



Το έργο συγχρηματοδοτείται από τον κρατικό προϋπολογισμό κατά 71,42% το οποίο αντιστοιχεί σε 75% από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και 25% από το Ελληνικό Δημόσιο και κατά 28,58% από πόρους του ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (Λ.Α.Ε.Κ.)

# ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΔΗΓΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΣΤΕΡΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

ΑΘΗΝΑ 2008

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΔΗΓΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΣΤΕΡΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ  
ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ**

**ISBN: 978-960-7678-95-9**

Α' Έκδοση: Απρίλιος 2008

Copyright © Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας  
Λιοσίων 143 και Θειοσίου 6, 104 45 ΑΘΗΝΑ

Τηλ.: 210 82 00 100

Φαξ: 210 82 00 222 – 210 88 13 270

Email: [info@elinyae.gr](mailto:info@elinyae.gr)

Internet: <http://www.elinyae.gr>

ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΚΑΙ ΤΥΠΩΘΗΚΕ

ΑΠΟ ΤΟΝ

ΕΚΔΟΤΙΚΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΛΙΒΑΝΗ ΑΒΕ

Σόλωνος 98 – 106 80 Αθήνα

Τηλ. : 210 3661200, Φαξ: 210 3617791

<http://www.livanis.gr>

ΤΥΠΩΘΗΚΕ ΣΕ 2.000 ΑΝΤΙΤΥΠΑ

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή μέρους ή όλου του εντύπου, με οποιονδήποτε τρόπο, χωρίς αναφορά της πηγής.

**ΔΙΑΝΕΜΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. • ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΠΩΛΗΣΗ ΑΠΟ ΤΡΙΤΟΥΣ**

Το κείμενο που ακολουθεί αποτελεί την τελική αναφορά του έργου «Ανάπτυξη οδηγιών για την ασφαλέστερη αντιμετώπιση σεισμικών κινδύνων σε εργοστασιακούς χώρους» το οποίο πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα» - ΕΠΑΝ, μέτρο 1.1 «Βιομηχανικές, Τεχνολογικές & Επιχειρηματικές Υποδομές», δράση 1.1.5 «Ενίσχυση της υποδομής του ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.», πράξη 1.1.5.2 «Παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών και διάδοσή τους στον τομέα της υγείας και ασφάλειας στην εργασία»

Επιστημονικός Υπεύθυνος: **Παναγιώτης Καρύδης**, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός,  
τ. Καθηγητής Αντισεισμικής Τεχνολογίας Ε.Μ.Πολυτεχνείου

Κύριος Ερευνητής: **Τέση Σαλή**, Δρ. Αρχιτέκτων – Αρχαιολόγος – Καθηγήτρια  
Μουσειολογίας

**Κατερίνα Πέτσα**, Αρχιτέκτων

*Επιμέλεια έκδοσης:* **Καταγή Εβίτα, Ζαρέντη Ελένη**  
Τμήμα Εκδόσεων, Κέντρο Τεκμηρίωσης-Πληροφόρησης ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.

### **ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.**

- Πρόεδρος:**
- Αντιπρόεδροι:**
- Βασίλειος Μακρόπουλος
  - Ιωάννης Δραπανιώτης (Σ.Ε.Β., Γ.Σ.Ε.Β.Ε.Ε., Ε.Σ.Ε.Ε.)
  - Ανδρέας Κολλάς (Γ.Σ.Ε.Ε.)

- Μέλη:**
- Ιωάννης Αδαμάκης (Γ.Σ.Ε.Ε.)
  - Θεόδωρος Δέδες (Σ.Ε.Β.)
  - Νικόλαος Θωμόπουλος (Γ.Σ.Ε.Ε.)
  - Δημήτριος Λέντζος (Γ.Σ.Ε.Β.Ε.Ε.)
  - Αναστάσιος Παντελάκης (Ε.Σ.Ε.Ε.)
  - Κυριάκος Σιούλας (Γ.Σ.Ε.Ε.)

### **ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ**

Μηνάς Αναλυτής, Οικονομολόγος, PhD

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	11
-------------------------------	----

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### Η δράση του σεισμού στα κτήρια

1.1 Εισαγωγή .....	15
1.2 Η αντίδραση των κτηρίων στις κινήσεις του εδάφους .....	16
1.2.1 Οι δυνάμεις αδράνειας .....	16
1.2.2 Περίοδος και συντονισμός .....	17
1.2.3 Απόσβεση .....	18
1.2.4 Πλαστιμότητα .....	19
1.2.5 Στρέψη .....	19
1.2.6 Οριζόντια σχετική μετατόπιση .....	20
1.2.7 Μετατόπιση προβόλων .....	21
1.3 Κίνδυνοι σχετιζόμενοι με τη θέση της εγκατάστασης .....	22
1.3.1 Επιλογή της θέσης εγκατάστασης της βιομηχανίας .....	22

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

#### Δομική τρωτότητα

2.1 Γενικά .....	27
2.2 Αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά προβλήματα αντισεισμικού σχεδιασμού μιας βιομηχανίας .....	28
2.2.1 Χωροθέτηση της βιομηχανίας .....	28
2.2.2 Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός της βιομηχανίας .....	31
2.2.2.1 Προβλήματα στον σχεδιασμό των κατόψεων .....	32
2.2.2.2 Προβλήματα στον σχεδιασμό της τομής .....	34
2.2.3 Σύνθεση του φέροντος οργανισμού της βιομηχανίας .....	37
2.2.3.1 Δομικά στοιχεία παραλαβής των σεισμικών δυνάμεων .....	37
2.2.3.2 Ανάλυση της λειτουργίας των δομικών αντισεισμικών στοιχείων .....	38
2.2.3.3 Προβλήματα στατικού σχεδιασμού .....	41
2.2.3.4 Προβλήματα θεμελίωσης .....	45
2.2.3.5 Ανώτατος όροφος-στέγη .....	46
2.2.3.6 Το πρόβλημα των πιλοτών (Pilotis) .....	47
2.3 Ενεργητικά και παθητικά συστήματα ελέγχου της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών .....	54

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Μη δομική τρωτότητα

<b>3.1 Εισαγωγή</b> .....	59
<b>3.2 Μη δομικά στοιχεία</b> .....	59
<b>3.3 Εκτίμηση τρωτότητας των μη δομικών στοιχείων και προτάσεις ενίσχυσης</b> .....	64
3.3.1 Αρχιτεκτονικά στοιχεία διαμόρφωσης των κτηρίων μιας βιομηχανίας .....	64
3.3.1.1 Εκτίμηση τρωτότητας Αρχιτεκτονικών στοιχείων όψεων .....	65
3.3.1.1 -1 Τοίχοι πληρώσεως .....	65
3.3.1.1 -2 Ανηρημένες προσόψεις (τοιχοπετάσματα) .....	66
3.3.1.1 -3 Επενδύσεις εξωτερικών τοίχων .....	67
3.3.1.1 -4 Κουφώματα και υαλοστάσια .....	68
3.3.1.1 -5 Σηθαιά, κορνίζες και προστεγάσματα .....	69
3.3.1.1 -6 Εξωτερικές καμινάδες .....	70
3.3.1.1 -7 Εξωτερικές αναρτήσεις επί των κτηρίων, αντένες, ιστοί, στέγαστρα .....	72
3.3.1.2 Στοιχεία που διαμορφώνουν τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου .....	73
3.3.1.2 -1 Διαχωριστικοί τοίχοι από τοιχοποιία ή ελαφρά στοιχεία .....	73
3.3.1.2 -2 Εσωτερικές αναρτήσεις. Γενικά .....	79
3.3.1.2 -2α Ψευδοροφές .....	81
3.3.1.2 -2β Φωτιστικά σώματα .....	88
3.3.1.2 -3 Υπερυψωμένα δάπεδα .....	90
3.3.1.2 -4 Ανελκυστήρες .....	92
3.3.2. Εξοπλισμός και επίπλωση .....	98
3.3.2.1 Εξοπλισμός γραφειακών χώρων .....	98
3.3.2.2 Εξοπλισμός εργαστηρίων .....	108
3.3.2.3 Αποθηκευτικοί χώροι βιομηχανιών .....	113
3.3.2.3 -1 Πολυόραφα ράφια αποθήκευσης αγαθών .....	113
3.3.3. Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις-Σωληνώσεις .....	122
3.3.3.1 Γενικά .....	122
3.3.3.2 Γραμμές ζωής .....	123
3.3.3.3 Παροχές στο εσωτερικό του κτηρίου .....	126
3.3.3.3 -1 Συστήματα κεντρικής θέρμανσης-ψύξης .....	129
3.3.3.3 -2 Φυσικό αέριο (γκάζι) .....	129
3.3.3.3 -3 Ηλεκτρική ενέργεια .....	130
3.3.3.3 -4 Υδροδότηση .....	130
3.3.3.3 -5 Αποχετεύσεις .....	130
3.3.3.3 -6 Πυροσβεστικά δίκτυα και συναφείς εγκαταστάσεις .....	131
3.3.3.3 -7 Τηλεπικοινωνία .....	132
3.3.3.4 Σωληνώσεις στο εσωτερικό του κτηρίου .....	132
3.3.3.4 -1 Συστήματα σωληνώσεων. Γενικά .....	132
3.3.3.4 -2 Αντισεισμική προστασία σωληνώσεων .....	134
3.3.3.4 -3 Μέθοδοι αντισεισμικής προστασίας ανηρημένων σωληνώσεων .....	134
3.3.3.4 -4 Αγωγοί μεταφοράς αερίων .....	142

3.3.34 -5 Ηλεκτρικές καλωδιώσεις . . . . .	147
3.3.4. Μηχανολογικός εξοπλισμός . . . . .	151
3.3.4.1 Μηχανολογικός εξοπλισμός της βιομηχανίας. . . . .	151
3.3.4.2 Μηχανολογικός εξοπλισμός εδραζόμενος σταθερά στο δάπεδο. . . . .	151
3.3.4.3 Μηχανολογικός εξοπλισμός ανηρημένος από την οροφή. . . . .	154
3.3.4.4 Εξοπλισμός εδραζόμενος σε υπερυψωμένα δάπεδα . . . . .	158
3.3.4.5 Εξοπλισμός με μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών, εδραζόμενος στο δάπεδο . . . . .	161
3.3.4.6 Εξοπλισμός με μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών, ανηρημένος από την οροφή . . . . .	165
3.3.4.7 Εξοπλισμός κινούμενος επί σταθερής ή μη τροχιάς, τηλεσκοπικά συστήματα κ.λπ. . . . .	166
3.3.5. Δεξαμενές μεγάλου μεγέθους . . . . .	166
3.3.6. Ενεργειακοί σταθμοί . . . . .	170
3.3.7. Βιομηχανίες που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά . . . . .	172

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Εκτίμηση της δομικής και μη δομικής τρωτότητας

4.1 Γενική περιγραφή της μεθόδου ΤΑΣΤΡΩΚ . . . . .	177
4.2 Περιγραφή των βασικών τύπων κτηρίων . . . . .	179
4.2.1 Τύπος: Τ (Τοιχοποιία). . . . .	180
4.2.2 Τύπος: Μ (Μεικτό) . . . . .	183
4.2.3 Τύπος: Σ.Ο.Σ. (Σκελετός από οπλισμένο σκυρόδεμα). . . . .	186
4.3 Διερεύνηση και παράμετροι της σεισμικής τρωτότητας . . . . .	188
4.3.1 Εισαγωγή . . . . .	188
4.3.2 Παράμετροι που επηρεάζουν την τρωτότητα – Ερωτηματολόγιο . . . . .	189
4.3.3 Δομικά συστήματα κατασκευών . . . . .	192
4.4 Προσδιορισμός ιδιοπεριόδων κτηρίων με επί τόπου μετρήσεις . . . . .	192
4.5 Παράρτημα Α' . . . . .	194
4.6 Ερωτηματολόγιο ΤΑΣΤΡΩΚ. . . . .	195
4.7 Μέτρα για την μείωση της διακινδύνευσης . . . . .	196

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Σχεδιασμός για αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης

5.1 Διαδικασία σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης . . . . .	203
5.1.1 Γενικά. . . . .	203
5.1.2 Πρώτο στάδιο. . . . .	203
5.1.3 Δεύτερο στάδιο . . . . .	204
5.1.3.1 Συλλογή στοιχείων για την δομική κατάσταση του κτηρίου. . . . .	205

5.1.3.2 Συλλογή στοιχείων για τα μη φέροντα στοιχεία . . . . .	206
5.1.3.3 Συλλογή στοιχείων για δίκτυα και παροχές . . . . .	207
5.1.3.4 Έλεγχος του βαθμού ετοιμότητας της επιχείρησης . . . . .	207
5.1.3.5 Κατασκευή και τήρηση του «πορτοκαλί κουτιού» . . . . .	208
5.1.4 Τρίτο στάδιο. Καθορισμός και εξασφάλιση λειτουργιών . . . . .	209
5.1.5 Τέταρτο στάδιο. Εκτίμηση της σεισμικής τρωτότητας της επιχείρησης . . . . .	212
5.1.6 Κατάστρωση του σχεδίου ετοιμότητας . . . . .	212
5.1.7 Εφαρμογή του σχεδίου ετοιμότητας . . . . .	215
5.1.7.1 Ασκήσεις ετοιμότητας . . . . .	215
5.1.7.2 Εκπαίδευση του προσωπικού . . . . .	216
5.1.8 Μέτρα για τα άτομα με αναπηρίες . . . . .	218
<b>5.2 Οδεύσεις διαφυγής . . . . .</b>	<b>220</b>
5.2.1 Συνδυασμός εκτάκτων καταστάσεων . . . . .	220
5.2.2 Σκοπός των οδεύσεων διαφυγής. . . . .	221
5.2.3 Ορισμοί, αρχές και προβληματισμοί. . . . .	222
5.2.4 Στάδια της όδευσης διαφυγής. . . . .	225
5.2.5 Σχεδιασμός της όδευσης διαφυγής. . . . .	226
5.2.6 Λειτουργικά και κατασκευαστικά στοιχεία των οδεύσεων διαφυγής. . . . .	227
5.2.7 Ελεύθεροι χώροι συγκέντρωσης. . . . .	233
5.2.8 Φωτισμός των οδεύσεων διαφυγής. . . . .	234
5.2.9 Σήμανση των οδεύσεων διαφυγής. . . . .	236
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ . . . . .</b>	<b>239</b>



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Η ασφάλεια είναι προτεραιότητα. Είναι βασική πολιτική επιλογή που πρέπει να χαρακτηρίζει τη στρατηγική της πολιτείας για όλο το φάσμα των αναπτυξιακών και κοινωνικών δραστηριοτήτων. Η δράση σε αυτή την κατεύθυνση είναι επιτακτική και το κλειδί είναι μια υπεύθυνη πολιτική που θα αντιμετωπίζει αποτελεσματικά υφιστάμενες ή δυνητικές απειλές.

Σε ότι αφορά τη δομική τρωτότητα των κτιρίων, είναι γνωστό σε όλους ότι η πολιτεία έχει θεσπίσει σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς, οι οποίοι στόχο έχουν να θωρακίσουν τις νέες κατασκευές έναντι των σεισμικών κινδύνων.

Η σωστή χρήση και λειτουργία των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και η διασφάλιση της αντισεισμικής συμπεριφοράς από το εμπλεκόμενο προσωπικό, είναι παράμετροι που ανεξαρτήτως από τον χρόνο κατασκευής των κτιριακών υποδομών, κρίνονται σημαντικές και πρέπει να λαμβάνεται σχετική μέριμνα εφαρμογής τους.

Ιδιαίτερη βαρύτητα θα πρέπει να δοθεί σε βιομηχανίες που ενεργοποιούνται σε κοινωφελείς τομείς, οι οποίες θα συνεχίσουν τις βασικές τους παροχές προς τον πολίτη, ακόμα και σε περίπτωση ενός ισχυρού σεισμού, καθότι οι βασικές λειτουργίες του κοινωνικού ιστού θα πρέπει να υποστηρίζονται και να διατηρούνται.

Σήμερα, περισσότερο από ποτέ, η επιστήμη και η τεχνολογία παρέχουν μια εξαιρετικά θετική συνεισφορά για κάθε στρατηγική ασφάλειας και μείωσης της διακινδύνευσης. Ωστόσο, είναι πάντοτε ουσιαστική η πληροφόρηση και η δημιουργία μιας κουλτούρας εκπαίδευσης στην εφαρμογή όλων των ενδεδειγμένων μέσων.

Είμαι βέβαιος, ότι οι κατευθύνσεις που περιλαμβάνονται στον εν λόγω Οδηγό για την αντιμετώπιση σεισμικών κινδύνων σε εργοστασιακούς χώρους μπορούν και πρέπει να αποτελέσουν ένα αποτελεσματικό εργαλείο πρόληψης, το οποίο σε συνδυασμό με την καθημερινή υπευθυνότητα των συντελεστών της βιομηχανικής ανάπτυξης θα θωρακίσει την ασφάλεια, όποτε και όπου αυτό απαιτηθεί.



**Χρήστος Φώλιας**  
Υπουργός Ανάπτυξης

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΕΔΡΟΥ ΤΟΥ Δ.Σ. ΤΟΥ ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε

Είναι αμφίβολο εάν σε άλλο γεωγραφικό σημείο του πλανήτη μας ο σεισμός αποδίδεται ακόμη και σήμερα με το όνομα ενός μυθικού προσώπου, όπως είναι ο Τιτάνας Εγκέλαδος. Η γεωμορφολογία αυτής της χώρας, εν πολλοίς και η ίδια η ομορφιά της, οφείλεται στην ύπαρξη των σεισμών. Στη βραχεία, όμως χρονική κλίμακα μιας ανθρώπινης ζωής το φαινόμενο του σεισμού αποτελεί συνεχή απειλή για τον κάτοικο του τόπου. Μέχρι και στο πρόσφατο παρελθόν αρκετοί οικισμοί είχαν καταστραφεί και εγκαταλειφθεί σφραγίζοντας τη μοίρα αλλά και τη φυσιογνωμία ολόκληρων περιοχών.

Ιδιαίτερα οδυνηρές σε περίπτωση σεισμού είναι οι συνέπειες στα κτήρια που στεγάζουν τις δραστηριότητες μεγάλου αριθμού ατόμων. Τα εργοστάσια αποτελούν τέτοιου είδους οικήματα.

Τραγικό το παράδειγμα της κατάρρευσης μιας πτέρυγας των εγκαταστάσεων της εταιρείας Ρικομέξ το Σεπτέμβριο του 1999 παρασύροντας δεκάδες ανθρώπους στο θάνατο.

Στην παρούσα μελέτη αναπτύσσονται οδηγίες για τεχνικά και οργανωτικά θέματα με στόχο την ασφαλέστερη αντιμετώπιση των σεισμικών κινδύνων σε εργοστασιακούς χώρους.

**Βασίλης Μακρόπουλος**  
Πρόεδρος ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.  
Καθ. Εθνικής Σχολής Δημόσιας Υγείας

## ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο, η δράση του οποίου μπορεί συχνά να έχει απρόβλεπτες και καταστροφικές συνέπειες στον περιβάλλοντα χώρο και απώλειες στο ανθρώπινο δυναμικό. Γνωρίζοντας ότι με τη μέχρι σήμερα τεχνολογία δεν μπορεί να επιτευχθεί ακριβής πρόγνωση των σεισμικών φαινομένων, η σεισμική προστασία της χώρας αποκτά τεράστια εθνική σημασία. Για την περίπτωση του σεισμικού κινδύνου σε εργοστασιακούς χώρους και αυτή ακόμη η προοπτική της επιτυχούς πρόγνωσης των σεισμών δεν μπορεί να είναι τόσο σωτήρια, όσο στην περίπτωση της κατοικίας και των χώρων γραφείων, δεδομένου ότι οι εργοστασιακοί χώροι, σε περίπτωση καταστροφής, μπορεί να δημιουργήσουν σοβαρό πρόβλημα στο περιβάλλον, ακόμα δε να καταστραφεί η βιομηχανική παραγωγή της τρέχουσας περιόδου και λόγω των ζημιών στις εγκαταστάσεις της βιομηχανίας, να ανασταλεί η παραγωγή, έως ότου αποκατασταθούν οι υποδομές, με σημαντικές οικονομικές συνέπειες.

Η πολιτεία έχει θεσπίσει σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς σύμφωνα με τους οποίους κατασκευάζονται τα κτήρια έτσι, ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος κατάρρευσής τους και οι τυχόν βλάβες, που μπορεί να προκληθούν από σεισμό να είναι περιορισμένες. Για την αντιμετώπιση μιας σεισμικής δόνησης σε ένα χώρο (εργασιακό ή οποιοδήποτε χώρο διαμονής), πέρα από το σωστό σχεδιασμό κατασκευής έναντι σεισμικών δράσεων είναι απαραίτητη:

α) η σωστή χρήση και λειτουργία όλων των εγκαταστάσεων του χώρου (εργασιακού ή χώρου διαμονής) λαμβάνοντας υπόψη τον κίνδυνο ενός επικείμενου σεισμού και

β) η ανάπτυξη μιας αντισεισμικής συμπεριφοράς από μέρους των ανθρώπων ώστε να είναι έτοιμοι να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις από ένα τέτοιο φαινόμενο. Αντικείμενο της παρούσας έρευνας με τίτλο «ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΔΗΓΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΣΤΕΡΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ» είναι η οργάνωση της αντισεισμικής προστασίας του βιομηχανικού χώρου. Η οργάνωση υλοποιείται με τη σύνταξη μέτρων άμυνας κατά των σεισμών, τα οποία αν εφαρμοστούν σωστά μπορούν να μειώσουν τους κινδύνους ενός επικείμενου σεισμού τόσο ως προς την ασφάλεια όλων των παρευρισκομένων στο χώρο της βιομηχανίας όσο και ως προς τη λειτουργία της.

Οι βιομηχανίες και οι βιομηχανικές επιχειρήσεις γενικά, είναι μονάδες που αφενός στεγάζουν σημαντικό αριθμό εργαζομένων, των οποίων η ασφάλεια πρέπει να προστατευτεί, αφετέρου οποιαδήποτε καταστροφή σ' αυτές μπορεί να έχει σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, επειδή θα παύσει η λειτουργία και η παραγωγή. Πολλές φορές έχει σημασία για τις επιπτώσεις και η εποχή που συμβαίνει ο καταστρεπτικός σεισμός, σε σχέση με την περίοδο επεξεργασίας των αγροτικών προϊόντων. Εφόσον ο σεισμός συμπίπτει με την περίοδο αποθήκευσης και επεξεργασίας μεγάλων ποσοτήτων πρώτων υλών από τη συγκομιδή, η ζημιά μπορεί να είναι τεράστια.

Ιδιαίτερα βιομηχανίες που ενεργοποιούνται σε τομείς ζωτικούς για το κοινωνικό σύνολο, όπως π.χ. στον ενεργειακό τομέα ή τις επικοινωνίες ή σε τομείς παραγωγής βασικών αγαθών, όπως π.χ. γαλακτοκομικών προϊόντων ή άλλων βασικών ειδών διατροφής, βιομηχανίες δηλαδή που χαρακτηρίζο-

νται «κρίσιμες», πρέπει να εξασφαλίζεται κατά το δυνατόν ότι θα εξακολουθούν να λειτουργούν και μετά από ένα εξαιρετικά ισχυρό σεισμό, που πιθανόν να έχει θέσει εκτός λειτουργίας μεγάλο μέρος της βιομηχανικής παραγωγικής αλυσίδας και των υποδομών (αποθήκες, προσβάσεις κ.λπ.).

Οι πρόσφατοι σεισμοί στον ελληνικό χώρο έχουν δείξει με το μέγεθος των ζημιών και τις απώλειες σε ανθρώπινες ζωές, ότι τα βιομηχανικά συγκροτήματα της χώρας μας δεν πληρούν τους όρους ασφάλειας έναντι φυσικών καταστροφών όπως ο σεισμός, κατά μεγάλο μέρος λόγω του ότι δεν είχε ως τώρα εκτιμηθεί το μέγεθος του κινδύνου. Ο σεισμός της 07-09-1999 υπήρξε ένα σήμα συναγερμού, όσον αφορά στο ποιες επιπτώσεις μπορεί να έχει ένας ισχυρός σεισμός σε μια πυκνοκατοικημένη μεγαλούπολη όπως η Αθήνα, ιδιαίτερα όταν συμβαίνει κάτω από το έδαφος ενός τμήματός της. Μέχρι πρότινος η περιοχή της πρωτεύουσας εθεωρείτο μια σεισμικά ασφαλής ζώνη, κάτι που μετά τους σεισμούς των Αλκυονίδων και ιδίως της Πάρνηθας δεν ισχύει πλέον. Οι σεισμικοί συντελεστές έχουν αναθεωρηθεί βάσει των πρόσφατων δεδομένων, όμως η πλειοψηφία των κατασκευών είναι ήδη δομημένη με βάση μικρότερους συντελεστές. Λόγω της κατασκευής όλο και πιο εύκαμπτων κτηρίων και δόμησης σε μαλακά εδάφη, η πόλη γίνεται όλο και πιο ευάλωτη σε μακρινούς, άρα και πιο συχνούς (πολυαριθμότερους) σεισμούς.

Ένα μείζον πρόβλημα λοιπόν αποτελεί ο έλεγχος του κατά πόσον οι υφιστάμενες κατασκευές μπορούν να ανταποκριθούν στους σεισμικούς κινδύνους που τώρα γνωρίζουμε ότι μπορεί να εκτεθούν, και ποια μέτρα πρέπει να λάβουμε για την αντισεισμική θωράκισή τους.

Ένα δεύτερο πρόβλημα είναι να καθορίσουμε πώς πρέπει να κατασκευαστούν οι νέες κατασκευές.

Οι περιοχές γύρω από μια βιομηχανική εγκατάσταση και οι οδοί προσπέλασης είναι επίσης ουσιώδες να παραμένουν προσβάσιμες, για την παροχή βοήθειας και την απομάκρυνση του προσωπικού σε περίπτωση ανάγκης.

Μια μελέτη σεισμικής θωράκισης βιομηχανίας πρέπει να λαμβάνει υπόψη και αυτό τον παράγοντα. Ακόμη περισσότερο, όταν ορισμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις θεωρούνται ως πόλοι παροχής βοήθειας και ανακούφισης στους πολίτες της γύρω περιοχής.

Όταν μια σωστική ομάδα προσεγγίσει το χώρο για παροχή βοήθειας, προκειμένου να επέμβει πρέπει να έχει στη διάθεσή της το σχέδιο του χώρου των εγκαταστάσεων με όλες τις πληροφορίες σχετικά με τα δίκτυα παροχών, τα στατικά σχέδια και όλη γενικά την πληροφόρηση, που θα επιτρέψει στην επέμβαση να είναι επιτυχής και άμεση. Για το λόγο αυτό πρέπει να υπάρχει όλο το υλικό πληροφόρησης σε χώρο ασφαλή και εύκολα προσβάσιμο για τις σωστικές ομάδες. Αυτό θα αποτελεί ένα σύστημα ονομαζόμενο «κίτρινο κουτί» της βιομηχανίας, κατ' αναλογία με το «μαύρο κουτί» των αεροσκαφών, και θα αποτελεί μια τεκμηριωμένη καταγραφή της κατάστασης των εγκαταστάσεων τη στιγμή του συμβάντος. Το «κίτρινο κουτί» θα αποτελεί και το Μητρώο των εγκαταστάσεων για οποιαδήποτε μετατροπή, ενίσχυση ή μετασκευή και θα πρέπει να ενημερώνεται για οποιαδήποτε μεταβολή σε αυτές. Θα απεικονίζει δηλαδή την υφιστάμενη κατάσταση.

## ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΜΙΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Μια βιομηχανική εγκατάσταση περιλαμβάνει ποικιλία χώρων με διαφορετικές λειτουργίες και διαφορετική σπουδαιότητα και σεισμική τρωτότητα.

1. χώρους παραγωγής προϊόντων
2. χώρους αποθήκευσης υλικών
3. εργαστήρια
4. χώρους διοίκησης
5. χώρους μηχανολογικών εγκαταστάσεων
6. χώρους προσωπικού
7. γραφειακούς χώρους
8. χώρους φορτοεκφόρτωσης υλικών και προϊόντων
9. άλλους χώρους ανάλογα με το μέγεθος της βιομηχανίας και τον τομέα στον οποίο δραστηριοποιείται
10. περιβάλλοντα χώρο, χώρους στάθμευσης και οδούς προσπέλασης.

Όλοι αυτοί οι χώροι εξυπηρετούν μεν διαφορετική ο καθένας λειτουργία, πρέπει όμως να αλληλοσυνδέονται, ώστε να μπορεί η επιχείρηση να λειτουργεί απρόσκοπτα και ταυτόχρονα με ασφάλεια.

Αν μια λειτουργία ανασταλεί ή διακοπεί λόγω του σεισμού και των συνεπειών του, τότε όλο το σύστημα μπορεί να καταρρεύσει. Μπορεί π.χ. τα κτήρια της βιομηχανίας να μη υποστούν σημαντική ζημιά από το σεισμό, η βιομηχανία όμως να υποστεί λειτουργική καταστροφή από ζημιές στον εξοπλισμό της, τις επικοινωνίες ή την τροφοδοσία, που θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί αν είχαν προβλεφθεί και είχαν ληφθεί τα κατάλληλα μέτρα.

Η σεισμική θωράκιση μιας βιομηχανίας αφορά βέβαια, κατά πρώτο λόγο, στην ασφάλεια των κτηριακών της εγκαταστάσεων. Να εξασφαλιστεί δηλαδή ότι μετά από έναν ισχυρό σεισμό τα κτήρια δεν θα καταρρεύσουν και αν υποστούν ζημιές, αυτές να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες και επισκευάσιμες.

Η Δομική Τρωτότητα των κτηριακών εγκαταστάσεων της βιομηχανίας μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό και κατασκευή των κτηρίων, όταν πρόκειται για νέα κτήρια ή με την επισκευή, ενίσχυση και συντήρηση των υφισταμένων.

Ένα κτήριο που έχει σχεδιαστεί σωστά και έχει κατασκευαστεί όπως προβλέπουν τα σχέδιά του, θα ανταποκριθεί καλά κατά τον σεισμό. Μπορεί να υποστεί ζημιές, είναι όμως απίθανο να καταρρεύσει. Στην πράξη, δυστυχώς, αυτό δεν συμβαίνει, για διάφορους λόγους που δεν θα αναφερθούν εδώ.

Ακόμη όμως και αν οι κτηριακές εγκαταστάσεις παραμένουν ασφαλείς και μετά το σεισμό, η βιομηχανία μπορεί να μην είναι σε θέση να λειτουργήσει, λόγω μεγάλων ζημιών σε μη φέροντα στοιχεία, μηχανήματα παραγωγής, δίκτυα παροχών κ.λπ. Ζημιές σε τέτοια συστήματα μπορεί να έχουν και μεγαλύτερες συνέπειες για τη λειτουργία και υψηλότερο κόστος αποκατάστασης από ότι ζημιές στα κτή-



ρια. Τα μη φέροντα στοιχεία και ο εξοπλισμός, μηχανολογικός και άλλος, σε ένα κτήριο, ιδιαίτερος όμως σε μια βιομηχανία με ακριβά μηχανήματα παραγωγής, αντιπροσωπεύουν σημαντικά μεγαλύτερο οικονομικό κεφάλαιο απ' ό,τι τα ίδια τα κτήρια. Ας σημειωθεί δε, ότι ακόμη και μικρότεροι σεισμοί, που συμβαίνουν πιο συχνά απ' ό,τι ένα μείζον σεισμικό γεγονός και δεν είναι καταστροφικοί για τα κτήρια, μπορεί να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές στους εξοπλισμούς και τα μη φέροντα στοιχεία.

Γενικά, οι καταπονήσεις λόγω του σεισμού στα μη φέροντα στοιχεία, όπως διαχωριστικοί τοίχοι, ψευδοροφές, υαλοστάσια, εξοπλισμός, μηχανήματα, δίκτυα κ.λπ. είναι μεγαλύτερες από ότι στα φέροντα, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη τρωτότητα στο σεισμό. Έχει αποδειχθεί ότι μεγάλο μέρος των τραυματισμών και απώλειας στο ανθρώπινο δυναμικό κατά το σεισμό οφείλεται στις ζημιές σε μη φέροντα στοιχεία και τον εξοπλισμό. Επιπλέον, ζημιές και καταστροφές στα μη φέροντα στοιχεία και τον εξοπλισμό, ακόμη και αν δεν απειλούν την ζωή των εργαζομένων, μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη λειτουργία της βιομηχανίας και τα αποθέματα αγαθών, αλλά μπορεί και να προκαλέσουν ζημιές και σ' αυτόν τον ίδιο το φέροντα οργανισμό. Τέλος, οι καταστροφές αυτές μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση στο περιβάλλον από ενδεχόμενη έκλυση τοξικών χημικών ουσιών. Όσο μάλιστα οι ουσίες αυτές μπορούν να δημιουργήσουν μεγαλύτερα προβλήματα στο περιβάλλον τόσο η προστασία, όχι μόνο του κτηρίου αλλά και των εγκαταστάσεων, πρέπει να είναι μεγαλύτερη (π.χ. πυρηνικές και επικίνδυνες χημικές βιομηχανίες). Είναι λοιπόν σημαντικό να ληφθούν μέτρα προστασίας τόσο του φέροντος οργανισμού όσο και των μη φερόντων στοιχείων του βιομηχανικού κτηρίου.

Για τη λήψη μέτρων αντισεισμικής προστασίας της βιομηχανίας, πρέπει να ληφθούν υπόψη πέντε βασικοί παράγοντες:

- α. προστασία της ζωής και σωματικής ακεραιότητας των εργαζομένων
- β. διατήρηση της λειτουργίας της βιομηχανίας και των αποθεμάτων που βρίσκονται αποθηκευμένα στους χώρους της
- γ. αποφυγή δαπανηρών επισκευών
- δ. προστασία του περιβάλλοντος
- ε. πρόβλεψη και ικανότητα για παροχή βοήθειας και ανακούφισης στους πολίτες της γύρω περιοχής, ανάλογα με την τοποθεσία που βρίσκεται η εγκατάσταση.

Η ανάλυση της σεισμικής τρωτότητας των κτηριακών εγκαταστάσεων μιας βιομηχανίας ξεκινά πάντα με ένα οπτικό έλεγχο των εγκαταστάσεων, δηλαδή με μια αυτοψία που θα γίνει από ομάδα μηχανικών. Με τον πρώτο αυτό έλεγχο θα εντοπιστούν τα σημεία που απαιτούν προσοχή, για να ακολουθήσει η εμπεριστατωμένη μελέτη των προβλημάτων και να προταθούν μέτρα αντιμετώπισης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Οι δράσεις του σεισμού

#### 1.1 Εισαγωγή

Κατά την διάρκεια του σεισμού, αυτό που συμβαίνει είναι το έδαφος να κραδαίνεται και το κτήριο να αποκρίνεται.

Δεν υπάρχουν εξωτερικές δυνάμεις, οι οποίες δρουν πάνω σε μια κατασκευή. Έχουμε εσφαλμένως σχηματίσει την εικόνα, ότι υπάρχουν σεισμικές δυνάμεις που δρουν πάνω σε μια κατασκευή. Αυτές τις έχουμε επινοήσει εμείς, ώστε να μπορούμε να υπολογίζουμε αντισεισμικώς τις κατασκευές, επειδή έχουμε μάθει να υπολογίζουμε με δυνάμεις τις κατασκευές και εν γένει να χειριζόμαστε δυνάμεις.

Καλύτερα θα ήταν να χρησιμοποιούσαμε τους όρους σεισμική διέγερση και απόκριση ή συμπεριφορά της κατασκευής, σεισμική αντίσταση (και όχι αντοχή).

Όταν συμβαίνει ένας ισχυρός σεισμός, το κτήριο δονείται με δύναμη οριζόντια εμπρός και πίσω, δεξιά και αριστερά και επίσης πάνω-κάτω. Αυτό που συμβαίνει είναι, ότι ενώ το έδαφος σειείται με σφοδρότητα παρασύροντας και τα θεμέλια του κτηρίου μαζί, η υπερκατασκευή του κτηρίου τείνει να μείνει ακίνητη, όπως π.χ. ένας επιβάτης οχήματος, το οποίο επιταχύνει ή επιβραδύνει απότομα. Από τη στιγμή που το κτήριο αρχίζει να κινείται λόγω του σεισμού, τείνει να συνεχίσει την κίνησή του προς την ίδια κατεύθυνση, όμως το έδαφος κινείται πάλι προς την αντίθετη κατεύθυνση (σαν ο οδηγός του οχήματος στο παράδειγμα να επιταχύνει απότομα και έπειτα να φρενάρει και να κάνει πίσω απότομα, ενώ ταυτόχρονα κάνει ζιγκ-ζάγκ και πέφτει σε λακκούβες). Έτσι και το κτήριο ωθείται μπρος και πίσω από την κίνηση του εδάφους, με την υπερκατασκευή του να καθυστερεί σε σχέση με την κίνηση των θεμελίων, μετά κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση και ταυτόχρονα πάνω-κάτω.

Το μέγεθος της ζημιάς που υφίσταται ένα κτήριο κατά την διάρκεια ισχυρού σεισμού είναι δύσκολο να προβλεφθεί και εξαρτάται από το μέγεθος, το είδος και το επίκεντρο του σεισμού, τα χαρακτηριστικά του εδάφους που είναι κτισμένο το κτήριο και τα χαρακτηριστικά του ίδιου του κτηρίου. Προς το παρόν δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί το επίκεντρο και το μέγεθος μελλοντικών σεισμών με τον απαιτούμενο βαθμό αξιοπιστίας ως προς το μέγεθος, την θέση και το χρόνο. Μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη πρόγνωση είναι όμως δυνατή με την ανάπτυξη της Επιστήμης της Σεισμολογίας. Είμαστε σε θέση να ξέρουμε, αν μέσα σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα στατιστικά θα συμβεί ένα μεγάλο σεισμικό γεγονός σε μια ευρύτερη περιοχή. Είναι επίσης δυνατόν, να προβλεφθεί η συμπεριφορά του εδάφους σε κάθε θέση. Γεγονός είναι ότι σε μεγάλους σεισμούς, ένα μεγάλο μέρος των καταστροφών οφείλεται ακριβώς στην συμπεριφορά του εδάφους και στη σχέση που έχει αυτή με τα χαρακτηριστικά του κτηρίου. Μπορούμε, λοιπόν, να ενισχύσουμε τις κατασκευές και την συμπεριφορά των πολιτών έτσι, ώστε όταν συμβεί το γεγονός να προκαλέσει τις μικρότερες δυνατές καταστροφές.

Η εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου και η σεισμική ενίσχυση ενός κτηρίου είναι ένα σύνθετο έργο. Το να σχεδιάζει κανείς για ένα κίνδυνο που μπορεί να προκύψει ανά πάσα στιγμή, συμβαίνει όμως σπάνια, παρουσιάζει εγγενείς δυσκολίες. Οι σεισμοί, σε αντίθεση με άλλες φυσικές καταστροφές, έχουν την ιδιαιτερότητα, ότι συμβαίνουν χωρίς προειδοποίηση ή δυνατότητα να προβλεφθούν με χρονική ακρίβεια κι έτσι θέτουν άμεσα σε κίνδυνο τα άτομα που βρίσκονται σε ευάλωτες από τον σεισμό κατασκευές, ενώ σε περιπτώσεις άλλων φυσικών καταστροφών παρέχεται ο χρόνος να καταφύγουν σε ασφαλές σημείο.

Πρώτος στόχος για την λήψη μέτρων σεισμικής ενίσχυσης σε ένα κτήριο είναι βέβαια η ασφάλεια των ενοίκων κατά την διάρκεια και αμέσως μετά τον σεισμό και έπονται η ελαχιστοποίηση των υλικών ζημιών και των οικονομικών επιπτώσεών τους.

## 1.2 Η αντίδραση των κτηρίων στις κινήσεις του εδάφους

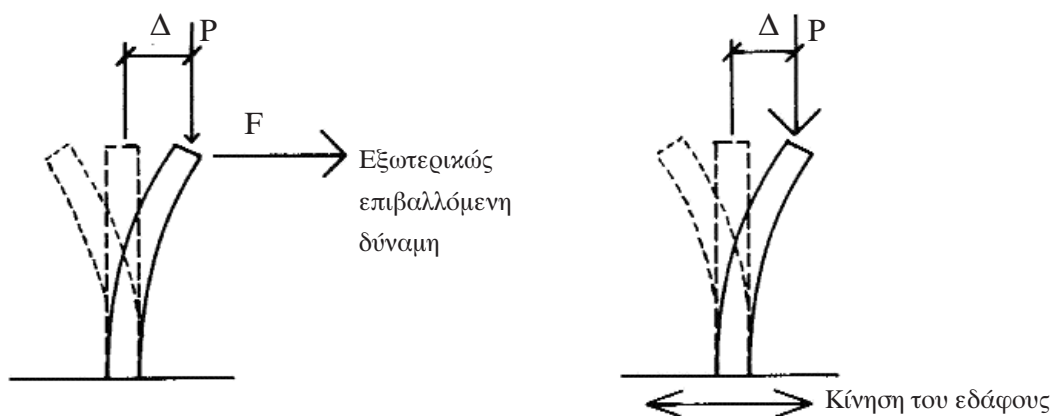
Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τις πολύπλοκες δυνάμεις που δρουν στα κτήρια κατά τον σεισμό.

### 1.2.1 Οι δυνάμεις αδράνειας

Η κίνηση του εδάφους λόγω του σεισμού δεν καταστρέφει ένα κτήριο, όπως θα συνέβαινε αν μια εξωτερική πλάγια δύναμη δρούσε σ' αυτό, όπως π.χ. η πίεση του ανέμου ή μια τοπικά ασκούμενη δύναμη, όπως π.χ. η σιδερένια μπάλα κατεδαφίσεων, αλλά μέσω δυνάμεων αδράνειας που αναπτύσσονται από την δόνηση της μάζας του κτηρίου. Η μάζα του κτηρίου, το μέγεθος και το σχήμα του, η διαμόρφωσή του δηλαδή, προσδιορίζουν ως ένα βαθμό την φύση αυτών των δυνάμεων καθώς και το πόσο ικανοποιητικά θα τις αποσβέσει το κτήριο. Αυτές οι δυνάμεις αδράνειας ( $F$ ) είναι προϊόν της μάζας του κτηρίου ( $m$ ) και της επιτάχυνσής του ( $a$ ) εκ του σεισμού (Νόμος του Newton:  $F=ma$ ). Έτσι, αύξηση της μάζας του κτηρίου ( $m$ ) έχει σαν αποτέλεσμα αύξηση της δύναμης ( $F$ ). Γι' αυτό και υπάρχει ένα άμεσο πλεονέκτημα στην σεισμική συμπεριφορά των ελαφρών κατασκευών.

Η άλλη βλαπτική επίπτωση της μάζας, εκτός του ότι αυξάνει τις αδρανειακές (πλάγιες) σεισμικές δυνάμεις, είναι ότι τα κατακόρυφα στοιχεία του κτηρίου, όπως τα υποστυλώματα και οι τοίχοι, μπορεί να υποστούν λυγισμό, όταν η μάζα που λόγω της βαρύτητας ωθεί προς τα κάτω αυτά τα στοιχεία, ασκεί τη δύναμή της ( $P$ ) σε ένα στοιχείο που έχει καμφθεί εκτός του άξονά του λόγω του σεισμού. Αυτό είναι γνωστό σαν το P- $\Delta$  φαινόμενο. Όσο μεγαλύτερη είναι η κατακόρυφη δύναμη τόσο μεγαλύτερη είναι η ροπή  $P \times \Delta$ .

Αν και τα κτήρια έχουν την αντοχή να παραλάβουν μεγάλα κατακόρυφα φορτία βαρύτητας που προδιαγράφονται από τους δομικούς κανονισμούς, αυτή η αντοχή ενδέχεται να μην είναι επαρκής για την αντιμετώπιση του φαινομένου P- $\Delta$  (βλ. σχ. 1).



**Σχήμα 1.** P- $\Delta$  φαινόμενο. Οι εντάσεις που προκαλούνται από τη ροπή  $P \times \Delta$  προκύπτουν ταυτόχρονα με τις άλλες εντάσεις που προκαλούνται από το σεισμό και τη βαρύτητα. Σε δεδομένη στιγμή όλες αυτές οι εντάσεις μπορεί να δράσουν διαδοχικά ή και με διαφορά φάσης.



Ο σεισμός κινεί το έδαφος προς ποικίλες διευθύνσεις τόσο οριζόντιες όσο και κατακόρυφες. Σχεδόν πάντα όμως, οι κατακόρυφες ωθήσεις είναι αυτές που προκαλούν τις καταρρεύσεις των κτηρίων στη χώρα μας. Οι πλάγιες ωθήσεις θέτουν σε δοκιμασία την αντοχή της κατασκευής και τέλος η βαρύτητα ωθεί την εξασθενημένη και παραμορφωμένη κατασκευή προς τα κάτω προκαλώντας την κατάρρευσή της.

