

## ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ

**ΝΟΜΙΚΟΥ ΙΩΑΝΝΑ- ΒΑΣΙΛΙΚΗ  
ΞΥΔΗ ΑΡΤΕΜΙΣ**

### **Περίληψη**

*Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μέθοδος της ελεγχόμενης κατεδάφισης με τη χρήση εκρηκτικών σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αρχικά, γίνεται αναφορά στις ποικίλες μεθόδους κατεδάφισης-καθαίρεσης, ενώ στη συνέχεια αναφέρονται οι σημαντικότερες εκρηκτικές ύλες, οι ιδιότητές τους και τα εκρηκτικά μέσα, που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση της εργασίας. Προσεγγίζοντας τη μέθοδο παρουσιάζονται το πεδίο εφαρμογής και τα πλεονεκτήματά της, όπως και η γενική ιδέα στην οποία βασίζεται. Ακολουθεί η περιγραφή των παραγόντων που πρέπει να ληφθούν υπ' όψη για τη μελέτη της πλήρους κατεδάφισης και έπειτα η αναλυτική προσέγγιση των τρόπων και γνωρισμάτων αυτής. Τα στοιχεία που δίνονται προέρχονται από επιστημονικά τεκμηριωμένες απόψεις και από χαρακτηριστικά παραδείγματα. Αναφέρονται οι ειδικοί κίνδυνοι που διέπουν τη συγκεκριμένη τεχνική και οι αντίστοιχοι τρόποι αντιμετώπισής τους. Συμπληρωματικά, παραθέτονται στοιχεία για τη μερική καθαίρεση φερόντων στοιχείων.*

### **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η απόφαση για την καθαίρεση μιας κατασκευής ή τμήματος αυτής, είναι ένα αποτέλεσμα προερχόμενο από πολλά και διαφορετικά αίτια. Η φθορά, η γήρανση μιας κατασκευής ή ένας σεισμός, συνθήκες που δημιουργούν σοβαρές βλάβες (τοπικές ή γενικευμένες), φέρνει τους μηχανικούς στο δίλημμα, επισκευή ή κατεδάφιση; Η λήψη μέτρων απέναντι στην επικινδυνότητα ενός κτιρίου, και συνεπώς στην καθαίρεση του ή όχι, επιλέγεται σύμφωνα με οικονομικά κριτήρια, λαμβάνοντας σοβαρά υπ' όψη και την ηλικία του. Η απόφαση κατεδάφισης μιας ή περισσότερων εγκαταστάσεων εμφανίζεται και για λόγους κάλυψης των κοινωνικών αναγκών, όταν χρειάζεται να ανοικοδομηθούν δημόσια κτίρια, όπως νοσοκομεία ή σχολεία, εργασία που λόγω της έκτασης της κατασκευής, προϋποθέτει την εφαρμογή της κατάλληλης μεθόδου κατεδάφισης.

Οι λόγοι που οδηγούν σε μια κατεδάφιση λοιπόν, εμφανίζονται ουκ ολίγες φορές. Οι τρόποι εκτέλεσής της είναι αρκετοί, δίνοντας ένα φάσμα επιλογών ώστε να προτιμηθεί ο εκάστοτε καταλληλότερος, σύμφωνα με ένα σύνολο κριτηρίων. Στο πέρας του χρόνου, οι τρόποι καθαίρεσης των κατασκευών βελτιώνονται και εμπλουτίζονται. Μια από αυτές τις μεθόδους, που εμφανίζεται τα τελευταία χρόνια και στην Ελλάδα, εφαρμόστηκε πρώτη φορά το 1995, και είναι η κατεδάφιση με την τεχνική της ελεγχόμενης χρήσης εκρηκτικών.

### **2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΗΣ**

Μια επέμβαση για να είναι οικονομικά ωφέλιμη, προϋπόθεση είναι να κοστίζει λιγότερο από το 80% της απομένουσας αξίας της κατασκευής. Αυτή, εκτιμάται ως το κόστος ανακατασκευής (κατεδάφιση παλαιού και ανέγερση νέου) μειωμένο αναλογικά κατά τα χρόνια ζωής σε σχέση με την κατ' εκτίμηση συνολική διάρκεια ζωής της [1]. Ολική κατεδάφιση μπορεί να προκύψει και από επιλογή του ιδιοκτήτη της, προς ανοικοδόμηση νέας στη θέση της παλαιάς, ενώ ένας άλλος λόγος είναι η αυθαίρετη δόμηση μιας κατασκευής. Μερική κατεδάφιση τμήματός της, μπορεί να οφείλεται στην αλλαγή χρήσης και διαρρύθμισης, είτε στην ανακατασκευή τμήματος διατηρητέου κτιρίου, εκτός από τις περιπτώσεις τοπικών βλαβών [2].

Οι μέθοδοι κατεδάφισης που χρησιμοποιούνται είναι με μηχανικά μέσα και εργαλεία χειρός (συμβατικές μέθοδοι), θερμικές μέθοδοι, μέθοδος με εκτόνωση αερίου, με χρήση διογκούμενων υλικών διάσπασης (αθόρυβα εκρηκτικά) και με χρήση εκρηκτικών [3].

## ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ- ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ

Μερικά από τα μηχανικά μέσα που χρησιμοποιούνται για καθαίρεση στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος ή/και πλήρη κατεδάφιση είναι:

- Υδραυλικές ή κρουστικές σφύρες: Αποτελούνται από τροχό με κοπτικά στοιχεία από καρβίδια ή/και βιομηχανικά διαμάντια και είναι κατάλληλες για κοπή στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος μικρού πάχους. Είναι από τις απλούστερες και πιο συνηθισμένες μεθόδους για καθαίρεση στοιχείων, ενώ χρησιμοποιείται και για πλήρη κατεδάφιση (Σχήμα 1).
- Υδραυλικές σιαγόνες: Η χρήση της μεθόδου είναι συχνή για καθαίρεση στοιχείων, αλλά και για πλήρη κατεδάφιση. Πρόκειται για υδραυλικές εξαρτήσεις που εφαρμόζονται σε φορείς εκσκαφών. Είναι υψηλής απόδοσης σύστημα, που προκαλεί θραύση του σκυροδέματος (Σχήμα2).
- Καθαίρεση με δισκοπρίονο: Τα μηχανικά πριόνια είναι κατάλληλα για την κοπή στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος μικρού πάχους και αποτελούνται από τροχό με κοπτικά στοιχεία.
- Σύστημα αδαμαντοκοπής σύρματος: Η τεχνική είναι αυξημένης ακρίβειας και δημιουργεί καθαρές και ακριβούς γεωμετρίας τομές στα προς καθαίρεση στοιχεία. Αρχικά διανοίγεται οπή για την διέλευση του αδαμαντοσύρματος, και ακολουθεί η εργασία κοπής [4], [5].
- Κατεδάφιση με αιωρούμενο βάρος: Χρησιμοποιείται για πλήρη κατεδάφιση με αποσύνθεση των στοιχείων των δομημάτων. Επιτυγχάνεται με την κρούση αιωρούμενης μάζας (συνήθως μεταλλική σφαίρα), λόγω της ορμής που αποκτά κατά την αιώρησή της, αναρτημένη από τον πρόβολο δικτυωτού γερανού. Σε ορισμένες περιπτώσεις η δρώσα μάζα αφήνεται να πέσει ελεύθερα, αντί της αιώρησης (Σχήμα3) [6].

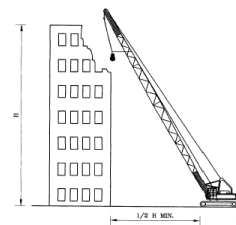
Η εργασία της πλήρους κατεδάφισης με αυτές τις μεθόδους εκτελείται από πάνω προς τα κάτω, τα φέροντα στοιχεία δεν πρέπει να θραυθούν πριν απομακρυνθούν τα προϊόντα κατεδάφισης των υπερκείμενων τμημάτων, ενώ σε κατασκευές με σκελετό μεταλλικό ή από οπλισμένο σκυροδέμα, ο σκελετός παραμένει στην θέση του κατά τη διάρκεια κατεδάφισης των τοίχων πλήρωσης. Άλλα μηχανικά μέσα που χρησιμοποιούνται για καθαίρεσεις στοιχείων ή συμπληρωματικά στη πλήρη κατεδάφιση είναι οι υδραυλικοί εκσκαφείς με τη συνήθη εξάρτηση (τσάπες) ή ειδικού τύπου (αρπάγες, αχιβάδες, κλπ), εκσκαφείς (μπουλντόζες), υδραυλικά ψαλίδια, κ.ά. Υπάρχουν βέβαια και τα εργαλεία χειρός (κομπρεσέρ, αξίνες, λοστοί, κλπ), για κάποιες περιπτώσεις καθαίρεσης στοιχείων, αλλά είναι μη αποτελεσματικά σε περιπτώσεις στοιχείων σκυροδέματος μεγάλου όγκου ή υψηλής αντοχής. Σε πολυώροφα κτίρια επιτρέπεται η καθαίρεση δαπέδων των δύο χαμηλότερων ορόφων προκειμένου ο ελεύθερος χώρος να χρησιμοποιηθεί για συσσώρευση μπαζών, αν αυτό δε δημιουργεί επικινδυνότητα στο κτίριο μέχρι να κατεδαφιστεί [2].



