίσματα πολλαπλασιάζονται με τα βρόχινα νερά που χρησιμοποιούνται για άδρευση κηπευτικών, εισχωρώντας έτσι στην τροφική αλυσίδα. Από τη ζύμωση των απορριμμάτων παράγεται βιοαέριο που είναι υψηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο, το οποίο πολλές φορές αυτοαναφλέγεται, προκαλώντας έτσι πυρκαγιές στα δάση.

Επίσης, μεγάλες είναι οι επιπτώσεις από την καύση των απορριμμάτων. Η τέφρα που μένει, η οποία είναι τοξική, μεταφέρεται με τα βρόχινα νερά στα κηπευτικά, ενώ οι διοξίνες διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον

γύρω από τους χώρους που βρίσκονται οι ανεξέλεγκτες χωματερές αναπτύσσονται μικρόβια, τα οποία μεταφέρονται στον άνθρωπο μέσω της τροφικής αλυσίδας.

#### **2.4. Ρύπανση του αέρα**

Στα αέρια που παράγονται σε ανεξέλεγκτους χώρους διάθεσης απορριμμάτων έχουν ανιχνευθεί πάνω από **136** πτητικές οργανικές ουσίες, σε μικρές πάντα συγκεντρώσεις. Πρόκειται για αρωματικούς και αλειφατικούς υδρογονάνθρακες, αιθέρες, εστέρες, αλκοόλες και άλλες αλογονούχες και θειούχες οργανικές ενώσεις, γνωστές ως **VOCs (Volatile Organic Compounds)**.

Ορισμένοι μελετητές υποστηρίζουν ότι ενδέχεται **13** από τις ουσίες αυτές, μεταξύ των οποίων το βενζόλιο, το βουταδιένιο και το χλωροαιθυλένιο, να είναι καρκινογόνες. Πάντως, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της EPA οι συγκεντρώσεις των ουσιών αυτών είναι πολύ πιο κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια. Η παρουσία αυτών των ενώσεων δημιουργεί εξαιρετικά δυσάρεστες οσμές που γίνονται αισθητές κυρίως κατά τη διάρκεια θερμοκρασιακών αναστροφών.

Σύμφωνα με μια σειρά επιστημονικών μελετών, σε μια εκτεταμένη περιοχή της ατμόσφαιρας γύρω από ανεξέλεγκτους χώρους διάθεσης απορριμμάτων (σε αποστάσεις που φτάνουν έως και **100** χιλιόμετρα), οι απελευθερούμενοι στην ατμόσφαιρα ρύποι ευθύνονται μερικά και για την καταστροφή της στροβιλάδας του όζοντος.

#### **2.5. Ρύπανση των υδάτων**

Η απόρριψη αποβλήτων κοντά σε ροές επιφανειακών νερών, οδηγεί αναμφίβολα σε ρύπανση του υδάτινου αποδέκτη, είτε μέσω της εισροής στραγγισμάτων σε αυτόν, είτε μέσω της μόλυνσης των ομβρίων που καταλήγουν στα νερά.

Είναι δυνατόν λίμνες να περιβάλλονται από πληθώρα τέτοιων χώρων, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με ορισμένες κοίτες ποταμών. Τα επιφανειακά εκπλύματα από τους χώρους αυτούς καταλήγουν με μεγάλη ευκολία στις λίμνες, ενώ περαιτέρω επιβάρυνση προκαλείται λόγω της ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και της επαφής των λιμνών με αυτόν.

Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για τα υπόγεια νερά, ιδίως αν τα πετρώματα του πυθμένα του χώρου διάθεσης απορριμμάτων είναι περατά ή ημιπερατά. Το μέγεθος της μόλυνσης εξαρτάται από το είδος των ρύπων που θα εισέλθουν στα υπόγεια νερά. Για παράδειγμα, τοξικές ουσίες όπως τα κυανιούχα άλατα και το αρσενικό δύνανται να έχουν τεράστιες επιπτώσεις στο οικοσύστημα της περιοχής και στη δημόσια υγεία. Ακόμα όμως και λιγότερο τοξικές ουσίες, όπως οι φαινόλες, σε μικρές συγκεντρώσεις, μεταβάλλουν τη γεύση του νερού και των ψαριών με άγνωστες τελικές επιπτώσεις μετά από μακροχρόνια χρήση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμα και κατά το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, είναι σχεδόν βέβαιο ότι μετά από κάποιο χρονικό διάστημα θα υπάρξουν διαρροές προς τον υδροφόρο ορίζοντα, παρά τα προστατευτικά μέτρα που λαμβάνονται [8, 30].

## **2.6. Κίνδυνοι ατυχημάτων**

Ο πιο συνήθης κίνδυνος ατυχήματος στους χώρους ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων είναι ο κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς που διευκολύνεται από τη συγκέντρωση εύφλεκτων υλικών. Σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου Γεωργίας, κατά την περίοδο **1986-1997** η καύση απορριμμάτων σε ανεξέλεγκτες χωματερές προκάλεσε καταστροφή **324.000** στρεμμάτων δασικής έκτασης. Υπολογίζεται ότι περίπου **536** χωματερές βρίσκονται πολύ κοντά σε δασικές εκτάσεις, χωρίς μάλιστα να υπάρχουν αντιπυρικές ζώνες. Η πυρκαγιά εκδηλώνεται είτε με αυτοανάφλεξη του παραγόμενου βιοαερίου, είτε εσκεμμένα για λόγους μείωσης του όγκου των προς χωματοκάλυψη απορριμμάτων και περιορισμού του κινδύνου αυτοανάφλεξής τους.

Από την πυρκαγιά προκαλείται σημαντική ρύπανση του αέρα, ενώ πιθανή είναι η εκπομπή ακόμη και τοξικών αερίων ρύπων, όπως οι πολυχλωριωμένες διβενζο-διοξίνες και φουράνια. Επίσης, συχνό είναι και το φαινόμενο επέκτασης της πυρκαγιάς σε γειτονικά δάση, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες.

Η έκλυση αερίων από την πυρκαγιά μπορεί να οδηγήσει σε εκρήξεις. Επίσης, η κίνηση των αερίων εντός του εδάφους μπορεί να δημιουργήσει ρωγμές που θέτουν συχνά σε κίνδυνο την σταθερότητα του.

Εξίσου σοβαρός είναι ο κίνδυνος καθιζήσεων της επιφάνειας του εδάφους, ο οποίος συχνά παρατηρείται ακόμα και σε χώρους υγειονομικής



ταφής απορριμμάτων. Πρόσφατο άλλωστε είναι και το περιστατικό εκτεταμένης κατολίσθησης στο βασικό «μέτωπο» εναπόθεσης των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ των Άνω Λιοσίων. Η κατολίσθηση που σημειώθηκε ήταν αναπόφευκτη, αφού το «μέτωπο» υπερέβη κατά **35** μέτρα το ανώτατο επιτρεπτό ύψος που είχε προβλεφθεί από τους μελετητές.

Ειδικά στην περίπτωση που γίνεται απλή εναπόθεση των απορριμμάτων, χωρίς συμπίεση, η ανομοιομορφη καθίζηση δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στις προσπάθειες αποκατάστασης ή/και εξυγίανσης του χώρου.

### **2.7. Αντιαισθητική θέα – Οπτική ρύπανση**

Ο τραυματισμός του τοπίου από την ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων, είναι μια επίπτωση που σε ορισμένες περιοχές (π.χ. τουριστικές) αποκτά μεγάλη σημασία.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Πάρος, όπου αυτό που συμβαίνει αποτελεί μια παγκόσμια πρωτοτυπία: ανεξέλεγκτη χωματερή λειτουργεί σε αρχαιολογικό χώρο! Ο σκουπιδότοπος της Παροικιάς λειτουργεί παράνομα στη θέση Λάκκοι, όπου βρίσκονται τα περίφημα αρχαία λατομεία ανοικτής εξόρυξης παριανού μαρμάρου (αρχαϊκής εποχής, 6<sup>ος</sup> π.Χ αι.) και ο χώρος έχει κηρυχθεί αρχαιολογικός.

### **2.8. Λοιπές επιπτώσεις**

Συχνό φαινόμενο στους χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων είναι η προσέλκυση παρασιτικών ζώων και πτηνών. Ο κυριότερος εκπρόσωπος των παρασιτικών ζώων που προσελκύονται είναι διάφορα τρωκτικά (ποντικοί, αρουραίοι), τα οποία τρέφονται με οργανική ύλη (ζυμώσιμα, χαρτιά, ξύλα κ.λ.π.) και η ανάπτυξη τους ευνοείται σε υγρό και θερμό περιβάλλον όπως αυτό που δημιουργείται στις χωματερές. Με δεδομένο ότι υπάρχει συνεχώς άφθονη τροφή για τέτοια ζώα είναι δυνατό να λάβει χώρα εξαιρετικά μεγάλη αύξηση του αριθμού τους, ενώ μπορεί να επεκταθούν στις οικιστικές περιοχές που περιβάλλουν τη χωματερή.

Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι η προσέλκυση πτηνών, κυρίως γλάρων και κορακιών. Οι άφθονες ποσότητες οργανικού υλικού αποτελούν τροφή για τα πτηνά αυτά, με αποτέλεσμα την αύξηση του πληθυσμού τους στην

περιοχή. Η αύξηση αυτή μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα, όπως η παρενόχληση των αεροπλάνων, η μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών σε λίμνες ή αρδευτικές δεξαμενές, η διασπορά απορριμμάτων εντός και εκτός του χώρου της χωματερής κ.α.

Επίσης, οι ανεξέλεγκτες χωματερές αποτελούν τόπους προσέλκυσης και αναπαραγωγής εντόμων και κυρίως μυγών. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οπότε οι κλιματολογικές συνθήκες ευνοούν τον πολλαπλασιασμό τους.

Τέλος, σύνηθες φαινόμενο είναι και η διασπορά ελαφρών αντικειμένων με τη βοήθεια του αέρα. Πρόκειται κυρίως για τεμάχια πλαστικού και χαρτιού και δευτερευόντως για μικροτεμάχια μετάλλων, τα οποία λόγω του χαμηλού ειδικού τους βάρους μεταφέρονται σχετικά εύκολα με τη βοήθεια ανέμων ή ρευμάτων αέρα σε σημαντικές αποστάσεις, με αποτέλεσμα την έντονη αισθητική ρύπανση των γύρω περιοχών.

## **2.9. Συμπέρασμα**

Οι επιπτώσεις που προαναφέρθηκαν καθιστούν επιτακτική την άμεση λήψη μέτρων για τον τερματισμό λειτουργίας και την αποκατάσταση των ανεξέλεγκτων χωματερών.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εξετάζονται οι επιπτώσεις των ανεξέλεγκτων χωματερών στα υπόγεια νερά, τα οποία αποτελούν κοινωνικό αγαθό, εξαιτίας του προβλήματος της λειψυδρίας που αντιμετωπίζει η χώρα μας. Στη συνέχεια της εργασίας και συγκεκριμένα στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο περιγράφονται οι λόγοι για τους οποίους γίνεται κάτι τέτοιο.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:**  
**ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΧΩΡΑ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ**  
**ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ**

**3.1. Παραγωγή βιοαερίου**

Κατά την αναερόβια αποδόμηση του οργανικού φορτίου των απορριμμάτων που αποτίθενται στις ανεξέλεγκτες χωματερές παράγεται βιοαέριο (κυρίως μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα), η διαφυγή του οποίου αποτελεί σημαντική πηγή κινδύνου [47].

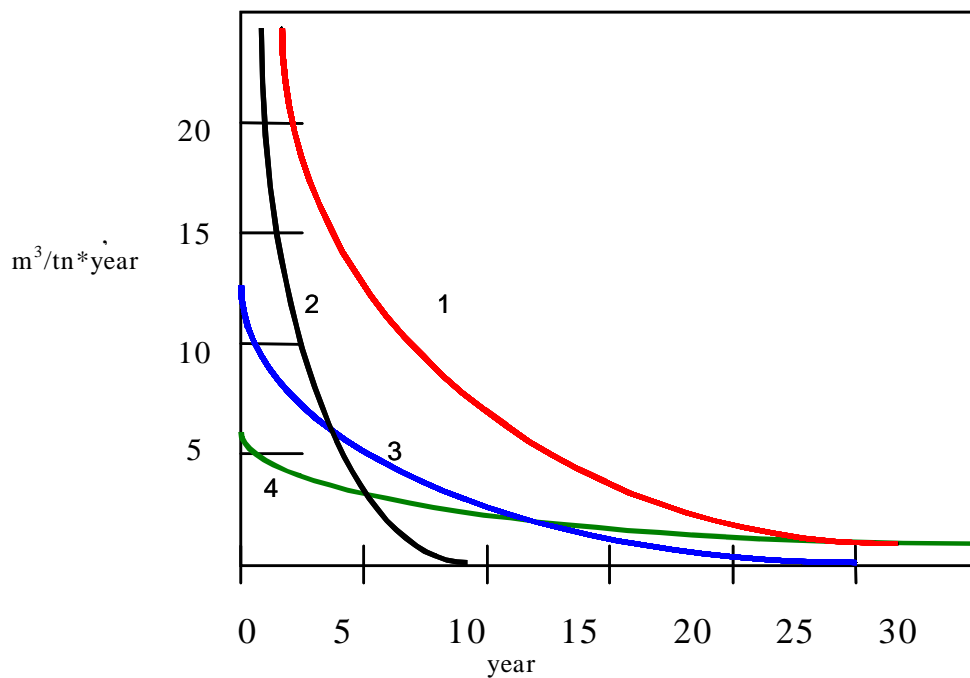
Τα αέρια που βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στο βιοαέριο είναι το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ), το μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ), το υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ), το υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ), το άζωτο ( $\text{N}_2$ ), και το οξυγόνο ( $\text{O}_2$ ). Η περιεκτικότητα σε καθένα από αυτά ποικίλει ανάλογα με την ηλικία της χωματερής (Πίνακας 3.1).

<b>ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ</b>	<b>ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ</b>	<b>ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ % κ.ο.</b>
Μεθάνιο	$\text{CH}_4$	<b>0-85</b>
Διοξείδιο άνθρακα	$\text{CO}_2$	<b>0-88</b>
Μονοξείδιο άνθρακα	$\text{CO}$	<b>0-3</b>
Υδρογόνο	$\text{H}_2$	<b>0-3.6</b>
Οξυγόνο	$\text{O}_2$	<b>0-31</b>
Άζωτο	$\text{N}_2$	<b>0-82.5</b>
Αμμωνία	$\text{NH}_3$	<b>0-0.35 ppm</b>
Υδρόθειο	$\text{H}_2\text{S}$	<b>0-70 ppm</b>

*Πίνακας 3.1: Κύρια οργανικά και ανόργανα συστατικά βιοαερίου [47]*

Ο ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου ποικίλει ανάλογα με το είδος των απορριμμάτων. Για τα συνηθισμένα αστικά απορρίμματα **20** χρόνια μετά την ημέρα ταφής τους, η παραγωγή βιοαερίου είναι πολύ μικρή, ενώ **30** χρόνια μετά, η παραγωγή είναι αμελητέα.

Στο σχήμα **3.1** που ακολουθεί παρουσιάζεται ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου από διάφορες κατηγορίες απορριμμάτων.



Σχήμα 3.1: Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου από διάφορες κατηγορίες υλικών [23]

- Καμπύλη **1**: μέσος όρος ρυθμού παραγωγής βιοαερίου από συνήθη αστικά απορρίμματα
- Καμπύλη **2**: ρυθμός παραγωγής από γρήγορα αποδομούμενα υλικά (π.χ. απορρίμματα κουζίνας)
- Καμπύλη **3**: ρυθμός παραγωγής από μέτρια αποδομούμενα υλικά (π.χ. χαρτί)
- Καμπύλη **4**: ρυθμός παραγωγής από αργά αποδομούμενα υλικά (π.χ. ελαστικά)

Στον πίνακα 3.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η ημίσεια ζωή αποδόμησης για διάφορα υλικά.

<b>ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ</b>	<b>ΡΥΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ</b>	<b>ΗΜΙΣΕΙΑ ΖΩΗ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ</b>
Τρόφιμα, υπολείμματα κουζίνας	Πολύ γρήγορος	1 χρόνος
Απορρίμματα κήπων	Γρήγορος	5 χρόνια
Χαρτί, χαρτόνι, ξύλο, ύφασμα	Αργός	15 χρόνια
Πλαστικά, δέρμα, λάστιχα, αδρανή	ΔΕΝ ΑΠΟΔΟΜΟΥΝΤΑΙ	-

Πίνακας 3.2: Ημίσεια ζωή αποδόμησης για διάφορα υλικά [17]

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεν είναι γνωστό το είδος των απορριμμάτων που έχουν ταφεί στις ανεξέλεγκτες χωματερές, ενώ η ποσότητα και η ηλικία τους μπορούν να υπολογιστούν μόνο κατ' εκτίμηση. Αυτό το έλλειμμα πληροφορίας μας εμποδίζει να προβούμε σε οποιαδήποτε ασφαλή εκτίμηση για την παραγωγή βιοαερίου.

Στους ανεξέλεγκτους χώρους διάθεσης απορριμμάτων δεν υπάρχει κανένα προστατευτικό μέτρο για την παρεμπόδιση της μετανάστευσης του βιοαερίου εντός του εδάφους. Η πυκνότητα του βιοαερίου είναι παραπλήσια εκείνης του αέρα και η κίνησή του οφείλεται κυρίως σε διαφορές πίεσεως. Το βιοαέριο έχει την τάση να μετακινείται από περιοχές υψηλής σε περιοχές χαμηλότερης πίεσης. Η κίνησή του αυτή μπορεί να μεταβληθεί εξαιτίας των διακυμάνσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης, της υγρασίας και των στραγγισμάτων μέσα στην μάζα των απορριμμάτων.

Στις ανεξέλεγκτες χωματερές τα απορρίμματα δεν συμπιέζονται επαρκώς, με αποτέλεσμα να κυκλοφορεί ευκολότερα αέρας στο εσωτερικό τους και συχνά να εμποδίζεται η αναερόβια διαδικασία παραγωγής του μεθανίου, με τελικά προϊόντα διάφορες οργανικές ουσίες, διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Αποτέλεσμα της εύκολης κυκλοφορίας του αέρα, είναι να αυξάνεται ο κίνδυνος πυρκαγιών στο εσωτερικό της χωματερής και να εμφανίζονται φαινόμενα, όπως ανεξέλεγκτη μετανάστευση βιοαερίου σε καλλιέργειες, εκρήξεις, αναφλέξεις του βιοαερίου κλπ. [8].

### 3.2. Επιπτώσεις από την παραγωγή βιοαερίου

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από την παραγωγή βιοαερίου σε χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων είναι τα εξής:

- *Εκρήξεις ή πυρκαγιές*, οφειλόμενες στη συγκέντρωση αερίων σε περιορισμένους χώρους ή στην έξοδό τους στην επιφάνεια από ρωγμές (το μεθάνιο είναι εκρηκτικό σε ατμοσφαιρική συγκέντρωση 5-15 % κ.ο.).

Σοβαροί είναι οι κίνδυνοι από πυρκαγιές βάθους, οι οποίες ξεκινούν από το πρανές. Οι πυρκαγιές αυτές είναι δύσκολο να συγκρατηθούν, κυρίως στους μεγάλους χώρους διάθεσης, λόγω των αερίων της ζύμωσης που την συντηρούν στη μάζα των απορριμμάτων. Εάν για παράδειγμα το στρώμα των απορριμμάτων είναι καλυμμένο με αργιλικό υλικό, μπορεί να δημιουργηθεί κενό πάνω από την κρούστα του αργιλικού υλικού και σε περίπτωση που εφαρμοστούν μεγάλα φορτία (π.χ. από διέλευση οχημάτων), μπορεί να σπάσει η κρούστα και να δημιουργηθούν συνθήκες διάδοσης της φωτιάς, με απρόβλεπτες συνέπειες και κινδύνους για τη ζωή των εργαζομένων στον χώρο [8].

- *Δυσμενείς επιπτώσεις στις καλλιέργειες ή/και στην βλάστηση που καλύπτει το χώρο διάθεσης και τη γειτονική περιοχή.*

Αν και το μεθάνιο δεν είναι τοξικό για τα φυτά, η δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων απομακρύνει το οξυγόνο από τη ζώνη των ριζών της βλάστησης και ξηραίνει τα φυτά, αφού εμποδίζει την αναπνοή του εδάφους. Τα συστατικά του βιοαερίου (μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα) αντικαθιστούν τον αέρα δημιουργώντας συνθήκες ασφυξίας ή δρουν έμμεσα αλλάζοντας τη φυσική σύσταση του χώματος. Η έλλειψη οξυγόνου που δημιουργείται από τις αναερόβιες συνθήκες είναι ο κύριος λόγος για την καταστροφή της βλάστησης. Το  $\text{CH}_4$  έχοντας την τάση να ανέλθει προς την ατμόσφαιρα, λόγω μικρότερου ειδικού βάρους από τον αέρα, εκδιώκει το  $\text{O}_2$ , το οποίο είναι δεσμευμένο στο έδαφος γύρω από τις ρίζες των φυτών, με αποτέλεσμα την καταστροφή της χλωρίδας σε αρκετή απόσταση από τους χώρους διάθεσης. Η ασφυξία οδηγεί σε εξάλειψη ιχνοστοιχείων, όπως ποτάσιο, νάτριο, φώσφορο, κέλλσιο, μαγνήσιο, από τα φυτά και σε μείωση των βαρέων μετάλλων, όπως ο σίδηρος και το μαγγάνιο, τα οποία γίνονται περισσότερο διαλυτά στο νερό, καθιστώντας τα φυτά επιρρεπή σε τοξικές συγκεντρώσεις. Ακόμη, η

αναερόβια δραστηριότητα μεταβάλλει κάποια από τα χαρακτηριστικά του χώματος, υποβιβάζοντας το λόγο του άνθρακα προς το άζωτο στο χώμα, πράγμα επιβλαβές για τα φυτά. Τέλος, συμβάλλει στη μείωση του **pH**, γεγονός που δεν ευνοεί την ανάπτυξη της βλάστησης.

Η συνήθης συγκέντρωση του **CO<sub>2</sub>** στο χώμα για τη φυσιολογική ανάπτυξη της βλάστησης πρέπει να είναι μικρότερη του 5 %. Περαιτέρω αύξηση από την αποσύνθεση των απορριμμάτων είναι τοξική για την περιοχή των ριζών ακόμη και υπό αναερόβιες συνθήκες. Από την άλλη πλευρά το **CH<sub>4</sub>** δεν είναι τοξικό, αλλά η ασφυξία μπορεί να προέλθει με μικροβιακή οξείδωσή του από **O<sub>2</sub>** προς **CO<sub>2</sub>**. Όταν η οξείδωση του μεθανίου συμβαίνει σε βάθος μέχρι **25 cm** από την επιφάνεια του εδάφους η επίδραση είναι η ίδια για όλα τα είδη φυτών, ενώ όταν πραγματοποιείται σε βάθος μεγαλύτερο από **50 cm** προσβάλλονται μόνο φυτά με βαθιές ρίζες (π.χ. δέντρα). Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι εξώθερμη και αυξάνει τη θερμοκρασία του εδάφους, γεγονός που προκαλεί ασφυξία. Τέτοια εδάφη παρουσιάζουν υψηλότερη θερμοκρασία από τη συνηθισμένη, η οποία ξεπερνά τους **40°C** ή και τους **60°C** [3].

- *Κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία*

Τα συστατικά του βιοαερίου (**CH<sub>4</sub>, NO, SO, CO<sub>2</sub>**) είναι επιβλαβή για την υγεία επειδή δρουν ως ασφυξιογόνα. Αντικαθιστούν το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα σε κλειστούς χώρους και οδηγούν σε ασφυξία. Ειδικότερα, όταν η συγκέντρωσή του **O<sub>2</sub>** πέσει κάτω του **16 % κ.ο.**, η αναπνοή επιταχύνεται, ενώ όταν πέσει κάτω του **10 % κ.ο.** μπορεί να προκληθούν εγκεφαλικές βλάβες. Σε κανονικές συνθήκες πίεσης η συγκέντρωση του οξυγόνου δεν πρέπει να πέφτει κάτω από **18 % κ.ο.**

Σε αρκετές περιπτώσεις έχει παρατηρηθεί αυξημένη συγκέντρωση **CH<sub>4</sub>** σε φρεάτια και υπονόμους σε αρκετή απόσταση από τις χωματερές, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει ασφυξία σε ανθρώπους που εισέρχονται σε αυτούς.

Το όριο οκτάωρης έκθεσης του ανθρώπου στο μεθάνιο, σε κλειστό χώρο, καθορίζεται από την **Occupational Safety and Health Administration (OSHA)** και είναι **50 ppm** ή **0,335 gr/m<sup>3</sup>**. Δεν υπάρχουν νομοθετημένα όρια για τις συγκεντρώσεις του μεθανίου στην ατμόσφαιρα [3].

- *Αύξηση της σκληρότητας του νερού*

Το **CO<sub>2</sub>** δημιουργεί προβλήματα λόγω της μεγάλης πυκνότητάς του. Είναι περίπου **1,5** φορές βαρύτερο από τον αέρα και **2,8** φορές βαρύτερο

από το  $\text{CH}_4$ , και έχει επομένως την τάση να κινείται προς τον πυθμένα της κωματερής. Μπορεί να διαπεράσει τα στρώματα του εδάφους κάτω από τη κωματερή και να φθάσει τα υπόγεια ύδατα. Εκεί αντιδρά με το νερό και παράγει  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , το οποίο με τη σειρά του αντιδρά με τα άλατα που υπάρχουν στα υπόγεια εδάφη, με αποτέλεσμα την αύξηση της σκληρότητας του νερού.

- *Προβλήματα ενοχλήσεων από οσμές*

Τα κύρια συστατικά του βιοαερίου είναι άοσμα και δεν δημιουργούν προβλήματα δυσσομίας. Το εκλυόμενο υδρόθειο και η αμμωνία είναι κυρίως οι ενώσεις που δημιουργούν το πρόβλημα των δυσάρεστων οσμών.

Δυσάρεστες οσμές προέρχονται επίσης από οργανικές ενώσεις, όπως μερκαπτάνες, αμίδια και μεθυλοσουλφίδια, σε μικρότερο βαθμό, λόγω και της χαμηλής συγκέντρωσής τους.

Η επίδραση των οσμών στον άνθρωπο σχετίζεται πρωτίστως με τη ψυχολογική πίεση που του προκαλούν. Επίσης, μπορεί να μειώσουν το επίπεδο της όρεξης, της κατανάλωσης νερού και να προκαλέσουν ναυτία και τάση προς εμετό [3].

- *Συμμετοχή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στη μείωση του προστατευτικού στρώματος της στροβίλας του όζοντος*

Η συνεισφορά των διαφόρων αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, εξαρτάται από τη συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα. Το  $\text{CH}_4$  είναι υπεύθυνο για το **20%** της αύξησης της θερμοκρασίας στον πλανήτη την τελευταία δεκαετία και η συμμετοχή του είναι ίση με το **1/3** αυτής του  $\text{CO}_2$ . Οι εκπομπές του  $\text{CH}_4$  έχουν αυξήσει την θερμοκρασία του πλανήτη πάνω από **0,23 °C** τα τελευταία τετρακόσια χρόνια [3].

**Το** μεθάνιο είναι αέριο το οποίο έχει κυρίως φυσική προέλευση και είναι το δεύτερο μεγαλύτερο αέριο, μετά το  $\text{CO}_2$ , σε συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των ατμοσφαιρικών του συγκεντρώσεων, η οποία οφείλεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Ο χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα είναι μεγάλος (εκτιμάται σε **8-11** χρόνια).



### 3.3. Παραγωγή στραγγισμάτων

Τα στραγγίσματα παράγονται κατά την κατείσδυση νερού στο χώρο ταφής, όταν υπερνικηθεί η ικανότητα κατακράτησης υγρασίας από τα απορρίμματα. Πολλές φορές όμως εμφανίζονται πριν ακόμα αυτά κορεσθούν λόγω της ετερογένειας τους και της γενικής ανομοιομορφίας μετά την ταφή τους. Δημιουργούνται δηλαδή, κανάλια μέσα από τα οποία ρέει το στράγγισμα. Το νερό που διεισδύει επιβαρύνεται με διάφορους ανόργανους και οργανικούς ρυπαντές, καθώς και με προϊόντα που δημιουργούνται κατά την αποδόμηση των απορριμμάτων, με αποτέλεσμα το παραγόμενο στράγγισμα να είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο τόσο για τα υπόγεια όσο και για τα επιφανειακά νερά [10].

Η παραγωγή στραγγισμάτων στις χωματερές εξαρτάται από την ικανότητα των απορριμμάτων να κατακρατούν υγρασία. Ο χρόνος εμφάνισης ποικίλει από μερικές εβδομάδες έως μερικά χρόνια. Η παραγωγή στραγγισμάτων εμφανίζει εποχιακή διακύμανση, η οποία οφείλεται κυρίως σε κλιματολογικά φαινόμενα.

Η γνώση της ποιότητας και της σύνθεσης των στραγγισμάτων είναι σημαντική για τον προσδιορισμό των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον και απαραίτητη για το σχεδιασμό κατάλληλων εγκαταστάσεων επεξεργασίας τους [21]. Η σύνθεσή τους επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι: α) η σύνθεση των απορριμμάτων, β) ο τρόπος ταφής των απορριμμάτων, γ) οι κλιματολογικές συνθήκες και η υδρολογία της περιοχής και δ) τα χαρακτηριστικά του χώρου διάθεσης (χημικές και βιολογικές δράσεις, υγρασία εδάφους, θερμοκρασία, pH και ηλικία της χωματελής) [12].

Οι οργανικές ουσίες αποτελούν τη σημαντικότερη επιβάρυνση των στραγγισμάτων αυτών και είναι το κυριότερο κριτήριο για την εκτίμηση της ποιότητάς τους. Οι σπουδαιότεροι παράμετροι για την παραπάνω εκτίμηση είναι το **BOD<sub>5</sub>**, **COD**, **TOC** και εξαρτώνται από την ηλικία της χωματελής και φυσικά τη σύνθεση των απορριμμάτων. Οι οργανικές ουσίες δείχνουν τάση μείωσης της συγκέντρωσής τους όσο αυξάνεται η ηλικία της εγκατάστασης.

Τα ανόργανα στοιχεία των στραγγισμάτων χωρίζονται ανάλογα με την διαχρονική εξέλιξη των συγκεντρώσεών τους σε τρεις κατηγορίες:

α)στοιχεία με διαχρονική εξέλιξη συγκέντρωσης (**Fe, Ca, mg, Mn, Zn**),

β)στοιχεία με μακροπρόθεσμα ελαφρά αυξανόμενη συγκέντρωση (Cl, N<sub>4</sub><sup>+</sup>, K, Na),

γ)στοιχεία με τυχαίες διακυμάνσεις συγκεντρώσεων (NO,P και βαρέα μέταλλα Pb, Ni, As, Cu, Cd, Cr, Co).

Συγκριτικά με τα λύματα , τα στραγγίσματα έχουν υψηλές τιμές σε Cl, K, Na, Mn και Mg.

Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζεται μια τυπική σύνθεση στραγγισμάτων.

Παράμετροι	Όρια (mg/l)	Τυπική τιμή (mg/l)
BOD <sub>5</sub>	2000-30000	10000
TOC	1500-20000	6000
COD	3000-45000	18000
Ολικά αιωρούμενα στερεά	200-1000	500
Οργανικό άζωτο	10-600	200
Αμμωνιακό άζωτο	10-800	200
Νιτρικά	5-40	25
Ολικός φώσφορος	1-70	30
Ορθοφωσφορικά	1-50	20
Αλκαλικότητα ως CaCO <sub>3</sub>	1000-10000	3000
Ph	5,3-8,5	6
Ολική σκληρότητα ως CaCO <sub>3</sub>	300-10000	3500
Ασβέστιο	200-3000	1000
Μαγνήσιο	50-1500	250
Κάλιο	200-2000	300
Νάτριο	200-2000	500
Χλώριο	100-3000	500
Θείο	100-3000	500
Ολικός σίδηρος	50-600	60

Πίνακας 3.3: Σύνθεση στραγγισμάτων [40]

Η μεταβολή της σύστασης των στραγγισμάτων σε σχέση με το χρόνο απόθεσης των απορριμμάτων είναι ιδιαίτερης σημασίας. Σε γενικές γραμμές τα στραγγίσματα που προέρχονται από νέες χωματερές παρουσιάζουν υψηλές τιμές συγκέντρωσης οργανικού φορτίου, αμμωνιακών, μετάλλων (σιδήρου, μαγνησίου), αλκαλίων (κάλιο, νάτριο), χλωριόντων, θειϊκών κ.α. Οι υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου (κυρίως βιοαποδομήσιμου) οφείλονται στο γεγονός ότι οι βιοχημικές δράσεις στο χώρο απόθεσης των απορριμμάτων βρίσκονται στο οξυγενές στάδιο της αναερόβιας διεργασίας, με αποτέλεσμα ένας σημαντικός αριθμός από οργανικά προϊόντα αποδόμησης να περνάνε στο διερχόμενο στραγγίσμα ως έχουν, προτού αποδομηθούν πλήρως προς αέρια προϊόντα.

Αντίθετα, τα στραγγίσματα που προέρχονται από παλιές χωματερές έχουν μικρότερες συγκεντρώσεις ρυπαντών. Όσον αφορά στο οργανικό φορτίο, αυτό είναι πολύ μικρό γιατί η βιολογική σταθεροποίηση των απορριμμάτων έχει προχωρήσει αρκετά και οι βιοχημικές δράσεις στο χώρο βρίσκονται στο στάδιο της μεθανογένεσης (τα ενδιάμεσα προϊόντα αποδόμησης διασπώνται πλήρως προς αέρια προϊόντα, ενώ παραμένουν στο χώρο κυρίως τα οργανικά συστατικά που δεν επηρεάζονται από τις διάφορες δράσεις βιοαποδόμησης) [11].

Στον πίνακα 3.4 παρουσιάζεται μια τυπική περίπτωση σχέσης μεταξύ ηλικίας της χωματελής και σύστασης των στραγγισμάτων.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ (mg/l)	Νεαρός ΧΥΤΑ (κάτω από 2 έτη)		Ωριμος ΧΥΤΑ
	Εύρος	Τυπικές τιμές	Τιμές άνω δεκαετίας
BOD	2.000-30.000	10.000	100-200
TOC	1.500-20.000	6.000	80-160
COD	3.000-60.000	18.000	100-500
TSS	200-2.000	500	100-400
Οργανικό N	10-800	200	80-120
NH <sub>3</sub> -N	10-800	200	20-40
NO <sub>3</sub>	5-40	25	5-10
Ολικός P, Ορθοφωσφορικά	5-100	30	5-10
Αλκαλικότητα σε CaCO <sub>3</sub>	1.000-10.000	3.000	200-1.000
pH	4,5-7,5	6	6,6-7,5
Ολική σκληρότητα (CaCO <sub>3</sub> )	300-10.000	3.500	200-500
Ca	200-3.000	1.000	100-400
Mg	50-1.500	250	50-200
K	200-1.000	300	50-400
Na	200-2.500	500	100-200
Cl	200-3.000	500	100-400
SO <sub>4</sub>	50-1.000	300	20-50
Ολικός Fe	50-1.200	60	20-200

Πίνακας 3.4: Σύθεση στραγγισμάτων, ανάλογα με την ηλικία του ΧΥΤΑ  
(Πηγή: G. Tchobanoglous - H. Theisen - S. Vigil, 1993)

### 3.4. Επιπτώσεις από την παραγωγή στραγγισμάτων

Μετά την έξοδο τους από το χώρο ταφής και πριν φθάσουν στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα, τα στραγγίσματα διέρχονται από το έδαφος, όπου μειώνονται ή γενικά μεταβάλλονται οι συγκεντρώσεις διαφόρων συστατικών

τους. Οι μηχανισμοί φυσικής απορρύπανσης είναι αρκετά πολύπλοκοι και περιλαμβάνουν βιοχημικές, φυσικές και χημικές δράσεις. Παρά τη φυσική απορρύπανση που υφίστανται τα στραγγίσματα μετά την έξοδο τους από τη χωματερή, παραμένουν ιδιαίτερα βεβαρημένα με οργανικό και ανόργανο φορτίο. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι η σημαντική ρυπαντική επιβάρυνση των υπογείων ή/και επιφανειακών υδάτων.

