

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15773, Αθήνα
Τηλ. 210 – 7723109 fax: 210 – 7723188
E-mail: stathero@orfeas.chemeng.ntua.gr



ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

**« ΝΕΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΕΓΚΛΩΒΙΣΜΕΝΩΝ ΣΕ
ΚΤΙΡΙΑ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΕΙ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ »**

7η Ενότητα: Κοινωνικο-πολιτικο-ψυχολογικά Θέματα

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Αναπλ. Καθηγητής Μ. Σταθερόπουλος

ΑΘΗΝΑ 2003

Σ Κ Ο Π Ο Σ

Στόχος και σκοπός του ερευνητικού προγράμματος είναι η ανάπτυξη μιας νέας μεθόδου εντοπισμού εγκλωβισμένων που στηρίζεται στην χημική ανάλυση (χημική μέθοδος). Η μέθοδος αυτή μπορεί να στηριχθεί στην ανίχνευση εκπεμπόμενων ουσιών από το ανθρώπινο σώμα, που είναι χαρακτηριστικές (marker) της ανθρώπινης παρουσίας. Οι ουσίες αυτές εντοπίζονται κυρίως στην αναπνοή, και τα διάφορα βιολογικά υγρά όπως το αίμα και τα ούρα. Μερικές από τις ουσίες αυτές είναι οσμηρές, ενώ άλλες όχι. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι εκπομπές διαφόρων ουσιών είναι συνήθεις στην φυσιολογική λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού (π.χ. CO₂, NH₃ καθώς και πλήθος οργανικών ουσιών). Στην προκειμένη περίπτωση αναμένονται διαφοροποιήσεις εξαιτίας του διαφορετικού μεταβολισμού στον οποίο υπόκειται το ανθρώπινο σώμα (ψυχικό και σωματικό στρες, απώλεια αισθήσεων, τραυματισμοί, έλλειψη διατροφής), όπως π.χ αυξημένη συγκέντρωση ακετόνης λόγω διατροφικών διαταραχών. Οι εκπεμπόμενες αυτές ουσίες είναι μεν σε χαμηλή συγκέντρωση αλλά λόγω του εγκλωβισμού και συνεπώς του περιορισμένου αερισμού (κυκλοφορία του αέρα) θα υπάρχει συνεχής αύξηση της συγκέντρωσης τους στο περιορισμένο περιβάλλον του εγκλωβισμένου. Υπάρχει σήμερα μεθοδολογία που ονομάζεται χημική ανάλυση πεδίου που δίνει την δυνατότητα για επιτόπου, ταχύτατη χημική ανάλυση, χωρίς την ανάγκη για λήψη και μεταφορά δειγμάτων προς ανάλυση στο χημικό εργαστήριο. Η μεθοδολογία αυτή στηρίζεται στην ανάπτυξη κινητών είτε φορητών χημικών αναλυτικών οργάνων με ενεργειακή αυτονομία. Τα όργανα σήμερα λειτουργούν πολύ αξιόπιστα και με μεγάλη ακρίβεια στο πεδίο. Ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι κινητά όργανα έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση χημικών και βιολογικών όπλων.

Μ Ε Θ Ο Λ Ο Λ Ο Γ Ι Α

Η μεθοδολογία του προτεινόμενου προγράμματος αποτελείται από τα παρακάτω βασικά τμήματα τα οποία είναι:

1. Ο σχεδιασμός του συστήματος δειγματοληψίας και η συναρμολόγηση του όλου συστήματος με πιθανές τροποποιήσεις ή συμπληρώσεις (πρότυπο όργανο).
2. Η μελέτη του μεταβολισμού του ανθρώπινου σώματος σε συνθήκες που προσομοιάζουν τις συνθήκες στις οποίες βρίσκονται οι εγκλωβισμένοι και η υπόδειξη χαρακτηριστικών εκπεμπόμενων ουσιών.
3. Η δοκιμή σε επίπεδο εργαστηρίου με το πρότυπο όργανο της ανίχνευσης ουσιών που θα έχουν υποδειχθεί από το προηγούμενο στάδιο.
4. Η ανάπτυξη τεχνικών (περιφερειακά, δειγματολήπτες) και μεθόδων για βέλτιστη αξιοποίηση του οργάνου στο πεδίο.
5. Η δοκιμή του οργάνου και της μεθόδου σε προσομοιούμενες συνθήκες ανάλυσης πεδίου.
6. Η ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου χρήσης για το πρότυπο όργανο.