Σχήμα 1: Υδραυλική σφύρα



Σχήμα 2: Υδραυλική σιαγόνα



Σχήμα 3: Αιωρούμενο βάρος

## ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ, ΕΚΤΩΝΩΣΗ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΟΓΚΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ

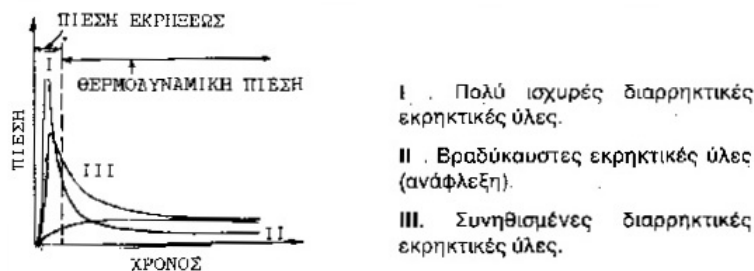
Η μέθοδος εκτόνωσης αερίου, απαιτεί ειδική τεχνογνωσία και η εφαρμογή της στοχεύει στη θραύση του υλικού γύρω από την οπή- διάτρημα, εντός του οποίου ασκείται με εξαιρετικά μεγάλη πίεση η εκτόνωση του αερίου. Οι ανθεκτικοί μεταλλικοί σωλήνες σφραγίζονται στο ένα άκρο με μια κεφαλή εκτόνωσης και στο άλλο με σύστημα πυροδότησης. Η ενεργοποίηση

πραγματοποιείται μέσω ηλεκτρικής συνδεσμολογίας, ενώ η πίεση κυμαίνεται στα 110-270 MPa .

Τα διογκούμενα υλικά συνίστανται κατά βάση από ενώσεις που ενυδατούμενες εμφανίζουν σημαντική αύξηση του όγκου. Η τοποθέτηση τους πραγματοποιείται με άνοιγμα οπών (διατρήματα), η διάμετρος της οποίας εξαρτάται από την τεχνική μελέτη. Σε διάστημα μερικών ωρών αναπτύσσεται πίεση της τάξεως των 30 MPa που συνεχώς αυξάνεται με το χρόνο. Οι πιέσεις αυτές είναι χαμηλότερες εκείνων της πίεσης αερίου ή των εκρηκτικών, είναι όμως αρκετές για τη διάσπαση οπλισμένου σκυροδέματος.

Οι θερμικές μέθοδοι με εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας προκαλούν την κοπή του σκυροδέματος και του οπλισμού. Είναι μέθοδοι ακριβείας και παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της αποφυγής δονήσεων και θορύβου κατά την εκτέλεση των εργασιών. Οι διαδικασίες θερμικής κοπής είναι: κοπή με καυστήρα μεταλλικής σκόνης και κοπή με θερμική λόγχη [6].

### 3. ΕΝΝΟΙΕΣ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ



Σχήμα 4: Διάγραμμα πίεσης κατά την εξέλιξη της αποσύνθεσης της εκρηκτικής ύλης [8].

**Έκρηξη** είναι η ταχύτερη αποσύνθεση εκρηκτικής ύλης σε αέρια, κυρίως προϊόντα υψηλής θερμοκρασίας, που οφείλεται στην απότομη ελευθέρωση της εσωτερικής ενέργειας της εκρηκτικής ύλης. Στην περίπτωση που υπάρχει κατάκαυση της εκρηκτικής ύλης και ατελής αποσύνθεσή της, παρουσιάζεται το φαινόμενο της **ανάφλεξης**. Η διαφορά της από την έκρηξη έγκειται στο χρόνο αποσύνθεσης, ο οποίος είναι μεγαλύτερος (1mm/s-100mm/s ενώ για την έκρηξη 1.000mm/s-10.000 mm/s) και στα χαρακτηριστικά της έναρξης της αποσύνθεσης (κατά την ανάφλεξη παρουσιάζεται φλόγα, εκλύεται θερμότητα, ενώ στην έκρηξη διέγερση και κρουστικό κύμα). Επίσης, διαφορές υπάρχουν στα παραγόμενα προϊόντα (στην ανάφλεξη έχουν μικρότερη πυκνότητα και πίεση από την αδιάσπαστη εκρηκτική ύλη, ενώ στην έκρηξη συμβαίνει το αντίθετο). Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί μια ανάφλεξη να καταλήξει σε έκρηξη, με την αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας.

**Εκρηκτικό κύμα** καλείται η μετάδοση της έκρηξης στη μάζα της εκρηκτικής ύλης, συνήθως με ταχύτητα 2 έως 10 km/s, εξαρτημένο από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες της εκρηκτικής ύλης [8].

Τα εκρηκτικά υλικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την ταχύτητα της αντίδρασης (έκρηξης). Αν η ταχύτητα είναι υψηλότερη της ταχύτητας του ήχου, η εκρηκτική ύλη καλείται «υψηλής ισχύος», ενώ αν είναι χαμηλότερη, καλείται εκρηκτική ύλη «χαμηλής ισχύος» [3].

Χαρακτηριστικά των εκρηκτικών είναι: η ισχύς (μέτρο ρυθμού έκλυσης της ενέργειας), η παραγόμενη ενέργεια και ο όγκος των παραγόμενων αερίων, η ταχύτητα πυροδότησης (ταχύτητα με την οποία οδεύει το κρουστικό κύμα), η πυκνότητα (ποσότητα που τοποθετείται κατά τη γόμωση), η αντίσταση στο νερό και η ευαισθησία (ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για την έναυση). Κάποια από αυτά παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Είδος εκρηκτικής ύλης	Πυκνότητα εκρηκτικής ύλης ρ kg/l	Παραγόμενη θερμότητα Q <sub>υ</sub> kcal/kg	Θερμοκρασία εκρήξεως t °C	Όγκος αερίων (0 °C 760 mm Hg) V <sub>0</sub> lt/kg	Ταχύτητα εκρήξεως D m/sec	Ισορροπία οξυγόνου %	Ισχύς		
							TRAUZ cm <sup>3</sup>	HESS mm	
τρογλυκερίνη	1,60	1.513	4.830	715	8.000	+3,52	520	-	
ΤΝ (Πεντρίτης)	1,5 - 1,7	1.462	4.540	780	8.100	-10,12	508	-	
πρόλη	1,5 - 1,6	1.390	2.800	690	7.500	-67,2	290	-	
ιοντώδης Υδράργυρος	3,5 - 4,0	429	4.400	315	5.400	-11,42	-	-	
ιραζωτικός μάλυβδος	4,0 - 4,6	367	3.400	308	5.400	-	-	-	
υφνικός μάλυβδος	2,5 - 3,0	370	2.700	407	5.200	-18,79	-	-	
αυσιπυρίτης	Ημιζελίτις 13% N.G.L.	1,25 - 1,30	940	2.900	855	4.950	+6,10	420	12
	Ζελίτις 20% N.G.L.	1,30 - 1,35	980	3.050	850	5.500	+4,5	400	19
	Ζελίτις 30% N.G.L.	1,35 - 1,40	1.180	3.200	870	6.000	+7,5	420	20
	Ζελίτις 40% N.G.L.	1,40 - 1,45	1.100	2.700	860	6.100	+7,8	440	20
	Ζελίτις 50% N.G.L.	1,45 - 1,50	1.250	3.600	855	6.300	+1,5	450	21
	Ζελίτις 60% N.G.L.	1,50	1.300	4.000	805	6.600	+0,5	480	23
Αμμοπίριτες	Γομιοδυναμίτις με 92% N.G.L. + 8% Κολλωδιωθράμβιακος	1,55 - 1,65	1.573	4.265	762	7.800	-	550	35
	2% N.G.L.	0,9 - 1,05	820	2.410	907	3.600	+8,30	400	14
	4% N.G.L.	1,05 - 1,10	850	2.500	905	3.800	+5,80	340	18
	6% N.G.L.	1,10 - 1,20	930	2.850	920	4.950	+5,4	310	15
	Πυρίτιδες	1,0 - 1,2	710	2.400	280	400	-24	180	-
AN - FO	0,85 - 1,0	840	2.500	970	1.200 - 2.800	+1,5	325	3 - 10	

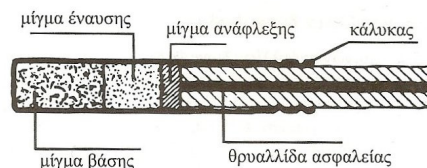
**Πίνακας:** Χαρακτηριστικά στοιχεία των εκρηκτικών υλών [8].

**Έναυση** ή διέγερση καλείται η έκρηξη υπό συνθήκες απόλυτου ελέγχου. Με τον όρο «εκρηκτικά μέσα», αναφέρονται οι εκρηκτικές ύλες που χρησιμοποιούνται και τα μέσα εναύσεως.

**Διάτρημα** είναι μια κυλινδρική οπή ενός υλικού, εντός της οποίας προκαλείται η ακαριαία αποσύνθεση της εκρηκτικής ύλης, με σκοπό τη διάρρηξη του υλικού.

**Γόμωση** είναι η εργασία τοποθέτησης της εκρηκτικής ύλης εντός του διατρήματος. Με τον ίδιο όρο χαρακτηρίζεται επίσης η ποσότητα της εκρηκτικής ύλης, που εισάγεται στο διάτρημα [8].