Μετά την ανάμιξη, παρουσιάζεται αύξηση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (**BOD**) μέσα στο υπόγειο νερό, σαν αποτέλεσμα της εισαγωγής οργανικού άνθρακα στο σύστημα. Το γεγονός αυτό προκαλεί αύξηση της τάσης για αναπαραγωγή των παθογόνων μικροοργανισμών. Η βιοαποδόμηση του νέου οργανικού φορτίου είναι πολύ αργή, καθώς δεν υπάρχει αναπλήρωση του διαλυμένου οξυγόνου που καταναλώνεται. Όταν το οξυγόνο καταναλωθεί πλήρως, επικρατούν αναερόβιες συνθήκες και τα προβλήματα αυξάνονται εξαιτίας της διάλυσης στο νερό διαφόρων ουσιών (κυρίως σιδήρου και μαγνησίου) από τα περιβάλλοντα εδάφη.

Εξίσου σοβαρή επίπτωση των στραγγισμάτων στο υπόγειο νερό είναι η αύξηση της συγκέντρωσης μετάλλων και άλλων ανόργανων ιόντων σε αυτό, με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των διαλυμένων στερεών και της αλατότητας, γεγονός που το καθιστά ακατάλληλο για πόση. Σπανιότερη, αλλά πιο επικίνδυνη, είναι η ρύπανση του νερού από τοξικές ουσίες.

Η πρόληψη ή/και παρεμπόδιση ρύπανσης των υπογείων υδάτων από στραγγίσματα είναι εξαιρετικής σπουδαιότητας, διότι αφενός ο απαιτούμενος χρόνος για τον αυτοκαθαρισμό τους ανέρχεται σε δεκάδες χρόνια, αφετέρου ο τεχνητός καθαρισμός είναι σχεδόν αδύνατος.

Τα στραγγίσματα αποτελούν τη μεγαλύτερη απειλή ρύπανσης του υπεδάφους. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η στεγανοποίηση του χώρου και η συλλογή και επεξεργασία τους. Τα στραγγίσματα αφού συγκεντρωθούν πρέπει απαραίτητα να υποστούν επεξεργασία πριν την τελική τους διάθεση. Η μέθοδος διάθεσης και επεξεργασίας ποικίλει κατά περίπτωση και μπορεί να αφορά επανακυκλοφορία, εξάτμιση, διάθεση με αστικά λύματα σε μονάδα καθαρισμού ή ανεξάρτητη μονάδα επεξεργασίας στραγγισμάτων. Η σωστή διαχείριση των στραγγισμάτων είναι το κλειδί για την περιβαλλοντικά αποδεκτή λειτουργία μιας χωματερής.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:**

### **ΔΥΣΚΟΛΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ**

### **ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ**

Ένα από τα σοβαρότερα περιβαλλοντικά προβλήματα της Ελλάδας είναι οι χιλιάδες χώροι ανεξέλεγκτης διάθεσης στερεών αποβλήτων. Η αποκατάσταση αυτών των χώρων είναι ένα πολύ δύσκολο επιστημονικό και τεχνικό πρόβλημα, κυρίως λόγω της συχνής απουσίας βασικών σχεδιαστικών δεδομένων που χαρακτηρίζει αυτούς τους χώρους.

Συνήθως, δεν υπάρχουν οι απαραίτητες πληροφορίες για να γίνει ένας ολοκληρωμένος σχεδιασμός. Παράμετροι που είναι απαραίτητοι για να σχεδιαστεί ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα αποκατάστασης, όπως το είδος και οι ποσότητες των απορριμμάτων που έχουν ταφεί, η ηλικιακή κατανομή τους, η ποιότητα και ποσότητα των εκπεμπόμενων ρύπων, ο τρόπος ταφής των απορριμμάτων, είναι συνήθως άγνωστοι σε ένα χώρο ανεξέλεγκτης διάθεσης στερεών αποβλήτων.

Οι χώροι απόθεσης έχουν την ιδιαιτερότητα ότι ο όγκος, η μάζα, το σχήμα, οι αέριες εκπομπές και τα υγρά απόβλητα μεταβάλλονται διαρκώς όσο λειτουργούν και προσθέτονται νέα απόβλητα, ακόμα και μετά το πέρας της λειτουργίας τους. Συνεπώς, το κύριο χαρακτηριστικό ενός τέτοιου χώρου απόθεσης είναι ότι πρόκειται για έναν «ζωντανό», διαρκώς μεταβαλλόμενο βιοαντιδραστήρα, ο οποίος: α) όσο λειτουργεί ταυτόχρονα «κατασκευάζεται» (με την έννοια ότι οικοδομείται το ανάγλυφο και ταυτόχρονα αποδομείται το σώμα των απορριμμάτων) και β) όσο «κατασκευάζεται» (αλλά και κατόπιν) ταυτόχρονα λειτουργεί (με την έννοια ότι είναι «ζωντανός»).

Η παραπάνω θεώρηση τροποποιεί και την αντίληψη περί αποκαταστάσεων. Με τη σειρά τους και οι αποκατεστημένοι χώροι θεωρούνται γηρασμένα μεν, ζωντανά δε, σώματα απορριμμάτων [29] και αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο οι σύγχρονες νομοθετικές και θεσμικές ρυθμίσεις [24] προβλέπουν την παρακολούθησή τους για πολλά χρόνια.

Στα πλαίσια του προσδιορισμού των εργασιών αποκατάστασης είναι αναγκαίο να απαντηθούν μία σειρά από κρίσιμα ερωτήματα, έτσι ώστε να γίνει μία σωστή διάγνωση της κατάστασης του χώρου. Η διάγνωση πρέπει να περιλαμβάνει οπωσδήποτε απαντήσεις στα ακόλουθα ερωτήματα [30]:

- Ποια είναι η σύνθεση των απορριμμάτων που έχουν αποθεθεί στο χώρο και τι ηλικία έχουν αυτά;
- Τι συνθήκες επικρατούν στο χώρο ταφής; Ποιος είναι ο βαθμός συμπίεσης; Υπάρχει κυκλοφορία αέρα ή όχι;
- Ποιες είναι οι κυρίαρχες διαδικασίες αποδόμησης των απορριμμάτων, οι αερόβιες ή οι αναερόβιες;
- Σε ποια επίπεδα κυμαίνεται η υγρασία, η θερμοκρασία και η πίεση εντός του χώρου ταφής;
- Πώς μεταναστεύει το βιοαέριο;
- Πού συσσωρεύονται και πώς κινούνται τα στραγγίσματα;
- Ποια είναι η δομή του αναγλύφου και ποια η ευστάθειά του;

Οι απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το σχεδιασμό της αποκατάστασης του χώρου και τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για το σκοπό αυτό.

Σε αυτό ακριβώς το σημείο εντοπίζεται η αναγκαιότητα μιας μεθοδολογίας διερεύνησης χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων που θα έχει σχετικά μικρό οικονομικό κόστος και θα προσφέρει τουλάχιστον απαντήσεις στα ερωτήματα που προαναφέρθηκαν.

Το πρακτικό λοιπόν ερώτημα είναι: *Πώς θα αντληθούν οι περισσότερες πληροφορίες, δαπανώντας τα λιγότερα κονδύλια;* Διότι με τα σημερινά τεχνολογικά μέσα, η διερεύνηση ενός χώρου ταφής είναι εφικτή αλλά κοστίζει πολύ.

Οι απαιτούμενες πληροφορίες είναι εύκολο να ανακτηθούν με γεωτρήσεις, δειγματοληψίες, γεωφυσικές και άλλες μεθόδους, οι οποίες δίνουν ακριβή αποτελέσματα, έχουν όμως σημαντικό κόστος. Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι στη χώρα μας υπάρχουν περίπου **2.160** ανεξέλεγκτες χωματερές, οι οποίες πρέπει να κλείσουν άμεσα και με την έλλειψη οικονομικών πόρων, καθιστά αναγκαία την ανεύρεση μεθόδων σχετικά εύκολων και φθηνών, οι οποίες να εξασφαλίζουν καλή προσέγγιση.

Η μελέτη του ιστορικού και των χαρτών της περιοχής, καθώς και αυτοψίες στο χώρο, αποτελούν μεθόδους με πολύ χαμηλό κόστος, οι οποίες όμως δεν είναι σε θέση να απαντήσουν σε όλα τα ερωτήματα που προκύπτουν.

Στον Πίνακα **4.1** παρουσιάζεται μία συσχέτιση αναγκαίων πληροφοριών (που ουσιαστικά αποτελούν τις απαντήσεις των προαναφερθέντων ερωτημάτων) με τα μέσα άντλησης πληροφοριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Τα σκιασμένα κελιά υποδεικνύουν τη συσχέτιση μεταξύ των αναγκαίων πληροφοριών και των μέσων άντλησης πληροφορίας. Έτσι,

για παράδειγμα, κοιτάζοντας κάποιος μία γραμμή μπορεί να βρει αμέσως από ποια μέσα άντλησης μπορεί να πάρει χρήσιμες πληροφορίες για κάθε ερώτημα, ενώ κοιτάζοντας μία στήλη μπορεί να δει αμέσως πού αξιοποιούνται τα στοιχεία που προκύπτουν από κάθε μέσο άντλησης.

<b>ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ</b>	<b>ΜΕΣΑ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ</b>					
	Μετρήσεις βιοαερίου	Μετρήσεις θερμοκρασίας, πίεσης, υγρασίας	Γεωτρήσεις	Γεωφυσικές έρευνες	Δειγματοληψίες υλικού	Γενικές πληροφορίες
<i>Ποσότητα αποβλήτων</i>						
<i>Σύνθεση αποβλήτων</i>						
<i>Συνθήκες ταφής</i>						
Συμπύεση						
Παρουσία αέρα						
Θερμοκρασία, πίεση						
Υγρασία, διεύθυνση νερού						

*Πίνακας 4.1: Συσχέτιση αναγκαίων πληροφοριών - μέσων άντλησης πληροφορίας σε χώρο ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων [30]*

Στη στήλη «Γενικές πληροφορίες», εννοούνται όλες οι πληροφορίες που συνήθως υπάρχουν για ένα χώρο, όπως η μορφολογία του εδάφους και του αναγλύφου των απορριμμάτων, τα κλιματολογικά στοιχεία, οι γεωλογικοί σχηματισμοί κλπ.

Μία μεθοδολογία αντιμετώπισης του προβλήματος της έλλειψης των απαιτούμενων πληροφοριών που έχει ως κορμό ένα πρόγραμμα μετρήσεων βιοαερίου, σχετικά εύκολο και φθηνό, εφαρμόστηκε με επιτυχία στην περίπτωση της αποκατάστασης της παλαιάς κωματερής του Δήμου Ηρακλείου της Κρήτης, στη θέση Σκαφιδάρας και τα αποτελέσματά της αναμόρφωσαν το αρχικό σχέδιο αποκατάστασης.

Ένα από τα βασικότερα ερωτήματα της διάγνωσης, που αφορά στο είδος των διεργασιών αποδόμησης και στο βαθμό γήρανσης του σώματος των απορριμμάτων, από τον οποίο εξαρτάται το ρυπαντικό φορτίο που απομένει στη μάζα των αποβλήτων, μπορεί σε μεγάλο βαθμό να απαντηθεί από τις μετρήσεις βιοαερίου. Ο λόγος για τον οποίο οι μετρήσεις βιοαερίου παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο είναι η μετανάστευση του βιοαερίου μέσα στο σώμα των απορριμμάτων. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι ότι οι

μετρήσεις βιοαερίου, σε κάθε περίπτωση, έχουν μία ενισχυμένη αντιπροσωπευτικότητα σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο μέτρησης και δειγματοληψίας. Τα μετρούμενα αέρια προέρχονται πάντα από τις κυρίαρχες φυσικοχημικές διεργασίες σε ευρύτερες περιοχές και άρα αντανακλούν καλύτερα τις διεργασίες που κυριαρχούν στο χώρο.

Αντίθετα, οι δειγματοληψίες, οι αναλύσεις στερεού υλικού και στραγγισμάτων ακόμα και οι γεωτρήσεις έχουν σαφή τοπικό χαρακτήρα, που δεν μπορεί εύκολα να δώσει γενικευμένα αποτελέσματα, παρά μόνο αν συνδυαστεί με τις μετρήσεις βιοαερίου. Μόνο οι γεωφυσικές μέθοδοι έρευνας μπορούν να συγκριθούν σε αντιπροσωπευτικότητα με τις μετρήσεις βιοαερίου, αλλά δεν μπορούν να συγκριθούν σε κόστος (κοστίζουν τουλάχιστον πέντε φορές περισσότερο), ενώ ταυτόχρονα δεν μπορούν να δώσουν στοιχεία για τις φυσικοχημικές διεργασίες που κυριαρχούν στο χώρο.

Η εκτίμηση επικινδυνότητας, η οποία περιγράφεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο, αποτελεί το σημαντικότερο εργαλείο λήψης των απαραίτητων πληροφοριών, έχοντας χαμηλό κόστος και παρέχοντας καλή προσέγγιση.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:**

### **ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ**

#### **5.1. Γενικά**

Η εκτίμηση επικινδυνότητας αναφέρεται σε κάθε πιθανότητα τραυματισμού, βλάβης ή άλλων μη επιθυμητών επιπτώσεων.

Σύμφωνα με τους ιστορικούς, ο πρώτος άνθρωπος που ασχολήθηκε επαγγελματικά με την εκτίμηση επικινδυνότητας καταγόταν από την αρχαία Βαβυλώνα (3.200 π.Χ), όπου υπήρχε συγκεκριμένη ομάδα ανθρώπων που προσέφερε συμβουλές σε περιπτώσεις αβέβαιων ή δύσκολων αποφάσεων της καθημερινής ζωής.

Για περισσότερο από έναν αιώνα τώρα, η ανάλυση και η διαχείριση επικινδυνότητας χρησιμοποιούνται καθημερινά στις τραπεζικές δραστηριότητες, στις ασφάλειες και στις επιχειρηματικές εργασίες των αναπτυγμένων χωρών. Σοβαρές εφαρμογές στην υγιεινή και ασφάλεια έχουν αρχίσει να γίνονται τις τελευταίες δεκαετίες, ενώ ακολούθησαν εφαρμογές στην έρευνα σχετικά με τον κίνδυνο από φυσικές καταστροφές.

Σήμερα η εκτίμηση επικινδυνότητας χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και τη διαχείριση πιθανών μη επιθυμητών καταστάσεων που μπορούν να προκύψουν από ένα εύρος δραστηριοτήτων, όπως βιομηχανικές δραστηριότητες, βλάβες μηχανικών μερών, τραυματισμοί στο χώρο εργασίας, αρρώστιες ή θάνατοι από ασθένειες ή από φυσικά αίτια ή από τον τρόπο ζωής ή από εθελοντικές δραστηριότητες, επιπτώσεις της οικονομικής ανάπτυξης στο οικοσύστημα, οικονομικές συναλλαγές κ.α. [33, 19]

Η ανάλυση, η διαχείριση και η κοινοποίηση των κινδύνων που σχετίζονται με την υγιεινή και την ασφάλεια του ανθρώπου, καθώς και με το περιβάλλον, είναι ένας τομέας που εξακολουθεί να αποτελεί θέμα συζήτησης ανάμεσα στους επαγγελματίες και το ενδιαφερόμενο κοινό. Η εκτίμηση επικινδυνότητας, η συγκριτική εκτίμηση επικινδυνότητας, η κοινοποίηση και η διαχείριση κινδύνου είναι σημαντικά εργαλεία, τα οποία περιγράφονται συντόμως στη συνέχεια [32].

### *a. Εκτίμηση επικινδυνότητας*

Η διαδικασία αυτή έχει ως στόχο την εκτίμηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων που μπορούν να προκύψουν από έκθεση σε ένα συγκεκριμένο κίνδυνο, καθώς και αν οι επιπτώσεις αυτές χρήζουν ιδιαίτερης μεταχείρισης. Ανάλογα με το είδος του κινδύνου, οι επιπτώσεις μπορεί να είναι τραυματισμοί στον εργασιακό χώρο, αναπαραγωγικές και γενετικές ανωμαλίες, ασθένειες όπως ο καρκίνος ή οικολογικές επιπτώσεις, όπως εξαφάνιση ορισμένων ειδών του ζωικού βασιλείου, απώλεια φυσικού περιβάλλοντος ζώων ή φυτών και άλλες καταστροφές του οικοσυστήματος.

Στους τομείς της υγιεινής, της ασφάλειας και του περιβάλλοντος, κίνδυνος καλείται συνήθως η πιθανότητα ατυχήματος ή δυσμενών επιπτώσεων όπως αναπηρίες, ασθένειες ή θάνατοι.

Η επικινδυνότητα εκφράζεται συχνά με τη μορφή πιθανοτήτων, όπως για παράδειγμα ο αριθμός των θανάτων από καρκίνο σε πληθυσμό 1 εκατομμυρίου ανθρώπων που εκτίθενται σε αυτόν. Σε περιπτώσεις όπου η ποσοτικοποίηση είτε δεν είναι εφικτή, είτε δεν είναι απαραίτητη, συχνά χρησιμοποιούνται και πιο ποιοτικοί χαρακτηρισμοί, όπως μικρός, μεσαίος, μεγάλος κίνδυνος.

Ο σκοπός και η πολυπλοκότητα της εκτίμησης επικινδυνότητας εξαρτάται από την περίπτωση: από απλές βοηθητικές αναλύσεις έως αναλυτικές προσπάθειες που απαιτούν χρόνια και σημαντικό προϋπολογισμό [52, 57]. Η εκτίμηση επικινδυνότητας συνδέεται με πολλούς επιστημονικούς κλάδους, όπως η τοξικολογία, η επιδημιολογία και άλλες επιστήμες υγείας, αλλά και περιβαλλοντικές επιστήμες, μηχανικά συστήματα και άλλους τεχνικούς κλάδους.

Οι μέθοδοι και τα στάδια της εκτίμησης επικινδυνότητας ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του κινδύνου και τις πιθανές επιπτώσεις.

Σε γενικές γραμμές η εκτίμηση επικινδυνότητας περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια: **1) Εντοπισμός προβλήματος** - Ανάλυση *Πηγής* κινδύνου, **2) Εκτίμηση της Έκθεσης** στον κίνδυνο, **3) Εκτίμηση των Επιπτώσεων** του κινδύνου και **4) Τελικός χαρακτηρισμός** κινδύνου.

Η ανάλυση της *Πηγής* πρόκλησης κινδύνου έχει ως στόχο την αναγνώριση και την αξιολόγηση της ακολουθίας των γεγονόνων, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν έκθεση σε κίνδυνο. Στην εκτίμηση επικινδυνότητας μηχανικών συστημάτων το στάδιο αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα εκτενές και λεπτομερές, όπως για παράδειγμα η αξιολόγηση της

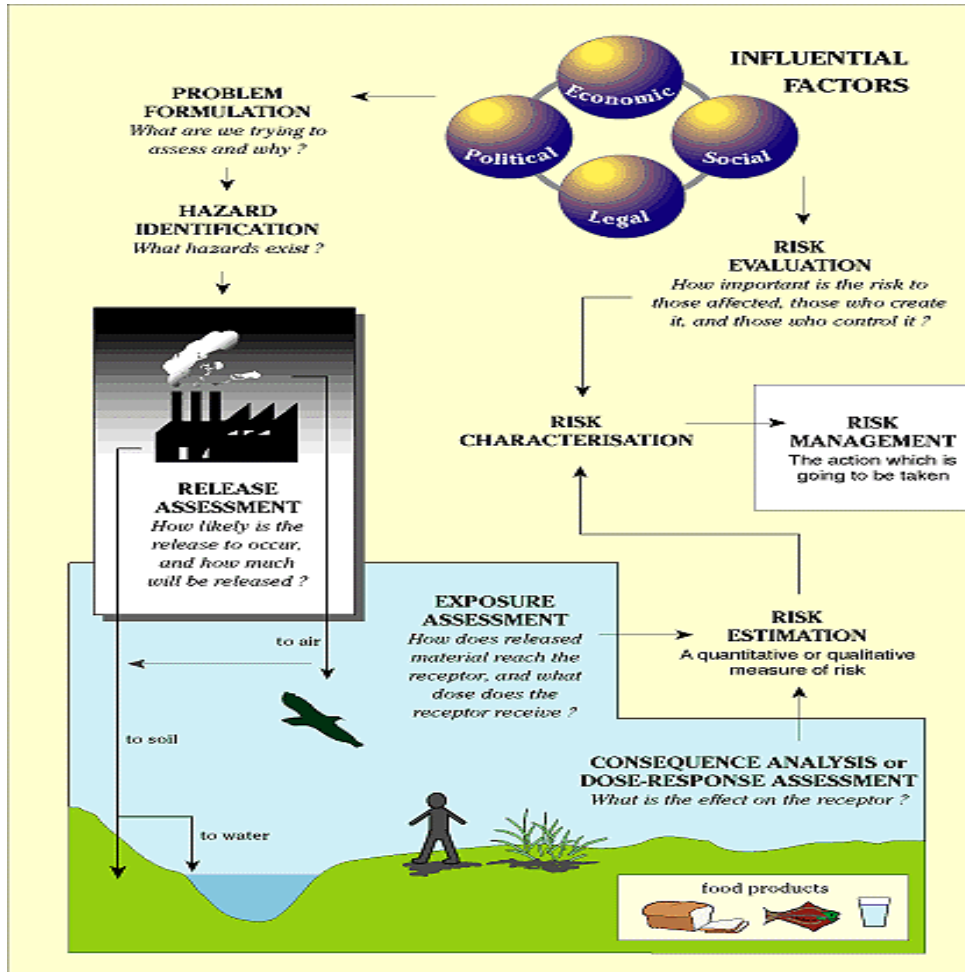
πιθανότητας βλάβης μιας αντλίας, η οποία μπορεί να οδηγήσει μετά από διάφορα στάδια σε έκλυση αυξημένων επιπέδων τοξικών ουσιών.

Η ανάλυση της Έκθεσης στοχεύει στον προσδιορισμό του αριθμού και του τύπου των ανθρώπων που εκτίθενται στον κίνδυνο, του μεγέθους και της διάρκειας της έκθεσης. Ένα παράδειγμα είναι η εκτίμηση της διασποράς τοξικών χημικών ουσιών που εκλύονται από μία βιομηχανική εγκατάσταση και η περιγραφή των χαρακτηριστικών της έκθεσης του ανθρώπινου πληθυσμού στα χημικά.

Η εκτίμηση των *Επιπτώσεων* έχει ως στόχο τον προσδιορισμό της έκτασης των δυσμενών επιπτώσεων που είναι πιθανό να προκύψουν από την έκθεση στον κίνδυνο. Αυτού του είδους η εκτίμηση περιλαμβάνει διάφορα στάδια. Το αρχικό στάδιο είναι να προσδιοριστεί αν η έκθεση στον κίνδυνο, για παράδειγμα σε μια συγκεκριμένη βιομηχανική ουσία, θα μπορούσε να προκαλέσει καρκίνο ή άλλη σοβαρή διαταραχή της λειτουργίας του νευρικού συστήματος. Αν συμβαίνει κάτι τέτοιο, τότε ακολουθεί μια πιο λεπτομερής μελέτη για τον καθορισμό της ποσοτικής σχέσης που υπάρχει μεταξύ του επιπέδου της έκθεσης και της συχνότητας εμφάνισης των δυσμενών επιπτώσεων (σχέση έκθεσης – επιπτώσεων).

Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου είναι το τελικό στάδιο της εκτίμησης επικινδυνότητας. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη συγκέντρωση όλων των στοιχείων που υπάρχουν για τη φύση και το μέγεθος του κινδύνου. Στο στάδιο αυτό προσδιορίζονται όλες οι πιθανές επιπτώσεις στην υγεία, η δραστηριότητα του κινδύνου (η σοβαρότητα των δυσμενών επιπτώσεων), τα άτομα που έχουν προσβληθεί και η πιθανότητα έκθεσης. Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου αποτελεί το βασικότερο εργαλείο ενημέρωσης όλων των εμπλεκόμενων μερών για τον κίνδυνο.

Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου αποτελεί το σημαντικότερο δεδομένο για το στάδιο της διαχείρισης του κινδύνου που ακολουθεί.



Εικόνα 5.1.: Στάδια εκτίμησης επικινδυνότητας [15]

### β. Συγκριτική Εκτίμηση Επικινδυνότητας

Η διαδικασία αυτή αποτελεί μέρος της εκτίμησης επικινδυνότητας από τα τέλη της δεκαετίας του '80.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συγκριτικής εκτίμησης επικινδυνότητας. Η *Σύγκριση Ειδικής Επικινδυνότητας (Specific Risk Comparison)* αναφέρεται στην αξιολόγηση των κινδύνων (εξετάζοντας παράγοντα προς παράγοντα ξεχωριστά), που σχετίζονται με ουσίες, προϊόντα ή δραστηριότητες. Τέτοιες συγκρίσεις αφορούν είτε παρόμοιους παράγοντες επικινδυνότητας (για παράδειγμα σύγκριση κινδύνων εμφάνισης καρκίνου από δύο παρόμοια χημικά φυτοφάρμακα), είτε τελείως διαφορετικούς μεταξύ τους παράγοντες επικινδυνότητας (για παράδειγμα σύγκριση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου από ένα συγκεκριμένο φυτοφάρμακο με τον κίνδυνο θανάτου ή τραυματισμού από αυτοκινητιστικό ατύχημα).

Ο δεύτερος τύπος είναι η *Πραγματoποιημένη Συγκριτική Εκτίμηση Επικινδυνότητας (Programmatic Comparative Risk Assessment)*, που στοχεύει στη σύγκριση πολύ διαφορετικών τύπων κινδύνου για να δώσει στοιχεία για τη θέσπιση κανονισμών και τον οικονομικό προϋπολογισμό. Σε αυτού του είδους τη σύγκριση, η κατάταξη των κινδύνων βασίζεται στη σοβαρότητά τους ή στη δυνατότητα μείωσης/αποφυγής τους (για παράδειγμα εάν οι κίνδυνοι μπορούν να αποφευχθούν με διαθέσιμες τεχνολογίες και πόρους ή όχι) [42].

#### γ. Διαχείριση κινδύνου

Οι βασικοί στόχοι της διαχείρισης κινδύνου είναι:

- 1) Ο προσδιορισμός των κινδύνων που είναι αποδεκτοί από το κοινωνικό σύνολο
- 2) Ο προσδιορισμός των δυνατοτήτων ελέγχου που είναι διαθέσιμοι και
- 3) Η λήψη αποφάσεων για τη μείωση/περιορισμό των μη αποδεκτών κινδύνων

Η εκτίμηση επικινδυνότητας παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την διαχείριση κινδύνου, ωστόσο δεν είναι σε θέση να προσφέρει από μόνη της όλες τις απαντήσεις που απαιτούνται σε ερωτήματα όπως:

- Ποιο επίπεδο έκθεσης στον κίνδυνο θεωρείται μη αποδεκτό και αντιστρόφως ποιο επίπεδο θεωρείται αποδεκτό;
- Πώς μπορούν να αντιμετωπιστούν οι αβεβαιότητες σχετικά με την έκταση του κινδύνου;
- Υπάρχει περίπτωση να προκύψουν νέοι κίνδυνοι στην προσπάθεια μείωσης των ήδη υπαρχόντων;
- Ποιοι από τους υπάρχοντες κινδύνους χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή και διάθεση περισσότερων οικονομικών πόρων;

Τέτοιου είδους ζητήματα επηρεάζονται από τις αξίες και τις προτεραιότητες κάθε κοινωνίας και η ενασχόληση με αυτά απαιτεί τη λήψη πολιτικών αποφάσεων.

Υπάρχουν πολλές πολιτικές προσεγγίσεις για τη μείωση των κινδύνων. Οι πιο συνήθεις είναι η λήψη μέτρων, δράσεων και η θέσπιση κανονισμών. Άλλου είδους προσεγγίσεις περιλαμβάνουν την ενθάρρυνση βιομηχανιών και καταναλωτών, παρέχοντας οικονομικά κίνητρα, ώστε να μειώσουν οικειοθελώς τις δραστηριότητες πρόκλησης κινδύνου, η πληροφόρηση με εκπαιδευτικά προγράμματα για την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών και των ανθρώπων που χρησιμοποιούν την τεχνολογία κ.α.

#### *δ. Κοινοποίηση Κινδύνου*

Η κοινοποίηση του κινδύνου περιλαμβάνει μια σειρά ενεργειών που έχουν ως στόχο την ενημέρωση των πολιτών για θέματα κινδύνου και την ενθάρρυνσή τους να συμμετέχουν σε θέματα διαχείρισης κινδύνου. Αυτό περιλαμβάνει, για παράδειγμα, προειδοποιητικές ετικέτες/πινακίδες που ενημερώνουν τους καταναλωτές για τους υπάρχοντες κινδύνους, δυνατότητα πρόσβασης από το ευρύ κοινό σε δεδομένα χαρακτηρισμού επικίνδυνων συνθηκών και ακρόαση της κοινής γνώμης σε θέματα διαχείρισης κινδύνου.

Η κοινοποίηση του κινδύνου άρχισε να αποτελεί κομμάτι της διαχείρισης κινδύνου στις αρχές της δεκαετίας του '80. Εκείνη την περίοδο διαπιστώθηκε αφενός ότι ένα μέρος του κοινού δεν ήταν εξοικειωμένο με τη φύση των κινδύνων που τους απειλούσαν και αφετέρου ότι οι τεχνικοί αρμόδιοι δεν ήταν σε θέση να λάβουν αποφάσεις διαχείρισης των κινδύνων και στη συνέχεια να τις κοινοποιήσουν στο κοινό.

Η κοινοποίηση του κινδύνου θεωρείται ως ένα είδος διαλόγου μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών.

#### **5.2. Μέθοδοι εκτίμησης επικινδυνότητας**

Οι πηγές και οι παράγοντες επικινδυνότητας διαφοροποιούνται σημαντικά τόσο ως προς τη φύση τους, όσο και ως προς τα είδη των επιπτώσεων που προκαλούν στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Επομένως, οι προσεγγίσεις και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση επικινδυνότητας πρέπει να προσαρμόζονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε παράγοντα επικινδυνότητας.

Βάση των σύγχρονων προσεγγίσεων της *ποιοτικής εκτίμησης επικινδυνότητας* αποτελεί το μοντέλο «Πηγή – Δίοδος – Αποδέκτης», το οποίο συνήθως παίρνει μορφή πίνακα ή **matrix**. Για να στοιχειοθετείται κίνδυνος πρέπει να υπάρχει σύνδεση ανάμεσα στα τρία στοιχεία της αλυσίδας. Το μοντέλο αυτό αποτελεί εργαλείο της ποιοτικής εκτίμησης επικινδυνότητας και έχει ως στόχο την αναγνώριση της πηγής του κινδύνου, των διόδων μέσω των οποίων ο κίνδυνος φτάνει στον αποδέκτη και των τελικών επιπτώσεων.

Όσο αυξάνεται η αβεβαιότητα και η πιθανότητα σοβαρών επιπτώσεων στο περιβάλλον, τόσο περισσότερο λεπτομερής οφείλει να είναι η ανάλυση του μοντέλου «Πηγή – Δίοδος – Αποδέκτης». Αυτό μπορεί να γίνει με την προσθήκη περισσότερων κριτηρίων – δεδομένων, γεγονός που αυξάνει την

πολυπλοκότητα του μοντέλου, το κόστος εφαρμογής του και τον απαιτούμενο χρόνο. Το μοντέλο μπορεί να επεκταθεί και να περιλαμβάνει:

- Ιδιότητες της Πηγής, της Δίοδου και του Αποδέκτη στην υπό εξέταση περιοχή, δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στη μεταξύ τους σχέση
- Αξιολόγηση της υπάρχουσας ή πιθανής σχέσης ανάμεσα στα τρία στοιχεία της αλυσίδας
- Εκτίμηση της πιθανότητας και της έκτασης της διάδοσης του κινδύνου, καθώς και της έκτασης των επιπτώσεων, σε σχέση με τη φύση του κινδύνου, τη δίοδο και την ευαισθησία του Αποδέκτη
- Αναγνώριση και ταξινόμηση του κινδύνου

Εργαλεία της *ποσοτικής εκτίμησης επικινδυνότητας* αποτελούν η Γενική Εκτίμηση επικινδυνότητας και η Προσαρμοσμένη Εκτίμηση Επικινδυνότητας. Η ποσοτική εκτίμηση επικινδυνότητας εφαρμόζεται όταν υπάρχει αβεβαιότητα ή διαφωνία για τα αποτελέσματα της ποιοτικής εκτίμησης επικινδυνότητας και/ή απαιτούνται μέτρα διαχείρισης κινδύνου ή όταν πρόκειται για υψηλής προτεραιότητας, πολύπλοκους κινδύνους. Πλήθος μαθηματικών μοντέλων έχουν αναπτυχθεί για να βοηθήσουν στην ποσοτικοποίηση των κινδύνων που προκύπτουν από εγκαταστάσεις διαχείρισης απορριμμάτων. Δύο προσεγγίσεις είναι δυνατές:

- Γενική Εκτίμηση Επικινδυνότητας, όπου χρησιμοποιείται ένα συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο για να προσομοιωθούν οι συνθήκες στην υπό εξέταση εγκατάσταση, έτσι ώστε να εκτιμηθεί η φύση και το επίπεδο του κινδύνου και να καθοριστούν τα απαιτούμενα μέτρα διαχείρισής του. Στην προσέγγιση αυτή υιοθετείται ένα γενικό μοντέλο, για παράδειγμα το **LANDSIM** που είναι ένα μοντέλο εκτίμησης επικινδυνότητας χωματερών και μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή καταλληλότερου τύπου συστήματος συγκράτησης στραγγισμάτων.
- Προσαρμοσμένη εκτίμηση επικινδυνότητας, όπου γίνονται προσπάθειες προσαρμογής ενός γενικού μοντέλου στην υπό εξέταση περιοχή, κάνοντας υποθέσεις και αλλάζοντας παραμέτρους. Στην περίπτωση αυτή επεκτείνεται ένα γενικό εργαλείο, έτσι ώστε να συμπεριλάβει τις παραμέτρους της εξεταζόμενης περιοχής.

Σε περιπτώσεις εκλύσεων ουσιών στο περιβάλλον, συχνά χρησιμοποιούνται «μοντέλα διασποράς» (**distribution modelling**). Πρόκειται για μαθηματικά μοντέλα που προσπαθούν να αναγνωρίσουν την κίνηση των επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον.

Οι αναλύσεις «περιστατικών και σφαλμάτων» (**event and fault tree analysis**) αποτελούν δύο βασικές προσεγγίσεις που υπολογίζουν την πιθανότητα εμφάνισης μιας βλάβης/αστοχίας λαμβάνοντας υπόψη τα αίτια δημιουργίας της.

Στην ανάλυση σφάλματος στόχος είναι η επιλογή μιας βλάβης/αστοχίας (όπως για παράδειγμα η αποτυχία συγκράτησης στραγγισμάτων) και η ανίχνευσή των πιθανών αιτιών που την προκάλεσαν (όπως για παράδειγμα μηχανική βλάβη ή ανθρώπινο λάθος), χρησιμοποιώντας μια μέθοδο που ονομάζεται «ανάλυση σύνθεσης» (**synthesis analysis**). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχουν αρκετά ιστορικά και στατιστικά δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας κατάλογος με τα αίτια που ενδεχομένως οδήγησαν στην εν λόγω βλάβη/αστοχία.