Το χρονοδιάγραμμα της εξέλιξης του προτεινόμενου προγράμματος διαχωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις οι οποίες περιλάμβαναν τα εξής:

Φάση 1-Μελέτη μεταβολισμού

- α) Κατάλογος εκπεμπόμενων ουσιών από τον ανθρώπινο οργανισμό κάτω από συνθήκες παρόμοιες με εκείνες των εγκλωβισμένων στα ερείπια ανθρώπων.
- β) Επιλογή από την ανωτέρω λίστα ουσιών μετά από πειράματα σε επιλεγμένες ομάδες ασθενών, ουσιών δεικτών (markers) της ανθρώπινης παρουσίας.

Φάση 2- Συναρμολόγηση του συστήματος

- α) Ανάπτυξη συστήματος δειγματοληψίας με το κινητό αναλυτικό όργανο και τα περιφερειακά όργανα.
- β) Συναρμολόγηση του συστήματος δειγματοληψίας με το κινητό αναλυτικό όργανο και τα περιφερειακά όργανα.
- γ) Αριστοποίηση ενεργειακής αυτονομίας του οργάνου.
- δ) Διασφάλιση ασφαλούς μεταφοράς και καλής λειτουργίας του οργάνου στις συνθήκες του πεδίου.

Φάση 3-Ανάλυση των ουσιών δεικτών στο εργαστήριο

- α) Προσδιορισμός των ελαχίστων ορίων συγκέντρωσης των ουσιών δεικτών.
- β) Μέθοδοι προσυγκέντρωσης των ουσιών αυτών
- γ) Έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος σε εργαστηριακές συνθήκες

Φάση 4-Έλεγχος του συστήματος στο πεδίο/Δημιουργία πρωτοκόλλου για την εφαρμογή του στο πεδίο

- α) Δοκιμή του συστήματος στο πεδίο.
- β) Αναφορά πιθανών δυσχερειών από την χρήση του οργάνου στο πεδίο
- γ) Εξέταση πιθανού συνδυασμού και συνεργιστικής δράσης της νέας μεθόδου με ήδη υπάρχουσες.

Β Α Σ Ι Κ Α Σ Υ Μ Π Ε Ρ Α Σ Μ Α Τ Α

1. Η έρευνα έδειξε ότι οι ιατρικές καταστάσεις των εγκλωβισμένων διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες :

- α) την κατάσταση Α που αφορά εγκλωβισμένους χωρίς κακώσεις με έντονο stress,
- β) την κατάσταση Β που αφορά τους πολυτραυματίες και
- γ) την κατάσταση Γ που αφορά τους νεκρούς.

Ποιο εξειδικευμένα οι παραπάνω καταστάσεις των εγκλωβισμένων διακρίνονται με βάση το χρόνο εγκλωβισμού όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Ταξινόμηση των καταστάσεων των εγκλωβισμένων με βάση το χρόνο εγκλωβισμού.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΓΚΛΩΒΙΣΜΕΝΟΥ	ΧΡΟΝΟΣ ΕΓΚΛΩΒΙΣΜΟΥ
A1 ή φάση Ebb	μικρότερος από 24 ώρες
A2 ή φάση καταβολισμού	μεγαλύτερος 24 ώρες
B1 ή φάση Ebb και υπερμεταβολισμού	μικρότερος από 24 ώρες
B2 ή φάση flow	μεγαλύτερος 24 ώρες
Γ ή φάση αποσύνθεσης και σήψης	

2. Στα πλαίσια της έρευνας περιγράφηκαν για τις προαναφερθείσες καταστάσεις εγκλωβισμένων οι πιθανές βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται, καθώς και οι σχετικές ανθρώπινες εκκρίσεις, οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Καταστάσεις εγκλωβισμένων και σχετικές ανθρώπινες εκκρίσεις