Τα μέσα εναύσεως είναι: **Οι πυροκροτητές** (καψύλλια) που είναι μικρά εξαρτήματα μορφής σωλήνα, διαμέτρου μικρότερης των 10mm, τα οποία περιέχουν μικρή ποσότητα ευαίσθητης σε θερμότητα εκρηκτικής ύλης (συνήθως PETN-πεντρίτης) και διακρίνονται σε κοινά καψύλλια που πυροδοτούνται με βραδύκαυστο παράγωγο σχοινί και σε ηλεκτρικά καψύλλια που πυροδοτούνται με ηλεκτρική συσκευή πυροδότησης [3]. **Οι θρυαλλίδες**, που είναι συστήματα με τα οποία είναι δυνατή η από απόσταση διέγερση των εκρηκτικών υλών για έκρηξη. Διακρίνονται σε **βραδύκαυστες** (ή ασφαλείας) που λειτουργούν ως μέσον μετάδοσης της φλόγας στη μάζα της εκρηκτικής ύλης με άμεσο τρόπο, ή με έμμεσο τρόπο μέσω ενός καψυλλίου, και στις **ακαριαίες** (ή εκρηκτικές) που λειτουργούν ως μέσον μετάδοσης εκρηκτικού κύματος και η έναυση τους επιτυγχάνεται με ηλεκτρικό ή με κοινό καψύλλιο [8].



**Σχήμα 5:** Καψύλλια **Σχήμα 6:** Ακαριαία θρυαλλίδα [8] **Σχήμα 7:** Κοινό καψύλλιο δυναμίτιδας [9]

Οι εκρηκτικές ύλες που χρησιμοποιούνται για την καθαίρεση κατασκευών είναι κυρίως οι δυναμίτιδες (εκρηκτικά υψηλής ισχύος) που έχουν ως κύριο συστατικό την νιτρογλυκερίνη. Η έναυση απαιτεί τη δημιουργία και μετάδοση κρουστικού κύματος που είναι δυνατό να γίνει ηλεκτρικό και μη- ηλεκτρικό σύστημα. Η έναυση με ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά μέσα είναι αρκετά διαδεδομένη σε υπόγειες και επιφανειακές ανατινάξεις, λόγω της ευκολίας

σύνδεσης και ελέγχου των κυκλωμάτων, πρέπει όμως να αποφεύγεται σε υγρές συνθήκες και όπου υπάρχουν ισχυρά τυχαία ρεύματα. Στα μη ηλεκτρικά συστήματα, ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της συνδεσμολογίας γίνεται χωρίς υπολογισμούς, την απαίτηση σχολαστικής προετοιμασίας, χωρίς μεγάλη μηχανή πυροδότησης, ενώ κατά κανόνα οι κίνδυνοι να προκληθούν ζημιές, βλάβες και διακοπές στους σωλήνες και στο σύστημα πυροδότησης είναι μικρότεροι [9], [10].

Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται σαν εκρηκτική ύλη το T.N.T (τρινιτροτολουένιο) σε συνδυασμό με RDX και PENT (πεντρίτης), από τις ισχυρότερες εκρηκτικές ύλες και κατά πλειοψηφία η εφαρμογή του είναι για στρατιωτικούς σκοπούς. Στις κατεδαφίσεις χρησιμοποιείται για κοπή μεταλλικών στοιχείων [8].

#### 4. ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η υποχρεωτική εφαρμογή της μεθόδου εμφανίζεται όταν δεν υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός ώστε να πραγματοποιηθεί η κατεδάφιση με μηχανικά μέσα, αλλά και όταν αυτά δεν μπορούν να εργαστούν με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα ή δεν είναι εφικτό να προσεγγίσουν το σημείο που απαιτείται η κατεδάφιση. Οι κατασκευές που αποτελούν το πεδίο εφαρμογής, διακρίνονται σε απλές και σύνθετες.

- Απλές κατασκευές. Στις απλές περιλαμβάνονται στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος (μερική κατεδάφιση σε τοιχία, δοκάρια, υποστυλώματα), γέφυρες, Silos, δεξαμενές, καμινάδες, ιστοί και γενικότερα, παρόμοιες με τις προαναφερθέντες κατασκευές.

- Σύνθετες κατασκευές. Οι σύνθετες αναφέρονται σε ογκώδεις, συμπαγείς κατασκευές (οι συμβατικές- μηχανικές μέθοδοι δεν είναι τόσο αποτελεσματικές σε σκυρόδεμα υψηλής αντοχής, από 40 MPa και άνω) σε πολυόροφα και βιομηχανικά κτίρια τουλάχιστον 3-4 ορόφων ή/και με μεγάλη επιφάνεια, σε φράγματα και σε μεταλλικές κατασκευές. Η μέθοδος ενδείκνυται ιδιαίτερα σε μαζικές κατεδαφίσεις.

Η μέθοδος της κατεδάφισης με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών δεν προτιμάται συχνά στην Ελλάδα. Από το 1995 που εφαρμόστηκε για πρώτη φορά μέχρι σήμερα, έχουν κατεδαφιστεί με αυτόν τον τρόπο μόνο δημόσια κτίρια, από τα οποία ελάχιστα βρίσκονται εντός κατοικημένης περιοχής. Τα προβλήματα που συναντιούνται είναι συνήθως στην έκδοση άδειας κατεδάφισης και κυρίως στη χορήγηση της άδειας προμήθειας και χρήσης εκρηκτικών, μέσα ή κοντά σε αστικές περιοχές, όπου σε συνδυασμό με τη φοβία και τους δισταγμούς που υπάρχουν, οδηγούν στην περιορισμένη χρήση της μεθόδου, ακόμη κι όταν αυτή είναι η ιδανική.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Η αυξημένη ασφάλεια του προσωπικού και η ποιότητα διεξαγωγής της κατεδάφισης.

Ελαχιστοποιούνται οι εργασίες σε μεγάλο ύψος, που ευθύνονται για τα περισσότερα ατυχήματα, το προσωπικό όπως και ο εξοπλισμός βρίσκονται σε ασφαλή θέση την ώρα της πτώσης, ενώ η κατασκευή διατηρεί την αντοχή και τη στατική ικανότητα της μέχρι τη στιγμή της κατεδάφισης. Η διαδικασία επιτελείται με μεγάλη ακρίβεια, αφού υπάρχει ένας αυστηρός προγραμματισμός εργασιών, ενώ εν αντιθέσει με τις συμβατικές μεθόδους, η επιχείρηση δε βασίζεται στην κρίση και στον αυτοσχεδιασμό του χειριστή μηχανήματος.

- Ο σύντομος χρόνος που προσφέρει ο δεδομένος τρόπος της κατεδάφισης, παράγοντας που κάποιες φορές είναι καθοριστικός (όπως για παράδειγμα η καθαίρεση οδικής γέφυρας επί της Εθνικής Οδού Θεσ/νίκης, όπου η διακοπή της κυκλοφορίας έπρεπε να είναι η ελάχιστη δυνατή). Εκτός από την ώρα της πτώσης που είναι προδιαγεγραμμένη, είναι γνωστός ο τρόπος, το μέγεθος και η θέση των κομματιών που θα προκύψουν, ενώ οι βάσεις και τα θεμέλια μπορούν να σπάσουν αποτελεσματικά. Η προετοιμασία της κατασκευής μπορεί να γίνει ταυτόχρονα με άλλες εργασίες.

- Η μέθοδος συνολικά, θεωρείται πιο «φιλική» προς το περιβάλλον. Απαιτείται ελάχιστος χρόνος για την κατεδάφιση (μερικά δευτερόλεπτα) και οι επιπτώσεις όχλησης περιορίζονται

ιδιαίτερα σε ένταση και διάρκεια. Οι προκαλούμενες δονήσεις ελέγχονται και καταγράφονται, η σκόνη παράγεται συνολικά και σε συγκεκριμένο, σύντομο χρόνο και το πρόβλημα που δημιουργεί είναι αντιμετωπίσιμο.

- Το κόστος σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι χαμηλότερο από τις συμβατικές μεθόδους. Σε ψηλές, ογκώδεις κατασκευές και μαζικές κατεδαφίσεις, ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής και τα στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου, το κόστος μπορεί να μειωθεί από 30% ως 70%.

Για να επιλεγεί σαν επικρατέστερη μέθοδος πρέπει να εξεταστούν κάποια απαραίτητα κριτήρια. Εκτός από το κόστος, που μπορεί να είναι χαμηλό συναρτήσει των προτερημάτων της μεθόδου, μια σημαντικότερη παράμετρος είναι ο περιβάλλοντας χώρος. Θα πρέπει να είναι εξασφαλισμένο ότι τηρούνται οι ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας από τις γειτονικές εγκαταστάσεις, όπως επίσης, η απαιτούμενη ασφάλεια σε σχέση με τους πιθανούς 'ειδικούς' κινδύνους της μεθόδου, λαμβάνοντας τα αντίστοιχα μέτρα ασφαλείας (κίνδυνοι κυρίως εκτινάξεων, δονήσεων που θα προκληθούν). Τέλος, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί και στα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής της κατεδάφισης.

Στις περιπτώσεις που οι μελέτες, τα σχέδια και οι δοκιμαστικές εφαρμογές δεν προωθήθηκαν- υλοποιήθηκαν, η πρώτη αιτία ήταν οι οικονομικοί λόγοι, χωρίς να συνεκτιμηθούν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η μέθοδος. Η δεύτερη αιτία ήταν η απόρριψη έκδοσης των απαραίτητων αδειών, γιατί η μέθοδος δεν κρίθηκε 'ασφαλής' για τον περιβάλλοντα χώρο, παρ' όλο που στο σχεδιασμό και στην προτεινόμενη μεθοδολογία, οι κίνδυνοι μελετήθηκαν και παρουσιάζονταν τεκμηριωμένα οι τρόποι και τα μέτρα αντιμετώπισής τους [11], [12].