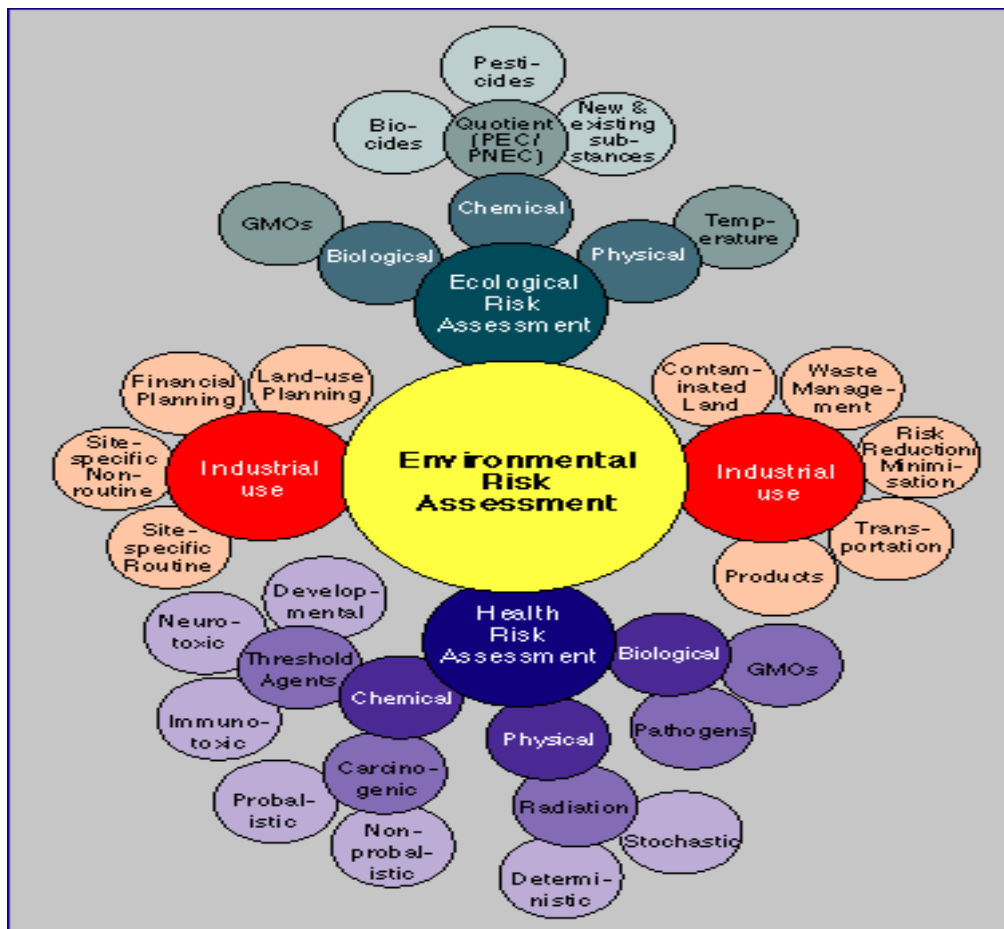
Η ανάλυση περιστατικού λειτουργεί αντίστροφα. Ξεκινώντας από ένα περιστατικό (για παράδειγμα πρόβλημα στο σύστημα συγκράτησης των στραγγισμάτων) γίνεται προσπάθεια να εντοπιστούν οι επιπτώσεις του. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στη χρήση ιστορικών και στατιστικών δεδομένων.

Τα ροϊκά διαγράμματα περιστατικών και σφαλμάτων δίνουν μια ποιοτική εκτίμηση του κινδύνου, αλλά αν χρειαστεί μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για ποσοτική ανάλυση [42].

### **5.3. Τομείς εφαρμογής της εκτίμησης επικινδυνότητας**

Η μέθοδος της εκτίμησης επικινδυνότητας χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα, καθώς και για τους κινδύνους που προκύπτουν από τη λειτουργία βιομηχανικών εγκαταστάσεων [32].





Εικόνα 5.2: Τομείς εφαρμογής της εκτίμησης επικινδυνότητας [15]

#### α. Εκτίμηση επικινδυνότητας σε θέματα Υγιεινής

Η εκτίμηση επικινδυνότητας σε θέματα υγιεινής έχει ως στόχο την αναγνώριση των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία που σχετίζονται με την έκθεση σε πιθανές επικίνδυνες ουσίες (ή σε άλλους κινδύνους) και την εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης συγκεκριμένων επιπτώσεων σε άτομα που εκτέθηκαν σε συγκεκριμένα επίπεδα κινδύνου [5].

Οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία διακρίνονται σε: **1) Φυσικούς**, **2) Χημικούς**: Η εκτίμηση κινδύνων από χημικές ουσίες περιλαμβάνει στάδια όπως αναγνώριση της ουσίας, εκτίμηση δόσης-αποτελέσματος, εκτίμηση διασποράς της ουσίας στο περιβάλλον και αξιολόγηση-χαρακτηρισμό του κινδύνου [49], **3) Βιολογικούς**: Η εκτίμηση βιολογικών κινδύνων περιλαμβάνει την εκτίμηση της ασφάλειας/ποιότητας των τροφίμων [36, 39].

Οι περισσότερες από τις εκτιμήσεις επικινδυνότητας για θέματα υγιεινής που έγιναν τις τελευταίες δεκαετίες, είχαν ως στόχο την εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από έκθεση σε τοξικές χημικές ουσίες, με ιδιαίτερη βαρύτητα στην πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου [16, 34]. Η έμφαση αυτή είναι εμφανής στις μεθόδους ακόμη και στην ορολογία που χρησιμοποιείται στη διαδικασία της εκτίμησης επικινδυνότητας για θέματα υγιεινής.

Παρόλ' αυτά σημαντική θεωρείται και η εξέταση και άλλων επιπτώσεων που μπορεί να υπάρχουν στην υγεία πέρα του καρκίνου, όπως οι διαταράξεις του νευρικού συστήματος, οι οργανικές βλάβες, οι επιπτώσεις στην αναπαραγωγή και στην ανάπτυξη ή οι κίνδυνοι που δεν σχετίζονται με έκθεση σε χημικά, όπως ο κίνδυνος τραυματισμού ή αρρώστιας των εργαζομένων σε μια βιομηχανία.

Από την άλλη πλευρά, ρόλο παίζουν και άλλοι παράγοντες που εξαρτώνται από τις συνήθειες του ανθρώπου, όπως μεταξύ άλλων η ποσότητα του νερού που καταναλώνει, ο τύπος διατροφής του, ο τρόπος μαγειρέματος, πόσες ώρες της ημέρας βρίσκεται εντός και πόσες εκτός σπιτιού.

### *β. Εκτίμηση επικινδυνότητας σε μηχανικά συστήματα*

Στόχος της διαδικασίας αυτής είναι η εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης και των αποτελεσμάτων μεγάλων και καταστροφικών βλαβών μηχανικών συστημάτων στη βιομηχανία. Οι εφαρμογές της εκτίμησης επικινδυνότητας σε αυτόν τον τομέα ξεκίνησαν στη δεκαετία του '60 από τη βιομηχανία αεροσκαφών και συνεχίστηκαν στη δεκαετία του '70 στη βιομηχανία πυρηνικής ενέργειας και στη δεκαετία του '80 στις βιομηχανίες χημικών.

Οι εκτιμήσεις επικινδυνότητας σε αυτόν τον τομέα συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση του μηχανολογικού σχεδιασμού, με στόχο τη μείωση των κινδύνων βλάβης, την ελαχιστοποίηση των οικονομικών επιπτώσεων (δαπάνες, πρόστιμα) και την αποφυγή σχεδιαστικών λαθών από τη διοίκηση της βιομηχανίας.

Οι βλάβες στα μηχανικά συστήματα μπορούν να επιφέρουν σοβαρές, ακόμη και χρόνιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, αλλά και στο περιβάλλον.

Η εκτίμηση επικινδυνότητας σε ένα μηχανικό σύστημα συχνά περιλαμβάνει λεπτομερή μηχανική αξιολόγηση του σχεδιασμού και της λειτουργίας του [6]. Η πιθανότητα βλάβης εκτιμάται συχνά με τη βοήθεια ποσοτικών μεθόδων, όπως Ανάλυση δέντρων αλληλουχίας σφαλμάτων (**Fault**

**Tree Analysis)** και Ανάλυση δέντρων αλληλουχίας γεγονότων (**Event Tree Analysis**). Επίσης, λαμβάνονται υπόψη ιστορικές και εμπειρικές πληροφορίες για τη λειτουργία του συστήματος και τα ατυχήματα που έχουν συμβεί, η πιθανότητα ανθρώπινου λάθους, η πιθανότητα βλάβης των μηχανικών μερών (όπως βαλβίδες, σωλήνες) κ.α.

#### *γ. Εκτίμηση επικινδυνότητας σε θέματα Οικολογίας*

Η ιδέα του οικολογικού κινδύνου απειτέλεσε μόλις πρόσφατα ξεχωριστό τομέα της εκτίμησης επικινδυνότητας. Τα υγιή οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται μεταξύ άλλων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σωστή διαχείριση και αποθήκευση του νερού, έλεγχο πλημμυρών, απομάκρυνση των ρυπαντών από τον αέρα, το νερό, και το έδαφος, έλεγχο επιδημιών και αρρώστιών, μετρίαση των ακραίων κλιματικών αλλαγών [37, 46].

Ο στόχος της εκτίμησης επικινδυνότητας είναι ο προσδιορισμός της πιθανότητας εμφάνισης δυσμενών επιπτώσεων στα οικοσυστήματα. Στις μέρες μας, η εκτίμηση επικινδυνότητας σε θέματα οικολογίας εξετάζει κυρίως τους κινδύνους από τα χημικά στο περιβάλλον, που με τη σειρά τους έχουν επιπτώσεις σε πολλά είδη ζώων [28].

Η μεθοδολογία που ακολουθείται μοιάζει πολύ με τις διαδικασίες της ανάλυσης και της εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων [2]. Τα πειράματα σε διάφορα είδη ζώων (όπως ψάρια ή έντομα), οι γεωγραφικές αναλύσεις, οι προσομοιώσεις οικοσυστημάτων στον υπολογιστή, καθώς και οι γνώμες και γνώσεις των ειδικών, είναι τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται συνήθως.

#### **5.4. Η εκτίμηση επικινδυνότητας ως εργαλείο για τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων**

Η χωροθέτηση και η λειτουργία των εγκαταστάσεων διαχείρισης απορριμμάτων ενέχει κινδύνους καθόλη τη διάρκεια της ζωής τους, γεγονός που καθιστά επιτακτική την εφαρμογή της εκτίμησης επικινδυνότητας στα ακόλουθα στάδια:

- Στρατηγική σύλληψη – Αρχικός σχεδιασμός
- Αδειοδότηση – Χωροθέτηση
- Λειτουργία

Η εκτίμηση επικινδυνότητας χρησιμοποιείται ευρέως στην ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων, καθώς δίνει πληροφορίες που

διευκολύνουν το σχεδιασμό και τον προγραμματισμό δράσεων. Ως μηχανικό εργαλείο, η εκτίμηση επικινδυνότητας χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση των μέτρων που απαιτείται να ληφθούν για την αποφυγή, τον έλεγχο και την ελαχιστοποίηση των κινδύνων για το περιβάλλον. Η χρήση τεχνικών εκτίμησης επικινδυνότητας σε περιπτώσεις σχεδιασμού Χ.Υ.Τ.Α. ή μείωσης ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης απορριμμάτων έχει αποφέρει καρπούς όσον αφορά στην εξοικονόμηση χρημάτων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η εκτίμηση επικινδυνότητας εφαρμόζεται κυρίως σε δύο τομείς:

- Δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον από διαρροή επικίνδυνων χημικών ουσιών.
- Αστοχίες/βλάβες σύνθετων τεχνολογικών συστημάτων

Η χρήση εκτίμησης επικινδυνότητας σε εγκαταστάσεις διαχείρισης απορριμμάτων και ειδικότερα σε χωματερές έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, από τη στιγμή που έγινε αντιληπτό ότι οι χωματερές σχετίζονται και με τους δύο προαναφερόμενους τομείς. Οι χώροι υγειονομικής ταφής περιλαμβάνουν σύνθετα τεχνολογικά συστήματα, όπως μεταξύ άλλων συνθετικές μεμβράνες στεγανοποίησης, εξοπλισμό συλλογής και επεξεργασίας στραγγισμάτων και βιοαερίου και παράλληλα, όλοι οι χώροι υγειονομικής ταφής και ιδιαίτερα αυτοί στους οποίους διατίθενται επικίνδυνα απόβλητα, μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα ή προβλήματα υγείας εξαιτίας κατασκευαστικών ή λειτουργικών προβλημάτων.

Όσο πιο εξελιγμένα συστήματα εφαρμόζονται στους χώρους υγειονομικής ταφής, τόσο περισσότερες διαδικασίες εκτίμησης επικινδυνότητας απαιτούνται σχεδόν σε όλα τα επίπεδα του κύκλου ζωής της χωματελής. Η εκτίμηση επικινδυνότητας μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη και/ή στην αλλαγή των κανόνων διαχείρισης των αποβλήτων. Στις Η.Π.Α. και στη Μεγάλη Βρετανία οι διαδικασίες εκτίμησης επικινδυνότητας συνδέονται άμεσα με τη διαχείριση των απορριμμάτων. Σχετικά με τη χωροθέτηση Χ.Υ.Τ.Α., μια προκατακτική εκτίμηση επικινδυνότητας παρέχει χρήσιμες πληροφορίες στους αρμόδιους και τους βοηθά να αποφασίσουν αν μια διαδικασία πρέπει να συνεχιστεί ή να σταματήσει.

Η εκτίμηση επικινδυνότητας χρησιμοποιείται ευρέως και για την αξιολόγηση του κινδύνου που προέρχεται από διαρροή ρυπαντών από τις χωματερές ή τους χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων. Ακόμη, βοηθά στη λήψη αποφάσεων και τον καθορισμό προτεραιοτήτων στις δραστηριότητες αποκατάστασης των χώρων. Σε εξελιγμένους Χ.Υ.Τ.Α., όπου

οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις είναι υψηλές, η εκτίμηση επικινδυνότητας λαμβάνει υπόψη της και περιπτώσεις αστοχίας/βλάβης της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται.

Στο σχεδιασμό των Χ.Υ.Τ.Α. παίζει σημαντικό ρόλο η αναγνώριση των φυσικο-χημικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή. Για το λόγο αυτό οι αρχές της εκτίμησης επικινδυνότητας εφαρμόζονται όχι μόνο στο στάδιο του σχεδιασμού, αλλά και για κάθε υλικό κατασκευής ξεχωριστά, καθώς και για τις μεθόδους εγκατάστασής του.

Σε αναπτυσσόμενες χώρες, έχουν αναπτυχθεί απλοποιημένες μεθοδολογίες που βασίζονται στην εκτίμηση επικινδυνότητας έτσι ώστε να παρέχονται οι απαραίτητες ελάχιστες απαιτήσεις για το σχεδιασμό μιας χωματερής.

Η εκτίμηση επικινδυνότητας χρησιμοποιείται τέλος και για τον καθορισμό κριτηρίων αποδοχής απορριμμάτων στους Χ.Υ.Τ.Α. [30].

### **5.5. Η διάρθρωση του μηχανισμού της εκτίμησης επικινδυνότητας στις χωματερές**

Η εκτίμηση επικινδυνότητας στις εγκαταστάσεις διαχείρισης απορριμμάτων συχνά συνδυάζει την εκτίμηση Μηχανολογικού Κινδύνου και την εκτίμηση Οικολογικού Κινδύνου. Στην παρούσα εργασία και οι δύο όροι καλύπτονται από τον ευρύτερο όρο «Ανάλυση Περιβαλλοντικού Κινδύνου». Η ανάλυση και η διαχείριση περιβαλλοντικού κινδύνου δίνει απαντήσεις στις ακόλουθες ερωτήσεις:

- Με ποιους τρόπους οι αποδέκτες εκτίθενται στους κινδύνους και ποια η πιθανότητα εμφάνισής τους και η σοβαρότητα των επιπτώσεων που απορρέουν από αυτούς;
- Πόσο σοβαρός είναι ο κίνδυνος και ποιες είναι οι αβεβαιότητες κατά τον υπολογισμό του;
- Τι ενέργειες απαιτούνται για τη αποφυγή, τον έλεγχο ή την ελαχιστοποίηση του κινδύνου;

Στα πλαίσια αυτής της προσέγγισης χρησιμοποιείται το μοντέλο «Πηγή-Δίοδος-Αποδέκτης».

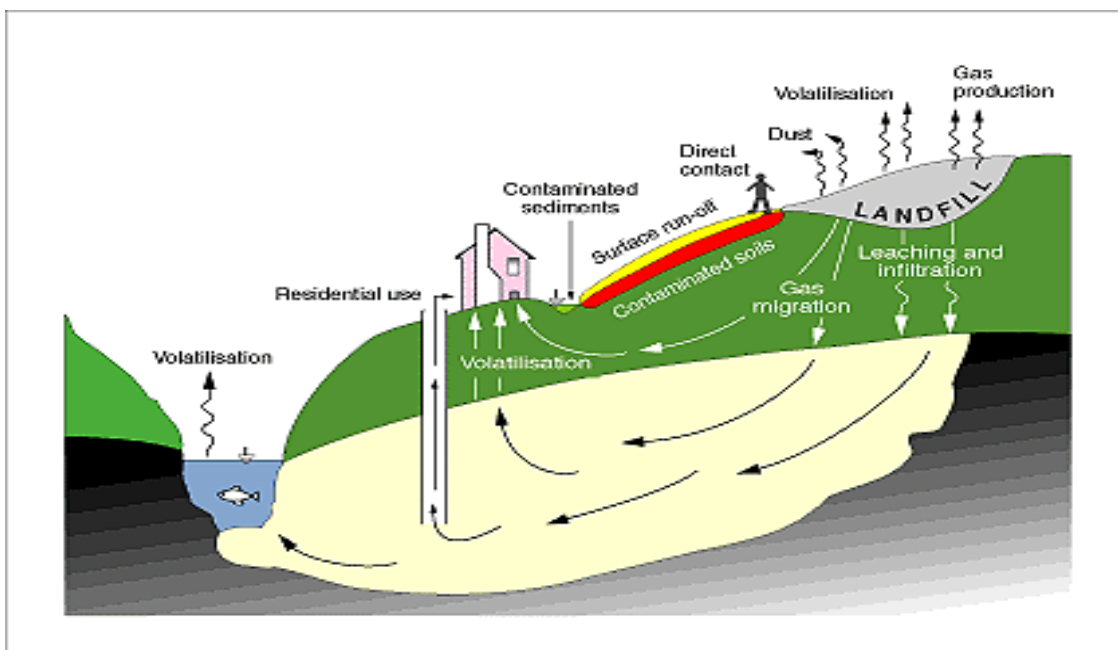
Η ιδιότητα της «Πηγής» στις εγκαταστάσεις διαχείρισης απορριμμάτων εξαρτώνται από τις επικίνδυνες ιδιότητες των απορριμμάτων και την επεξεργασία στην οποία υποβάλλονται στον υπό εξέταση χώρο.

Οι περιβαλλοντικοί «Αποδέκτες» είναι τα σημεία τα οποία είναι εκτεθειμένα στον κίνδυνο, ο οποίος μεταφέρεται στο περιβάλλον από την «Πηγή» μέσω της «Δίοδου».

«Δίοδος» είναι ο μηχανισμός μέσω του οποίου ο αποδέκτης και η πηγή έρχονται σε επαφή.

Οι μοντέρνοι Χ.Υ.Τ.Α. χαρακτηρίζονται από το μοντέλο πολλαπλών φραγμών. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε πιθανή εκπομπή αναπτύσσονται φραγμοί, οι οποίοι στόχο έχουν να μειώσουν τους κινδύνους για το περιβάλλον. Στους Χ.Υ.Τ.Α., η «Πηγή» της ρύπανσης (στραγγίσματα, βιοαέριο) περιορίζεται από συλλέκτες στραγγισμάτων και βιοερίου και από άλλο εξοπλισμό επεξεργασίας και επομένως η επαφή της με τον «Αποδέκτη» καθίσταται αδύνατη.

Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζει το εννοιολογικό μοντέλο του συστήματος «Πηγή-Δίοδος-Αποδέκτης» στους Χ.Υ.Τ.Α.



Σχήμα 5.1: Μοντέλο «Πηγή – Δίοδος – Αποδέκτης» [41]

Η εκτίμηση επικινδυνότητας στις χωματερές περιλαμβάνει:

- Εκτίμηση των κινδύνων για το περιβάλλον και την υγεία από τη διαρροή ρυπαντών.
- Εκτίμηση του κινδύνου αστοχίας/βλάβης του συστήματος περιορισμού της ρύπανσης.

Μία αποτυχία στο σύστημα περιορισμού της ρύπανσης μετατρέπει τη χωματερή σε «Πηγή» ρύπανσης και επιτρέπει την επικοινωνία με τη «Δίοδο» και κατά συνέπεια με τον «Αποδέκτη». Για να προσδιοριστεί και να εκτιμηθεί ο κίνδυνος, πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά της «Πηγής», της «Δίοδου» και του «Αποδέκτη» [30].

### **5.5.1. Στόχοι εκτίμησης επικινδυνότητας**

Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, της κατασκευής και της λειτουργίας του Χ.Υ.Τ.Α., υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου η εκτίμηση επικινδυνότητας είναι πιθανώς ο μόνος τρόπος για να δοθούν απαντήσεις σε συγκεκριμένες ερωτήσεις. Μερικές από τις πιο συνηθισμένες ερωτήσεις είναι:

- Ποια είναι η καταλληλότερη συνθετική μεμβράνη στεγανοποίησης για τον Χ.Υ.Τ.Α.;
- Ποια είναι η καταλληλότερη κάλυψη;
- Πόσο πολύπλοκη και ακριβή πρέπει να είναι η εγκατάσταση επεξεργασίας των στραγγισμάτων;

Για να είναι αποτελεσματική η εκτίμηση επικινδυνότητας στις χωματερές πρέπει να εξηπυρετεί τους ακόλουθους σκοπούς:

- Να αποτρέπει την ανεξέλεγκτη διαρροή στραγγισμάτων και αερίων
- Να διασφαλίζει ότι οι εργασίες, τα υλικά και η μέγιστη διάρκεια ζωής τους είναι τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος
- Να διασφαλίζει την ποιότητα των εργασιών

### **5.5.2. Αντιμετώπιση αβεβαιοτήτων**

Ο σημαντικότερος περιορισμός στην εκτίμηση επικινδυνότητας στις χωματερές είναι η έλλειψη στοιχείων.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των συστημάτων συγκράτησης των στραγγισμάτων διαιρούνται σε δύο κατηγορίες. Υλικά όπως η άργιλος και η άμμος είναι ευρέως γνωστά στις εργασίες των πολιτικών μηχανικών και η συμπεριφορά τους είναι σε αρκετές περιπτώσεις προβλέψιμη. Σχετικά νεότερα υλικά όμως, όπως οι γεωμεμβράνες και άλλα πολυμερή φύλλα, δεν είναι τόσο γνωστά και η συμπεριφορά τους, ιδιαίτερα σε μεγάλο εύρος χρόνου, δεν είναι εύκολο να προβλεφθεί.

Τα πράγματα γίνονται ακόμη δυσκολότερα εξαιτίας της έλλειψης μακροχρόνιας εμπειρίας σε συστήματα εξελιγμένων Χ.Υ.Τ.Α. Οι εργαστηριακοί έλεγχοι δεν είναι σε θέση να παρέχουν ικανοποιητικές πληροφορίες εξαιτίας της μικρής τους διάρκειας αλλά και της δυσκολίας τους να προσομοιώσουν τις φυσικές, χημικές, μηχανικές και βιολογικές συνθήκες στη χώρατερή.

Είναι σίγουρα πολύ δύσκολο και μερικές φορές αδύνατο να βρεθούν τα απαραίτητα στοιχεία που να προδικάζουν την επιτυχία ή την αποτυχία των συστημάτων περιορισμού ρύπανσης των Χ.Υ.Τ.Α., όπως οι συνθετικές μεμβράνες στεγανοποίησης, τα συστήματα συλλογής στραγγισμάτων, το δίκτυο συλλογής βιοαερίου κλπ.

### **5.6. Αξιολόγηση εναλλακτικών σχεδίων**

Μία από τις πιο συνηθισμένες και επιτυχημένες εφαρμογές της εκτίμησης επικινδυνότητας στους Χ.Υ.Τ.Α. είναι η αξιολόγηση εναλλακτικών σχεδίων, όπως για παράδειγμα η επιλογή του καταλληλότερου συστήματος συνθετικών μεμβρανών στεγανοποίησης. Ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να πληροί τα ακόλουθα κριτήρια:

- Να είναι σύμφωνο με τη νομοθεσία
- Να είναι όσο το δυνατό φθηνότερο
- Να ικανοποιεί τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις στο συγκεκριμένο χώρο

Λογικά υπάρχουν παραπάνω από ένας τύπος συστήματος συνθετικών μεμβρανών στεγανοποίησης που να ικανοποιούν τις δύο πρώτες προϋποθέσεις. Ο μόνος τρόπος για να εκτιμηθεί αν τα συστήματα αυτά πληρούν τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις της περιοχής (μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα) είναι η διαδικασία της εκτίμησης επικινδυνότητας.

### **5.7. Αξιολόγηση λειτουργικών θεμάτων**

Χρησιμοποιώντας μεθοδολογία που εφαρμόζεται συχνά σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μπορεί να γίνει μία λεπτομερής εκτίμηση επικινδυνότητας για πιθανά ατυχήματα ή κινδύνους σε χώρατερές, η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- α. Καταγραφή όλων των πιθανών ατυχημάτων.
- β. Ποιοτική εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης καθενός από τα ατυχήματα που καταγράφηκαν στο πρώτο βήμα. Τα ατυχήματα



διακρίνονται σε αυτά που είναι σχεδόν απίθανο να συμβούν, σε αυτά με μικρή πιθανότητα εμφάνισης και στα πιθανά ατυχήματα.

γ. Εκτίμηση των επιπτώσεων κάθε ατυχήματος, η οποία μπορεί να γίνει ποιοτικά ή ποσοτικά, ανάλογα με τις διαθέσιμες πληροφορίες και το **know-how** του εμπειρογνώμονα.

Μια τυπική ποιοτική κατάταξη των επιπτώσεων τις διακρίνει σε: λιγότερο σοβαρές, σοβαρές και πολύ σοβαρές.

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζεται ένα τυπικό **matrix** επικινδυνότητας που σχετίζεται με τον όγκο των απορριμμάτων και τα στραγγίσματα της χωματερής.

ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ			
		<i>Λιγότερο σοβαρές</i>	<i>Σοβαρές</i>	<i>Πολύ σοβαρές</i>
	<i>Μεγάλη</i>	Καθίζηση της βάσης της χωματερής		
	<i>Μικρή</i>	Εξάπλωση άσχημης μυρωδιάς Επαφή βρόχινου νερού & σταγγισμάτων	Παρουσία εντόμων και ποντικών στο χώρο της χωματερής	
<i>Καμία</i>	Κατάρρευση ή διαρροή από τη δεξαμενή στραγγισμάτων Απόφραξη των αγωγών του συστήματος αποστράγγισης			

Πίνακας 5.3: *Matrix επικινδυνότητας που σχετίζεται με τον όγκο των απορριμμάτων και τα στραγγίσματα της χωματερής [30]*

Παρόμοια μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιπτώσεις στην υγιεινή και την ασφάλεια.

### 5.8. Καθορισμός κριτηρίων αποδοχής απορριμμάτων στους Χ.Υ.Τ.Α.

Στις 21 Μαρτίου 2002 παρουσιάστηκε στις Βρυξέλες μία μελέτη σχετικά με τα κριτήρια αποδοχής των απορριμμάτων σε διάφορους τύπους χωματερών. Αυτή η μελέτη παρουσίαζε τα κριτήρια αποδοχής για αδρανή, μη επικίνδυνα και επικίνδυνα απόβλητα. Ο καθορισμός κριτηρίων

αποδοχής των απορριμμάτων αποτέλεσε ένα από τα δυσκολότερα σημεία διαπραγματεύσεων που αφορούσαν στην Οδηγία **1999/31**. Εξαιτίας της δυσκολίας και της πολυπλοκότητας του προβλήματος, ακολουθήθηκε μια διαδικασία βασισμένη στην εκτίμηση επικινδυνότητας, με στόχο να δοθεί μια επιστημονική βάση ενάντια στα αντικρουόμενα εθνικά συμφέροντα.

Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει αρκετά διαδοχικά βήματα. Αρχικά, καθορίζονται οι πρωταρχικοί στόχοι ή τα σημεία συμμόρφωσης (**POC**), όπως η ποιότητα του υπόγειου νερού σε ένα ή περισσότερα σημεία κατάντη της χωματερής. Επιλέγονται κριτήρια ποιότητας του υπογείου νερού και περιγράφονται τα φυσικά χαρακτηριστικά της χωματερής και του περιβάλλοντος, όπως ο βαθμός διεύθυνσης και η υδρογεωλογία των κορεσμένων και ακόρεστων υδροφόρων ζωνών ανάντη και κατάντη της χωματερής.

Ακολουθώς περιγράφεται η κίνηση των ρυπαντών στο υπόγειο νερό και επιλέγονται ένα ή περισσότερα μοντέλα ροής υπόγειου νερού για να επιτευχθεί η προσομοίωση της κίνησης των ρυπαντών.

Τέλος, υπολογίζεται ο παράγοντας εξασθένησης για κάθε ρυπαντή και **POC** (η αναλογία ανάμεσα στη μέγιστη συγκέντρωση στην πηγή και στη συγκέντρωση που προβλέπει το μοντέλο στο **POC**). Οι παράγοντες εξασθένησης χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των κριτηρίων επιλογής απορριμμάτων [30].

## **5.9. Συμπέρασμα**

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι η εκτίμηση επικινδυνότητας αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση των κινδύνων που προέρχονται τόσο από χώρους υγειονομικής ταφής, όσο και από χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων.

Στη συνέχεια της εργασίας παρουσιάζεται μια μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων από διαρροές στραγγισμάτων σε χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:**

### **ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**

#### **6.1. Αναγκαιότητα για προστασία των υπογείων νερών – Κοινοτικές Οδηγίες**

Τα υπόγεια νερά αποτελούν κοινωνικό αγαθό, είναι όμως ιδιαίτερος επιρρεπής σε κίνδυνο από διάφορες διάσπαρτες πηγές ρύπανσης με ρυπαντικό φορτίο που συσσωρεύεται αθροιστικά με τα χρόνια. Η ρύπανση και η επιβάρυνση από τις ρυπογόνες δραστηριότητες μπορεί να είναι κυριολεκτικά αδύνατο να αποκατασταθούν (ανεξάρτητα από οικονομικό κόστος), ακόμα και όταν η πηγή ρύπανσης πάψει να υφίσταται. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το πρόβλημα της λειψυδρίας, καθιστά την παρακολούθηση της ποσότητας και ποιότητας των υπογείων νερών επιτακτική και την διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους μέσα σε αποδεκτά όρια ανάλογα με τη χρήση τους.

Το **1976** η Ευρωπαϊκή Κοινότητα εξέδωσε την Οδηγία **76/464/ΕΟΚ** περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκκένονται στο υδάτινο περιβάλλον. Οι ουσίες αυτές κατηγοριοποιούνται σε δύο καταλόγους, τον κατάλογο I και τον κατάλογο II (**List I & II**). Τα κράτη μέλη οφείλουν να λάβουν μέτρα για την εξάλειψη της ρύπανσης από ουσίες του καταλόγου I και για την μείωση της ρύπανσης των υδάτων από ουσίες που περιλαμβάνονται στον κατάλογο II.

Το **1980** η Ευρωπαϊκή Κοινότητα εξέδωσε την οδηγία για τα υπόγεια νερά (**Groundwater Directive, 80/68/EEC**), η οποία σε μεγάλο βαθμό σκόπευε στη λήψη κατάλληλων μέτρων για τον έλεγχο των ουσιών που απελευθερώνονται στα υπόγεια νερά (ανεξάρτητα από την προέλευσή τους). Η οδηγία αυτή κατηγοριοποιεί τις ουσίες σε δύο παρόμοιους καταλόγους, τον κατάλογο I και τον κατάλογο II (**List I & II**).

Το **2000** η Ευρωπαϊκή Κοινότητα θέσπισε την Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά (**2000/60/ΕΕ**). Αυτή η οδηγία περιλαμβάνει τις διατάξεις των παραπάνω προγενέστερων οδηγιών και εισάγει από το **2003** μία σειρά από νόρμες και ντιρεκτίβες για την επισταμένη παρακολούθηση και καταγραφή της ποιότητας τόσο των υπογείων, όσο και των επιφανειακών υδάτων. Ο σκοπός της οδηγίας είναι η δημιουργία ενός πλαισίου για την προστασία των

επιφανειακών υδάτων. Αναφορικά με τα υπόγεια νερά το πλαίσιο αυτό αποσκοπεί στην πρόληψη περαιτέρω επιβάρυνσης της ποιότητάς τους, την αποκατάσταση των υπόγειων υδροφόρων και την ισορροπία μεταξύ απολήψεων και τροφοδοσιών.

Οι παραπάνω οδηγίες δεν καθορίζουν αποδεκτά όρια συγκέντρωσης των διαφόρων ρύπων στα υπόγεια νερά ανάλογα με την χρήση των νερών. Τέτοιου είδους ασάφειες αναμένεται να καλυφθούν, να διευκρινιστούν και να συμπληρωθούν με τη νέα οδηγία για τα υπόγεια νερά (**Daughter Directive**) της Οδηγίας Πλαίσιο (2000/60) που αναμένεται να δημοσιευτεί μέσα στο 2003 [13].

## 6.2. Προσδιορισμός ρίσκου ρύπανσης υπογείων νερών

Η έννοια του ρίσκου (ανάλυσης κινδύνου ή επικινδυνότητας) ρύπανσης των υπογείων νερών είναι συνυφασμένη αφενός με την παρουσία υπογείων νερών και αφετέρου κάποιας ανθρώπινης δραστηριότητας που είναι πιθανόν να τα επιβαρύνει.

Το ρίσκο ρύπανσης εξαρτάται από τη φυσική τρωτότητα των υδρογεωλογικών συστημάτων, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τα φυσικά χαρακτηριστικά μιας συγκεκριμένης θέσης (περιοχή ενδιαφέροντος) και προσδιορίζεται με βάση τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους και των πετρωμάτων κάτω από τη θέση αυτή. Οι παράγοντες αυτοί καθορίζουν την ευκολία με την οποία ένας κίνδυνος (όπως για παράδειγμα διαρροή από ένα χώρο ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων) ή μια δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει το ποιοτικό καθεστώς των υπογείων νερών. Έτσι, η έννοια του ρίσκου εμφανίζεται όταν μια δραστηριότητα ασκείται σε μια θέση και προσδιορίζεται σε συνάρτηση με τη φύση του κινδύνου, τη φυσική τρωτότητα (ευαισθησία) του υπογείου νερού και τα προτεινόμενα μέτρα προφύλαξης και προστασίας των υπογείων νερών.

Αν έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε έναν ορισμό για τον όρο «ρίσκο» θα λέγαμε ότι είναι *η πιθανότητα πρόκλησης βλάβης από την ύπαρξη ενός κινδύνου*.

Όλες οι γνωστές μέθοδοι προσδιορισμού του ρίσκου βασίζονται στο πρότυπο: *Πηγή → Δίοδος → Αποδέκτης (Source → Path → Target)*

Για να υπάρχει ρίσκο σε μια θέση από μία δραστηριότητα πρέπει να ολοκληρώνεται η ανωτέρω αλυσίδα. Αν μια από τις τρεις παραμέτρους ή τους μεταξύ τους συνδέσμους εκλείπουν, τότε δεν υφίσταται ρίσκο ρύπανσης.

Γενικά ο προσδιορισμός του ρίσκου ρύπανσης των υπογείων νερών από μια ρυπαντική δραστηριότητα μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

α. *Ποιοτικός προσδιορισμός ρίσκου*, όπου εξετάζεται αν η πηγή ρύπανσης, τελικά επιβαρύνει τον αποδέκτη. Με άλλα λόγια, εξετάζεται αν ένας ρύπος που απελευθερώνεται στην πηγή, δύναται τελικά να φτάσει στον εξεταζόμενο αποδέκτη, ανεξάρτητα από την συγκέντρωσή του.

Στα πλαίσια του ποιοτικού προσδιορισμού ρίσκου εξετάζονται:

- Η ύπαρξη, η φύση της ρύπανσης και πού αυτή λαμβάνει χώρα
- Η αρχική περιγραφή της αλυσίδας *Πηγή → Δίοδος → Αποδέκτης*
- Η ποιοτική εκτίμηση της επιβάρυνσης και σειρά πιθανών προσωρινών μέτρων προστασίας, μέχρι να συλλεγούν τα επιπλέον δεδομένα που ενδεχόμενα χρειάζονται για τα επόμενα στάδια του ποσοτικού προσδιορισμού.