<p>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Α1</p> <p>α) Διάρκεια εγκλωβισμού μέχρι 24h</p> <p>β) Χωρίς κακώσεις</p> <p>γ) Έντονο stress</p>	<p>Εκκρίσεις που ενδιαφέρουν και περιέχουν πτητικές οργανικές ουσίες:</p> <p>α) Κατά κύριο λόγο ούρα (έντονα)</p> <p>β) Κατά δεύτερο λόγο εκπνεόμενος αέρας</p> <p>Πιθανές βιοχημικές αντιδράσεις:</p> <p>α) Αύξηση ελεύθερων λιπαρών οξέων</p> <p>β) Αύξηση των λευκών αιμοσφαιρίων</p> <p>γ) Αύξηση ελαφρώς γλυκόζης</p> <p>δ) Εκπομπή κετοσωμάτων από την αναπνοή</p>
<p>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Α2</p> <p>α) Διάρκεια εγκλωβισμού μεγαλύτερη από 24h</p> <p>β) Χωρίς κακώσεις</p> <p>γ) Έντονο stress</p>	<p>Εκκρίσεις που ενδιαφέρουν και περιέχουν πτητικές οργανικές ουσίες:</p> <p>α) Κατά κύριο λόγο εκπνεόμενος αέρας</p> <p>β) Κατά δεύτερο λόγο ούρα</p> <p>Πιθανές βιοχημικές αντιδράσεις:</p> <p>α) Αύξηση ελεύθερων λιπαρών οξέων</p> <p>β) Αυξημένη παραγωγή γλυκόζης (υπεργλυκαιμία)</p> <p>γ) Αύξηση του γαλακτικού οξέος στο αίμα</p> <p>δ) Αύξηση της NH_3</p> <p>ε) Αυξημένη εκπομπή κετοσωμάτων από την αναπνοή</p> <p>στ) Υπερκαλιαιμία</p> <p>ζ) Υπονατριαιμία</p>
<p>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Β1</p> <p>α) Διάρκεια εγκλωβισμού μέχρι 2h</p> <p>β) Κακώσεις</p> <p>γ) Έντονο stress</p>	<p>Εκκρίσεις που ενδιαφέρουν και περιέχουν πτητικές οργανικές ουσίες:</p> <p>α) Κατά κύριο λόγο εκπνεόμενος αέρας</p> <p>β) Κατά δεύτερο λόγο αίμα</p> <p>γ) Κατά τρίτο λόγο ούρα και ιδρώτας (πολύ μικρές ποσότητες).</p> <p>Πιθανές βιοχημικές αντιδράσεις:</p> <p>α) Λιπόλυση</p> <p>β) Υπεργλυκαιμία</p> <p>γ) Διάσπαση της τριακυλογλυκερόλης</p> <p>δ) Αύξηση της αυξητικής ορμόνης</p>

<p>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Β2</p> <p>α) Διάρκεια εγκλωβισμού μεγαλύτερη από 24h</p> <p>β) Κακώσεις</p>	<p>Εκκρίσεις που ενδιαφέρουν και περιέχουν πτητικές οργανικές ουσίες:</p> <p>α) Κατά κύριο λόγο εκπνεόμενος αέρας β) Κατά δεύτερο λόγο αίμα γ) Κατά τρίτο λόγο ούρα (ελάχιστα)</p> <p>Πιθανές βιοχημικές αντιδράσεις:</p> <p>α) Πλήρης ενεργοποίηση των ιστικών παραγόντων β) Διπλασιασμός του μεταβολικού ρυθμού σε σχέση με το πρώτο 24ωρο γ) Υπεργλυκαιμία δ) Αύξηση των λιπαρών οξέων ε) Αύξηση των κετοσωμάτων στ) Λευκοκυττάρωση ζ) Υπερκαλιαιμία η) Υπονατρίαζα</p>
<p>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Γ</p> <p>Θάνατος και έναρξη σήψης</p>	<p>Εκκρίσεις που ενδιαφέρουν και περιέχουν πτητικές οργανικές ουσίες:</p> <p>α) Κατά κύριο λόγο αίμα β) Κατά δεύτερο λόγο ούρα (ελάχιστα)</p> <p>Πιθανές βιοχημικές αντιδράσεις:</p> <p>α) Αποικοδόμηση οργανικής ζώσας ύλης (πρωτεϊνών και υδατανθράκων) β) Παραγωγή ελεύθερων λιπαρών οξέων γ) Παραγωγή φαινολών, CO₂, H₂S, NH₃ και CH₄ δ) Αύξηση του K⁺ στο αίμα</p>