## 5. Η ΓΕΝΙΚΗ ΙΔΕΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Κάθε κατασκευή αποτελεί μια ξεχωριστή περίπτωση. Ακόμη και αν πρόκειται για όμοιες κατασκευές, η μέθοδος δεν εφαρμόζεται με τον ίδιο τρόπο. Διαφορετικά στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου και ιδιαιτερότητες της κατασκευής, καθορίζουν κάθε φορά σημαντικές παραμέτρους σχεδιασμού μιας κατεδάφισης. Η εφαρμογή της μεθόδου βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην εμπειρία. Αναγκαίες, φυσικά, είναι οι επιστημονικές γνώσεις και οι θεωρητικές βάσεις τόσο στην κατασκευαστική μηχανική, όσο και στην εφαρμογή και χρήση εκρηκτικών. Μπορούν να διακριθούν τρία στάδια για την εφαρμογή της μεθόδου και την ολοκλήρωση μιας κατεδάφισης. Το πρώτο στάδιο είναι η διερεύνηση, η αξιολόγηση των δυνατοτήτων και οι προϋποθέσεις εφαρμογής, η ένδειξη κόστους-προϋπολογισμού, που οδηγεί στην απόφαση ή μη της μεθόδου. Το δεύτερο περιλαμβάνει τον αναλυτικό σχεδιασμό, τη σύνταξη της μελέτης και τον προγραμματισμό των εργασιών, ενώ το τρίτο και τελευταίο βήμα είναι η υλοποίηση της μελέτης της κατεδάφισης με προετοιμασία της κατασκευής και ολοκλήρωση της ελεγχόμενης καθαίρεσης [11].

Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι να χρησιμοποιηθούν τα εκρηκτικά σε συγκεκριμένα σημεία στήριξης, κυρίως σε υποστυλώματα, έτσι ώστε να προκύψει η πτώση ολόκληρης της κατασκευής προς την κατεύθυνση που πραγματοποιήθηκε η αφαίρεση των στοιχείων. Οι δοκοί και οι πλάκες χρησιμοποιούνται ως σύνδεσμοι, για την κατάρρευση και γενικά δεν τοποθετούνται εκρηκτικά, ενώ τα τοιχεία, ανάλογα την περίπτωση, μπορεί κάποια να πυροδοτηθούν, κάποια να αφαιρεθούν ή απλά να λειτουργήσουν και αυτά ως σύνδεσμοι. Τα εκρηκτικά είναι το έναυσμα που προκαλούν δομική αστάθεια και το υπόλοιπο κομμάτι της κατάρρευσης το αναλαμβάνει η **βαρύτητα**. Ουσιαστικά, η μέθοδος αξιοποιεί την ενέργεια πτώσης των ανώτερων στοιχείων της κατασκευής που καταρρέουν και παρασύρουν τα κατώτερα, ενώ τα συντρίμια περιορίζονται εντός ή κατά το δυνατόν πλησιέστερα του περιγράμματος του κτιρίου. Οι χρονικά κλιμακούμενες εκρήξεις, οδηγούν στη δημιουργία μιας αλυσιδωτής κατάρρευσης. Ιδιαίτερα οι κατασκευές με μεγάλο ύψος ή όγκο, προσφέρουν δυνατότητες για αποτελεσματική και γρήγορη μετακίνηση του κέντρου βάρους τους, έχοντας

εξασφαλισμένες δυνατότητες ανατροπής και πτώσης (Σχήμα 8). Σε τέτοιες κατασκευές, το σημαντικότερο σημείο όπου χρειάζεται να τοποθετηθούν εκρηκτικά, είναι κοντά στη βάση τους. Για παράδειγμα, στα πολυώροφα κτίρια οι μόνοι όροφοι που είναι αναγκαίο να τοποθετηθούν εκρηκτικά, είναι οι δύο πρώτοι. Το γεγονός ότι τοποθετούνται εκρηκτικά και σε άλλα σημεία καθ' ύψος της κατασκευής, συμβαίνει έτσι ώστε αυτή να σπάει σε μικρότερα κομμάτια που μπορούν να μεταφερθούν πιο εύκολα, αλλά και γιατί ο χώρος που διατίθεται για τα θραύσματα κατά την πτώση είναι συγκεκριμένος και περιορισμένος. (Στην κατεδάφιση του Ερυθρού Σταυρού στις κολώνες του υπογείου ανοίχτηκαν 4 διατρήματα ανά κολώνα, ενώ στον 8<sup>ο</sup> όροφο 2 διατρήματα ανά κολώνα [10]). Καθοριστικό στοιχείο είναι οι διαφορές φάσεων ενεργοποίησης των εκρηκτικών. Αυτές κατευθύνουν την πτώση, προς την μία ή την άλλη πλευρά ή εσωτερικά, εντός του περιγράμματος της κατασκευής [3], [12], [13]



Το κτίριο καταρρέει προς την αριστερή πλευρά, όπου έχουν κοπεί οι κολώνες επηρεάζοντας το κέντρο βάρους και ανατρέποντας την κατασκευή.

**Σχήμα 8:** 30όροφο κτίριο Florida, USA 2010

## 6. ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

### A. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.

Το πρώτο πράγμα που πρέπει να εξεταστεί είναι η στατική και δυναμική συμπεριφορά της κατασκευής. Ο τύπος και τα χαρακτηριστικά της, τα κατασκευαστικά στοιχεία, οι αρμοί διαστολής και η "συμμετοχή" τους στις φάσεις της πτώσης, αποτελούν καθοριστικά στοιχεία κατά την κατεδάφιση, όπως επίσης τα προϋπάρχοντα προβλήματα, οι βλάβες και οι αστοχίες. Ο καθορισμός των χαρακτηριστικών και πως συμπεριφέρεται η υφιστάμενη, παλαιά κατασκευή δεν προσδιορίζεται εύκολα και επακριβώς. Οι δοκιμαστικές εκρήξεις σε κάποια υποστυλώματα δείχνουν αν η επιλογή των εκρηκτικών ήταν ορθή και η συμπεριφορά κατάρρευσης η αναμενόμενη, λειτουργώντας ουσιαστικά σαν δείγμα της κατεδάφισης. Η μέθοδος κατεδάφισης της κατασκευής με τη χρήση εκρηκτικών συγκρίνεται και αξιολογείται σε σχέση με τις άλλες συμβατικές μεθόδους [11].

### B. Ο ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑΣ ΧΩΡΟΣ

Ο περιβάλλοντας χώρος είναι μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να εξεταστεί διεξοδικά. Οι γειτονικές κατασκευές και οι ελάχιστες αποστάσεις, από την προς κατάρρευση, κατασκευή πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπ' όψη, και να διερευνηθεί αν υπάρχει κάποιος διαθέσιμος ελεύθερος χώρος, ώστε να γίνει μελέτη της πτώσης προς αυτή την κατεύθυνση. Η χρήση εκρηκτικών για την κατεδάφιση ολόκληρου ή μέρους κτιρίου, επιτρέπεται μόνο αν υπάρχει ελεύθερος χώρος γύρω από το κτίριο, με διαστάσεις μεγαλύτερες από το 75% του ύψους του κτιρίου ή του τμήματος του, που πρόκειται να κατεδαφιστεί. Για ολόσωμες κατασκευές όπως Silos, καπνοδόχοι κλπ, επιτρέπεται μόνο όταν υπάρχει ανοιχτός χώρος πτώσης κατά την κατεύθυνση της, με διαστάσεις τουλάχιστον 150% του ύψους της κατασκευής. Θα πρέπει ακόμη, να επιθεωρηθούν οι εγκαταστάσεις και να καταγραφούν τα προβλήματα που προϋπάρχουν της κατεδάφισης. Οι δονήσεις που θα προκύψουν, θα είναι ήδη γνωστό το κατά πόσο και με ποιον τρόπο θα επιδράσουν στα γειτονικά κτίσματα, ώστε να ληφθούν τα ανάλογα μέτρα αντιμετώπισης. Επίσης, πρέπει να μελετηθεί το γεωλογικό υπόβαθρο, αν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας και υπόγεια νερά [2], [11].

Κατά την κατεδάφιση Ερυθρού Σταυρού στην Αθήνα το '95, τα νερά στο υπόγειο εκτιμήθηκαν ως παγιδευμένα νερά της βροχής. Την προηγούμενη μέρα της κατεδάφισης ξεκίνησε η άντληση όπου αποδείχτηκε πως επρόκειτο για έναν πλούσιο, υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Ο κίνδυνος που υπήρχε ήταν πως η συμπίεση του νερού κατά την κατεδάφιση, θα δημιουργούσε μεγάλη υδραυλική πίεση και κίνηση του με μεγάλες ταχύτητες προς τη μόνη διέξοδο που ήταν το γειτονικό νοσοκομείο. Τα μέτρα που λήφθηκαν ήταν η συνεχής άντληση μέχρι τη στιγμή της κατεδάφισης, για να κατέβει η στάθμη όσο γινόταν περισσότερο και η καταστροφή τμήματος της πλάκας ανάμεσα στα δύο υπόγεια, για να δημιουργηθεί άνοιγμα εκτόνωσης του νερού. Επίσης, αποκλείστηκε η χρήση των ηλεκτρικών καψυλλίων που είχε επιλεγεί αρχικά. Τελικά, τα μέτρα αντιμετώπισης λειτούργησαν σωστά, χωρίς να προκύψει οποιοδήποτε πρόβλημα [10].