Ο ποιοτικός προσδιορισμός ρίσκου συνήθως αποτελεί την πρώτη προσέγγιση και στην περίπτωση που η απάντηση είναι καταφατική, τότε αυξάνεται η πολυπλοκότητα (και το κόστος) στην εξέταση, συλλέγονται περισσότερα δεδομένα και επιδιώκεται ένας ποσοτικός υπολογισμός της συγκέντρωσης του ρύπου στον αποδέκτη και αυτή συγκρίνεται με τα αποδεκτά ποιοτικά όρια.

β. *Ποσοτικός προσδιορισμός ρίσκου*, όπου υπολογίζεται η συγκέντρωση του υπό εξέταση ρύπου στον αποδέκτη, δεδομένης της αρχικής συγκέντρωσής του στην πηγή ρύπανσης. Στα πλαίσια του ποσοτικού προσδιορισμού του ρίσκου υπολογίζεται η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση του ρύπου στην πηγή ρύπανσης, ώστε αυτός να βρίσκεται κάτω από τα όρια εξέτασης στον πιθανό αποδέκτη.

Και οι δύο προαναφερόμενες μέθοδοι χρησιμοποιούν το πρότυπο *Πηγή→ Δίοδος → Αποδέκτης* και δομούν εννοιολογικά μοντέλα περιγραφής των μηχανισμών ρύπανσης πάνω σε αυτό.

Τα εννοιολογικά μοντέλα εξετάζουν και περιγράφουν όλους τους μηχανισμούς που διέπουν την κίνηση του ρύπου και του νερού στην ακόρεστη και κορεσμένη ζώνη του υδροφόρου ορίζοντα, καθώς επίσης τις αλληλεπιδράσεις του ρύπου με τα πετρώματα και τις φυσικοχημικές διεργασίες που αυτός υφίσταται [9].

Συνδυάζοντας τα ανωτέρω, στο επόμενο κεφάλαιο θα αναπτύξουμε μια μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων από διαρροές στραγγισμάτων σε χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:**  
**ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΡΡΟΕΣ**  
**ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ**  
**ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (Χ.Α.Δ.Α.)**

**7.1. Εννοιολογικό μοντέλο**

Στην παρούσα εργασία επιλέγεται η χρήση ενός πολυκριτηριακού συστήματος αξιολόγησης και εκτίμησης του κινδύνου ρύπανσης των υπογείων υδάτων από διαρροές στραγγισμάτων σε χώρους ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων.

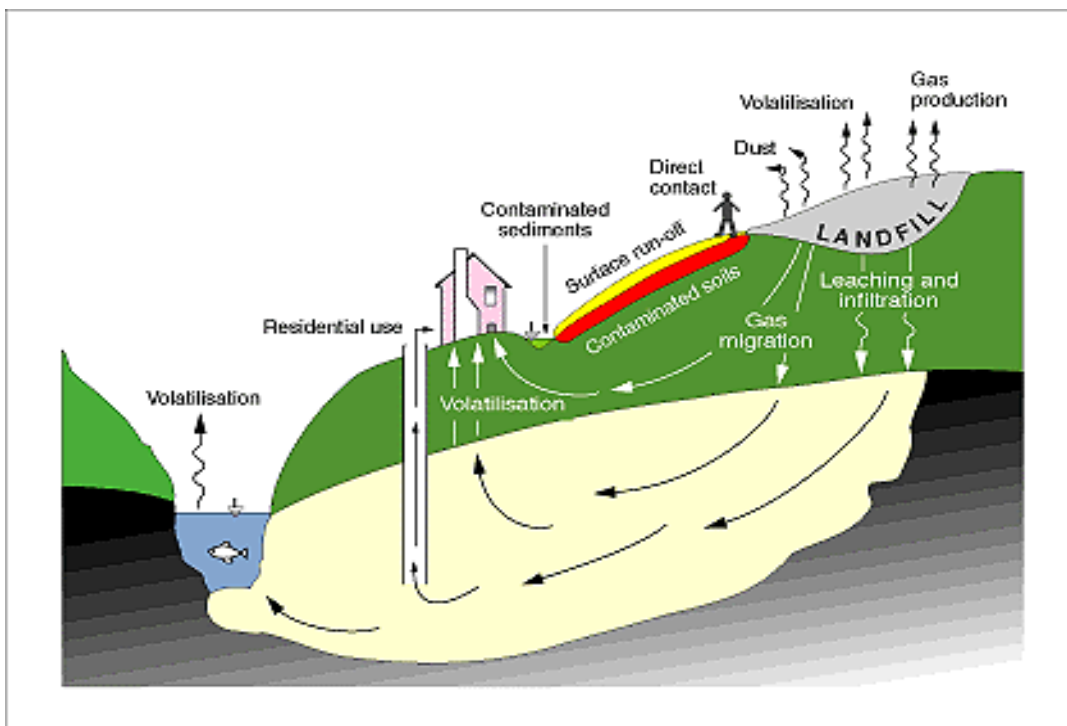
Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται στη συνέχεια της παρούσας εργασίας στοχεύει στην ανεύρεση ενός συστήματος εκτίμησης κινδύνων που θα λειτουργεί με όσο το δυνατόν λιγότερες πληροφορίες, οι οποίες θα είναι σχετικά εύκολο να ανακτηθούν και δεν θα απαιτούν πολύ χρόνο και μεγάλες οικονομικές δαπάνες. Παράλληλα, το σύστημα αυτό θα πρέπει να παρέχει μια καλή προσέγγιση της τάξης μεγέθους των κινδύνων. Δεν ενδιαφέρει η ακριβής προσέγγιση αυτών, αφού στόχος είναι η συγκριτική και όχι η απόλυτη αξιολόγηση των κινδύνων. Τέλος, στόχος της μεθολογίας είναι να παρέχει ένα εύχρηστο και γρήγορο μοντέλο συγκριτικής αξιολόγησης κινδύνων ρύπανσης των υπογείων υδάτων από τα παραγόμενα στραγγίσματα των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων. Έτσι, θα είναι εύκολος ο εντοπισμός των περισσότερο επικίνδυνων χώρων, οι οποίοι χρήζουν άμεσου τερματισμού της λειτουργίας τους.

Με βάση τα ανωτέρω, στόχος της ομάδας των κριτηρίων που επιλέγονται στα πλαίσια της παρούσας μεθοδολογίας, είναι να παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [13]:

- να είναι ολοκληρωμένη, δηλαδή τα κριτήρια που την αποτελούν να καλύπτουν όλες τις πλευρές του εξεταζόμενου προβλήματος.
- να είναι σχετικά εύκολο να ανακτηθεί και να μην απαιτούνται γι αυτό μεγάλοι οικονομικοί πόροι
- να παρέχει μια καλή προσέγγιση του κινδύνου, κυρίως σε επίπεδο τάξης μεγέθους και όχι ακριβούς εκτίμησης

- να είναι λειτουργική, δηλαδή τα κριτήρια να μπορούν να βαθμολογήσουν με συγκεκριμένους, αντιπροσωπευτικούς για κάθε εξεταζόμενο σενάριο, αριθμούς ή να ταξινομηθούν σε συγκεκριμένη βαθμονομημένη κλίμακα. Για να επιτευχθεί αυτό, η μέθοδος που αναπτύσσεται στη συνέχεια της εργασίας είναι ημιοσοτική.
- να μην υπάρχουν επικαλυπτόμενα κριτήρια

Στα πλαίσια της μεθοδολογίας που θα αναπτυχθεί, χρησιμοποιείται το μοντέλο «Πηγή-Δίοδος-Αποδέκτης» που παρουσιάζεται σχηματικά ακολούθως.



Σχήμα 5.1: Μοντέλο «Πηγή - Δίοδος - Αποδέκτης» [41]

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1, από μια ανεξέλεγκτη χωματερή παράγονται στραγγίσματα, βιοαέριο και σκόνη. Η σκόνη και το μεγαλύτερο μέρος του παραγόμενου βιοαερίου διαφεύγει στην ατμόσφαιρα, ενώ το υπόλοιπο βιοαέριο εισέρχεται στο έδαφος, όπου κινείται κυρίως μέσω των ρωγμών. Τα παραγόμενα στραγγίσματα εισέρχονται στο επέδαφος και μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής, ο οποίος χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση, άδρευση ή ακόμη και για πόση. Μέσω του υδροφόρου



ορίζοντα είναι πιθανή η μόλυνση και των επιφανειακών υδάτων που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από τη χωματερή.

Πέρα της μόλυνσης του υπεδάφους και των υπογείων υδάτων, είναι δυνατή και η μόλυνση της επιφάνειας του εδάφους και των επιφανειακών υδάτων μέσω της επιφανειακής απορροής.

«Πηγές» των κινδύνων που απορρέουν από τη λειτουργία χώρων ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων είναι τα στραγγίσματα και το βιοαέριο. Στην παρούσα εργασία ως «Πηγή» κινδύνου λαμβάνονται τα στραγγίσματα που παράγονται κατά την καείσδυση νερού στο χώρο ταφής, όταν υπερνικάται η ικανότητα κατακράτησης της υγρασίας από τα απορρίμματα, ενώ θεωρείται αμελητέα η μόλυνση των υπογείων υδάτων από το βιοαέριο.

«Αποδέκτες» των κινδύνων που δημιουργούνται από τη λειτουργία μιας ανεξέλεγκτης χωματερής είναι τα υπόγεια και επιφανειακά νερά, η ατμόσφαιρα και το έδαφος, που ρυπαίνονται από τα στραγγίσματα, το βιοαέριο και τη σκόνη. Η παρούσα μεθοδολογία εξετάζει αποκλειστικά τον κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων υδάτων για τους λόγους που προαναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 6. Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν αναφέρονται στο επίπεδο προστασίας των υπογείων υδάτων, ως παράγοντα διασφάλισης της ποιότητάς τους από τα παραγόμενα στραγγίσματα των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων.

Ο κίνδυνος μεταφέρεται στα υπόγεια νερά μέσω του εδάφους που αποτελεί τη «Δίοδο» των στραγγισμάτων, μεταβάλλοντας τη συγκέντρωση διαφόρων συστατικών τους.

Για να προσδιοριστεί και να εκτιμηθεί ο κίνδυνος, πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά της «Πηγής», της «Δόδου» και του «Αποδέκτη». Ακολουθώς αναφέρονται τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται ανά κατηγορία.

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της *Πηγής (Source)* είναι:

1. Η έκταση (A) που αυτή καταλαμβάνει
2. Η ετήσια βροχόπτωση (P) στην περιοχή

Όπως προαναφέρθηκε, «Πηγή» του κινδύνου είναι τα στραγγίσματα. Η χημική σύσταση των στραγγισμάτων και κατά συνέπεια ο κίνδυνος που προκαλούν, εξαρτάται άμεσα από τη σύνθεση των αποβλήτων που αποτίθενται στις ανεξέλεγκτες χωματερές, από την επεξεργασία στην οποία αυτά υποβάλλονται και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Στην παρούσα εργασία η σύνθεση των αποβλήτων θεωρείται σταθερή, καθώς

πρόκειται κυρίως για αστικά απόβλητα. Ως αστικά χαρακτηρίζονται τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα, που λόγω φύσης ή σύνθεσης, είναι παρόμοια με τα οικιακά, τα οποία διέπονται από τις διατάξεις της **69728/824/1996** κοινή υπουργική απόφαση.

Τα στραγγίσματα έρχονται σε επαφή με τον υδροφόρο ορίζοντα μέσω του εδάφους. Η κίνηση των στραγγισμάτων στο έδαφος εξαρτάται από μια σειρά από παραμέτρους, όπως είναι το πορώδες του εδάφους, οι ρωγμές οι οποίες πιθανόν να έχει, αν έχει διαταραχθεί από εκσκαφές ή όχι, η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής, καθώς και το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα (όσο μεγαλύτερο, τόσο περισσότερος ο χρόνος που απαιτείται για να έρθουν σε επαφή τα στραγγίσματα με τα υπόγεια νερά). Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν τελικά για την αξιολόγηση της Διόδου (*Path*), που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι τα πετρώματα από τα οποία περνούν τα στραγγίσματα μέχρι να μολύνουν τα υπόγεια νερά, είναι τα εξής:

1. Βάθος στάθμης υδροφόρου ορίζοντα - Πάχος εδάφους (**H**)
2. Υδραυλική αγωγιμότητα πετρωμάτων (**k**)
3. Σεισμική επικινδυνότητα περιοχής (**Seism**): α. Τύπος εδάφους  
β. Σεισμικότητα περιοχής

Η επιλογή των κριτηρίων αυτών βασίστηκε στο ότι τα απαιτούμενα στοιχεία είναι εύκολο να ανακτηθούν και είναι αντιπροσωπευτικά για την εκτίμηση του κινδύνου της Διόδου.

Η επικινδυνότητα των υπόγειων υδροφορέων εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, όπως είναι η χρήση του υπόγειου νερού της περιοχής, αν το νερό είναι ήδη μολυσμένο ή όχι, αν χρησιμοποιείται για πόση και από πόσο πληθυσμό, αν χρησιμοποιείται για άδρευση, αν στην περιοχή γίνεται εκτροφή ζώων ή αν ο χώρος βρίσκεται κοντά σε προστατευόμενη περιοχή. Τα κριτήρια αξιολόγησης που επιλέχθηκαν, είναι τα εξής:

1. Χρήση νερού (**U**)
2. Απόσταση από τελικούς φυσικούς αποδέκτες (π.χ. ρέματα, ποτάμια κλπ) και υδροληπτικά έργα (**S<sub>επιφ.αποδ.</sub>**)
3. Πληθυσμός που καλύπτει τις ανάγκες του από τις πηγές πόσιμου νερού της περιοχής (**People**)
4. Απόσταση από περιοχές με γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα (**Agr**)

Τα ανωτέρω κριτήρια επιλέχθηκαν διότι προσφέρουν καλή προσέγγιση της επικινδυνότητας του Αποδέκτη, ενώ παράλληλα είναι εύκολο να ανακτηθούν.

Τα κριτήρια αξιολόγησης της Πηγής, της Διόδου και του Αποδέκτη παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 7.1:

<b>Πηγή (Source)</b>	<b>Δίοδος (Path)</b>	<b>Αποδέκτης (Target)</b>
<b>1. Έκταση περιοχής (A)</b> <b>2. Ετήσια βροχόπτωση (P)</b>	<b>1. Βάθος στάθμης υδροφορου ορίζοντα - Πάχος εδάφους (H)</b> <b>2. Διαπερατότητα (k)</b> <b>3. Σεισμική επικινδυνότητα περιοχής (Seism):</b> α. Τύπος εδάφους β. Σεισμικότητα περιοχής	<b>1. Χρήση νερού (U)</b> <b>2. Απόσταση από επιφανειακούς φυσικούς αποδέκτες &amp; υδροληπτικά έργα (S<sub>επιφ.αποδ.</sub>)</b> <b>3. Πληθυσμός που καλύπτει τις ανάγκες του από τις πηγές πόσιμου νερού της περιοχής (People)</b> <b>4. Γεωργική &amp; κτηνοτροφική δραστηριότητα εντός 3 km (Agr)</b>

*Πίνακας 7.1.: Κριτήρια αξιολόγησης Πηγής, Διόδου και Αποδέκτη*

Στον πίνακα 7.2. που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλες οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση επικινδυνότητας, οι πηγές από τις οποίες μπορούν να αντληθούν οι πληροφορίες, καθώς και ο προβλεπόμενος βαθμός αβεβαιότητας για κάθε παράμετρο.

<b>Παράμετρος</b>	<b>Πηγή πληροφοριών</b>	<b>Αβεβαιότητα</b>
Έκταση περιοχής ( <b>A</b> )	Χάρτες, τοπογραφικά, αυτοψία	Μικρή
Ετήσια βροχόπτωση ( <b>P</b> )	Ε.Μ.Υ.	Μικρή
Βάθος στάθμης υδροφόρου ορίζοντα ( <b>H</b> )	Γεωτρήσεις, χάρτες	Μικρή (αν υπάρχουν γεωτρήσεις), Μεγάλη (αν δεν υπάρχουν)
Υδραυλική αγωγιμότητα ( <b>k</b> )	Χάρτες, γεωτρήσεις	Μικρή (αν υπάρχουν γεωτρήσεις), Μεγάλη (αν δεν υπάρχουν)
Τύπος εδάφους	Χάρτες, αυτοψία	Μικρή
Σεισμική ζώνη	Σεισμολογικοί χάρτες	Μικρή
Χρήση νερού ( <b>U</b> )	Αυτοψία	Μικρή
Απόσταση από επιφαν. φυσικούς αποδέκτες ( <b>S<sub>επιφ.αποδ.</sub></b> )	Αυτοψία, χάρτες	Μικρή
Πληθυσμός ( <b>People</b> )	Στοιχεία Στατιστικής Υπηρεσίας	Μικρή
Γεωργική & κτηνοτρ. Δραστηριότητα ( <b>Agr</b> )	Αυτοψία	Μικρή

Πίνακας 7.2: Παράμετροι αξιολόγησης - Πηγές πληροφοριών - Αβεβαιότητες

Η έκταση της εξεταζόμενης περιοχής βρίσκεται είτε με αυτοψία στο χώρο, είτε από χάρτες, επομένως η αβεβαιότητα του αποτελέσματος είναι πολύ μικρή.

Η ετήσια βροχόπτωση της περιοχής είναι εύκολο να βρεθεί από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, με μεγάλο βαθμό βεβαιότητας.

Το βάθος της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα υπολογίζεται είτε από γεωτρήσεις οπότε η αβεβαιότητα είναι πολύ μικρή, είτε με τη βοήθεια χαρτών, οπότε η αβεβαιότητα είναι μεγαλύτερη. Τα ίδια ισχύουν και για την υδραυλική αγωγιμότητα **k** των πετρωμάτων.

Ο τύπος που εδάφους, ο οποίος λαμβάνεται υπόψη για την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής, βρίσκεται είτε από

γεωλογικούς χάρτες, είτε με αυτοψία. Και στις δύο περιπτώσεις η αβεβαιότητα είναι μικρή.

Η σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει ο υπό εξέταση χώρος, βρίσκεται από τους σεισμικούς χάρτες, οπότε η αβεβαιότητα είναι μικρή.

Η χρήση του υπόγειου νερού της περιοχής βρίσκεται με αυτοψία. Η αβεβαιότητα και σε αυτήν την περίπτωση είναι μικρή.

Η απόσταση από επιφανειακούς αποδέκτες βρίσκεται είτε από χάρτες, είτε με αυτοψία στην περιοχή. Η αβεβαιότητα του αποτελέσματος είναι μικρή.

Ο πληθυσμός που χρησιμοποιεί το νερό της περιοχής για πόση προκύπτει από στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας ή του Δήμου. Η αβεβαιότητα και σε αυτή την περίπτωση είναι μικρή.

Τέλος, η ύπαρξη ή όχι γεωργικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας στην περιοχή προκύπτει με αυτοψία.

Όπως παρατηρείται, τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας είναι ευκόλως ανακτήσιμα και με μικρό βαθμό αβεβαιότητας στην πλειοψηφία τους, έτσι ώστε να παρέχουν καλή προσέγγιση. Παράλληλα, γίνεται προσπάθεια να μειωθούν στο ελάχιστο οι εργασίες πεδίου για την ανάκτηση των απαιτούμενων στοιχείων, έτσι ώστε η μέθοδος να είναι εύχρηστη.

Η πλειοψηφία των ανωτέρω κριτηρίων έχει χρησιμοποιηθεί για τη χωροθέτηση χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, μονάδων αποτέφρωσης, λιπασματοποίησης, καθώς και άλλων εγκαταστάσεων επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.

Ο χαρακτηρισμός του βαθμού καταλληλότητας κάθε κριτηρίου γίνεται δίνοντας τη μικρότερη βαθμολογία στην καλύτερη επιλογή και τη μεγαλύτερη βαθμολογία (= 10) στη χειρότερη, δηλαδή στην περισσότερο επικίνδυνη επιλογή. Επομένως, όσο μεγαλύτερος είναι ο τελικός βαθμός ρίσκου, τόσο πιο επικίνδυνος είναι ο χώρος διάθεσης των απορριμμάτων και επομένως τόσο πιο άμεση η ανάγκη τερματισμού της λειτουργίας του.

Το τελικό ρίσκο για τον εξεταζόμενο χώρο προκύπτει από το γινόμενο των κινδύνων στην Πηγή, στη Δίοδο και στον Αποδέκτη. Ο τύπος που δίνει το τελικό ρίσκο επομένως είναι: **Risk = S x P x T**

Η μέγιστη τιμή του συνολικού ρίσκου είναι ίση με **1000**.

Οι τιμές επικινδυνότητας **S**, **P** και **T** δεν είναι απόλυτα μεγέθη, αλλά δείκτες που δείχνουν το βαθμό συνεισφοράς της Πηγής, της Διόδου και του Αποδέκτη στη συνολική επικινδυνότητα της χωματερής.

Όπως προαναφέρθηκε, η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη συγκριτική αξιολόγηση κινδύνων από διαφορετικούς χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων και αν επιθυμείται μπορούν οι τελικοί βαθμοί να κανονικοποιηθούν ως προς το μεγαλύτερο ρίσκο.

## 7.2. Αξιολόγηση Πηγής (Source)

Όπως προαναφέρθηκε, ως «Πηγή» κινδύνου θεωρούνται τα στραγγίσματα που παράγονται κατά την κατείδυση του βρόχινου νερού στο χώρο ταφής, όταν υπερνικάται η ικανότητα κατακράτησης της υγρασίας από τα απορρίμματα.

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος εκτίμησης της παραγόμενης ποσότητας των στραγγισμάτων σε έναν χώρο απόθεσης απορριμμάτων είναι η μέθοδος του υδρολογικού ισοζυγίου [21]. Η μέθοδος αυτή περιγράφεται με τη σχέση:

$$P = E + R + I ,$$

όπου P: τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E: η εξατμισιοδιαπνοή

R: η επιφανειακή απορροή

I: η κατείδυση (παραγόμενα στραγγίσματα)

Σύμφωνα με τον υδρολογικό κύκλο, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα πέφτοντας στην επιφάνεια της γης ακολουθούν έναν αριθμό διαφορετικών διαδρομών. Πιο συγκεκριμένα: α) το μεγαλύτερο μέρος αυτών πέφτει στους ωκεανούς και αποδίδεται πάλι στην ατμόσφαιρα με εξάτμιση, β) ένα μέρος αυτών απορρέει επιφανειακά, τροφοδοτώντας ρυάκια, χειμάρρους, παραποτάμους και ποταμούς και καταλήγει στις λίμνες ή τις θάλασσες, απ' όπου με εξάτμιση επιστρέφει στην ατμόσφαιρα (επιφανειακή απορροή), γ) ένα άλλο μέρος αυτών διεισδύει στη γη από τους πόρους ή τις ρωγμές και τα ρήγματα των διαφόρων πετρωμάτων και σχηματίζει το υπόγειο νερό ή προστίθεται σε αυτό (κατείδυση) και δ) μία σημαντική ποσότητα νερού επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, είτε με την εξάτμιση του νερού των λιμνών, των ποταμών και των στρωμάτων που είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια της γης, είτε με το φαινόμενο της διαπνοής των φυτών (εξατμισιοδιαπνοή).

Στην περίπτωση των χώρων ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων, το ενδιαφέρον εστιάζεται στην κατείδυση I. Η παραγωγή στραγγισμάτων εξαρτάται από τον όγκο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της περιοχής.

Η σύσταση των στραγγισμάτων επηρεάζεται άμεσα από τη σύνθεση των απορριμμάτων, η οποία όπως προαναφέρθηκε θεωρείται σταθερή, καθώς πρόκειται κυρίως για αστικά απόβλητα.

Ως κριτήρια αξιολόγησης της πηγής επομένως, λαμβάνονται η έκταση A που αυτή καταλαμβάνει, καθώς και η ετήσια βροχόπτωση P της περιοχής. Η επιλογή των εν λόγω κριτηρίων βασίζεται στο ότι οι απαιτούμενες

πληροφορίες είναι εύκολο να ανακτηθούν, χωρίς να απαιτείται μεγάλη οικονομική δαπάνη, ενώ παράλληλα είναι αντιπροσωπευτικές του εκάστοτε χώρου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ετήσια βροχόπτωση επιδρά κατά **90 %** στη συνολική παραγωγή στραγγισμάτων.

Η βαθμολογία ανάλογα με την ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή παρουσιάζεται στον πίνακα **7.3**. Η κατηγοριοποίηση βασίστηκε στα μέσα ετήσια ύψη βροχής, έτσι όπως καταγράφονται στο βροχομετρικό χάρτη της Ελλάδας.

<b>Ετήσιο ύψος βροχής P (mm/έτος)</b>	<b>Βαθμολογία</b>
<b>&lt; 400</b>	<b>2</b>
<b>400-500</b>	<b>4</b>
<b>500-700</b>	<b>6</b>
<b>700-1000</b>	<b>8</b>
<b>&gt; 1000</b>	<b>10</b>

*Πίνακας 7.3: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση την ετήσια βροχόπτωση*

Προτιμώνται οι χώροι με σχετικά μικρό ύψος βροχής διότι αυτό διευκολύνει την ελαχιστοποίηση των στραγγισμάτων. Για το λόγο αυτό η μικρότερη βαθμολογία (=2) δίνεται στις περιοχές με ετήσιο ύψος βροχής μικρότερο των **400 mm**, ενώ η μεγαλύτερη βαθμολογία (=10) δίνεται στις πιο επικίνδυνες περιοχές με ετήσιο ύψος βροχής μεγαλύτερο των **1000 mm**.

Ανάλογα με την έκταση που καταλαμβάνει η χωματερή, προτείνεται η βαθμολογία που φαίνεται στον πίνακα **7.4**:

<b>Έκταση A (στρέμματα)</b>	<b>Βαθμολογία</b>
<b>&lt; 5</b>	<b>2</b>
<b>5-10</b>	<b>4</b>
<b>10-25</b>	<b>6</b>
<b>25-50</b>	<b>8</b>
<b>&gt; 50</b>	<b>10</b>

*Πίνακας 7.4: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση την έκταση της χωματερής*



Για τα ανωτέρω δύο κριτήρια, επιλέγεται ως ελάχιστη βαθμολογία το **2** (και όχι το **1**) διότι ακόμη και στις περιπτώσεις όπου έχουμε πολύ λίγες βροχοπτώσεις ή όταν η έκταση της χωματερής είναι μικρή (< 5 στρέμματα), εξακολουθεί να υπάρχει ένας ελάχιστος κίνδυνος. Αντίθετα, αν η ελάχιστη βαθμολογία των κριτηρίων ήταν ίση με **1**, η Πηγή δεν θα επιδρούσε καθόλου στη συνολική επικινδυνότητα του χώρου ταφής.

Η βαθμολογία της επικινδυνότητας της Πηγής προκύπτει από την τετραγωνική ρίζα του γινομένου των βαθμολογιών των δύο κριτηρίων, που προέκυψαν από τους πίνακες **7.3** και **7.4**:

$$S = \sqrt{(P \times A)}$$

Λαμβάνεται η τετραγωνική ρίζα του γινομένου των βαθμών, ώστε η μέγιστη βαθμολογία της Πηγής να ισούται με **10**.

Ο βαθμός επικινδυνότητας της Πηγής ξεκινά από την ελάχιστη τιμή **2** που αντιστοιχεί σε περιοχή με πολύ μικρό ετήσιο ύψος βροχής (< **400 mm**) και μικρή έκταση (< **5** στρεμμάτων), ενώ η μέγιστη τιμή είναι **10** και αντιστοιχεί σε περιοχή με πολύ μεγάλο ετήσιο ύψος βροχής (> **1000 mm**) και έκταση μεγαλύτερη των **50** στρεμμάτων.

Τόσο η βροχόπτωση **P**, όσο και η έκταση **A** της περιοχής είναι κρίσιμοι παράγοντες, αφού όλες οι αυξομειώσεις τους επιδρούν στο τελικό αποτέλεσμα για τον υπολογισμό του συνολικού ρίσκου, σύμφωνα με το μοντέλο: **Risk= S x P x T**.

Σε περίπτωση που επιθυμείται, τα αποτελέσματα που προκύπτουν κανονικοποιούνται με βάση τη μέγιστη τιμή του **S** από όλους τους χώρους που εξετάζονται.

### 7.3. Αξιολόγηση Διόδου (Path)

Η κίνηση των στραγγισμάτων στο έδαφος εξαρτάται από μια σειρά παραμέτρων, στις οποίες έγινε αναφορά στην παράγραφο 7.1. Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν τελικά για την αξιολόγηση της Διόδου (**Path**) είναι το πάχος (**H**) του εδάφους, η διαπερατότητα (**k**) των πετρωμάτων και η σεισμική επικινδυνότητα (**Seism**) της περιοχής, η οποία εξαρτάται τόσο από τον τύπο του εδάφους, όσο και από τη σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει η περιοχή.

Η επιλογή των κριτηρίων αυτών, όπως και όλων των κριτηρίων που επιλέχθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης μεθόδου, βασίστηκε στο ότι τα απαιτούμενα στοιχεία είναι ευκόλως ανακτήσιμα και αντιπροσωπευτικά για την εκτίμηση του κινδύνου.

Ακολουθώς περιγράφονται τα κριτήρια αξιολόγησης της Διόδου:

#### - Βάθος στάθμης υδροφόρου ορίζοντα - Πάχος εδάφους

Σημαντική παράμετρος θεωρείται το βάθος της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα. Όταν ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε μεγάλο βάθος από τη βάση της κωματερής, τότε τα στραγγίσματα χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να έρθουν σε επαφή μαζί του και να τον μολύνουν και επομένως ο κίνδυνος είναι μικρότερος από ό,τι αν ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε μικρό βάθος.

Στην Ελλάδα, η πρακτική τελικής διάθεσης απορριμμάτων περιελάμβανε την απόρριψή τους σε χώρους όπου στις πλείστες των περιπτώσεων, κυριαρχούν μόνο η άμμος, οι κροκάλες και όλων των μεγεθών βραχώδη τεμάχια. Τέτοιας υφής χονδρόκοκκα εδάφη, σε ήδη υπάρχουσες θέσεις δεν παρέχουν καμία εγγύηση κατακράτησης, ορθής πρόβλεψης και διαχείρισης των στραγγισμάτων που παράγονται στο χώρο. Η επιλογή χώρων με πάχη εδάφους μικρότερα των **2 m**, πρέπει να αποφεύγεται ή να εξετάζεται πάντοτε σε σχέση με την ετήσια παραγωγή στραγγίσματος και το ύψος της βροχόπτωσης. Γενικά, απαιτείται μεγαλύτερο πάχος εδαφικού μανδύα, όπου παρατηρούνται μεγάλες βροχοπτώσεις.

Ένας εδαφικός μανδύας μικρού πάχους δεν μπορεί να διατηρήσει ένα αερόβιο δυναμικό οξειδοαναγωγής (**Eh**) σε σταθερά επίπεδα, με αποτέλεσμα να επέρχεται μεταβολή σε αναερόβιες συνθήκες κοντά στα όρια με τον

υποκείμενο υδροφόρο ορίζοντα, οπότε και η κινητικότητα των μετάλλων αυξάνεται και περνάει στα υπόγεια ύδατα. Αντίθετα αν ο εδαφικός μανδύας παρουσιάζει μεγάλο πάχος, τότε το οξειδωτικό περιβάλλον δύναται να διατηρηθεί αρκετά υψηλά από τον υδροφόρο ορίζοντα.

#### - Διαπερατότητα πετρωμάτων

Η δομή του εδάφους καθορίζει τη διευθέτηση των διαφόρων σωματιδίων του στο χώρο, αλλά ρυθμίζει και τη συμπεριφορά του νερού το οποίο ρέει διαμέσου αυτού και κατά συνέπεια την υδραυλική αγωγιμότητα και υδροχωρητικότητα του. Εδάφη με πολύ υψηλό βαθμό δομής παρουσιάζουν και μεγάλο πορώδες, με αποτέλεσμα να κατακρατούν τους ρύπους σε πολύ χαμηλό βαθμό.

Περιοχές όπου η διαφυγή των στραγγισμάτων προς βαθύτερα στρώματα γίνεται με μεγάλη ευκολία, ανεξάρτητα του πάχους των στρωμάτων αυτών, πρέπει να τυγχάνουν ιδιαίτερης προσοχής από υδρογεωλογικής πλευράς.

Το υπόγειο νερό κινείται μέσα στους διάφορους υδρολιθολογικούς σχηματισμούς μέσω:

- του πρωτογενούς πορώδους
- του δευτερογενούς πορώδους

Το πρωτογενές πορώδες είναι το κύριο χαρακτηριστικό των χαλαρών σχηματισμών, ενώ το δευτερογενές των περισσότερων συμπαγών πετρωμάτων που παρουσιάζουν μηχανικές ιδιότητες (ρωγμές, διαρρήξεις), μεσοστρωματικά διάκενα και αγωγούς που προέρχονται από το συνδυασμό τεκτονικής δράσης και διάλυσης. Τέτοια πετρώματα που παρουσιάζουν δευτερογενές πορώδες είναι οι ασβεστόλιθοι, δολομίτες, χαλαζίτες, λάβες, γρανίτες, οφιόλιθοι κλπ. Τέλος, μερικά πετρώματα παρουσιάζουν τόσο πρωτογενές όσο και δευτερογενές πορώδες, όπως ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, τόφφοι κλπ.

Για τον υπολογισμό της διαπερατότητας του υπεδάφους λαμβάνονται υπόψη μία σειρά από παράμετροι λιθολογικών σχηματισμών, όπως το πορώδες, το μέγεθος, το σχήμα και η διάταξη των κόκκων, η αποσάθρωση, ο κατακερματισμός, η διάλυση, το βάθος κλπ.

Οι υδρολιθολογικοί σχηματισμοί ανάλογα με την διαπερατότητά τους διακρίνονται σε:

- Σχηματισμοί υψηλής διαπερατότητας, όπου  $k > 10^{-2} \text{ m/sec}$
- Διαπερατοί σχηματισμοί, όπου  $10^{-2} > k > 10^{-6} \text{ m/sec}$
- Σχηματισμοί χαμηλής διαπερατότητας, όπου  $10^{-6} > k > 10^{-9} \text{ m/sec}$
- Σχηματισμοί πολύ χαμηλής διαπερατότητας, όπου  $k < 10^{-9} \text{ m/sec}$

Οι διακυμάνσεις της τιμής της υδραυλικής αγωγιμότητας κάποιων χαρακτηριστικών σχηματισμών παρουσιάζεται ακολούθως [27]:

<b>Σχηματισμός</b>	<b>Τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας k (m/sec)</b>
Χαλίκι	$10^{-3} - 10^{-1}$ → διαπερατός σχηματισμός
Αμμώδες χαλίκι	$10^{-3} - 10^{-2}$
Χαλικώδης άμμος	$10^{-4} - 10^{-2}$
Χονδρόκοκκη άμμος	$10^{-4} - 10^{-3}$
Μέση άμμος	$10^{-5} - 10^{-4}$
Λεπτόκοκκη άμμος	$10^{-6} - 10^{-4}$
Ιλυώδης άμμος	$10^{-8} - 10^{-5}$
Ιλύς	$10^{-9} - 10^{-7}$
Άργιλος	$10^{-10} - 10^{-8}$
Χονδρόκοκκη άργιλος	$\approx 10^{-12}$ → πρακτικά αδιαπέρατη

Στον πίνακα 7.5 παρουσιάζεται ένας τυπικός διαχωρισμός των γεωλογικών σχηματισμών σε αδιαπέρατους και διαπερατούς.

<b>Αδιαπέρατοι σχηματισμοί</b> ( $k < 10^{-7} \text{ m/sec}$ )	<b>Διαπερατοί σχηματισμοί</b> ( $k \geq 10^{-5} \text{ m/sec}$ )
Μάργες, Φλύσχης, Ιλυόλιθοι	Ασβεστόλιθοι, Ψαμμίτες, Κροκαλοπαγή
Αργιλικοί σχηματισμοί, άργιλοι	Πυριγενή πετρώματα με δευτερογενές πορώδες (γάββροι, περιδοτίτες, οφιόλιθοι, διαβάσες)
Πυριγενή πετρώματα με μικρό πορώδες (γρανίτες)	Μεταμορφωμένα πετρώματα με δευτερογενές πορώδες (Μάρμαρα, Χαλαζίτες, Γνεύσιοι)
Πηλιτικά πετρώματα	Ηφαιστειακά πετρώματα (δευτερογενές πορώδες)
Μεταμορφωμένα πετρώματα με μικρό πορώδες (σχιστόλιθοι)	
Εβαπορίτες	

Πίνακας 7.5: Αδιαπέρατοι και διαπερατοί γεωλογικοί σχηματισμοί [27]

Για την αξιολόγηση της Διόδου δεν λαμβάνεται υπόψη κάθε κριτήριο ξεχωριστά, αλλά ο συνδυασμός τους. Στη μεθοδολογία που αναπτύσσεται ακολούθως, για τον συνδυασμό των κριτηρίων, αντί για μαθηματικές πράξεις, επιλέγεται η μορφή μητρών αξιολόγησης που είναι πιο λειτουργική.

Οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι για τα υπόγεια νερά από τα στραγγίσματα ενός χώρου ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων, εξαρτώνται άμεσα από τις γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες του χώρου. Ο πυθμένας και τα πρανή του χώρου πρέπει να πληρούν απαιτήσεις υδροπερατότητας και πάχους, οι οποίες όσον αφορά στην προστασία του εδάφους και των υπογείων υδάτων, έχουν συνδυασμένο αποτέλεσμα.

Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του εδάφους, τόσο περισσότερο χρόνο χρειάζονται τα στραγγίσματα για να φτάσουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Παρομοίως, όσο μικρότερη είναι η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών, τόσο λιγότερο περατοί είναι και κατά συνέπεια αυξάνεται ο χρόνος που χρειάζονται τα στραγγίσματα για να φτάσουν και να μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής.

Θα μπορούσε να θεωρηθεί λοιπόν, ότι το πηλίκο του πάχους του εδάφους προς την υδραυλική του αγωγιμότητα εκφράζει την ταχύτητα κίνησης των στραγγισμάτων στο εσωτερικό του εδάφους και αποτελεί μέτρο της ικανότητας χρονικής υστέρησης των διαρροών. Όσο μικρότερο είναι το πηλίκο  $H/k$ , τόσο καθυστερεί η εμφάνιση ρύπανσης στα υπόγεια ύδατα.

Ως πρώτο κριτήριο επομένως για την αξιολόγηση της Διόδου λαμβάνεται το πηλίκο του πάχους του εδάφους προς την υδραυλική του αγωγιμότητα. Από τον υπολογισμό των πηλίκων αυτών προκύπτει ο πίνακας 7.6:

Πάχος εδάφους Η (m)	Υδραυλική αγωγιμότητα k (m/sec)			
	$> 10^{-2}$	έως $10^{-6}$	έως $10^{-9}$	$< 10^{-9}$
$< 10$	$10^3 (=10/10^{-2})$	$10^7 (=10/10^{-6})$	$10^{10} (=10/10^{-9})$	$10^{10} (=10/10^{-9})$
Έως 50	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^7$	$5 \times 10^{10}$	$5 \times 10^{10}$
Έως 90	$9 \times 10^3$	$9 \times 10^7$	$9 \times 10^{10}$	$9 \times 10^{10}$
$> 90$	$9 \times 10^3$	$9 \times 10^7$	$9 \times 10^{10}$	$9 \times 10^{10}$

Πίνακας 7.6: Πηλίκα πάχους εδάφους και υδραυλικής αγωγιμότητας

Για απλοποίηση των ανωτέρω αποτελεσμάτων και για να είναι η κλίμακα βαθμολογίας ίδια για όλα τα επιμέρους κριτήρια, η βαθμολογία στον πίνακα 7.6 ανάγεται από 0 έως 10, δίνοντας 10 στην περισσότερο επικίνδυνη περίπτωση (μικρό πάχος εδάφους και μεγάλη υδραυλική αγωγιμότητα, επομένως μικρό πηλίκο  $H/k$ ) και 1 στην λιγότερο επικίνδυνη περίπτωση (μεγάλο πάχος εδάφους και μικρή υδραυλική αγωγιμότητα, επομένως μεγάλο πηλίκο  $H/k$ ). Έτσι, προκύπτει ο πίνακας 7.7, ο οποίος αποτελεί και την τελική βαθμολογία των πηλίκων  $H/k$ , δηλαδή του πρώτου κριτηρίου αξιολόγησης της Διόδου.

Πάχος εδάφους Η (m)	Υδραυλική αγωγιμότητα k (m/sec)			
	$> 10^{-2}$	έως $10^{-6}$	έως $10^{-9}$	$< 10^{-9}$
$< 10$	10	7	5	2
Έως 50	10	7	5	2
Έως 90	9	6	4	1
$> 90$	9	6	4	1

Πίνακας 7.7: Τελική βαθμολογία πηλίκων  $H/k$

## - Σεισμική επικινδυνότητα περιοχής (Seism)

Ο ελληνικός χώρος βρίσκεται στο όριο επαφής και σύγκλισης της Αφρικανικής και της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας. Για το λόγο αυτό, η ενεργός τεκτονική στο χώρο αυτό είναι έντονη, όπως εξάλλου δείχνει η μεγάλη σεισμικότητα, η παραμόρφωση των διαφόρων γεωλογικών ζωνών και τα ηφαιστειακά φαινόμενα που παρατηρούνται στην περιοχή.

Τα πιο εντυπωσιακά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά τεκτονικής προέλευσης του χώρου αυτού είναι η «ελληνική τάφρος», το «ελληνικό τόξο» και η «λεκάνη του βορείου Αιγαίου».

Η ελληνική τάφρος αποτελείται από μια σειρά θαλάσσιων λεκανών που έχουν βάθη μέχρι 5 χλμ. Αυτή είναι παράλληλη προς το ελληνικό τόξο και περιλαμβάνει μικρότερες γραμμικές τάφρους, όπως είναι οι τάφροι του Πλινίου και του Στραβώνα ΝΑ της Κρήτης και η τάφρος του Ιονίου πελάγους.

Το ελληνικό τόξο αποτελείται από το εξωτερικό ιζηματογενές τόξο, το οποίο συνδέει τις Δειναρικές Άλπεις με τις Τουρκικές Ταυρίδες διαμέσου των Ελληνίδων οροσειρών, των Ιονίων νήσων, της Κρήτης και της Ρόδου και από το εσωτερικό ηφαιστειακό τόξο, το οποίο είναι παράλληλο προς το ιζηματογενές τόξο και βρίσκεται σε μια μέση απόσταση 120 χλμ από αυτό.

Η μεγάλη σεισμικότητα της χώρας μας, καθιστά αναγκαία τη χρησιμοποίηση του κριτηρίου της σεισμικής επικινδυνότητας, η οποία εξαρτάται τόσο από τον τύπο του εδάφους, όσο και από τη σεισμικότητα της περιοχής.

### **a. Τύπος εδάφους**

Το είδος του εδάφους σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του σεισμού μπορεί να οδηγήσει σε μείωση ή αύξηση της επιτάχυνσης, δεδομένου ότι τα σεισμικά κύματα από την περιοχή διάρρηξης διασχιίζουν μια ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών και μετά από διαδοχικές ανακλάσεις και διαθλάσεις φτάνουν στα θεμέλια του οικοδομήματος. Για το χαρακτηρισμό των εδαφών από άποψη επικινδυνότητας λαμβάνονται υπόψη μεταξύ άλλων η σύσταση, η κλίση, η ομοιογένεια, η έκταση και το πάχος των στρωμάτων [53].

Εδάφη σεισμικά ακίνδυνα θεωρούνται οι στερεές βραχώδεις μάζες που απαντώνται συνήθως σε παλαιότερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Οι μάζες αυτές, όταν δεν έχουν υποστεί αποσάθρωση, αποτελούν το ασφαλέστερο έδαφος θεμελίωσης. Στα εδάφη αυτά αποκλείονται βλάβες από καθίζηση

και ολίσθηση. Επίσης, στα εδάφη μικρής σεισμικής επικινδυνότητας υπάγονται και αυτά που αποτελούνται από ενιαίο εκτεταμένο στρώμα, συμπαγές και ομοιογενές ή από αργιλομαργαϊκά στρώματα με πάχος μεγαλύτερο από 15 μέτρα και σε στρώση περίπου οριζόντια.

Ψαθυρά ή χαλαρά εδάφη σε οριζόντια στρώση ή με ελαφριά κλίση, υπάγονται στα εδάφη μέτριας σεισμικής επικινδυνότητας.

Εδάφη από φυσικά ή δομικά κορήματα, ελώδη ή τελματώδη, καθώς και περιοχές με αποξηραμένες λίμνες, χαρακτηρίζονται ως εδάφη με μεγάλη σεισμική επικινδυνότητα.

Ανομοιογενή ή χαλαρά εδάφη, που βρίσκονται πάνω σε απότομες κλιτίες και περιοχές πάνω από σπηλαιώδες υπέδαφος, υπάγονται στα εδάφη εξαιρετικής σεισμικής επικινδυνότητας.

Η κλίμακα βαθμολογίας που προτείνεται παρουσιάζεται στον πίνακα 7.8 που ακολουθεί:

<i>Τύπος εδάφους</i>	<i>Βαθμός</i>
Μικρής σεισμικής επικινδυνότητας	<b>1</b>
Μέτριας σεισμικής επικινδυνότητας	<b>4</b>
Μεγάλης σεισμικής επικινδυνότητας	<b>7</b>
Εξαιρετικής σεισμικής επικινδυνότητας	<b>10</b>

*Πίνακας 7.8: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τον τύπο του εδάφους*

### **β. Σεισμικότητα περιοχής**

Οι υπεδafικές τεκτονικές συνθήκες πρέπει να είναι ήπιες, ώστε να εξασφαλίζεται η ελάχιστη διαφυγή ρύπων.

Η σεισμική δράση σε συνδυασμό με τις τεκτονικές διαταραχές μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την πορεία του νερού και των ρύπων στο έδαφος, εξαιτίας δημιουργίας ή περαιτέρω ανάπτυξης ρηγμάτων και πτυχών.

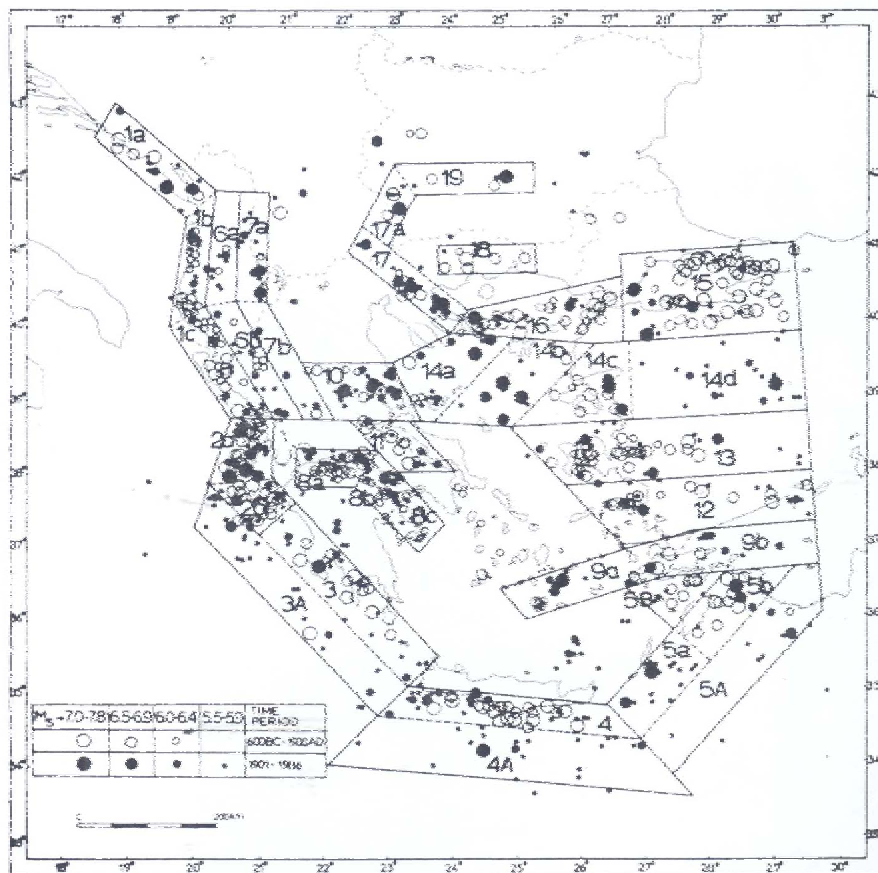
*Ρήγματα:* Είναι επιφάνειες ασυνέχειας, οι οποίες χωρίζουν ένα πέτρωμα σε δύο ανεξάρτητα ή μερικώς ανεξάρτητα τεμάχια. Από υδρογεωλογικής πλευράς, τα ρήγματα εκλαμβάνονται ως ζώνες μη σταθερού πάχους, οι οποίες συνοδεύονται από ρωγμές και κατακερματισμένο πέτρωμα. Η ζώνη λοιπόν του ρήγματος αποτελεί ζώνη διακίνησης του νερού.



*Πτυχές:* Η πύκωση ή η ισχυρή κλίση των στρωμάτων, δημιουργεί συχνά υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες.

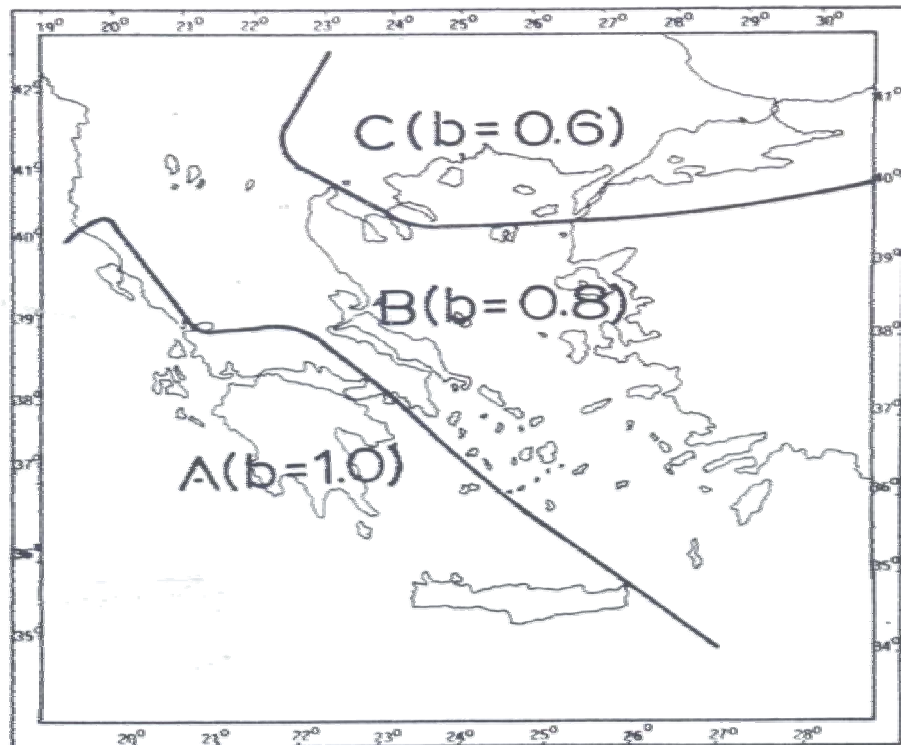
Σύμφωνα με τον καθηγητή Ευθύμιο Λέκκα, η ύπαρξη ρηγμάτων δεν είναι καθοριστικός λόγος για να αποκλειστεί η χωροθέτηση ΧΥΤΑ σε μια περιοχή, χρειάζεται όμως να ληφθούν ειδικά μέτρα. Σεισμοί που έγιναν την τελευταία **20**ετία σε διάφορες περιοχές της δυτικής ακτής των ΗΠΑ (Σάντα Ρόσα, Σαν Φερνάντο, Λόμα Πριέτα, Νορθ Ριτζ, κ.λπ.), επέφεραν μεγάλες καταστροφές σε ΧΥΤΑ που βρέθηκαν πάνω σε σεισμικά ρήγματα.

Ο καθηγητής Παπαζάχος το **1988**, χρησιμοποίησε ένα πολύ μεγάλο δείγμα σεισμολογικών παρατηρήσεων (ιστορικών και ενόργανων), καθώς και άλλων στοιχείων (σεισμοτεκτονικών, γεωλογικών) και πρότεινε το χωρισμό του ελλαδικού χώρου σε **19 ζώνες [38]**, οι οποίες παρουσιάζονται στο σχήμα 7.1.



Σχήμα 7.1: Ο χωρισμός τους ελλαδικού χώρου σε 19 ζώνες [38]

Σημαντική σεισμοτεκτονική σημασία έχει η παράμετρος  $b$ , η οποία εξαρτάται από τη μηχανική ομοιογένεια του υλικού και από τις τεκτονικές τάσεις που επικρατούν στο σεισμογόνο χώρο. Μεγάλη τιμή της παραμέτρου  $b$  σημαίνει σχετικά μεγάλος αριθμός μικρών σεισμών (σε σχέση με τον αριθμό των μεγάλων), δηλαδή σχετικά μεγάλος αριθμός ρηγμάτων μικρού μήκους, ενώ μικρή τιμή της  $b$  σημαίνει το αντίθετο. Υπολογίστηκαν οι τιμές  $b$  για κάθε σεισμική ζώνη και παρατηρήθηκε συγκέντρωση των τιμών αυτών γύρω από τις τρεις μέσες τιμές  $b=1,0$ ,  $b=0,8$  και  $b=0,6$ . Κάθε μία από τις τιμές αυτές αντιστοιχεί σε μία ομάδα ζωνών που συγκροτεί μια συνεχή περιοχή. Οι τρεις αυτές περιοχές (A, B, C) φαίνονται στο σχήμα 7.2 που ακολουθεί.



Σχήμα 7.2: Ο χωρισμός του ελλαδικού χώρου με βάση την παράμετρο  $b$  [38]

Ο σεισμικός κίνδυνος εξαρτάται από την πιθανότητα εμφάνισης κάποιου μεγάλου σεισμικού μεγέθους. Με βάση την προτεινόμενη κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής που προκύπτει από τη μέγιστη ένταση που έχει παρατηρηθεί, προκύπτει και η καταλληλότητα του συγκεκριμένου χώρου απόθεσης απορριμμάτων ως προς το κριτήριο αυτό.

Η κατανομή των επικέντρων των επιφανειακών σεισμών (βάθος μικρότερο των **60** χλμ) οριοθετεί διάφορες σεισμικές ζώνες. Η κυριότερη είναι αυτή που εκτείνεται κατά μήκος της εξωτερικής (κοίλης) πλευράς του ελληνικού τόξου, δηλαδή, ακτές δυτικής Ελλάδας, Ιόνια νησιά, ΝΔ Πελοπόννησος, νότια Κρήτη, Κάρπαθος, Ρόδος. Άλλες σημαντικές ζώνες έχουν διεύθυνση Ανατολή - Δύση, όπως Β. Αιγαίου, Θεσσαλίας - Σποράδων, Πατραϊκού - Κορινθιακού κλπ.

Οι σεισμοί ενδιάμεσου βάθους (βάθη εστίας μεταξύ **70** και **180** χλμ) είναι ιδιαίτερα επικίνδυνοι, γιατί προκαλούν βλάβες σε μεγάλες αποστάσεις κατά μήκος του Ελληνικού τόξου και οι περίοδοι των κυμάτων τους είναι σχετικά μεγάλες (**1,5 sec**).

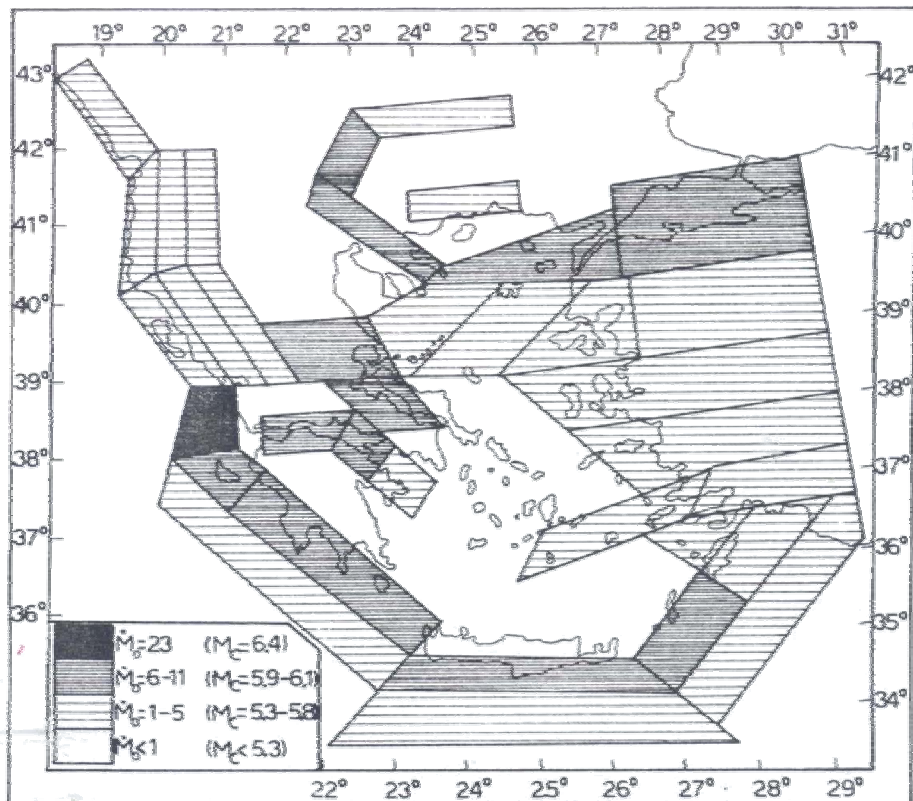
Το σχήμα **7.3** παριστάνει τη σεισμικότητα των διαφόρων σεισμικών ζωνών των επιφανειακών σεισμών του ελληνικού χώρου και των γύρω περιοχών, όπως αυτή εκφράζεται με την ετήσια έκλυση της σεισμικής ροπής ανά **10.000 km<sup>2</sup>** επιφάνεια ( $M_0$ ). Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη σεισμικότητα παρατηρείται σε τρεις περιοχές του χώρου αυτού: α) Κατά μήκος του κυρτού μέρους του ελληνικού τόξου, αλλά κοντά στις ακτές (Ιόνια νησιά, νότια Πελοπόννησος, νότια Κρήτη, νότια της Καρπάθου) με εξαιρετικά μεγάλη τιμή στο βορειοδυτικό τμήμα του τόξου (Κεφαλλονιά - Λευκάδα), β) Κατά μήκος μιας δεύτερης τοξοειδούς περιοχής η οποία περιλαμβάνει: το δυτικό τμήμα της ζώνης διάρρηξης της βόρειας Ανατολίας (σεισμική ζώνη **15**), της προέκτασης της ζώνης αυτής στο βορειότερο μέρος του Αιγαίου πελάγους (σεισμική ζώνη **16**) και τη γνωστή Σερβομακεδονική μάζα (σεισμική ζώνη **17**), γ) Σε μία περιοχή της κεντρικής Ελλάδας που περιλαμβάνει: τον Πατραϊκό και Κορινθιακό κόλπο (ζώνη **8a,b**), τη Θεσσαλία (ζώνη **10**) και το Μαλιακό και Ευβοϊκό κόλπο (ζώνη **11**).

Ο σεισμικός κίνδυνος εξαρτάται από την πιθανότητα εμφάνισης κάποιου μεγάλου σεισμικού μεγέθους. Με βάση την προτεινόμενη κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής που προκύπτει από τη μέγιστη ένταση που έχει παρατηρηθεί, προκύπτει και η καταλληλότητα του συγκεκριμένου χώρου απόθεσης απορριμμάτων ως προς το κριτήριο αυτό.

Η κατανομή των επικέντρων των επιφανειακών σεισμών (βάθος μικρότερο των **60** χλμ) οριοθετεί διάφορες σεισμικές ζώνες. Η κυριότερη είναι αυτή που εκτείνεται κατά μήκος της εξωτερικής (κοίλης) πλευράς του ελληνικού τόξου, δηλαδή, ακτές δυτικής Ελλάδας, Ιόνια νησιά, ΝΔ Πελοπόννησος, νότια Κρήτη, Κάρπαθος, Ρόδος. Άλλες σημαντικές ζώνες έχουν διεύθυνση Ανατολή - Δύση, όπως Β. Αιγαίου, Θεσσαλίας - Σποράδων, Πατραϊκού - Κορινθιακού κλπ.

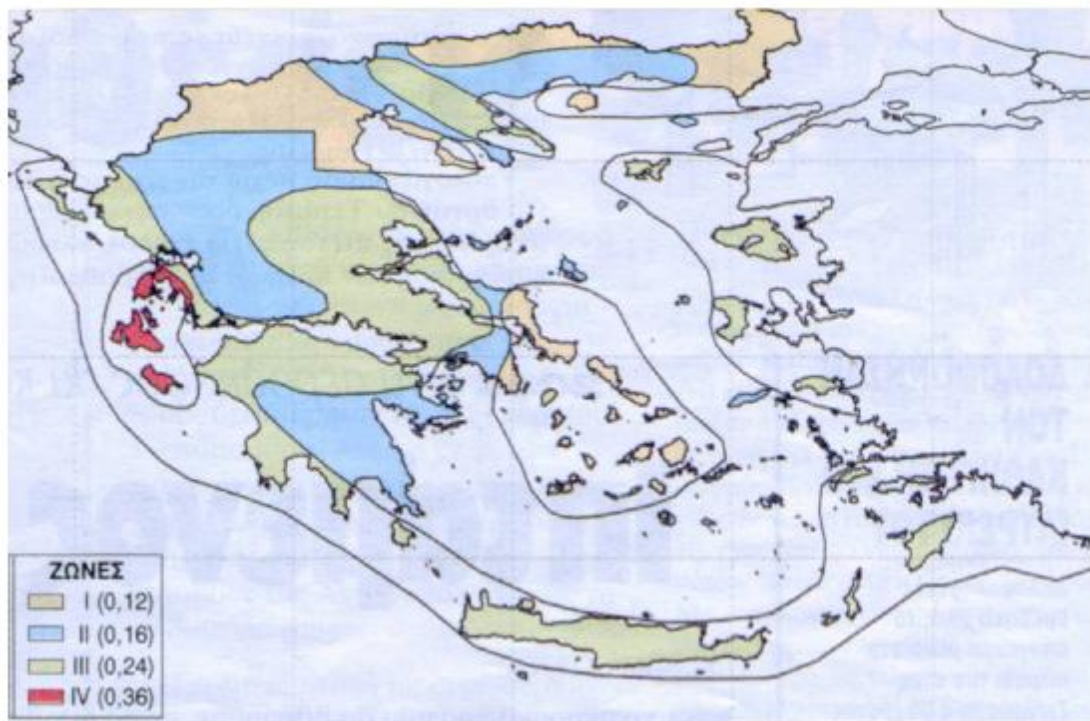
Οι σεισμοί ενδιάμεσου βάθους (βάθη εστίας μεταξύ **70** και **180** χλμ) είναι ιδιαίτερα επικίνδυνοι, γιατί προκαλούν βλάβες σε μεγάλες αποστάσεις κατά μήκος του Ελληνικού τόξου και οι περίοδοι των κυμάτων τους είναι σχετικά μεγάλες (**1,5 sec**).

Το σχήμα **7.3** παριστάνει τη σεισμικότητα των διαφόρων σεισμικών ζωνών των επιφανειακών σεισμών του ελληνικού χώρου και των γύρω περιοχών, όπως αυτή εκφράζεται με την ετήσια έκλυση της σεισμικής ροπής ανά **10.000 km<sup>2</sup>** επιφάνεια ( $M_0$ ). Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη σεισμικότητα παρατηρείται σε τρεις περιοχές του χώρου αυτού: α) Κατά μήκος του κυρτού μέρους του ελληνικού τόξου, αλλά κοντά στις ακτές (Ιόνια νησιά, νότια Πελοπόννησος, νότια Κρήτη, νότια της Καρπάθου) με εξαιρετικά μεγάλη τιμή στο βορειοδυτικό τμήμα του τόξου (Κεφαλλονιά - Λευκάδα), β) Κατά μήκος μιας δευτέρης τοξοειδούς περιοχής η οποία περιλαμβάνει: το δυτικό τμήμα της ζώνης διάρρηξης της βόρειας Ανατολίας (σεισμική ζώνη **15**), της προέκτασης της ζώνης αυτής στο βορειότερο μέρος του Αιγαίου πελάγους (σεισμική ζώνη **16**) και τη γνωστή Σερβομακεδονική μάζα (σεισμική ζώνη **17**), γ) Σε μία περιοχή της κεντρικής Ελλάδας που περιλαμβάνει: τον Πατραϊκό και Κορινθιακό κόλπο (ζώνη **8a,b**), τη Θεσσαλία (ζώνη **10**) και το Μαλιακό και Ευβοϊκό κόλπο (ζώνη **11**).



Σχήμα 7.3: Σεισμικότητα των διαφόρων σεισμικών ζωνών των επιφανειακών σεισμών του ελληνικού χώρου [38]

Με βάση τα σεισμολογικά δεδομένα του παρελθόντος έγινε ο χωρισμός της Ελλάδας σε ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας τεσσάρων κατηγοριών, τα όρια των οποίων καθορίζονται στο Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος (σχήμα 7.4). Η διάκριση γίνεται σε ζώνες: I, II, III, IV, με αντίστοιχες επιταχύνσεις ίσες με **12 %**, **16 %**, **24 %**, **36 %** της επιτάχυνσης βαρύτητας **g**. Πρόκειται για χονδρική εκτίμηση με πιθανότητα υπέρβασης **10 %** στα **50** χρόνια, η οποία μερικές φορές δυστυχώς πραγματοποιείται.



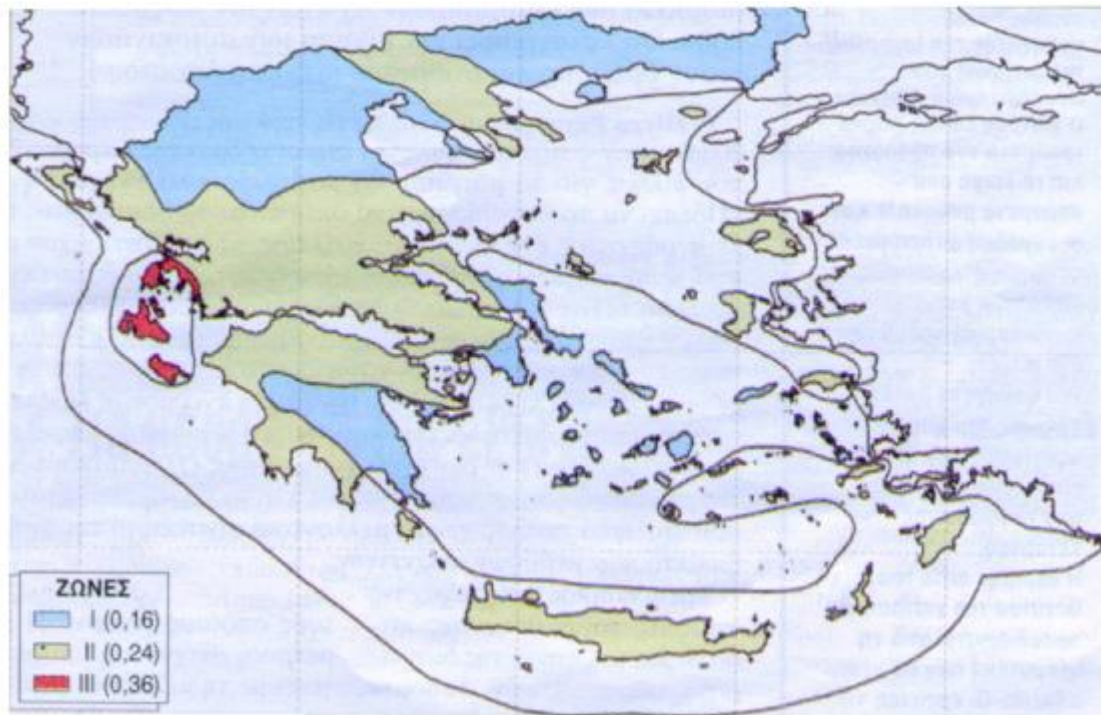
Σχήμα 7.4:Ισχύων Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος [56]

Τα σεισμικά δεδομένα πιθανώς να τροποποιήσουν τις ζώνες αυτές. Για παράδειγμα, η Καλαμάτα πριν το σεισμό του **1986** ανήκε στη ζώνη σεισμικότητας II, ενώ σήμερα έχει μεταταγεί στη ζώνη III. Κάτι ανάλογο συνέβη και στην περιοχή Γρεβενών και Κοζάνης που είχε να δεχτεί σεισμό **1.100** περίπου χρόνια και μέχρι το **1995** ανήκε στη ζώνη I. Ως εκ τούτου η περιοχή χαρακτηριζόταν ως σεισμικά ακίνδυνη. Η Λαμία ανήκε στη ζώνη I βάσει του αντισεισμικού κανονισμού του **1959**, ενώ σήμερα έχει καταταγεί στη ζώνη III, μετά τους καταστροφικούς σεισμούς του **1980**.

Ομοίως, ο σεισμός της Αθήνας αποτέλεσε έκπληξη ως προς το μέγεθος και την έντασή του. Ένα ρήγμα που για περίπου **200** χρόνια ήταν ανενεργό, ενεργοποιήθηκε. Ο σεισμός ανέδειξε ένα σοβαρό έλλειμμα στη γνώση του σεισμοτεκτονικού περιβάλλοντος και στην εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου, καθώς και ανεπάρκεια στη σεισμολογική τεχνική υποδομή.

Στις αρχές του **2004** θα τεθεί σε ισχύ ο νέος Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας (σχήμα 7.5), ως τμήμα του Αντισεισμικού Κανονισμού. Με τον νέο χάρτη καταργείται η μέχρι σήμερα ισχύουσα ζώνη «χαμηλής» επικινδυνότητας (**0,12g**) και οι περιοχές που ανήκαν σε αυτή

περνούν σε νέα ζώνη, με τιμή ενεργού εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού **0,16g**. Έτσι, η Ελλάδα θα χωρίζεται πλέον σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας, αντί των τεσσάρων του υφιστάμενου χάρτη. Ο ισχύων χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας ονοματίζει μόνο **138** δήμους, ενώ ο νέος καλύπτει ολόκληρη τη χώρα και αναφέρεται αναλυτικά σε όλους τους δήμους της Αττικής. Αρκετές περιοχές της χώρας μετακινούνται από χαμηλότερης επικινδυνότητας ζώνες σε υψηλότερης, και αυτό αφορά πολλούς δήμους της Αττικής, ανάμεσά τους οι περισσότεροι από εκείνους που επλήγησαν από τον σεισμό του **1999**. Αντίστοιχες αλλαγές γίνονται σε περιοχές της κεντρικής Μακεδονίας και της Πελοποννήσου.



*Σχήμα 7.5: Νέος Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος που θα τεθεί σε ισχύ στις αρχές του 2004 [56]*

Η κλίμακα βαθμολογίας που προτείνεται για την επικινδυνότητα ενός χώρου ταφής ανάλογα με τη σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει, με βάση τον ισχύον χάρτη, παρουσιάζεται στον πίνακα 7.9:

<i>Σεισμική ζώνη</i>	<i>Βαθμός</i>
Κατηγορία IV	<b>10</b>
Κατηγορία III	<b>7</b>
Κατηγορία II	<b>4</b>
Κατηγορία I	<b>1</b>

Πίνακας 7.9: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τη σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει η περιοχή

Όπως φαίνεται από τους πίνακες 7.8 και 7.9, μεγαλύτερη βαθμολογία (=10) δίνεται στους χώρους που βρίσκονται σε εδάφη εξαιρετικής σεισμικής επικινδυνότητας (ανομοιογενή, χαλαρά κ.α.) και η ευρύτερη ζώνη στην οποία ανήκουν χαρακτηρίζεται ως υψηλής σεισμικότητας (κατηγορία IV).

Η βαθμολογία για τη σεισμική επικινδυνότητα, αφού αυτή εξαρτάται τόσο από τον τύπο του εδάφους, όσο και από τη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής στην οποία ανήκει, προκύπτει από το γινόμενο των βαθμολογιών που δόθηκαν από τους πίνακες 7.8 και 7.9. Τα αποτελέσματα οδηγούν στον πίνακα 7.10.