3. Από βιβλιογραφική έρευνα προέκυψε πως για κάθε τύπο κτιρίου υπάρχει δεδομένος αριθμός ορόφων κι έτσι ανάλογα κάθε φορά διαμορφώνεται το ποσοστό των εγκλωβισμένων, το είδος κατάρρευσης, ο χώρος εγκλωβισμού, οι καταστάσεις των εγκλωβισμένων και ο βαθμός δυσκολίας της επιχείρησης διάσωσης, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Είδος κτιρίου :	<u>Τύπος 1</u> Φέροντας οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα	<u>Τύπος 2</u> Φέρουσα τοιχοποιία και ξύλινα δάπεδα	<u>Τύπος 3</u> Φέρουσα τοιχοποιία και δάπεδα από οπλισμένο σκυρόδεμα	<u>Τύπος 4</u> Μικτό σύστημα δόμησης
Όροφοι :	Πολυώροφα (≥ 2)	Ισόγεια ή διώροφα	Μέχρι 2 όροφοι	Μέχρι 2 όροφοι
Ποσοστό εγκλωβισμένων (Πλήθος/Κτίριο) :	Μεγάλο	Μικρό	Μικρό	Μικρό
Πιθανό είδος κατάρρευσης :	Ολική ή μερική	Ολική	Μερική	Μερική
Χώρος εγκλωβισμού :	Λίγοι κενοί χώροι (δοκάρια+υποστηλ/τα)	Ελάχιστοι κενοί χώροι	Λίγοι κενοί χώροι	Αρκετοί κενοί χώροι
Πιθανές καταστάσεις εγκλωβισμένων : A: ελαφρά τραυματισμένοι B: πολυτραυματίες Γ : νεκροί	Κυρίως B και Γ, μικρό ποσοστό A <i>Σεισμός 1999 στην Αθήνα: 50% Γ, 49 % B, 1% A.</i>	Κυρίως B, αρκετό ποσοστό Γ, μικρό ποσοστό A	Κυρίως B, μικρό ποσοστό A	Κυρίως A, μικρό ποσοστό B, ελάχιστο Γ
Επιχείρηση διάσωσης	Πολύ δύσκολη	Μέτριας δυσκολίας	Δύσκολη	Μέτριας δυσκολίας

Μετά από αξιολόγηση των στοιχείων για τα κτίρια που κατέρρευσαν κατά το σεισμό του 1999 στην Αθήνα, τα οποία ανήκαν ως επί το πλείστον, στον τύπο 1 και ήταν πολυώροφα, προέκυψαν τα παραπάνω ποσοστά τα οποία έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα του πίνακα, όπως διαμορφώθηκαν από την βιβλιογραφική έρευνα.

4. Είναι δυνατή η μελέτη της κατάστασης εγκλωβισμού κάνοντας προσομοίωση του χώρου εγκλωβισμού με χημικομηχανικά μοντέλα, με τα οποία προσδιορίζεται η μαθηματική σχέση που δίνει τη συγκέντρωση μιας ουσίας του εκπνεόμενου αέρα ενός ανθρώπου συναρτήσει του χρόνου εγκλωβισμού.
5. Το επικρατούν μοντέλο είναι αυτό του «αντιδραστήρα συνεχούς έργου πλήρους ανάδευσης». Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό η συγκέντρωση μιας ουσίας του εκπνεόμενου αέρα ενός ανθρώπου στο χώρο εγκλωβισμού φτάνει μετά από κάποιο χρόνο σε πλατό.
6. Από την μελέτη 15 υγείων εθελοντών βρέθηκαν ότι 13 ουσίες εμφανίζονται σε ποσοστό μεγαλύτερο από 80% στον εκπνεόμενο αέρα των εθελοντών (από 63 συνολικά ουσίες):

ακετόνη, ισοπρένιο, εξάνιο, ακεταλδεύδη, χλωρομεθάνιο,
2-μεθυλεξάνιο, 2,4-διμεθυλεπτάνιο, α-πινένιο, 2-μεθυλοπεντάνιο,
2-μεθυλ-1-πεντένιο, 3-μεθυλεξάνιο, βενζόλιο, 2,3-διμεθυλεξάνιο.