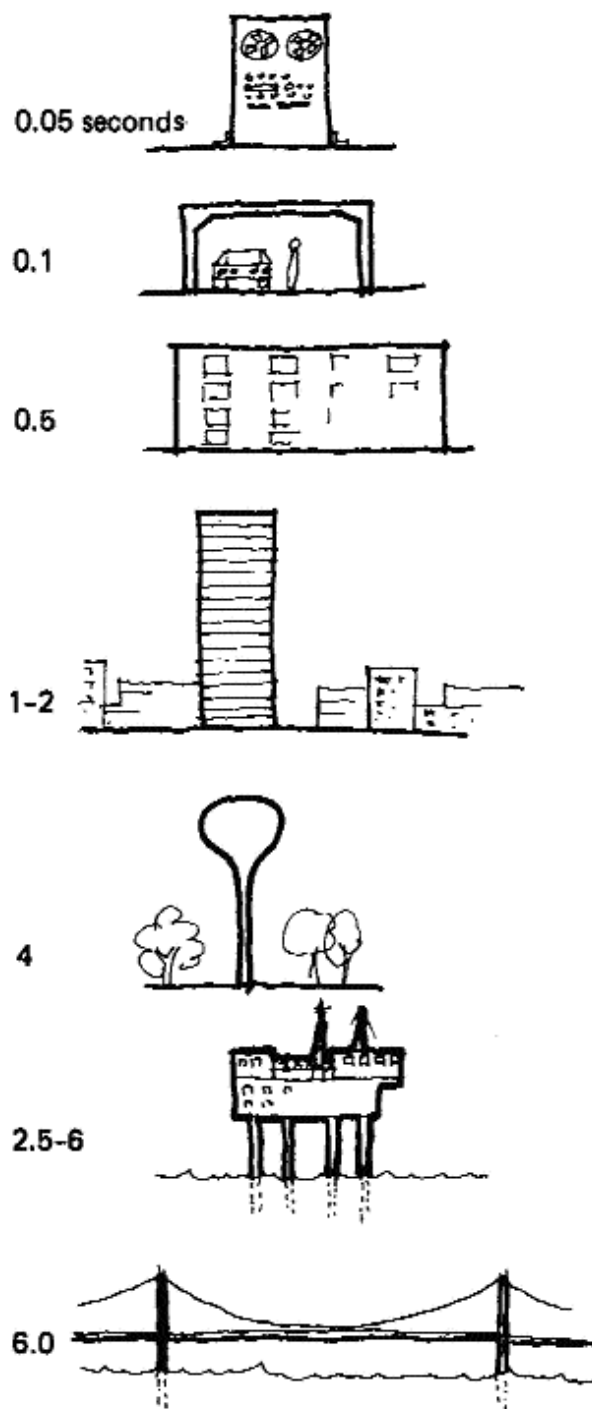
### 1.2.2 Περίοδος και συντονισμός

Ας φανταστούμε ότι κάποιος κινεί στη βάση του εμπρός-πίσω έναν ιστό σημαίας με ένα φορτίο στην άκρη του, προσπαθώντας να τον σπάσει. Για να επιτύχει τον σκοπό του θα προσαρμόσει σύντομα τον ρυθμό των κινήσεών του με τον ρυθμό των μετακινήσεων του ιστού. Ας υποθέσουμε δε ότι ο ιστός μετακινείται εμπρός και πίσω, εκτελεί δηλαδή ένα πλήρη κύκλο κίνησης, σε 1 sec. Ο χρόνος ενός πλήρους κύκλου κίνησης ενός σώματος ή κατασκευής, που βρίσκεται σε διέγερση, καλείται ιδιοπερίοδος και μετράται σε sec. Ο ιστός λοιπόν της σημαίας έχει ιδιοπερίοδο 1 sec.

Οι κινήσεις του εδάφους λόγω του σεισμού ασκούν στα κτήρια ωθήσεις ανάλογες με αυτές που ασκούνται σείοντας τον ιστό. Εφόσον συμπίπτει η περίοδος κίνησης της βάσης του ιστού (ή του εδάφους στην περίπτωση σεισμού) με την ιδιοπερίοδο του ιστού (ή ενός κτηρίου) τότε έχουμε το φαινόμενο του συντονισμού. Όταν αυτό συμβαίνει, οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω στον ιστό αυξάνονται και η μετακίνησή του είναι μεγαλύτερη. Θα πρέπει βέβαια, η διέγερση που δίδεται στη βάση να έχει αρκετή διάρκεια για να προκύψει ο συντονισμός.

Κάθε κτήριο χαρακτηρίζεται από την ιδιοπερίοδό του. Οι ιδιοπερίοδοι των κατασκευών κυμαίνονται μεταξύ 0.05 sec για ένα καλά αγκυρωμένο στοιχείο κτηριακού εξοπλισμού, 0.1 sec για ένα μονώροφο κτήριο, 0.5 για ένα κτήριο έως πέντε-έξι ορόφων και μεταξύ 1 και 2 sec για ένα ψηλό κτήριο 12 έως 20 ορόφων.

Μια υπερυψωμένη δεξαμενή νερού στηριγμένη σε ένα υποστύλωμα μπορεί να έχει ιδιοπερίοδο 4 sec, μια μεγάλη ανηρτημένη γέφυρα μπορεί να φθάνει τα 6 sec (βλ. σχ. 2).



Σχήμα 2. Οριζόντιες ιδιοπερίοδοι διαφόρων κατασκευών. Πηγή: C. Arnold, R. Reitherman. Building configuration & seismic design.

Η φυσική ιδιοπερίοδος ή δεσπόζουσα περίοδος των διαφόρων τύπων του εδάφους μπορεί να εκτιμηθεί με μεθόδους που στηρίζονται στην εμπειρία προηγούμενων σεισμών, σε εδάφη με τα ίδια ή ανάλογα χαρακτηριστικά, όπως και με ενόργανες μετρήσεις. Αυτές οι εκτιμήσεις αποτυπώνονται σ' ένα διάγραμμα που απεικονίζει την αναμενόμενη συμπεριφορά του εδάφους σε μια περιοχή. Γενικά ισχύει η σχέση:

$$T_s = \frac{4H}{V_s}$$

(όπου  $T_s$  η δεσπόζουσα οριζόντια περίοδος του εδάφους,  $H$  το πάχος των μαλακών ιζημάτων πάνω από το βραχώδες υπόβαθρο και  $V_s$  η ταχύτητα των  $S$  κυμάτων).

Για τα κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα στη χώρα μας μπορεί να ισχύει η σχέση:

$$T_b = 0.08 \times N \text{ (όπου } N \text{ ο αριθμός ορόφων του κτηρίου).}$$

### 1.2.3 Απόσβεση (Damping)

Αν η ιδιοπερίοδος ενός κτηρίου συμπίπτει με την ιδιοπερίοδο του εδάφους, η επιτάχυνση του σεισμού πολλαπλασιάζεται. Αυτή η αύξηση μπορεί να είναι πολύ μεγάλη. Για ένα εκκρεμές μπορεί να είναι 50 φορές μεγαλύτερη, αύξηση που για ένα κτήριο, θα είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη καταστροφικά μεγάλων δυνάμεων. Όμως, τα κτήρια δεν αποκρίνονται στον συντονισμό με την αμεσότητα του μηχανισμού του εκκρεμούς, διότι διαθέτουν **απόσβεση**. Αυτό σημαίνει ότι δεν ανταποκρίνονται άμεσα στις δονήσεις και όταν τεθούν σε κίνηση, τείνουν να επανέλθουν γρήγορα στην αρχική τους θέση. Το μέγεθος της απόσβεσης σε ένα κτήριο εξαρτάται από το επίπεδο των αναπτυσσόμενων τάσεων, τις συνδέσεις και τον τρόπο κατασκευής του ανάλογα με το αντίστοιχο υλικό, τα υλικά κατασκευής του και τα μη φέροντα στοιχεία του και μπορεί να εκτιμηθεί λαμβάνοντας υπόψη την προηγούμενη συμπεριφορά στο σεισμό ομοειδών κατασκευών και, γενικότερα, πειραματικά.

**Κρίσιμη (οριακή) απόσβεση** είναι το ποσόν της απόσβεσης που απαιτείται για να εμποδίσει την ταλάντωση να εκδηλωθεί και η απόσβεση μίας κατασκευής μετράται σαν ποσοστό της κρίσιμης απόσβεσης.

Δεν μπορεί να γίνει αναλυτική προσέγγιση της θεωρίας της απόσβεσης και, ακόμη και τα εμπειρικά δεδομένα που διαθέτουμε, είναι ποσοτικά ανεπαρκή. Γι' αυτό δεχόμαστε, κατά παραδοχή, ένα ποσοστό απόσβεσης κυμαινόμενο μεταξύ του 2-15% για τα κτήρια. Όταν εισάγεται η παράμετρος της απόσβεσης, η γενική μορφή της απόκρισης του κτηρίου παραμένει η ίδια, τα μεγέθη όμως μειώνονται σημαντικά.

Τα εύκαμπτα κτήρια, όπως π.χ. τα κτήρια με μεταλλικό φέροντα οργανισμό δεν διαθέτουν σημαντική απόσβεση, σε αντίθεση με τις άκαμπτες κατασκευές, όπως είναι π.χ. οι κατασκευές από οπλ. σκυρόδεμα.

Οι σημερινοί αντισεισμικοί κανονισμοί αναγνωρίζουν τα πλεονεκτήματα των ελαστικών κατασκευών, επιτρέποντας μείωση των σεισμικών συντελεστών. Όμως, οι κινήσεις που πραγματοποιούνται από την ταλάντωση σε τέτοιες εύκαμπτες κατασκευές, όπως π.χ. κτήρια με μεταλλικό σκελετό και ελαφρά κινητά τοιχοπετάσματα, είναι τέτοιας έκτασης, που προκαλούν μεγάλες καταστροφές στα μη φέροντα στοιχεία τους. Αυτό σημαίνει ότι αν και ένας κατάλληλα σχεδιασμένος εύκαμπτος φέρων οργανισμός κτηρίου είναι εξίσου ασφαλής με ένα άκαμπτο, η οικονομική ζημιά που προκύπτει από τις καταστροφές στα μη φέροντα στοιχεία, είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι στο δύσκαμπτο και πλάστιμο κτήριο. Άλλωστε είναι πολύ πιο δαπανηρή η κατασκευή ενός εύκαμπτου κτηρίου, που να έχει τον ίδιο βαθμό αντισεισμικότητας με ένα δύσκαμπτο.

### 1.2.4 Πλαστιμότητα (ductility)

Ακόμη και αν ο συντονισμός αποφευχθεί και το κτήριο έχει επαρκή πλαστιμότητα, η ανάλυση δείχνει ότι οι κατασκευές υπόκεινται σε δυνάμεις, που είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες, που σύμφωνα με τους κανονισμούς λαμβάνουμε υπόψη για τον σχεδιασμό, δηλ. πλάγια δύναμη περίπου 10-20% της μάζας του κτηρίου και επιτάχυνση του εδάφους περίπου 10-30 % του g. Ένας μεγάλος σεισμός παράγει επιτάχυνση σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν. Το γεγονός ότι κάτω από τέτοιες συνθήκες τα κτήρια δεν καταρρέουν, οφείλεται σε μια ιδιότητα των μελών της κατασκευής, που καλείται **πλαστιμότητα** σε συνδυασμό με την απόσβεση που ήδη αναφέρθηκε. Πλαστιμότητα είναι η ιδιότητα ορισμένων υλικών, όπως π.χ. ο χάλυβας και σε μικρότερο βαθμό το οπλισμένο με χάλυβα σκυρόδεμα, να καταστρέφονται μόνον αφού έχουν υποστεί σημαντικό βαθμό ανελαστικής και επαναλαμβανόμενης παραμόρφωσης. Μπορούν δηλαδή να απορροφούν ενέργεια ενώ υφίστανται ανελαστική παραμόρφωση χωρίς να καταστρέφονται. Ανελαστική παραμόρφωση είναι αυτή κατά την οποία το υλικό, αφού υποστεί παραμόρφωση δεν επανέρχεται στην αρχική του μορφή. Τα εύθραυστα υλικά, όπως οι οπτοπλινθοδομές και οι λιθοδομές αντίθετα, καταστρέφονται απότομα και με μικρή ακόμα ανελαστική παραμόρφωση.

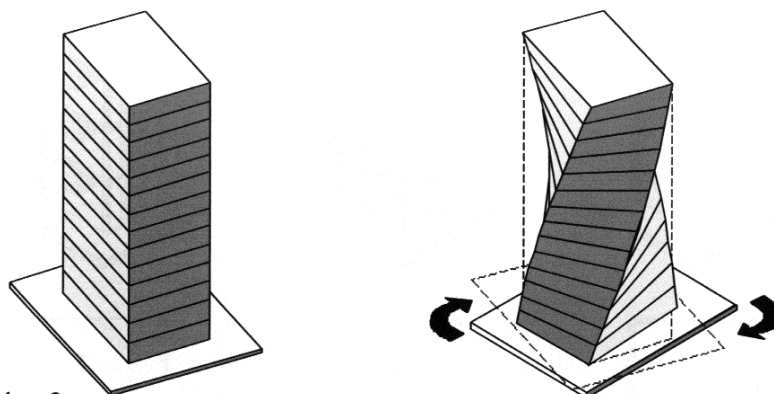
Σχεδόν όλα τα κτήρια συνδυάζουν κάποια στοιχεία που είναι εύκαμπτα (ελαστικά), με άλλα που είναι δύσκαμπτα. Ο κατάλληλος συνδυασμός, γνωρίζοντας την συμπεριφορά του κάθε υλικού, μπορεί να δώσει κτήρια που έχουν την βέλτιστη απόκριση στο σεισμό. Ένα κλασικό παράδειγμα κακού συνδυασμού ελαστικού και ανελαστικού υλικού σε κτήριο είναι για παράδειγμα η χρησιμοποίηση τοιχοποιίας από τούβλα (ανελαστικό-ψαθυρό υλικό), σε τοίχους πλήρωσης κτηρίου με χωρικό χαλύβδινο πλαίσιο, ή με χωρικό πλαίσιο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι αρχιτέκτονες κατά τον σχεδιασμό, πρέπει να έχουν πλήρη αντίληψη της έννοιας της πλαστιμότητας και της αντίστοιχης συμπεριφοράς των υλικών στο σεισμό, ώστε να τα χρησιμοποιούν κατά τον ενδεδειγμένο τρόπο.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες πρέπει να συνεκτιμηθούν προκειμένου να καταλήξουμε στην βέλτιστη επιλογή.

### 1.2.5 Στρέψη (Torsion)

Το κέντρο βάρους ενός αντικείμενου είναι το σημείο στο οποίο μπορεί να ισορροπήσει χωρίς να προκύπτει καμία ροπή περιστροφής. Κανονικά κατανεμημένη μάζα σε ένα αντικείμενο οδηγεί στην σύμπτωση του γεωμετρικού του κέντρου με το κέντρο βάρους του.

Όταν η μάζα του κτηρίου είναι ανισομερώς κατανεμημένη ή το κέντρο βάρους της μάζας του δεν συμπίπτει με το γεωμετρικό κέντρο βάρους του, τότε υπό την επίδραση των δυνάμεων του σεισμού προκαλείται το φαινόμενο της στρέψης (Torsion), που είναι ανάλογο με την περιστροφή του κτηρίου γύρω από τον κατακόρυφο του άξονα (βλ. σχ. 3) και αυτό υπό την προϋπόθεση ότι τα ελαστικά στοιχεία σύνδεσης με το έδαφος είναι κανονικά και συμμετρικά διατεταγμένα. Βεβαίως, στρεπτικές κινήσεις μπορεί να προκύψουν και σε συμμετρικά κτήρια με κατάλληλη διάγερση από το έδαφος.

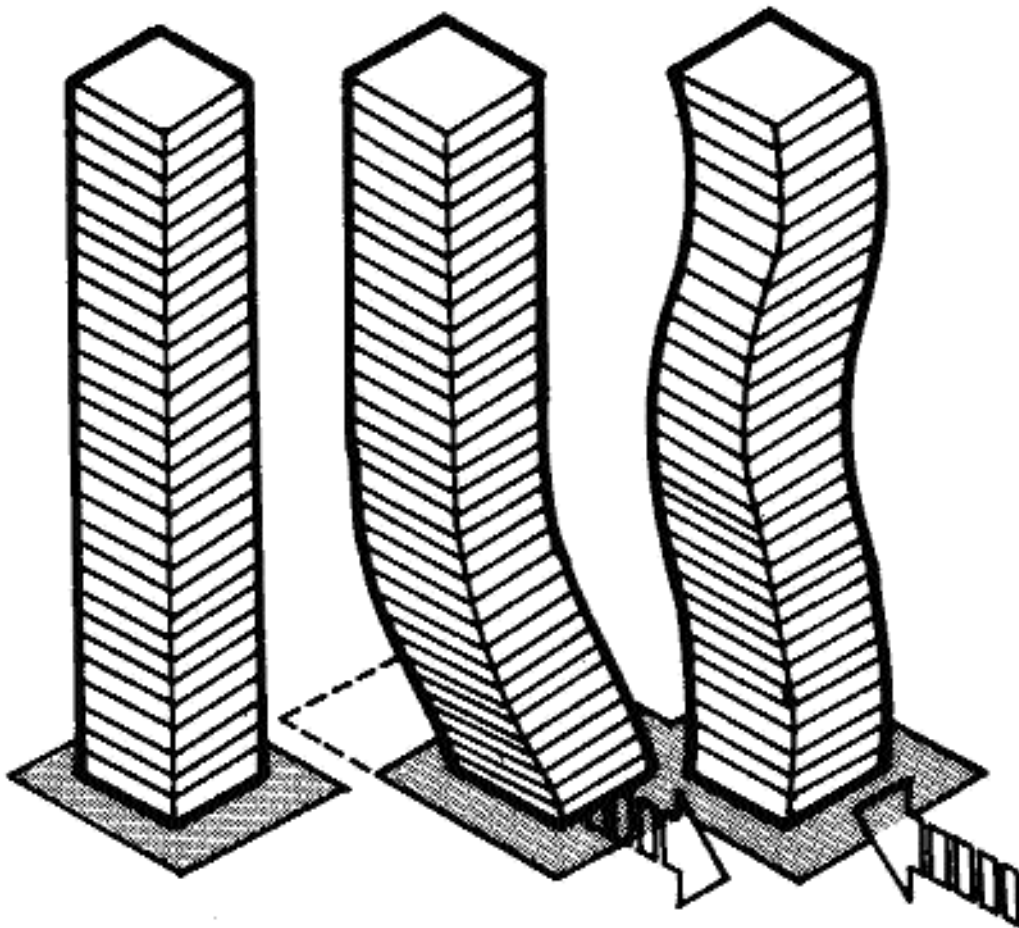


Σχήμα 3

### 1.2.6 Οριζόντια σχετική μετατόπιση (Drift)

Η σχετική οριζόντια μετατόπιση μεταξύ των ορόφων ενός κτηρίου προκαλείται από τις διαφορετικές κινήσεις των γειτονικών ορόφων. Το έδαφος κατά τον σεισμό κινείται προς μια κατεύθυνση και απότομα αρχίζει να κινείται προς την αντίθετη. Όταν συμβαίνει ένας ισχυρός σεισμός, το κτήριο ωθείται με δύναμη εμπρός και πίσω οριζόντια και επίσης πάνω-κάτω, σε αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που κινείται το έδαφος. Αυτό σημαίνει, ότι ενώ το έδαφος σείεται με σφοδρότητα εμπρός-πίσω παρασύροντας και τα θεμέλια του κτηρίου μαζί, η υπερκατασκευή του κτηρίου τείνει να μείνει ακίνητη, όπως π.χ. ένας επιβάτης οχήματος που επιταχύνει απότομα. Από τη στιγμή που το κτήριο αρχίζει να κινείται λόγω του σεισμού, τείνει να συνεχίσει την κίνησή του προς την ίδια κατεύθυνση, όμως το έδαφος κινείται πάλι προς την αντίθετη κατεύθυνση (σαν ο οδηγός του οχήματος στο παράδειγμα να επιταχύνει απότομα και έπειτα να φρενάρει απότομα). Έτσι το κτήριο ωθείται μπρος και πίσω από την κίνηση του εδάφους, με την υπερκατασκευή του να καθυστερεί, σε σχέση με την κίνηση των θεμελίων και μετά να κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση.

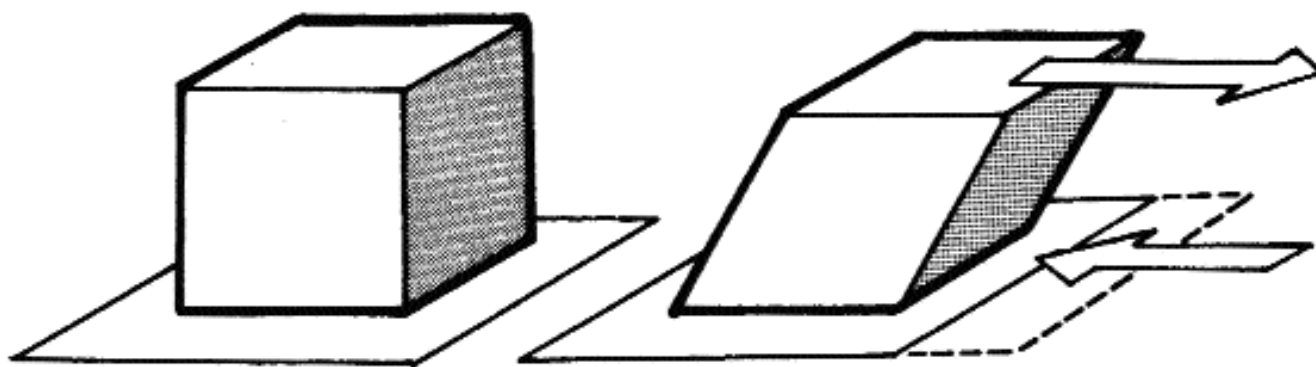
Ιδιαίτερα στα ψηλά κτήρια, μπορεί οι χαμηλοί όροφοι να κινούνται προς μία κατεύθυνση, ενώ οι ανώτεροι προς την αντίθετη (βλ. σχ.4).



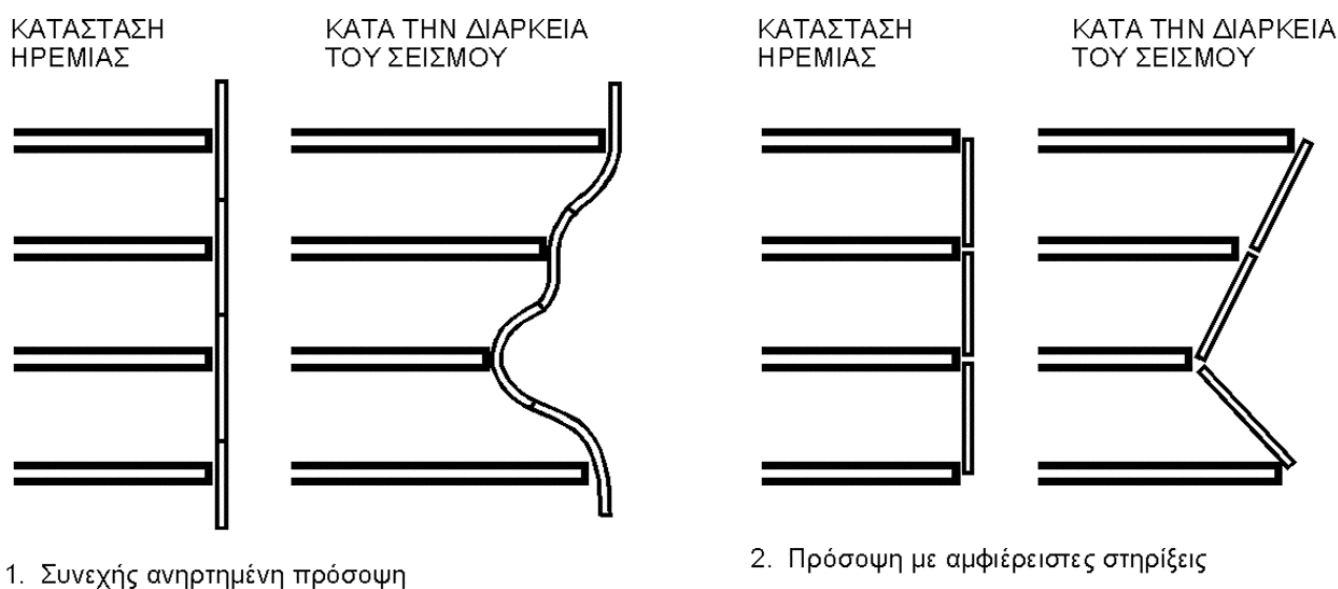
**Σχήμα 4.** Σε ένα πολυώροφο κτήριο, κάποιοι όροφοι του κτηρίου κινούνται προς μια κατεύθυνση, ενώ την ίδια στιγμή υπερκείμενοι ή κατώτεροι όροφοι κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Πηγή: NSF. AIA: Architects & Earthquakes.





**Σχήμα 5.** Στο σχήμα φαίνεται η οριζόντια σχετική μετατόπιση και η μείωση του ύψους του ορόφου που προκύπτει λόγω αυτής. Πηγή: NSF. AIA: Architects & Earthquakes.



**Σχήμα 6.** Στο σχήμα φαίνεται η επίδραση της οριζόντιας σχετικής μετατόπισης ορόφων στις ανηρτημένες προσόψεις (curtain walls). Στην περίπτωση συνεχούς πρόσοψης, οι ζημιές είναι πολύ μεγαλύτερες. Πηγή: NSF. AIA: Architects & Earthquakes.

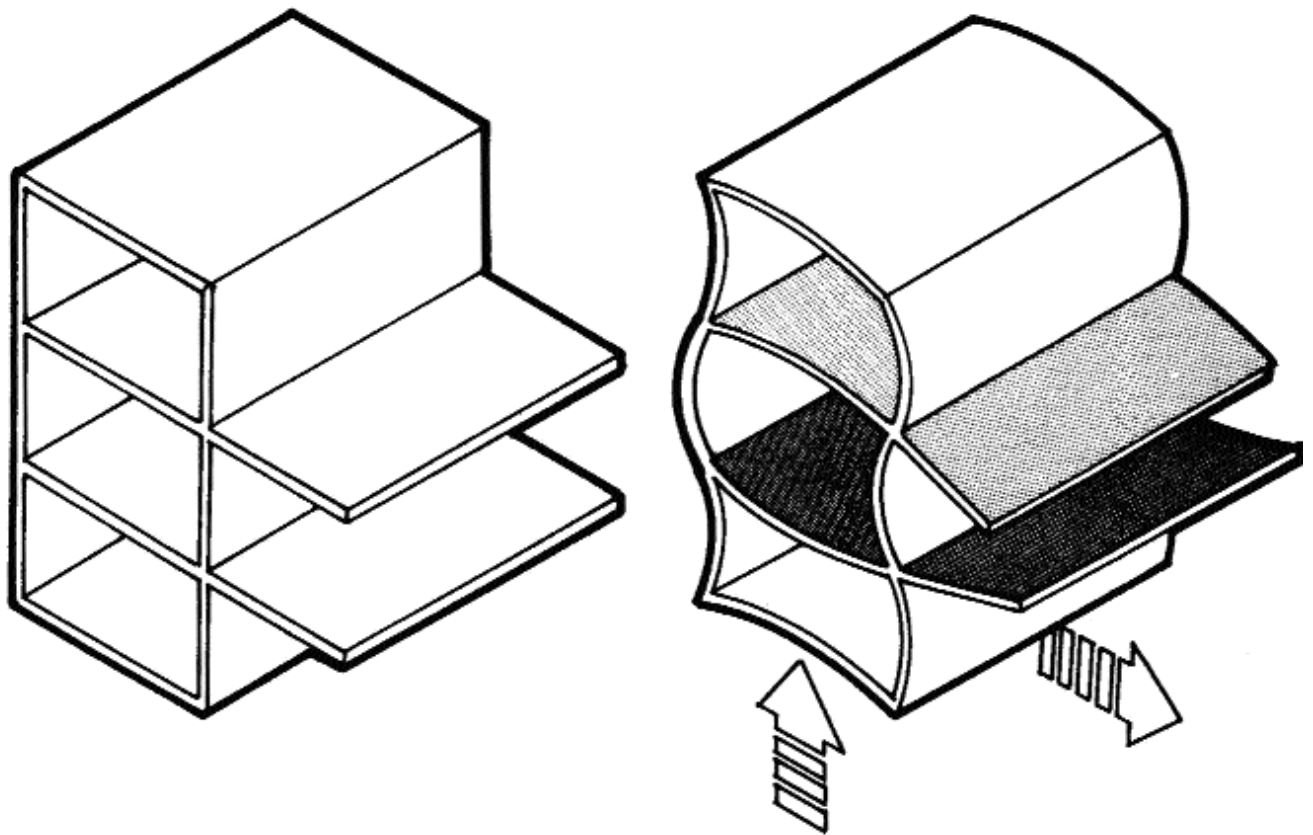
Ανάλογα με το μέγεθος της μετατόπισης μπορεί να προκύψει μερική ή και ολική κατάρρευση του κτηρίου ή πολύ σημαντική ζημιά στα μη φέροντα στοιχεία του.

Τα μη φέροντα στοιχεία που είναι πιο ευάλωτα στην οριζόντια μετατόπιση, είναι αυτά που έχουν ύψος πλήρους ορόφου, όπως οι τοίχοι πληρώσεως ή ακόμη περισσότερο είναι συνεχή σε περισσότερους ορόφους, όπως π.χ. τα τοιχοπετάσματα (curtain walls), ή κατακόρυφες σωληνώσεις και εγκαταστάσεις.

### 1.2.7 Μετατόπιση προβόλων

Οι πρόβολοι προκαλούν κατά τον σεισμό μεγάλες ροπές στο σημείο πακτώσεως και πιθανόν με αντίθετη φορά από όροφο σε όροφο και τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του προβό-

λου. Καθώς οι πρόβολοι συνήθως προέχουν από τους εξωτερικούς τοίχους, αυτό έχει ως συνέπεια μεγάλες καταστροφές σε εξωτερικούς τοίχους πληρώσεως και εξωτερικά υαλοστάσια που θέτουν σε κίνδυνο ζωής τους διερχόμενους πολίτες.



**Σχήμα 7.** Οι μεγάλοι πλάτους πρόβολοι προκαλούν μεγάλες ροπές στα σημεία πακτώσεως. Κατά την διάρκεια του σεισμού, η κατακόρυφη μετακίνηση των προβόλων μπορεί να έχει αντίθετη κατεύθυνση από αυτή των συνεπίπεδων γειτονικών τους ορόφων. Πηγή: NSF. AIA: Architects & Earthquakes.

## 1.3 Κίνδυνοι σχετιζόμενοι με τη θέση της εγκατάστασης

### 1.3.1 Επιλογή της θέσης εγκατάστασης της βιομηχανίας

Η επιλογή κατάλληλης θέσης για την εγκατάσταση μιας Βιομηχανίας σε σειсмоγενή περιοχή είναι κρίσιμης σημασίας. Πρέπει να εξεταστεί η επίδραση των χαρακτηριστικών του εδάφους θεμελίωσης και των γειτονικών εδαφών στην κίνηση του εδάφους που θα αντιμετωπίσουν τα κτήρια κατά τον σεισμό. Επίσης, θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της σεισμικής τρωτότητας γειτονικών κατασκευών που μπορεί να επηρεάσουν την βιομηχανία.

Θα πρέπει να γίνει κατ' αρχήν, μια εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου.

Κανένα έδαφος δεν είναι ιδανικό όταν το σεισμικό γεγονός είναι πολύ μεγάλο. Υπάρχουν όμως εδάφη που είναι τόσο προβληματικά, που θα πρέπει να αποφεύγονται, αν είναι δυνατόν.

Οι παράγοντες που πρέπει να λάβουμε υπόψη για την χωροθέτηση της Βιομηχανικής εγκατάστασης είναι:

1. η ύπαρξη σεισμικών ρηγμάτων κοντά στην περιοχή εγκατάστασης
2. σεισμολογικά στοιχεία για το είδος, το μέγεθος και την συχνότητα των σεισμών στην περιοχή
3. η ύπαρξη σεισμικού ρήγματος, που να περνάει μέσα από την περιοχή εγκατάστασης (οικόπεδο)
4. άλλοι κίνδυνοι σχετιζόμενοι με τους σεισμούς, όπως κατολισθήσεις, ρευστοποίηση του εδάφους, καθιζήσεις, κίνδυνος από πλημμύρες και τσουνάμια.

Τέτοιες πληροφορίες παρέχουν οι μικροζωνικοί χάρτες της περιοχής, εφόσον υπάρχουν και ο αντισεισμικός κώδικας.

### Μεγάλες επιφανειακές παραμορφώσεις του εδάφους

Μεγάλες και μόνιμες παραμορφώσεις του εδάφους συμβαίνουν συχνά κατά τον σεισμό, όπου υπάρχουν επιφανειακά ρήγματα. Κατά μήκος αυτών των ρηγμάτων, μπορεί να συμβούν μετακινήσεις εδαφών, οριζόντιες ή κατακόρυφες, της τάξεως του μέτρου ή και μερικών μέτρων. Ακόμα και σε μια περιοχή της τάξεως των 500 μέτρων γύρω από την θέση του ρήγματος, οι παραμορφώσεις του εδάφους είναι αρκετές, ώστε να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές στις κατασκευές.

Τα ρήγματα συνήθως δημιουργούνται επαναλαμβανόμενα στις ίδιες περίπου θέσεις, γι' αυτό είναι καλύτερα να αποφεύγεται η ανέγερση στην γειτονική περιοχή γνωστών παλαιότερων ρηγμάτων. Ιδιαίτερα όταν η Βιομηχανική εγκατάσταση αφορά ευαίσθητους τομείς, όπως οι ενεργειακοί σταθμοί, ή εγκαταστάσεις παραγωγής χημικών προϊόντων, ή καυσίμων, ή άλλους τομείς που είτε η καταστροφή τους μπορεί να προκαλέσει περιβαλλοντική καταστροφή ή να στερήσει από το κοινωνικό σύνολο ουσιώδεις υπηρεσίες.

### Ρευστοποίηση του εδάφους

Η λόγω του σεισμού προκαλούμενη ρευστοποίηση του εδάφους έχει αποδειχθεί καταστροφική κατά το παρελθόν σε ένα μεγάλο αριθμό σεισμών. Ορισμένοι τύποι εδαφών, που διαθέτουν αρκετά υψηλό υδροφόρο ορίζοντα, όταν υποστούν τους κραδασμούς του σεισμού, χάνουν ξαφνικά όλη τους την αντοχή (διατμητική αντοχή) και συμπεριφέρονται ως ρευστά. Ως συνέπεια, η έδραση των θεμελίων χάνει την αντοχή της και το κτήριο βυθίζεται ή ολισθαίνει, μαζί με μάζες ρευστοποιημένου εδάφους. Οι έρευνες έχουν αποδείξει, ότι ρευστοποιήσεις συμβαίνουν σε εδάφη μικρής συνεκτικότητας, όπως η λεπτή άμμος ή ο βούρκος ή εδάφη με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα, όπως ήδη αναφέρθηκε. Τέτοια εδάφη είναι συνήθως αυτά που έχουν σχηματιστεί από προσχώσεις ποταμών ή θαλάσσιες και αποτελούνται από ιζήματα που έχουν αποτεθεί στη διάρκεια των τελευταίων αιώνων (είναι δηλ. πρόσφατα -ασυμπύεστα).

Καλό είναι να αποφεύγεται η δόμηση σε παρόμοια εδάφη, τουλάχιστον μεγάλων κτηρίων, και αν αυτό δεν είναι δυνατόν η θεμελίωση να γίνεται με κατάλληλο τρόπο ώστε να αναιρείται το πρόβλημα (πάσσαλοι, γενική κοιτόστρωση, αντικατάσταση και βελτίωση του εδάφους).

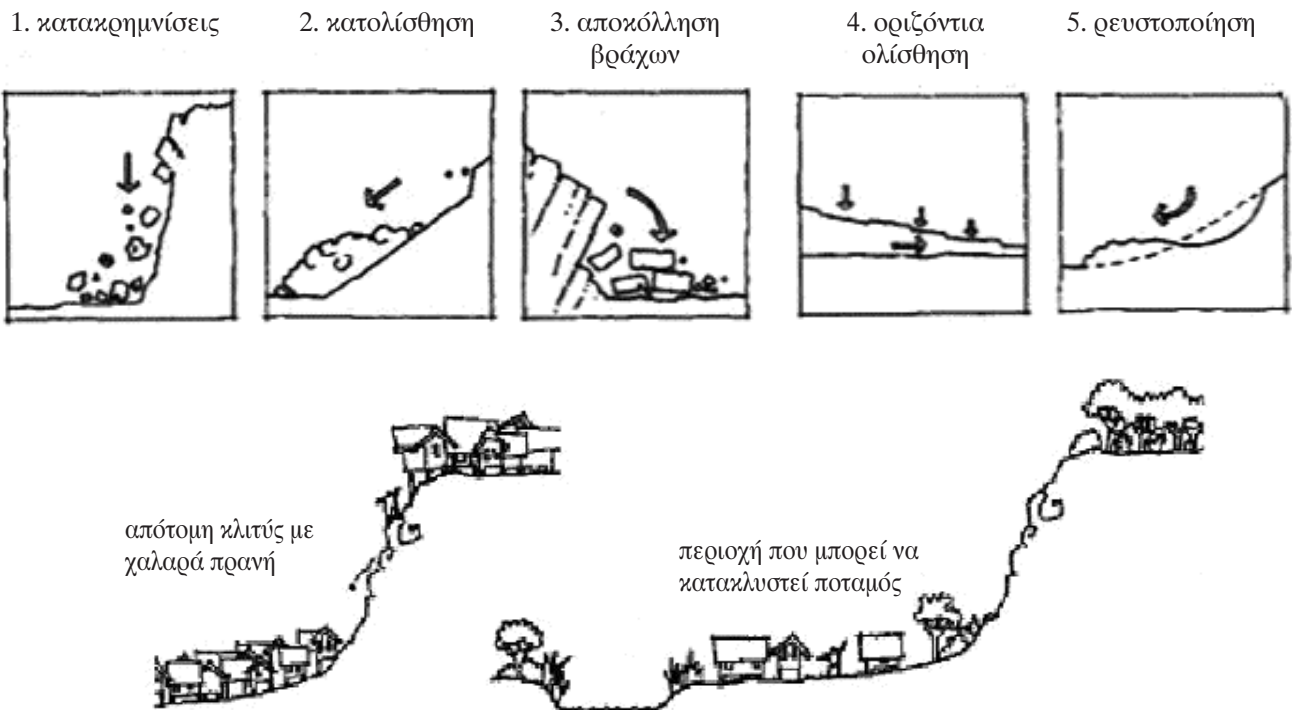
### Κατολισθήσεις

Τα πρηνή (κεκλιμένα εδάφη) από βραχώδεις μάζες, που είναι σταθερά υπό κανονικές συνθήκες, μπορεί όταν συμβεί ο σεισμός να αρχίσουν να ολισθαίνουν μερικές φορές αργά και σταδιακά, σε κάποιες περιπτώσεις, όμως, με δραματικό τρόπο. Οι κατολισθήσεις αυτές είναι πλέον πιθανό να συμ-

βούν όταν το έδαφος έχει διαβραχεί, μετά από νεροποντή. Είτε η ολίσθηση είναι αργή και σταδιακή είτε απότομη, προκαλείται ολοκληρωτική καταστροφή κάθε κτίσματος που έχει θεμελιωθεί σε κατολισθαίνον έδαφος. Οι κατολισθήσεις είναι αιτία σημαντικών ζημιών από σεισμούς σε ορεινές περιοχές (πλαγιές βουνών), που επλήγησαν από σεισμό.

Το μόνο αποτελεσματικό μέτρο προστασίας από τις κατολισθήσεις είναι να αποφεύγεται η δόμηση σε περιοχές που υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορεί να συμβούν.

Μπορούν σε κάποιες περιπτώσεις ολισθαίνοντα πρανή να σταθεροποιηθούν με αποστράγγιση, τοίχους αντιστήριξης, με φύτευση χλωρίδας με βαθύ και ισχυρό ριζικό σύστημα και άλλες γεωτεχνικές μεθόδους, χωρίς όμως να λύνεται οριστικά το πρόβλημα.



Σχήμα 8. Στο σχήμα φαίνονται διάφορες δυσμενείς θέσεις για την εγκατάσταση της βιομηχανίας.

## Τσουνάμια

Τα τσουνάμια είναι θαλάσσια κύματα υψηλής ταχύτητας με μεγάλο μήκος κύματος που προκαλούνται από σεισμούς που συμβαίνουν στον βυθό της θάλασσας, όταν λόγω του σεισμού προκληθεί απότομη, ιδιαίτερα κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, μετακίνηση του εδάφους του βυθού. Τσουνάμι είναι δυνατόν να δημιουργηθεί και στην περίπτωση πτώσης των πρανών της ακτογραμμής.

Τα τσουνάμια διανύουν μεγάλες αποστάσεις στη θάλασσα ξεκινώντας από το επίκεντρο του σεισμού με ταχύτητες που ξεπερνούν τα 600 Km/h και όταν φθάσουν στην ακτή, ανάλογα με την διαμόρφωσή της, σχηματίζουν κύματα μεγάλου ύψους, υπό μορφή υδάτινου τείχους, που μπορούν να κατακλύσουν παραθαλάσσιες περιοχές σε μεγάλη απόσταση από την ακτή. Στην ανοικτή θάλασσα τα τσουνάμια έχουν χαμηλό ύψος και λόγω του μεγάλου μήκους κύματος, μπορεί να περάσουν απαρατήρητα. Είναι χαρακτηριστικό, ότι ο Όμηρος αποκαλεί το τσουνάμι «**βωβόν κύμα**».

Καθώς όμως το κύμα πλησιάζει την ακτή, η ταχύτητά του μειώνεται και το ύψος του αυξάνει. Έχουν



παρατηρηθεί ύψη κύματος ακόμη και 50 μέτρων σε τσουνάμια. Ιδιαίτερο κίνδυνο από τσουνάμια διατρέχουν παραθαλάσσιες περιοχές με χαμηλό υψόμετρο. Τα τσουνάμια δεν είναι άγνωστα στον ελληνικό χώρο, από την αρχαιότητα ακόμη, καθώς πολλοί σεισμοί στη χώρα μας είναι υποθαλάσσιοι. Ένα τεράστιο τσουνάμι, που ακολούθησε την έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης τον 15ο αιώνα π.Χ., έπληξε τα βόρεια παράλια της Κρήτης και πιθανολογείται ότι αποτέλεσε την αιτία της ραγδαίας παρακμής του λαμπρού Κρητομινωϊκού πολιτισμού. Τα τσουνάμια μπορεί να είναι αιτία ακόμη και ολοκληρωτικής καταστροφής σε παραθαλάσσιες περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, όπως τραγικά απέδειξε το πρόσφατο τσουνάμι στον Ινδικό ωκεανό, που έπληξε την Ινδονησία και τη Σρι-Λάνκα, προκαλώντας τουλάχιστον 250.000 θανάτους και ανυπολόγιστες καταστροφές. Στη Μεσόγειο τα τσουνάμια είναι συνήθως σχετικά μικρά, δεν είναι όμως σπάνια.

Με βάση ιστορικά στοιχεία, έχουν καταγραφεί 150 εκδηλώσεις θαλασσιών σεισμικών κυμάτων στη Μεσόγειο, με πρόσφατη περίπτωση το τσουνάμι που έπληξε την Αμοργό το 1956. Ακόμη και ένα μικρό τσουνάμι όμως, μπορεί να είναι πολύ καταστροφικό σε παραθαλάσσιες και πυκνοκατοικημένες περιοχές. Εφόσον οι ακτές, και κατά συνέπεια η κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας περιοχή, έχει κατακόρυφα πρηνή με οριζόντιο πυθμένα, δεν παράγονται τσουνάμια. Επίσης, θα μπορούσε να υπάρξει προστασία από τσουνάμια εφόσον ποτισθούν ισχυροί και ικανής μάζας ογκόλιθοι, σε κατάλληλη απόσταση από την ακτογραμμή για την εκτόνωση της ενέργειας των κυμάτων.

Καλόν είναι εγκατάσταση μιας βιομηχανίας, εφόσον δεν υπάρχουν μελέτες που να αποδεικνύουν ότι δεν υφίσταται κίνδυνος από τσουνάμια στην περιοχή, να μην κατασκευάζεται σε υψόμετρο χαμηλότερο των 30-40 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Αυτό ισχύει για μια απόσταση 500 περίπου μέτρων από την ακτή.

### **Ενίσχυση (ή καλύτερα, διαμόρφωση) της δόνησης**

Για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η πιθανή επίδραση του εδάφους θεμελίωσης στην ενίσχυση των σεισμικών κυμάτων κατά τον σεισμό.

Έχει παρατηρηθεί, ότι οι ζημιές από τον σεισμό είναι μεγαλύτερες σε κτήρια που είναι θεμελιωμένα σε μαλακά εδάφη, από ότι σε αυτά που θεμελιώνονται σε σκληρά ή βραχώδη εδάφη. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι τα κτήρια που θεμελιώνονται σε μαλακά εδάφη «γερούν» γρηγορότερα από εκείνα που είναι θεμελιωμένα σε βραχώδη εδάφη. Και αυτό, με το δεδομένο ότι ο σεισμός αποκαλύπτει όλα τα προβλήματα που έχει ένα κτήριο μέχρι τη στιγμή της εμφάνισής του και που μέχρι τότε παρέμεναν αφανή. Γενικά πρέπει να προτιμάται η θεμελίωση σε σκληρά και βραχώδη εδάφη, όπου όμως αυτό δεν είναι δυνατόν, θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη κατά τον σχεδιασμό του κτηρίου και της θεμελίωσης, για το ενδεχόμενο μεγαλύτερων σεισμικών φορτίων. Σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να προηγείται του σχεδιασμού των εγκαταστάσεων γεωτεχνικός έλεγχος του εδάφους για να είναι γνωστό κάτω από ποιες συνθήκες θα γίνει η οικοδόμηση και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα.