		<b>Ζώνες</b>			
		<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
<b>Εδάφη</b>	<b>Βαθμός</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
<i>Μικρής</i>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
<i>Μέτριας</i>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>40</b>
<i>Μεγάλης</i>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>32</b>	<b>49</b>	<b>70</b>
<i>Εξαιρετικής</i>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

Πίνακας 7.10: Βαθμολογία σεισμικής επικινδυνότητας με βάση τον τύπο του εδάφους και τη σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει ο χώρος

Τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα διαιρούνται δια 10, έτσι ώστε το μέγιστο της τελικής βαθμολογίας της σεισμικής επικινδυνότητας να ισούται



με **10**. Προκύπτει έτσι ο ακόλουθος πίνακας **7.11**, όπου με **10** βαθμολογείται η χειρότερη επιλογή (ανομοιογενές ή χαλαρό έδαφος σε περιοχή με πολύ μεγάλη σεισμικότητα) και με **0,1** η καλύτερη επιλογή (έδαφος συμπαγές και ομοιογενές σε περιοχή με μικρή σεισμική επικινδυνότητα).

<b>Εδάφη</b>	<b>Ζώνες</b>			
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
<i>Μικρής</i>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>1</b>
<i>Μέτριας</i>	<b>0,4</b>	<b>1,6</b>	<b>2,8</b>	<b>4</b>
<i>Μεγάλης</i>	<b>0,7</b>	<b>3,2</b>	<b>4,9</b>	<b>7</b>
<i>Εξαιρετικής</i>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>10</b>

*Πίνακας 7.11: Τελική βαθμολογία σεισμικής επικινδυνότητας*

Η τελική βαθμολογία της Διόδου προκύπτει αν στη βαθμολογία που δόθηκε για το πηλίκο **H/k** (πίνακας **7.7**) προστεθεί η βαθμολογία για τη σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής στην οποία ανήκει ο χώρος ταφής (πίνακας **7.11**). Σε περίπτωση που το άθροισμα υπερβαίνει το **10**, τότε η τελική βαθμολογία της Διόδου λαμβάνεται ίση με **10**.

Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η βαρύτητα της διαπερατότητας και του βάθους του υδροφόρου ορίζοντα στον υπολογισμό της επικινδυνότητας της Διόδου, σε σχέση με τη σεισμικότητα της περιοχής, αφού ο βαθμός του τελευταίου κριτηρίου προσαυξάνει τη βαθμολογία των δύο πρώτων. Αυτό συμβαίνει γιατί όταν ένας χώρος ταφής βρίσκεται σε περιοχή με πολύ μικρό βάθος υδροφόρου ορίζοντα και μεγάλη διαπερατότητα εδάφους, τότε ακόμη κι αν βρίσκεται σε ζώνη μικρής σεισμικής επικινδυνότητας, η επικινδυνότητα της Διόδου είναι μεγάλη. Σε περίπτωση που το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα είναι πολύ μεγάλο και το έδαφος αδιαπέρατο, αλλά ο χώρος βρίσκεται σε ζώνη μεγάλης σεισμικής επικινδυνότητας (**IV**), τότε η βαθμολογία της Διόδου θα είναι πάλι υψηλή λόγω της βαθμολογίας που θα δοθεί στο κριτήριο της σεισμικής επικινδυνότητας.

Ο μέγιστος βαθμός που μπορεί να δοθεί στη Δίοδο ισούται με **10** και αντιστοιχεί στον πιο επικίνδυνο χώρο ταφής απορριμμάτων, ενώ αντίθετα η μικρότερη τιμή που μπορεί να δοθεί στη Δίοδο είναι  $(1 + 0,1) = 1,1$  και αντιστοιχεί στο λιγότερο επικίνδυνο χώρο.

#### 7.4. Αξιολόγηση Τελικών Αποδεκτών (Targets)

Η επικινδυνότητα των υπόγειων υδροφορέων εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, οι οποίοι αναφέρθηκαν στην παράγραφο 7.1. Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση των υπόγειων υδροφορέων, είναι η χρήση νερού της περιοχής, η απόσταση από τελικούς φυσικούς αποδέκτες (π.χ. ρέματα, ποτάμια κλπ.) και υδροληπτικά έργα, ο πληθυσμός που καλύπτει τις ανάγκες του από τις πηγές πόσιμου νερού της περιοχής και η απόσταση από περιοχές με γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα.

Οι πληροφορίες που απαιτούνται για την αξιολόγηση του τελικού Αποδέκτη είναι εύκολο να ανακτηθούν και παρέχουν καλή προσέγγιση του κινδύνου, εκεί άλλωστε βασίστηκε και η επιλογή τους. Στις περιπτώσεις όπου απαιτείται συνδυασμός κριτηρίων, επιλέγεται η μορφή μητρών αξιολόγησης.

Ακολούθως περιγράφονται αναλυτικότερα τα κριτήρια αξιολόγησης των τελικών Αποδεκτών:

##### - Χρήση Νερού (U)

Το νερό, ανάλογα με τη χρήση του, διακρίνεται σε:

- α) Νερό αναψυχής
- β) Βιομηχανικό νερό
- γ) Νερό άρδευσης (**80%** του συνολικού πόσιμου νερού)
- δ) Νερό για καλλιέργειες οστράκων & ψαριών
- ε) Πόσιμο νερό

Η χρησιμοποίηση του υπόγειου νερού για άρδευση είναι η συνηθέστερη στον ελληνικό χώρο και δεν απαιτείται νερό με ποιοτικά χαρακτηριστικά μέσα σε στενά όρια προδιαγραφών για το σκοπό αυτό. Η βιομηχανία θέτει αυστηρότερους ποιοτικούς όρους χρήσης και ακολουθεί η κτηνοτροφία.

Τέλος όπως είναι φυσικό, ιδιαίτερα υψηλές είναι οι απαιτήσεις για χρήση του νερού ως πόσιμο.

Ανάλογα με τη χρήση των υπογείων υδάτων προτείνεται η βαθμολογία που φαίνεται στον πίνακα 7.12.

<b>Χρήση νερού (U)</b>	<b>Βαθμός</b>
Πόσιμο	<b>10</b>
Κτηνοτροφική χρήση	<b>8</b>
Βιομηχανική χρήση	<b>5</b>
Αρδευτική χρήση	<b>3</b>
Καμία χρήση	<b>1</b>
Δεν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας	<b>0</b>

Πίνακας 7.12: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τη χρήση των υπογείων υδάτων

Όπως φαίνεται στον πίνακα 7.12, η μεγαλύτερη βαθμολογία (=10) δίνεται στην περίπτωση που το υπόγειο νερό χρησιμοποιείται για πόση και αυτό γιατί η απαιτήσεις ποιότητάς του είναι πολύ υψηλές και επομένως ένας χώρος ανεξέλεγκτης ταφής σε μια τέτοια περιοχή αποτελεί τεράστιο κίνδυνο. Αντίθετα όταν το υπόγειο νερό δεν χρησιμοποιείται καθόλου, τότε ο κίνδυνος από έναν χώρο ανεξέλεγκτης ταφής είναι πολύ μικρός (=1), ενώ όταν δεν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας η επικινδυνότητας μηδενίζεται.

#### - Απόσταση από επιφανειακούς φυσικούς αποδέκτες & υδροληπτικά έργα (S<sub>επιφ.αποδ.</sub>)

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η απόσταση του υπόγειου υδροφορέα από τελικούς φυσικούς αποδέκτες, όπως ρέματα, ποτάμια κλπ.

Ο μόνος τρόπος για να προστατευθεί πλήρως η ποιότητα του υπόγειου νερού είναι η αποφυγή κάθε δραστηριότητας που πιθανόν να προκαλέσει ρύπανση του νερού σε ολόκληρη την έκταση της ζώνης αναπλήρωσης του υδροφόρου ορίζοντα. Αυτό όμως είναι ακατόρθωτο, για καθαρά πρακτικούς λόγους, αλλά και κοινωνικούς.

Στην περίπτωση καίριας ρυπαντικής απειλής σε περιοχή τροφοδοσίας υπόγειων νερών, πρέπει να δίνεται αρκετός χρόνος για την εξάλειψη του μεταφερόμενου ρύπου ή στη χειρότερη περίπτωση να υποδεικνύεται εναλλακτική πηγή πόσιμου νερού [7].

Η κλίμακα βαθμολογίας που προτείνεται παρουσιάζεται στον πίνακα 7.13:

<b>Απόσταση από τελικούς επιφανειακούς φυσικούς αποδέκτες &amp; υδροληπτικά έργα (km) (<math>S_{\text{επιφ.αποδ.}}</math>)</b>	<b>Βαθμός</b>
Τελικοί αποδέκτες & υδροληπτικά έργα κατάντη σε απόσταση < 1 km	<b>10</b>
Τελικοί αποδέκτες & υδροληπτικά έργα κατάντη σε απόσταση μεταξύ 1 έως 2 km	<b>7</b>
Τελικοί αποδέκτες & υδροληπτικά έργα κατάντη σε απόσταση μεταξύ 2 έως 5 km	<b>4</b>
Τελικοί αποδέκτες & υδροληπτικά έργα κατάντη σε απόσταση >5 km	<b>1</b>

*Πίνακας 7.13:Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση την απόσταση του υπόγειου υδροφορέα από τελικούς φυσικούς αποδέκτες*

Παρατηρούμε ότι όσο μικρότερη είναι η απόσταση του χώρου από επιφανειακούς αποδέκτες και υδροληπτικά έργα, τόσο μεγαλύτερη είναι η βαθμολογία και επομένως τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος από τη λειτουργία χωματερής στο συγκεκριμένο χώρο.

**- Πληθυσμός που καλύπτει τις ανάγκες του από τις πηγές πόσιμου νερού της περιοχής (People)**

Στην περίπτωση που το νερό της περιοχής χρησιμοποιείται για πόση, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τον αριθμό των ατόμων που τροφοδοτεί με νερό κάθε πηγή [7].

Προτείνεται η κλίμακα βαθμολογίας που παρουσιάζεται στον πίνακα 7.14:

<b>Αριθμός κατοίκων που καλύπτουν τις ανάγκες τους σε πόσιμο νερό από τις πηγές της περιοχής (People)</b>	<b>Βαθμός</b>
0	1
< 10	3
10 - 200	5
200 - 700	7
700 - 1000	9
> 1000	10

*Πίνακας 7.14: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τον αριθμό των κατοίκων που καλύπτουν τις ανάγκες τους σε πόσιμο νερό από τις πηγές της περιοχής*

Όπως είναι φυσικό, όσο περισσότεροι άνθρωποι καταναλώνουν το νερό της περιοχής, τόσο μεγαλύτερη είναι η βαθμολογία και επομένως τόσο πιο επικίνδυνη η λειτουργία της χωματερής στην περιοχή.

**- Γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα (Agr) σε ακτίνα 3 km**

Στην περίπτωση που το υπόγειο νερό της περιοχής χρησιμοποιείται για άδρευση, πρέπει να ληφθεί υπόψη η ύπαρξη περιοχών με γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα σε απόσταση **3 km** από τον χώρο απόθεσης των απορριμμάτων.

Περιοχές με μικρή γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα παρουσιάζουν αυξημένη χωροταξική καταλληλότητα [7].

Στον πίνακα 7.15 προτείνεται η ακόλουθη κλίμακα βαθμολογίας:

<b>Γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα σε ακτίνα 3 km (Agr)</b>	<b>Βαθμός</b>
Σημαντική γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα	<b>10</b>
Υπαρξη γεωργικής ή κτηνοτροφικής δραστηριότητας χαμηλής παραγωγικότητας	<b>7</b>
Μικρή γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα	<b>4</b>
Απουσία γεωργικής ή κτηνοτροφικής δραστηριότητας	<b>1</b>

Πίνακας 7.15: Βαθμολογία επικινδυνότητας με βάση τη γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα της περιοχής

Η καλύτερη επιλογή βαθμολογείται με **1** και χαρακτηρίζει τη λιγότερο επικίνδυνη περίπτωση, όπου σε ακτίνα **3 km** από τον χώρο απόθεσης δεν υπάρχουν περιοχές με γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα.

Η βαθμολογία του Αποδέκτη (**Target**) προκύπτει από την εξίσωση:

$$T = U \times (S_{\text{επιφ.αποδ.}} + \text{People} + \text{Agr})$$

Χρησιμοποιώντας την ανωτέρω εξίσωση, διαπιστώνεται ότι η μέγιστη βαθμολογία που μπορεί να δοθεί σε έναν αποδέκτη είναι:

$$T = 10 \times (10 + 10 + 10) = 300.$$

Για να ανάγουμε τη βαθμολογία με μέγιστο το **10**, διαιρούμε το αποτέλεσμα δια **30**. Επομένως, η τελική εξίσωση που δίνει τη βαθμολογία του Αποδέκτη δίνεται από τον τύπο:

$$T = [U \times (S_{\text{επιφ.αποδ.}} + \text{People} + \text{Agr})] / 30$$

Η μέγιστη βαθμολογία που μπορεί να δοθεί στον Αποδέκτη ισούται με **10** και αντιστοιχεί στον περισσότερο επικίνδυνο χώρο ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων, όπου το υπόγειο νερό χρησιμοποιείται τόσο ως πόσιμο από περισσότερους των **1000** κατοίκων, όσο και για άδρευση και σε απόσταση μικρότερη των **3 km** υπάρχει έντονη γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα, ενώ σε απόσταση μικρότερη του **1 km** υπάρχουν επιφανειακοί αποδέκτες ή υδροληπτικά έργα.

Αντίθετα, η καλύτερη επιλογή έχει την ελάχιστη βαθμολογία που είναι:  $T = 0 \times (1 + 1 + 1) = 0$ . Η επιλογή αυτή αναφέρεται σε έναν χώρο όπου δεν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας.

Η τελική βαθμολογία επικινδυνότητας του χώρου ανεξέλεγκτης ταφής προκύπτει από το γινόμενο των βαθμολογιών που δόθηκαν στην Πηγή, στη Δίοδο και στον τελικό Αποδέκτη, σύμφωνα με τον τύπο: **Risk = S x P x T**. Γράφοντας τον ανωτέρω τύπο αναλυτικότερα, προκύπτει ότι η τελική βαθμολογία της επικινδυνότητας του εξεταζόμενου χώρου ταφής δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Risk} = [\sqrt{(P \times A)}] * (H/k + \text{Seism}) * [U \times (S_{\text{επιφ.αποδ.}} + \text{People} + \text{Agr})]/30$$

Η ανωτέρω μεθοδολογία στήνεται στον υπολογιστή με τη βοήθεια του προγράμματος **Excel**. Στο παράρτημα I της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται η μορφή του μοντέλου στον υπολογιστή, όπου θέτοντας τα δεδομένα στα κελιά με το γαλάζιο χρώμα, προκύπτει αυτόματα η τελική βαθμολογία της χωματερής στα κελιά με το έντονο κίτρινο χρώμα.

Στον πίνακα **7.16** που ακολουθεί παρουσιάζεται το εύρος της βαθμολογίας της Πηγής, της Δόδου, του Αποδέκτη και κατ' επέκταση του συνολικού βαθμού επικινδυνότητας που μπορεί να λάβει ένας χώρος ταφής απορριμμάτων.

	<b>Ελάχιστη βαθμολογία</b>	<b>Μέγιστη βαθμολογία</b>
<i>Πηγή (Source)</i>	<b>2</b>	<b>10</b>
<i>Δίοδος (Path)</i>	<b>1,1</b>	<b>10</b>
<i>Αποδέκτης (Target)</i>	<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Risk</b>	<b>0</b>	<b>1000</b>

*Πίνακας 7.16:Εύρος βαθμολογιών Πηγής, Δόδου, Αποδέκτη και συνολικού Ρίσκου*

Σε περίπτωση που επιθυμείται, οι τελικοί βαθμοί από τους διάφορους χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων κανονικοποιούνται ως προς το μεγαλύτερο ρίσκο.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα γίνει εφαρμογή της μεθόδου που αναπτύχθηκε για τη συγκριτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας δύο ανεξέλεγκτων χωματερών στη βόρεια Ελλάδα και συγκεκριμένα στο Δήμο Εμμανουήλ Παππά του Νομού Σερρών και στο Δήμο Μενηίδας του Νομού Πέλλας.

## 7.5. Αναλύσεις ευαισθησίας

Η τελική επικινδυνότητα μιας ανεξέλεγκτης χωματερής δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Risk} = [\sqrt{(P \times A)}] * (H/k + \text{Seism}) * [U \times (S_{\text{επιφ.αποδ.}} + \text{People} + \text{Agr})]/30$$

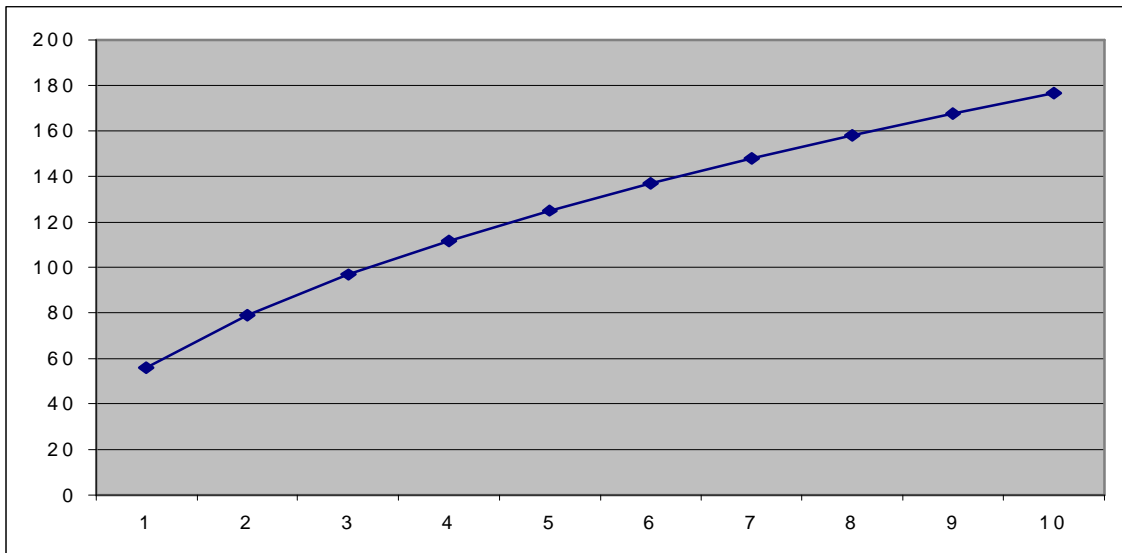
Στην παράγραφο αυτή εξετάζεται η ευαισθησία του τελικού ρίσκου στις μεταβολές κάθε μίας από τις ανωτέρω παραμέτρους.

Άρχικα εξετάζεται η ευαισθησία του τελικού ρίσκου στις μεταβολές της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (P) και της έκτασης του χώρου ταφής (A). Μεταβάλλοντας τη βαθμολογία των παραμέτρων P ή A (από 1 έως 10) και διατηρώντας όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές (= 5), προκύπτουν οι αντίστοιχες τιμές του ρίσκου R (Πίνακας 7.17), οι οποίες παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7.1. Στη συνέχεια υπολογίζεται η διαφορά των τιμών του τελικού ρίσκου R κατά τη μοναδιαία αύξηση των βαθμών P ή A και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7.2. Από τα δύο διαγράμματα προκύπτει ότι όσο αυξάνεται η βαθμολογία που δίνεται στα P και A, τόσο μικρότερη είναι η μεταβολή του συνολικού ρίσκου, μειώνεται δηλαδή η ευαισθησία του.

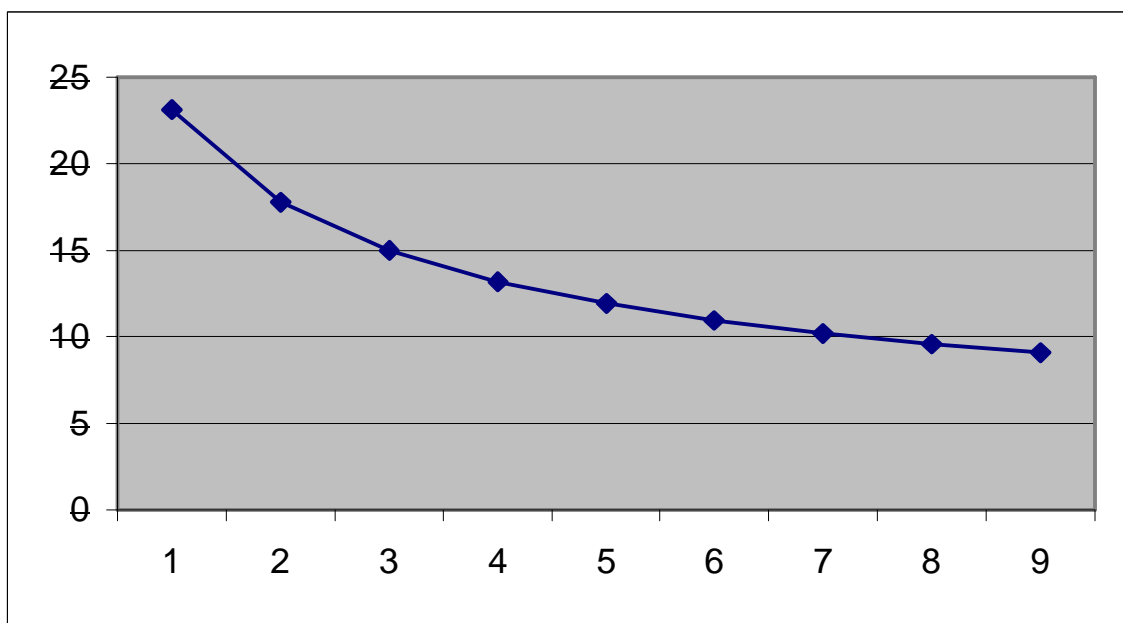
Βαθμός i Παραμέτρου	Μεταβολή P ή A			R	Μεταβολή R
	S $\sqrt{(i \times 5)}$	P (5 + 5)	T $[5 \times (5 + 5 + 5)]/30$		
1	2,236068	10	2,5	55,9017	
2	3,162278	10	2,5	79,05694	23,15524
3	3,872983	10	2,5	96,82458	17,76764
4	4,472136	10	2,5	111,8034	14,97882
5	5	10	2,5	125	13,1966
6	5,477226	10	2,5	136,9306	11,93064
7	5,91608	10	2,5	147,902	10,97136
8	6,324555	10	2,5	158,1139	10,21189
9	6,708204	10	2,5	167,7051	9,591215
10	7,071068	10	2,5	176,7767	9,071597

Πίνακας 7.17: Ανάλυση ευαισθησίας τελικού ρίσκου R στις μεταβολές των παραμέτρων P ή A





Διάγραμμα 7.1: Σχέση τελικού ρίσκου με τη βαθμολογία των παραμέτρων  $P$  ή  $A$

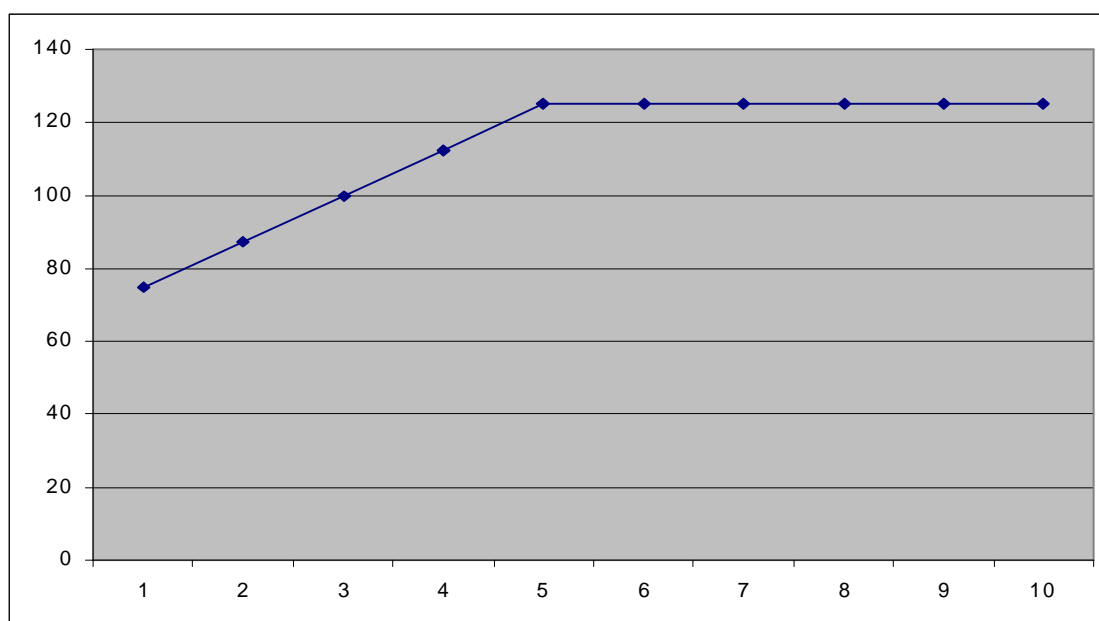


Διάγραμμα 7.2: Μεταβολή (διαφορά) των τιμών του τελικού ρίσκου  $R$  με τη μοναδιαία αύξηση της βαθμολογίας των παραμέτρων  $P$  ή  $A$

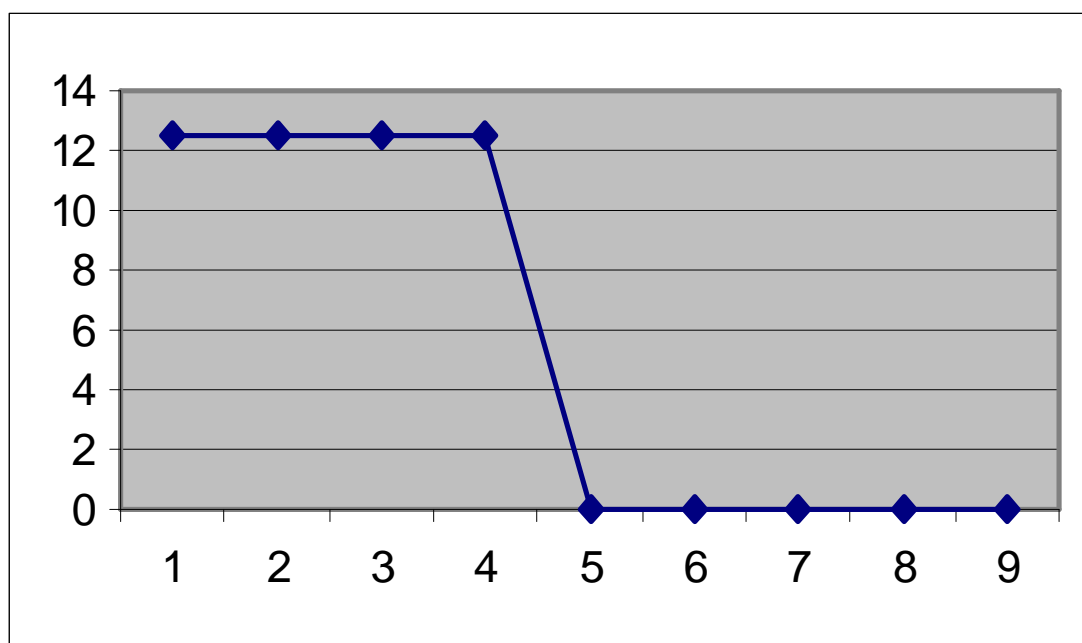
Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για την ανάλυση ευαισθησίας του ρίσκου από τις μεταβολές των παραμέτρων  $H/k$  και  $Seism$ , οπότε προκύπτει ο Πίνακας 7.18. Τα αποτελέσματα του πίνακα παρουσιάζονται στα διαγράμματα 7.3 και 7.4 που ακολουθούν.

Μεταβολή H/k ή Seism					Μεταβολή R
Βαθμός i Παραμέτρου	S $\sqrt{(5 \times 5)}$	P (i + 5)	T $[5 \times (5 + 5 + 5)]/30$	R	
1	5	6	2,5	75	
2	5	7	2,5	87,5	12,5
3	5	8	2,5	100	12,5
4	5	9	2,5	112,5	12,5
5	5	10	2,5	125	12,5
6	5	10	2,5	125	0
7	5	10	2,5	125	0
8	5	10	2,5	125	0
9	5	10	2,5	125	0
10	5	10	2,5	125	0

Πίνακας 7.18: Ανάλυση ευαισθησίας τελικού ρίσκου R στις μεταβολές των παραμέτρων H/k ή Seism



Διάγραμμα 7.3: Σχέση τελικού ρίσκου με τη βαθμολογία των παραμέτρων H/k ή Seism



Διάγραμμα 7.4: Μεταβολή (διαφορά) των τιμών του τελικού ρίσκου  $R$  με τη μοναδιαία αύξηση της βαθμολογίας των παραμέτρων  $H/k$  ή  $Seism$

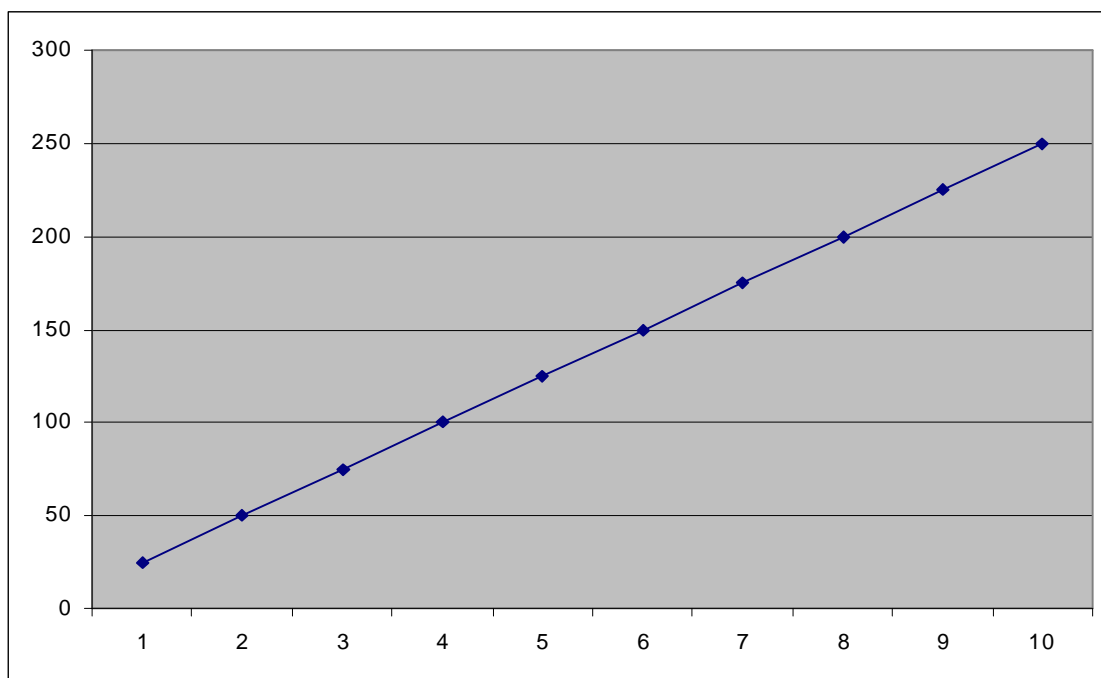
Από τα ανωτέρω διαγράμματα παρατηρείται ότι αν ο βαθμός μίας εκ των δύο παραμέτρων είναι 5, τότε μέχρι το βαθμό 4 για την άλλη παράμετρο, η τιμή του  $R$  αυξάνεται γραμμικά, επομένως η ευαισθησία του τελικού ρίσκου παραμένει σταθερή. Βαθμολογία της δεύτερης παραμέτρου μεγαλύτερη του 4, δεν επηρεάζει την τιμή του τελικού ρίσκου, επομένως η ευαισθησία μηδενίζεται. Αυτό οφείλεται στην παραδοχή που έγινε στην παράγραφο 7.3, ότι δηλαδή όταν το άθροισμα των παραμέτρων  $H/k$  και  $Seism$  υπερβαίνει το 10, τότε η βαθμολογία της Διόδου λαμβάνεται ίση με 10.

Επειδή η συνεισφορά των δύο παραμέτρων ( $H/k$  και  $Seism$ ) είναι εξίσου μεγάλη, όσο μικρότερος είναι ο βαθμός μίας εκ των δύο παραμέτρων, τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία του τελικού ρίσκου στις μεταβολές της άλλης παραμέτρου.

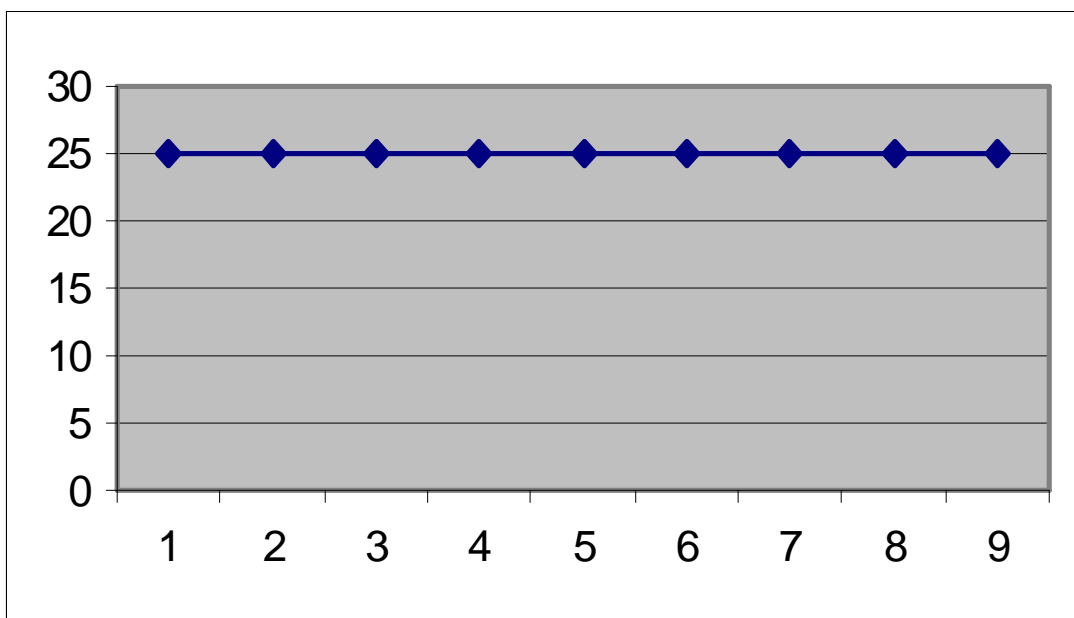
Μεταβάλλοντας τη βαθμολογία της παραμέτρου  $U$  (από 1 έως 10) και διατηρώντας όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές (= 5), προκύπτουν οι αντίστοιχες τιμές του ρίσκου  $R$  (Πίνακας 7.19), οι οποίες παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7.5. Στη συνέχεια υπολογίζεται η διαφορά των τιμών του τελικού ρίσκου  $R$  κατά τη μοναδιαία αύξηση της βαθμολογίας της παραμέτρου  $U$  και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7.6.