Τα παρά πάνω βήματα είναι το σύνολο των απαραίτητων στοιχείων που θα πρέπει να συγκεντρωθούν και να καταγραφούν πριν την τελική απόφαση της υιοθέτησης της μεθόδου. Αφού ερευνηθεί, ότι το σύνολο αυτών των απαραίτητων κριτηρίων, ως προς την κατασκευή και το περιβάλλον, πληρούν όλες τις προδιαγραφές και δεν παρουσιάζεται κανένα πρόβλημα, ακολουθεί η μελέτη της κατεδάφισης με τη χρήση εκρηκτικών.

## 7. ΜΕΛΕΤΗ- ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Στην μελέτη καταρχάς, εξετάζονται οι πιθανοί-δυνατοί τρόποι που μπορεί να πραγματοποιηθεί η καθαίρεση της κατασκευής. Μπορούμε να διακρίνουμε 2 τρόπους κατεδάφισης με τη χρήση εκρηκτικών, σύμφωνα με την κατεύθυνση της πτώσης. Ο ένας τρόπος είναι η κατάρρευση να πραγματοποιηθεί προς μια πλευρά όπου υπάρχει ελεύθερος χώρος (Σχήμα 9) και ο άλλος η συνολική πτώση προς το εσωτερικό, εντός του περιγράμματος της κατασκευής (Σχήμα 10). Αυτή η επιλογή καθορίζεται κατ' εξοχήν από τον περιβάλλοντα χώρο. Αν για παράδειγμα, σε μια αστική περιοχή υπάρχει από την μια πλευρά της προς καθαίρεση κατασκευής, ένα γειτονικό κτίριο αρκετά κοντά, ενώ από την διαμετρικά αντίθετη πλευρά, ελεύθερος χώρος (πάρκινγκ, μη χρησιμοποιούμενη κατασκευαστικά έκταση), η επιθυμητή κατεύθυνση πτώσης, πιθανότατα να είναι προς αυτόν τον ελεύθερο χώρο. Φυσικά, σε μια τέτοια περίπτωση, η κατεύθυνση πτώσης θα επιλεγεί σε συνδυασμό και με τα χαρακτηριστικά της κατασκευής. Αντίθετα, αν η περιοχή είναι πυκνοκατοικημένη και δεν υπάρχει ελεύθερος χώρος γειτονικά, η μελέτη θα επικεντρωθεί σε τεχνικές κατάρρευσης, εντός του περιγράμματός της. Η κατάρρευση προς μια πλευρά είναι πιο εύκολος και πιο ασφαλής τρόπος κατεδάφισης [13], [14].



**Σχήμα 9:** Πτώση προς μια πλευρά  
New York, U.S.A. 2007

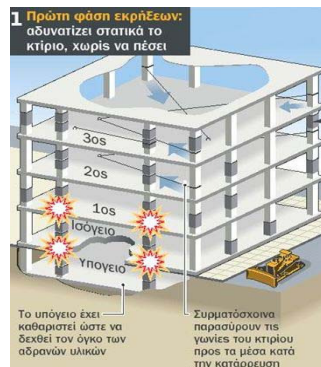


**Σχήμα 10:** Εσωτερική κατεδάφιση  
Las Vegas, U.S.A. 1998

Οι θέσεις- επίπεδα γόμωσης και οι χρόνοι επιβράδυνσης που οδηγούν στη δημιουργία 'φάσεων' πυροδότησης, είναι οι παράγοντες που καθορίζουν την εξέλιξη και την κατεύθυνση της πτώσης [10]. Στον πρώτο τρόπο κατεδάφισης οι διαφορές φάσεων πραγματοποιούνται κατά την οριζόντια διεύθυνση και η ταυτόχρονη καθ' ύψος πυροδότηση των



υποστρωμάτων, ξεκινώντας από τη μια πλευρά και καταλήγοντας στην άλλη (Σχήμα 9). Σε μια κατεδάφιση προς το εσωτερικό του κτιρίου, στην πρώτη φάση ενεργοποιούνται οι γομώσεις του πυρήνα του κτιρίου, δηλαδή στο κέντρο. Κάποιες φορές, η πρώτη φάση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα, να αποδυναμώσει και όχι απαραίτητα να σπάσει τις συγκεκριμένες κολώνες, αδυνατίζοντας στατικά το κτίριο, χωρίς αυτό να πέφτει. Μετά από λίγο, ακολουθούν οι επόμενες φάσεις που κόβουν τις κολώνες από μέσα προς τα έξω, προκαλώντας την κατάρρευση πάνω από το αδυνατισμένο σημείο. Η επιθυμητή κατεύθυνση πτώσης προς το εσωτερικό, μπορεί να υποστηριχθεί επιπλέον, με ειδικά συρματόσχοινα που δένουν τις ακριανές κολώνες με το κέντρο της πλάκας του κάθε ορόφου, έτσι ώστε η κατάρρευση να παρασύρει τις γωνίες προς τα μέσα [15]. Αυτή η τεχνική εφαρμόστηκε στην κατεδάφιση του NAT στην Αθήνα το 2010 (Σχήμα 11,12).



**Σχήμα 11:** 1<sup>η</sup> φάση, υποστήριξη με συρματόσχοινα



**Σχήμα 12:** 2<sup>η</sup> - 3<sup>η</sup> φάση κατεδάφισης

Κατεδάφιση NAT, Αθήνα, Ελλάδα 2010 [15]

Μια ακόμη διάκριση που μπορεί να παρατηρηθεί κατά την εσωτερική κατεδάφιση, είναι αν τα διάφορα τμήματα συγκρούονται μεταξύ τους πριν φτάσουν στο έδαφος ή όχι [14]. Αυτό πιθανόν, σχετίζεται με το επιθυμητό μέγεθος των κομματιών που θα προκύψουν από την κατεδάφιση (Σχήμα 13,14).



**Σχήμα 13:** Σύγκρουση τμημάτων πριν την πτώση



**Σχήμα 14:** Θραύση τμημάτων κατά την πτώση

Η ακριβής θέση που θα τοποθετηθούν τα εκρηκτικά και ο αριθμός των ορόφων που θα πυροδοτηθούν, καθορίζεται από δομική ανάλυση. Ειδικά προγράμματα δομικής ανάλυσης, είναι σε θέση να παρουσιάσουν τη συμπεριφορά της κατασκευής, ανάλογα με την επιλεγμένη τοποθέτηση εκρηκτικών, την ακριβή κατεύθυνση πτώσης και τον τρόπο που τα διάφορα κομμάτια σκυροδέματος απομακρύνονται κατά την κατάρρευση. Με αυτή την ανάλυση, αποφασίζετε τελικά, ο καταλληλότερος τρόπος καθαίρεσης και η κατεύθυνση πτώσης, συνδυάζοντας τις επιλογές που μπορεί να δίνει ο περιβάλλοντας χώρος και τα ιδιαίτερα γνωρίσματα της κατασκευής [14], [16], [17].

Στη μελέτη αποφασίζονται και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που αναφέρονται σε εκρηκτικές ύλες και μέσα, που θα χρησιμοποιηθούν. Αποφασίζετε το κατάλληλο σύστημα

πυροδότησης (π.χ. ηλεκτρικό ή μη), οι τύποι των εκρηκτικών, η διάταξη και τα χαρακτηριστικά των διατρημάτων, ο τρόπος και η τεχνική της γόμωσης, ο τρόπος και τα υλικά επιγόμεσης. Η ποσότητα των εκρηκτικών που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι η ελάχιστη που μπορεί να προσφέρει την επιθυμητή κατεδάφιση. Ο ένας λόγος είναι η ασφάλεια, αφού μεγαλύτερη εκρηκτική ενέργεια προκαλεί μεγαλύτερη δύναμη εκτίναξης των κομματιών. Ο δεύτερος λόγος φυσικά, είναι το μεγαλύτερο κόστος τόσο στα εκρηκτικά, όσο και στα μηχανικά μέσα που θα χρειαστούν για το άνοιγμα των διατρημάτων, κάτι που θα απαιτήσει και περισσότερο χρόνο εργασίας. Τέλος, από τη μελέτη εκτιμάται και η έκταση της ζώνης αποκλεισμού της περιοχής τη στιγμή της κατεδάφισης, όπως επίσης και το μέρος που θα βρίσκεται το κέντρο ελέγχου, που ελέγχει το σύστημα πυροδότησης και συντονίζει τις ενέργειες που είναι απαραίτητες να πραγματοποιηθούν [11], [13].

Για τις κατεδαφίσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, χρησιμοποιούνται σαν εκρηκτική ύλη κυρίως οι δυναμίτιδες. Η ενέργεια που δημιουργείται είναι ικανή να συντρίψει το σκυρόδεμα αλλά όχι το χάλυβα. Για μεταλλικές κατασκευές χρησιμοποιούνται ισχυρότερα εκρηκτικά, τύπου T.N.T, RDX και PENT, που κόβουν ακαριαία και γραμμικά, ενώ η δυναμίτιδα χρησιμοποιείται συμπληρωματικά, τοποθετούμενη έτσι ώστε να δώσει την κατεύθυνση πτώσης. Ο τρόπος τοποθέτησης της εκρηκτικής ύλης εξαρτάται από το μέγεθος, το πάχος και το σχήμα του μεταλλικού στοιχείου [8], [14].