### **Εδάφη που αποτελούνται από αλλουβιακές αποθέσεις**

Τα εδάφη αυτά έχουν μεγάλη φυσική ιδιοπερίοδο και έχουν την ιδιότητα να πολλαπλασιάζουν τα μεγάλης περιόδου σεισμικά κύματα, ενώ απορροφούν τα υπόλοιπα. Τα μεγάλης περιόδου σεισμικά κύματα επηρεάζουν περισσότερο τα υψηλά και εύκαμπτα κτήρια. Θα πρέπει σε τέτοια εδάφη να αποφεύγεται ή και να απαγορεύεται η δόμηση υψηλών και εύκαμπτων κτηρίων ή κτηρίων των οποίων η ιδιοπερίοδος είναι παρόμοια με αυτή του εδάφους. Καλό είναι, στις περιπτώσεις όπου είναι δυνατόν, να αποφεύγονται εντελώς τέτοια εδάφη για εγκατάσταση, καθώς το φαινόμενο του συντονισμού

και οι παράμετροι που το επηρεάζουν δεν έχει ακόμη επαρκώς αναλυθεί. Ιδιαίτερα για βιομηχανικά κτήρια, τα οποία εν γένει έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

α) μεγάλα ύψη ορόφου (μεγάλη ιδιοπερίοδος)

β) μεγάλα ανοίγματα δοκών-πλακών (μεγάλη ιδιοπερίοδος)

γ) μεγάλες διαστάσεις κάτοψης (ευαισθησία σε διαφορικές καθιζήσεις)

δ) έλλειψη διαφραγματικής λειτουργίας (μεγάλη ιδιοπερίοδος, ευαισθησία σε στρεπτικές ταλαντώσεις και διαφορικές οριζόντιες μετακινήσεις της οροφής),

θα πρέπει να αποφεύγεται η δόμηση σε μαλακά εδάφη, για τους λόγους που αναφέρθηκαν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Δομική τρωτότητα

#### 2.1 Γενικά

Ο όρος δομικά στοιχεία αναφέρεται στα μέρη του κτηρίου που είναι απαραίτητα για την φυσική του στήριξη, δηλαδή είναι στοιχεία που ανήκουν στον φέροντα οργανισμό του κτηρίου.

Περιλαμβάνονται τα θεμέλια, τα υποστυλώματα, οι φέροντες τοίχοι ή τοιχώματα, τα δοκάρια και τα λοιπά φέροντα στοιχεία, πλάκες, δοκάρια δοκίδες και συνδυασμός αυτών, οροφές και στέγες, που προορίζονται να μεταβιβάζουν τις (οριζόντιες) δυνάμεις που αναπτύσσονται στο σεισμό, μέσω των δοκών και των υποστυλωμάτων, στην θεμελίωση. Οι εν λόγω οριζόντιες κατασκευές σε συνήθη κτήρια κατοικιών, λειτουργούν συνήθως ως διαφράγματα (είναι σχετικώς προς τα κατακόρυφα στοιχεία απαραμόρφωτα στο επίπεδό τους), ενώ στα βιομηχανικά κτήρια η μη διαφραγματική λειτουργία είναι σχετικά πιο συνηθισμένη.

Όλα τα κτήρια, υφιστάμενα και σχεδιαζόμενα, άρα και τα κτήρια που στεγάζουν βιομηχανίες, πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές των αντισεισμικών κανονισμών. Αυτοί οι κανονισμοί στόχο έχουν να διασφαλίσουν την ασφάλεια των ενοίκων και να επιτρέψουν στην εγκατάσταση να συνεχίσει να λειτουργεί στον επιθυμητό –ανάλογα με τη χρήση και τη σπουδαιότητά της– βαθμό, κατά την διάρκεια του σεισμού και μετά απ' αυτόν. Αν και η απόλυτη σεισμική θωράκιση των κατασκευών είναι οικονομικά μη ρεαλιστική, οι αντισεισμικοί κανονισμοί προβλέπουν κριτήρια σχεδιασμού που να αποτρέπουν την κατάρρευση του κτηρίου μετά από έναν ισχυρό σεισμό.

Η εμπειρία προηγούμενων σεισμών δείχνει ότι όταν οι αντισεισμικοί κανονισμοί είναι επαρκείς, όσον αφορά στο πραγματικό σενάριο κινδύνου και τα κτήρια σχεδιάζονται σύμφωνα με αυτούς και κατασκευάζονται με αυστηρή επίβλεψη για την τήρησή τους, οι ζημιές, γενικά, είναι πολύ περιορισμένες. Τα συμπεράσματα αυτά αναφέρονται βέβαια στις μέσες τιμές μίας καμπύλης, στα άκρα της οποίας θα υπάρχουν ελάχιστες περιπτώσεις με καθόλου ζημιά και ελάχιστες περιπτώσεις με κατάρρευση.

Έτσι λοιπόν, δεν μπορεί ποτέ να αποκλειστεί η πιθανότητα να υπάρξει αστοχία καθώς ο σεισμός είναι ένα εξαιρετικά απρόβλεπτο γεγονός και ποτέ όλες οι παράμετροι δεν είναι δυνατόν να έχουν προβλεφθεί.

Σοβαρές ζημιές ή και καταρρεύσεις μετά από ισχυρό σεισμό είναι συχνά αποτέλεσμα της καταστροφής ενός και μόνο δομικού στοιχείου ή μίας σειράς δομικών στοιχείων με ανεπαρκή πλαστικότητα ή αντίσταση.

Συνήθως οι ζημιές από τον σεισμό που εμφανίζονται σε υποστυλώματα και τοιχώματα, περιλαμβάνουν διαγώνιες ρωγμές λόγω καμπτοδιατμητικών ή στρεπτικών παραμορφώσεων, κατακόρυφες ρωγμές, κυρίως λόγω διάβρωσης του σιδηροπλισμού, αποκολλήσεις της επικάλυψης του υποστυλώματος και παραμόρφωση του διαμήκους οπλισμού, καθώς και θραύση διατομών των εν λόγω στοιχείων. Επίσης, πολλές φορές παρατηρούνται σημαντικές ρωγμές στην περιοχή των κόμβων σύνδεσης με τις δοκούς. Στις δοκούς, παρουσιάζονται συχνά, διαγώνιες ρωγμές που οφείλονται σε καμπτοδιατμητική ή στρεπτική παραμόρφωση όπως και κατακόρυφες ρωγμές, ή και διάρρηξη στις θέσεις του διαμήκους οπλισμού των δοκών και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, ως αποτέλεσμα των εναλλασσόμενων θλιπτικών και εφελκυστικών παραμορφώσεων που ασκούνται σε αυτές λόγω του σεισμού.

Οι σύνδεσμοι (κόμβοι) μεταξύ των δομικών στοιχείων είναι συνήθως τα σημαντικότερα και ευπαθέστερα σημεία. Στις συνδέσεις δοκού-υποστυλώματος, η διάτμηση παράγει διαγώνιες ρωγμές στην περιοχή του κόμβου, όπως ήδη αναφέρθηκε, ενώ συχνά εμφανίζονται αστοχίες στην συγκόλληση και αγκύρωση του διαμήκους οπλισμού, λόγω κακού σχεδιασμού ή υπερβολικά μεγάλων καμπτοδιατμητικών εντάσεων και παραμορφώσεων.

Στις πλάκες μπορεί να προκύψουν ρωγμές λόγω διάτμησης γύρω από το υποστύλωμα και διαμήκεις ρωγμές στο επίπεδο της πλάκας λόγω των υπερβολικών καμπτικών εντάσεων που προκαλεί ο σεισμός. Πολλές φορές στις πλάκες μίας κατεύθυνσης δεν τοποθετείται ο αναγκαίος οπλισμός διανομής και παρατηρούνται ρωγμές παράλληλα με τον κύριο οπλισμό. Επίσης, σε τετραέρειστες πλάκες, επειδή συνήθως δεν τοποθετείται η εσχάρα σιδηροοπλισμού στις γωνιές των στηριξέων πάνω στα υποστυλώματα, παρατηρείται εκεί συγκέντρωση ρωγμών.

Μη κανονικότητες καθ' ύψος, που σημαίνουν απότομες αλλαγές στην ακαμψία μεταξύ διαδοχικών ορόφων, δημιουργούν μη κανονικότητα της απορροφούμενης σεισμικής ενέργειας καθ' ύψος, με αποτέλεσμα να προσελκύουν την απορρόφηση και διάχυση της ενέργειας του σεισμού στους ελαστικούς ορόφους (μαλακούς ορόφους), των οποίων τα δομικά στοιχεία παραμορφώνονται πολύ περισσότερο από όσο μπορούν να αντέξουν, χωρίς να υποστούν ζημιά.

Μη κανονικότητες στην μάζα, την ακαμψία των στοιχείων κάποιας στάθμης και την αντοχή των φερόντων στοιχείων της εν λόγω στάθμης, μπορεί να προκαλέσει στρεπτικές παραμορφώσεις που είναι δύσκολο να εκτιμηθούν. Δηλαδή, αυξάνονται οι αβεβαιότητες σε ότι αφορά στη συμπεριφορά του κτηρίου κατά τον σεισμό. Για τον λόγο αυτό, κατά τον σχεδιασμό των κτηρίων από τους αρχιτέκτονες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τέτοιοι παράγοντες ώστε να μειώνονται κατά το μέγιστο δυνατό οι αβεβαιότητες αυτές.

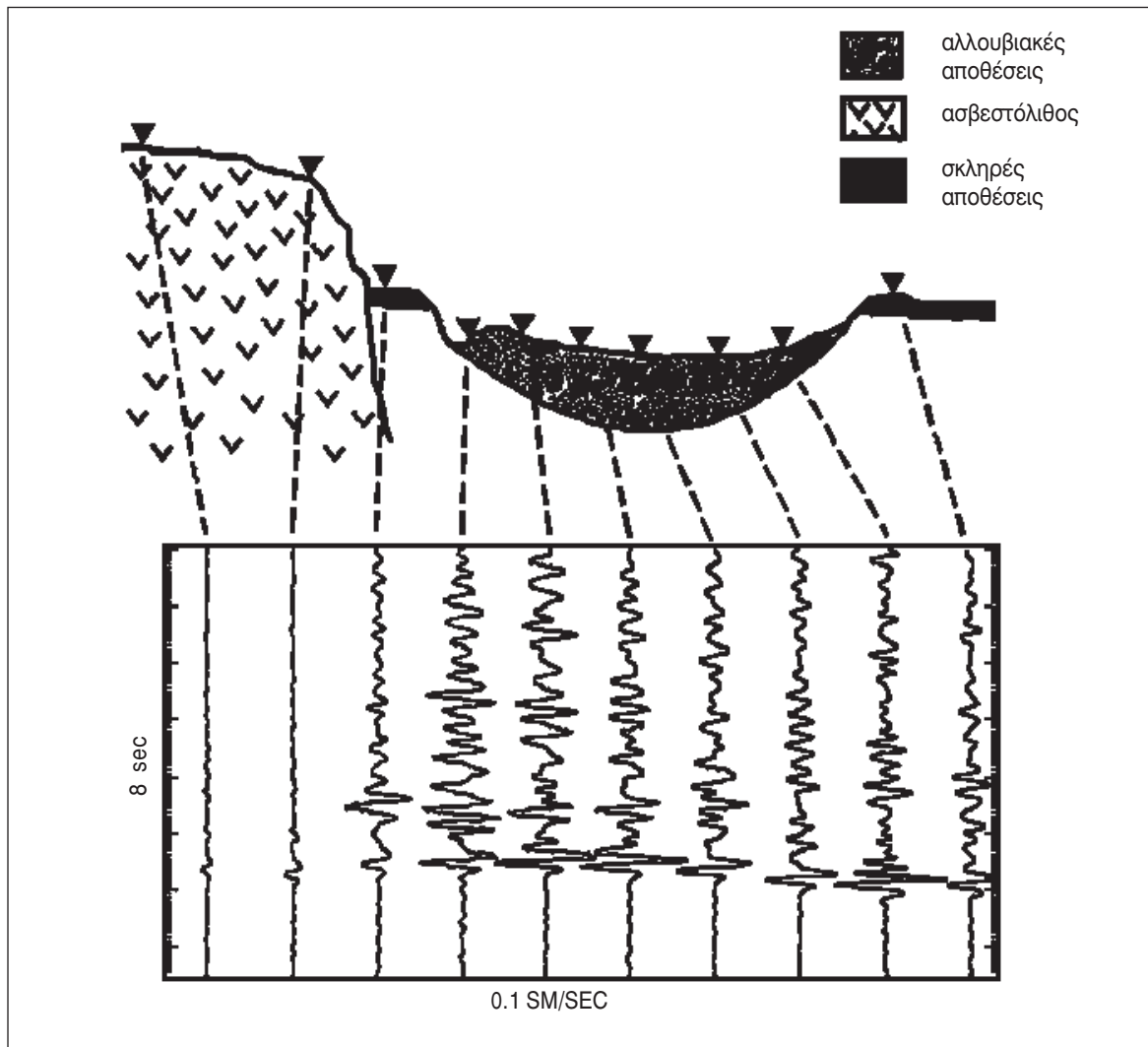
## 2.2 Αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά προβλήματα αντισεισμικού σχεδιασμού μιας βιομηχανίας

### 2.2.1 Χωροθέτηση της βιομηχανίας

Η επιλογή της θέσης των κτηριακών εγκαταστάσεων της βιομηχανίας είναι ένα βασικό στοιχείο για την εξασφάλιση της επιθυμητής σεισμικής συμπεριφοράς. Κριτήρια για την επιλογή κατάλληλης θέσης είναι τα παρακάτω:

- Η εγκατάσταση της βιομηχανίας θα πρέπει να γίνεται, από χωροταξικής πλευράς, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην αντιμετωπίζει πρόβλημα δυσμενούς εδάφους θεμελίωσης. Δυσμενές έδαφος θεμελίωσης είναι το έδαφος εκείνο, το οποίο είτε τοπικά είτε ευρύτερα, δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες ως προς τη σεισμική συμπεριφορά μιας κατασκευής. Δυσμενείς συνθήκες όμως μπορεί να προκληθούν και με τον συνδυασμό των χαρακτηριστικών ενός συγκεκριμένου σεισμού (εστιακό βάθος, μηχανισμός γένεσης, απόσταση), με τις μεσολαβούσες γεωτεκτονικές συνθήκες τόσο με τα χαρακτηριστικά του εδάφους όσο και της κατασκευής. Εδώ γίνεται αναφορά μόνο σε γενικά στοιχεία που είναι δυσμενή για την πλειονότητα των συνήθων σεισμών, των απλών γεωτεκτονικών συνθηκών που μεσολαβούν και των απλών ή συνήθων κατασκευών. Παρόλο που δεν απαγορεύεται από τον ισχύοντα Αντισεισμικό Κα-

νονισμό, η δόμηση σε εδάφη κατηγορίας Δ, Χ και Γ, καλό είναι να αποφεύγεται η θεμελίωση (Δ: εδάφη με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλαστικότητας ( $I_p > 50$ ) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10 m Χ: χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοϋλώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν, εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα, απότομες κλιτύες καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων, χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά υλαιοαργιλλώδη εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπίκνωσης ή απώλειας αντοχής, ή πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα), οργανικά εδάφη, Γ εδάφη με επικίνδυνα μεγάλη κλίση).

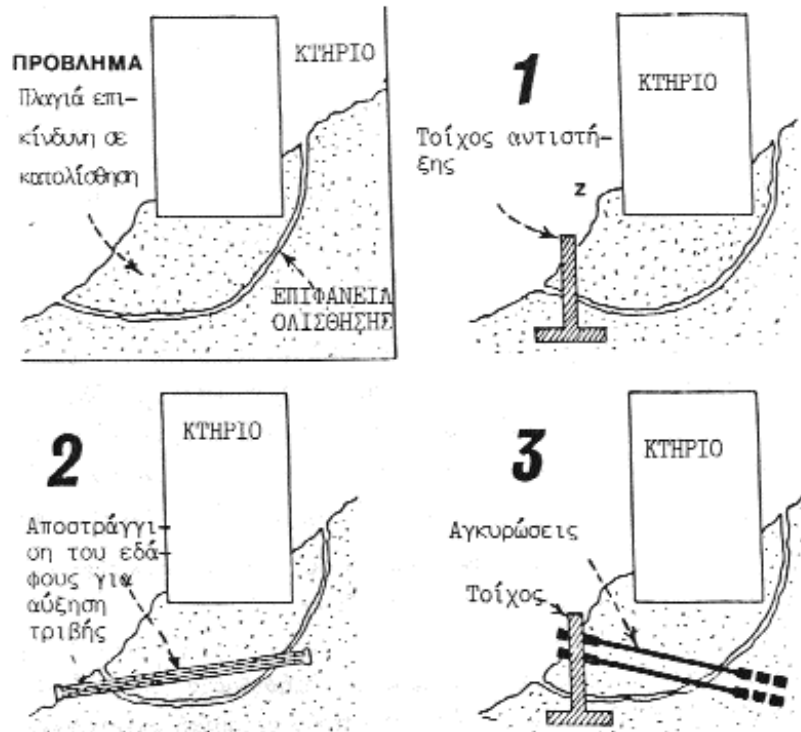


**Σχήμα 1.** Στο σχήμα φαίνεται η συμπεριφορά των διαφόρων τύπων εδαφών στον σεισμό.  
 Πηγή: Reflection on the Loma Prieta Earthquake.

- Θα πρέπει τα κτήρια της βιομηχανίας να κατασκευάζονται μακριά από πρανή που μπορεί να κατολισθήσουν σε περίπτωση σεισμού.

Αν, ωστόσο, δεν μπορεί να αποφευχθεί η δόμηση σε τέτοιες θέσεις ή αν το κτήριο ήδη υφίσταται, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι μείωσης του κινδύνου κατολίπησης, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.





Σχήμα 2.



Σχήμα 3. Κατολίσθηση πρσανούς. Πηγή: Applied Technical Council (ATC) - 26 - 2.

- Εφόσον δεν υπάρχουν ειδικές μελέτες που να αποδεικνύουν ότι δεν υπάρχει κίνδυνος από θαλάσσια σεισμικά κύματα βαρύτητας (tsunamis), δεν θα πρέπει να κατασκευάζεται ένα εργοστάσιο σε υψόμετρο χαμηλότερο των 30-40 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Ο περιορισμός αυτός ισχύει για αποστάσεις έως 500 μέτρων από την ακτογραμμή.

- Δεν θα πρέπει να κατασκευάζεται ένα εργοστάσιο σε περιοχές που έχουν την δυνατότητα και το δυναμικό να πλημμυρίζουν, για δύο λόγους: α) για να μην κινδυνεύουν οι εγκαταστάσεις της βιομηχανίας να κατακλυσθούν από νερά και β) διότι τα εδάφη αυτά αποτελούνται συνήθως από πρόσφατες ιζηματογενείς αποθέσεις και φερτά υλικά.

- Θα πρέπει τα κτήρια της βιομηχανίας να απέχουν σημαντικά από κτήρια που είναι τρωτά σε σεισμό και μπορεί να βλάψουν το κτήριο της βιομηχανίας που γειτνιάζει, ή οποιοδήποτε τμήμα της (π.χ. να προκληθεί αποκλεισμός της εισόδου-εξόδου).

- Εφόσον στην βιομηχανία υπάρχουν τοξικές ή επικίνδυνες για την υγεία ύλες, οι οποίες σε περίπτωση σεισμού ενδέχεται να διαχυθούν στο περιβάλλον ή το υπέδαφος, θα πρέπει οι εγκαταστάσεις της βιομηχανίας να βρίσκονται σε ικανή απόσταση από κατοικημένες περιοχές.

- Η βιομηχανική εγκατάσταση θα πρέπει να διαθέτει την υποδομή και τα απαραίτητα μέσα καθώς επίσης και προσωπικό με την απαιτούμενη γνώση, ώστε σε περίπτωση σεισμού ή άλλης έκτακτης ανάγκης να μπορεί να προσφέρει βοήθεια για την ανακούφιση των πληττομένων, ακόμη δε και περίθαλψη των ελαφρά πασχόντων και, οπωσδήποτε, να μπορεί να παράσχει τις πρώτες βοήθειες. Σε περίπτωση π.χ. εκδηλώσεων πυρκαγιάς θα πρέπει να διαθέτει τα απαραίτητα πυροσβεστικά μέσα και το κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό για την κατάσβεσή της στα κτήρια αλλά και στον ευρύτερο χώρο της βιομηχανικής εγκατάστασης.

- Εφόσον η προσπέλαση στον εργοστασιακό χώρο γίνεται από μία μόνον είσοδο-έξοδο, θα πρέπει να εξασφαλιστεί και δεύτερη, για λόγους ασφαλείας. Εφόσον και οι δύο εξοδοί διέρχονται από τεχνικά έργα, (γέφυρες, διασταυρώσεις, οχετούς), θα πρέπει να έχει προβλεφθεί παρακαμπτήρια διέλευση για την προσπέλαση στο εργοστάσιο της παροχής βοήθειας.

### 2.2.2 Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός της βιομηχανίας

Τα κτήρια των μεγάλων βιομηχανιών είναι πολλές φορές σύνθετα συγκροτήματα, που περιλαμβάνουν χώρους με διαφορετικές λειτουργίες και άρα διάταξη, ή στεγάζουν ογκώδη μηχανήματα ή υλικά που απαιτούν διαφοροποιήσεις στα ύψη και τις διαστάσεις των χώρων.

Μια από τις σημαντικότερες αιτίες ζημιών στα κτήρια είναι ο ακατάλληλος αρχιτεκτονικός σχεδιασμός τους. Εν γένει, η απομάκρυνση από απλές κατασκευαστικές μορφές τείνει να επιβαρύνει πολύ την αντισεισμική συμπεριφορά των κατασκευών. Οι αρχές που πρέπει να τηρούνται κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό για μια καλύτερη αντιμετώπιση του σεισμικού προβλήματος είναι:

- συμμετρική και όσο το δυνατόν απλής γεωμετρίας κατασκευή
- οι βαριές μάζες να βρίσκονται χαμηλά
- αποφυγή κατασκευών μορφής ανεστραμμένης πυραμίδας
- εξασφάλιση απλών και σαφών διαδρομών διαφυγής
- αποφυγή της δημιουργίας από τα δευτερεύοντα στοιχεία κοντών υποστυλωμάτων.

### 2.2.2.1 Προβλήματα στον σχεδιασμό των κατόψεων (Οριζόντιος σχεδιασμός)

#### Μήκος του κτηρίου

Το μήκος ενός κτηρίου επηρεάζει την συμπεριφορά του κατά τον σεισμό με τρόπο που δεν είναι εύκολο να καθοριστεί αναλυτικά. Σε ένα κτήριο με μεγάλο μήκος, τα σεισμικά κύματα έχουν διαφορετική επίδραση σε σημεία που είναι απομακρυσμένα το ένα από το άλλο με αποτέλεσμα τα σημεία αυτά να συμπεριφέρονται διαφορετικά. Στα κτήρια περιορισμένου μήκους οι καταπονήσεις είναι πιο ομοιόμορφες και προσαρμόζονται καλύτερα στην διέγερση από τον σεισμό. Τα κτήρια μεγάλου μήκους είναι επίσης πιο ευαίσθητα στην στρέψη ή την οριζόντια περιστροφή λόγω των κινήσεων του εδάφους, διότι οι διαφορές μεταξύ των εγκάρσιων και διαμήκων μετακινήσεων του εδάφους θεμελίωσης, που προκαλούν την περιστροφή είναι μεγαλύτερες.

Ο συνήθης τρόπος, αν και όχι πάντοτε ο καλύτερος, για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, είναι ο χωρισμός της κατασκευής σε τμήματα μικρότερου μήκους με την δημιουργία αρμών διαστολής, ώστε κάθε τμήμα να θεωρείται σαν ένα κτήριο αυτοτελές μικρού μήκους. Οι αρμοί αυτοί πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένοι και να βρίσκονται σε ένα ενιαίο κατακόρυφο επίπεδο, ώστε να επιτρέπουν ανεξάρτητη κίνηση στο κάθε τμήμα, χωρίς τον κίνδυνο σύγκρουσης με το γειτονικό του. Όμως αν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα και γίνει σωστή κατασκευή, τότε η σεισμική συμπεριφορά ενός κτηρίου με μεγάλες διαστάσεις είναι σαφώς καλύτερη από αυτή του μεμονωμένου κτηρίου μικρών διαστάσεων.

Σε ήδη υπάρχοντα κτήρια, τα οποία χωρίζονται με αρμούς διαστολής σε στατικώς ή σεισμικώς ανεξάρτητα τμήματα, η σεισμική συμπεριφορά μπορεί να βελτιωθεί με την ελαστική σύνδεσή τους, ώστε αφενός μεν να έχουν την δυνατότητα μικρών συστολοδιαστολών προς παραλαβή θερμοκρασιακών φορτίων, αφετέρου δε να δρουν ως ενιαία συγκροτήματα μεγάλων διαστάσεων σε περίπτωση σεισμού.

Επιπλέον όλων αυτών θα πρέπει κατά κοινή αντίληψη μηχανικού, οι θεμελιώσεις και οι κατασκευές έως την στάθμη του φυσικού εδάφους να κατασκευάζονται ενιαίες, χωρίς αρμούς διαστολής. Για την μη ρηγματώση των κατασκευών αυτών από την συστολή εκ πήξεως, θα πρέπει να ακολουθηθεί κατάλληλο πρόγραμμα σκυροδέτησης.

#### Πολύπλοκη κάτοψη

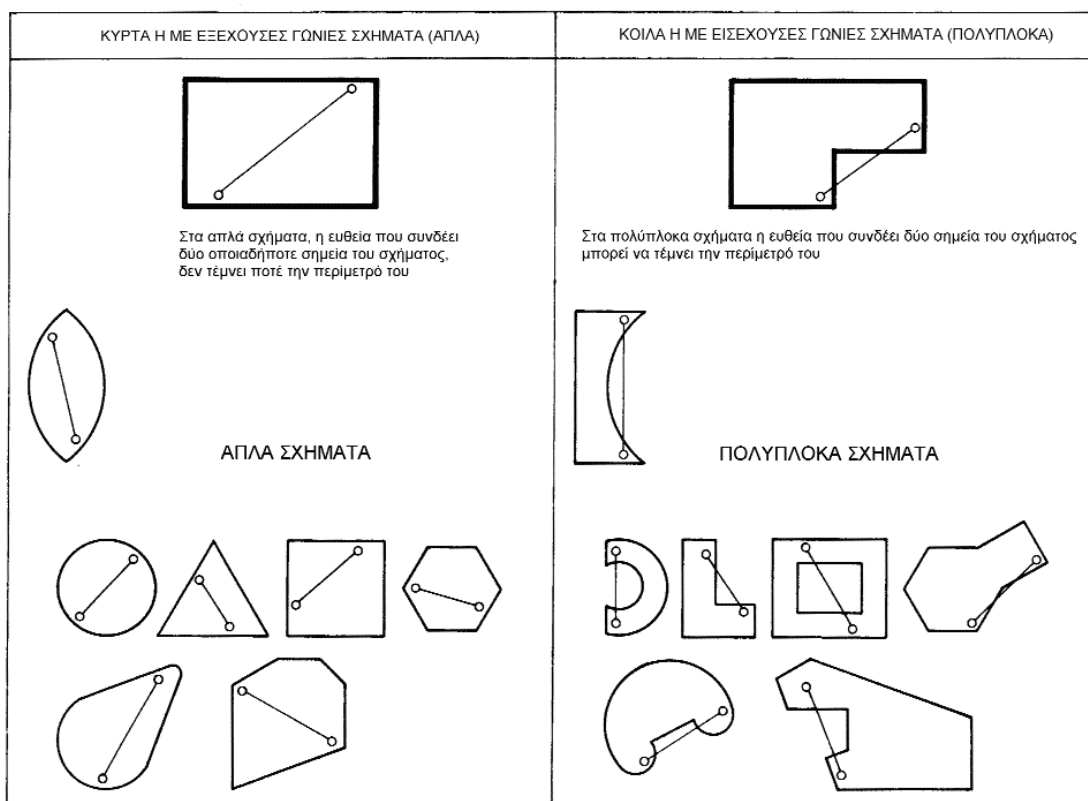
Πολύπλοκη κάτοψη χαρακτηρίζεται εκείνη της οποίας η γραμμή που ενώνει δύο απομακρυσμένες κορυφές κείται σε μεγάλο μέρος της εκτός της κάτοψης. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβαίνει π.χ. σε κατόψεις μορφής H, T, U, +, Λ, S, W ή L.

Στο σχήμα που ακολουθεί, παρέχεται κατά Arnold & Reitherman ο ορισμός της «απλής» και «πολύπλοκης» κάτοψης.

Σε ακανόνιστες κατόψεις οι πτέρυγες ή οι προεξοχές της κάτοψης που σχηματίζονται λειτουργούν σαν οριζόντιοι πρόβολοι από το σώμα του κτηρίου. Η γραμμή αυτή συναρμογής καθ' ύψος μπορεί να παραλάβει μικρότερες πλάγιες παραμορφώσεις από το υπόλοιπο κτήριο, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται στρεπτικές ταλαντώσεις και γενικά να παράγεται μια δύσκολα προβλέψιμη σεισμική συμπεριφορά του κτηρίου. Επίσης, σε τέτοιες περιοχές εμφανίζονται μεγάλες συγκεντρωμένες τάσεις, που συχνά προκαλούν εκτεταμένες ζημιές στα μη φέροντα στοιχεία του κτηρίου, τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία, ακόμη και τα διαφράγματα (οριζόντιες πλάκες και στέγες).

Σε τέτοιες περιπτώσεις η λύση που προτείνεται είναι η χρησιμοποίηση αντισεισμικών αρμών διαστολής με ελαστικούς συνδέσμους, όπως αυτοί που περιγράφηκαν για τα επιμήκη κτήρια. Αυτοί οι αρ-





**Σχήμα 4.** Η λογική του «απλού» και του «πολύπλοκου» σχήματος, κατά Arnold & Reitherman. Θεωρείται ότι τα σχήματα αντιστοιχούν σε κατόψεις κτηρίων.

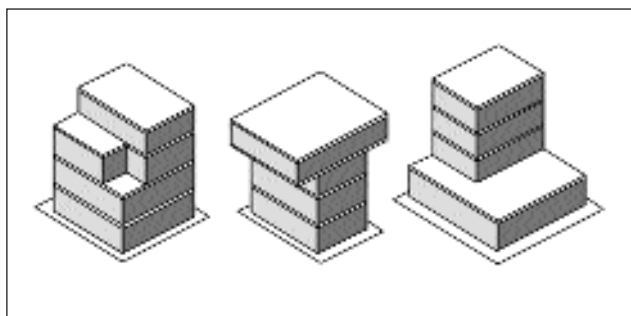
μοί επιτρέπουν σε κάθε τμήμα να κινείται χωρίς να είναι πακτωμένο στο υπόλοιπο κτήριο και έτσι να παύει να λειτουργεί σαν ελεύθερος οριζόντιος πρόβολος, μέχρις ενός ορισμένου σημείου μετακινήσεων. Από το όριο αυτό και πάνω, η λειτουργία του προβόλου υφίσταται, αλλά είναι περιορισμένη. Οι αρμοί βέβαια πρέπει να έχουν την απαιτούμενη απόσταση που να επιτρέπει την κίνηση των γειτονικών τμημάτων χωρίς να προσκρούουν το ένα στο άλλο. Το πρόβλημα επιτείνεται λόγω των θερμοκρασιακών συστολοδιαστολών που εκδηλώνονται σ' αυτές τις θέσεις. Σημειώνεται και πάλι, όπως και στην προηγούμενη παράγραφο, ότι εφόσον ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, τόσο από πλευράς θερμοκρασιακών συστολοδιαστολών προς μείωσή τους και αντιμετώπισή τους, όσο και από πλευράς σεισμικών καταπονήσεων προς παραλαβή τους, τότε κτήρια με μεγάλων διαστάσεων κατόψεις, ακόμη και των ανωτέρω δυσμενών σχημάτων πλεονεκτούν ως προς την σεισμική τους συμπεριφορά σε σχέση με κτήρια μικροτέρων κατόψεων.



**Σχήμα 5.** Παράδειγμα κτηρίου με πολύπλοκη κάτοψη.

### 2.2.2.2 Προβλήματα στον σχεδιασμό της τομής. (Κατακόρυφος σχεδιασμός)

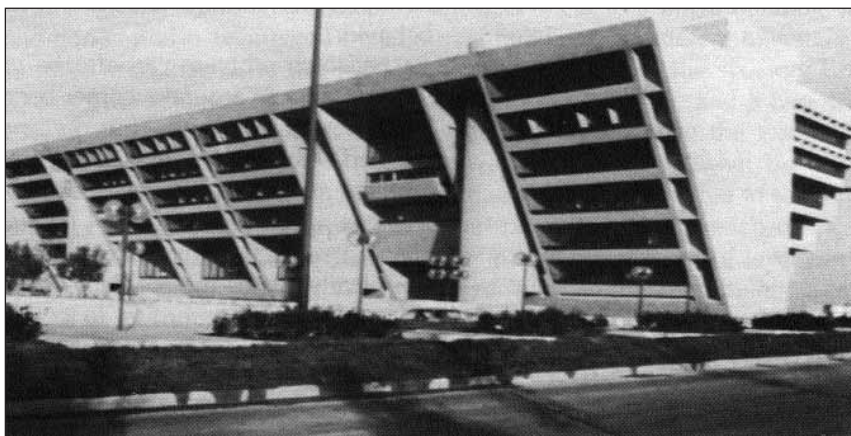
Οι υποχωρήσεις στον όγκο ενός κτηρίου συνήθως προκύπτουν ως απαιτήσεις των πολεοδομικών κανονισμών, για εξασφάλιση φωτισμού ή επιθυμητών αναλογιών. Κατά τον σεισμό όμως, αυτές ενδεχομένως είναι η αιτία ξαφνικής διαφοροποίησης στην ακαμψία και παραγωγής συγκεντρωμένων



**Σχήμα 6.** Στο σχήμα εικονίζονται κτήρια με προβληματικό κατακόρυφο σχεδιασμό.

εντάσεων στους ορόφους κοντά στην περιοχή της διαφοροποίησης. Σε περίπτωση που δεν μπορούν να αποφευχθούν οι υποχωρήσεις πρέπει να είναι όσο το δυνατόν βαθμιαίες, ώστε να αποφεύγονται απότομες συγκεντρώσεις τάσεων. Θα πρέπει να αποφεύγονται διατάξεις τομής μορφής ανεστραμμένης πυραμίδας.

Κατά τον κατακόρυφο σχεδιασμό των κτηρίων δεν θα πρέπει να υπάρχουν απότομες αλλαγές της μορφής του σχήματος της κάτοψης κάθε ορόφου, της μάζας και της ακαμψίας.

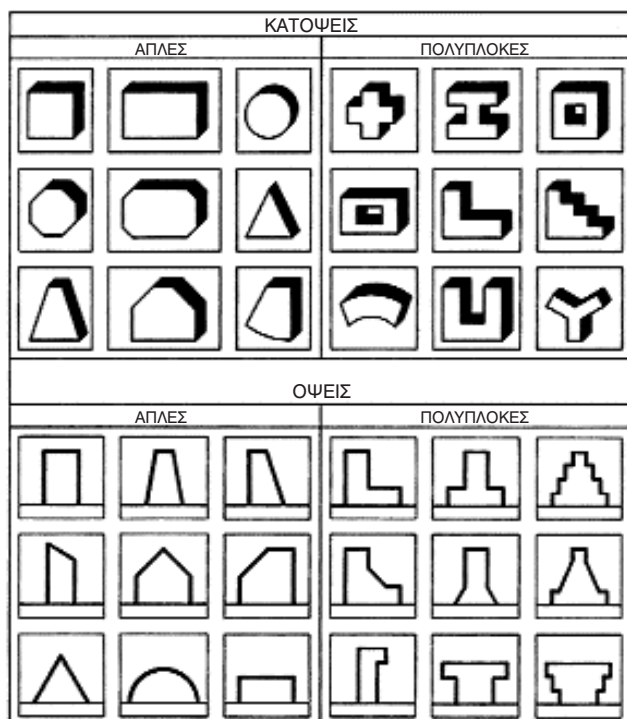


**Σχήμα 7.** Κτήριο με τομή μορφής ανεστραμμένης πυραμίδας. Αυτός είναι ένας προβληματικός κατακόρυφος σχεδιασμός.



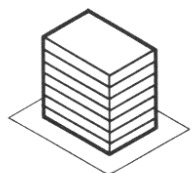
**Σχήμα 8.** Σωστός σχεδιασμός των υποχωρήσεων στην τομή.

Στο σχήμα που ακολουθεί εικονίζεται το μητρώο πολυπλοκότητας της μορφής των κτηρίων στο οριζόντιο και στο κατακόρυφο επίπεδο.

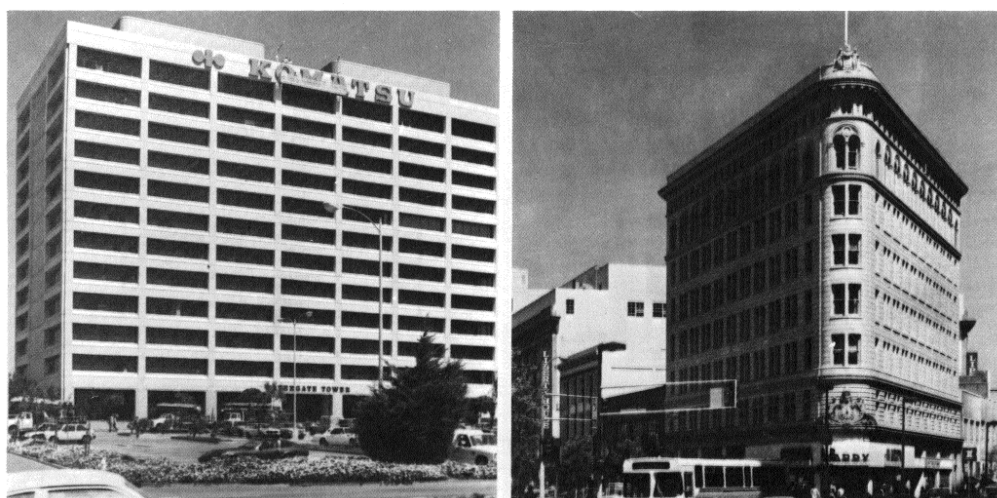


**Σχήμα 9.** Απλές και πολύπλοκες μορφές κτηρίων σε κάτοψη και σε όψη-τομή.  
Πηγή: ΡΗΟ: Principles of Disaster mitigation in Health Facilities.

Οι διάφορες κατασκευές μπορεί να είναι συνδυασμός των ανωτέρω μορφών σε κάτοψη και τομή. Δηλαδή ένα κτήριο μπορεί να έχει απλή κάτοψη και απλή τομή, πολύπλοκη κάτοψη και απλή τομή, απλή κάτοψη και πολύπλοκη τομή ή και πολύπλοκη κάτοψη και πολύπλοκη τομή, όπως εικονίζεται στα σχήματα που ακολουθούν.

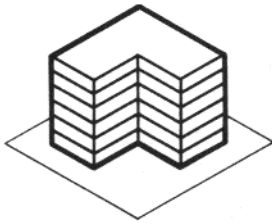


ΑΠΛΗ ΚΑΤΟΨΗ / ΑΠΛΗ ΤΟΜΗ

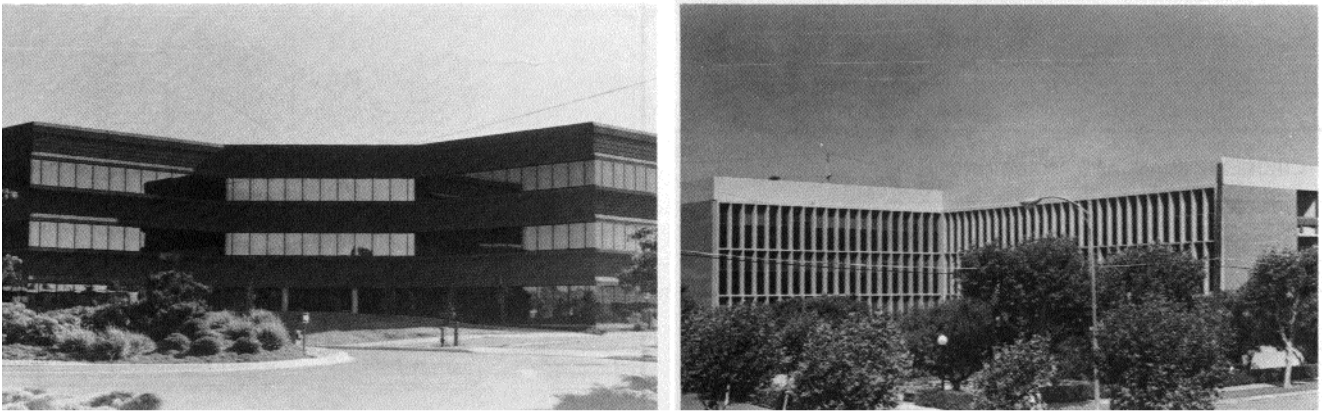


**Σχήμα 10.**  
Πηγή: C. Arnold, R. Reitherman.  
Building Configuration & Seismic design.

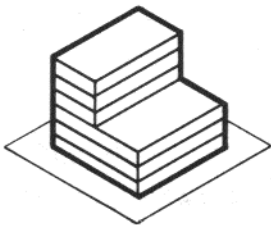




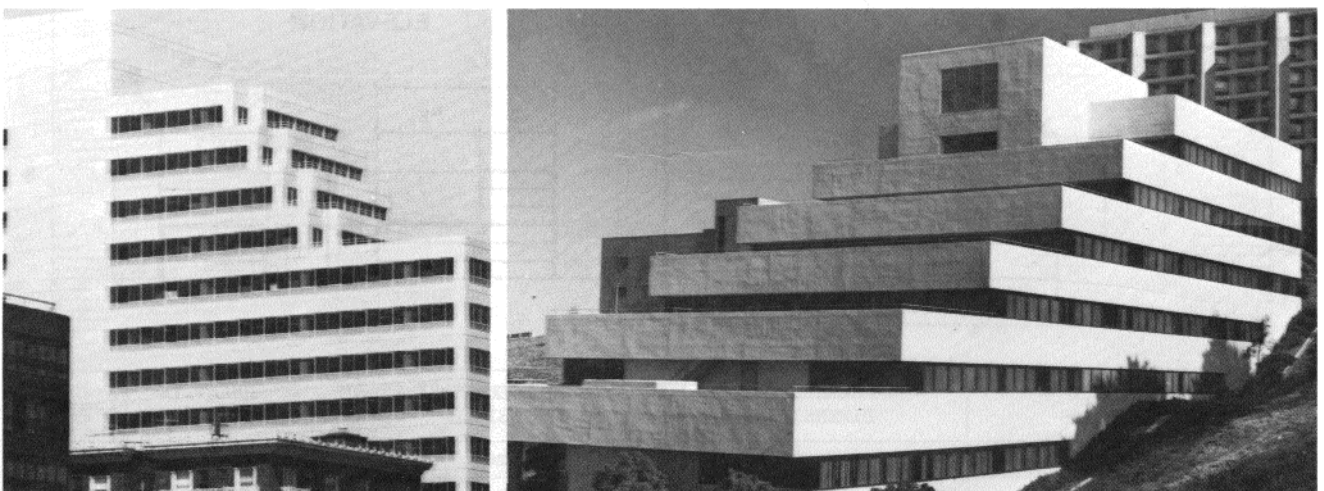
ΠΟΛΥΠΛΟΚΗ ΚΑΤΟΨΗ / ΑΠΛΗ ΤΟΜΗ



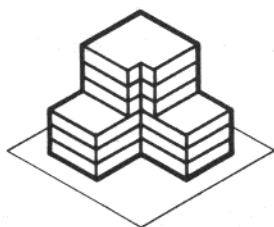
Σχήμα 11. Πηγή: C. Arnold, R. Reitherman. Building Configuration &amp; Seismic design.



ΑΠΛΗ ΚΑΤΟΨΗ / ΠΟΛΥΠΛΟΚΗ ΤΟΜΗ



Σχήμα 12. Πηγή: C. Arnold, R. Reitherman. Building Configuration &amp; Seismic design.



## ΠΟΛΥΠΛΟΚΗ ΚΑΤΟΨΗ / ΠΟΛΥΠΛΟΚΗ ΤΟΜΗ



Σχήμα 13. Πηγή: C. Arnold, R. Reitherman. Building Configuration & Seismic design.

### 2.2.3 Σύνθεση του φέροντος οργανισμού της βιομηχανίας

#### 2.2.3.1 Δομικά στοιχεία παραλαβής των σεισμικών δυνάμεων

Για τον αντισεισμικό σχεδιασμό ενός κτηρίου, ο Πολιτικός Μηχανικός χρησιμοποιεί μια περιορισμένη γκάμα φερόντων στοιχείων που συνδυάζονται έτσι ώστε να σχηματίσουν ένα πλήρες αντισεισμικό σύστημα.

- Στο κατακόρυφο επίπεδο, τρία είδη στοιχείων ανθίστανται στις πλάγιες ωθήσεις:
  1. τα τοιχεία ή τοιχώματα
  2. τα διαγώνια στοιχεία ή οι χιαστί σύνδεσμοι
  3. τα τρισδιάστατα χωρικά πλαίσια ή τα δύσκαμπτα πλαίσια
- Στο οριζόντιο επίπεδο, χρησιμοποιούνται τα επίπεδα διαφράγματα, που συνήθως αποτελούν τις πλάκες μαζί με τις δοκούς των ορόφων και τη στέγη του κτηρίου.  
Αυτά τα στοιχεία εκτός από στατικά, αποτελούν συγχρόνως βασικά **Αρχιτεκτονικά** στοιχεία.  
Ο λεπτομερής υπολογισμός των στοιχείων αυτών θα γίνει από τον Πολιτικό Μηχανικό. Είναι όμως πολύ χρήσιμο στον Αρχιτέκτονα που σχεδιάζει το κτήριο να αντιλαμβάνεται πώς λειτουργούν αυ-

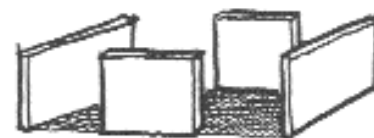
τά τα στοιχεία και πώς αντιδρούν στις σεισμικές δράσεις.