Βαθμός <i>i</i> Παραμέτρου	Μεταβολή <i>U</i>				Μεταβολή <i>R</i>
	<i>S</i> $\sqrt{(5 \times 5)}$	<i>P</i> (5 + 5)	<i>T</i> $[i \times (5 + 5 + 5)]/30$	<i>R</i>	
1	5	10	0,5	25	
2	5	10	1	50	25
3	5	10	1,5	75	25
4	5	10	2	100	25
5	5	10	2,5	125	25
6	5	10	3	150	25
7	5	10	3,5	175	25
8	5	10	4	200	25
9	5	10	4,5	225	25
10	5	10	5	250	25

Πίνακας 7.19: Ανάλυση ευαισθησίας τελικού ρίσκου *R* στις μεταβολές της παραμέτρου *U*



Διάγραμμα 7.5: Σχέση τελικού ρίσκου με τη βαθμολογία της παραμέτρου *U*



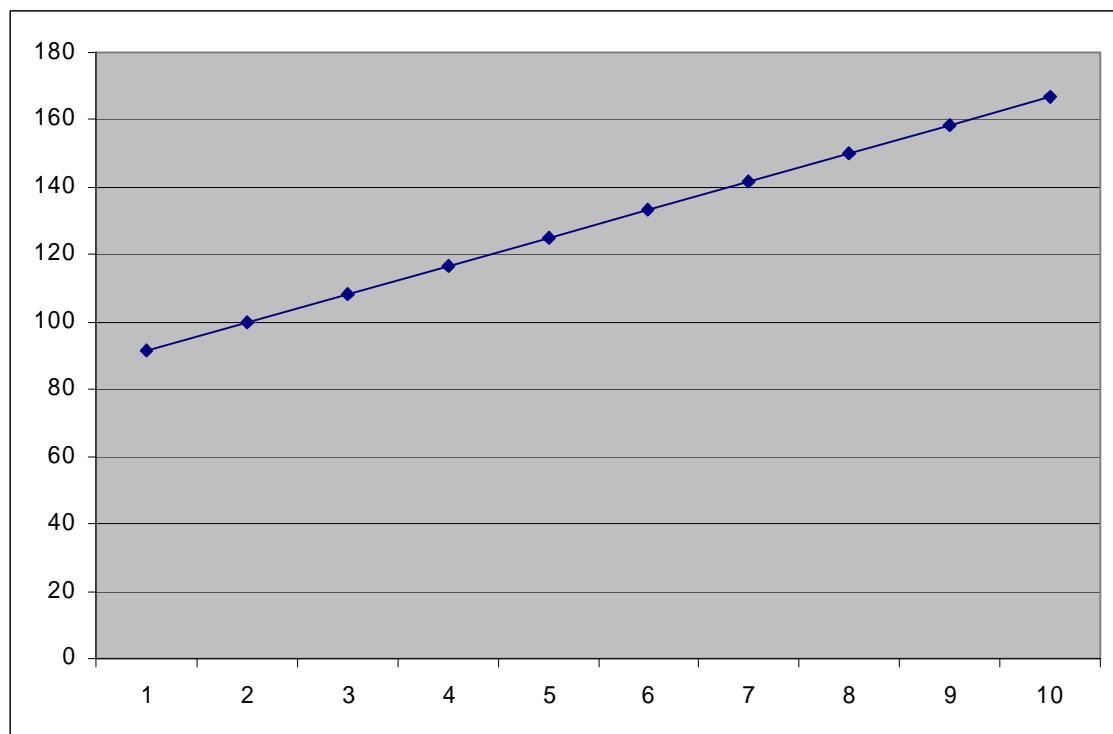
Διάγραμμα 7.6: Μεταβολή (διαφορά) των τιμών του τελικού ρίσκου  $R$  με τη μοναδιαία αύξηση της βαθμολογίας της παραμέτρου  $U$

Από τα δύο διαγράμματα προκύπτει ότι η χρήση του υπόγειου νερού επηρεάζει σταθερά την ευαισθησία του τελικού ρίσκου, ανεξαρτήτως της βαθμολογίας που δίνεται κάθε φορά στη συγκεκριμένη παράμετρο. Υπάρχει δηλαδή μια σταθερή συσχέτιση των μεταβολών των τιμών του τελικού ρίσκου με τις μεταβολές του βαθμού της παραμέτρου  $U$ , η ευαισθησία επομένως του  $R$  ως προς τη συγκεκριμένη παράμετρο παραμένει σταθερή.

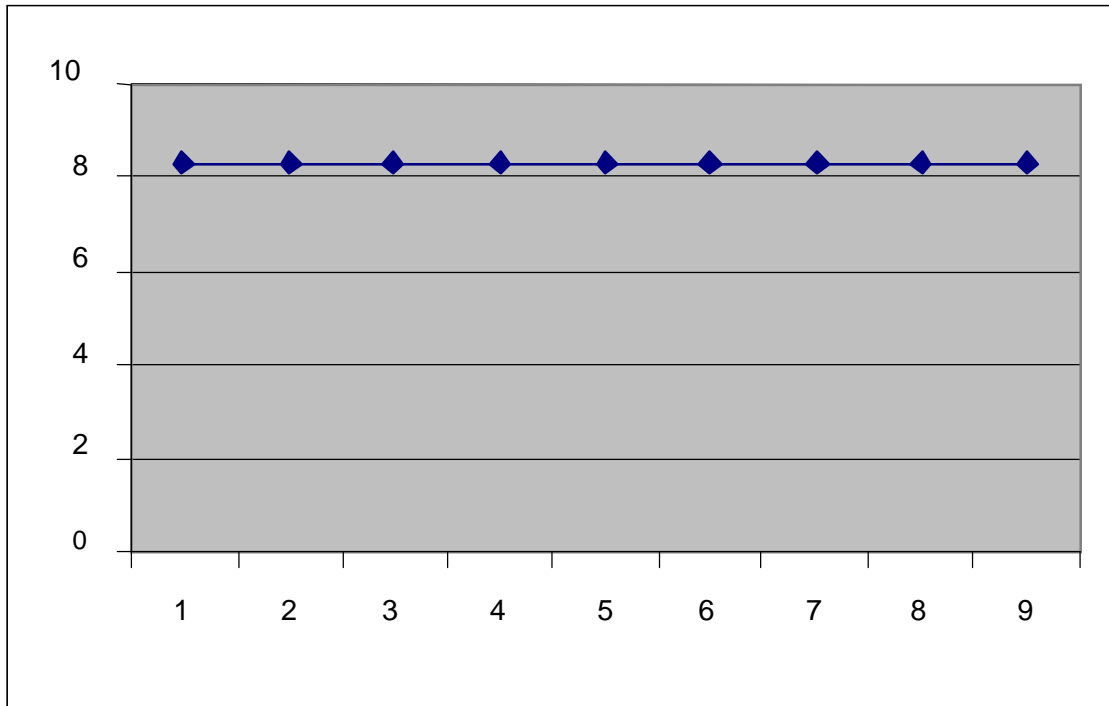
Ίδια περίπτωση με την προαναφερόμενη αποτελεί και η ανάλυση ευαισθησίας του  $R$  ως προς τις παραμέτρους  $S_{\text{επιφ.αποδ.}}$  ή **People** ή **Agr.** Όπως φαίνεται από τον πίνακα 7.20 και τα διαγράμματα 7.7 και 7.8, υπάρχει μια σταθερή συσχέτιση των μεταβολών των τιμών του τελικού ρίσκου με τις μεταβολές του βαθμού των παραμέτρων  $S_{\text{επιφ.αποδ.}}$  ή **People** ή **Agr.** Επομένως, και στην περίπτωση αυτή, η ευαισθησία του  $R$  ως προς τις συγκεκριμένες παραμέτρους παραμένει σταθερή.

Μεταβολή $S_{\text{επιφ.αποδ.}}$ ή People ή Agr					Μεταβολή R
Βαθμός i Παραμέτρου	S $\sqrt{(5 \times 5)}$	P (5 + 5)	T $[5 \times (i + 5 + 5)]/30$	R	
1	5	10	1,833333	91,66667	
2	5	10	2	100	8,333333
3	5	10	2,166667	108,3333	8,333333
4	5	10	2,333333	116,6667	8,333333
5	5	10	2,5	125	8,333333
6	5	10	2,666667	133,3333	8,333333
7	5	10	2,833333	141,6667	8,333333
8	5	10	3	150	8,333333
9	5	10	3,166667	158,3333	8,333333
10	5	10	3	150	8,333333

Πίνακας 7.20: Ανάλυση ευαισθησίας τελικού ρίσκου R στις μεταβολές των παραμέτρων  $S_{\text{επιφ.αποδ.}}$  ή People ή Agr



Διάγραμμα 7.7: Σχέση τελικού ρίσκου με τη βαθμολογία των παραμέτρων  $S_{\text{επιφ.αποδ.}}$  ή People ή Agr



Διάγραμμα 7.8: Μεταβολή (διαφορά) των τιμών του τελικού ρίσκου  $R$  με τη μοναδιαία αύξηση της βαθμολογίας των παραμέτρων  $S_{\text{επιφ.αποδ.}}$  ή  $\text{People}$  ή  $\text{Agr}$

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:**  
**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ**  
**ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΧΩΜΑΤΕΡΩΝ ΔΗΜΩΝ**  
**ΜΕΝΗΙΔΑΣ - ΝΟΜΟΥ ΠΕΛΛΑΣ &**  
**ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΠΑΠΠΑ - ΝΟΜΟΥ ΣΕΡΡΩΝ**

**8.1. Εισαγωγή**

Στο παρόν κεφάλαιο εφαρμόζεται η μέθοδος για τη συγκριτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας των ανεξέλεγκτων χωματερών στους Δήμους Εμμανουήλ Παππά του Νομού Σερρών και Μενηίδας του Νομού Πέλλας.

Τα απαιτούμενα στοιχεία για την αξιολόγηση των εν λόγω χωματερών συλλέχθηκαν με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων, τα οποία παρουσιάζονται στο Παράρτημα II, σε συνεργασία με την Εταιρεία Περιβαλλοντικών Μελετών (Ε.Π.Ε.Μ.) Α.Ε., στα πλαίσια προγράμματος αποκατάστασης ανεξέλεγκτων χωματερών στην περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.

Στο παράρτημα III της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται χάρτης που απεικονίζει ανεξέλεγκτες χωματερές της Κεντρικής Μακεδονίας, μεταξύ των οποίων και οι χωματερές που εξετάζονται στη συνέχεια. Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των δύο εξεταζόμενων χωματερών.

**8.2. Περιγραφή χαρακτηριστικών ανεξέλεγκτης χωματελής στο Δήμο Μενηίδας του Νομού Πέλλας**

Ο χώρος απόθεσης των απορριμμάτων βρίσκεται περίπου **1 km** βόρεια του οικισμού και γειτονεύει με καλλιέργειες. Η ανεξέλεγκτη χωματερή λειτουργεί από το **1985**, δηλαδή εδώ και **18** χρόνια, χωρίς άδεια λειτουργίας και εξυπηρετεί πληθυσμό **2.000** κατοίκων του Δήμου Μενηίδας.

Η μορφολογία του εδάφους είναι λοφώδης και για τη δημιουργία του χώρου έγινε εκσκαφή επί του λόφου (εικόνες **8.1** και **8.2**). Η απόθεση των απορριμμάτων γίνεται επί της εκσκαφής. Υπάρχει κεντρικό πλατό όπου τα απορριμματοφόρα εισέρχονται και αδειάζουν τα απόβλητα περιμετρικά. Τα απορρίμματα, που στην πλειοψηφία τους είναι οικιακά, παραμένουν



ακάλυπτα εντός του χώρου και κατά τακτά χρονικά διαστήματα γίνεται καύση τους. Επικίνδυνα ή μολυσματικά απόβλητα, καθώς και στάσιμα νερά, δεν έχουν παρατηρηθεί. Διασκορπισμένα απόβλητα υπάρχουν σε ακτίνα **100** μέτρων εκτός του χώρου και εκατέρωθεν της οδού πρόσβασης. Στο παρελθόν δεν έχει σημειωθεί κανένα ατύχημα στον χώρο, όπως αυτανάφλεξη ή πυρκαγιά εξαιτίας της λειτουργίας της χωματερής. Προβλήματα οσμών παρατηρούνται κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οπότε και η καύση των απορριμμάτων είναι συχνότερη.



*Εικόνα 8.1: Απεικόνιση της λεκάνης ταφής της ανεξέλεγκτης χωματερής στο Δήμο Μενηίδας του Νομού Πέλλας*



*Εικόνα 8.2: Απεικόνιση της οδού πρόσβασης στη χωματερή*

Η χωματερή καλύπτει έκταση **5 στρεμμάτων**, ενώ το μέγιστο ύψος των αποθέσεων φτάνει τα **3 μέτρα**. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος **40 μέτρων**.

Το εδαφικό υλικό είναι διαπερατό, χωρίς καρσικά έγκοιλα και αποτελείται κυρίως από κροκάλες και άμμο. Το ποσοστό διείσδυσης στο έδαφος είναι μεγάλο, ενώ η μορφολογία του εδάφους δεν ευνοεί την εμφάνιση πλημμυρών.

Δεν υπάρχουν επιφανειακά νερά σε ακτίνα **1 km** από το χώρο.

Στα κατάντη του χώρου σε απόσταση **1 km**, βρίσκεται γεώτρηση πόσιμου νερού, από την οποία υδρεύεται ο οικισμός Καλής που αποτελείται από **2.000** κατοίκους. Επίσης, κατάντη της χωματερής σε απόσταση **300 m**, υπάρχουν γεωτρήσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται για άρδευση.

Η περιοχή χρησιμοποιείται για βόσκηση αιγοπροβάτων, χωρίς να υπάρχει προστασία από την είσοδό τους στη χωματερή, αφού ο χώρος δεν είναι περιφραγμένος.

Σε απόσταση **1 km** από τη χωματερή βρίσκεται σχολείο, ενώ σε απόσταση **5 km** υπάρχει η περιοχή **GR 124006 «Λίμνη και Φράγμα Άγρα»** που ανήκει στο **NATURA 2000**.

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για τη βαθμολογία της Πηγής είναι η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής, καθώς και η έκτασή της που όπως προαναφέρθηκε είναι  $A = 5$  στρέμματα (βαθμός = 2, πίνακας: 7.4).

Από στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής (στοιχεία εικοσαετίας) είναι  $P = 540 \text{ mm}$  (βαθμός= 6, πίνακας 7.3). Η αβεβαιότητα της βαθμολογίας των ανωτέρω κριτηρίων είναι πολύ μικρή.

Θέτοντας τα ανωτέρω στοιχεία στα κελιά των δεδομένων στο **Excel** προκύπτει ότι η βαθμολογία στην Πηγή ισούται με:  $S_I = 3,46$ . Η βαθμολογία αυτή προκύπτει από την τετραγωνική ρίζα του γινομένου των βαθμών που δόθηκαν για τα A και P.

Το πρώτο κριτήριο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της Διόδου είναι το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα που στο συγκεκριμένο χώρο φτάνει τα **40 m (H = 40 m)**.

Η υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, που όπως προαναφέρθηκε αποτελείται από κροκάλες και άμμο, είναι  $k = 10^{-4} \text{ m/sec}$  περίπου. Από το πηλίκιο  $H/k$  προκύπτει η βαθμολογία του κριτηρίου αυτού, ίση με 7 (πίνακας 7.7). Η αβεβαιότητα των δύο ανωτέρω κριτηρίων είναι μεγάλη, καθώς τα στοιχεία δεν έχουν προέλθει από γεώτρηση.

Το επόμενο κριτήριο που εξετάζεται για την αξιολόγηση της Διόδου είναι η σεισμική επικινδυνότητα, η οποία εξαρτάται τόσο από τον τύπο του εδάφους, όσο και από τη σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει η εξεταζόμενη περιοχή. Το έδαφος στην υπό εξέταση περιοχή αποτελείται από κροκάλες και άμμο με μεγάλη κλίση λόγω της λοφώδους μορφολογίας και επομένως υπάγεται στα εδάφη μεγάλης σεισμικής επικινδυνότητας (βαθμός = 7). Η ευρύτερη περιοχή του χώρου ταφής, σύμφωνα με τον Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό [56], ανήκει στη σεισμική ζώνη I (βαθμός =1, πίνακας 7.9). Από τον πίνακα 7.11 προκύπτει ότι ο βαθμός ως προς το κριτήριο της σεισμικής επικινδυνότητας ισούται με 0,7. Η αβεβαιότητα στα δύο προαναφερόμενα κριτήρια είναι μικρή.

Από το άθροισμα των βαθμολογιών των δύο κριτηρίων προκύπτει ο τελικός βαθμός για τη Δίοδο που ισούται με  $P_I = 7,7$ . Ο βαθμός αυτός προκύπτει αυτόματα αν στο αρχείο **Excel** εισάγουμε τα δεδομένα στα κελιά με το γαλάζιο χρώμα (βλ. Παράρτημα I).

Το πρώτο κριτήριο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του Αποδέκτη είναι η χρήση του υπόγειου νερού της περιοχής. Όπως προαναφέρθηκε, το νερό χρησιμοποιείται τόσο για πόση, όσο και για άδρευση. Επομένως, σύμφωνα με τον πίνακα **7.12**, ο βαθμός του κριτηρίου αυτού ισούται με **10**.

Η απόσταση από επιφανειακούς φυσικούς αποδέκτες και υδροληπτικά έργα είναι το επόμενο κριτήριο που εξετάζεται. Προαναφέρθηκε ότι στα **300 m** βρίσκονται γεωτρήσεις άδρευσης, επομένως σύμφωνα με τον πίνακα **7.13**, ο βαθμός για το συγκεκριμένο κριτήριο ισούται με **10**.

Ο πληθυσμός που καλύπτει τις ανάγκες του από τις πηγές πόσιμου νερού της περιοχής είναι οι **2.000** κάτοικοι του οικισμού Καλής. Σύμφωνα με τον πίνακα **7.14**, ο βαθμός του συγκεκριμένου κριτηρίου ισούται με **10**.

Η περιοχή χρησιμοποιείται για βόσκηση αιγοπροβάτων, χωρίς να υπάρχει προστασία από την είσοδό τους στη χωματερή, λόγω απουσίας περιφραξής της. Επίσης, τα **300 m** υπάρχει γεώτρηση, το νερό της οποίας χρησιμοποιείται για άδρευση. Τα στοιχεία αυτά υποδηλώνουν ότι στην περιοχή παρατηρείται έντονη γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα και σύμφωνα με τον πίνακα **7.15**, ο βαθμός για το συγκεκριμένο κριτήριο ισούται με **10**.

Η αβεβαιότητα της βαθμολογίας των κριτηρίων αξιολόγησης του Αποδέκτη είναι μικρή.

Ο τελικός βαθμός που δίνεται στον Αποδέκτη, όπως προκύπτει από τον τύπο:  $T = [U \times (S_{\text{επιφ.αποδ.}} + \text{People} + \text{Agr})]/30$ , και υπολογίζεται από το **Excel**, ισούται με  $T_1=10$ .

Επομένως, ο τελικός βαθμός επικινδυνότητας της υπό εξέταση ανεξέλεγκτης χωματερής του Δήμου Μενηίδας ισούται με:

$$R_1 = S_1 \times P_1 \times T_1 = 3,46 \times 7,7 \times 10 = 266,74$$

### **8.3. Περιγραφή χαρακτηριστικών ανεξέλεγκτης χωματερής στο Δήμο Εμμανουήλ Παππά του Νομού Σερρών**

Ο χώρος βρίσκεται εντός του ρέματος «Ντράμνιτσα» ΒΔ του οικισμού Πενταπόλεως και απέχει μόλις 50 μέτρα από την εθνική οδό Σερρών – Δράμας. Το ρέμα έχει περιοδική ροή, εκτός από 15 μέρες το έτος που εμφανίζει συνεχή ροή.

Η ανεξέλεγκτη χωματερή λειτουργεί από το 1990, δηλαδή εδώ και 13 χρόνια, χωρίς άδεια λειτουργίας και εξυπηρετεί πληθυσμό 9.000 κατοίκων του Δήμου Εμμανουήλ Παππά (εκτός του οικισμού Νέου Σουλίου). Η χωματερή δεν είναι περιφραγμένη και δεν φυλάσσεται.

Η μορφολογία του εδάφους στην περιοχή είναι επίπεδη και η απόθεση των απορριμμάτων γίνεται επί του φυσικού αναγλύφου του ρέματος, με αποτέλεσμα να μειώνεται η κοίτη του. Κατά μήκος του ρέματος και έως και την εθνική οδό υπάρχουν διασκορπισμένα απόβλητα (εικόνες 8.3, 8.4, 8.5, 8.6).



*Εικόνα 8.3: Απεικόνιση της ανεξέλεγκτης χωματερής στο Δήμο Εμμανουήλ Παππά του Νομού Σερρών από οδό πρόσβασης χώρου (30 μέτρα από την Εθνική οδό Σερρών-Δράμας)*



*Εικόνα 8.4: Απεικόνιση χωματερής από τη λεκάνη ταφής προς βορρά*



*Εικόνα 8.5: Απεικόνιση χωματερής από τη λεκάνη ταφής προς το νότο (Εθνική Οδό)*



*Εικόνα 8.6: Απεικόνιση χωματερής προς τα ανατολικά*

Εντός του χώρου υπάρχουν στάσιμα νερά, τα οποία δημιουργούνται μόνο κατά τις βρόχινες περιόδους (εικόνα 8.7). Τα απορρίμματα παραμένουν ακάλυπτα εντός της χωματερής και κατά αραιά χρονικά διαστήματα γίνεται επικάλυψή τους (παλαιότερα γινόταν και καύση των απορριμμάτων). Σε ορισμένα τμήματα του ρέματος γίνονται εκσκαφές για ταφή απορριμμάτων. Περίπου 3-4 φορές το μήνα εκδηλώνονται πυρκαγιές, είτε εσκεμένα για ανάκτηση αλουμινίου, είτε από αυτοανάφλεξη των απορριμμάτων.



*Εικόνα 8.7: Απεικόνιση στάσιμων υδάτων εντός της χωματερής*

Η χωματερή καλύπτει έκταση **55** στρεμμάτων, ενώ το μέγιστο ύψος των αποθέσεων φτάνει τα **10** μέτρα.

Το εδαφικό υλικό στην περιοχή είναι διαπερατό και αποτελείται από κροκαλοπαγείς ψαμμίτες (αμμοχάλυκας), ενώ είναι πιθανό να υπάρχουν και καρστικά έγκοιλα (εικόνα **8.8**). Το ποσοστό διείσδυσης στο έδαφος είναι μεγάλο, ενώ το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα φτάνει τα **168 m**.



*Εικόνα 8.8: Απεικόνιση εδάφους χωματερής εντός ρέματος «Νιράμνισα», από αμμόδεις κροκάλες*

Σε ακτίνα **2 km** από τη χωματερή υπάρχει γεώτρηση πόσιμου νερού, η οποία εξυπηρετεί **480** κατοίκους.

Προβλήματα οσμών παρατηρούνται κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς επίσης και προβλήματα καπνού από την καύση απορριμμάτων (ο καπνός καλύπτει συχνά την Εθνική οδό Σερρών – Δράμας). Τέλος, υπάρχουν μαρτυρίες από παρακείμενες κατοικίες ή σχολεία για προβλήματα αναπνευστικής φύσης.

Σε απόσταση μεγαλύτερη του **1,5 km** από τη χωματερή βρίσκονται οι οικισμοί Χρυσό και Πεντάπολη, ενώ σε απόσταση **7 km** ΒΑ (ανάντι) υπάρχει ζώνη **NATURA 2000** με κωδικό **GR 1260004** «κορυφές Όρους Μενοίκιο-Όρος Κουσκουρας» και σε **3 km** προς τα βόρεια (ανάντι) υπάρχει Ζώνη της οδηγίας **79/409/ΕΟΚ** με κωδικό **GR 1260003** «Άγιος Γιάννης».



Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για τη βαθμολογία της Πηγής είναι η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής, καθώς και η έκτασή της που όπως προαναφέρθηκε είναι  $A = 55$  στρέμματα (βαθμός = **10**, πίνακας: **7.4**).

Από στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής (στοιχεία εικοσαετίας) είναι  $P = 448,5$  mm (βαθμός = **3**, πίνακας **7.3**). Η αβεβαιότητα των δύο ανωτέρω κριτηρίων είναι μικρή.

Από τη τετραγωνική ρίζα του γινομένου των ανωτέρω βαθμών προκύπτει η βαθμολογία στην Πηγή που ισούται με:  $S_2 = 6,32$ .

Το πρώτο κριτήριο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της Διόδου είναι το βάθος  $H$  του υδροφόρου ορίζοντα που στο συγκεκριμένο χώρο φτάνει τα **168 m**.

Το έδαφος στον υπό εξέταση χώρο αποτελείται κυρίως από διαπερατούς σχηματισμούς, κροκαλοπαγείς ψαμμίτες (αμμοχάλυκας) και η υδραυλική αγωγιμότητά του είναι  $k = 10^{-3}$  m/sec. Ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής παρουσιάζεται στο Παράρτημα **IV** της παρούσας εργασίας. Από το πηλίκο  $H/k$  προκύπτει η βαθμολογία του κριτηρίου που είναι ίση με **7** (πίνακας **7.7**). Τα στοιχεία των  $H$  και  $k$  έχουν προέλθει από γεώτρηση που έχει γίνει στην περιοχή, στα πλαίσια μελέτης που έχει εκπονηθεί από την Ε.Π.Ε.Μ. ΑΕ. Επομένως, η αβεβαιότητα υπολογισμού τους είναι μικρή.

Το επόμενο κριτήριο που εξετάζεται για την αξιολόγηση της Διόδου είναι η σεισμική επικινδυνότητα, η οποία εξαρτάται τόσο από τον τύπο του εδάφους, όσο και από τη σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει η εξεταζόμενη περιοχή. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί με τη μικρή κλίση που παρουσιάζουν υπάγονται στα εδάφη μέτριας σεισμικής επικινδυνότητας (βαθμός = **4**). Η ευρύτερη περιοχή του Νομού Σερρών ανήκει στη σεισμική ζώνη **I** (βαθμός=**1**, πίνακας **7.9**). Από τον πίνακα **7.11** προκύπτει ότι ο βαθμός ως προς το κριτήριο της σεισμικής επικινδυνότητας ισούται με **0,4**. Η αβεβαιότητα των κριτηρίων αυτών είναι μικρή.

Από το άθροισμα των βαθμολογιών των δύο κριτηρίων προκύπτει ο τελικός βαθμός για τη Δίοδο που ισούται με  $P_2 = 7,4$ . Ο βαθμός αυτός προκύπτει αυτόματα αν στο αρχείο **Excel** εισάγουμε τα δεδομένα στα κελιά με το γαλάζιο χρώμα (βλ. Παράρτημα **I**).

Το πρώτο κριτήριο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του Αποδέκτη είναι η χρήση του υπόγειου νερού της περιοχής. Όπως

προαναφέρθηκε, το νερό χρησιμοποιείται για πόση. Επομένως, σύμφωνα με τον πίνακα 7.12, ο βαθμός του κριτηρίου αυτού ισούται με 10.

Η απόσταση από επιφανειακούς φυσικούς αποδέκτες και υδροληπτικά έργα είναι το επόμενο κριτήριο που εξετάζεται. Ο χώρος βρίσκεται εντός του ρέματος «Ντράμιτσα» ΒΔ του οικισμού Πενταπόλεως. Επομένως, σύμφωνα με τον πίνακα 7.13, ο βαθμός για το συγκεκριμένο κριτήριο ισούται με 10.

Από τις πηγές πόσιμου νερού της περιοχής καλύπτουν τις ανάγκες τους 480 άτομα. Η βαθμολογία επομένως για το συγκεκριμένο κριτήριο, όπως προκύπτει από τον πίνακα 7.14, ισούται με 7.

Στην περιοχή δεν παρατηρείται γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα, οπότε σύμφωνα με τον πίνακα 7.15, ο βαθμός για το συγκεκριμένο κριτήριο ισούται με 1.

Όλα τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας του Αποδέκτη έχουν μικρή αβεβαιότητα.

Ο τελικός βαθμός που δίνεται στον Αποδέκτη, όπως προκύπτει από τον τύπο:  $T = [U \times (S_{\text{επιφ.αποδ.}} + \text{People} + \text{Agr})]/30$ , και υπολογίζεται από το Excel, ισούται με  $T_2=6$ .

Επομένως, ο τελικός βαθμός επικινδυνότητας της ανεξέλεγκτης χωματερής του Δήμου Εμμανουήλ Παππά ισούται με:

$$R_2 = S_2 \times P_2 \times T_2 = 6,32 \times 7,4 \times 6 = 280,81.$$

#### 8.4. Συμπεράσματα

Με βάση τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία, προκύπτει ότι η επικινδυνότητα ρύπανσης των υπογείων υδάτων από την ανεξέλεγκτη χωματερή του Δήμου Μενηίδας στο Νομό Πέλλας είναι ίση με 266,74, ενώ η αντίστοιχη επικινδυνότητα της ανεξέλεγκτης χωματερής του Δήμου Εμμανουήλ Παππά στο Νομό Σερρών είναι 280,81.

Οι ανωτέρω βαθμολογίες δεν έχουν ενδιαφέρον ως απόλυτα νούμερα, καθώς έχουν ως μοναδικό στόχο τη σύγκριση των δύο χωματερών από άποψη επικινδυνότητας.

Συγκρίνοντας τις επιμέρους βαθμολογίες, προκύπτει ότι λόγω της μεγαλύτερης έκτασης της χωματερής του Δήμου Εμμανουήλ Παππά (55 στρέμματα) η βαθμολογία στην Πηγή για το συγκεκριμένο χώρο είναι

μεγαλύτερη ( $S_2 = 6,32$ ) από την αντίστοιχη βαθμολογία για τη χωματερή του Δήμου Μενηίδας ( $S_1 = 3,46$ ), η οποία καταλαμβάνει μόλις 5 στρέμματα. Η αβεβαιότητα των μετρήσεων και στις δύο περιπτώσεις είναι μικρή.

Όσον αφορά στη βαθμολογία της Διόδου, η διαφορά ανάμεσα στις δύο χωματερές είναι μικρή και είναι λίγο μεγαλύτερη για τη χωματερή του Δήμου Μενηίδας, εξαιτίας του μικρότερου βάθους του υδροφόρου ορίζοντα, αλλά και της μεγάλης κλίσης του εδάφους που το καθιστούν σεισμικά επικίνδυνο. Η αβεβαιότητα εκτίμησης του βάθους του υδροφόρου ορίζοντα και της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους για την περίπτωση του Δήμου Μενηίδας είναι μεγάλη γιατί τα στοιχεία δεν προήλθαν από γεώτρηση. Αντίθετα, στην περίπτωση της χωματερής στο Δήμο Εμμανουήλ Παππά η αβεβαιότητα είναι μικρή, καθώς τα στοιχεία προήλθαν από γεώτρηση. Μετρήσεις πεδίου, δειγματοληψίες ή γεωτρήσεις στην περιοχή της Μενηίδας θα μπορούσαν να δώσουν ακριβέστερα στοιχεία και ίσως να διαφοροποιήσουν τη βαθμολογία  $P_1$  που δόθηκε για την επικινδυνότητα της Διόδου.

Τέλος, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που δόθηκαν στους τελικούς αποδέκτες, παρατηρείται ότι η βαθμολογία για τη χωματερή στο Δήμο Μενηίδας είναι μεγαλύτερη και αυτό γιατί ο πληθυσμός που χρησιμοποιεί το νερό της περιοχής για πόση είναι περισσότερος (2.000 κάτοικοι έναντι 480 κατοίκων στο Δήμο Εμμανουήλ Παππά). Επίσης, η διαφορά οφείλεται και στο γεγονός ότι στο Δήμο Μενηίδας, σε αντίθεση με τον Δήμο Εμμανουήλ Παππά, παρατηρείται γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα. Η αβεβαιότητα των μετρήσεων για τον υπολογισμό της βαθμολογίας των τελικών αποδεκτών είναι μικρή.

Συγκρίνοντας το συνολικό ρίσκο κάθε χωματερής, προκύπτει ότι η χωματερή στο Δήμο Εμμανουήλ Παππά είναι περισσότερο επικίνδυνη για την ποιότητα των υπογείων υδάτων και επομένως πρέπει να δοθεί προτεραιότητα για τον τερματισμό της λειτουργίας της.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία στοχεύει στη συγκριτική αξιολόγηση των κινδύνων ρύπανσης των υπογείων υδάτων από τις ανεξέλεγκτες χωματερές, χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν λιγότερες πληροφορίες, οι οποίες μπορούν να ανακτηθούν εύκολα χωρίς να απαιτείται χρόνος ή μεγάλες οικονομικές δαπάνες.

Στόχος της μεθοδολογίας είναι να παρέχει μια καλή προσέγγιση της τάξης μεγέθους των κινδύνων και να αποτελεί ένα γρήγορο και εύχρηστο εργαλείο συγκριτικής αξιολόγησής τους. Από τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται, παρατηρείται ότι δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στην ευαισθησία του Αποδέκτη και λιγότερο στο χαρακτήρα της Πηγής, επομένως η μεθοδολογία είναι περισσότερο αξιόπιστη ως προς τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και λιγότερο ως προς τη φύση του κινδύνου. Το γεγονός αυτό περιορίζει τη χρησιμότητα της μεθόδου ως προς την ακριβή εκτίμηση των κινδύνων, αφού πρωταρχικός στόχος της είναι ο εύκολος εντοπισμός των περισσότερο επικίνδυνων χώρων, οι οποίοι χρήζουν άμεσου τερματισμού της λειτουργίας τους. Συνοψίζοντας, η κύρια χρησιμότητα της μεθοδολογίας έγκειται στην κατανομή προτεραιοτήτων για τα κονδύλια της Ε.Ε. με σκοπό την αποκατάσταση των ανεξέλεγκτων χωματερών.

Πέρα όμως από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου, όπως χαμηλό κόστος, εύκολη συλλογή δεδομένων και μικρή χρονική διάρκεια, η εφαρμογή της μεθόδου μπορεί να δημιουργήσει και ορισμένα προβλήματα.

Ένα από τα προβλήματα αυτά μπορεί να προκύψει όταν τα αποτελέσματα της μεθόδου έρχονται σε αντίθεση με τη θέληση του κοινωνικού συνόλου, στην περίπτωση δηλαδή που το αποτέλεσμα της μεθόδου δίνει προτεραιότητα στην αποκατάσταση χωματερής διαφορετικής από αυτή που επιθυμεί η πλειοψηφία των πολιτών. Στην περίπτωση αυτή η λήψη αποφάσεως με βάση τα αποτελέσματα της μεθόδου μπορεί να οδηγήσει σε κοινωνική αντιπαράθεση, διαμαρτυρίες και αναταραχές, οι οποίες συχνά έχουν και πολιτικό κόστος.

Επίσης, όταν η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων δεν είναι σωστή ή όταν τα δεδομένα είναι ελλιπή, τότε τα αποτελέσματα της μεθόδου δεν είναι ακριβή.

Ένα από σημαντικότερα προβλήματα που συναντάται κατά την ανάλυση επικινδυνότητας είναι η έλλειψη δεδομένων ή η αβεβαιότητα των δεδομένων που συλλέγονται.

Η αξιοπιστία της παρούσας μεθοδολογίας εξαρτάται από το πόσο ακριβή είναι τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί. Η αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων μειώνεται με τη διενέργεια εργασιών πεδίου (γεωτρήσεις κ.α.), γεγονός που εξασφαλίζει την ακρίβεια των δεδομένων.

Όπως προαναφέρθηκε, η εκτίμηση επικινδυνότητας εφαρμόζεται σε όλα τα στάδια ζωής μιας εγκατάστασης, ξεκινώντας από αυτό της στρατηγικής σύλληψης και του αρχικού σχεδιασμού της, συνεχίζοντας στο στάδιο αδειοδότησης-χωροθέτησης και καταλήγοντας σε αυτό της λειτουργίας της. Όσο πιο προχωρημένο είναι το στάδιο εφαρμογής της εκτίμησης επικινδυνότητας, τόσο περισσότερο αυξάνεται η αβεβαιότητα και η πιθανότητα σοβαρών επιπτώσεων στο περιβάλλον και επομένως απαιτείται πιο λεπτομερής ανάλυση.

Η μεθοδολογία με την παρούσα μορφή της αποτελεί το πρώτο βήμα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Πρόκειται όμως για επεκτάσιμο εργαλείο, αφού με την προσθήκη περισσότερων δεδομένων μπορεί να δώσει στοιχεία όχι μόνο για τις επιπτώσεις του κινδύνου, αλλά και για τη φύση αυτού. Με την αύξηση των κριτηρίων που λαμβάνονται υπόψη στην αξιολόγηση, αυξάνεται η ανάλυση του μοντέλου «Πηγή – Δίοδος – Αποδέκτης» που χρησιμοποιείται στην παρούσα μεθοδολογία. Φυσικά, έτσι αυξάνεται και το κόστος της μεθόδου, καθώς και ο απαιτούμενος χρόνος για την εφαρμογή της. Τα αποτελέσματα όμως που προκύπτουν είναι περισσότερο ακριβή.