**Σχήμα 15:** Μεταλλικό υποστύλωμα που κόβεται στη μέση με τη χρήση RDX [14]

## 8. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΗ

Πριν από την οποιαδήποτε είδους κατεδάφιση, όλες οι παροχές στο κτίριο (ύδρευση, αποχέτευση, ηλεκτροδότηση, κλπ), διακόπτονται πριν αρχίσουν οι εργασίες κατεδάφισης. Για την ελεγχόμενη κατεδάφιση με τη χρήση εκρηκτικών, το επόμενο βήμα είναι να εντοπιστεί οτιδήποτε θεωρηθεί επικίνδυνο όπως για παράδειγμα, στοιχεία που περιέχουν αμίαντο (μονωτικά υλικά και επιχρίσματα, αμιαντοσωλήνες, ελαφροκονιάματα με αμίαντο, κλπ), και να απομακρυνθεί. Ο αμίαντος είναι ένα επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία υλικό, η εισπνοή της σκόνης του επικίνδυνη, για αυτό απαιτείται η απομάκρυνση του με την κατάλληλη εργασία (επιμελημένη διαβροχή και αφαίρεση του με ειδικά εργαλεία, όπως σπάτουλα με χειρολαβή μεγαλύτερη του 1.0 m) [2]. Επίσης, αφαιρούνται όλα τα μη φέροντα στοιχεία, με μηχανικά μέσα (όπως μη φέροντες τοίχοι, τοιχία σε κλιμακοστάσια, μπαλκόνια, κλπ), τμήματα γενικά που μπορεί να παρεμποδίσουν την επιθυμητή διαδικασία της πτώσης.

Στην προετοιμασία εντάσσεται και η εξασθένηση στοιχείων με μηχανικά μέσα, αν η μελέτη προβλέπει κάτι τέτοιο. Για παράδειγμα, μπορεί να κριθεί σκόπιμη η εξασθένηση των υποστυλωμάτων των ορόφων που τοποθετούνται εκρηκτικά, αλλά δεν προβλέπεται διάτρηση ή/και σε συγκεκριμένες κολώνες άλλων ορόφων, με αποκάλυψη και κοπή του οπλισμού [10], [11].

Απαραίτητη εργασία της μεθόδου είναι οι δοκιμαστικές ανατινάξεις που πραγματοποιούνται, για να αξιολογηθεί η επιλογή του τύπου και της ποσότητας της εκρηκτικής ύλης, και να ελεγχθούν η αποτελεσματικότητα των μέτρων προστασίας και κάλυψης στις θέσεις των γομώσεων. Επίσης, στη δοκιμαστική ανατίναξη πραγματοποιείται έλεγχος δονήσεων, δηλαδή καταγράφονται και αναγνωρίζονται τα επίπεδα δόνησης που

μπορεί να προκαλέσει η πυροδότηση της μικρής ποσότητας εκρηκτικής ύλης της δοκιμής και να διακριθεί η ενδεχόμενη κατεύθυνση εντοπισμού της μέγιστης ταχύτητας δόνησης.

Εκτός από τον έλεγχο των δονήσεων που προκαλούνται από τις δοκιμαστικές ανατινάξεις, δονημετρικός έλεγχος πραγματοποιείται σε επιλεγμένα σημεία, για να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις της κυκλοφορίας των οχημάτων- κυρίως των βαρέων- και η λειτουργία των μηχανημάτων, πάνω σε κτίρια, κατασκευές, αρχαιολογικά μνημεία και ευαίσθητες εγκαταστάσεις. Αξίζει να σημειωθεί, πως κατά την κατεδάφιση του Ερυθρού Σταυρού, οι δονήσεις που προκλήθηκαν κατά την κατάρρευση, όχι μόνο ήταν χαμηλότερες από τις αναμενόμενες, αλλά η συνήθης κίνηση των οχημάτων του κοντινού δρόμου (Λεωφόρο Μεσογείων), προκαλούσαν ισάξιες δονήσεις με αυτές που προκάλεσε η πτώση του κτιρίου. Η τμηματική πτώση και τα χαρακτηριστικά του (κυρίως η έλλειψη εσωτερικής τοιχοποιίας) οδήγησαν σε μια πολύ γρήγορη απόσβεση της δόνησης και της ορμής πτώσης, κατά τη σύνθλιψη και τον τεμαχισμό του σκυροδέματος [10].

## 9. ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

-Εκτινάξεις: Για λόγους ασφαλείας, τα εκρηκτικά τοποθετούνται στα διατρήματα όσο το δυνατότερο πιο κοντά χρονικά τη στιγμή της κατεδάφισης. Στα στοιχεία που θα πυροδοτηθούν, σύμφωνα με τους κανονισμούς, χρησιμοποιούνται καλύμματα, που θα ελαχιστοποιούν την εκτόξευση και τη διασπορά των δημιουργούμενων θραυσμάτων [3]. Ένα παράδειγμα τέτοιας κάλυψης των υποστρωμάτων, είναι 2 στρώσεις κυματοειδούς λαμαρίνας και 2-3 στρώσεις συρματοπλέγματος περίφραξης, το οποίο εξασφαλίζει την απαραίτητη ελαστικότητα και την καλή συγκράτηση της λαμαρίνας κατά την έναυση [10]. Μία άλλη τεχνική είναι η κάλυψη με αλυσίδες και η επικάλυψη με ειδικά γεωτεχνικά υφάσματα υψηλής αντοχής. Έτσι, επιτρέπεται η κίνηση του σκυροδέματος κατά την πυροδότηση, αλλά ταυτόχρονα συγκρατούνται και τα εκτοξευόμενα κομμάτια. Οι αλυσίδες συγκρατούν τα μεγάλα και το ύφασμα τα μικρότερα [13]. Με παρόμοιο τρόπο καλύπτονται και τα τοιχεία που έχουν τοποθετηθεί διατρήματα. Τα μέτρα προστασίας συμπληρώνονται με την κατασκευή προστατευτικών αναχωμάτων στο χώρο της πτώσης, που βοηθούν στη συγκράτηση των υλικών και στην αποτροπή των εκτινάξεων από τα κατώτερα τμήματα της κατασκευής [10].



Σχήμα 16: Καλύμματα πυροδοτούμενων υποστρωμάτων.

-Σκόνη: Η διαδικασία κατεδάφισης με το συγκεκριμένο τρόπο, δημιουργεί σημαντικές ποσότητες σκόνης κατά την αποσύνθεση των στοιχείων. Για αυτό καθίσταται απαραίτητη η αξιολόγηση και τα προληπτικά μέτρα περιορισμού της. Τα αναχώματα που κατασκευάζονται περιμετρικά της κατασκευής, χρησιμεύουν στο να ελεγχθεί μερικώς η κατεύθυνση- ρεύμα της σκόνης και καταβρέχονται πριν από την κατεδάφιση [10]. Επίσης, ενδείκνυται η χρήση αντλητικού συγκροτήματος υψηλής πίεσης για εκτόξευση νερού από απόσταση ασφαλείας και η δημιουργία ενός τουλάχιστον σταθμού μέτρησης αιωρούμενης σκόνης κατά την καθαίρεση, στην πλευρά της πλησιέστερης κατοικημένης περιοχής [3], [12].

Για την προστασία από τις εκτινάξεις και τη σκόνη, καθορίζεται η ζώνη ασφαλείας-αποκλεισμού. Πρόκειται για δύο περιμέτρους, την αρχική ζώνη στην οποία επιτρέπεται η μετάβαση πιστοποιημένου προσωπικού και τη δευτεροβάθμια ζώνη αποκλεισμού, που λειτουργεί ως προθάλαμος της κύριας ζώνης επιρροής και κατά τη διάρκεια των εργασιών πριν την κατεδάφιση, επιτρέπεται η μετάβαση οχημάτων και πεζών. Η διαδικασία εκκένωσης της ζώνης ασφαλείας είναι αυστηρά οργανωμένη και η περιμετρική επιτήρησή της αναγκαία, πριν την έναυση [16].

-Δονήσεις: Στα πλαίσια της μελέτης, περιλαμβάνεται η εκτίμηση των αναμενόμενων επιπέδων ταχύτητας δόνησης. Επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος δονησιογράφου, οι σταθμοί μέτρησης που θα τοποθετηθούν, συνθέτοντας το δίκτυο των δονησιογράφων και η προετοιμασία των θέσεων εγκατάστασής τους. Πραγματοποιείται έλεγχος των πλησιέστερων ευαίσθητων- ευπαθών κατασκευών και εγκαταστάσεων και λαμβάνονται μέτρα για την προστασία τους.

Το πρόγραμμα της ημέρας κατεδάφισης πρέπει να τηρείται με μεγάλη αυστηρότητα. Αυτό περιλαμβάνει κυρίως το σαφή ορισμό των καθηκόντων όλων των εμπλεκόμενων, τη λειτουργία, την επάνδρωση και τις αρμοδιότητες του κέντρου ελέγχου, τις ομάδες εφαρμογής του προγράμματος αποκλεισμού της περιοχής και γενικότερα, τη πιστή εκτέλεση γραπτών και προσυμφωνημένων οδηγιών και του προγράμματος ενεργειών [11].

## **10. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ**

Η μεταφορά, η αποθήκευση και η χρήση εκρηκτικών πρέπει να πληρεί τις απαιτήσεις της ισχύουσας νομοθεσίας και των αστυνομικών διατάξεων. Ενδεικτικά, αναφέρονται μερικά από αυτά:

Το προσωπικό είναι πλήρως εφοδιασμένο με τον κατάλληλο εξοπλισμό (μάσκες, γάντια, στολές, κλπ). Μηχανές, συσκευές και λοιπές εγκαταστάσεις σε επικίνδυνα κτίρια πρέπει να είναι έτσι τοποθετημένες ώστε οι εργαζόμενοι να μπορούν ευχερώς και χωρίς εμπόδια να εγκαταλείπουν τη θέση εργασίας τους σε περίπτωση κινδύνου.