Ο Αρχιτέκτονας, αν και δεν θα υπολογίσει με ακρίβεια τα στοιχεία αυτά, πρέπει να έχει αναπτύξει μία «αίσθηση» του πώς λειτουργούν, η οποία, αν αποκτηθεί, δρα ως «οδηγός» στο σχεδιασμό.

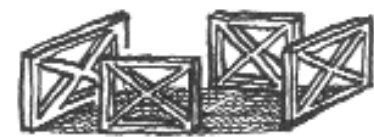
Η αντίληψη της δράσης των κατακόρυφων δυνάμεων σε ένα κτήριο είναι σχετικά εύκολο να αποκτηθεί, αφού είναι συνέπεια της βαρύτητας και είναι εύκολα αντιληπτή η δράση της μέσα από την εμπειρία και την καθημερινή πρακτική.

Ο τρόπος δράσης όμως των δυναμικών ωθήσεων του σεισμού είναι πολύ δυσκολότερο να γίνει κατανοητός. Ένας τρόπος είναι να φανταστούμε ποιες δυνάμεις και πώς δρουν στο σώμα μας όταν βρισκόμαστε μέσα σε ένα λεωφορείο εν κινήσει.

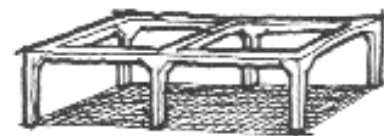
Περιγράφεται στα επόμενα, ο τρόπος λειτουργίας των διαφόρων δομικών στοιχείων του κτηρίου κατά τον σεισμό, ώστε ο Αρχιτέκτονας που θα σχεδιάσει το κτήριο να έχει πλήρη κατανόηση του τρόπου που κάθε δομικό στοιχείο συμπεριφέρεται στις δυναμικές ωθήσεις του σεισμού και πώς τις παραλαμβάνει.



1. τοιχία



2. διαγώνια στοιχεία, χιαστί σύνδεσμοι



3. δύσκαμπτα πλαίσια



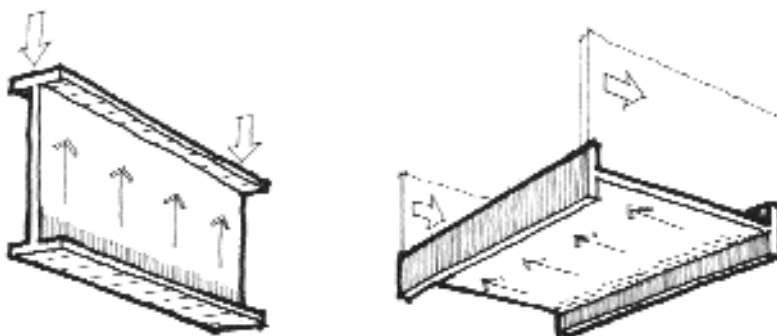
4. επίπεδα διαφράγματα

Σχήμα 14. Αντισεισμικά φέροντα στοιχεία.

### 2.2.3.2 Ανάλυση της λειτουργίας των δομικών αντισεισμικών στοιχείων

#### Διαφράγματα

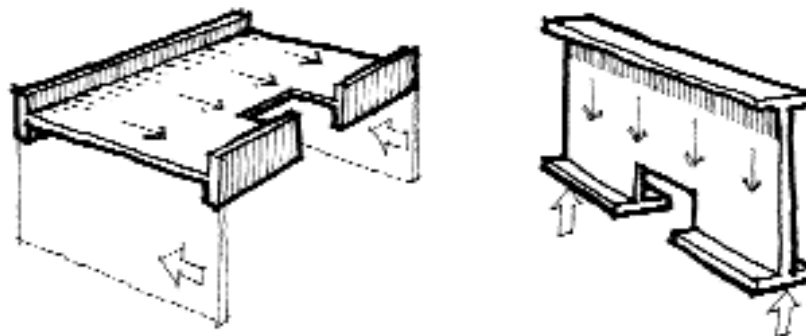
Ο όρος **διάφραγμα** χρησιμοποιείται για τα οριζόντια στοιχεία, συνήθως πλάκες δαπέδων και στέγες, που μεταφέρουν τις πλάγιες ωθήσεις στα κατακόρυφα αντισεισμικά στοιχεία (τοιχία και αντισεισμικό φέροντα οργανισμό). Τα διαφράγματα θα πρέπει να έχουν σημαντική αντοχή, ώστε να μεταφέρουν τις δυνάμεις από το ένα κατακόρυφο στοιχείο στο άλλο με ασφάλεια και με την ελάχιστη δυνατή παραμόρφωση μέσα στο επίπεδο του διαφράγματος.



Σχήμα 15. Πηγή: C. Arnold, R. Reitherman. Building Configuration & Seismic design.



Συχνά οι πλάκες και τα δώματα χρειάζεται να έχουν ανοίγματα, για κλιμακοστάσια, ανελκυστήρες, φωταγωγούς και άλλες λειτουργικές ή αισθητικές απαιτήσεις. Το μέγεθος και η θέση αυτών των ανοιγμάτων είναι καθοριστικά για την διαφραγματική συμπεριφορά της πλάκας.



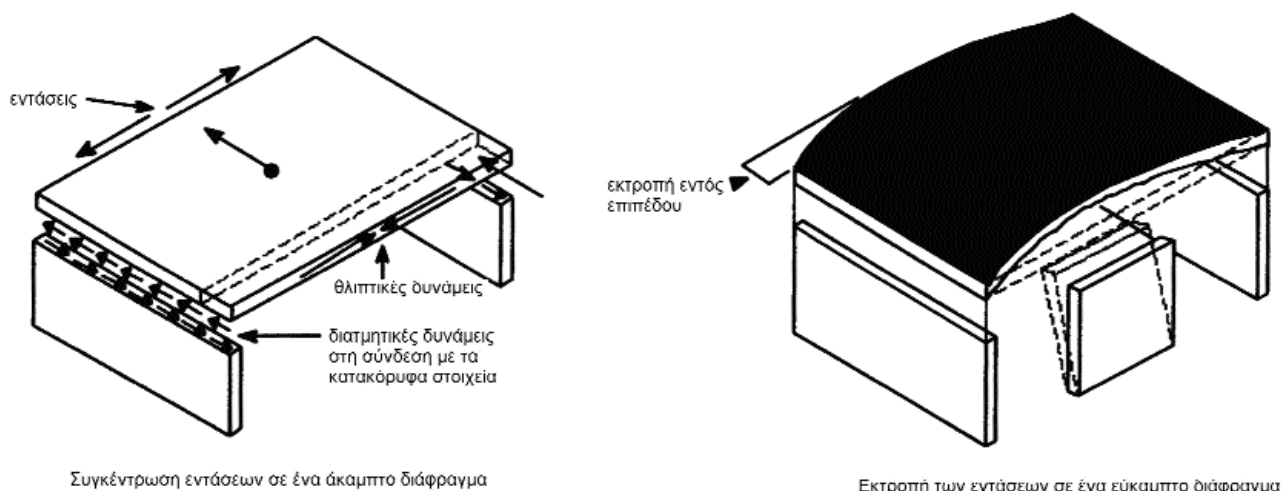
Σχήμα 16. Πηγή: C. Arnold, R. Reitherman. Building Configuration & Seismic design.

Χαρακτηριστικό των διαφραγμάτων είναι η έλλειψη ελαστικότητας.

**Ελαστικοί οριζόντιοι σύνδεσμοι**, που δεν διαθέτουν διαφραγματική λειτουργία, είναι συνήθως τα ξύλινα πατώματα και τα μεταλλικά πατώματα χωρίς σκυρόδεμα όταν δεν διαθέτουν οριζόντιους χιαστί συνδέσμους. Δηλαδή, είναι παραμορφώσιμα στο επίπεδό τους σε σχέση με την δυσκαμψία των κατακόρυφων στοιχείων, τη διαφορά της δυσκαμψίας τους και την οριζόντια απόσταση μεταξύ των κατακόρυφων στοιχείων.

**Διαφράγματα** είναι συνήθως οι πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αν ωστόσο οι διαστάσεις της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος είναι μεγάλες, αυξάνει η ελαστικότητά της.

Ο τρόπος που αντιδρούν στο σεισμό τα ελαστικά και μη ελαστικά διαφράγματα φαίνεται στο σχήμα:



Συγκέντρωση εντάσεων σε ένα άκαμπτο διάφραγμα

Εκτροπή των εντάσεων σε ένα εύκαμπτο διάφραγμα

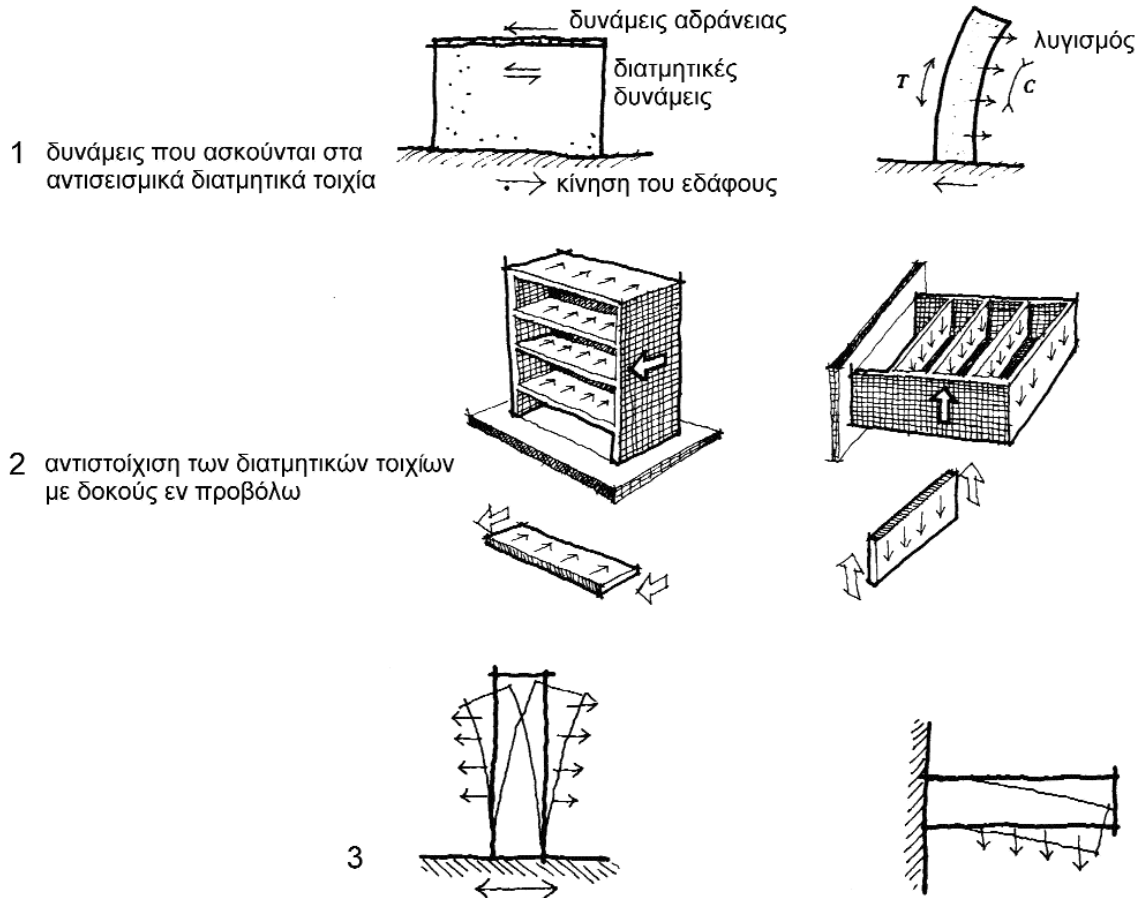
Σχήμα 17. Σεισμική συμπεριφορά άκαμπτων και εύκαμπτων διαφραγμάτων.

Πηγή: PHO: Principles of disaster mitigation in Health Facilities.

## Αντισεισμικά διατμητικά τοιχία και πλαίσια με χιαστί συνδέσμους

**Αντισεισμικά τοιχία** είναι τοιχία που διήκουν σε όλο το ύψος του κτηρίου, τα οποία παραλαμβάνουν τις πλάγιες ωθήσεις από τα διαφράγματα και τις μεταφέρουν στο έδαφος.

Κατά τον σεισμό τα αντισεισμικά τοιχία δρουν σαν πρόβολοι που στηρίζουν δοκούς, πάνω στις οποίες στηρίζονται οι πλάκες.



**Σχήμα 18.** Σεισμική συμπεριφορά των αντισεισμικών διατμητικών τοιχίων.  
Πηγή: C. Arnold, R. Reitherman. Building Configuration & Seismic design.

Το μέγεθος και η θέση των αντισεισμικών τοιχίων είναι καθοριστικά για τον αντισεισμικό σχεδιασμό.

Τα **πλαίσια με χιαστί συνδέσμους**, δρουν κατά τρόπο ανάλογο των αντισεισμικών τοιχίων, έχουν όμως συνήθως μικρότερη δυσκαμψία, ενώ η σεισμική τους αντίσταση εξαρτάται από τον σχεδιασμό τους κατά περίπτωση.

### Χωρικά πλαίσια

Όταν ο αντισεισμικός σχεδιασμός γίνεται με χρήση χωρικών πλαισίων, π.χ. όπως αυτά με τα οποία κατασκευάζονται οι σύγχρονες αντισεισμικές κατασκευές από πλαίσια, οι πλάγιες δυνάμεις του σεισμού παραλαμβάνονται από δοκούς και υποστυλώματα που συνδέονται με συνδέσμους (κόμβους) ικανούς να παραλάβουν ροπές. Οι συνδέσεις αυτές υπόκεινται σε ιδιαίτερα μεγάλες εντάσεις και πρέ-



πει να σχεδιάζονται με μεγάλη προσοχή. Μπορούμε να θεωρήσουμε τους τρισδιάστατους σκελετούς σαν μεταλλικές κατασκευές με άκαμπτες συγκολλημένες ενώσεις. Τέτοιοι σκελετοί κινδυνεύουν κατά τον σεισμό να υποστούν μόνιμη παραμόρφωση, λόγω της πλαστικής τους συμπεριφοράς.

### Μη φέροντα στοιχεία

Πρέπει, τέλος, να θεωρήσουμε ότι και τα μη φέροντα στοιχεία, μπορεί να αποτελούν μέρος του συστήματος παραλαβής των οριζόντιων ωθήσεων. Πολλοί μηχανικοί σχεδιάζουν αντισεισμικές κατασκευές παραβλέποντας τους συμπαγείς και άκαμπτους μη φέροντες τοίχους, θεωρώντας τους απλά σαν στοιχεία πλήρωσης και αγνοώντας τους κατά τους υπολογισμούς. Αν τέτοιοι άκαμπτοι μη φέροντες τοίχοι δεν απομονώνονται από την φέρουσα κατασκευή με κατάλληλους αρμούς ολίσθησης, θα πρέπει απαραίτητα να λαμβάνονται κατάλληλως υπόψη σαν μέρος της φέρουσας κατασκευής. Ασύμμετρη κατανομή τους στην κάτοψη, μπορεί να ανατρέψει την συμμετρία του αντισεισμικού φέροντος οργανισμού. Τα κλιμακοστάσια επίσης είναι άκαμπτα στοιχεία που πρέπει να θεωρούνται φέροντα, εκτός αν απομονώνονται από την φέρουσα κατασκευή. Σε παλαιότερες κατασκευές θα πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερος υπόψη τα εν λόγω μη φέροντα στοιχεία με το δεδομένο ότι η σχέση: (δυσκαμψία και αντοχή μη φερόντων στοιχείων) / (δυσκαμψία και αντοχή φερόντων στοιχείων) είναι πολύ μεγαλύτερη στα παλαιά, υπάρχοντα κτήρια απ' ό,τι στα σύγχρονα, για ποικίλους οικονομικούς, κοινωνικούς, τεχνολογικούς και παραδοσιακούς λόγους.

#### 2.2.3.3 Προβλήματα στατικού σχεδιασμού

Η γενική μορφή των προβλημάτων στη σύνθεση του φέροντος οργανισμού στα κτήρια μπορεί να συνοψιστεί στο εξής:

**Αν υπάρχει μια ασθενής ζώνη στην πορεία μεταφοράς της δύναμης ή αν υπάρχει απότομη αλλαγή στην δυσκαμψία, αυτή η περιοχή είναι περιοχή κινδύνου που συνεχώς διευρύνεται, συγκεντρώνοντας όλο και μεγαλύτερες σχετικές παραμορφώσεις, με αποτέλεσμα η υπόλοιπη κατασκευή να παραμένει όλο και περισσότερο άτονη.**

Μπορεί να παρουσιαστούν διάφορα προβλήματα κατά τον Αρχιτεκτονικό σχεδιασμό της Βιομηχανικής μονάδας ή και στις υφιστάμενες Βιομηχανίες, που λόγω τρεχουσών αναγκών προβαίνουν σε προσαρμογές στις εγκαταστάσεις τους.

### Συγκέντρωση μάζας

**Η συγκέντρωση μεγάλης μάζας σε ένα ορισμένο επίπεδο ή σε ένα σημείο ενός επιπέδου του κτηρίου είναι προβληματική.**

Αυτό μπορεί να συμβεί σε ορόφους που τοποθετούνται βαριά μηχανήματα ή εξοπλισμός, όπως δεξαμενές, αποθήκες με βαριά υλικά κ.λπ. Το πρόβλημα είναι μεγαλύτερο όσο ψηλότερα βρίσκεται ο επιβαρυσμένος όροφος, διότι η επιτάχυνση λόγω σεισμού αυξάνει με το ύψος και άρα αυξάνουν οι σεισμικές δυνάμεις και η πιθανότητα ζημιών.

Κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό πρέπει να προβλέπεται, οι χώροι που θα δεχθούν βαρύ εξοπλισμό ή δεξαμενές να τοποθετούνται στο υπόγειο ή σε κτήρια ανεξάρτητα από την κύρια κατασκευή.

Αν πρέπει μια δεξαμενή να τοποθετηθεί ψηλά για εξασφάλιση υδροστατικής πίεσης, είναι καλύτερα να κατασκευάζεται ξεχωριστός ανεξάρτητος υδατόπυργος που να μη ακουμπά στο κτήριο.

Ως προς το θέμα **μάζα** θα πρέπει να τονιστούν τα εξής: σημαντικό ρόλο παίζει τόσο η απόλυτη συνολική μάζα της κατασκευής, όσο και η σχετική μάζα, ωφέλιμου-κινητού φορτίου και ίδιου βάρους της κατασκευής. Όσο μικρότερη είναι η συνολική μάζα της κατασκευής, τόσο το καλύτερο. Επίσης, όσο μικρότερος είναι ο λόγος του ωφέλιμου-κινητού φορτίου προς το ίδιο βάρος της κατασκευής, τόσο το καλύτερο και αυτό μόνον ως προς την μείωση της επίπτωσης από την δυσμενή κατανομή του ωφέλιμου-κινητού φορτίου.

Για παράδειγμα, σε μια ελαφρά μεταλλική κατασκευή αποθηκών με προβλεπόμενο φορτίο ανά μονάδα επιφανείας της κάτοψής της πολύ μεγαλύτερο από το ίδιο βάρος της κατασκευής, είναι ενδεχόμενο να εμφανιστούν έντονες στρεπτικές ταλαντώσεις από το γεγονός και μόνον της έκκεντρης τοποθέτησης των ωφέλιμων φορτίων στην κάτοψη από τυχαίους χρηστικούς λόγους.

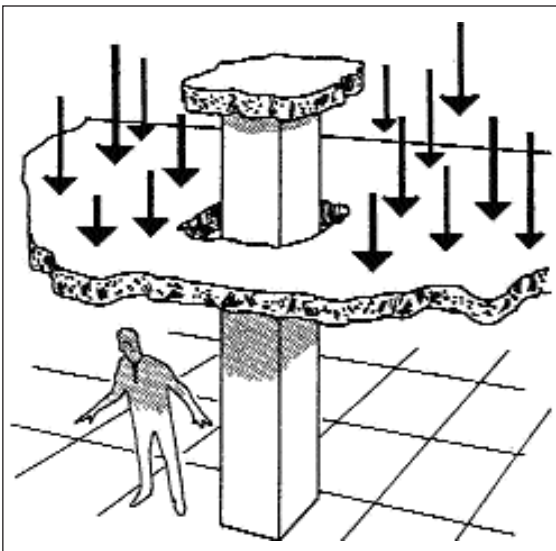


Σχήμα 19. Συγκέντρωση μάζας σε ένα δυσμενές σημείο του κτηρίου, όπως η δεξαμενή νερού της φωτογραφίας, μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές κατά το σεισμό. Πηγή: PHO: Principles of disaster mitigation in Health Facilities.

### Ασθενή υποστυλώματα

Τα υποστυλώματα είναι ζωτικά στοιχεία της κατασκευής, καθώς είναι τα μέρη εκείνα του φέροντος οργανισμού που μεταφέρουν τα σεισμικά φορτία στη θεμελίωση και στηρίζουν την κατασκευή. Κάθε ζημιά σε υποστυλώμα προκαλεί ανακατανομή των φορτίων στα δομικά στοιχεία του κτηρίου και μπορεί, αν τα φορτία υπερβούν τα όρια αντοχής, να προκληθεί μερική ή ολική κατάρρευση.

Κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό του δομικού σκελετού (δοκών και υποστυλωμάτων) ο στόχος είναι η πιθανή ζημιά από τις σεισμικές δυνάμεις να προκύψει σε δοκούς μάλλον, παρά σε υποστυλώματα, καθώς είναι μεγαλύτερος ο κίνδυνος να καταρρεύσει το κτήριο αν καταστραφούν υποστυλώματα.



Η χειρότερη μορφή κατάρρευσης (φαινόμενο pancake ή σάντουιτς) που προκύπτει όταν οι πλάκες σωριάζονται η μια πάνω στην άλλη, χωρίς κενά μεταξύ τους, οφείλεται στην καταστροφή των κατακόρυφων μόνο στοιχείων του κτηρίου. Όμως, παρόμοια πώση, δηλαδή της μιας πλάκας πάνω στην άλλη, μπορεί να προκύψει και όταν οι πλάκες διατρηθούν από τα υποστυλώματα. Η κατάρρευση αυτή λέγεται κατάρρευση μορφής «σουβλακιού».

Σχήμα 19α. Κατάρρευση μορφής σουβλακιού (διάτρηση της πλάκας από το υποστήλωμα). Αυτή μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση τύπου σάντουιτς. Πηγή: ATC - 26 - 2.

Οι καταστροφές στα υποστυλώματα συνήθως αφορούν σε δύο κατηγορίες υποστυλωμάτων:

- 1) υποστυλώματα, τα οποία θα εμφανίσουν πλαστικές ζώνες, ενώ οι δοκοί θα παραμείνουν ελαστικές
- 2) κοντά υποστυλώματα.

Στην πρώτη περίπτωση, ο σκελετός έχει σχεδιαστεί ούτως ώστε η αντίσταση που προβάλλει η δοκός που συναντά ένα υποστυλώμα να είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση του αντίστοιχου υποστυλώματος. Όταν, λοιπόν, το σημείο σύνδεσης δοκού-υποστυλώματος στρέφεται, λόγω του σεισμού, το υποστυλώμα υποχωρεί πριν από την δοκό.

Τα κοντά υποστυλώματα είναι η αιτία σοβαρών ζημιών στα κτήρια που υφίστανται σεισμό. Σε πολλές περιπτώσεις το ελεύθερο ύψος των υποστυλωμάτων μειώνεται δραστικά, για διάφορους λόγους, που δεν είναι συνήθως γνωστοί κατά την φάση της στατικής μελέτης και το αποτέλεσμα

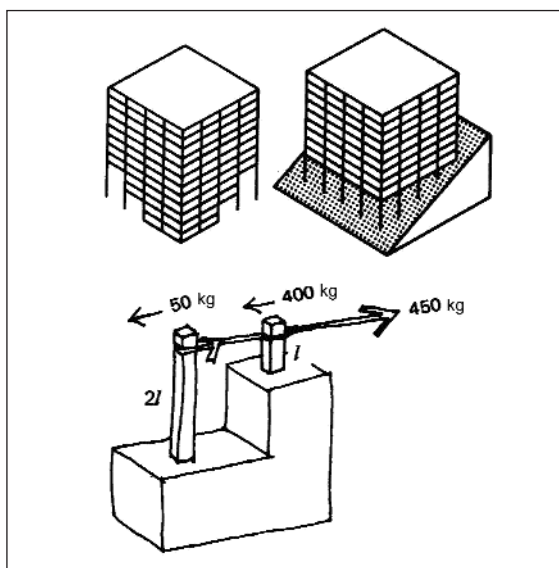
αυτής της μείωσης είναι το φαινόμενο του **κοντού υποστυλώματος**. Ένα «κοντό» υποστυλώμα καλείται να παραλάβει στην πράξη πολύ μεγαλύτερο σεισμικό φορτίο από εκείνο που έχει υπολογιστεί και παρουσιάζει αυξημένη ψαθυρή συμπεριφορά. Κοντά υποστυλώματα για παράδειγμα προκύπτουν όταν:

- Κτιζονται διαχωριστικοί τοίχοι μεταξύ υποστυλωμάτων ή τοίχοι πλήρωσης όψεων ή τοίχοι αντιστήριξης, που δεν φθάνουν το πλήρες ύψος του υποστυλώματος ή –πράγμα σύννηθες στα εργοστασιακά κτήρια– κατασκευάζονται επιμήκεις φεγγίτες πάνω από τοιχία μεταξύ των υποστυλωμάτων.
- Κατασκευάζονται πλάκες μεσοπατωμάτων ή στηρίξεις κλιμακοστασίων σε ενδιάμεσες του πλήρους ύψους του υποστυλώματος στάθμες.
- Το κτήριο κτιζεται σε κεκλιμένο έδαφος.

Τα προτεινόμενα μέτρα για την περίπτωση αυτή στοχεύουν στην δημιουργία ενός κενού, κατάλληλου πλάτους, (π.χ. 7 cm), μεταξύ του υποστυλώματος και του τοίχου, ο οποίος έρχεται να περιορίσει το ελεύθερο ύψος του υποστυλώματος. Αυτό το κενό μπορεί να πληρωθεί με ένα πολύ μαλακό-συμπιεστό υλικό, ώστε να μην προβάλλεται αντίσταση στην παραμόρφωση του υποστυλώματος. Βεβαίως, θα πρέπει να υπάρξει πρόβλεψη, ώστε ο τοίχος να στηρίζεται δεξιά-αριστερά, αντί στο υποστυλώμα. Γι' αυτόν τον λόγο θα πρέπει να προβλεφθούν πρόσθετοι λαμπάδες στα τέρματα των τοίχων.



**Σχήμα 20.** Ζημιά σε υποστυλώμα λόγω του φαινομένου κοντού υποστυλώματος.  
Πηγή: PHO: Principles of disaster mitigation in Health Facilities.

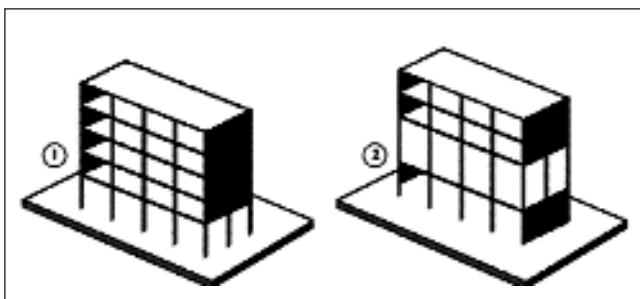


**Σχήμα 21.** Δράση του φαινομένου του κοντού υποστυλώματος, όταν το κτήριο ευρίσκεται σε κεκλιμένο έδαφος.  
Πηγή: C. Arnold, R. Reitherman. Building configuration & seismic design.

## Μαλακοί όροφοι

Ο αρχιτεκτονικός και ο στατικός σχεδιασμός μερικές φορές οδηγούν στο φαινόμενο των λεγόμενων «μαλακών ορόφων», δηλαδή ορόφων πιο εύκαμπτων από τους γειτονικούς τους. Η αύξηση της ευκαμψίας κάποιου ορόφου μπορεί να οφείλεται ακόμη και στην πλαστικοποίησή του από υπερβολικά, σε σχέση με την αντοχή του, φορτία. Κατασκευαστικά η δημιουργία μαλακού ορόφου προκύπτει για παράδειγμα από:

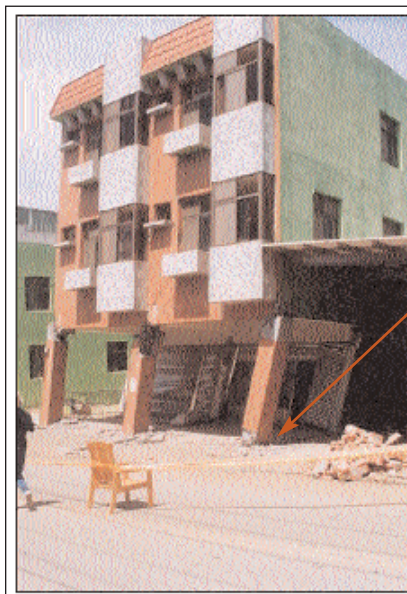
- διαφορές στα ύψη μεταξύ των ορόφων
- αφαίρεση κατακόρυφων κατασκευαστικών στοιχείων σ' ένα όροφο (φερόντων ή μη)
- προσθήκη στοιχείων δυσκαμψίας (φερόντων ή μη) στους γειτονικούς σ' αυτόν ορόφους
- έλλειψη οριζόντιων στοιχείων δυσκαμψίας (π.χ. με την κατασκευή αντί πλάκας επί δοκών, σχετικώς λεπτής πλάκας επί στύλων)
- ανεπαρκή πάκτωση των κατακόρυφων στοιχείων στη κεφαλή ή την βάση τους.



**Σχήμα 22.** Θέσεις δημιουργίας «μαλακών ορόφων».  
1. Pilotis (μαλακός όροφος στη στάθμη του εδάφους).

2. Μαλακός όροφος σε ενδιάμεση στάθμη.

Πηγή: PHO: Principles of disaster mitigation in Health Facilities.



**Σχήμα 23.** Μαλακός όροφος στη στάθμη του ισογείου.  
Πηγή: PHO: Principles of disaster mitigation in Health Facilities.

## Τροποποιήσεις-μετασκευές και δημιουργία μαλακού ορόφου ως συνέπεια

Το θέμα των τροποποιήσεων στα φέροντα και μη φέροντα στοιχεία ενός εργοστασίου είναι παράγων κινδύνου μείζονος σημασίας, διότι συνήθως αυτές γίνονται χωρίς προηγούμενη μελέτη. Αυτό συμβαίνει διότι μια βιομηχανία συνήθως διαθέτει το τεχνικό και εργατικό προσωπικό για την υλοποίηση τέτοιων επεμβάσεων, χωρίς αυτές –στις περισσότερες περιπτώσεις– να γίνονται αντιληπτές από τους ελεγκτικούς φορείς των δομικών έργων.

Πρέπει να γίνει συνείδηση στην διοίκηση κάθε βιομηχανικής μονάδας ή και απλής βιοτεχνίας, ότι είναι πολύ επικίνδυνο για την σεισμική ασφάλεια του κτηρίου να προβαίνει σε οποιαδήποτε μετασκευή χωρίς προηγούμενη μελέτη η οποία θα εξασφαλίζει με την ευκαιρία αυτή την ακεραιότητα του κτηρίου έναντι των απαιτήσεων των σύγχρονων κανονισμών.

Οι διαφορές στα ύψη των ορόφων στα κτήρια των βιομηχανιών προκύπτουν συχνά από ανάγκες για μεγαλύτερο χώρο σε συγκεκριμένες θέσεις και στάθμες, για τεχνικούς λόγους (απαιτήσεις ογκωδών μηχανημάτων) ή και για αισθητικούς λόγους (για ανάδειξη της εισόδου).

Η αφαίρεση κατακόρυφων στοιχείων, όπως τούλων, όταν το κτήριο διαθέτει πιλοτή (pilotis), ή ό-



ταν υπάρχουν μεγάλοι ενιαίοι χώροι παραγωγής, έχει σημαντική επίδραση στην σεισμική συμπεριφορά του, ειδικά όταν αυτό συμβαίνει σε χαμηλούς ορόφους. Ακόμη και σε ανώτερους ορόφους η ύπαρξη «μαλακού ορόφου» είναι πρόβλημα, αλλά καθώς οι δυνάμεις είναι γενικά μεγαλύτερες στην βάση του κτηρίου, η διαφοροποίηση της ακαμψίας στο ισόγειο προκαλεί μεγαλύτερα προβλήματα. Άλλωστε, στους χαμηλότερους ορόφους στηρίζονται οι υπερκείμενοι όροφοι. Έτσι, αν υποστούν βλάβη οι χαμηλότεροι, κινδυνεύουν και οι υψηλότεροι, ενώ το αντίστροφο δεν συμβαίνει.

Το βασικό πρόβλημα του «μαλακού ορόφου» είναι ότι οι δυνάμεις του σεισμού τείνουν να συγκεντρωθούν στον ασθενέστερο όροφο ή στο σημείο ασυνέχειας, αντί να κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλους τους ορόφους.

**Λύση στο πρόβλημα των μαλακών ορόφων** αποτελεί μόνον η εξάλειψη του προβλήματος με την αραίωση των δυσμενών παραμέτρων. Π.χ. αν στο ισόγειο του κτηρίου είναι απαραίτητο να υπάρχει μεγάλο ύψος, μπορούν να προστεθούν υποστυλώματα ή διαγώνιες ενισχύσεις. Αν η διαφορά στο ύψος υπάρχει σε ενδιάμεσο όροφο, μπορεί να προστεθεί σε κεντρικό σημείο μεσοπάτωμα. Το απλούστερο βέβαια είναι, να αποκατασταθεί η συνέχεια από τους ελλείποντες τοίχους, με την κατασκευή ύστερα από μελέτη, σε ορισμένες κατάλληλες θέσεις, ισχυρότερων τοίχων, προς αντικατάσταση αυτών που ελλείπουν ή εν γένει αναπλήρωσης της έλλειψης δυσκαμψίας, εφόσον το ύψος του ορόφου είναι μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό των γειτονικών του.

#### 2.2.3.4 Προβλήματα θεμελίωσης

Το σώμα της θεμελίωσης μεταφέρει στην ανωδομή την σεισμική διέγερση αλλά και μέσω αυτού μεταφέρεται η αντίδραση της ανωδομής στο έδαφος.

Η σεισμική δόνηση διεγείρει τα διάφορα σημεία της κατασκευής με μια διαφορά φάσεως που μπορεί να φθάνει και τις 180° για σκληρά εδάφη θεμελίωσης. Αυτή η διαφορά φάσεως μπορεί να εκδηλώνεται σε μία ή και περισσότερες της μιας διευθύνσεις: πάνω-κάτω, εμπρός-πίσω, αριστερά-δεξιά. Επίσης, υπάρχουν και στροφικές διεγέρσεις από το έδαφος, περί τους τρεις άξονες.

Με την κατάλληλη διαμόρφωση του σώματος της θεμελίωσης επιδιώκεται η μείωση της σεισμικής καταπόνησης της ανωδομής και γενικότερα η μείωση των δυσμενών επιπτώσεων των σεισμικών κραδασμών σε όλη την κατασκευή.

- Μια γενική σύσταση για την διαμόρφωση της θεμελίωσης, η οποία είναι αποτελεσματική σε περίπτωση σεισμού είναι η δημιουργία άκαμπτης θεμελίωσης και η έδρασή της σε όσο το δυνατόν βαθύτερα στρώματα. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου της θεμελίωσης γίνεται ανάλογα με το είδος της ανωδομής, τον φέροντα οργανισμό της, τις διαστάσεις της, τα φορτία της (από σεισμό και βαρύτητα) και την ποιότητα του εδάφους.
- Το σώμα της θεμελίωσης δεν πρέπει κατά το δυνατόν να μεταφέρει στην ανωδομή τις τυχόν ανομοιομορφίες της σεισμικής απόκρισης του εδάφους. Όσο, λοιπόν, πιο ανώμαλη σεισμική συμπεριφορά προβλέπεται να έχει το έδαφος, τόσο πιο άκαμπτο πρέπει να είναι το σώμα της θεμελίωσης (εξασφάλιση διαφραγματικής λειτουργίας και στο οριζόντιο και στο κατακόρυφο επίπεδο).
- Οι θεμελιώσεις, εν γένει, πρέπει να είναι ενιαίες, δύσκαμπτες και να διαθέτουν την κατάλληλη αντοχή. Οι αρμοί διαστολής μεταξύ γειτονικών κτηρίων πρέπει να διήκουν μέχρι τα υπόγεια, χωρίς να τα διαχωρίζουν, μετά -βέβαια- από κατάλληλο πρόγραμμα σκυροδέτησης, ώστε να αποφεύγονται οι εντατικές καταστάσεις από τις συστολές από την πήξη του σκυροδέματος. Αυτό ση-

μαίνει ότι θα πρέπει να γίνονται και οι κατάλληλοι υπολογισμοί αντοχής των υπογείων και της θεμελίωσης, ώστε να παραλαμβάνονται οι αναπτυσσόμενες εντατικές καταστάσεις, από τα φορτία που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση ανωδομής και θεμελίων. Εάν, παρά τα προαναφερθέντα, είναι αναπόφευκτη για άλλους υπέρτερους λόγους η κατασκευή αρμού σε κεκλιμένο έδαφος, τότε εκατέρωθεν του αρμού δεν θα πρέπει να γίνεται η θεμελίωση σε διαφορετικές στάθμες. Αν παρ' όλα αυτά επιβάλλεται αυτό να γίνει, τότε πρέπει: 1) να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την αποκατάσταση της πλευρικής πίεσης στο μέτωπο του εδάφους 2) να εξασφαλιστεί ότι η ακραία σειρά των υποστυλωμάτων της ανωδομής που βρίσκεται από την μία πλευρά του αρμού δεν θα προσκρούσει στην σειρά των υποστυλωμάτων που βρίσκεται στην άλλη πλευρά του 3) να ληφθούν μέτρα, ώστε να μην υποχωρήσει κατά την διάρκεια του σεισμού το έδαφος που βρίσκεται ψηλότερα, λόγω των αυξημένων φορτίων που επιβάλλονται σ' αυτό.

### Υπόγειοι χώροι

Η ύπαρξη υπογείων σε ένα κτήριο γενικώς ευνοεί την σεισμική συμπεριφορά του, διότι:

- α) έτσι η θεμελίωση φθάνει υποχρεωτικά σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους, πιο ανθεκτικά
- β) η σεισμική διέγερση είναι γενικώς μικρότερη σε βαθύτερα στρώματα
- γ) η σεισμική συμπεριφορά του εδάφους στα διάφορα σημεία της κάτοψης είναι πιο ομοιόμορφη στα βαθύτερα στρώματα
- δ) με την κατασκευή υπογείου αυξάνει κατ' ανάγκην η δυσκαμψία της θεμελίωσης και κατ' επέκταση ολόκληρου του κτηρίου.

Οι υπόγειοι χώροι αποτελούν ασφαλή χώρο καταφυγής κατά τον σεισμό. Πρέπει για τον λόγο αυτό να διαθέτουν τον κατάλληλο φυσικό αερισμό, ώστε σε περίπτωση καταφυγής των ενοίκων, να είναι δυνατή η παραμονή τους εκεί επί αρκετό χρονικό διάστημα, αν απαιτηθεί. Η κατασκευή του υπογείου θα πρέπει να είναι κατάλληλα υπολογισμένη, ώστε να δέχεται με ασφάλεια την ενδεχόμενη πτώση των υπερκείμενων ορόφων. Επίσης, πρέπει να προβλέπεται ασφαλής έξοδος από το υπόγειο στον ελεύθερο χώρο.

Για τον ίδιο λόγο πρέπει να προβλεφθούν εκεί δεξαμενές πόσιμου νερού, κατάλληλα στηριζόμενες και με αυτόματη ανανέωση νερού.

Απαγορεύεται μέσα από υπόγειους χώρους οι οποίοι προορίζονται ως χώροι καταφυγής να διέρχονται αποχετεύσεις, αγωγοί με υγρά ή αέρια καύσιμα και να αποθηκεύονται εκεί υλικά ή ουσίες που αναδίδουν οσμές ή αναθυμιάσεις δυσάρεστες ή επικίνδυνες.

#### 2.2.3.5 Ανώτατος όροφος – στέγη

Πρέπει να αποφεύγεται η συγκέντρωση μεγάλης μάζας και κινητών φορτίων στον ανώτατο όροφο, κυρίως όταν το κτήριο είναι πολυώροφο.

Τα οριζόντια σεισμικά φορτία υπολογισμού να είναι μεγαλύτερα στους τελευταίους ορόφους, για ίσες μάζες.

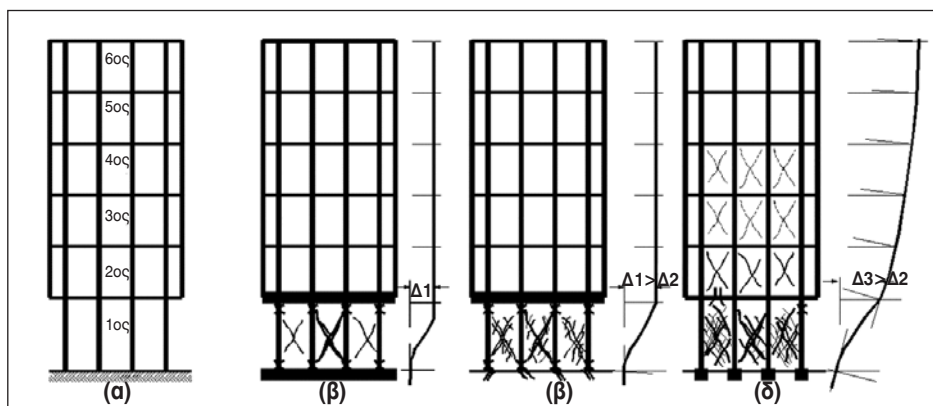


### 2.2.3.6 Τα προβλήματα των πιλοτών

#### Αντιμετώπιση του προβλήματος των πιλοτών στην πράξη

Η διαμόρφωση του ισογείου πολυώροφων κτηρίων κατοικιών σε ελεύθερο χώρο (πιλοτή) είναι πολύ διαδεδομένη στη χώρα μας. Ο Γ.Ο.Κ. παρέχει δυνατότητες και διευκολύνσεις για την εφαρμογή τέτοιων λύσεων. Στις περιπτώσεις των κτηρίων με πιλοτή μπορούν να καταταγούν και άλλα κτήρια τα οποία δεν έχουν ελεύθερο ισόγειο, έχουν όμως πολύ μειωμένες τοιχοπληρώσεις σε αυτό, σε σχέση με τους ορόφους, όπως π.χ. καταστήματα, χώροι γραφείων στο ισόγειο με εύκαμπτα χωρίσματα ή μεγάλα χωρίσματα που δεν φθάνουν μέχρι την οροφή του ισογείου κ.α. Η συμπεριφορά αυτού του είδους των κατασκευών κατά τους σεισμούς είναι γενικώς προβληματική. Μεγάλες, συχνά ανελαστικές, οριζόντιες μετακινήσεις παρατηρούνται στο ισόγειο που οδηγούν σε σημαντικές ζημιές. Η παρουσία ισχυρών δοκών στην οροφή του ισογείου προκαλεί βαρύτερες ζημιές. Με ασθενέστερες δοκούς οροφής ισογείου οι ζημιές επεκτείνονται και στον δεύτερο όροφο, μειώνοντας όμως την ένταση των ζημιών στο ισόγειο. Συνηθισμένες είναι οι ζημιές σε πολυώροφα κτήρια με πιλοτή κατά τους τελευταίους σεισμούς της Θεσσαλονίκης (1978), της Ηγουμενίτσας (1979), του Αλμυρού (1980), των Αλκονιδών (1981), της Καλαμάτας (1986), του Πύργου (1993), του Αιγίου (1995), των Αθηνών (1999). Σε αρκετές περιπτώσεις κτήρια κατοικιών με διαχωριστικούς τοίχους από πλινθοδομές σε όλο το ύψος τους παρουσίασαν πολύ μειωμένες ζημιές, στο επίπεδο των απλών ρηγματώσεων, ενώ γειτονικά κτήρια με πιλοτή παρουσίασαν βαριές βλάβες. Μάλιστα, διώροφα και τριώροφα κτήρια με πιλοτή κατέρρευσαν ή παρουσίασαν μεγάλες ζημιές εκτός δυνατότητας επισκευής. Επίσης, σε αρκετές περιπτώσεις στις οποίες παρατηρήθηκαν μερικές καταρρεύσεις κτηρίων,

τα τμήματα που δεν κατέρρευσαν είχαν τοιχοποιίες στο ισόγειο. Τα κτήρια με πιλοτή τα οποία έχουν μελετηθεί με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959 είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε σεισμικές καταπονήσεις, όπως παρουσιάζεται και στο σχ. 24. Ο κανονισμός αυτός στηριζόταν στη δομική τεχνολογία και τις κοινωνικο-οικονομικές παραμέτρους της εποχής της δεκαετίας του 1950. Την εποχή εκείνη το κτήριο με πιλοτή καθώς επίσης και οι επιπτώσεις του σεισμού σε αυτό ήταν άγνωστα. Τα προβλήματα αυτά διαπιστώθηκαν αργότερα και με την εφαρμογή πρό-

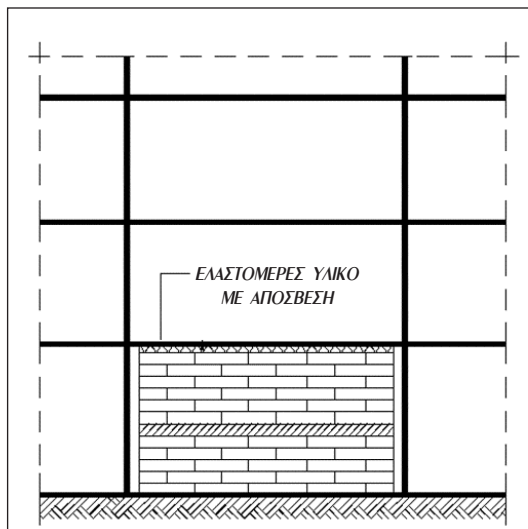


**Σχήμα 24.** Σχηματική παρουσίαση της καθ' ύψος κεντροβαρικής γραμμής παραμόρφωσης κατασκευών με pilotis και της μορφής της βλάβης: (α) Τυπική τομή. (β) Ισχυρές δοκοί στην οροφή και βάση του ισογείου: εκτεταμένες ζημιές στα υποστυλώματα του ισογείου, μόνο μικρές ζημιές στις (περιορισμένες) τοιχοποιίες ή σχετικώς λίγα τοιχώματα του ισογείου. (γ) Ισχυρές δοκοί στην οροφή και ασθενείς δοκοί στη βάση του ισογείου: λιγότερες ζημιές στην κεφαλή και σχεδόν ανύπαρκτες στον πόδα των υποστυλωμάτων του ισογείου. Μεγαλύτερες παραμορφώσεις στο ισόγειο και μεγαλύτερες ζημιές στα όποια τοιχώματα του ισογείου από αυτές της προηγούμενης περίπτωσης. Ζημιές στη θεμελίωση. (δ) Ασθενείς δοκοί στην οροφή και βάση του ισογείου ή μεμονωμένα πέδιλα. Μικρότερες ζημιές στα υποστυλώματα από αυτές της προηγούμενης περίπτωσης. Ακόμα μεγαλύτερες παραμορφώσεις στο ισόγειο και σε ολόκληρο το κτήριο. Ακόμα μεγαλύτερες ζημιές στα όποια τοιχώματα του ισογείου από αυτές της προηγούμενης περίπτωσης. Επείκταση των βλαβών και στους ανώτερους ορόφους.