Πέρα από τα κριτήρια που επιλέχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η μεθοδολογία θα μπορούσε να επεκταθεί με την προσθήκη συμπληρωματικών δεδομένων, όπως:

#### *1. Γεωλογικά – Υδρολογικά – Υδρογεωλογικά*

Πέρα από τα κριτήρια που επιλέχθηκαν (απόσταση της υπό εξέταση χωματερής από υδροληπτικά έργα και τελικούς φυσικούς αποδέκτες, βάθος στάθμης υπόγειου υδροφορέα, χρήση νερού περιοχής, σύσταση, πάχος και διαπερατότητα εδάφους, σεισμικότητα περιοχής) μπορεί συμπληρωματικά να εξεταστεί το τοπογραφικό ανάγλυφο και η ευστάθεια των πρανών. Το

είδος της λεκάνης απορροής, οι κλίσεις του εδάφους και η διαβρωτικότητα –ευστάθεια των πρηνών είναι παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό ρύπανσης στην περιοχή. Εδάφη τα οποία εδράζονται σε κλιτείες με μικρές επιφανειακές κλίσεις παρουσιάζουν παχύτερο προφίλ από αυτά που εδράζονται σε πιο απότομες κλιτείες. Τα πρώτα διαβρώνονται δυσκολότερα και μπορούν να ανακαινίζουν τους διάφορους ρύπους ευκολότερα.

## *2. Περιβαλλοντικά*

Πέρα από το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης, η μεθοδολογία μπορεί να επεκταθεί και να συμπεριλάβει και άλλους κλιματολογικούς παράγοντες, όπως για παράδειγμα η συχνότητα παγετού και το υψόμετρο της περιοχής, το οποίο έχει άμεση σχέση με τις μικροκλιματικές συνθήκες. Χώροι με μικρό υψόμετρο (<200 μέτρων) χαρακτηρίζονται από περισσότερο ήπιες κλιματικές συνθήκες.

## *3. Χωροταξικά*

Πέρα από την παρουσία περιοχών με γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα σε μικρή απόσταση από τον εξεταζόμενο χώρο, αν επεκταθεί η μεθοδολογία μπορεί να εξετάζει συμπληρωματικά την απόσταση του χώρου από αρχαιολογικά μνημεία, δασικές περιοχές, προστατευόμενες περιοχές, περιοχές αυξημένης οικολογικής σημασίας, καθώς και την απόσταση από χώρους παραμονής πληθυσμού.

Κύρια τάση των ημερών είναι η εκτίμηση επικινδυνότητας να είναι ολοκληρωμένη (**intergrated**), δηλαδή να περιλαμβάνει εκτίμηση των κινδύνων τόσο για την ανθρώπινη υγεία, όσο και για τον περιβάλλον (**health and environmental**). Φυσικά, το γεγονός αυτό αυξάνει το απαιτούμενο κόστος.

Επίσης, η εκτίμηση επικινδυνότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και επικοινωνιακά, αφού η κοινοποίηση των αποτελεσμάτων της συχνά μπορεί να βοηθήσει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικής συνείδησης του κοινωνικού συνόλου. Η γνώση των κινδύνων που απορρέουν από διάφορες δραστηριότητες μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των πολιτών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Almorza D., Brebbia C.A., Sale D., Popov V., "First International Conference for the Waste Management on the Environment", p.411, 2002.
2. Calabrese E. J. & Baldwin L.A., "Performing Ecological Risk Assessments", Lewis Publishers, 1993.
3. Commission of the European Communities, "Landfill gas from environment to energy", Final report, 1992.
4. Cossu R., "The multi - barrier landfill and related engineering problems", Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, CISA, 1995.
5. Covello V.T. and Merkhofer M.W., "Risk Assessment Methods Approaches for Assessing Health and Environmental Risks", 1993.
6. Crossland B. et al, "Estimating engineering risk" Royal Society, p 13-34, 1992.
7. **ΕΜΠ, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών, Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας**, "Έρευνα δυνατοτήτων διάθεσης των επικίνδυνων αποβλήτων σε εξοφλημένα μεταλλεία - λατομεία", Τελική Έκθεση 2002.
8. **ΕΜΠ, Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας**, "Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και αποκατάσταση ανενεργού λατομείου Καρέα", Αθήνα 1996.
9. Environmental Protection Agency (U.S.A. EPA), "Hazard Ranking System HRS, Guidance Manual", 1999.
10. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), "Remedial Action at Waste Disposal Sites", EPA/625/6-85/006, 1985.
11. **ΕΠΕΜ Α.Ε.**, Μαυρόπουλος Α., "Μελέτη Διαχείρισης Βιοαερίου - Αποκατάσταση της παλαιάς χωματερής του Δ. Ηρακλείου στο Σκαφιδάρá".
12. Genon G., Marchese F., Pacitti M. and Canistro C., "Quality of Industrial Landfill Leachate at Barricalla Site, Italy", In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Regulation Environmental Impact and Aftercare, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp. 235-246, 1995.
13. **Ζαχαριουδάκης Γεώργιος**, "Ποσοτική εκτίμηση ρίσκου ρύπανσης υπογείων νερών από διαρροές Χ.Υ.Τ.Α.", Αθήνα 2002.

14. **Θεοδωράτος Παναγιώτης**, “Η επίδραση των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων στην ποιότητα των υπογείων νερών”, Ημερίδα Νομαρχίας Δυτικής Αττικής & Τ.Ε.Ι. Αθήνας «Η Διάθεση των απορριμμάτων», Αθήνα 1990.
15. Fairman R. and Mead C., “Approaches to Risk Assessment” Unpublished, 1996.
16. Fan A., Howd R. and Davis B., “Risk Assessment of Environmental Chemicals, Annual Review of Pharmacology and Toxicology 35”, 341-368, 1995.
17. Flyhammar P., “Leachate Quality and Environmental Effects at Active Swedish Municipal Landfills”, In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Regulation Environmental Impact and Aftercare, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp. 550-557, 1995.
18. Frantzis I., “Landfill Economics in the Framework of Waste Management in Greece”, In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Regulation Environmental Impact and Aftercare, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp. 163-170, 1995.
19. Gheorghe A. V. and Nicolet-Monnier M., “Integrated Regional Risk Assessment, Vol. II - Consequence Assessment of Accidental Releases”, Kluwer Academic Publishers, 1995.
20. Hirata T., Hanashima M., Matufuji Y., Yanase R. and Maeno Y., “Construction of Facilities of the Closed Landfills”, In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Regulation Environmental Impact and Aftercare, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp. 717-728, 1995.
21. Johansen O.J. and Carlson D.A., “Characterization of Sanitary Landfill Leachates, Water Research”, Vol. 10, pp. 1129-1134, 1976.
22. ISWA (International Solid Waste Association), “Guidance for Landfilling Waste in Economically Developing Countries”.
23. **Καλιαμπάκος Δ. & Μαυρόπουλος Α.**, “Διάθεση Στερεών Αποβλήτων -Ανακύκλωση υλικών”, Ε.Μ.Π. Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας & Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής, Αθήνα 2001.
24. **Κοινή Υπουργική Απόφαση 114218/97**, ΦΕΚ 17/11/97, σελ. 12957 – 12960.
25. **Κοντοβασιλης Γιάννης**, “Η Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων”, Ενημερωτικό Δελτίο Τ.Ε.Ε., τεύχος 2229, Ιανουάριος 2003.



26. **Λέκκας Δ. Ευθ.**, “Γεωλογία και Περιβάλλον”, Αθήνα 1995.
27. **Λέκκας Π. Σπύρος & Αλεξόπουλος Α.**, “Μαθήματα Υδρογεωλογίας”, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Αθήνα 1984.
28. **Landis, Matthews R. and Matthews G.**, “A contrast of human health risk and ecological risk assessment: Risk assessment for an organism versus a complex nonorganismal structure, Human and Ecological Risk Assessment 1(5)”, 485-488, 1995.
29. **Little R.H., Torres C, Towler P.A., Simon I., Agüero A.**, “Long term environmental impacts of landfills using safety assessment comparison methodology”, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, CISA, 1995.
30. **Mavropoulos A, Kaliambakos D.**, “Investigation Methodology for Uncontrolled Landfills”, Proceeding Sardinia ,1999.
31. **Mavropoulos Antonis**, “Landfill Design using limited financial resources”.
32. **Mavropoulos A.**, “1<sup>st</sup> Draft Report regarding Risk Assessment in uncontrolled landfills”, Unpubliced, November 2001.
33. **McCarty L. S. and Power M.**, “The Role of Science in Risk Management Decision Making”, SETAC Annual Conference, 1996.
34. **McCutcheon P.**, “Evaluation and control of chemical substances in the European Union” In: Risk Reduction, 1996.
35. **Minor S.D. and Jacobs T.**, “Optimizal Land Allocation for Solid and Hazardous Waste Landfill Siting”, Journal of Environmental Engineering, Vol. 120, No. 5, pp. 1095-1108, 1994.
36. **Munro I.C. and Krewski D.R.**, “Risk assessment and regulatory decision-making” In: Food and Cosmetics Toxicology 19(5), 549-560, 1981.
37. **Norton, S. B. et all**, “A Framework for Ecological Risk Assessment at the EPA” In: Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. II, 1663-1672, 1992.
38. **Papazachos, B.C. & Papazachou, C.B.**, “The earthquakes of Greece”, 1989.
39. **Paustenbach D. J.**, “The Risk Assessment of Environmental and Human Health Hazards”, 1989.
40. **Peavy H. et al.**, “Environmental Engineering”, 1986.
41. **Petts J. and Edulgee G.**, “Environmental Impact Assessment for Waste Treatment and Disposal Facilities”, p 229, 1994.

42. Pollard Simon, Purchase Dave and Herbert Sue, "A Practical Guide to Environmental Risk Assessment for Waste Management Facilities", Guidance Note: 25, 8 November 2000.
43. **Σκορδίλης Δ. Αδαμάντιος**, «Ελεγχόμενη Εναπόθεση μη Επικινδυνων Αποβλήτων», Αθήνα 2001.
44. **Σκορδίλης Δ. Αδαμάντιος**, «Η εναλλακτική διαχείριση των στερεών αποβλήτων», Ενημερωτικό Δελτίο Τ.Ε.Ε., τεύχος 2231, Ιανουάριος 2003.
45. Stegmann R., "Concepts of Waste Landfilling", In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Concepts, Processes, Technologies and Operation, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol.I., pp. 3-12, 1995.
46. Suter, G.W., "Ecological Risk Assessment", Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1993.
47. Tosh J.E., Senior E., Smith J.E. and Watson-Craik I.A., "Landfill Site Restoration: The Inimical Challenges of Ethylene and Methane Environmental Pollution", Vol. 83, pp.335-340, 1994.
48. Van Leeuwen C. J. et all, "Risk assessment and management of new and existing chemical substances. Environmental Toxicology and Pharmacology 2", 243-299, 1996.
49. Van Leeuwen C. J. and Hermens J. L. M., "Risk Assessment of Chemicals - An Introduction", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1995.
50. Van Vossen W.J., Gravesteijn L.J.J., Kamsma T.P.J. and Vos J.A.M., "Masterplan for the Aftercare of Abandoned Landfills", Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp.737-748, 1995.
51. <http://archive.enet.gr/1999/10/19/on-line/fpage.htm>
52. <http://www.envirolink.org/orgs/pen/crcql/index.html>
53. [http://www.gein.noa.gr/Greek/seismicity\\_gr.html](http://www.gein.noa.gr/Greek/seismicity_gr.html)
54. <http://www.gein.noa.gr/services/info.html>
55. [http://www.kathimerini.gr/4dcgi/\\_w\\_articles\\_ell\\_1712156\\_14/07/2002\\_31362](http://www.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_ell_1712156_14/07/2002_31362)
56. <http://www.minenv.gr/2/21/g2102.html>
57. <http://www.Thomas.loc.gov>
58. <http://www.tnn.gr/perivalon/diaxisisterapovl.htm>

**ΔΗΜΟΣ ΜΕΝΗΙΔΑΣ - ΝΟΜΟΣ ΠΕΛΛΑΣ**

<b>ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ Χ.Α.Δ.Α.:</b>	<b>266.74</b>
---------------------------------	---------------



ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ				
<b>ΘΕΣΗ ΧΩΡΟΥ:</b> Περιγράψτε βασικά χαρακτηριστικά της θέσης (απόσταση από οικισμούς, προσανατολισμό, γειτνίαση με ρέματα κλπ)				
<b>ΝΟΜΟΣ ΠΕΛΛΑΣ: ΔΗΜΟΣ ΜΕΝΗΙΔΑΣ:</b> Ο χώρος βρίσκεται περίπου 1 χλμ βόρεια του οικισμού και γειτονεύει με καλλιέργειες.				
<b>ΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΧΩΡΟΥ :</b>		17 χρόνια		
<b>ΕΝΑΡΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:</b>		1985		
<b>ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΩΡΟΥ:</b>		Ενεργός	Ανενεργός	τος παύσης
		X		
<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΧΩΡΟΥ:</b>		Η μορφολογία του εδάφους είναι λοφοδής. Έχει γίνει εκσκαφή επί του λόφου για τη δημιουργία του χώρου απόθεσης. Η απόθεση γίνεται επί της εκσκαφής		
<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>		Υπάρχει κεντρικό πλατό όπου τα απορριμματοφόρα εισέρχονται και αδειάζουν τα απόβλητα περιμετρικά. Τα απορρίμματα παραμένουν ακάλυπτα εντός του χώρου και κατά τακτά χρονικά διαστήματα γίνεται καύση τους. Επικύνδυνα ή μολυσματικά απόβλητα δεν παρατηρήθηκαν ούτε και στάσιμα νερά. Διασκορπισμένα απόβλητα υπάρχουν σε ακτίνα 100 m εκτός του χώρου και εκατέρωθεν της οδού πρόσβασης (τα απόβλητα εκτός από οικιακά υπάρχουν και γεωργικά και μπάζα)		
<b>ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΑΠΟΤΟΜΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ, ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ Η ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗΣ ΠΡΑΝΩΝ;</b> Αν ναι ή ίσως περιγράψτε Όχι				
<b>ΕΧΟΥΝ ΣΗΜΕΙΩΘΕΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ; ΕΧΟΥΝ ΣΗΜΕΙΩΘΕΙ ΑΥΤΑΝΑΦΛΕΞΕΙΣ Η ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ;</b> Αν ναι ή ίσως περιγράψτε Όχι				
<b>ΕΚΤΑΣΗ ΧΩΡΟΥ (στρ):</b>		5 στρ		
<b>ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ (m): 2 m</b>		<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ (m): 3 m</b>		
<b>ΑΠΟΦΑΣΗ ΑΔΕΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:</b>		Δεν υπάρχει		
<b>ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ:</b>		2000		
<b>ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΙ ΟΤΑ:</b>		Μενηίδας ( Δ.Δ. Καλής)		
<b>ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (συμπληρώστε με v)</b>				
				κυβ/ έτος
ΟΙΚΙΑΚΑ	X			4000
ΛΥΜΑΤΑ -ΛΑΣΠΕΣ ΒΙΟΚΑ				
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΑ				
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ				
ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ	X			
ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΦΑΓΕΙΩΝ				
ΑΛΛΑ (περιγράψτε)		Ενίοτε γίνεται και απόθεση μπάζων		
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΤΝ Ή Μ3)</b>	68000 κυβικά	Κατά εκτίμηση		
<b>ΕΙΔΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ:</b>	Επικάλυψη	Καύση	Απόρριψη	Συνδυασμός των προηγούμενων
		X	X	Γίνεται καύση κατά τακτά χρονικά διαστήματα

**Α. ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ**

<b>1 Υπόγεια Ύδατα – Κριτήρια Ελέγχου διαρροής</b>					
		ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΙΣΩΣ	ΣΧΟΛΙΑ
1	- Υπάρχουν στοιχεία ή ενδείξεις που να συνιστούν μόλυνση των υπογείων υδάτων;		X		
2	- Ο ρυπασμένος χώρος είναι χωροθετημένος σε καρστικό υπόβαθρο;		X		
3	- Το εδαφικό υλικό κάτω από τις αποθέσεις είναι περατό ή αδιαπερατό;	X			Το εδαφικό υλικό είναι διαπερατό
4	-Υπάρχει κάποιος φραγμός στη διείσδυση όμβριων στον απορριμματικό όγκο (π.χ. Χωματοκάλυψη, πάχος κλπ);		X		
5	Υπάρχει σε κοντινή απόσταση πηγή/γεώτρηση πόσιμου νερού, σε ακτίνα 2 χλμ;	X			Αν υπάρχουν είναι ανάντη ή κατάντη; Τι παροχή έχουν; Πόσος είναι ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός; Υπάρχει γεώτρηση στα κατάντη του χώρου σε απόσταση 1 Km
6	Υπάρχουν γεωτρήσεις μη πόσιμου νερού στην περιοχή σε ακτίνα 2 χλμ;	X			Αν υπάρχουν είναι ανάντη ή κατάντη; Ποια είναι η χρήση του νερού; Τι παροχή έχουν; Γεωτρήσεις υπάρχουν κατάντη του ΧΑΔΑ οι οποίες χρησιμοποιούνται για άρδευση σε απόσταση 300 m.
7	- Έχει κλείσει καμία πηγή/γεώτρηση πόσιμου νερού σε κοντινή απόσταση από την πηγή ρύπανσης;		X		
8	- Κάποιος από τους χρήστες της πηγής/γεώτρησης πόσιμου νερού έχει αναφέρει άσχημη γεύση ή άσχημη οσμή στο νερό;		X		
9	- Έχει παρατηρηθεί κάποια πηγή/γεώτρηση να παρουσιάζει μεγάλη μείωση ή αύξηση της παροχής;		X		
10	- Υπάρχει κάποια πηγή/γεώτρηση που να είναι χωροθετημένη μεταξύ της ρυπασμένης περιοχής και άλλων γεωτρήσεων/πηγών, που να υπάρχει υποψία ότι έχουν εκτεθεί σε επικίνδυνες ουσίες;		X		
11	- Υπάρχουν στοιχεία ή ενδείξεις που να συνιστούν μόλυνση του πόσιμου νερού;		X		
12	- Απαιτείται δειγματοληψία σε κάποια πηγή πόσιμου νερού;		X		
13	-Περιγράψτε το γεωλογικό υπόβαθρο του χώρου (Εδαφος - Υπέδαφος)	Το εδαφικό υλικό είναι διαπερατό και αποτελείται κυρίως από κροκάλες και άμμο			

14	- Ποιο είναι το βάθος του υδροφόρου;	40 m
15	- Υπάρχουν σχολεία ή δραστηριότητες στις οποίες παρατηρείται συγκέντρωση πληθυσμού και σε ποια ακτίνα;	Υπάρχει σχολείο σε απόσταση 1 Km
16	- Υπάρχουν ευαίσθητα (προστατευόμενα) περιβάλλοντα (π.χ. υδροβιότοποι, κατοικίες ειδών υπό εξαφάνιση, πάρκα) και σε ποια ακτίνα;	Υπάρχουν περιοχές που ανήκουν στο NATURA 2000 σε απόσταση 5 Km και ειδικότερα η περιοχή GR 1240006 "Λίμνη και Φράγμα Άγρα"
17	- Πληθυσμός που χρησιμοποιεί το υπόγειο νερό της περιοχής σε απόσταση 0-1,5km 1,5-3km 3-4,5km 4,5-6km	Να καταγραφεί ο πληθυσμός σε άτομα Υδρεύεται ο οικισμός Καλής με πληθυσμό 2000

#### B. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ

		ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΙΣΩΣ	ΣΧΟΛΙΑ
18	- Υπάρχουν επιφανειακά νερά σε απόσταση 1 km;		X		Αν ναι, είναι ανάντη ή κατόντη του χώρου; Αν είναι κατόντη, να περιγραφεί το είδος του αποδέκτη (θάλασσα, ρέμα, λίμνη, ποταμός κλπ)
19	- Παρατηρούνται απορρίμματα στα επιφανειακά νερά;		X		
20	- Υπάρχουν αποστραγγιστικά έργα για τα νερά που απορρέουν;		X		
21	- Η βλάστηση επηρεάζεται από την απορροή του νερού		X		
22	- Τα ιζήματα ή το νερό παρουσιάζουν αφύσικο χρώμα;		X		
23	- Παρατηρείται αφύσικη απουσία άγριας ζωής		X		
24	- Υπάρχουν στοιχεία ή ενδείξεις μόλυνσης των επιφανειακών υδάτων;		X		

25	- Η ποσότητα των επιφανειακών υδάτων είναι ιδιαίτερα μεγάλη;	Εάν υπάρχουν στοιχεία από μελέτες που έχουν εκπονηθεί στην περιοχή να αξιοποιηθούν Όχι			
26	- Η περιοχή (λεκάνη) απορροής είναι μεγάλη;	Αν είναι δυνατό να δοθεί τάξη μεγέθους και να σημειωθεί ενδεικτικά επάνω σε χάρτη 1:50.000 Όχι			
27	- Το ποσοστό διείσδυσης στο έδαφος είναι μικρό; (σε συνάρτηση με το είδος του εδάφους)	Μεγάλο			
28	- Οι πηγές τείνουν στη δημιουργία επιφανειακής απορροής ή πλημμύρας;	Υπάρχει βλάστηση μέσα και κατά μήκος της ροής των υδάτων; Παρασύρεται αυτή από την ροή; Όχι			
29	- Ποια είναι η συχνότητα εμφάνισης πλημμύρων (έτος);	Λόγω της μορφολογίας του εδάφους δεν έχουν γίνει πλημμύρες			
30	- Ποια είναι η κοντινότερη απόσταση στα κατάντη : α. Πόσιμου νερού; β. Ψαρότοπου; γ. Ευαίσθητου περιβάλλοντος;	Υπάρχει γεώτρηση πόσιμου νερού στο 1 Km	Υπάρχουν περιοχές που ανήκουν στο NATURA 2000 σε απόσταση 5 Km και ειδικότερα η περιοχή GR 1240006 "Λίμνη και Φράγμα Αγρα"		
<b>Δ. ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΧΑΔΑ</b>					
		ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΙΣΩΣ	ΣΧΟΛΙΑ
35	- Υπάρχουν άνθρωποι που ζουν μέσα σε περιοχή ή σε ακτίνα 70m από αυτήν;		X		
36	- Υπάρχουν σχολεία ή εργασιακοί χώροι μέσα σε ακτίνα 70m;		X		
38	- Υπάρχουν κατοικίες, σχολεία ή εργασιακοί χώροι που να χωροθετούνται σε παρακείμενη έκταση;		X		
39	- Παρατηρείται διασκορπισμός επικίνδυνων ουσιών και στοιχείων στις περιοχές που υπάρχουν κατοικίες, σχολεία, εργασιακοί χώροι;		X		
40	- Υπάρχουν μαρτυρίες από παρακείμενες κατοικίες ή σχολεία για προβλήματα υγείας εξ αιτίας του νερού ή αναπνευστικής φύσης;		X		
41	- Απαιτείται δειγματοληψία σε κάποια από τις γειτνιάζουσες περιοχές;		X		
42	Χρησιμοποιείται η περιοχή για βόσκηση;	X			Παρατηρείται βόσκηση αιγοπροβάτων στην περιοχή χωρίς να υπάρχει προστασία από την είσοδό του στον ΧΑΔΑ
<b>ΓΕΝΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ</b>					
Προβλήματα οσμών υπάρχουν κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οπότε και η καύση τους είναι και πιο συχνή. Ο ΧΑΔΑ δεν είναι περιφραγμένος. Ο Δήμος έχει αποστείλει στοιχεία και στο ΥΠΕΧΩΔΕ					



**ΔΗΜΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΠΑΠΠΑ-ΝΟΜΟΣ ΣΕΡΡΩΝ****Αξιολόγηση Πηγής (Source)**

<b>Δεδομένα</b>		<b>Βαθμός</b>
Βροχόπτωση P (mm/έτος):	448.5	4
Έκταση S (στρέμματα):	55	10

<b>Βαθμολογία Πηγής:</b>	$(P \times S)^{0,5} =$	<b>6.32</b>
--------------------------	------------------------	-------------

- |  |
|--|
|  |
|--|

 : Στα κελιά με αυτό το χρώμα εισάγονται τα δεδομένα
- |  |
|--|
|  |
|--|

 : Στα κελιά με αυτό το χρώμα προκύπτουν οι βαθμολογίες των επιμέρους κριτηρίων
- |  |
|--|
|  |
|--|

 : Στα κελιά με αυτό το χρώμα προκύπτουν οι βαθμολογίες Πηγής, Διόδου και Αποδέκτη



ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ				
<b>ΘΕΣΗ ΧΩΡΟΥ:</b> Περιγράψτε βασικά χαρακτηριστικά της θέσης (απόσταση από οικισμούς, προσανατολισμό, γειτνίαση με ρέματα κλπ)				
<b>ΝΟΜΟΣ ΣΕΡΡΩΝ - ΔΗΜΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΠΑΠΠΑ:</b> Ο χώρος βρίσκεται εντός του ρέματος "Ντράμιτσα" βορειοδυτικά του οικισμού Χρυσό και βορειοανατολικά του οικισμού Πενταπόλεως, ενώ απέχει μόλις 50 μέτρα από την Εθνική οδό Σερρών-Δράμης.				
<b>ΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΧΩΡΟΥ :</b>		12 χρόνια		
<b>ΕΝΑΡΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:</b>		1990		
<b>ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΩΡΟΥ:</b>		Ενεργός	Ανενεργός	Έτος παύσης
		X		
<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΧΩΡΟΥ:</b>		Το έδαφος είναι επίπεδο. Η απόθεση γίνεται επί του φυσικού αναγλύφου του ρέματος με αποτέλεσμα να μειώνεται η κοίτη του. Σε ορισμένα τμήματα γίνονται και εκσκαφές για ταφή απορριμμάτων.		
<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>		Τα απορρίμματα παραμένουν ακάλυπτα εντός του χώρου και κατά αραιά χρονικά διαστήματα γίνεται επικάλυψή τους. Ειδικά απόβλητα υπήρχαν εντός του χώρου (φυτοφάρμακα, λιπάσματα και κτηνοτροφικά) . Στάσιμα νερά υπήρχαν εντός χώρου, αλλά εντοπίζονται μόνο κατά τις βρόχινες περιόδους. Διασκορπισμένα απόβλητα υπάρχουν κατά μήκος του ρέματος και έως και την Εθνική οδό.		
<b>ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΑΠΟΤΟΜΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ, ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ Η ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗΣ ΠΡΑΝΩΝ;</b>		Αν ναι ή ίσως περιγράψτε		Όχι
<b>ΕΧΟΥΝ ΣΗΜΕΙΩΘΕΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ; ΕΧΟΥΝ ΣΗΜΕΙΩΘΕΙ ΑΥΤΑΝΑΦΛΕΞΕΙΣ Η ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΕΞ ΑΙΤΙΑΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ;</b>		Αν ναι ή ίσως περιγράψτε		Σημειώνονται πυρκαγιές με συχνότητα 3-4 φορές το μήνα είτε εσκεμένα για ανάκτηση αλουμινίου είτε από αυτανάφλεξη.
<b>ΕΚΤΑΣΗ ΧΩΡΟΥ (στρ):</b>		55		
<b>ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ (m): 7 m(περιλαμβανομένου και κάτω από την επιφάνεια)</b>		<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ (m): 10 m(περιλαμβανομένου και κάτω από την επιφάνεια που φαίνεται στις φωτογραφίες)</b>		
<b>ΑΠΟΦΑΣΗ ΔΛΕΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:</b>		Δεν υπάρχει		
<b>ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ:</b>		9'000		
<b>ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΙ ΟΤΑ:</b>		Δήμος Εμμανουήλ Παπά (εκτός οικισμού Νέου Σουλίου)		
<b>ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (συμπληρώστε με v)</b>				
			τον/ έτος	
ΟΙΚΙΑΚΑ	X		1'200	
ΛΥΜΑΤΑ -ΛΑΣΠΕΣ ΒΙΟΚΑ				
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΑ				
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ				
ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ	X			
ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΦΑΓΕΙΩΝ				
ΑΛΛΑ (περιγράψτε)		Ενίοτε γίνεται και απόθεση μπαζών		
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΤΝ Η Μ3)</b>	12000 τόνοι			Κατά εκτίμηση
<b>ΕΙΔΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ:</b>		Επικάλυψη	Καύση	Απόρριψη
		X	X	X
		Γίνεται επικάλυψη κατά αραιά χρονικά διαστήματα (παλαιότερα γινόταν και κάυση των απορριμμάτων) καθώς και ενεξέλεγκτη καύση για ανάκτηση αλουμινίου		

**A. ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ**

<b>1 Υπόγεια Ύδατα – Κριτήρια Ελέγχου διαρροής</b>					
		ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΙΣΩΣ	ΣΧΟΛΙΑ
1	- Υπάρχουν στοιχεία ή ενδείξεις που να συνιστούν μόλυνση των υπογείων υδάτων;			X	
2	- Ο ρυπασμένος χώρος είναι χωροθετημένος σε καρστικό υπόβαθρο;			X	
3	- Το εδαφικό υλικό κάτω από τις αποθέσεις είναι περατό ή αδιαπεράτο;	X			Το εδαφικό υλικό είναι διαπερατό (αμμοχάλικας)
4	-Υπάρχει κάποιος φραγμός στη διείσδυση όμβριων στον απορριμματικό όγκο (π.χ. Χωματοκάλυψη, πάχος κλπ);		X		
5	Υπάρχει σε κοντινή απόσταση πηγή/γεώτρηση πόσιμου νερού, σε ακτίνα 2 χλμ;	X			Αν υπάρχουν είναι ανάντη ή κατάντη; Τι παροχή έχουν; Πόσος είναι ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός; Υπάρχει γεώτρηση στα ανάντη του χώρου η οποία έχει κλείσει γιατί ήταν ακατάλληλη λόγω μικροβιολογικού φορτίου
6	Υπάρχουν γεωτρήσεις μη πόσιμου νερού στην περιοχή σε ακτίνα 2 χλμ;		X		
7	- Έχει κλείσει καμία πηγή/γεώτρηση πόσιμου νερού σε κοντινή απόσταση από την πηγή ρύπανσης;	X			
8	- Κάποιος από τους χρήστες της πηγής/γεώτρησης πόσιμου νερού έχει αναφέρει άσχημη γεύση ή άσχημη οσμή στο νερό;		X		
9	- Έχει παρατηρηθεί κάποια πηγή/γεώτρηση να παρουσιάζει μεγάλη μείωση ή αύξηση της παροχής;		X		
10	- Υπάρχει κάποια πηγή/γεώτρηση που να είναι χωροθετημένη μεταξύ της ρυπασμένης περιοχής και άλλων γεωτρήσεων/πηγών, που να υπάρχει υποψία ότι έχουν εκτεθεί σε επικίνδυνες ουσίες;		X		
11	- Υπάρχουν στοιχεία ή ενδείξεις που να συνιστούν μόλυνση του πόσιμου νερού;		X		
12	- Απαιτείται δειγματοληψία σε κάποια πηγή πόσιμου νερού;		X		

13	-Περιγράψτε το γεωλογικό υπόβαθρο του χώρου (Εδαφος - Υπέδαφος)	Το εδαφικό υλικό είναι διαπερατό και αποτελείται από κροκαλοπαγείς ψαμίτες			
14	- Ποιο είναι το βάθος του υδροφόρου;	<b>Μελέτη ΕΠΕΜ : Αντωνάκος Πέτρος: Υδάτινοι Πόροι και Λύματα</b>			
15	- Υπάρχουν σχολεία ή δραστηριότητες στις οποίες παρατηρείται συγκέντρωση πληθυσμού και σε ποια ακτίνα;	Ανω του 1,5 χιλιομέτρου κατάντι υπάρχουν οι οικισμοί Χρυσό και Πεντάπολη			
16	- Υπάρχουν ευαίσθητα (προστατευόμενα) περιβάλλοντα (π.χ. υδροβιότοποι, κατοικίες ειδών υπό εξαφάνιση, πάρκα) και σε ποια ακτίνα;	Σε 7 χλμ βόρεια-ανατολικά του ΧΑΔΑ (ανάντι) υπάρχει Ζώνη NATURA 2000 με κωδικό GR 1260004 "κορυφές Όρους Μενοίκιο-Όρος Κουσκουρας" και σε 3 χλμ. προς τα βόρεια του ΧΑΔΑ (ανάντι) υπάρχει Ζώνη της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ με κωδικό GR 1260003 "Άγιος Γιάννης"			
17	- Πληθυσμός που χρησιμοποιεί το υπόγειο νερό της περιοχής σε απόσταση 0-1,5km 1,5-3km 3-4,5km 4,5-6km	ΟΧΙ			
<b>Β. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ</b>					
		ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΙΣΩΣ	ΣΧΟΛΙΑ
18	- Υπάρχουν επιφανειακά νερά σε απόσταση 1 km;	X			Αν ναι, είναι ανάντη ή κατάντη του χώρου; Αν είναι κατάντη, να περιγραφεί το είδος του αποδέκτη (θάλασσα, ρέμα, λίμνη, ποταμός κλπ) Ο ΧΑΔΑ βριδκεται εντός ρέματος με περιοδική ροή
19	- Παρατηρούνται απορρίμματα στα επιφανειακά νερά;	X			Η ποσότητα των απορριμμάτων είναι πάρα πολύ μικρή
20	- Υπάρχουν αποστραγγιστικά έργα για τα νερά που απορρέουν;		X		
21	- Η βλάστηση επηρεάζεται από την απορροή του νερού		X		
22	- Τα ιζήματα ή το νερό παρουσιάζουν αφύσικο χρώμα;			X	Πράσινο χρώμα, ενδεικτικό ευτροφισμού
23	- Παρατηρείται αφύσικη απουσία άγριας ζωής		X		

24	- Υπάρχουν στοιχεία ή ενδείξεις μόλυνσης των επιφανειακών υδάτων;			X	
25	- Η ποσότητα των επιφανειακών υδάτων είναι ιδιαίτερα μεγάλη;	ΟΧΙ			
26	- Η περιοχή (λεκάνη) απορροής είναι μεγάλη;	<b>Μελέτη ΕΠΕΜ : Αντωνάκος Πέτρος: Υδάτινοι Πόροι και Λύματα</b>			
27	- Το ποσοστό διείσδυσης στο έδαφος είναι μικρό; (σε συνάρτηση με το είδος του εδάφους)	Μεγάλο			
28	- Οι πηγές τείνουν στη δημιουργία επιφανειακής απορροής ή πλημμύρας;	Υπάρχει βλάστηση μέσα και κατά μήκος της ροής των υδάτων; Παρασέρνεται αυτή από την ροή; Οχι			
29	- Ποια είναι η συχνότητα εμφάνισης πλημμύρων (έτος);	Περί τις 15 μέρες το έτος το ρέμα εμφανίζει συνεχή ροή			
30	- Ποια είναι η κοντινότερη απόσταση στα κατάντη : α. Πόσιμο νερού; β. Ψαρότοποι; γ. Ευαίσθητου περιβάλλοντος;				Σε 7 χλμ βόρεια-ανατολικά του ΧΑΔΑ (ανάντι) υπάρχει Ζώνη NATURA 2000 με κωδικό GR 1260004 "κορυφές Όρους Μενοίκιο-Όρος Κουσκούρας" και σε 3 χλμ. προς τα βόρεια του ΧΑΔΑ (ανάντι) υπάρχει Ζώνη της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ με κωδικό GR 1260003 "Άγιος Γιάννης"
<b>Δ. ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΧΑΔΑ</b>					
		ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΩΩΣ	ΣΧΟΛΙΑ
35	- Υπάρχουν άνθρωποι που ζουν μέσα σε περιοχή ή σε ακτίνα 70m από αυτήν;		X		
36	- Υπάρχουν σχολεία ή εργασιακοί χώροι μέσα σε ακτίνα 70m;		X		
38	- Υπάρχουν κατοικίες, σχολεία ή εργασιακοί χώροι που να χωροθετούνται σε παρακείμενη έκταση;		X		
39	- Παρατηρείται διασκορπισμός επικινδύνων ουσιών και στοιχείων στις περιοχές που υπάρχουν κατοικίες, σχολεία, εργασιακοί χώροι;		X		
40	- Υπάρχουν μαρτυρίες από παρακείμενες κατοικίες ή σχολεία για προβλήματα υγείας εξ αιτίας του νερού ή αναπνευστικής φύσης;	X			
41	- Απαιτείται δειγματοληψία σε κάποια από τις γειτνιάζουσες περιοχές;		X		
42	Χρησιμοποιείται η περιοχή για βόσκηση;		X		
<b>ΓΕΝΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ</b>					
Προβλήματα οσμών υπάρχουν κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες καθώς επίσης και προβλήματα καπνού από την καύση απορριμμάτων (ο καπνός καλύπτει και την Εθνική οδό Σερρών-Δράμας. Ο ΧΑΔΑ δεν είναι περιφραγμένος και δεν υπάρχει φύλαξη. Δεν υπάρχουν μόνιμα μηχανήματα εντός του χώρου.					