7. Επίσης προέκυψε από ανάλογη ανάλυση στο αίμα 15 εθελοντών ότι οι ουσίες που εμφανίστηκαν σε ποσοστό μεγαλύτερο από 80% ήταν 5 από ένα σύνολο 46 ουσιών. Αυτές είναι: ακετόνη, 2,2,3,3-τετραμέθυλβουτάνιο, τολουόλιο, ισοπρένιο και φαινόλη. Αντίστοιχα στα ούρα ανιχνεύθηκαν 13 ουσίες (συνολικά 38 ουσίες) σε ποσοστό πάνω από 80% των εθελοντών. Αυτές είναι: ακετόνη, 2,2-διμεθυλεξάνιο, τολουόλιο, 1-Η πυρρόλη, p-ξυλένιο, 1,5,5,8_α-τετραμέθυλ-δεκαϋδρο 1,2,4 μεθυλοαζουλένιο, αιθανόλη, 2-βουτανόνη, βενζόλιο, 2-πεντανόνη, 4-επτανόνη και φαινόλη.
8. Βρέθηκε ότι σε κατάσταση στρες εμφανίζονται ουσίες που δεν παρουσιάζονται σε κατάσταση ηρεμίας. Επιπλέον ουσίες που ανιχνεύθηκαν και στις δύο περιπτώσεις (στρες και ηρεμίας) παρουσιάζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση στην κατάσταση στρες.
9. Βρέθηκε ότι κατά την σήψη του ανθρώπινου σώματος παράγεται ένα πλήθος πτητικών οργανικών ουσιών (περισσότερες από 60) κυρίως υδρογονάνθρακες, θειώδη και οξυγονωμένες ουσίες.
10. Αναπτύχθηκε πρότυπο όργανο εντοπισμού που στηρίζεται στον συνδυασμό κάμερα, μικροφώνου και αισθητήρα και μπορεί να δοκιμαστεί σε πραγματικές συνθήκες διείσδυσης.

ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ :

1. Συνδυάζοντας τα συμπεράσματα 1 έως 9 προκύπτει ότι είναι δυνατό, ανάλογα με τις συνθήκες κατάρρευσης, να υπολογιστούν τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των ουσιών που εκκρίνονται από τον ανθρώπινο οργανισμό, σε συνάρτηση με τον χρόνο (εγκλωβισμού) και να ανιχνευθούν από την υπάρχουσα τεχνολογία
2. Έχει αναπτυχθεί ένα πρότυπο φορητό όργανο, που συνδυάζει κάμερα, μικρόφωνο και χημικό αισθητήρα και είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε συνθήκες κατάρρευσης. Αποδείχθηκε ότι ο συνδυασμός οπτικών, ακουστικών και χημικών μέσων παρέχει το καλύτερο δυνατό συνδυασμό όπως φαίνεται και από το συμπέρασμα 10.

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

1. Ο Ο.Α.Σ.Π. μπορεί να αξιοποιήσει τα αποτελέσματα της έρευνας με κοινοποίησή τους σε φορείς όπως οι διασωστικές ομάδες του Ε.Κ.Α.Β. και οι ιατροί με εξειδίκευση στην Ιατρική των Καταστροφών.
2. Η πρότυπη συσκευή εντοπισμού μπορεί να δοκιμαστεί από διασωστικές ομάδες.
3. Ιατρικές ομάδες όπως πνευμονολόγοι, παθολόγοι, ιατροδικαστές, ψυχίατροι μπορούν να αξιοποιήσουν τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης.
4. Η διατύπωση μιας θεωρίας εγκλωβισμού, όπως αυτή περιγράφεται στην παρούσα εργασία μπορεί να αποβεί πολύ χρήσιμη επιχειρησιακά.
5. Προτείνεται στον Ο.Α.Σ.Π. να συστήσει στις διάφορες υπηρεσίες που τηρούν αρχεία για τους απεγκλωβισμένους να συμπεριλάβουν και την καταγραφή της ιατρική κατάστασης τους ανάλογα με το χρόνο εγκλωβισμού, όπως αυτή περιγράφεται στην παρούσα εργασία.