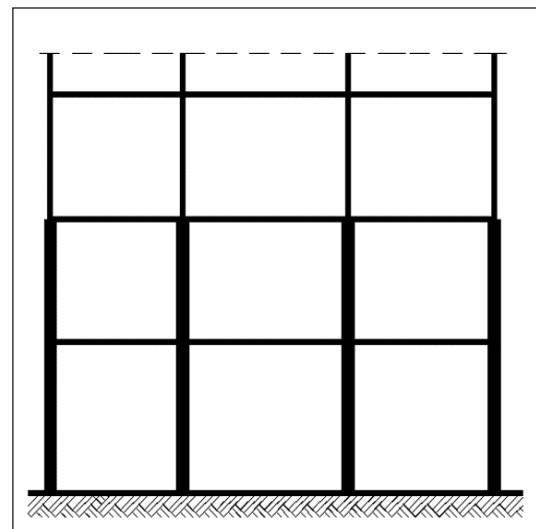
σθετων άρθρων στον κανονισμό του 1984 που έθεσε η πολιτεία, το φαινόμενο λήφθηκε υπόψη κατά τη μελέτη των κτηρίων. Το πρόβλημα όμως παραμένει στα ήδη υπάρχοντα κτήρια που έχουν μελετηθεί με τον κανονισμό του 1959. Για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαία η επέμβαση ώστε να υπάρξει δραστική μείωση των βλαβών που παρουσιάζονται στα κτήρια αυτά από ισχυρούς σεισμούς.

Οι τρόποι επέμβασης μπορεί να αποσκοπούν:

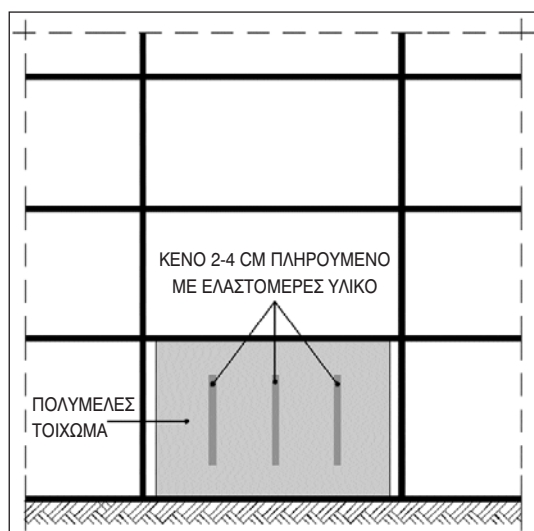
- Στη διαφοροποίηση της συμπεριφοράς των κτηρίων με πιλοτή με την κατασκευή περιορισμένης έκτασης πρόσθετων φερουσών τοιχοποιιών στο ισόγειο διατημητικής συμπεριφοράς, όπως φαίνεται στο σχ. 25.
- Στην αύξηση της αντοχής έναντι κάμψης και διάτμησης των από οπλισμένο σκυρόδεμα μελών του ισογείου και του 1ου ορόφου (σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές επισκευών) όπως παρουσιάζεται στο σχ. 26.
- Στην αύξηση της δυσκαμψίας του ισογείου με την προσθήκη νέων στοιχείων (κυρίως τοιχωμάτων) από οπλισμένο σκυρόδεμα ή πλαισίων από χάλυβα όπως φαίνεται στα σχ. 27 και 28, αντίστοιχα. Τα τοιχώματα αυτά μπορεί να είναι «πολυμελή» συνδεδεμένα με βλήτρα με τον φέροντα οργανισμό (κεφαλής και βάσης στο ισόγειο) του κτηρίου. Τα πολυμελή τοιχώματα διαιρούνται στην ουσία σε αμφίπακτα υποστηλώματα, με αποτέλεσμα την αμφίπακτη λειτουργία τους και κατά συνέπεια τη μηδενική στροφή στην κεφαλή και τον πόδα. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή συνεργασία μεταξύ του προστιθέμενου τοιχώματος και του φέροντος οργανισμού του κτηρίου. Τα τοιχώματα βρίσκονται πάντοτε σε κάποια απόσταση από τα υποστηλώματα (περίπου 5-10 cm).
- Στην αύξηση της απόσβεσης του κτηρίου ώστε να μειωθεί η απόκρισή του με αποτέλεσμα οι αναπτυσσόμενες εντάσεις στο κτήριο να μπορούν να παραληφθούν με ασφάλεια από τα υπάρχοντα στοιχεία, όπως δείχνει το σχ. 29.



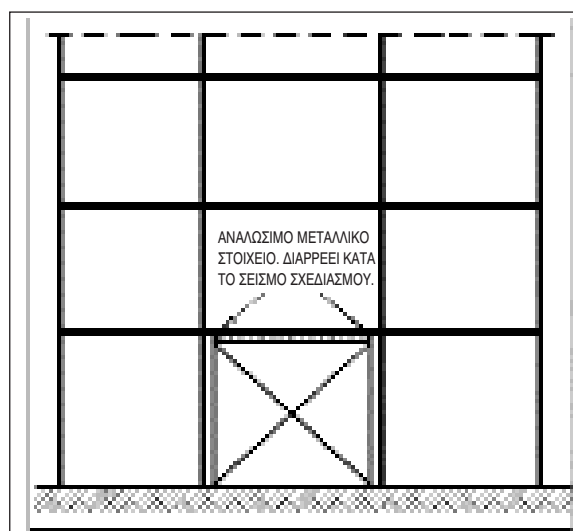
**Σχήμα 25.** Προσθήκη διατημητικών τοιχωμάτων στο ισόγειο από φέρουσα διαζωματική οπτοπλινθοδομή.



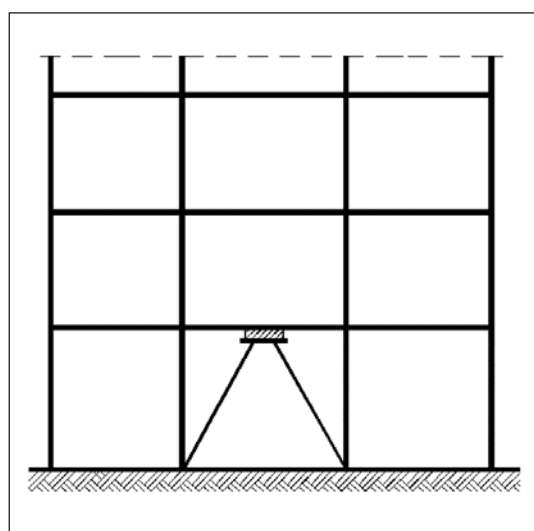
**Σχήμα 26.** Αύξηση της αντοχής των υπαρχόντων στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα, με μανδύες.



Σχήμα 27. Προσθήκη πολυμελών τοιχωμάτων.



Σχήμα 28. Προσθήκη πλαισίων από χάλυβα.



Σχήμα 29. Προσθήκη αποσβεστήρων.



Μερικοί από τους παραπάνω τρόπους επέμβασης έχουν ήδη εφαρμοστεί στην πράξη, όπως παρουσιάζονται στα σχ. 30 έως 32.

Η ορθή αντιμετώπιση του προβλήματος των πιλοτών έχει άμεση προτεραιότητα για τους εξής λόγους:

- I. στοχεύει στην προστασία των κατασκευών με πιλοτή από τον κίνδυνο κατάρρευσης σε περίπτωση σεισμού
- II. τα κτήρια με πιλοτές καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό των κτηρίων της χώρας που έχουν κατασκευαστεί με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959.



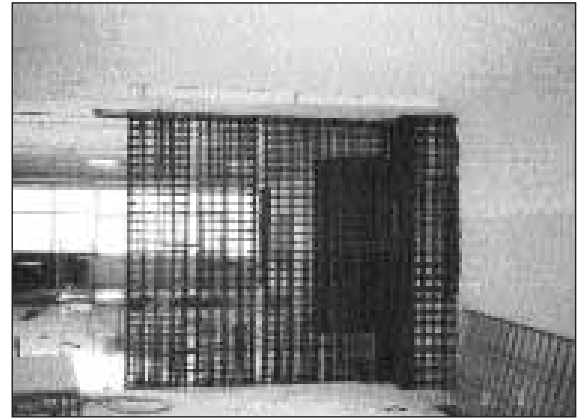
Σχήμα 30. Προσθήκη περιορισμένης έκτασης φερουσών διαζωματικών οπτοπλινθοδομών στην πιλοτή.

- III. στο άμεσο μέλλον προβλέπεται συνέχιση της σεισμικής δραστηριότητας και μάλιστα κοντά σε κατοικημένες περιοχές και
- IV. με την προτεινόμενη μέθοδο αντιμετωπίζεται και η κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμικού κραδασμού, η οποία είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη στην επικεντρική περιοχή, έστω και για μικρού μεγέθους σεισμούς.



Σχήμα 31. Προσθήκη πλαισίου από χάλυβα στο ισόγειο κτηρίου με πιλοτή.

Σχήμα 32. Προσθήκη πολυμελών τοιχωμάτων (φάση τοποθέτησης σιδηροπλισμού).



## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

### Α. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΑΣΗ

(απόσπασμα από μελέτη)

Για τις υπόψη φέρουσες πλινθοδομές λαμβάνεται το μέτρο ελαστικότητάς τους ίσο περίπου προς το 20% έως 40% του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος.

$$E_{w,solid} = (0.2 - 0.4) E_c$$

Οι επιφάνειες των φερουσών πλινθοδομών ανά διεύθυνση είναι:

$$A_{x,y} \geq \frac{\Sigma A_i}{250} (\text{m}^2)$$

Όπου  $\Sigma A_i$  το άθροισμα των επιφανειών των κατόψεων των υπερκειμένων ορόφων σε  $\text{m}^2$  συμπεριλαμβανομένων των προβόλων.

Η αντοχή της πλίνθου  $f_b$  πρέπει να είναι τουλάχιστο 15 MPa

Το συνδετικό κονίαμα αποτελείται από ισχυρή ασβεστοσιμεντοκονία.

Η αντοχή της τοιχοποιίας αυτής στο επίπεδό της αναμένεται να είναι τουλάχιστο  $F_{w,solid} = 10 \text{ MPa}$ .

Για λόγους σύγκρισης παρατίθενται τα εξής στοιχεία:

Η αντοχή των οπτοπλινθοδομών με καλής ποιότητας 6-οπα τούβλα με κατακόρυφες οπές και καλής ποιότητας συνδετικό κονίαμα (π.χ. παρόμοια με την άοπλη τοιχοποιία που εχρησιμοποιείτο συνηθώς κατά την δεκαετία του 1960-1970) εκτιμάται να είναι της τάξεως:

$$F_{w,1} = (0.2 - 0.4) F_{w,solid}$$

Η αντοχή των οπτοπλινθοδομών από ελαφρές τουβλέττες με κατακόρυφες οπές με μέτριας ποιότητας συνδετικό κονίαμα (π.χ. παρόμοια με την άοπλη τοιχοποιία που χρησιμοποιείται τρεχόντως) εκτιμάται να είναι της τάξεως:

$$F_{w,2} = (0.1 - 0.2) F_{w,solid}$$

## B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

B.1 Τούβλα, συμπαγή, αντοχής τουλάχιστον ίσης προς

$$f_b = 15 \text{ MPa}$$

B.2 Ισχυρό ασβεστοσιμεντοκονίαμα. Ενδεικτικώς, η αναλογία μείξης μπορεί να είναι περιεκτικότητας 250 kg τσιμέντου, 175 kg ασβέστου και 1200 kg άμμου ανά  $1 \text{ m}^3$  ετοιμού κονιάματος.

B.3 Κατασκευάζεται τουλάχιστον μια ενισχυτική δοκός ύψους 20 cm από οπλισμένο σκυρόδεμα με οπλισμό:

3 Φ12 άνω και 3 Φ12 κάτω, συνδετήρες Φ8/15 για πλάτος τοιχοποιίας μικρότερο ή ίσο των 0.25 m.

5 Φ12 άνω και 5 Φ12 κάτω, συνδετήρες Φ8/15 για πλάτος τοιχοποιίας 0.30 m έως 0.4 m. Ποιότητα σκυροδέματος τουλάχιστον C16/20.

B.4 Επιλέγεται η θέση κατασκευής των τοιχοποιιών. Η βάση πρέπει να είναι ανένδοτη (επάνω στο δάπεδο που εδράζεται απ' ευθείας επάνω στο περιμετρικό τοίχωμα της βάσης ή στο συνδετήριο δοκάρι της θεμελίωσης). Για καλύτερη απόδοση, επιλέγεται η περίμετρος του κτηρίου και θέσεις μεταξύ των κατακόρυφων στοιχείων αυτού. Οι πλινθοδομές απέχουν περί τα 5 έως 10 cm από το αντίστοιχο υποστύλωμα.

B.5 Αφού φθάσει στο μέσον περίπου του ύψους της η πλινθοδομή, κατασκευάζεται η ενισχυτική δοκός από οπλισμένο σκυρόδεμα (βλ. B.3) χωρίς να έχει οποιαδήποτε επαφή με το υποστύλωμα. Προτού σκληρυνθεί το σκυρόδεμα, τοποθετείται με κάποια σχετική πίεση η πρώτη σειρά των πλίνθων σε βάθος 1-2 εκ. στη δοκό. Στη στάθμη αυτή, αφού παρέλθουν 1-3 ημέρες (ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος: 1 ημέρα το καλοκαίρι, 3 ημέρες το χειμώνα) συνεχίζεται η κατασκευή μέχρι 15 cm περίπου κάτω από το δοκάρι ή την πλάκα της οροφής. Αφού παρέλθουν 5-7 ημέρες, συμπληρώνεται το κενό με λοξά τούβλα με δράση σφήνας και κλίση συμμετρικά από κάτω προς το κέντρο της τοιχοποιίας. Αντί να κατασκευαστεί η σειρά με τα λοξά τούβλα, θα μπορούσε καλύτερα να κατασκευαστεί μία σειρά με οριζόντια τούβλα, μεταξύ των αρμών των οποίων εμπήγνυνται βλήτρα κατάλληλης διαμέτρου και πυκνότητας διάταξης.

## Γ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

### Γ.1 ΠΡΩΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Τριώροφο κτήριο, κάτοψης 100 m<sup>2</sup>.

Στην πιλοτή και σε κάθε διεύθυνση τοποθετούνται δύο (2) τοιχώματα από φέρουσα οπτοπλινθοδομή επιφάνειας το καθένα:

$$A = \frac{3 \times 100}{2 \times 250} = 0.60 \text{ m}^2 (0.30 \times 2.00 \text{ m}^2)$$

Γενική μορφή και λεπτομέρειες φαίνονται στο σχ. 33.

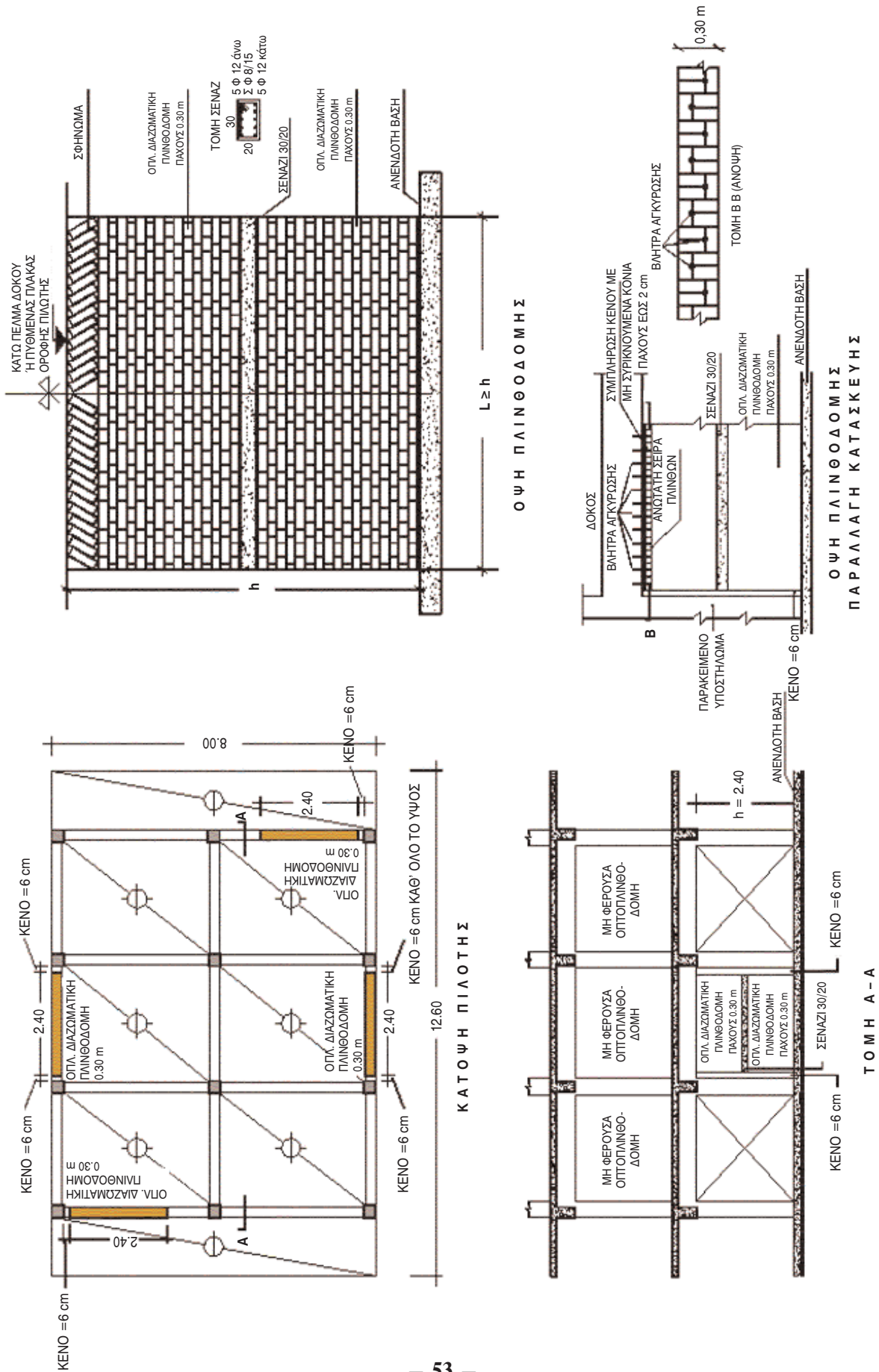
### Γ.2 ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Τετραώροφο κτήριο, κάτοψης 250 m<sup>2</sup>.

Στην πιλοτή και σε κάθε διεύθυνση τοποθετούνται τέσσερα (4) τοιχώματα από φέρουσα οπτοπλινθοδομή επιφάνειας το καθένα:

$$A = \frac{4 \times 250}{4 \times 250} = 1.00 \text{ m}^2 (0.40 \times 2.50 \text{ m}^2)$$





Σχήμα 33.

## Συμπεριφορά των ανώτατων πατώματων ως διάφραγμα

Λόγω των μεγάλων οριζόντιων παραμορφώσεων των ανώτατων σταθμών του κτηρίου, η συνεργασία μεταξύ των κατακορύφων στοιχείων είναι απαραίτητη. Για τον λόγο αυτό, η εξασφάλιση της διαφραγματικής λειτουργίας των ανώτατων πατωμάτων είναι ιδιαίτερα επιθυμητή. Η συνεργασία αυτή είναι απαραίτητη τόσο για να μην επιδρούν δυσμενώς επί των τοίχων τα διάφορα στοιχεία της στέγασης, όσο και για να βοηθήσει η κατασκευή της στέγασης την σύσφιξη και συγκράτηση των τοίχων στη θέση τους κατά τις σεισμικές φορτίσεις.

- Στεγασείς από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι στέγες από οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευάζονται σύμφωνα με τους οικείους κανονισμούς καθώς και τον αντισεισμικό κανονισμό. Προσοχή πρέπει να δίνεται όταν η πλάκα της στέγης εδράζεται σε τοιχοποιία. Πρέπει **πάντοτε** να προβλέπεται περιμετρική δοκός έδρασης, όσο το δυνατόν μικρότερων διαστάσεων. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, η πλάκα εξασφαλίζει διαφραγματική λειτουργία και πλεονεκτεί ως προς αυτό, των ξύλινων ή μεταλλικών κατασκευών που συνήθως δεν την εξασφαλίζουν.

Επιπλέον της διαφραγματικής λειτουργίας, θα πρέπει η ανώτατη στάθμη να έχει σημαντική δυσκαμψία ως προς τα υποστυλώματα, ώστε να παρέχεται έτσι ένα είδος πάκτωσης των υποστυλωμάτων του τελευταίου ορόφου στην τελευταία στάθμη. Κατ' αυτόν τον τρόπο, μειώνονται σημαντικά τα οριζόντια βέλη ολόκληρης της κατασκευής.

- Ξύλινες ή μεταλλικές στέγες.

Κάθε γραμμικό στοιχείο ξύλινης ή μεταλλικής στέγασης, εφόσον είναι ασύνδετο, μπορεί να πλήξει τους περιμετρικούς τοίχους ή τον περιμετρικό φέροντα οργανισμό με «πλήγμα κριού». Όταν δεν είναι συνδεδεμένη η στέγη με την υπόλοιπη κατασκευή ή η σύνδεσή της είναι ανεπαρκής, τότε κατά την διάρκεια του σεισμού παρατηρείται ασυνέχεια στην σχετική κίνηση μεταξύ της στέγης και της υπόλοιπης κατασκευής. Η ασυνέχεια αυτή εκδηλώνεται με κρουστικό τρόπο, δηλαδή αναπτύσσεται το φαινόμενο «κριού». Επίσης, η μη επαρκής σύνδεση στέγης-τοίχων συνήθως προκαλεί μια **μονότονη ταλάντωση** των απέναντι εξωτερικών τοίχων, η οποία μονοσήμαντα αυξάνει προς τα έξω, λόγω της αδυναμίας -συνεπεία αυξημένης τριβής- να επανέρχεται η τοιχοποιία προς το εσωτερικό του κτηρίου, ώστε να επιτελείται μια ταλάντωση πλήρως εναλλασσόμενου προσήμου.

Η κατάλληλη σύνδεση πάντως, των φερόντων γραμμικών στοιχείων μιας ξύλινης ή μεταλλικής στέγασης ή πατώματος με επιφανειακά στοιχεία σωστά συνεργαζόμενα, μπορεί να επιτύχει ευνοϊκή για το κτήριο διαφραγματική λειτουργία.

## 2.3 Ενεργητικά και παθητικά συστήματα ελέγχου της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών

Τέτοια συστήματα στοχεύουν στη μείωση της σεισμικής καταπόνησης και απόκρισης των κατασκευών είτε με την αύξηση της απόσβεσης (απορρόφηση σεισμικής ενέργειας), είτε με την αύξηση της ιδιοπεριόδου φυσικής ταλάντωσης της κατασκευής είτε με την δημιουργία και επιβολή αντίθετων αδρανειακών δυνάμεων σε κατάλληλες θέσεις της κατασκευής είτε με συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων.

Τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται, όταν θέλουμε να έχουμε πολύ μεγαλύτερη σεισμική ασφάλεια

για ένα οικοδόμημα, από αυτή που μπορεί να παράσχει μια συμβατική κατασκευή. Π.χ., όταν θέλουμε να στεγάσουμε πολύτιμα αρχαιολογικά ευρήματα σε μια περιοχή που βρίσκεται σε ζώνη υψηλής σεισμικότητας ή να προστατεύσουμε από σεισμό εκθέματα σε μουσεία ή να «ενισχύσουμε» έναντι σεισμού υπάρχουσες κατασκευές, χωρίς να αλλοιώσουμε την μορφή τους ή την γεωμετρία τους ή δεν αρκούν οι επεμβάσεις που μπορούν να υλοποιηθούν είμαστε σχεδόν μονοσήμαντα υποχρεωμένοι να χρησιμοποιήσουμε τέτοιου είδους συστήματα. Τέτοια συστήματα χρειάζεται να εφαρμοστούν και σε εργοστάσια, τα οποία μπορεί να βλάψουν το περιβάλλον λόγω ενδεχόμενης ζημιάς τους σε περίπτωση σεισμού, όπως είναι αυτά τα οποία χρησιμοποιούν πυρηνική ενέργεια ή έχουν στις εγκαταστάσεις τους τοξικά ή άλλα επικίνδυνα για την υγεία και το περιβάλλον υλικά.

Το φυσικό φαινόμενο της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών συμβαίνει, διότι το έδαφος στο οποίο είναι θεμελιωμένη μια κατασκευή σείεται (ως αποτέλεσμα του σεισμού) και η κατασκευή αποκρίνεται, δηλαδή σείεται και αυτή, ήτοι παραμορφώνεται, εντείνεται, ρηγματώνεται ή ακόμη και καταρρέει. Δεν υπάρχει καμία ορατή δύναμη, η οποία να δρα επί της εν λόγω κατασκευής, ως πρωτογενής δράση του σεισμού. Ο στόχος λοιπόν του αντισεισμικού σχεδιασμού της κατασκευής, όπως ήδη έχει αναφερθεί στα προηγούμενα, είναι:

Όσο δυνατός\* και αν είναι ένας σεισμός, η κατασκευή να μη καταρρέει, οι βλάβες να περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατόν και να εξασφαλίζεται μια ελάχιστη στάθμη λειτουργιών, ανάλογα με τη χρήση της κατασκευής.

Εδώ θα μπορούσε κανείς -για καλύτερη εποπτεία του θέματος- να προσομοιάσει την συμπεριφορά μιας κατασκευής σε σεισμό, με αυτήν ενός αυτοκινήτου, που κινείται με κάποια ταχύτητα σε ένα ανώμαλο δρόμο. Οι αναρτήσεις του, (αμορτισέρ και ελατήρια) απορροφούν τους κραδασμούς από τον δρόμο και στη συνέχεια το όχημα αποκρίνεται αναλόγως. Εάν το όχημα κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα -σε συνδυασμό με την ανωμαλία της επιφάνειας του δρόμου- σε σχέση με τις προδιαγραφές του οχήματος, τότε θα αρχίσουν να εμφανίζονται βλάβες, τόσο στο σύστημα ανάρτησης, όσο και στο ίδιο το όχημα (δεν ξεετάζεται το θέμα της άνεσης των επιβατών).

Στην περίπτωση του σεισμού, η ιδέα του να τοποθετηθεί μια κατασκευή πάνω σε ελαστικές στηρίξεις, λέγεται ότι είχε εφαρμοστεί από τους Αρχαίους Έλληνες. Λέγεται μάλιστα, ότι ο Κολοσσός της Ρόδου στα θεμέλιά του είχε αλλεπάλληλα στρώματα από δέρματα ζώων. Επίσης, τα θεμέλια πολλών αρχαίων μνημείων αποτελούνται από ένα αρκετά μαλακό πωρόλιθο. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνονταν μια σημαντική απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας. Βέβαια, το σύστημα το οποίο μεσολαβεί μεταξύ θεμελίων και οικοδομήματος ή, αυτό που καλείται να απορροφήσει σεισμική ενέργεια, ενδέχεται να πάθει βλάβη από τον σεισμό και έτσι η υπόλοιπη κατασκευή συμπεριφέρεται γραμμικά-ελαστικά, χωρίς βλάβες.

Η βασική σχέση, που διέπει οποιαδήποτε κατασκευή σχετικά με την αντίσταση και φόρτισή της έναντι σεισμού, πρέπει να είναι:

$$R \geq L \quad (1)$$

Όπου:

**R:** η σεισμική αντίστασή της

**L:** η σεισμική φόρτισή της

Σε υπάρχοντα δομήματα, μετά από σεισμικές βλάβες, ή την φθορά του χρόνου, ή άστοχες προγε-

\* Ο όρος «δυνατός» έχει σχετική αξία. Πάντοτε πρέπει να συσχετίζεται με την συγκεκριμένη κατασκευή. Ενδεχομένως ο χαρακτηρισμός «δυσμενής ως προς την κατασκευή», να ήταν πιο ενδεικτικός

νέστερες επεμβάσεις ή λόγω ανεπαρκούς αρχικής κατασκευής ή ακόμη και λόγω αύξησης του σεισμικού φορτίου (αύξηση της σεισμικότητας της περιοχής όπου βρίσκεται η κατασκευή ή της σπουδαιότητάς της), μπορεί να μην ισχύει η ανίσωση (1) και η εν λόγω σχέση να είναι αντίστροφη, δηλαδή η σεισμική αντίσταση της κατασκευής  $\mathbf{R}$  να είναι μικρότερη από τη σεισμική της φόρτιση. Δηλαδή, να ισχύει η σχέση:

$$\mathbf{R}' \leq \mathbf{L}' \quad (2)$$

Σ' αυτή την περίπτωση, σύμφωνα με τα προηγούμενα, είτε το  $\mathbf{R}'$  μειώθηκε ως προς το  $\mathbf{R}$ , είτε το φορτίο  $\mathbf{L}'$  αυξήθηκε ως προς το  $\mathbf{L}$ , είτε συνέβησαν και τα δύο, με τελικό αποτέλεσμα να ανατραπεί η ανίσωση (1).

Προς αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, διατίθενται δύο βασικές μέθοδοι, όπως και ο συνδυασμός αυτών:

- α) Ενίσχυση της σεισμικής αντίστασης του δομήματος  $\mathbf{R}'$ , ώστε αυτή να υπερβεί το  $\mathbf{L}'$ . Αυτό επιτυγχάνεται με αποκατάσταση του δομήματος στην αρχική του μορφή και, αν αυτό δεν επαρκεί, με ενισχυτικές επεμβάσεις και με προσθήκες νέων στοιχείων.
- β) Χωρίς να γίνει η οποιαδήποτε κλασική επέμβαση (επισκευή ή ενίσχυση) στην κατασκευή, αλλά με μείωση της σεισμικής φόρτισης της  $\mathbf{L}'$ , ώστε αυτή να γίνει μικρότερη ή το πολύ ίση προς την σεισμική της αντίσταση  $\mathbf{R}'$ .
- γ) Υπάρχει βέβαια και η τρίτη μέθοδος, που είναι συνδυασμός αυτών των δύο μεθόδων, κατά την οποία, αφού επισκευαστεί και ενισχυθεί κατάλληλα το δόμημα, σε όση έκταση είναι αυτό εφικτό και επιτρεπτό από τις επικρατούσες συνθήκες και τα χαρακτηριστικά της υπάρχουσας κατασκευής, από του σημείου αυτού και πέρα πλέον, το υπάρχον έλλειμμα στην ανίσωση (2) να αποκατασταθεί με την αντίστοιχη μείωση της φόρτισης  $\mathbf{L}'$ .

Τις περισσότερες φορές, όπως και στις καινούργιες κατασκευές, εφαρμόζεται η τρίτη μέθοδος, δηλαδή αυτή του συνδυασμού, η οποία συνδυάζει την επισκευή-ενίσχυση με την εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου της σεισμικής συμπεριφοράς της κατασκευής. Επειδή όμως υπάρχει κίνδυνος να γίνει σύγχυση, ως προς το τι εννοεί κανείς με τον όρο σεισμική αντίσταση ( $\mathbf{R}$ ) και τι με τον όρο σεισμική φόρτιση ( $\mathbf{L}$ ) μιας κατασκευής, δίνονται οι εξής επεξηγήσεις:

Η σεισμική καταπόνηση μιας κατασκευής είναι το αποτέλεσμα της σεισμικής της συμπεριφοράς της, δηλαδή το πώς αυτή αποκρίνεται (ποια είναι η παραμόρφωσή της, η επιτάχυνσή της, η ταχύτητά της, οι ρωγμές που θα αναπτύξει, οι πλαστικές παραμορφώσεις και γενικότερα οι βλάβες που θα παρουσιάσει) έναντι του σεισμού. Για τα συνηθή λοιπόν οικοδομικά υλικά και τις συνηθείς κατασκευές, όσο μεγαλύτερη είναι η σεισμική απόκριση ενός δομήματος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η σεισμική του καταπόνηση. Εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς, ότι για τα συνηθισμένα δομήματα και υλικά, ισχύει και το αντίστροφο, ότι δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η σεισμική καταπόνηση μιας κατασκευής, τόσο μεγαλύτερη είναι και η σεισμική της απόκριση. Η σεισμική φόρτιση  $\{\mathbf{P}(\mathbf{t})\}$  ενός δομήματος θα μπορούσε κατ' αρχήν να οριστεί ως το γινόμενο:

$$\{\mathbf{P}(\mathbf{t})\}_1 = [\mathbf{x}(\mathbf{t})] \times \{\mathbf{v}(\mathbf{t})\} \quad (3)$$

$$\text{ή } \{\mathbf{P}(\mathbf{t})\}_2 = [\mathbf{m}(\mathbf{t})] \times \{\ddot{\mathbf{v}}(\mathbf{t})\} \quad (4)$$

Βλέπει λοιπόν κανείς, ότι η σεισμική φόρτιση  $\{\mathbf{P}(\mathbf{t})\}$  είτε οριζόμενη από τη σχέση (3) είτε από τη σχέση (4), μόνον εμμέσως προκύπτει και όχι απ' ευθείας, ως φόρτιση παραγόμενη πρωτογενώς από τον σεισμό.

Για να μειωθεί η φόρτιση  $\{\mathbf{P}(\mathbf{t})\}$ , θα πρέπει να μειωθούν, για σταθερή μάζα, είτε η δυσκαμψία  $[\mathbf{x}(\mathbf{t})]$ , είτε η μετακίνηση  $\{\mathbf{v}(\mathbf{t})\}$ , είτε η επιτάχυνση  $\{\ddot{\mathbf{v}}(\mathbf{t})\}$  είτε και ο συνδυασμός αυτών των μεγεθών.

Με τα παθητικά συστήματα ελέγχου της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών, είναι δυνατόν να μειωθεί, κυρίως, η δυσκαμψία  $[k(t)]$  και να μειωθούν οι μετακινήσεις και επιταχύνσεις, με την αύξηση της απόσβεσης.

Έτσι, αν μια μεταλλική κατασκευή από 3% απόσβεση, που συνήθως διαθέτει, αποκτήσει με πρόσθετους αποσβεστήρες, μια απόσβεση 12%, η εντατική της κατάσταση, οι παραμορφώσεις της και γενικά η απόκρισή της, θα μειωθούν στο 60% της αρχικής.

Από την άλλη πλευρά, η αύξηση της δυσκαμψίας και της επιτάχυνσης, είναι συνήθως άμεση συνέπεια της αύξησης της αντοχής ενός δομήματος. Έτσι λοιπόν, αυξάνεται εμμέσως -με την αύξηση της αντοχής- και το αναπτυσσόμενο σεισμικό φορτίο  $\{P(t)\}_1$  και  $\{P(t)\}_2$  αντιστοίχως. Άλλωστε, η σεισμική αντοχή ενός δομήματος, είναι ένα αναλώσιμο μέγεθος, διότι κατά την διάρκεια ενός σεισμού, μειώνεται τόσο η αντοχή, όσο και η δυσκαμψία του δομήματος. Μόνον εφ' όσον υπάρχουν ειδικοί μηχανισμοί απορρόφησης ενέργειας και μείωσης της δυσκαμψίας, είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί με αρκετή αξιοπιστία η επιθυμητή συμπεριφορά ενός δομήματος.

Βεβαίως, είναι δυνατόν να μειωθούν οι «σεισμικές δυνάμεις»  $\{P(t)\}$  απ' ευθείας με τη λειτουργία **ενεργητικών συστημάτων** ελέγχου της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών, όπως είναι αυτά που δημιουργούν αντίθετες αδρανειακές δυνάμεις.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Μη δομική τρωτότητα

#### 3.1 Εισαγωγή

Μία βιομηχανία μετά από ένα ισχυρό σεισμό, ίσως να μην παρουσιάζει ζημιές στα φέροντα στοιχεία του κτηρίου όπου στεγάζεται, μπορεί όμως να τεθεί εκτός λειτουργίας λόγω ζημιών σε μη φέροντα στοιχεία. Γενικά, οι καταπονήσεις λόγω του σεισμού στα μη φέροντα στοιχεία, όπως διαχωριστικούς τοίχους, ψευδοροφές, υαλοστάσια, εξοπλισμό κ.λπ. είναι μεγαλύτερες από ότι στα φέροντα, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη τρωτότητα στον σεισμό. Έχει αποδειχθεί ότι μεγάλο μέρος των τραυματισμών και απωλειών στο ανθρώπινο δυναμικό κατά τον σεισμό οφείλεται στις ζημιές σε μη φέροντα στοιχεία και στον εξοπλισμό. Αν δε ληφθεί υπόψη, ότι το κόστος των μη φερόντων στοιχείων και του εξοπλισμού σε ένα κτήριο είναι σημαντικά υψηλότερο από το κόστος του φέροντος οργανισμού, η επισκευή και αντικατάστασή τους είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Επιπλέον ζημιές και καταστροφές στα μη φέροντα στοιχεία και τον εξοπλισμό, ακόμη και αν δεν απειλούν την ζωή των εργαζομένων, μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην λειτουργία της βιομηχανίας και τα αποθέματα αγαθών, αλλά μπορεί όμως να προκαλέσουν ζημιές και σ' αυτόν τον ίδιο τον φέροντα οργανισμό. Τέλος, οι καταστροφές αυτές μπορεί να προκαλέσουν μόλυνση στο περιβάλλον από ενδεχόμενη έκλυση τοξικών χημικών ουσιών. Είναι, λοιπόν, σημαντικό να ληφθούν μέτρα προστασίας τόσο του φέροντος οργανισμού, όσο και των μη φερόντων στοιχείων του βιομηχανικού κτηρίου για τέσσερις βασικά λόγους:

- α. προστασία της ζωής και σωματικής ακεραιότητας των εργαζομένων
- β. διατήρηση της λειτουργίας της βιομηχανίας και των αποθεμάτων που βρίσκονται αποθηκευμένα στους χώρους της
- γ. αποφυγή δαπανηρών επισκευών
- δ. προστασία του περιβάλλοντος.

#### 3.2 Μη δομικά στοιχεία

Ο όρος **μη δομικά στοιχεία ή μη φέροντα στοιχεία**, αναφέρεται σε στοιχεία που συνδέονται φυσικά με τον φέροντα σκελετό του κτηρίου, χωρίς τα ίδια να είναι φέροντα, όπως:

- αρχιτεκτονικά στοιχεία διαμόρφωσης των χώρων, όπως διαχωριστικοί τοίχοι, παράθυρα, θύρες, ψευδοροφές, στηθαία, κιγκλιδώματα, αναρτήσεις διακοσμητικών ή άλλων στοιχείων στους εξωτερικούς τοίχους ή το εσωτερικό των κτηρίων κ.λπ.
- στοιχεία που είναι ουσιώδη για την λειτουργία του κτηρίου της Βιομηχανίας, όπως υδραυλικές σωληνώσεις, συστήματα θέρμανσης, κλιματισμού, ηλεκτρολογικά κ.λπ., εγκαταστάσεις, δηλαδή, που χαρακτηρίζονται Εγκαταστάσεις Πολιτικού Μηχανικού
- εγκαταστάσεις και μηχανήματα παραγωγής της Βιομηχανίας
- στοιχεία εξοπλισμού, όπως επίπλωση, ράφια, ντουλάπια φύλαξης υλικών κ.λπ.
- στοιχεία αποθήκευσης υλικών και πρώτων υλών παραγωγής, αποθήκευσης έτοιμων εμπορευμάτων κ.λπ.

Κατατάσσονται λοιπόν στις εξής κατηγορίες:

- **αρχιτεκτονικά στοιχεία**
- **εξοπλισμός και επίπλωση**
- **ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις** (που εξυπηρετούν κυρίως τη λειτουργία του κτηρίου από δομικής πλευράς και όχι ως βιομηχανίας)
- **μηχανήματα και εγκαταστάσεις παραγωγής**
- **εξοπλισμός αποθήκευσης.**

Στα μη δομικά στοιχεία μπορούν να κατατάσσονται κατασκευές και εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε υπαίθριους χώρους και στοιχεία που διαμορφώνουν τους υπαίθριους κοινόχρηστους χώρους, όπως:

- **υπαίθριες εγκαταστάσεις, δεξαμενές και σιλό**
- **υπαίθρια καθιστικά, πέργολες κ.λπ.**

Ενδεικτικά περιγράφονται παρακάτω ζημιές που είναι πιθανό να συμβούν σε τέτοιου είδους μη φέροντα στοιχεία σε περίπτωση ισχυρής σεισμικής δόνησης και οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν οι ζημιές αυτές.

- Γεννήτρια ρεύματος ανατρέπεται λόγω ακατάλληλης στήριξης σε περίπτωση σεισμού (αναστολή παροχής ενέργειας).
- Κύλινδροι αερίων υπό πίεση ή υγρών ανατρέπονται προκαλώντας έκρηξη ή πυρκαγιά. Αν τα αέρια ή τα υγρά είναι τοξικά μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα στο περιβάλλον (περιβαλλοντικός κίνδυνος).
- Κατακόρυφες ή οριζόντιες μεταφορικές ταινίες ή ανελκυστήρες τίθενται εκτός λειτουργίας για διάφορους λόγους (αναστολή λειτουργίας).
- Αντικείμενα πέφτουν από ράφια και προθήκες και καταστρέφονται ή προκαλούν τραυματισμούς (οικονομική απώλεια, κίνδυνος ζωής).
- Μηχανήματα γλιστρούν, μετακινούνται, περιστρέφονται ή ανατρέπονται, πέφτουν πάνω σε άλλα και καταστρέφονται ή/και προκαλούν τραυματισμούς. Εφόσον διάφορα μηχανήματα είναι οργανικά συνδεδεμένα μεταξύ τους, ακόμα και απλή μετακίνηση ή περιστροφή του ενός σε σχέση με το άλλο μπορεί να θέσει εκτός λειτουργίας την μονάδα (οικονομική απώλεια, απώλεια λειτουργίας, κίνδυνος ζωής).
- Σωληνώσεις νερού και αποχετεύσεων ή άλλων παροχών σπάζουν στις ενώσεις ή σε σημεία που διασχίζουν αρμούς διαστολής ή τοίχους που παραμορφώνονται, προκαλώντας μείζον πρόβλημα λειτουργίας. Υπάρχει το ενδεχόμενο να συμβεί και το αντίστροφο. Οι σωληνώσεις να είναι τόσο ισχυρές και δύσκαμπτες, ώστε αυτές καταστρέφουν τοπικά ή όχι τα λοιπά μη φέροντα (π.χ. τοιχοποιίες), αλλά και φέροντα στοιχεία του κτίσματος (αναστολή λειτουργίας).
- Ψευδοροφές παραμορφώνονται και τμήματά τους καταρρέουν και προκαλούν τραυματισμούς. Το σύστημα εξαερισμού, θέρμανσης και ψύξης τίθεται εκτός λειτουργίας. Το γεγονός αυτό σε ένα χώρο κατοικίας ή γραφείων μπορεί να μην έχει μεγάλη σημασία, αλλά για μια βιομηχανία μπορεί να είναι κρίσιμο για την υγεία των εργαζομένων και την ασφάλεια του χώρου (απώλεια λειτουργίας, κίνδυνος ζωής).
- Υαλοστάσια παραμορφώνονται και υαλοπίνακες σπάζουν και πέφτουν προς τα έξω ή προς τα

μέσα τραυματίζοντας περαστικούς ή το προσωπικό. Συνήθως ο τρόπος θραύσης των υαλοπινάκων κατά τον σεισμό θυμίζει έκρηξη, (π.χ. τεμάχια των υαλοπινάκων διασκορπίζονται σε μεγάλη έκταση) (κίνδυνος ζωής).