Οι δυναμίτιδες δε θα αφαιρούνται από την αρχική τους συσκευασία, μέχρι να τοποθετηθούν στα διατρήματα, ενώ μετά την τοποθέτηση, πρέπει να καλύπτονται με υλικό (για παράδειγμα πλαστικά ή χάρτινα περιβλήματα) προς αποφυγή των δυσμενών επιπτώσεων της νιτρογλυκερίνης στον ανθρώπινο οργανισμό. Για τη μείωση κινδύνων από πυρκαγιά ή έκρηξη πρέπει να υπάρχουν ειδικοί χώροι για την προσωρινή αποθήκευση και διαφύλαξη εκρηκτικών που διατηρούνται καθαροί, ενώ μέσα σε αυτούς απαγορεύεται η ύπαρξη οποιασδήποτε ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Μέσα στον περιφραγμένο χώρο απαγορεύεται το κάπνισμα καθώς και η ύπαρξη αντικειμένων και υλικών που μπορούν να προκαλέσουν ανάφλεξη. Σε εμφανή σημεία, τοποθετούνται κατάλληλα «σήματα κινδύνου» και «σήματα κυκλοφορίας» πεζών και οχημάτων, απαγορεύοντας την είσοδο στους μη έχοντες εργασία. Στο μέτρο του εφικτού, οι ανατινάξεις πάνω από το έδαφος θα γίνονται στο φως της ημέρας [3].

## **11. Η ΕΠΟΜΕΝΗ ΩΡΑ**

Μετά την πτώση ακολουθεί η επιθεώρηση της περιοχής, ώστε να επιβεβαιωθεί ότι όλα λειτουργήσαν κατά τον αναμενόμενο τρόπο, δηλαδή αν η συμπεριφορά της κατασκευής κατά την κατεδάφιση ήταν σύμφωνη με τη μελέτη και όλα τα εκρηκτικά ενεργοποιήθηκαν. Ακολουθεί η μετακίνηση των επικίνδυνων κομματιών, η συγκέντρωση των δονησιογράφων και ο έλεγχος των αποτελεσμάτων τους, προς επιβεβαίωση ότι οι δονήσεις δεν έχουν παραβεί τις μέγιστες αναμενόμενες, οι οποίες πάντα προβλέπονται να είναι αρκετά χαμηλότερες από τις μέγιστες επιτρεπόμενες. Στη συνέχεια, ο χώρος της κατεδάφισης, οι δρόμοι και οι κοινόχρηστοι χώροι καθαρίζονται και πραγματοποιείται ο τελικός έλεγχος πριν την αποδέσμευση της ζώνης αποκλεισμού. Οι εργασίες της κατεδάφισης θεωρούνται

περαιωθείσες όταν έχουν αφαιρεθεί τα προβλεπόμενα στοιχεία, έχουν τεμαχιστεί και έχουν απομακρυνθεί όλα τα δημιουργηθέντα ή παραχθέντα προϊόντα κατεδάφισης από τον τόπο του έργου. Τέλος, από τα υλικά- προϊόντα της κατεδάφισης γίνεται διάκριση αυτών που μπορούν να ανακυκλωθούν, από αυτά που τελικά θα απορριφθούν [5], [11].

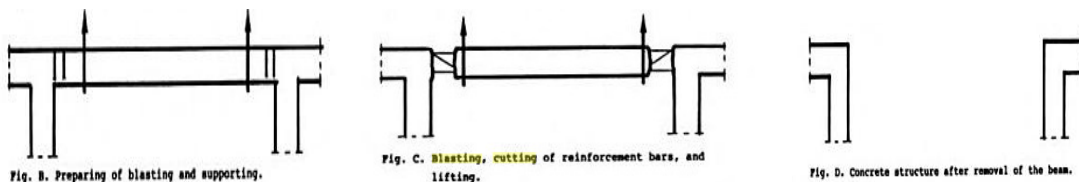
## 12. ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΗ ΜΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η μερική κατεδάφιση, αναφέρεται στη χρήση εκρηκτικών με τέτοιο τρόπο ώστε να αφαιρεθεί ένα τμήμα της κατασκευής ή και μόνο ένα στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα (κολώνες, δοκοί, τοιχία και πλάκες). Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις που το υπό καθαίρεση στοιχείο είναι δυσπρόσιτο σε μηχανικά μέσα και η αφαίρεση του δια χειρός, μη αποτελεσματική ή μη ασφαλής, όταν οι συμβατικές μέθοδοι αποδεικνύονται πιο δαπανηροί και όταν συντρέχουν λόγοι ταχείας διεξαγωγής της διαδικασίας καθαίρεσης [12].

Η διαδικασία απαιτεί προσοχή στη χρήση και στην τεχνική της τοποθέτησης των εκρηκτικών υλικών, ώστε η επιρροή από την ενέργεια της έκρηξης στην υπόλοιπη κατασκευή και η δημιουργία ρηγματώσεων στα γειτονικά στοιχεία, να είναι η ελάχιστη δυνατή. Αυτό αποτελεί και το βασικότερο μειονέκτημα της μεθόδου.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη δημιουργουμένη ακτίνα ενέργειας του εκρηκτικού κύματος (εύρος μετώπου) και τα χαρακτηριστικά μετάδοσής της, είναι το σημείο τοποθέτησης των διατηρημάτων, το βάθος και η γεωμετρία τους, η αλληλεπίδραση και συνεργασία μεταξύ τους (κατανεμημένη ή συγκεντρωμένη γόμωση), ο τύπος και η ποσότητα της εκρηκτικής ύλης. Επίσης πρέπει να ληφθεί υπ' όψη το σύνολο των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών και ιδιαιτέρων γνωρισμάτων που έχει το υπό καθαίρεση τμήμα, όπως η ποιότητα και η αντοχή του σκυροδέματος, ο οπλισμός, η ποσότητα του σκυροδέματος που πρέπει να αφαιρεθεί. Στο σχεδιασμό περιλαμβάνεται η εκτίμηση των προκαλούμενων δονήσεων και οι αναμενόμενες επιδράσεις στα απομένοντα στοιχεία. Απαραίτητη είναι η μελέτη του στατικού τρόπου συμμετοχής του στο συνολικό φέροντα οργανισμό και το πώς θα επηρεαστεί αυτός, γιατί ενδέχεται να απαιτηθούν ενισχύσεις, αντιστηρίξεις ή και προσωρινές υποστυλώσεις.

Για τη μερική κατεδάφιση, η χρήση εκρηκτικών μπορεί να επιφέρει την αφαίρεση ενός στοιχείου με την κοπή του μέλους ή με θρυμματισμό του σκυροδέματος. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται συγκεντρωμένη γόμωση με δύο ή τρεις σειρές διατηρημάτων, χωρίς αποστάσεις μεταξύ των σειρών. Στη δεύτερη χρησιμοποιείται κατανεμημένη γόμωση, με την απόσταση των διατηρημάτων και την απόσταση μεταξύ των σειρών να ανέρχεται σε 0,30 έως 0,40m, εφόσον είναι δυνατόν να ανοιχθούν αρκετά διαστήματα. Γενικά, η απόσταση των διατηρημάτων κατά τις ανατινάξεις των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, εξαρτάται από το μέγεθος της γόμωσης, η οποία πρέπει να κατανέμεται ομοιόμορφα σε όσο το δυνατόν περισσότερα διαστήματα [8], [18], [19].

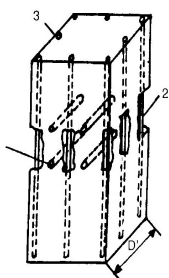


Σχήμα 17: Κοπή δοκού με τη χρήση εκρηκτικών.

### ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΘΑΙΡΕΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για κάθε στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα, η τεχνική καθαίρεσης είναι διαφορετική. Μερικές από αυτές είναι:

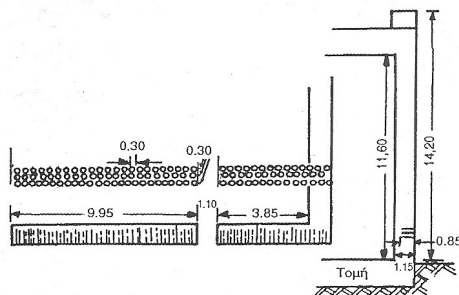
- Ανατίναξη υψηλών τοίχων: Η απόσταση των διατρημάτων ανέρχεται στα 0,30m, η εκρηκτική ύλη κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλα τα διατρήματα, ενώ η ποσότητα γόμωσης σε κάθε διάτρημα εξαρτάται από το πάχος του τοίχου, το ύψος του και την ακτίνα ενέργειας του εκρηκτικού κύματος που προκαλείται από την κάθε γόμωση.
- Τμηματική ανατίναξη τοιχίων και πλακών: Σε περιπτώσεις που δεν επιθυμείται η ανατίναξη όλης της επιφάνειας της πλάκας ή του τοιχίου, αλλά μόνο ενός τμήματος, τότε συνιστάται η οριοθέτηση του με πυκνά διατρήματα, τα οποία παραμένουν αγόμωτα. Αυτό έχει ως σκοπό να εμποδίσει την ενέργεια εκρήξεως και το σχηματισμό ρωγμών στο τμήμα που παραμένει. Το βάθος αυτών των διατρημάτων πρέπει να είναι 0,20 έως 0,40m μεγαλύτερο από το βάθος των γομούμενων διατρημάτων, ενώ στα γομούμενα διατρήματα το βάθος ανέρχεται στα 2/3 έως 3/4 του πάχους της πλάκας ή του τοιχίου, αλλά δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,00m.
- Ανατίναξη υποστυλώματος: Για την ανατίναξη ορίζονται τρία επίπεδα οριζόντια διατρήματα με βάθος ίσο με τα 3/4 του πάχους του υποστυλώματος κατά τη μεγαλύτερη διάσταση του στοιχείου. Μια σειρά διατρημάτων ανοίγεται πλησίον της βάσης του υποστυλώματος, η δεύτερη στο μέσο και η τρίτη στο επάνω μέρος του. Τα τρία επίπεδα εκρήξεως διευκολύνουν την πτώση ολόκληρου του υποστυλώματος και μέσο αυτού, ολόκληρου του σκελετού όταν πρόκειται για πλήρη κατεδάφιση της κατασκευής. Για καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τον θρυμματισμό, προτιμάται, πριν από τη γόμωση να αφαιρείται το σκυρόδεμα που υπάρχει στο τμήμα μεταξύ των διατρημάτων, και να κόπτεται στο μέρος αυτό ο αποκαλυπτόμενος οπλισμός.
- Ανατίναξη θεμελίων: Στις ανατινάξεις των διαφόρων θεμελιώσεων από οπλισμένο σκυρόδεμα, χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντα κάθετα διατρήματα. Σε οπλισμένα θεμέλια μεγάλου πάχους, τα διατρήματα για τον καλύτερο θρυμματισμό, τοποθετούνται σε σχήμα τριγώνου (ζικ-ζακ). Το βάθος των διατρημάτων ανέρχεται σε 3/4 έως 4/5 του πάχους του θεμελίου. Σε θεμελιώσεις μικρού πάχους ή σε τοιχία, τα διατρήματα ορύσσονται 0,10 έως 0,40m δεξιά και αριστερά από το μέσο του πλάτους των θεμελίων. Όσο πιο πυκνός είναι ο οπλισμός, τόσο πιο πυκνά πρέπει να ορύσσονται τα διατρήματα [8].



Σχήμα 18: Διατρημάτων σε κολώνα

Διάταξη διατρημάτων κατά την ανατίναξη κολώνας από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο οπλισμός κόπτεται στο επίπεδο των διατρημάτων.

- (1) Διατρήματα
- (2) Αποκαλυπτόμενο τμήμα του οπλισμού
- (3) Οπλισμός



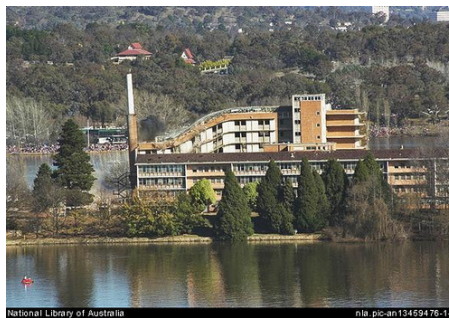
Σχήμα 17 : Διατρημάτων σε ψηλό τοίχιο [8]

### 13. ΜΙΑ ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η κατεδάφιση του νοσοκομείου Royal στην Καμπέρα, ενός κτιρίου με μεταλλικό σκελετό, πραγματοποιήθηκε στις 13 Ιουλίου 1997. Την κατεδάφιση παρακολούθησαν περίπου 100.000 άτομα. Ο κατασκευαστής ανέθεσε την 'εκτέλεση' του έργου σε άτομα που δεν ήταν ειδικοί της μεθόδου, με αποτέλεσμα να σημειωθούν σημαντικά λάθη που έθεσαν σε σοβαρότατο κίνδυνο τους θεατές.

Η αμέλεια του υπευθύνου να ζητήσει συμβουλές για τη μελέτη, οδήγησε σε μια σειρά προβλημάτων πάσης φύσεως. Τα εκρηκτικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν λάθος τόσο στην επιλογή του είδους τους, όσο και στην ποσότητά τους. Το αρχικό σχέδιο αναφερόταν σε χρήση 130 kg εκρηκτικών υλών, ενώ τελικά χρησιμοποιήθηκαν 480 με 500 kg, ενώ

επιλέχθηκαν οι εκρηκτικές ύλες Riogel, που γενικά δεν προορίζονται για αυτό το σκοπό. Το αντίστοιχο εγχειρίδιο επισήμανε τους κινδύνους περί εκτινάξεων μεταλλικών στοιχείων όταν αυτά πυροδοτούνται και σύμφωνα με αυτό τα αποτελέσματα της κατεδάφισης ήταν αναμενόμενα. Για τη χρήση τους επιβαλλόταν ειδική προστασία και η θέση του πλήθους να είναι από την αντίθετη πλευρά της προβλεπόμενης κατάρρευσης. Οι συγκεκριμένες παρατηρήσεις δε λήφθηκαν υπ' όψη, ενώ η εκτίμηση της ζώνης αποκλεισμού ήταν άστοχη. Οι δοκιμαστικές ανατινάξεις δεν ήταν εφικτό να υποδείξουν τα διάφορα λάθη, αφού αυτές εφαρμόστηκαν κάτω από διαφορετικές συνθήκες από αυτές τις κατεδάφισης. Όλα αυτά συνετέλεσαν στην εκτόξευση μεταλλικών τμημάτων προς τους θεατές που βρίσκονταν σε απόσταση 500m, ενώ κομμάτια της κατασκευής βρέθηκαν μέχρι και 660m. μακρύτερα από το σημείο της κατεδάφισης. Τα μέτρα προστασίας ουσιαστικά ήταν ανύπαρκτα, με αποτέλεσμα να σκοτωθεί μία από τους θεατές και άλλοι εννέα να τραυματιστούν. Συμπληρωματικά αναφέρεται πως υπήρξε και ένα σύνολο τεχνικών λαθών όπως η λανθασμένη κοπή των υποστυλωμάτων και η ανεπιτυχής αποδυνάμωση τους [20].



Σχήμα 18: Κατεδάφιση του νοσοκομείου Royal, Canberra, Australia, 1997.

#### 14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Δρίτσος Σ., 'Ενισχύσεις- Επισκευές Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος', Πάτρα 2009
- [2] ΥΠΕΧΩΔΕ αριθμ. 54/38935/210.95, 'Κανονισμός για Κατεδαφίσεις Κτιρίων'
- [3] ΠΕΤΕΠ 15-01-01-00, 'Πλήρεις Κατεδαφίσεις Κατασκευών με τη Χρήση Εκρηκτικών'
- [4] ΠΕΤΕΠ 15-02-01-01, 'Καθαίρεση Στοιχείων Οπλισμένου Σκυροδέματος με Μηχανικά Μέσα'
- [5] ΠΕΤΕΠ 15-01-03-00, 'Πλήρεις Κατεδαφίσεις Κατασκευών με Μηχανικά Μέσα'
- [6] ΠΕΤΕΠ 15-01-02-00, 'Πλήρεις Κατεδαφίσεις με Αιωρούμενο Βάρος'
- [7] ΠΕΤΕΠ 15-02-01-02, 'Καθαιρέσεις Στοιχείων Οπλισμένου Σκυροδέματος με Θερμικές Μεθόδους'
- [8] Πολυχρονόπουλος Γ., 'Εκρηκτικές Ύλες, Τεχνική Εξορύξεως των Πετρωμάτων, Καθαιρέσεις Κατασκευών (πολυκατοικιών-γεφυρών-καμινάδων κ.λ.π)', Γ' Έκδοση, Αθήνα 2001
- [9] Αγιουτάντης Ζ., 'Στοιχεία Διάτρησης- Ανατίναξης', Εκδόσεις ίων
- [10] Βιβλιοθήκη ΤΕΕ, 12<sup>ο</sup> Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Μπαλικτσής Η., 'Ελεγχόμενη Κατεδάφιση Μεγάλων Κτιρίων με Χρήση Εκρηκτικών υλών- Στοιχεία και Εμπειρίες από την Κατεδάφιση 17όροφου Κτιρίου μέσα στην Αθήνα', Οκτώβριος 1996, Λεμεσός
- [11] Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ, Τεύχος 2090, 'Η ελεγχόμενη Χρήση Εκρηκτικών στην Κατεδάφιση Κτιρίων', Φεβρουάριος 2000.
- [12] Βιβλιοθήκη ΤΕΕ, 14<sup>ο</sup> Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Μπαλικτσής Η., 'Κατεδαφίσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυροδέμα με Ελεγχόμενη Χρήση Εκρηκτικών: Πρόσφατα Έργα, Εμπειρίες και Εφαρμογές από τον Ελληνικό Χώρο', Οκτώβριος 2003, Κως
- [13] <http://www.pbs.org/wgbh/nova/kaboom/loizeaux.html>, ' Συνέντευξη της Stacey Loizeaux'.

- [14] <http://science.howstuffworks.com/engineering/structural/building-implosion.htm>
- [15] <http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=1&artid=363046&dt=26/10/2010>, ‘Δουλειά ενός Μήνα για Γκρέμισμα μιας Στιγμής’, Οκτώβριος 2010.
- [16] <http://www.katedafiseis.gr/2010/03/blog-post.html>
- [17] <http://www.extremeloading.com/Application.aspx/BlastAnalysis>
- [18] Lauritzen E., ‘Development of Explosives and Blasting Technology for the Demolition of Concrete’, Demolition and Reuse of Concrete and Masonry, Proceeding of the Second International RILEM Symposium, 1988
- [19] Lauritzen E., Petersen M., ‘Partial Demolition by Mini-Blasting’, Concrete International, June 1991, Vol 13, No6
- [20] <http://www.courts.act.gov.au/magistrates/dec/bender/Conclusion.htm>