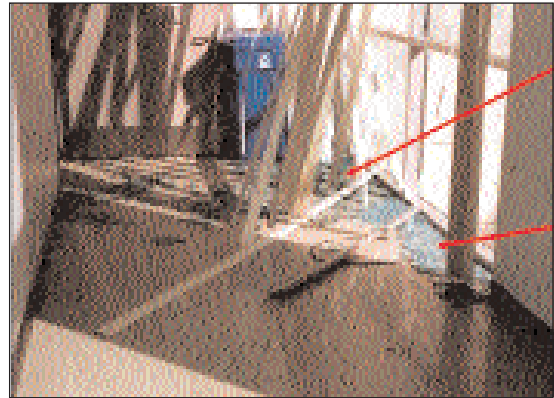
- Γραφειακός εξοπλισμός, ηλεκτρονικοί υπολογιστές και συσκευές γλιστρούν από τις επιφάνειες εργασίας, πέφτουν στο δάπεδο και καταστρέφονται. Πολύτιμα ηλεκτρονικά αρχεία χάνονται (οικονομική απώλεια, απώλεια λειτουργίας).
- Ερμάρια με αποθηκευμένα υλικά ανατρέπονται, τα φύλλα τους ανοίγουν και το περιεχόμενο διασκορπίζεται και καταστρέφεται / φράζει διεξόδους / προκαλεί κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης ανάλογα με τα αποθηκευμένα υλικά (κίνδυνος ζωής).
- Καμινάδες αποκολλώνται και καταρρέουν σε εξωτερικούς χώρους (κίνδυνος ζωής).
- Αποθηκευμένα δοχεία με τοξικά υγρά ή ισχυρά διαβρωτικά ή πτητικές ουσίες ανατρέπονται προκαλώντας θανάσιμο κίνδυνο έκρηξης, πυρκαγιάς, εισπνοής τοξικών αερίων, εγκαυμάτων, όχι μόνον στο συγκεκριμένο κτήριο, όπου ευρίσκονται, αλλά και στον περιβάλλοντα χώρο (κίνδυνος ζωής, περιβαλλοντικός κίνδυνος).
- Πλαίσια θυρών παραμορφώνονται και εμποδίζουν την διαφυγή (κίνδυνος ζωής).
- Στηθαία ταρατσών ή εξωστών καταρρέουν και προκαλούν τραυματισμούς.
- Εύφλεκτα υλικά διασκορπίζονται στο περιβάλλον με αποτέλεσμα να προκαλούνται πυρκαγιές (κίνδυνος ζωής).
- Οι συσκευές και σωληνώσεις γκαζιού ή πετρελαίου θραύονται με άμεσο αποτέλεσμα την πρόκληση πυρκαγιάς (κίνδυνος ζωής).
- Ολόκληροι εξωτερικοί τοίχοι πληρώσεως ή τμήματά τους μπορεί να καταπέσουν, συνήθως εκτός του περιγράμματος του κτηρίου, προκαλώντας θανάτους ή τραυματισμούς σε διερχόμενα άτομα και σημαντικές βλάβες σε αυτοκίνητα που κινούνται στο δρόμο ή είναι σταθμευμένα στο πεζοδρόμιο (κίνδυνος ζωής, οικονομική απώλεια).
- Καμινάδες εξωτερικές απαγωγής απόβλητων αερίων παραγωγής καταρρέουν (κίνδυνος ζωής, περιβαλλοντικός κίνδυνος).
- Σιλό υλικών παραγωγής υφίστανται ζημιές στις στηρίξεις τους.
- Σκελετοί στήριξης αντενών λυγίζουν.
- Πολυώροφα ράφια αποθήκευσης υλικών ή ετοιμών εμπορευμάτων μετακινούνται ή καταρρέουν (κίνδυνος ζωής, οικονομική απώλεια).
- Ευαίσθητα στις δονήσεις ηλεκτρονικά συστήματα βραχυκυκλώνονται και καταστρέφονται πολύτιμα δεδομένα (απώλεια λειτουργίας).
- Στεγασμένες υπαίθριες πορείες λυγίζουν και εμποδίζουν προσπελάσεις σε χώρους και κτήρια (κίνδυνος ζωής).



**Σχήμα 1.** Καταστροφή συνεχών γραμμικών φωτιστικών σωμάτων χωνευτών στην ψευδοροφή.



**Σχήμα 2.** Καταστροφή ψευδοροφής.  
Πηγή: Guna Selvaduray, San Jose State University.  
Nonstructural Hazard Mitigation.



**Σχήμα 3.** Θραύση τζαμιών υαλοστασίων.



**Σχήμα 4.** Ανατροπή συσκευών μεγάλης αξίας  
λόγω ανεπαρκούς στερέωσης.

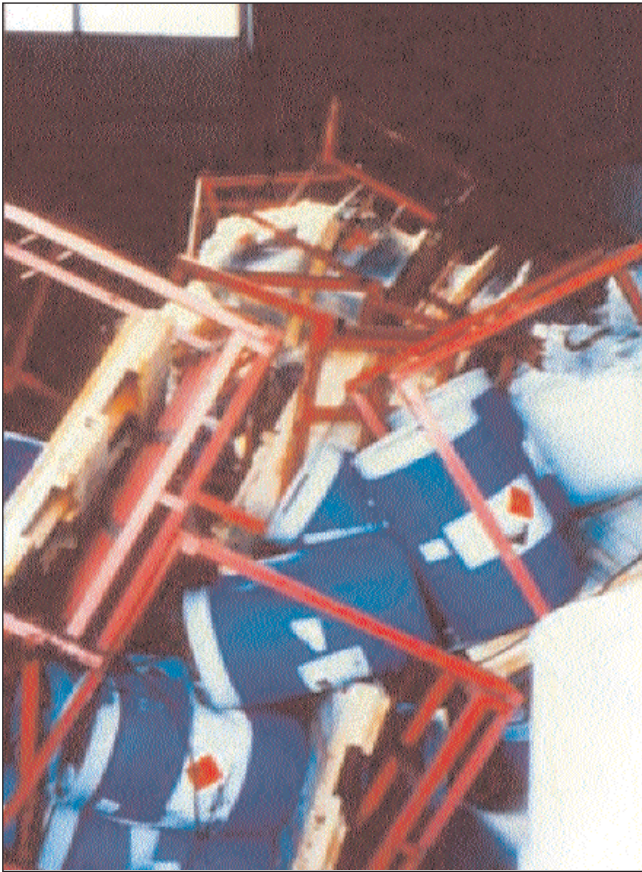


**Σχήμα 4α.** Ολική καταστροφή ψευδοροφής.

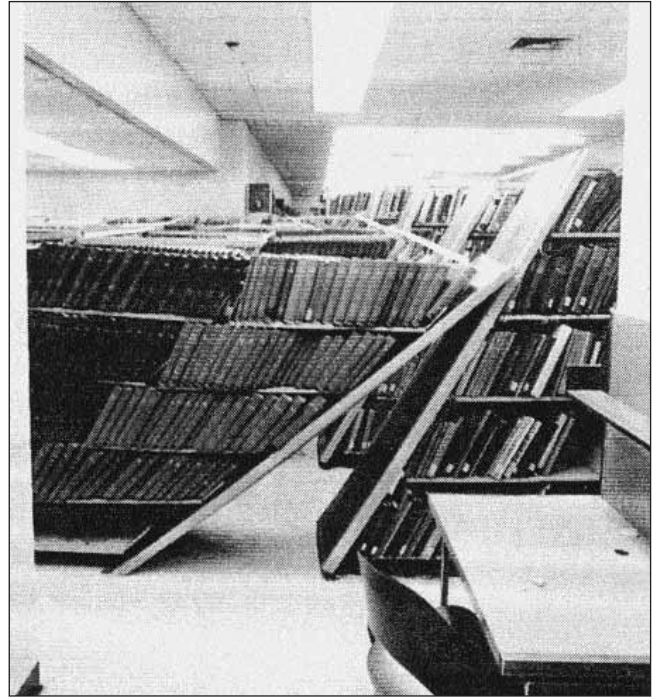


**Σχήμα 4β.** Καταστροφή τείχων πληρώσεως.



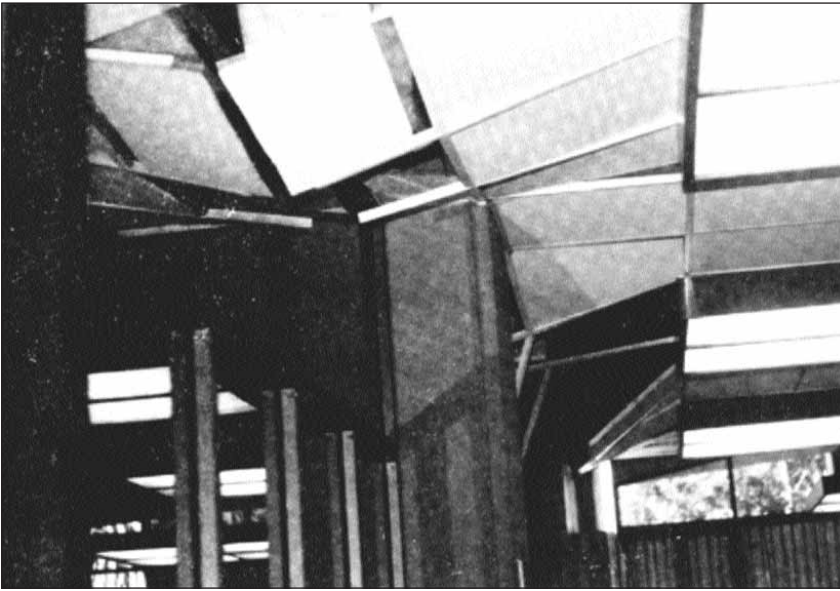


**Σχήμα 5.** Ανατροπή υλικών σε αποθηκευτικούς χώρους, λόγω ανεπαρκούς αντισεισμικής προστασίας των ραφιών και ακατάλληλου τρόπου τοποθέτησης των υλικών-προϊόντων. (Καταστροφή υλικών, κίνδυνος ανάφλεξης ή αντίδρασης, αποκλεισμός διεξόδου διαφυγής).



**Σχήμα 6.** Διασκορπισμός περιεχομένου ραφιών βιβλιοθηκών, παραμόρφωση βιβλιοθηκών που φράζουν διεξόδους.  
Πηγή: Guna Selvaduray, San Jose State University. Nonstructural Hazard Mitigation.





Σχήμα 7. Εκτεταμένες ζημιές από πτώση ψευδοροφής.

Η παραπάνω ενδεικτική απαρίθμηση δείχνει το πλήθος και την ποικιλία των επιπτώσεων που μπορούν να έχουν οι ζημιές λόγω του σεισμού στα μη φέροντα στοιχεία και τον εξοπλισμό, την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής, σε οικονομικό κόστος, την λειτουργία της βιομηχανίας και το περιβάλλον.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μετακινήσεις, περιστροφές και ανατροπές των αντικειμένων, που παρατηρούνται κατά την διάρκεια ενός σεισμού είναι εν γένει ανεξάρτητες του βάρους ή των γεωμετρικών διαστάσεων των μηχανημά-

των. Πολλές φορές παρατηρείται σημαντική μετακίνηση ή περιστροφή βαρύτερων μηχανημάτων, τα οποία υπό κανονικές συνθήκες θα ήταν πολύ δύσκολο να μετακινηθούν.

Για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων αυτών, όλα τα μη φέροντα στοιχεία του κτηρίου θα πρέπει να ελεγχθούν ένα προς ένα και να χαρακτηριστούν ως προς τον βαθμό τρωτότητάς τους έναντι του σεισμού και τον βαθμό επικινδυνότητάς τους για την ζωή, την λειτουργία της βιομηχανίας και το περιβάλλον, ώστε να γίνει η απαραίτητη ιεράρχηση του βαθμού σεισμικής προστασίας τους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί, ώστε τα φορτία τους να μην επηρεάζουν δυσμενώς τον φέροντα οργανισμό. Εφόσον τα φορτία τους, η μορφή και η γεωμετρία τους είναι τέτοια, που επηρεάζουν τον φέροντα οργανισμό, θα πρέπει να ληφθούν κατάλληλα υπόψη στους στατικούς και αντισεισμικούς υπολογισμούς του κτηρίου.

### 3.3 Εκτίμηση τρωτότητας των μη δομικών στοιχείων και προτάσεις ενίσχυσης

#### 3.3.1 Αρχιτεκτονικά Στοιχεία Διαμόρφωσης των κτηρίων μιας βιομηχανίας

Αρχιτεκτονικά στοιχεία διαμόρφωσης είναι όλα τα σταθερά στοιχεία μιας κατασκευής που δεν είναι φέροντα και διαμορφώνουν τις όψεις ή τους εσωτερικούς χώρους ενός κτηρίου.

Αρχιτεκτονικά στοιχεία είναι:

- A. στοιχεία που διαμορφώνουν το εξωτερικό περίβλημα του κτηρίου
- B. στοιχεία που διαμορφώνουν τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου
- Γ. στοιχεία που διαμορφώνουν τον άμεσο περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου.

- **Στοιχεία που διαμορφώνουν το εξωτερικό περίβλημα του κτηρίου:**

1. οι εξωτερικοί τοίχοι πλήρωσης
2. οι ανηρτημένες προσόψεις (τοιχοπετάσματα)
3. οι επενδύσεις εξωτερικών τοίχων
4. τα κουφώματα και τα υαλοστάσια
5. τα στηθαία, οι κορνίζες και τα προστεγάσματα
6. οι καμινάδες

7. τα σήματα ή οι επιγραφές που είναι προσαρτημένες στις εξωτερικές όψεις
8. οι επικαλύψεις των στεγών.

- **Στοιχεία που διαμορφώνουν τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου:**

1. οι διαχωριστικοί τοίχοι από τοιχοποιία ή ελαφρά στοιχεία
2. οι εσωτερικές επενδύσεις των τοίχων
3. οι ψευδοροφές
4. τα υπερυψωμένα δάπεδα
5. τα φωτιστικά σώματα
6. τα κλιμακοστάσια
7. οι ανελκυστήρες.

- **Στοιχεία που ευρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου:**

1. οι στεγασμένες υπαίθριες πορείες που συνδέουν κτήρια
2. οι στεγασμένοι χώροι στάθμευσης
3. οι υδατόπυργοι και οι υπερυψωμένες υπαίθριες δεξαμενές ή σιλό
4. οι αντένες.

Κάθε ένα από τα στοιχεία αυτά, αν και δεν αποτελεί παράγοντα στατικής αστοχίας του κτηρίου, μπορεί να αποβεί κίνδυνος ζωής για τους ενοίκους ή τους διερχόμενους πολίτες και να απειλήσει την ομαλή λειτουργία της βιομηχανίας μετά τον σεισμό.

### 3.3.1.1 Εκτίμηση τρωτότητας αρχιτεκτονικών στοιχείων όψεων

Αρχιτεκτονικά στοιχεία όψεων αποτελούν οι πάσης φύσεως επενδύσεις, οι ορθομαρμαρώσεις, ακόμη και τα επιχρίσματα, οι κορνίζες, τα διακοσμητικά διαζώματα, οι αρχιτεκτονικές προεξοχές, τα σκίαστρα και άλλα διακοσμητικά στοιχεία διαμόρφωσης των όψεων του κτηρίου. Με την σεισμική δόνηση μπορούν να αποκολληθούν και να προκαλέσουν τραυματισμούς σε διερχόμενους. Θα πρέπει να γίνεται έλεγχος αν είναι καλά αγκυρωμένα στην κατασκευή και αν μπορούν να παραλάβουν τις σεισμικές παραμορφώσεις του κτηρίου στις αντίστοιχες στάθμες. Κατωτέρω εξετάζονται τα σεισμικά προβλήματα για τα κυριότερα αρχιτεκτονικά στοιχεία των όψεων και οι τρόποι αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών.

#### 3.3.1.1 -1. Τοίχοι πληρώσεως

Είναι τοίχοι κατασκευασμένοι από τούβλα ή άλλα υλικά τοιχοποιίας και χρησιμοποιούνται για να διαχωρίζουν χώρους ή να πληρώνουν τα κενά μεταξύ στοιχείων του φέροντα οργανισμού. Θα πρέπει να ελέγχονται τόσο οι εξωτερικοί τοίχοι πληρώσεως των όψεων όσο και οι εσωτερικοί διαχωριστικοί τοίχοι. Ολόκληροι εξωτερικοί τοίχοι πληρώσεως ή τμήματά τους μπορεί να καταπέσουν, συνήθως εκτός του περιγράμματος του κτηρίου, προκαλώντας θανάτους ή τραυματισμούς σε διερχόμενους πολίτες και σημαντικές βλάβες σε αυτοκίνητα που κινούνται στο δρόμο ή είναι σταθμευμένα στο πεζοδρόμιο, αλλά και σε αντικείμενα που βρίσκονται τοποθετημένα κάτω από αυτούς τους τοίχους. Οι μη φέροντες τοίχοι πληρώσεως ανοιγμάτων μεταξύ στοιχείων του φέροντος οργανισμού, φέρουν το ίδιο τους βάρος μόνον και έχουν σχετικώς μικρή ικανότητα παραλαβής οριζόντιων ωθήσεων ή παραμορφώσεων. Μπορούν να παρουσιάσουν ρηγματώσεις και οριζόντιες μετακινήσεις κατά μήκος των ρηγματώσεων. Θα πρέπει να

ελέγχεται το εύρος των ρωγμών και οι οριζόντιες και/ή κατακόρυφες αποκολλήσεις από φέροντα στοιχεία. Η προτεινόμενη επέμβαση έγκειται στην τοποθέτηση μεταλλικών ή ξύλινων σφηνών (από σκληρό ξύλο) και από τις δύο πλευρές του τοίχου, όπου υπάρχουν ρωγμές, ώστε οι ρωγμές αφενός να διευρυνθούν, αφετέρου δε ο τοίχος να τεθεί σε θλιπτική, κατά το δυνατόν, εντατική κατάσταση.

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι και τα μη φέροντα στοιχεία, μπορεί να αποτελούν μέρος του συστήματος παραλαβής των οριζόντιων ωθήσεων. Πολλοί μηχανικοί σχεδιάζουν αντισεισμικές κατασκευές παραβλέποντας τους συμπαγείς και άκαμπτους μη φέροντες τοίχους, θεωρώντας τους απλά σαν στοιχεία πλήρωσης και αγνοώντας τους κατά τους υπολογισμούς. Αν τέτοιοι άκαμπτοι μη φέροντες τοίχοι δεν απομονώνονται από την φέρουσα κατασκευή με κατάλληλους αρμούς ολίσθησης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σαν μέρος της φέρουσας κατασκευής. Ασύμμετρη κατανομή τους στην κάτοψη, μπορεί να ανατρέψει την συμμετρία του αντισεισμικού σκελετού. Τα κλιμακοστάσια, επίσης, είναι άκαμπτα στοιχεία που πρέπει να θεωρούνται φέροντα, εκτός αν απομονώνονται από την φέρουσα κατασκευή.

### 3.3.1.1 -2 Ανηρτημένες προσόψεις (τοιχοπέτασματα)

- Προκατασκευασμένα, πρόχυτα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος χρησιμοποιούνται συχνά στα σύγχρονα κτήρια καθώς παρέχουν ανθεκτική, στις εξωτερικές συνθήκες, επιφάνεια.

Τα στοιχεία αυτά έχουν μεγάλο βάρος και απαιτούν ειδικά σχεδιασμένους συνδέσμους, ικανούς να παραλάβουν τα κατακόρυφα φορτία. Πρέπει ακόμη να προβλέπεται επαρκής αγκύρωση, ώστε να μπορεί να παραλάβει τις πλάγιες, εκτός επιπέδου, ωθήσεις. Επίσης, πρέπει να είναι εφοδιασμένα με συνδέσμους ικανούς να παραλάβουν θερμικές σεισμικές και λόγω ανέμου πλάγιες κινήσεις εντός επιπέδου, των δομικών στοιχείων με τα οποία συνδέονται.

Η σύνδεση των πρόχυτων στοιχείων με τα φέροντα στοιχεία του κτηρίου δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να τα τραυματίζει, ούτε να μειώνει την αντοχή τους σε διάφορες φορτίσεις.

Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων και η στήριξή τους συνήθως γίνονται από εξειδικευμένη κατασκευαστική εταιρία. Ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους παράγοντες οριζόντιας μετακίνησης ορόφου που χρησιμοποιήθηκαν στην στατική μελέτη του φέροντος οργανισμού.

Οι αρμοί μεταξύ πρόχυτων στοιχείων και σκελετού πρέπει να μπορούν να παραλάβουν απρόβλεπτα μεγάλες παραμορφώσεις που θα αναπτυχθούν κατά την διάρκεια του σεισμού λόγω της οριζόντιας μετατόπισης των ορόφων.

Όσο, όμως, καλά σχεδιασμένο και αν είναι ένα τοιχοπέτασμα πρόχυτων στοιχείων, η πλημμελής του εγκατάσταση μπορεί να αναιρέσει όλη την προσπάθεια.

- Ελαφρότερες εξωτερικές επενδύσεις, όπως προκατασκευασμένα πάνελ από θερμομονωτικό υλικό και μεταλλική εξωτερική επιφάνεια από φύλλα αλουμινίου ή ανοξείδωτου χάλυβα ή χαλκού, χρησιμοποιούνται επίσης συχνά και τοποθετούνται στην κατασκευή με ειδικούς συνδέσμους στήριξης. Αυτοί οι σύνδεσμοι συνήθως σχεδιάζονται από τον κατασκευαστή και πρέπει να μπορούν να παραλάβουν τις οριζόντιες μετακινήσεις, ενώ σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να τραυματίζουν τα φέροντα στοιχεία στα οποία εφαρμόζονται, μειώνοντας την αντοχή τους. Η βάση στήριξης αυτών των συνδέσμων στην φέρουσα κατασκευή πρέπει να σχεδιαστεί από τον μελετητή του κτηρίου και οφείλει να αντέχει τόσο τις εντός όσο και τις εκτός επιπέδου πλάγιες δυνάμεις, που ασκούνται στα πάνελ επένδυσης και να μη τις μεταβιβάζει στα δομικά στοιχεία του κτηρίου επιβαρύνοντάς τα.

### 3.3.1.1 -3 Επενδύσεις εξωτερικών τοίχων

Τα τελειώματα της εξωτερικής όψης του κτηρίου είναι δύο, γενικώς, τύπων:

- κολλητά στην κατασκευή
- αγκυρωμένα στην κατασκευή
- επιχρίσματα.

Μικρού πάχους στοιχεία τελειώματος της όψης, όπως πλακίδια ή λεπτά εμφανή τούβλα ή λεπτές λίθινες πλάκες συνήθως κολλούνται σε ένα σταθερό υλικό υποστρώματος, το οποίο με την σειρά του τοποθετείται στον σκελετό της εξωτερικής όψης του κτηρίου με συνδέσμους. Οι σύνδεσμοι πρέπει να έχουν κατάλληλο μέγεθος και πυκνότητα στην τοποθέτησή τους ώστε να παρέχουν ασφαλή αγκύρωση και το υλικό υποστρώματος και η κόλλα να έχουν κατάλληλα προετοιμαστεί και εφαρμοστεί.

Τα αγκυρωμένα στην κατασκευή τελειώματα όψης είναι συνήθως μεγαλύτερου πάχους τούβλα ή λίθινες πλάκες και αγκυρώνονται στην κατασκευή με ένα συνδυασμό μεταλλικών φουρκετών, λαμών ή ειδικά σχεδιασμένων για την περίπτωση μηχανικών συνδέσμων.

Αυτά τα στοιχεία διαμόρφωσης των όψεων είναι ευάλωτα σε ένα σεισμό όταν συντρέχουν ειδικές συνθήκες όπως:

- Οι σύνδεσμοι της επένδυσης να μην έχουν το απαιτούμενο μέγεθος ώστε να παραλάβουν τις οριζόντιες εντός επιπέδου ωθήσεις. Οι εντός επιπέδου ωθήσεις μπορεί να προκαλέσουν ράγισμα του υλικού επένδυσης, αστοχία των συνδέσμων ή και τα δύο.
- Η αγκύρωση ή η επικόλληση των στοιχείων μπορεί να είναι ακατάλληλη, γιατί στον σχεδιασμό των στηρίξεων δεν ελήφθησαν υπόψη οι δυνάμεις του σεισμού.
- Η έκθεση των στοιχείων της όψης στις εξωτερικές καιρικές συνθήκες και κυρίως στην βροχή μπορεί να καταστρέψει τα στοιχεία των συνδέσμων που είναι κατά κανόνα αφανή. Αυτές οι ζημιές δεν είναι εύκολο να ανιχνευτούν.

Τυπικές μέθοδοι αντιμετώπισης των ζημιών στα στοιχεία της όψης είναι:

- να προβλέπονται αρμοί ικανού πλάτους μεταξύ των στοιχείων της επένδυσης
- να προβλέπονται σύνδεσμοι που να μπορούν να παραλάβουν τις ωθήσεις
- να χρησιμοποιούνται ανοξείδωτοι σύνδεσμοι.

Για να εκτιμηθεί η κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι σύνδεσμοι των επικαλύψεων, θα πρέπει να αποκαλυφθούν οι σύνδεσμοι σε ένα τμήμα της όψης και να εξεταστεί η κατάσταση των συνδέσμων και η ποιότητα της κατασκευής της αρχικής τοποθέτησης, αν ανταποκρίνεται δηλ. στις σεισμικές απαιτήσεις. Ακολούθως, αν χρειάζεται, να τοποθετηθούν επιπλέον σύνδεσμοι ή αγκυρώσεις. Να ελεγχθούν

τα κολλητά τελειώματα δειγματοληπτικά για να διαπιστωθεί η κατάστασή τους και η αντοχή τους. Οι περιοχές που παρουσιάζουν πρόβλημα πρέπει να αποξηλωθούν και να επανατοποθετηθούν.



**Σχήμα 1.** Καταστροφή της επένδυσης με συμπαγή τούβλα λόγω μη επαρκούς αγκύρωσης.

Πηγή: PHO: Principles of disaster mitigation in Health Facilities.



### 3.3.1.1 -4 Κουφώματα και υαλοστάσια

Τα μεταλλικά πλαίσια των υαλοστασίων κατά τον σεισμό παραμορφώνονται, οι υαλοπίνακες σπάζουν υπό μορφή έκρηξης και αποτελούν μεγάλο κίνδυνο για τραυματισμούς τόσο μέσα όσο και έξω από το κτήριο. Είναι αναμενόμενο ότι σε περίπτωση ισχυρού σεισμού θα σπάσει μεγάλο μέρος των υαλοπινάκων. Θα πρέπει να ελέγχεται κατά πόσον η κατασκευή του πλαισίου των υαλοστασίων είναι ικανή να παραλάβει την παραμόρφωση της υπόλοιπης κατασκευής, καθώς και το υλικό των υαλοπινάκων (αν αποτελούνται από κρύσταλλα ασφαλείας, δηλ. οπλισμένα με πλέγμα ή τύπου triplex ή φέρουν ειδική μεμβράνη ασφαλείας). Οποσδήποτε, όμως, θα πρέπει να υπάρχει το απαραίτητο κενό μεταξύ του υαλοπίνακα και του πλαισίου ή μεταξύ του πλαισίου και των δομικών στοιχείων του κτηρίου, ώστε σ' αυτό το κενό να εκτονώνονται οι σχετικές (μεταξύ της άνω και κάτω στάθμης) παραμορφώσεις του αντιστοίχου ορόφου.

**Σχήμα 1.** Θραύσματα υαλοπινάκων που πέφτουν προς το εξωτερικό του κτηρίου αποτελούν σοβαρό κίνδυνο για τους διερχόμενους πολίτες.  
Πηγή: PHO: Principles of disaster mitigation in Health Facilities.



**Σχήμα 2.** Θραύση υαλοπινάκων λόγω σεισμού. Οι ειδικοί υαλοπίνακες ασφαλείας θραύονται σε μικρά τεμάχια που δεν αποτελούν σοβαρό κίνδυνο.



Όλα σχεδόν τα κτήρια έχουν παράθυρα. Ωστόσο οι κατασκευαστές κουφωμάτων σπανίως παρέχουν πληροφόρηση για το πώς τα παράθυρά τους θα συμπεριφερθούν σε περίπτωση μεγάλου σεισμού.

Όταν τα κουφώματα τοποθετούνται σε ανοίγματα τοιχίων οπλισμένου σκυροδέματος ή προκατασκευασμένων στοιχείων από σκυρόδεμα, δεν κινδυνεύουν από οριζόντια μετατόπιση, εκτός βέβαια κι αν παραμορφωθεί το προκατασκευασμένο στοιχείο. Σ' όλες τις άλλες περιπτώσεις όμως πρέπει να αναμένουμε ότι το κούφωμα θα δεχθεί μεγάλες οριζόντιες ωθήσεις και θα παραμορφωθεί.

Εάν υπάρχει το κατάλληλο κενό μεταξύ τζαμιού και πλαισίου, ώστε να μπορεί το τζάμι να περιστρέφεται ελαφρά και αν κατά την τοποθέτηση του πλαισίου έχουν προβλεφθεί ειδικοί διαφορικοί οβάλ σύνδεσμοι, που να επιτρέπουν κάποια ολίσθηση του πλαισίου, μπορούμε να περιμένουμε ότι το κούφωμα θα παραλάβει τις οριζόντιες ωθήσεις χωρίς να καταστραφεί. Η τοποθέτηση σε νέα κτήρια ειδικά ενισχυμένων πλαισίων με ελαστικό υλικό μεταξύ υαλοπίνακα και πλαισίου που εμποδίζει την άμεση επαφή του υαλοπίνακα με το πλαίσιο, μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο θραύσης. Σε κάθε περίπτωση και ιδιαίτερα σε μεγάλης επιφάνειας υαλοστάσια καλόν είναι να χρησιμοποιούνται ειδικά κρύσταλλα, όπως αυτά των αυτοκινήτων, που θραύονται σε μικρότερα τεμάχια και μειώνουν τον κίνδυνο τραυματισμών. Βέβαια, θα πρέπει για τον αρμό μεταξύ του υαλοπίνακα και του πλαισίου να ληφθεί, ό-

τι αυτός θα πρέπει να μην είναι κολλημένος με το τζάμι και θα πρέπει να λειτουργεί επιτρέποντας τη σχετική ολίσθηση –στο επίπεδο του τζαμιού. Η δυνατότητα αυτή μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες –μικροκλίμα–, εκτός και εντός του χώρου.

Ο σχεδιασμός των κουφωμάτων πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ασφάλεια των ευρισκομένων έξω από το κτήριο και κοντά σ' αυτό. Τα παράθυρα, ιδιαίτερα αυτά που βλέπουν σε πολυσύχναστους δρόμους, θα πρέπει να διαθέτουν υαλοπίνακες ασφαλείας, που να μην δημιουργούν, όταν σπάσουν επικίνδυνα θραύσματα. Ένας απλός και ελάχιστος δαπανηρός τρόπος ενίσχυσης των υαλοπινάκων είναι η επικόλληση αυτοκόλλητης διάφανης μεμβράνης.

Επειδή τα παράθυρα και γενικά τα υαλοστάσια είναι εξαιρετικά ευάλωτα στο σεισμό και παρ' όλα τα μέτρα που έχουν ληφθεί είναι αναμενόμενο να υπάρχουν θραύσεις υαλοπινάκων, θα πρέπει στην περίμετρο των κτηρίων, ιδιαίτερα όμως εκεί που υπάρχουν κοινόχρηστοι χώροι ή πολυσύχναστα σημεία, και οπωσδήποτε πάνω από τις εξόδους διαφυγής, να κατασκευάζονται προστεγάσματα προστατευτικά από τυχόν πτώσεις θραυσμάτων υαλοπινάκων.

Υαλοπίνακες και υαλοστάσια όμως συχνά χρησιμοποιούνται και σε διαχωριστικά στοιχεία εσωτερικών χώρων, σε περιοχές γραφείων ή εργαστηρίων κ.λπ., ώστε να εξασφαλίζουν ορατότητα στους χώρους και παράλληλα την απαιτούμενη απομόνωση και έλεγχο του περιβάλλοντος του χώρου (ηχητικό, θερμοκρασιακό κ.λπ.). Τα τζάμια σ' αυτά τα χωρίσματα μπορούν να αντικαθίστανται με άλλα διαφανή άθραυστα υλικά όπως π.χ. τα πολυκαρβονικά φύλλα.

Τα κουφώματα, τόσο τα εξωτερικά, όσο και τα εσωτερικά, που περιέχονται στις οδεύσεις διαφυγής, προσβάσεις προς την όδευση, φράγματα πυρός, τελικές εξόδους διαφυγής κ.λπ., πρέπει να έχουν εξασφαλισμένη την ανεξαρτησία της λειτουργίας τους από την τυχόν παραμόρφωση της περιμέτρου τους, δηλαδή να εξασφαλίζεται ότι δεν θα φρακάρουν.

Η εν λόγω ανεξαρτησία παραμόρφωσης υλοποιείται με την κατασκευή του κουφώματος έτσι, ώστε να λειτουργεί όπως η πόρτα του ψυγείου, όπου το κινητό μέρος ακουμπά πάνω στο ακίνητο, χωρίς να περιβάλλεται από το ακίνητο μέρος και να εισέρχεται σ' αυτό. Έτσι εξασφαλίζεται ότι δεν θα σφηνώσει το κινητό μέρος του κουφώματος μέσα στο πλαίσιο και το φύλλο θα μπορεί να ανοίξει, έστω και αν το πλαίσιο έχει παραμορφωθεί. Βεβαίως, όπως ήδη αναφέρθηκε, πάντα θα πρέπει αυτά τα κουφώματα να ανοίγουν προς τα έξω-προς την δίοδο διαφυγής (βλ. κεφ. 5.2, Οδεύσεις διαφυγής).

Τα κουφώματα της προηγούμενης παραγράφου, πρέπει επίσης να είναι εφοδιασμένα με σύστημα εύκολης απασφάλισης του κλειδώματός τους από μέσα προς τα έξω. Ως προς την πυρασφάλεια και τα φράγματα πυρός ισχύουν οι αντίστοιχες διατάξεις του Κανονισμού Πυρασφάλειας.

### 3.3.1.1 -5 Στηθαία, κορνίζες και προστεγάσματα

Τα στηθαία μπορούν να θεωρηθούν κατακόρυφοι πρόβολοι από την μάζα του κτηρίου. Τα διαζώματα αντιστοίχως μπορούν να θεωρηθούν οριζόντια στηθαία.

Οι σεισμικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στις κατασκευές αυτές είναι προς όλες τις διευθύνσεις, ενώ οι πλέον επικίνδυνες είναι αυτές που κατευθύνονται κάθετα στο επίπεδο του προβόλου. Λόγω των δυνάμεων αυτών αναπτύσσονται ροπές ανατροπής. Επίσης, αναπτύσσονται ταλαντώσεις του ελεύθερου άκρου του προβόλου παράλληλα με την στήριξή του. Ιδιαίτερος κίνδυνος υπάρχει από ανατροπή ή πτώση τμήματος ή και όλου του στηθαίου σε περιοχές που διέρχονται πεζοί ή οχήματα. Χρειάζεται για τον λόγο αυτό, εκτός της ισχυρής σύνδεσης του στηθαίου με τα φέροντα στοιχεία του κτηρίου και κατάλληλη ακαμψία κατά μήκος του ελεύθερου προβόλου.



**Σχήμα 1.** Καταστροφή μη επαρκώς αγκυρωμένου στη-  
θαίου και διακοσμητικών διαζωμάτων.



**Σχήμα 2.** Ροπή ανατροπής που αναπτύσσεται σε μη α-  
γκυρωμένο στηθαίο.

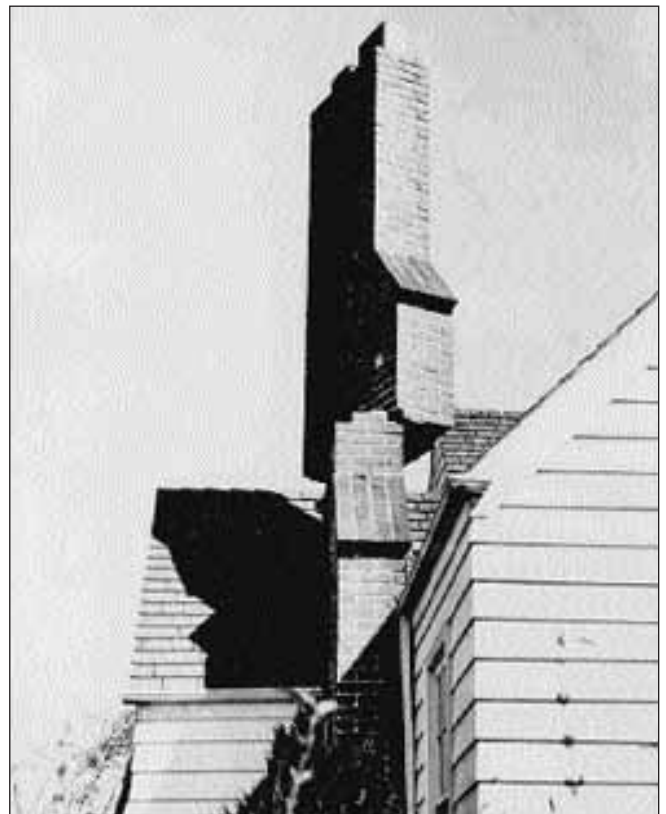
### 3.3.1.1 -6 Εξωτερικές καμινάδες

Πολλές φορές τμήματά τους καταστρέφονται και πέφτουν στο έδαφος με τις γνωστές συνέπειες. Ανάλογα με το πού και πώς στηρίζονται στη βάση τους (στο έδαφος ή το κτήριο) μπορεί να προκύψει η αντίστοιχη βλάβη.

Κτιστές από τούβλα καμινάδες είναι κατασκευές με μεγάλο βάρος και ψαθυρότητα και μπορεί να καταρρεύσουν σε ένα μεγάλο σεισμό, λόγω ροπών ανατροπής ή να «αποκεφαλίστούν».

Γενικώς, υπάρχουν δύο ειδών καμινάδες από πλευράς στήριξης και σεισμικής συμπεριφοράς:

α) οι καμινάδες που στηρίζονται σε κτήρια και συνήθως εξέχουν πάνω από την τελευταία στάθμη τους και



**Σχήμα 3.** Καταστροφή λόγω σειμού  
κτιστής καμινάδας, μη επαρκώς αγκυρωμένης.



β) οι καμινάδες που είναι ελεύθερες καθ' ύψος και εδράζονται απ' ευθείας στο έδαφος.

Στην πρώτη περίπτωση το ευπαθέστερο σημείο είναι εκεί που αρχίζει το ελεύθερο τμήμα της καμινάδας πάνω από το κτήριο. Στην δεύτερη περίπτωση υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης βλάβης είτε στην βάση είτε στην κορυφή είτε και ενδιάμεσως. Η θέση βλάβης εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά του σεισμού και από την ποιότητα του εδάφους θεμελίωσης.

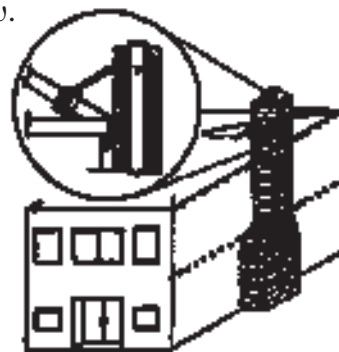
### Καμινάδες στηριζόμενες σε κτήρια

Απαιτείται ενίσχυση στην άνω απόληξή τους και σύνδεσή τους με το δώμα και τον εξωτερικό τοίχο στον οποίο εδράζονται.

Η ελεύθερη απόληξη των καμινάδων πάνω από την στέγη μπορεί να ενισχυθεί με σιδηρογωνιές που την συνδέουν με την φέρουσα κατασκευή της στέγης.

Στα πολώροφα κτήρια, πρέπει οι καμινάδες να στερεώνονται σε κάθε επίπεδο ορόφου με ασάβλινους συνδέσμους που αγκυρώνονται στο φέρον πάτωμα του ορόφου.

Πολλές φορές η απλούστερη και αρκετά αποτελεσματική μέθοδος είναι να τοποθετηθεί στις τέσσερις γωνιές ανά ένα μεταλλικό έλασμα γωνιακής διατομής και περιέδεση με σύρμα ή πλέγμα από μέταλλο ή PVC, υαλόπλεγμα κ.λπ. Πρέπει, βεβαίως, οι εν λόγω ενισχύσεις και να συνδέονται ισχυρά με το κτήριο και να συνεχίζονται και προς την βάση τουλάχιστον σε όσο μήκος εξέχει η καμινάδα από το κτήριο. Ιδιαίτερος πρέπει να προσεχθεί το θέμα της διάβρωσης των εν λόγω μεταλλικών στοιχείων, διότι ο σοβάς ρηγματώνεται και η προστασία από την διάβρωση δυσχεραίνεται. Ενδεχομένως, η επάλειψη με εποξειδική ρητίνη των μεταλλικών μελών με ταυτόχρονη επίταση με καθαρή χαλαζιακή άμμο να ήταν μια λύση του εν λόγω προβλήματος.



**Σχήμα 4.** Εξωτερική καμινάδα στηριζόμενη στον εξωτερικό τοίχο του κτηρίου.  
Πηγή: FEMA files.

### Ελεύθερες καμινάδες

Οι καμινάδες των βιομηχανικών εγκαταστάσεων μπορεί να είναι κατασκευές με ιδιαίτερα μεγάλο ύψος, ώστε να επιτυγχάνεται η δια του φυσικού εφελκυσμού απαγωγή των απόβλητων αερίων. Σε αρκετές περιπτώσεις δεν εφάπτονται με τα κτήρια, αλλά βρίσκονται σε κάποια κατάλληλη απόσταση απ' αυτά, ώστε να μην συγκρουστούν.

Πολλές φορές οι ελεύθερες καμινάδες μεγάλου ύψους υποφέρουν και από θερμικές συστολοδιαστολές λόγω συνδυασμού ηλιασμού και εσωτερικής θερμοκρασίας, η οποία μεταβάλλεται και από τους πνέοντες ανέμους. Για ενίσχυση της σεισμικής αντοχής τέτοιου είδους καμινάδων τοποθετούνται μεταλλικά τσέρκια, τα οποία καλόν είναι να έχουν μια μορφή δράσης ελατηρίου. Έχει παρατηρηθεί μετά από ήπιους σεισμούς «τσερωμένες» καμινάδες να έχουν χάσει τα τσέρκια και αυτά να καταπίπτουν στην βάση (σε περίπτωση ομοιόμορφης διατομής) ή να προχωρούν προς τα κάτω (σε περίπτωση κωνικής διατομής). Αυτό οφείλεται



**Σχήμα 5.** Ελεύθερη καμινάδα μεγάλου ύψους σε εγκατάσταση πετροχημικών.

στο ότι κατά την διάρκεια του σεισμού και λόγω των δυνάμεων περίσφιξης, οι προϋπάρχουσες ρωγμές μειώνονται λόγω του σεισμού και έτσι η διατομή μετά τον σεισμό αποκτά μικρότερη περιμέτρο. Γι' αυτόν τον λόγο προτείνεται η δράση των εν λόγω ελκυστήρων να γίνεται με την μεσολάβηση κάποιου ελατηρίου, ώστε πάντοτε να επιβάλλεται θλιπτικό φορτίο.

### 3.3.1.1 -7 Εξωτερικές αναρτήσεις επί των κτηρίων, αντένες, ιστοί, στέγαστρα

#### Γενικά

Κάθε είδους στοιχείο προσαρμοσμένο στο κτήριο, που λόγω θέσης ή/και βάρους θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα ασφάλειας, θα πρέπει να ελέγχεται ως προς την ασφάλεια της στερέωσής του και τα υλικά κατασκευής. Σε περίπτωση σεισμού, η άμεση αντίδραση των ατόμων που βρίσκονται μέσα στο κτήριο είναι η δια των διόδων διαφυγής εγκατάλειψη του κτηρίου προς τους υπαίθριους χώρους καταφυγής. Πολλές φορές όμως ο κίνδυνος στους εξωτερικούς χώρους μπορεί να είναι ακόμη μεγαλύτερος απ' ότι μέσα στο κτήριο, αν υπάρχουν εξωτερικά επί του κτηρίου στοιχεία, τα οποία είναι με τέτοιο τρόπο ανηρτημένα, ώστε να καθίστανται επικίνδυνα κατά την διάρκεια μιας σεισμικής δόνησης. Εκτός του άμεσου κινδύνου που μπορεί να αποτελεί η καταστροφή αυτών των στοιχείων (τραυματισμοί από πτώσεις υλικών ή εξαρτημάτων κ.λπ.) υπάρχουν και έμμεσοι κίνδυνοι που συνδέονται με την αστοχία τους. Π.χ. η πρόκληση πυρκαγιάς, ο περιορισμός ή η κατάργηση της δυνατότητας διέλευσης πεζών και οχημάτων (πυροσβεστικών, πρώτων βοηθειών, ιδιωτικής χρήσης, κ.λπ.), η πτώση πινακίδων και σηματοδοτών, που είναι απαραίτητοι κατά το αμέσως μετά τον σεισμό διάστημα.

#### Εμπορικές και διαφημιστικές αναρτήσεις

Οι εμπορικές και διαφημιστικές αναρτήσεις είναι οι πλέον συνηθισμένες εξωτερικές αναρτήσεις σε κτήρια βιομηχανιών. Ο τρόπος και τα μέλη σύνδεσής τους με το δομικό στοιχείο από το οποίο φέρονται πρέπει να είναι υπολογισμένος ώστε να μπορούν με ασφάλεια να παραλάβουν τα φορτία που προκύπτουν από την επιτάχυνση του στοιχείου στο οποίο στηρίζονται, επί ένα πρόσθετο επαυξητικό συντελεστή, διότι οι αναρτήσεις αυτές δεν παρουσιάζουν ουσιαστική απόσβεση. Πρέπει κατά το δυνατόν να εξασφαλίζεται ανάρτηση από σημείο του φέροντα οργανισμού του κτηρίου και όχι από στοιχείο τρωτό σε περίπτωση σεισμού.

Οι αναρτήσεις αυτές πρέπει να είναι κατασκευασμένες από υλικά όχι επικίνδυνα. Αυτό σημαίνει ότι δεν θα πρέπει να αποτελούνται από υλικά ιδιαιτέρως ευπαθή, που θραύονται, που μπορούν εύκολα να αποσυνδεθούν και να πέσουν κ.λπ. Ακόμη, όμως, και σε περίπτωση πτώσης τους θα πρέπει να δημιουργούν τον ελάχιστο δυνατό κίνδυνο (να μην είναι βαριά, αιχμηρά κ.λπ.). Οι ενισχύσεις τους δεν πρέπει να επιβαρύνουν τα στοιχεία από τα οποία φέρονται προκαλώντας πρόσθετες βλάβες.

Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τις καλωδιώσεις των φωτεινών επιγραφών. Αν σε περίπτωση σεισμού κοπούν, πρέπει να είναι έτσι εξασφαλισμένες, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος πτώσης τους στον δρόμο ή τους πεζοδρόμους ή τους ακάλυπτους χώρους και ο συνεπαγόμενος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Οποσδήποτε, πρέπει να αποφεύγονται τέτοιες αναρτήσεις κατά μήκος των οδύσεων διαφυγής, στους χώρους καταφυγής μετά τον σεισμό και γενικά τους χώρους συνάθροισης κοινού.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην περίπτωση που μεγάλα διαφημιστικά πανό ή εμπορικές



επιγραφές στηρίζονται σε δύο διαφορετικά κτήρια. Ως ξεχωριστά κτήρια θα πρέπει να θεωρούνται και τα διάφορα τμήματα ενός μεγαλύτερου κτηρίου, που διαχωρίζονται μεταξύ τους με αρμούς διαστολής.

### **Πρόσθετα ανηρημένα στοιχεία**

Πρόσθετα ανηρημένα στοιχεία στην εξωτερική επιφάνεια του κτηρίου ή των κτηρίων μιας βιομηχανίας μπορεί να είναι τα ικριώματα και οι εξέδρες που τοποθετούνται για βαφή, καθαρισμό κ.λπ., συστήματα ανύψωσης υλικών, αναβατόρια, αλλά και κινητά διακοσμητικά στοιχεία, γλάστρες, ζαρντινιέρες κ.λπ. Εάν τέτοια στοιχεία δεν είναι ανηρημένα με τον κατάλληλο ανά περίπτωση τρόπο, αποτελούν μεγάλο κίνδυνο αν πέσουν, για τα άτομα που τα χρησιμοποιούν ή βρίσκονται σε χαμηλότερες στάθμες. Ακόμη και αν δεν πέσουν, η ταλάντωση που θα αναπτυχθεί σε ορισμένα απ' αυτά έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία κρουστικών φορτίων πάνω στην κατασκευή. Πρέπει, λοιπόν, η στερέωσή τους πάνω στο κτήριο να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο αυτού του είδους οι κίνδυνοι.

### **Αναρτήσεις δικτύων**

Τα ανηρημένα δίκτυα μεταξύ των κτηρίων είναι ιδιαίτερα ευπαθή σε περίπτωση σεισμού. Σε περίπτωση βλάβης τους ο κίνδυνος βραχυκυκλώματος ή ηλεκτροπληξίας είναι ιδιαίτερα μεγάλος. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να υπολογίζονται με αυξημένα φορτία σε σχέση με τις άλλες κατασκευές. Επίσης, θα πρέπει οι αναρτήσεις τους να είναι πυκνές, ώστε αν κοπούν, να μην πέφτουν χαμηλά ή στο έδαφος, δημιουργώντας έτσι πρόσθετους κινδύνους.

Το πρόβλημα δημιουργείται από την καταστροφή των στηρίξεων των αναρτήσεων κυρίως και σπανιότερα από το σπάσιμο των καλωδίων. Οι στηρίξεις αυτές θα πρέπει να διαθέτουν την απαραίτητη αντοχή. Το σύστημα ανάρτησης θα πρέπει να δημιουργεί ένα αλυσοειδές, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βέλος. Διαφορετικά, θα πρέπει να παρεμβάλλονται ελατήρια, ώστε η διαφορική ταλάντωση των σημείων στήριξης να μην δημιουργεί μεγάλα αξονικά φορτία (εφελκυστικά) στις στηρίξεις.

Μετά τον σεισμό πάντως, ανεξάρτητα αν έχουν επισημανθεί βλάβες ή όχι, θα πρέπει να υπάρχει συνεργείο από κάθε αντίστοιχο φορέα, το οποίο θα ελέγξει τα στοιχεία της αρμοδιότητάς του, ώστε να διαπιστώσει την κατάσταση στην οποία βρίσκονται και την ανάγκη ή μη για επιδιόρθωση και ενίσχυσή τους.

## **3.3.1.2 Στοιχεία που διαμορφώνουν τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου**

### **3.3.1.2 -1 Διαχωριστικοί τοίχοι από τοιχοποιία ή ελαφρά στοιχεία**

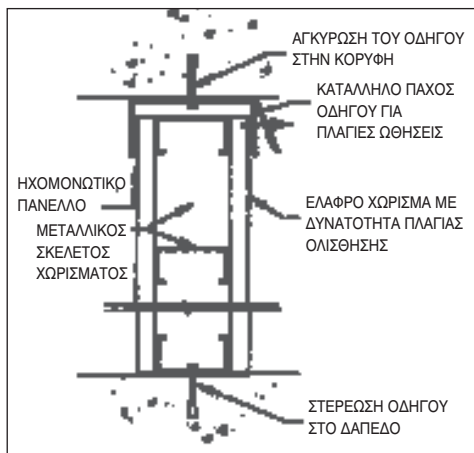
Οι διαχωριστικοί τοίχοι κατά κανόνα διαμορφώνουν τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου, χωρίς να αποτελούν μέρος της φέρουσας κατασκευής. Διαχωριστικοί τοίχοι μπορεί να κατασκευάζονται από ποικίλα υλικά, όπως τούβλα, ξύλο, υαλόπλινθους, γυψοσανίδες πάνω σε μεταλλικό σκελετό, ηχομονωτικά σύνθετα πανέλλα σε μεταλλικό σκελετό.

Στην περίπτωση που ο διαχωριστικός τοίχος κατασκευάζεται από οπτοπλινθοδομή, το πάχος της πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 cm (1/2 μήκους οπτόπλινθου). Αυτό ισχύει για ελεύθερο ύψος τοίχου μέχρι 2.50 m. Εφόσον, όπως πιθανότατα συμβαίνει σε εργοστασιακούς χώρους, το ύψος είναι μεγαλύτερο, τότε το πάχος του διαχωριστικού τοίχου πρέπει να αυξάνει και ενίοτε να ενισχύεται με εγκάρ-

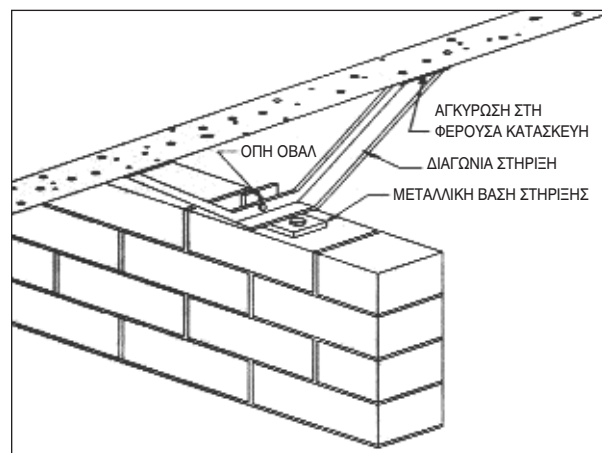
σια στοιχεία δυσκαμψίας, όπως διαχωριστικούς τοίχους διαφόρων διαστάσεων, υποστυλώματα κ.λπ.

Οι διαχωριστικοί τοίχοι είναι δυνατόν να είναι μόνιμοι ή κινητοί.

Οι μόνιμοι διαχωριστικοί τοίχοι εφόσον αποτελούνται από άκαμπτη τοιχοποιία ή χυτά υλικά μεταξύ στοιχείων της φέρουσας κατασκευής, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον στατικό αντισεισμικό σχεδιασμό. Γενικά, η εντός επιπέδου συμπεριφορά διαχωριστικών τοίχων από τοιχοποιία, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στους στατικούς αντισεισμικούς υπολογισμούς, ενώ για την εκτός επιπέδου συμπεριφορά τους χαρακτηρίζονται ως μη φέροντα στοιχεία. Διαχωριστικοί τοίχοι, που συνδέονται με πλάκες οπλ. σκυροδέματος στη βάση και την κεφαλή τους, υπόκεινται σε εντός επιπέδου ρηγματώση και παραμόρφωσή τους λόγω σεισμικής οριζόντιας και κατακόρυφης κίνησης. Αυτή η ζημιά συνήθως δεν αποτελεί κίνδυνο ζωής, όμως απαιτεί την ανακατασκευή του διαχωριστικού τοίχου και αυξάνει τις δυσμενείς επιπτώσεις του σεισμού και τις δευτερογενείς βλάβες. Εκτός επιπέδου ζημιές είναι συνήθεις σε μη αγκυρωμένα χωρίσματα που φθάνουν ως την οροφή ή στηρίζονται σε ψευδοροφές. Επίσης εκτός, επιπέδου ζημιά παρατηρείται σε τοιχοποιίες που έχουν υποστεί ερπυστικές καθιζήσεις και έχουν χάσει το σφήνωμά τους στην οροφή. Οι διαχωριστικοί τοίχοι, που δεν έχουν κατάλληλη στήριξη στην άνω απόληξή τους συμπεριφέρονται ως πρόβολοι και ανάλογα με το υλικό κατασκευής και την θέση τους μπορούν να αποβούν επικίνδυνοι. Έχει συμβεί σε προηγούμενους σεισμούς, χωρίσματα με μεταλλικό σκελετό να αποσυνδεθούν από το δάπεδο και την οροφή, όταν καταστράφηκαν οι μηχανισμοί σύνδεσής τους. Ο τρόπος ασφαλούς αγκύρωσης στην οροφή και το δάπεδο απεικονίζεται στα σχήματα.



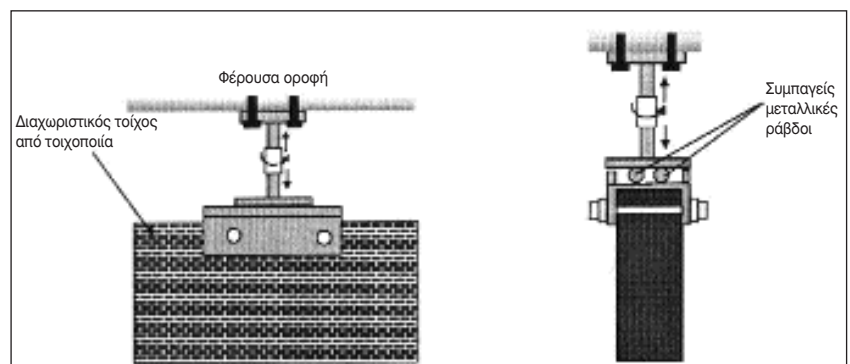
**Σχήμα 6.** Ελαφρός διαχωριστικός τοίχος με μεταλλικό σκελετό και άνω σύνδεση ολίσθησης.



**Σχήμα 7.** Διαχωριστικός τοίχος από τοιχοποιία, που φθάνει ως την οροφή. Τρόπος στήριξης του τοίχου στην οροφή. Πηγή: FEMA HANDBOOK.

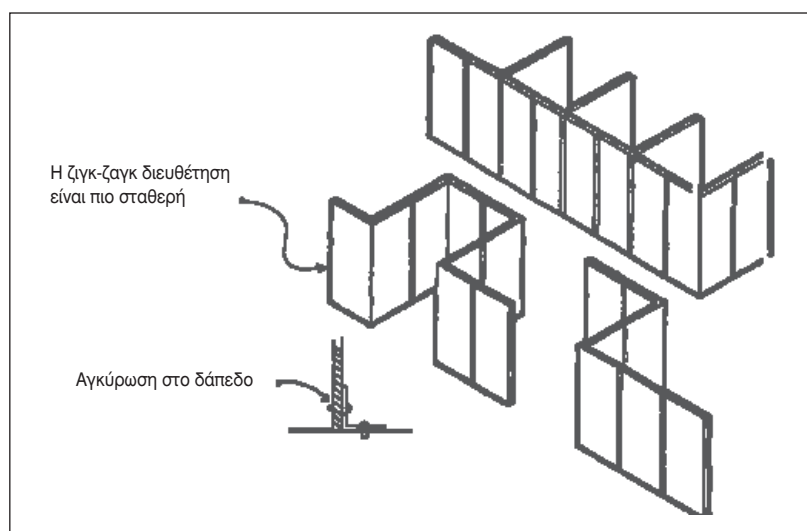
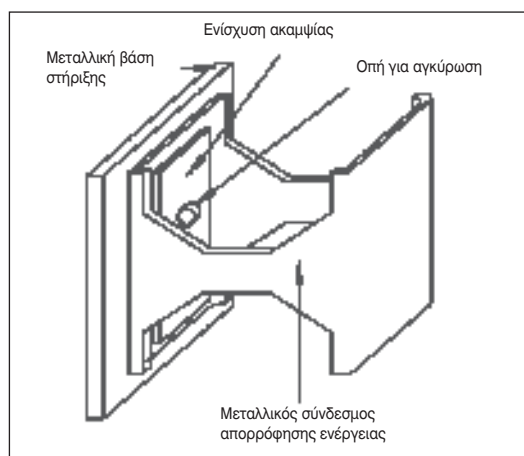
Ένα άλλο εναλλακτικό σύστημα στερέωσης στην οροφή μέσω συμπιεζόμενης κεφαλής είναι αυτό στο σχήμα που ακολουθεί.

**Σχήμα 8.** Στερέωση τοίχου από τοιχοποιία στην οροφή, μέσω συμπιεζόμενης κεφαλής. Πηγή: A. Whittaker, T. Soong. ATC - 29 - 2



Ένα άλλο σύστημα σεισμικής ενίσχυσης τοίχων διαχωριστικών από ψαθυρά υλικά, όπως οι οπτόπλινθοι, είναι η τοποθέτηση στις κατακόρυφες παρειές της σύνδεσής τους με φέροντα στοιχεία, ενός απλού και φθηνού μηχανισμού, ικανού να απορροφά ενέργεια, όπως αυτού στο σχ. 9.

**Σχήμα 9.** Μεταλλικός συμπιεζόμενος μηχανισμός απορρόφησης ενέργειας.  
Πηγή: A. Whittaker, T. Soong.



**Σχήμα 10.** Ασφαλής τρόπος διάταξης ελαφρών διαχωριστικών τοίχων.

Η επιτυχής σεισμική συμπεριφορά των διαχωριστικών τοίχων απαιτεί να μπορούν να αναλάβουν δυνάμεις εκτός επιπέδου και παραμορφώσεις εντός επιπέδου. Οι διαχωριστικοί τοίχοι από οπτόπλινθοδομή δεν ανταποκρίνονται σε καμία από τις δύο απαιτήσεις γι' αυτό είναι καλύτερο είτε να αποφεύγονται είτε να κατασκευάζονται σωστά, ώστε να είναι δύσκαμπτες. Για τα άλλα, ελαφρότερου τύπου χωρίσματα, η επιθυμητή σεισμική συμπεριφορά μπορεί να επιτευχθεί με την κατάλληλη αγκύρωση ή ενίσχυση στην βάση και την άνω απόληξη, ώστε να αναλαμβάνουν τις εκτός επιπέδου δυνάμεις και την χρήση αρ-

μών ολίσθησης ώστε να αποφεύγεται η εντός επιπέδου παραμόρφωση, εφόσον δεν κινδυνεύουν τα βασικά στοιχεία του φέροντος οργανισμού, όπως είναι τα υποστυλώματα.

### Σεισμική εκτίμηση διαχωριστικών τοίχων από άοπλους διάτρητους οπτόπλινθους

- Σεισμική τρωτότητα: **μέση.** Οι διαχωριστικοί τοίχοι από διάτρητους οπτόπλινθους είναι ευάλωτοι σε ισχυρή σεισμική δόνηση, ιδιαίτερα όταν έχουν μεγάλο ελεύθερο ύψος χωρίς εγκάρσιες ενισχύσεις, ή όταν έχουν μικρό μήκος χωρίς πλευρικές ενισχύσεις.

- Σπουδαιότητα: **μέση.** Μικρές ζημιές και ρηγματώση δεν εμποδίζουν την λειτουργία της βιομηχανίας. Μεγαλύτερες ζημιές μπορεί να αποκλείσουν χώρους, να φράξουν εξόδους και να εμποδίσουν την κίνηση. Μεγάλες ζημιές στους τοίχους μπορεί να καταστρέψουν τον εξοπλισμό που είναι στερεωμένος πάνω σ' αυτούς. Επομένως η ζημιά που θα δημιουργηθεί μπορεί να είναι δυσανάλογα μεγάλη προς το κόστος του τοίχου.

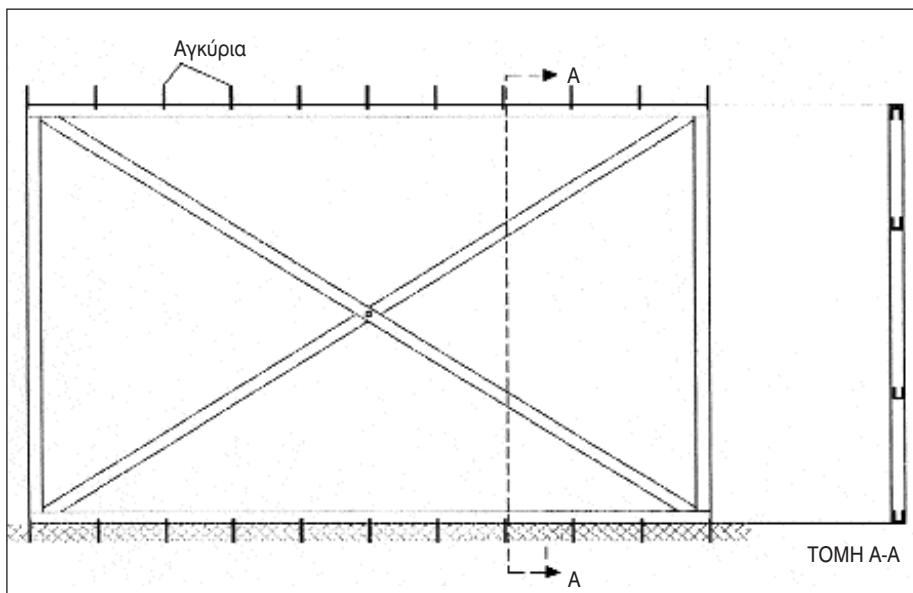
- Κόστος επισκευής: **εξαρτάται από την ζημιά και την μέθοδο ενίσχυσης.** Μπορεί να ενισχυθούν με ίνες (fiber overlays) και άλλες μεθόδους, που αναλύονται στα επόμενα. Μπορούν ακόμη να αντικατασταθούν με άλλου τύπου χωρίσματα, όπως γυψοσανίδων σε μεταλλικό σκελετό ή άλλα.

- Προτάσεις για τα υφιστάμενα χωρίσματα από οπτόπλινθους: δεν προτείνεται ενίσχυση, λόγω του υψηλού κόστους. Προτείνεται η βελτίωση της σύνδεσης του τοίχου με την υπερκείμενη κατασκευή με σφήνες, όπως αναλύεται σε επόμενη παράγραφο. Σε περίπτωση που γίνουν αλλαγές ή ανακαίνιση στον χώρο, συνιστάται η αντικατάστασή τους με χωρίσματα σε μεταλλικό σκελετό.

- Προτάσεις για τα νέα χωρίσματα σε υφιστάμενους χώρους: για κτήρια που βρίσκονται στη σεισμική ζώνη 1 δεν συνιστάται η χρήση οπτόπλινθων στους διαχωριστικούς τοίχους. Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται χωρίσματα σε μεταλλικό σκελετό.

### ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ – ΓΕΝΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Όπως έχει ήδη επισημανθεί, στα κτηριακά συγκροτήματα των Βιομηχανιών δεν θα πρέπει να γίνονται κατεδαφίσεις διαχωριστικών τοίχων χωρίς ειδική μελέτη από Πολιτικό Μηχανικό. Στόχος της εν λόγω μελέτης είναι η εξεύρεση θέσεων όπου θα κατασκευαστούν στοιχεία δυσκαμψίας που θα υποκαθιστούν τις αφαιρούμενες τοιχοποιίες. Επίσης, θα μπορούσε τα νέα χωρίσματα –έστω και ελαφρά– να είναι έτσι κατασκευασμένα ώστε να προσδίδουν την επιθυμητή δυσκαμψία στον φέροντα οργανισμό του κτηρίου. Μια τέτοια κατασκευή προτείνεται στο σχ. 11.

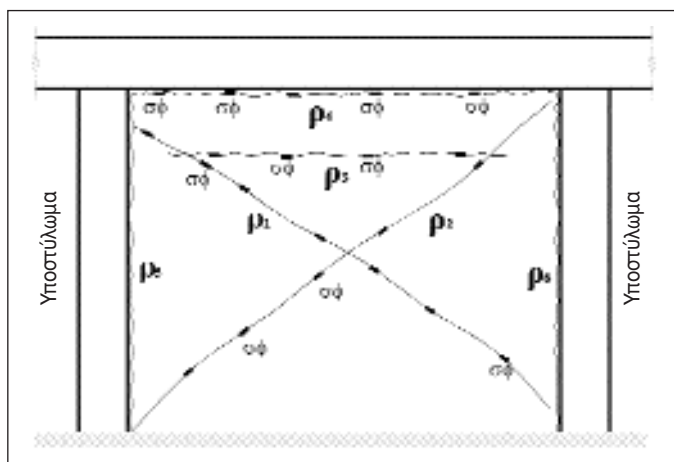


**Σχήμα 11.** Αντικατάσταση των αφαιρούμενων “μη φερόντων” διαχωριστικών από ειδικά ελαφρά διαχωριστικά ισοδύναμης δυσκαμψίας.

Εφόσον η κατεδάφιση των διαχωριστικών τοίχων καθίσταται απολύτως απαραίτητη για δημιουργία νέων χώρων οι οποίοι διαμορφώνονται είτε με το σύστημα των ελαφρών διαχωριστικών, είτε ως ενιαίοι και εφόσον η έκταση των κατεδαφιζομένων είναι άνω του 25% παράγεται εύκαμπτος όροφος σε σχέση με τον υπερκείμενο ή/και τον υποκείμενο όροφο. Προς άρση του δημι-

ουργούμενου προβλήματος, θα πρέπει να διαμορφωθούν “τοιχώματα” δυσκαμψίας σε κατάλληλες θέσεις, όπως ήδη αναφέρθηκε, μετά από σχετική μελέτη. Αυτά τα “τοιχώματα” δυσκαμψίας θα μπορούσε να είναι και από ισχυρότερη μεταλλική κατασκευή από αυτή στο σχ. 11, με κατάλληλες χιαστί ενισχύσεις. Εδώ θα πρέπει να εξασφαλιστεί η καθ’ ύψος του κτηρίου συνέχεια των στοιχείων δυσκαμψίας ενώ θα πρέπει να υπάρχουν και οριζόντια μεταλλικά στοιχεία τόσο στη θέση της έδρασης όσο και στην κορυφή, ώστε να μη μεταφέρονται σημειακά φορτία στα στοιχεία του φέροντος οργανισμού.

Επιπλέον, η οποιαδήποτε ρωγμή σε τοιχοποιία θα πρέπει να επισκευάζεται και να ενισχύεται καταλλήλως και να υπάρχει πλήρης σύνδεση, χρησιμοποιώντας ξύλινες ή μεταλλικές σφήνες, μεταξύ του

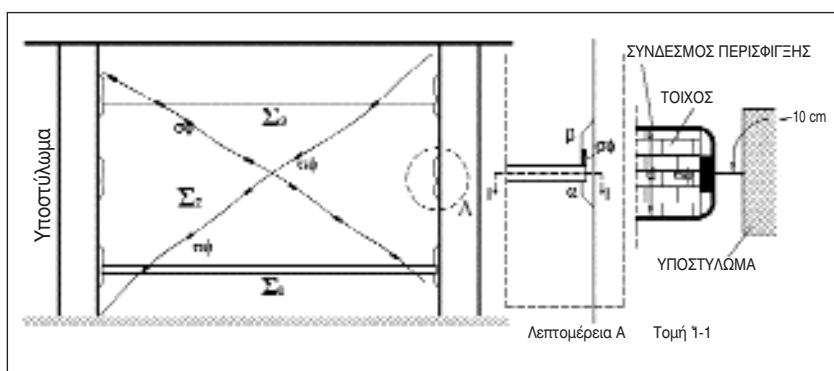


φέροντος οργανισμού και του τοίχου. Οι σφήνες αυτές τοποθετούνται κάθετα στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου κατά μήκος της ρωγμής. Τοποθετούνται είτε στο σώμα του τοίχου, εφόσον πρόκειται για διαγώνια ή άλλη ρωγμή – βλ. σχ. 12, ρ<sub>1</sub>, ρ<sub>2</sub>, ρ<sub>3</sub>, είτε μεταξύ δοκού ή πλάκας και άνω πέρατος του τοίχου – βλ. σχ. 12, ρ<sub>4</sub>.

**Σχήμα 12.** Τοποθέτηση σφηνών για ενίσχυση της σύνδεσης μεταξύ φέροντος οργανισμού και τοίχου. Πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτηση σφηνών στις κατακόρυφες ρωγμές μεταξύ του τοίχου και υποστυλωμάτων (ρ<sub>5</sub>-ρ<sub>6</sub>).

Εφόσον υπάρχει υπόνοια ότι με την τοποθέτηση των σφηνών κατά μήκος των ρωγμών ρ<sub>1</sub> και ρ<sub>2</sub> θα υπάρξουν οριζόντιες ωθήσεις προς τα υποστυλώματα, τότε προηγείται περισφιγξη με οριζόντιο σύνδεσμο – βλ. σχ. 13.

**Σχήμα 13.** Προτού τοποθετηθούν οι σφήνες (σφ) τοποθετούνται οι κλειστές οριζόντιες λάμες – σύνδεσμοι περισφιγξης Σ<sub>1</sub>, Σ<sub>2</sub>, Σ<sub>3</sub>,... στα άκρα του τοίχου, γίνεται μια εσοχή με τομή του τοίχου α-β μήκους περί τα 15 cm πάνω από τη λάμα. Λάμα διαστάσεων περί τα 50.10 ανάλογα με το πάχος του τοίχου (d). Στην εγκοπή α-β μήκους τοποθετείται σφήνα (ξύλινη, ή μεταλλική) ώστε να υπάρχει τάνυση της λάμας – επιβολή οριζόντιων θλιπτικών δυνάμεων στο τοίχο.



### Εσωτερικές επενδύσεις τοίχων

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται να δίνεται κατά τη σχεδίαση και κατασκευή των εσωτερικών επενδύσεων. Αυτές πρέπει να είναι τόσο εύκαμπτες, όσο και το στοιχείο που επενδύουν και τόσο παραμορφώσιμες όσο τα βέλη που θα αναπτυχθούν κατά τη διάρκεια του σεισμού, είτε ως προς το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένες, είτε ως προς τον τρόπο ανάρτησής τους στο επενδυόμενο στοιχείο είτε τέλος ως προς τον τρόπο σύνδεσης με τον φέροντα οργανισμό του κτηρίου. Ο τρόπος σύν-



δεσης των επενδύσεων με το επενδυόμενο στοιχείο πρέπει να προσέχεται ιδιαίτερα, ώστε να μην προσδίδει πρόσθετη ακαμψία στο στοιχείο, πράγμα που δεν είναι επιθυμητό.

Επίσης, οι επενδύσεις δεν θα πρέπει να προσθέτουν ακαμψία στον όροφο στον οποίο κατασκευάζονται.

Σαν **γενική αρχή** θα πρέπει η επένδυση να είναι τέτοια, ώστε είτε:

α) να αντανakλά την οποιαδήποτε παραμόρφωση-ρωγμή-βλάβη του στοιχείου το οποίο επενδύει, είτε

β) το επενδυόμενο στοιχείο να είναι σχετικά εύκολα επισκέψιμο.

Εάν δεν τηρείται είτε η μία είτε η άλλη από τις δύο αυτές προϋποθέσεις, τότε θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση τέτοιων επενδύσεων για ορισμένες κατηγορίες απαιτήσεων σεισμικής συμπεριφοράς.

Οι λιθεπενδύσεις με κολυμβητά στοιχεία, μπορούν να επιτρέπονται, εφόσον γίνονται σε δευτερεύοντα μόνο στοιχεία, με καθορισμένες προδιαγραφές κατασκευής και για ορισμένες μόνο κατηγορίες απαιτήσεων σεισμικής προστασίας. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να εξετάζονται και οι κίνδυνοι από πτώση των υλικών της λιθεπένδυσης, σε σχέση και με το ύψος από το δάπεδο στο οποίο βρίσκεται η επένδυση.

Οι πάσης φύσεως “ελαστικές επενδύσεις” πρέπει να αποφεύγονται. Υπό τον όρο “ελαστική επένδυση” νοείται μία επένδυση η οποία μπορεί να παραμορφώνεται ελαστικά (ανεξάρτητα του μέτρου ελαστικότητάς της ή της αντοχής της) όπως φαίνεται στο σχ. 14.

Επένδυση Α: Μέτρο ελαστικότητας μεγαλύτερο του σκυροδέματος ή της τοιχοποιίας (πλακίδια – μεταλλικές πλάκες – μεταλλικά φύλλα).

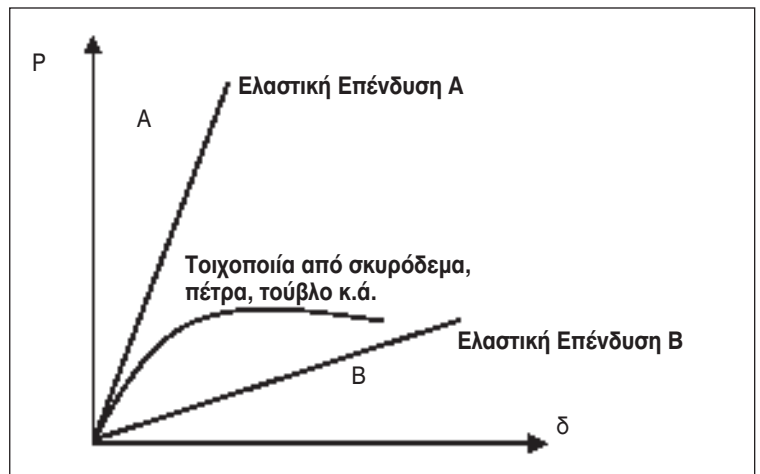
Επένδυση Β: Μέτρο ελαστικότητας μικρότερο του σκυροδέματος ή της τοιχοποιίας (ξύλο, πλαστικό).

Αυτού του είδους επενδύσεις από ξύλο, πλαστικό ή μέταλλο ανεξάρτητα του μέτρου ελαστικότητάς τους δεν προβάλλουν στην επιφάνεια τις βλάβες που μπορεί να υπάρχουν στα υποκείμενα στοιχεία του φέροντος οργανισμού.

Συνήθως κατασκευάζονται δύο ειδών επενδύσεις: αυτές που είναι μόνιμες και σε πλήρη επαφή με τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού (επενδύσεις με πλακίδια πορσελάνης) και αυτές που βρίσκονται σε κάποια απόσταση απ’ αυτά (πλαστικές – ξύλινες επενδύσεις). Είναι πρόδηλο ότι το δεύτερο είδος των επενδύσεων είναι χειρότερο του πρώτου ως προς το εξεταζόμενο πρόβλημα. Εφόσον όμως προβλεφθεί μια δυνατότητα άμεσης, ευχερούς και χωρίς να προκαλείται καταστροφή στην επένδυση, επιθεώρησης, τότε το είδος αυτό σαφώς πλεονεκτεί του πρώτου αλλά και πάλι υπό προϋποθέσεις που περιγράφονται παρακάτω.

Θα πρέπει να αποφεύγονται οι εν λόγω επενδύσεις κατά σειράν σπουδαιότητας στα εξής στοιχεία του φέροντος οργανισμού:

α) σε κόμβους υποστυλωμάτων - δοκών



Σχήμα 14. Παραμόρφωση “ελαστικών επενδύσεων”.

- β) σε υποστυλώματα - τοιχώματα
- γ) σε δοκούς.

Είναι επιθυμητό οι Βιομηχανίες και ιδιαίτερα αυτές που δραστηριοποιούνται σε κρίσιμους για το κοινωνικό σύνολο και την οικονομία τομείς, όπως π.χ. ο ενεργειακός τομέας, η παραγωγή φαρμακευτικού υλικού, βασικών ειδών διατροφής, όπως η παραγωγή γαλακτοκομικών ειδών κ.α., να συνεχίζουν να λειτουργούν με ασφάλεια και αμέσως μετά από κάποιο ισχυρό σεισμό. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται με τρεις βασικές – στοιχειώδεις παραμέτρους. Η πρώτη είναι: το κτήριο, τα μη φέροντα στοιχεία και ο εξοπλισμός του να είναι αρκούντως αντισεισμικά και η δεύτερη να υπάρχει η δυνατότητα άμεσης επιθεώρησης του κτηρίου ώστε να δοθεί η άδεια της άμεσης συνέχισης της λειτουργίας του. Η τρίτη είναι η ετοιμότητα του προσωπικού και η υπάρχουσα αναγκαία προς τούτο προετοιμασία και υποδομή.

Στην τελευταία αυτή παράμετρο εμπίπτει και η απαίτηση της μη τοποθέτησης επενδύσεων στα στοιχεία του φέροντος οργανισμού. Η περίπτωση των κινητών επενδύσεων που παρέχουν την δυνατότητα άμεσης επιθεώρησης, έχει στην ουσία μόνον θεωρητική αξία. Αυτό, διότι πολλές φορές τοποθετούνται διάφορα βαριά αντικείμενα, εξοπλισμός ή έπιπλα στην περιοχή των υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων μη επιτρέποντας το άμεσο άνοιγμα των εν λόγω επενδύσεων προς επιθεώρηση του φέροντος οργανισμού αμέσως μετά το σεισμό. Άλλωστε είναι δυσεφάρμοστη η απαίτηση της διατήρησης μιας εύλογης απόστασης από τα επενδεδυμένα φέροντα στοιχεία (ενδεχομένως για πολλούς θα είναι ανεξήγητη και παράλογη).

Βεβαίως οι επενδύσεις και των μη φερόντων στοιχείων, με υλικά και κατασκευές μικρότερου μέτρου ελαστικότητας από αυτού του τοίχου, πρέπει να αποφεύγονται. Αυτό διότι ο τοίχος από μέσα μπορεί να έχει καταστραφεί και να εγκυμονεί κινδύνους από την πτώση του και δίπλα ή ακόμη και σε επαφή μ' αυτόν να υπάρχουν πολύτιμα μηχανήματα ή εύφλεκτα υλικά.

### 3.3.1.2 -2 Εσωτερικές αναρτήσεις. Γενικά

Το βασικό χαρακτηριστικό των εσωτερικών αναρτήσεων είναι ότι τα διάφορα αντικείμενα που αναρτώνται από την οροφή του αντίστοιχου χώρου, έχουν την μορφή του εκκρεμούς. Έχουν γενικά μεγάλη κινητικότητα τόσο προς τις οριζόντιες διευθύνσεις όσο και πάνω-κάτω, διότι η διέγερσή τους προέρχεται από την συμπεριφορά του μέλους της κατασκευής στο οποίο είναι στερεωμένα και το οποίο μπορεί να υφίσταται εκτός των μετατοπίσεων και στροφές.

Οι απαιτήσεις ασφάλειας των εξωτερικών αναρτήσεων είναι εν γένει ανώτερες από αυτές των εσωτερικών. Οι αναρτήσεις στα εσωτερικά αίθρια, θα πρέπει να χαρακτηρίζονται και να αντιμετωπίζονται ως εξωτερικές.

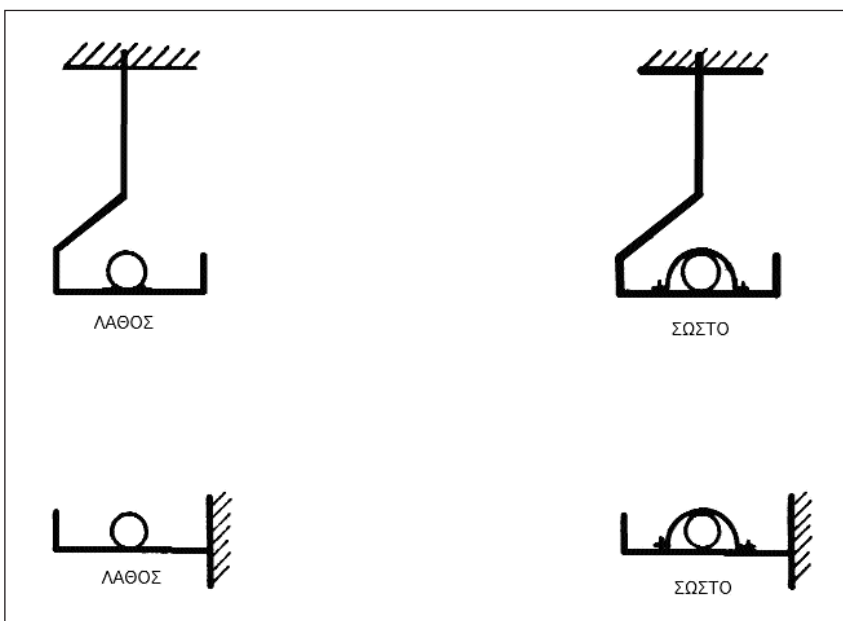
Ιδιαίτερη σημασία έχουν εσωτερικές αναρτήσεις που σχετίζονται με σημάνσεις και φωτισμό που είναι απαραίτητες για την χρονική περίοδο αμέσως μετά τον σεισμό ή που σχετίζονται με τις οδεύσεις διαφυγής.

Από την σεισμική συμπεριφορά των ανηρτημένων κατασκευών και λόγω της μεγάλης κινητικότητάς τους είναι ενδεχόμενο να συμβούν τα ακόλουθα:

- Να προσκρούσουν σε δομικά στοιχεία του κτηρίου, σε εσωτερικά διαχωριστικά, σε δευτερεύοντα στοιχεία ή και να συγκρουστούν ανηρτημένες κατασκευές μεταξύ τους.
- Εφόσον έχουν σημαντικό βάρος σε σχέση με την κατασκευή ή με το μέλος της κατασκευής από

το οποίο είναι ανηρτημένες, ενδέχεται να επηρεάσουν την σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής ή να δημιουργήσουν τοπικές ανωμαλίες.

- Τα σημεία και οι περιοχές ανάρτησης πρέπει να έχουν όχι μόνο την κατάλληλη αντοχή, αλλά, σε ορισμένες περιπτώσεις, και την κατάλληλη ευκαμψία ή και την ικανότητα για απορρόφηση ενέργειας για την ασφαλή στερέωση των ανηρτημένων κατασκευών και μείωση των ταλαντώσεών τους. Ως προς την αντοχή της ανάρτησης, εφόσον δεν γίνεται άλλος υπολογισμός, ανάλογα με την σημασία του κτηρίου και την επίπτωση που μπορεί να έχει ενδεχόμενη βλάβη της ανάρτησης κατά την διάρκεια του σεισμού, αυτή πρέπει να αντέχει τρεις έως έξι φορές το βάρος της αναρτώμενης κατασκευής.
- Τα μέσα σύνδεσης των ανηρτημένων κατασκευών μεταξύ τους ή μεταξύ αυτών και μελών του κτηρίου, οφείλουν να είναι έτσι κατασκευασμένα, ώστε σε περίπτωση σεισμού να μην δημιουργούν προβλήματα.
- Τα στοιχεία αναρτήσεως δεν πρέπει να παραλαμβάνουν μόνον εφελκυστικές δυνάμεις, αλλά και θλιπτικές και διατμητικές. Το ίδιο ισχύει και για τις στηρίξεις ή τις συνδέσεις. Εφόσον υπάρχει ειδική πρόβλεψη, ώστε η προς τα άνω ταλάντωση να μην δημιουργήσει βλάβη, ή η προς τα άνω κίνηση περιορίζεται ή και απορροφάται από άλλες διατάξεις, τότε η απαίτηση αυτή δεν ισχύει.
- Τα διάφορα άγκιστρα ή απλές στηρίξεις από τις οποίες αναρτώνται ή στις οποίες στηρίζονται κατασκευές ή εγκαταστάσεις, οφείλουν να λειτουργούν και σε περίπτωση μηδενισμού της τριβής ή δράσης δυνάμεων αντίθετων προς την βαρύτητα (βλ. σχ. 15). Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να γίνει κατάλληλη πρόβλεψη για παραλαβή των παραμορφώσεων από συστολοδιαστολές.



**Σχήμα 15.** Οι ανηρτημένες κατασκευές δεν πρέπει απλώς να εδράζονται στις στηρίξεις τους, αλλά να στερεώνονται στη θέση τους για να μη μπορούν να κινηθούν ούτε προς τα πάνω ούτε δεξιά-αριστερά. Θα πρέπει όμως να γίνεται κατάλληλη πρόβλεψη για τις συστολοδιαστολές.

Στις εσωτερικές αναρτήσεις ανήκουν οι ψευδοροφές, που εξετάζονται σε άλλο κεφάλαιο, τα φωτιστικά σώματα, οι πάσης φύσεως αναρτήσεις σημάτων μεγαφώνων ή άλλων στοιχείων διαμόρφωσης των χώρων.

Στις εσωτερικές αναρτήσεις, επίσης, ανήκουν οι οριζόντιες σωληνώσεις και αγωγοί που αναρτώνται από την οροφή, αλλά και διάφορα μηχανήματα και συσκευές. Όλα αυτά τα συστήματα εξετάζονται στο κεφάλαιο περί ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (Κεφ. 3.3.3).

### 3.3.1.2 –2α Ψευδοροφές

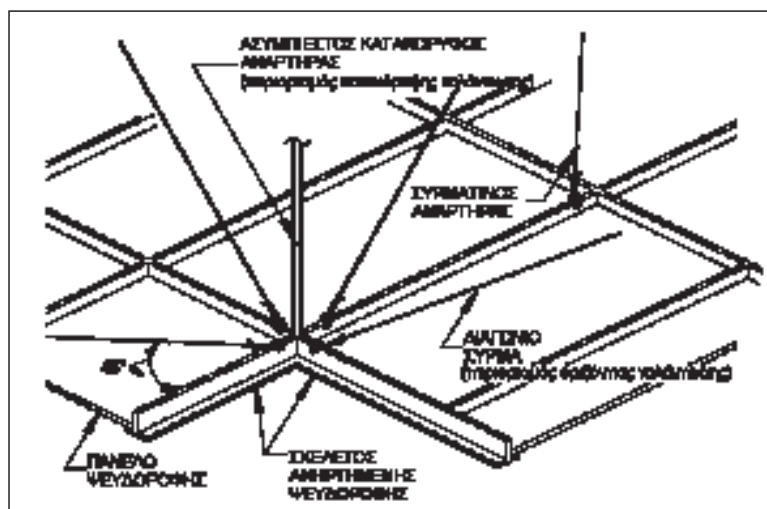
Οι ψευδοροφές είναι μη φέροντα στοιχεία που είναι ευαίσθητα στις παραμορφώσεις και ταλαντώσεις λόγω σεισμού. Αν ο σκελετός παραμορφωθεί αρκετά, ένα μεγάλο μέρος των υλικών πληρώσεως και εξοπλισμού θα καταρρεύσει. Θα πρέπει να ελέγχεται ο τρόπος ανάρτησης (αν γίνεται σε συχνά διαστήματα, αν φέρει τις κατάλληλες διαγώνιες ενισχύσεις) και τα υλικά των στοιχείων πλήρωσης (να μη είναι εύθραυστα ή εύκολα αποσπώμενα). Βεβαίως, εκτός από την παραμόρφωση του σκελετού υπάρχει πιθανότητα να καταπέσουν οι πλάκες της ψευδοροφής ως συνέπεια της πρωτογενούς σεισμικής ταλάντωσης.

Οι ψευδοροφές αποτελούν ουσιαστικά στοιχεία διαμόρφωσης των εσωτερικών χώρων των “σύγχρονων κτηρίων”. Χρησιμοποιούνται ευρέως για να καλύψουν την υπερκείμενη φέρουσα κατασκευή, κυρίως όταν κάτω από αυτή διέρχονται σωληνώσεις, αγωγοί, καλώδια ή άλλοι Η/Μ εξοπλισμοί. Οι ψευδοροφές είναι μη φέροντα στοιχεία του κτηρίου, που είναι ευαίσθητα στις παραμορφώσεις και ταλαντώσεις λόγω σεισμού. Μπορεί να είναι ολόσωμες, από επιφάνειες γυψοσανίδων π.χ. ή να αποτελούνται από μικρότερα προκατασκευασμένα στοιχεία προσαρτημένα σε ένα μεταλλικό σκελετό. Οι ψευδοροφές χαρακτηρίζονται **σταθερού τύπου**, αν κατασκευάζονται σε επαφή με την φέρουσα οροφή ή **ανηρτημένες**, αν αναρτώνται σε απόσταση από αυτήν.

Οι ανηρτημένες ψευδοροφές, όταν δεν είναι ολόσωμες, συνήθως αποτελούνται από μικρότερα τετράγωνα πανέλλα από ελαφρύ ηχομονωτικό υλικό και εξωτερική επιφάνεια από διάφορα υλικά, προσαρμοσμένα σ' ένα κάρναβο από φέροντα στοιχεία.

Ένας τύπος ανηρτημένων ψευδοροφών είναι οι ψευδοροφές “ανοικτού τύπου” όπου από τον σκελετό δεν αναρτώνται συμπαγή πανέλλα αλλά λωρίδες ή δικτυωτά διάτρητα πανέλλα από διάφορα υλικά, αναλόγως των αισθητικών απαιτήσεων. Οι ψευδοροφές αυτού του τύπου πλεονεκτούν κατά το ότι επιτρέπουν την άμεση επιθεώρηση των συστημάτων που βρίσκονται πάνω απ' αυτές, ώστε αμέσως να εντοπίζεται κάθε βλάβη ή ζημιά.

Μια τυπική ψευδοροφή πανέλλων εικονίζεται στο σχ. 16.



Σχήμα 16. Τύπος ανηρτημένης ψευδοροφής με περιορισμό των οριζόντιων ταλαντώσεών της.

Η ανάρτηση της ψευδοροφής από την οροφή γίνεται με διάφορους τρόπους, ανάλογα με την μορφή και το είδος της φέρουσας κατασκευής της οροφής.

Αν ο σκελετός της ψευδοροφής παραμορφωθεί αρκετά, ένα μεγάλο μέρος των υλικών πληρώσεως και εξοπλισμού θα καταρρεύσει. Αυτό συνήθως δεν αποτελεί μεγάλο κίνδυνο ζωής, εκτός αν η ψευδοροφή περιλαμβάνει επικίνδυνα υλικά ή υλικά με σχετικώς μεγάλο βάρος, π.χ. κρύσταλλα οπλισμένα ή μη, ή φωτιστικά σώματα με εύθραυστα τμήματα. Μπορεί όμως από την πτώση να προκληθεί πανικός ή και να εμποδιστεί η εκκένωση του χώρου.

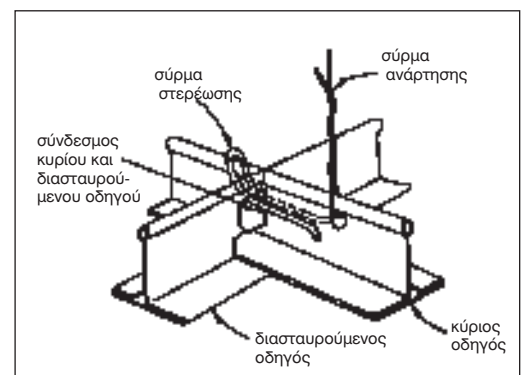


Οι ψευδοροφές παθαίνουν βλάβες κυρίως επειδή είναι ελεύθερες να στραφούν ή να κινηθούν και να χτυπήσουν στους πλευρικούς τοίχους. Η μετακίνηση που μπορεί να συμβεί είναι είτε της ψευδοροφής ως προς τις στηρίξεις της είτε και των στελεχών ανάρτησής της. Επίσης, οι ψευδοροφές παθαίνουν βλάβες, που οφείλονται στην μετακίνηση των ελαφρών διαχωριστικών και άλλων συμπληρωματικών κατασκευών ή εγκαταστάσεων, που έχουν την δυνατότητα μετακίνησης σε περίπτωση σεισμού. Συστήματα, που είναι περισσότερο εύκαμπτα στο επίπεδο της οροφής, παθαίνουν περισσότερες ζημιές απ' αυτά που είναι περισσότερο άκαμπτα. Ξύλινοι σύνδεσμοι με ξύλινους γάντζους και καρφιά υφίστανται την μικρότερη βλάβη, γιατί το σύστημα είναι πακτωμένο στο επίπεδο της οροφής και οι ξύλινοι γάντζοι αποδεικνύονται καλοί οριζόντιοι και κατακόρυφοι σύνδεσμοι.

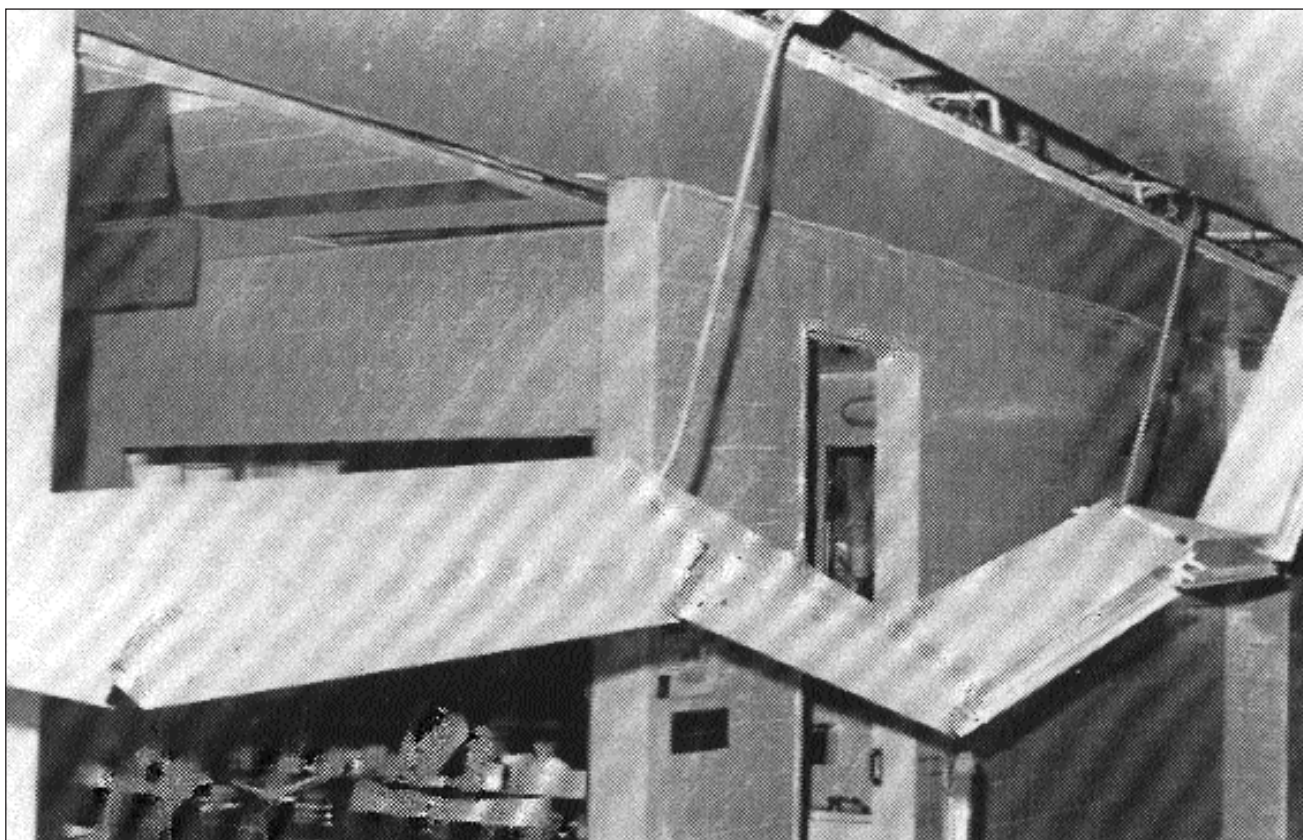
Οι αστοχίες στις ψευδοροφές οφείλονται στις παραμορφώσεις του σκελετού τους λόγω πλημμελούς ανάρτησης και απουσίας διαγώνιων συρμάτινων ελκυστήρων. Η ανάρτηση οφείλει ανά αποστάσεις να περιλαμβάνει ράβδους με πλήρη αξονική ατένεια (να είναι ασυμπίεστες).

Για την εξασφάλιση των ψευδοροφών, προτείνονται ορισμένα μέτρα:

- Τα φωτιστικά σώματα, τα στόμια αεραγωγών, οι καταιονιστήρες τα μεγάφωνα και ο λοιπός εξοπλισμός, θα πρέπει να έχουν ανεξάρτητη της ψευδοροφής ανάρτηση και να μη στηρίζονται στην ψευδοροφή.
- Επιμήκεις σωληνώσεις χωρίς ανεξάρτητη ανάρτηση από την οροφή μπορεί επίσης να προκαλέσουν παραμόρφωση του σκελετού της ψευδοροφής και πρέπει να αποφεύγονται. Το ίδιο μπορεί να συμβεί όταν υπάρχει γραμμική συνεχής διάταξη φωτιστικών σωμάτων χωρίς μεταξύ τους κενά ή από κεφαλές καταιονιστήρων, χωρίς το απαιτούμενο κενό με την ψευδοροφή στις θέσεις εφαρμογής τους (σχ. 18).
- Θα πρέπει να ελέγχεται ο τρόπος ανάρτησης: α) να γίνεται σε συχνά διαστήματα, β) να φέρει τις κατάλληλες διαγώνιες ενισχύσεις και στις δύο διευθύνσεις, καθώς και στο επίπεδο της ψευδοροφής για να είναι απαραμόρφωτη στο επίπεδό της και να φέρει τα κατάλληλα κατακόρυφα ασυμπίεστα στοιχεία, γ) τα υλικά των στοιχείων πλήρωσης να μη είναι εύθραυστα ή εύκολα αποσπώμενα. Πολλές φορές στις πλάκες των ψευδοροφών στηρίζονται φωτιστικά σώματα, στόμια εξαερισμού και λοιπά εξαρτήματα, τα οποία σε περίπτωση σεισμού μπορεί να δημιουργήσουν δυσμενείς επιπτώσεις λόγω βλάβης τους. Ιδιαίτερα, όταν έχει προβλεφθεί η παροχή οδηγιών αμέσως μετά τον σεισμό μέσω των μεγαφώνων και αυτά καταπέσουν μαζί με την ψευδοροφή, αντιλαμβάνεται κανείς πόσο μεγάλη σημασία έχει η ευστάθεια της ψευδοροφής και τι κινδύνους εγκυμονεί η καταστροφή της.
- Διασταυρούμενοι οδηγοί της φέρουσας κατασκευής της ψευδοροφής πρέπει να στερεώνονται στους κύριους οδηγούς, χρησιμοποιώντας συνδέσμους σαν αυτούς του σχ. 17.



**Σχήμα 17.** Τρόπος σύνδεσης του διασταυρούμενου οδηγού πάνω στον κύριο. Mc Gavin (1978).



**Σχήμα 18.** Πτώση φωτιστικών σωμάτων με γραμμική ανάπτυξη, χωρίς τα απαιτούμενα κενά.

Συνήθως η σεισμική ενίσχυση των ψευδοροφών επιτυγχάνεται με διαγώνια σύρματα και κατακόρυφους ορθοστάτες μεταξύ της ψευδοροφής και της φέρουσας οροφής. Επίσης, είναι καλό τα φωτιστικά σώματα, τα στόμια αεραγωγών, οι δίσκοι ανάρτησης καλωδίων και άλλα παρόμοια στοιχεία να έχουν την δική τους ασυμπίεστη κατακόρυφη και διαγώνια ανάρτηση.

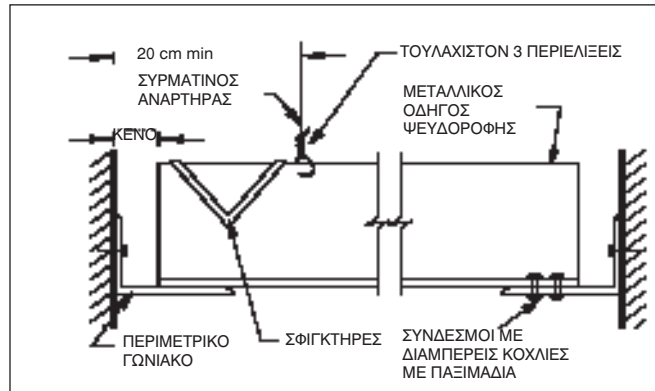
Απαιτείται προσεκτική διεύθυνση των διαγώνιων και κατακόρυφων αναρτήσεων όλων αυτών των στοιχείων, καθώς ο χώρος πάνω από την ψευδοροφή είναι συχνά συνωστισμένος από τις διελεύσεις των Η/Μ εγκαταστάσεων.

Ειδική μνεία πρέπει να γίνει (για παλαιότερες κατασκευές, αφού ήδη η χρήση αμιάντου στα κτήρια έχει απαγορευθεί), για τις ψευδοροφές με υλικά αμιάντου και την απελευθέρωση ρινισμάτων αμιάντου λόγω της καταστροφής. Όταν διαπιστώνεται η ύπαρξη αμιάντου θα πρέπει να αποκλείεται ο χώρος, να απομακρύνονται τα επικίνδυνα υλικά, να καθαρίζεται ο χώρος, οι τοίχοι κ.λπ. και να αντικαθίσταται η ψευδοροφή.

#### ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΨΕΥΔΟΡΟΦΩΝ

1. Οι κύριοι οδηγοί του σκελετού ανάρτησης πρέπει να προσανατολίζονται στην μακρά διάσταση της οροφής.
2. Οι δευτερεύοντες κάθετοι οδηγοί μορφής ανεστραμμένου T πρέπει να έχουν την κατάλληλη δυναμική αντοχή και να συνδέονται με διαμπερείς κοχλίες με παξιμάδια στα σημεία που συναντούν τους κύριους οδηγούς.

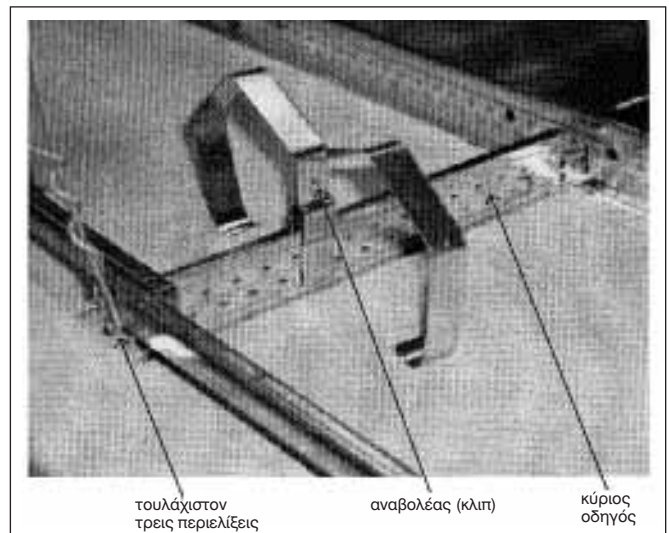
3. Οι κύριοι διαμήκεις οδηγοί πρέπει να έχουν συνεχή στοιχεία μήκους όσο το άνοιγμα ή τουλάχιστον 1.50 m.
4. Στις απολήξεις της ψευδοροφής στους πλάγιους τοίχους να τοποθετείται περιμετρικά γωνία μεταλλική τουλάχιστον 50/50 mm.



**Σχήμα 19.** Λεπτομέρεια απόληξης οδηγού ψευδοροφής στους πλευρικούς τοίχους.

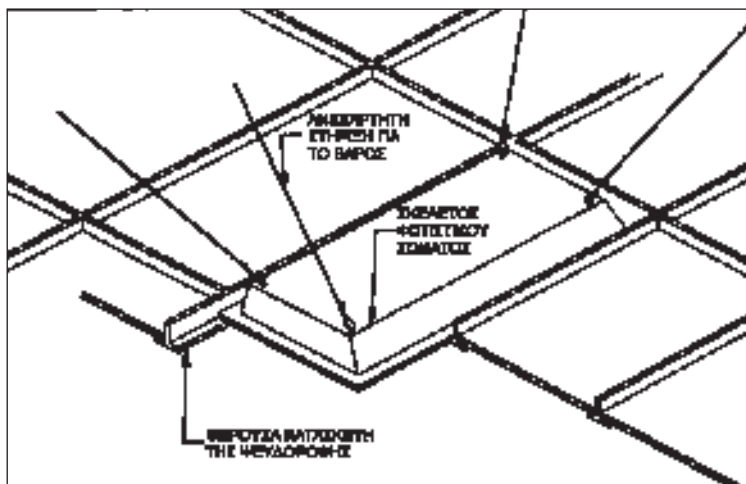
5. Να υπάρχουν κατακόρυφες ασυμπίεστες αναρτήσεις, αποτελούμενες από ορθοστάτες ή καλώδια-σύρματα μέσα σε σωλήνες, των κυρίων οδηγών ανά 1.30 m το πολύ.
6. Να υπάρχουν κατακόρυφες αναρτήσεις των κυρίων οδηγών και των κάθετων T σε απόσταση το πολύ 20 cm από την περίμετρο της ψευδοροφής.
7. Όλες οι κατακόρυφες αναρτήσεις πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 15 cm από όλους τους αγωγούς, σωλήνες και άλλα μηχανολογικά εξαρτήματα, που δεν έχουν αγκύρωση για παραλαβή οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων, ώστε να αποφεύγεται η σύγκρουσή τους κατά τον σεισμό.
8. Κάθε κύριος και δευτερεύων οδηγός πρέπει να βιδώνεται στην περιμετρική μεταλλική γωνία στήριξης της ψευδοροφής στο ένα άκρο του, ενώ το άλλο να ακουμπά χωρίς στερέωση στην περιμετρική γωνιά, αφήνοντας κενό από τον τοίχο τουλάχιστον 2 cm. Αυτή η απόσταση πρέπει να αφήνεται και στις θέσεις που η ψευδοροφή συναντά υποστυλώματα, ή άλλα στοιχεία που διαπερνούν τον σκελετό της. Το κενό αυτό καλόν είναι να πληροúται με ελαστομερές υλικό μορφής Γ ή T.
9. Όλα τα μη αγκυρωμένα ελεύθερα άκρα των μεταλλικών οδηγών πρέπει συνδέονται με κατάλληλο τρόπο (σφιγκτήρες), ώστε να αποφεύγεται η πλάγια μετατόπισή τους.
10. Το σύστημα ανάρτησης πρέπει να διαθέτει τις κατάλληλες χιαστί ενισχύσεις και στις δύο διευθύνσεις είτε με σύρματα είτε με ράβδους.
11. Τα πανέλα πλήρωσης της ψευδοροφής θα πρέπει να διαθέτουν κλιπς (αναβολείς) συγκράτησης, σε τουλάχιστον 4 θέσεις ανά πανέλλο, σε αντιδιαμετρικές θέσεις.

**Σχήμα 20.** Κλίπ (αναβολέας) συγκράτησης των πανέλλων της ψευδοροφής.



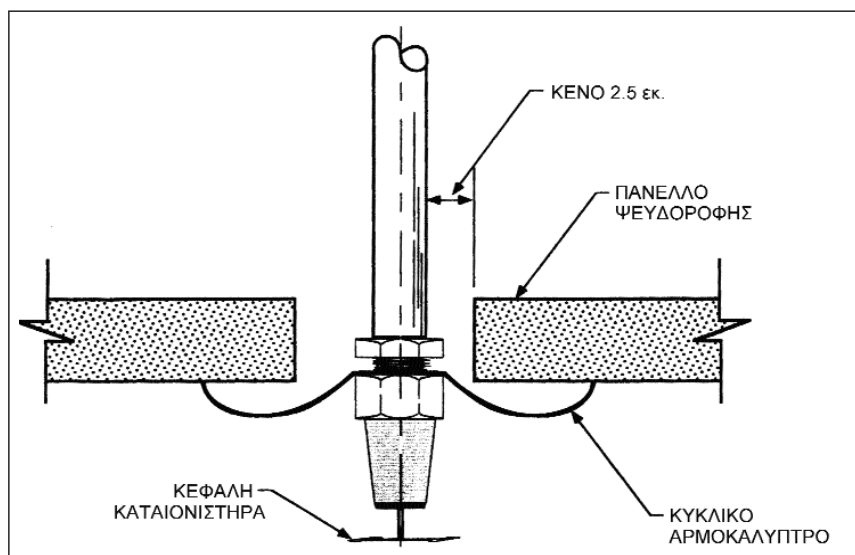


12. Τα στοιχεία που στηρίζονται στην ψευδοροφή, όπως φωτιστικά σώματα, στόμια αεραγωγών, μεγάφωνα κ.λπ. θα πρέπει να διαθέτουν ανεξάρτητη από της ψευδοροφής κατακόρυφη ασυμπίεστη ανάρτηση βαρύτητας. Η ανάρτησή τους πρέπει να γίνεται με τουλάχιστον 2 σύρματα ανάρτησης σε αντιδιαμετρικές γωνίες.



Σχήμα 21. Διαγώνιες αναρτήσεις φωτιστικών σωμάτων της ψευδοροφής.

13. Τα στοιχεία της ψευδοροφής, όπως φωτιστικά σώματα, στόμια κλιματισμού, μεγάφωνα κ.λπ., πρέπει να στερεώνονται στην περίμετρό τους στον σκελετό της ψευδοροφής με βίδες ανά 30 cm το πολύ.
14. Όλοι οι σωλήνες που διατρέχουν την οροφή πάνω από την ψευδοροφή πρέπει να έχουν δική τους ανεξάρτητη ανάρτηση, καλύτερα σε ειδικό δίσκο (mesh-tray), από την οροφή και να μη στηρίζονται σε στοιχεία της ψευδοροφής.
15. Όλες οι κεφαλές των καταιονιστήρων πυρόσβεσης πρέπει να έχουν ένα τουλάχιστον κατά 13 mm μεγαλύτερο της διαμέτρου τους δακτύλιο προσαρμογής στο πανέλλο της ψευδοροφής από ελαστομερές υλικό, που να επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση του σωλήνα του καταιονιστήρα. Έχει παρατηρηθεί σε προηγούμενους σεισμούς, ότι οι καταιονιστήρες πυρόσβεσης, που διαπερνούν ψευδοροφές είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στοιχεία λόγω της πρόσκρουσής τους στα μέλη της ψευδοροφής, όταν δεν υπάρχει κενό, που να επιτρέπει την ανεξάρτητη κίνησή τους. Αυτό μπορεί να αποβεί εξαιρετικά επικίνδυνο, καθώς σ' αυτή την περίπτωση, δεν μπορεί να λειτουργήσει το σύστημα πυρόσβεσης.



Σχήμα 22. Κεφαλή καταιονιστήρα τοποθετημένου στο πανέλλο της ψευδοροφής με το κατάλληλο κενό.



16. Όλα τα σύρματα ανάρτησης πρέπει να έχουν στα άκρα στερέωσή τους στον σκελετό της ψευδοροφής και στην φέρουσα κατασκευή τουλάχιστον 3 περιελίξεις.
17. Σε περίπτωση μεγάλης έκτασης ψευδοροφών, να προβλέπεται σεισμικός αρμός που να χωρίζει την επιφάνεια της ψευδοροφής σε μικρότερα τμήματα, στατικώς και σεισμικώς ανεξάρτητα μεταξύ τους, επιφάνειας το πολύ 250 m<sup>2</sup>.

### ΨΕΥΔΟΡΟΦΕΣ – ΓΕΝΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Οι ψευδοροφές, όπως κατασκευάζονται σήμερα, εγκυμονούν κινδύνους από πτώση τους σε περίπτωση σεισμού. Αυτό έχει παρατηρηθεί σχεδόν σε όλους τους ισχυρούς σεισμούς που έπληξαν τις διάφορες περιοχές της χώρας μας τα τελευταία χρόνια (μετά την εκτεταμένη πλέον χρήση του συστήματος της ανηρημένης ψευδοροφής). Αδιάψευστος μάρτυρας είναι η τυπική εικόνα πτώσης ψευδοροφής του Νοσοκομείου του Πύργου, κατά τους ομώνυμους σεισμούς του 1993. Επίσης, η πτώση ψευδοροφών σε Νοσοκομεία της περιοχής Αττικής κατά τους σεισμούς του 1999 κ.λπ. Αναφέρθηκε ότι πλάκες των εν λόγω ψευδοροφών έπεσαν επάνω στα κρεβάτια ασθενών (μάλιστα προσφάτως χειρουργηθέντων) ή ακόμη και επάνω σε χειρουργικές κλίνες σε χειρουργεία, ή επάνω σε πανάκριβα μηχανήματα.

Πέραν αυτών, οι ψευδοροφές μπορεί να αποτελέσουν εστία μικροβίων, φωλιές τρωκτικών και διάφορων ζωοφίων και καταργούν την δυνατότητα άμεσης επιθεώρησης προς διαπίστωση φθορών και ζημιών τόσο στον φέροντα οργανισμό του κτηρίου (κυρίως μετά από σεισμό), όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (κατά την διάρκεια τακτικών επιθεωρήσεων για έγκαιρη διαπίστωση βλαβών). Επίσης, η ζημιά στην ψευδοροφή από τον σεισμό, κατά πάσα πιθανότητα θα επιφέρει ζημιά και σε ότι σχετίζεται με αυτή, όπως φώτα, ανιχνευτήρες πυρκαγιάς, ίσως στόμια αερισμού – κλιματισμού, μεγαφωνική εγκατάσταση κ.λπ.

Οι οριζόντιοι σεισμικοί κραδασμοί, στους οποίους υποβάλλονται οι ψευδοροφές, είναι εντονότατοι λόγω του ότι λαμβάνουν την δόνηση από το υψηλότερο σημείο του κάθε ορόφου, που είναι η οροφή του και, επιπλέον, υπάρχει το ενδεχόμενο πολλαπλασιασμού της εν λόγω δόνησης από το φαινόμενο συντονισμού με το δημιουργούμενο «εκκρεμές» του φορέα της ψευδοροφής. Επιπλέον αυτών, οι αναμενόμενες βλάβες σε ψευδοροφές είναι πολύ μεγαλύτερης συχνότητας απ' ότι στα αντίστοιχα κτήρια, λόγω του ότι αυτές είναι ευάλωτες και από μικρότερους επιφανειακούς γειτονικούς σεισμούς λόγω της έντονης και υψίσυχνης κατακόρυφης συνιστώσας της σεισμικής δόνησης. Η δόνηση αυτή μπορεί να αφήνει ανεπηρέαστο το υπόλοιπο κτήριο, όμως επιδρά δυσμενώς στις ψευδοροφές, οι οποίες επιπλέον, πολλές φορές αναρτώνται από τις πλάκες των ορόφων. Οι εν λόγω κατασκευές πολλαπλασιάζουν την δόνηση στην κατακόρυφη διεύθυνση σε περίπτωση συντονισμού. Η κατακόρυφη διεύθυνση του σεισμικού κραδασμού είναι ιδιαίτερα έντονη στο έδαφος και στις χαμηλές στάθμες του κτηρίου, στο μέσον των πλακών και δοκών, σε προβόλους, έρκερ κ.λπ.

Κατόπιν αυτών προτείνεται η πλήρης κατάργηση της χρήσης των ψευδοροφών στους χώρους των Βιομηχανιών, εφόσον δεν κατασκευάζονται σωστά. Στις περιπτώσεις που επιλέγεται τελικώς να κατασκευαστεί ψευδοροφή, για αισθητικούς κυρίως λόγους, όπως στους γραφειακούς χώρους, χώρους εισόδου και υποδοχής, καλό θα είναι να εφαρμόζεται ψευδοροφή “ανοικτού τύπου”, που επιτρέπει την άμεση εποπτεία των άνωθεν Η/Μ εγκαταστάσεων και της φέρουσας κατασκευής.

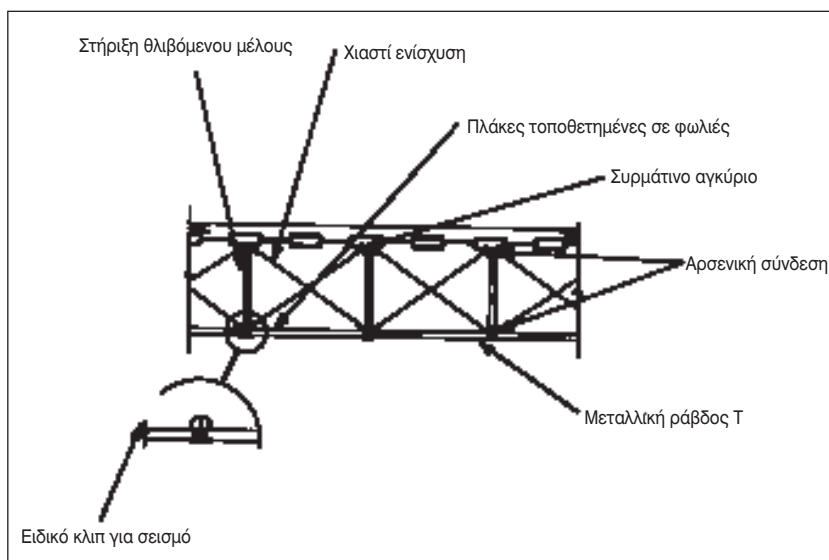
Βέβαια, προκειμένου να καταργηθούν οι ψευδοροφές, θα πρέπει να γίνουν σωστές και εμφανίσι-

μες οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Προς τούτο θα πρέπει να εκπονηθούν προδιαγραφές κατασκευής, τοποθέτησης και σήμανσης των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, διότι σήμερα, με το δεδομένο ότι “όλα κρύβονται μέσα στην ψευδοροφή” οι διελεύσεις των καλωδίων και άλλων Η/Μ εγκαταστάσεων βρίσκονται σε μεγάλη αταξία. Ως προς το τελευταίο, θα ήταν πολύ ωραίο και αποτελεσματικό, η σήμανση να γινόταν σύμφωνα με τα διεθνή standards.

### Έλεγχος των υφιστάμενων ψευδοροφών

Ως προς τις **υπάρχουσες** ψευδοροφές, θα πρέπει να γίνει η ακόλουθη εργασία από τις Τεχνικές Υπηρεσίες της Βιομηχανίας:

- Για να διαπιστωθεί, αν μια ψευδοροφή ή τμήμα της είναι αντισεισμικό, θα πρέπει ο ελέγχων Μηχανικός να κτυπήσει από κάτω προς τα πάνω μία-μία τις πλάκες για να διαπιστώσει αν μετακινούνται. Επίσης, θα πρέπει να τραβήξει με κάποια δύναμη κατά τις δύο οριζόντιες διευθύνσεις και κατά την κατακόρυφη προς τα πάνω τα διάφορα τμήματα του σκελετού της ψευδοροφής, για να διαπιστώσει αν υπάρχει κινητικότητα. Σε καταφατική περίπτωση, κατά την οποία είτε οι μονωμένες πλάκες είτε τμήματα του σκελετού έχουν κινητικότητα, η εν λόγω ψευδοροφή είναι επικίνδυνη σε περίπτωση σεισμού. Επίσης, θα πρέπει οι πλάκες να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερο βάρος. Αυτό συνήθως είναι ο κανόνας για τις πλάκες πλήρωσης των κενών του σκελετού, που κατασκευάζονται από ελαφρά υλικά, μπορεί όμως να μη συμβαίνει το ίδιο με τα φωτιστικά σώματα ή τα στόμια ή άλλους εξοπλισμούς, όπως μεγάφωνα κ.λπ.
- Η στερέωση του σκελετού της ψευδοροφής έναντι του σεισμού, πρέπει να γίνει με χιαστί συνδέσμους και αναρτήρες, οι οποίοι (αναρτήρες) δεν πρέπει να λυγίζουν (όχι χρήση σύρματος ή ντίζας μόνον, αλλά μέσα σε σωλήνα) ενώ των πλακών θα πρέπει να γίνει με ειδικές φουρκέτες ή άλλους πρόσφορους μηχανισμούς, οι οποίοι χρειάζονται επιθεώρηση από καιρού εις καιρόν. Μια κατασκευαστική πρόταση φαίνεται στα σχ. 20 και 23 όπου χρησιμοποιούνται ειδικά κλίπς, ώστε οι πλάκες της ψευδοροφής να μην “παίζουν” προς τα επάνω. Οποιαδήποτε στήριξη του σκελετού της ψευδοροφής θα πρέπει να γίνεται στην φέρουσα κατασκευή της οροφής του κάθε χώρου (όχι σε σοβά, τούβλο, μονωτικά υλικά κ.λπ.)



**Σχήμα 23.** Σύστημα ανηρητημένης ψευδοροφής με ηχομονωτικές πλάκες τοποθετημένες μέσα σε φωλιές (Λεπτομέρειες αγκύρωσης και εγκατάστασης).

### 3.3.1.2 –2β Φωτιστικά σώματα

Οι διάφοροι τύποι φωτιστικών συμπεριφέρονται διαφορετικά στο σεισμό και αυτό εξαρτάται από το είδος τους και από τον τρόπο στήριξής τους στην οροφή. Ανηρημένα ή στηριζόμενα στο δάπεδο φωτιστικά τα οποία είναι ελεύθερα να κινηθούν σαν εκκρεμή (κανονικά ή ανάστροφα), να στραφούν κ.λπ., υφίστανται μεγαλύτερες ζημιές, ενώ τα φωτιστικά επιφανείας είναι περισσότερο ανθεκτικά, εφόσον είναι σωστά τοποθετημένα και αγκυρωμένα.

- Ελεύθερα φωτιστικά ανηρημένα από την οροφή.

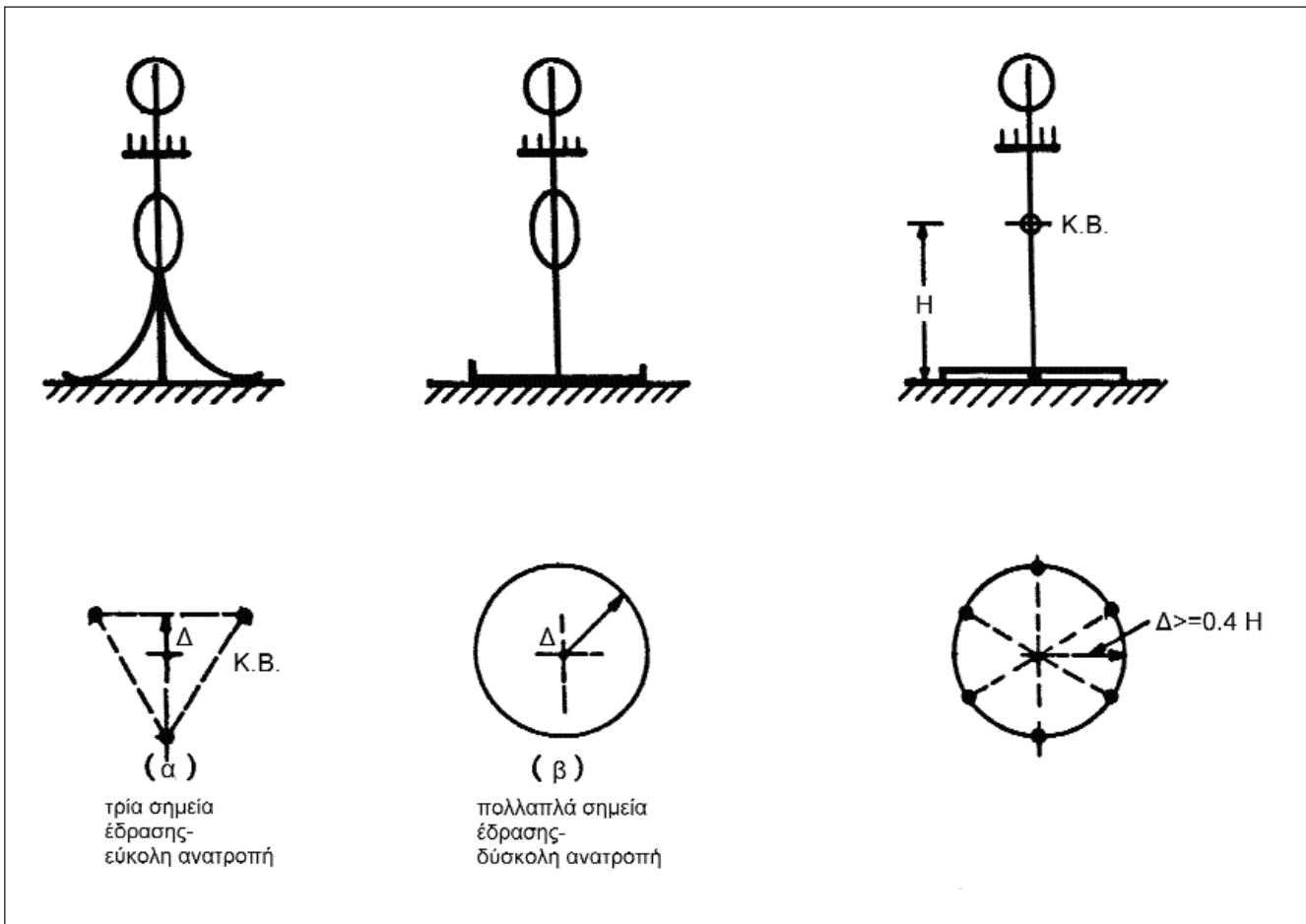
Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην αποφυγή των ελεύθερων φωτιστικών σωμάτων σε χώρους συγκέντρωσης ή διέλευσης πολλών ατόμων, ιδιαίτερα όταν η λειτουργία του χώρου είναι απαραίτητη κατά την διάρκεια και αμέσως μετά τον σεισμό. Στους χώρους αυτούς τα φωτιστικά σώματα πρέπει να είναι του πλέον ασφαλούς τύπου.

Από ταλάντωση και ανατροπή φωτιστικών σωμάτων έχουν σημειωθεί στο παρελθόν πολλοί τραυματισμοί και ζημιές, χωρίς η σεισμική δόνηση να είναι πρωτογενώς υπεύθυνη γι' αυτές. Αναφέρεται για παράδειγμα πολυώροφο κατάστημα, στο οποίο οι πολυέλαιοι της οροφής τέθηκαν σε κίνηση με την δόνηση του κτηρίου, έσπασαν και οι αίθουσες στις οποίες υπήρχαν βυθίστηκαν στο σκοτάδι. Αυτό προκάλεσε πανικό στον κόσμο, που πηδούσε από τα παράθυρα, ενώ το κτήριο δεν είχε πάθει καμία άλλη ζημιά. Σε μια βιομηχανία, βέβαια, η χρήση πολυελαίων είναι απίθανη, εκτός ίσως σε χώρους υποδοχής, παρόμοια συμπεριφορά όμως μπορεί να έχει κάθε βαρύ, κατασκευασμένο με επικίνδυνα υλικά φωτιστικό, που είναι ανηρημένο σε κάποια απόσταση από την οροφή και δεν διαθέτει τις κατάλληλες χιαστί αγκυρώσεις από περισσότερα των δύο μη συνεπίπεδα σημεία. Στην περίπτωση αυτή το φωτιστικό λειτουργεί ως εκκρεμές, το οποίο τιθέμενο σε ταλάντωση, μπορεί να έρθει σε σύγκρουση με την οροφή.

- Φωτιστικά σώματα στηριζόμενα στο δάπεδο.

Τα φωτιστικά σώματα που στηρίζονται στο δάπεδο, είναι εξίσου ή και περισσότερο επικίνδυνα από τα αιωρούμενα. Έχουν παρατηρηθεί συχνά ανατροπές τέτοιων φωτιστικών σωμάτων, τα οποία είναι αρκετά συνήθη σε γραφειακούς χώρους. Πρέπει τα φωτιστικά δαπέδου να έχουν το κέντρο βάρους τους όσο το δυνατόν χαμηλότερα και η βάση τους να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερη και ει δυνατόν να στηρίζονται πάνω σε τροχούς. Βάσεις με τρία σημεία έδρασης πρέπει να αποφεύγονται για τον κίνδυνο ανατροπής. Η έδραση πρέπει να γίνεται σε όσο το δυνατόν περισσότερα σημεία. Η απόσταση των σημείων έδρασης από το κέντρο της βάσης πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση προς  $0.4 H$  (όπου  $H$  η απόσταση του κέντρου βάρους από το δάπεδο). Βέβαια, τα φωτιστικά δαπέδου διατίθενται έτοιμα στο εμπόριο, καλόν είναι όμως η επιλογή τους για τον εξοπλισμό των χώρων να γίνεται με βάση αυτές τις προϋποθέσεις. Μια απλή λύση είναι η προσθήκη μιας μεταλλικής βάσης στη χαμηλότερη στάθμη έδρασης του φωτιστικού, για τον υποβιβασμό του κέντρου βάρους (βλ. σχ. 24).

Στις αίθουσες συγκέντρωσης κοινού πρέπει να υπάρχει αυτόματο σύστημα φωτισμού, το οποίο να τίθεται σε λειτουργία αμέσως, αν λόγω του σεισμού διακοπεί η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Θα πρέπει ο εφεδρικός αυτός φωτισμός να παραμένει σε λειτουργία για ένα χρονικό διάστημα που να είναι επαρκές για την άνετη εκκένωση του χώρου. Η πληροφορία αυτή για τον χρόνο λειτουργίας του εφεδρικού φωτισμού θα πρέπει να παρέχεται σε σχετικές εμφανείς πινακίδες.

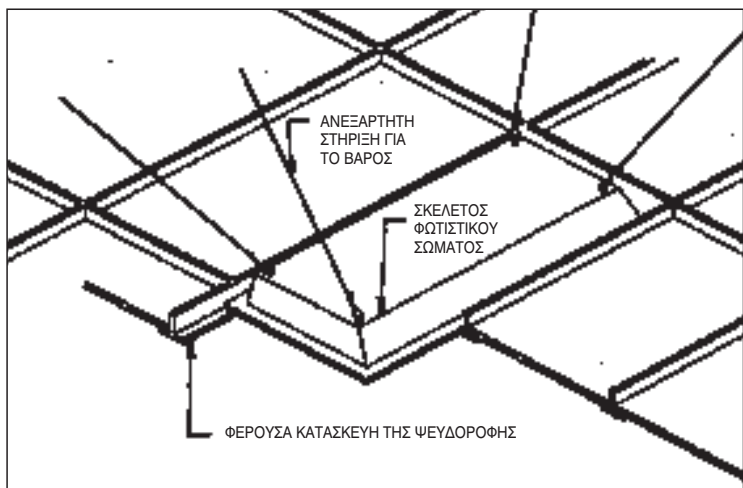


Σχήμα 24. Έδραση φωτιστικών σωμάτων.

- Φωτιστικά σώματα εισέχοντα στην ψευδοροφή.

Αυτά τα φωτιστικά σώματα είναι συνήθως φθορισμού. Παρουσιάζουν βλάβες κατά την διάρκεια του σεισμού, όταν στηρίζονται στο σύστημα της ψευδοροφής, χωρίς δικές τους ανεξάρτητες αναρτήσεις. Στις περιπτώσεις αυτές τα φωτιστικά συγκρούονται με τα γειτονικά τους στοιχεία της ψευδοροφής, αποσπώνται από τα στελέχη τους και πέφτουν. Η σωστή στερέωσή τους στους κύριους οδηγούς της ψευδοροφής εξασφαλίζει το σύστημα από τυχούσα βλάβη.

Τα φωτιστικά αυτά σώματα διαθέτουν ένα πλαστικό κάλυμμα, το οποίο “κουμπώνει” στη βάση και πολλές φορές έχει παρατηρηθεί, αν δεν είναι καλά κουμπωμένο, με την πρώτη δόνηση αυτό να πέφτει, με δυσμενείς συνέπειες.



Σχήμα 25. Ανεξάρτητη ανάρτηση φωτιστικού σώματος από 4 σημεία.



- Φωτιστικά τοποθετημένα κατ' ευθείαν στην φέρουσα οροφή.

Παθαίνουν σπάνια βλάβες από τον σεισμό διότι ο τρόπος στήριξής τους είναι τέτοιος, ώστε να είναι στερεά συνδεδεμένα με το φέρον σύστημα της οροφής. Ζημιές ίσως παρατηρηθούν αν ανοίξουν οι σφιγκτήρες της στερέωσης του φωτιστικού στην οροφή. Κάθε φωτιστικό σώμα πάντως, πρέπει να στηρίζεται σε τουλάχιστον δύο σημεία. Θα πρέπει να γίνεται περιοδικός έλεγχος και συντήρηση των φωτιστικών σωμάτων, διότι συμβαίνουν συχνά φθορές λόγω γήρανσης.

### 3.3.1.2 –3 Υπερυψωμένα δάπεδα (Ψευδοδάπεδα)

Τα υπερυψωμένα δάπεδα χρησιμοποιούνται ευρέως σε γραφειακούς ή εργαστηριακούς χώρους, όπου υπάρχει απαίτηση ευελιξίας στην τοποθέτηση των διάφορων συσκευών και μηχανημάτων στον χώρο, ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες ανάγκες στην χρήση. Ο χώρος που υπάρχει κάτω από τα υπερυψωμένα δάπεδα δίνει την δυνατότητα αναδιάταξης και μετακίνησης των διαφόρων καλωδιώσεων και σωληνώσεων που τροφοδοτούν τις συσκευές, ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις, χωρίς να παρεμβάλλονται στην ελεύθερη επιφάνεια χρήσης του δαπέδου.

Ένα υπερυψωμένο δάπεδο συνήθως αποτελείται από ένα σκελετό με στυλίσκους που ρυθμίζουν το ύψος, πάνω στον οποίο εφαρμόζονται τα πανέλλα του τελικού δαπέδου, σε τυποποιημένες διαστάσεις, που διατίθενται στο εμπόριο από διάφορους κατασκευαστές. Τα πανέλλα αποτελούνται από διάφορα υλικά, μοριοσανίδες, αντεπικολλητή ξυλεία, λαμαρίνα ή άλλα υλικά και η τελική τους επιφάνεια διαμορφώνεται με βινυλικά φύλλα, μοκέτα, formica, ή άλλα υλικά ανάλογα με τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις και τη χρήση του χώρου. Σε χώρους όπου λειτουργούν Η/Υ, επιθυμητό είναι να υπάρχει ηλεκτροστατικό δάπεδο. Τα πανέλλα του δαπέδου ακουμπούν στον σκελετό, χωρίς άλλη στερέωση, ώστε να είναι εύκολη η πρόσβαση στον υποκείμενο χώρο. Οι στυλίσκοι του σκελετού διαθέτουν σύστημα ρύθμισης του ύψους και οριζοντίωσης του δαπέδου, με βίδα στο πάνω ή το κάτω μέρος τους. Οι βάσεις καταλήγουν σε ελάσματα συγκολλημένα επάνω τους, τα οποία αγκυρώνονται στο φέρον δάπεδο. Μια τυπική διάταξη υπερυψωμένου δαπέδου φαίνεται στο σχ. 26.

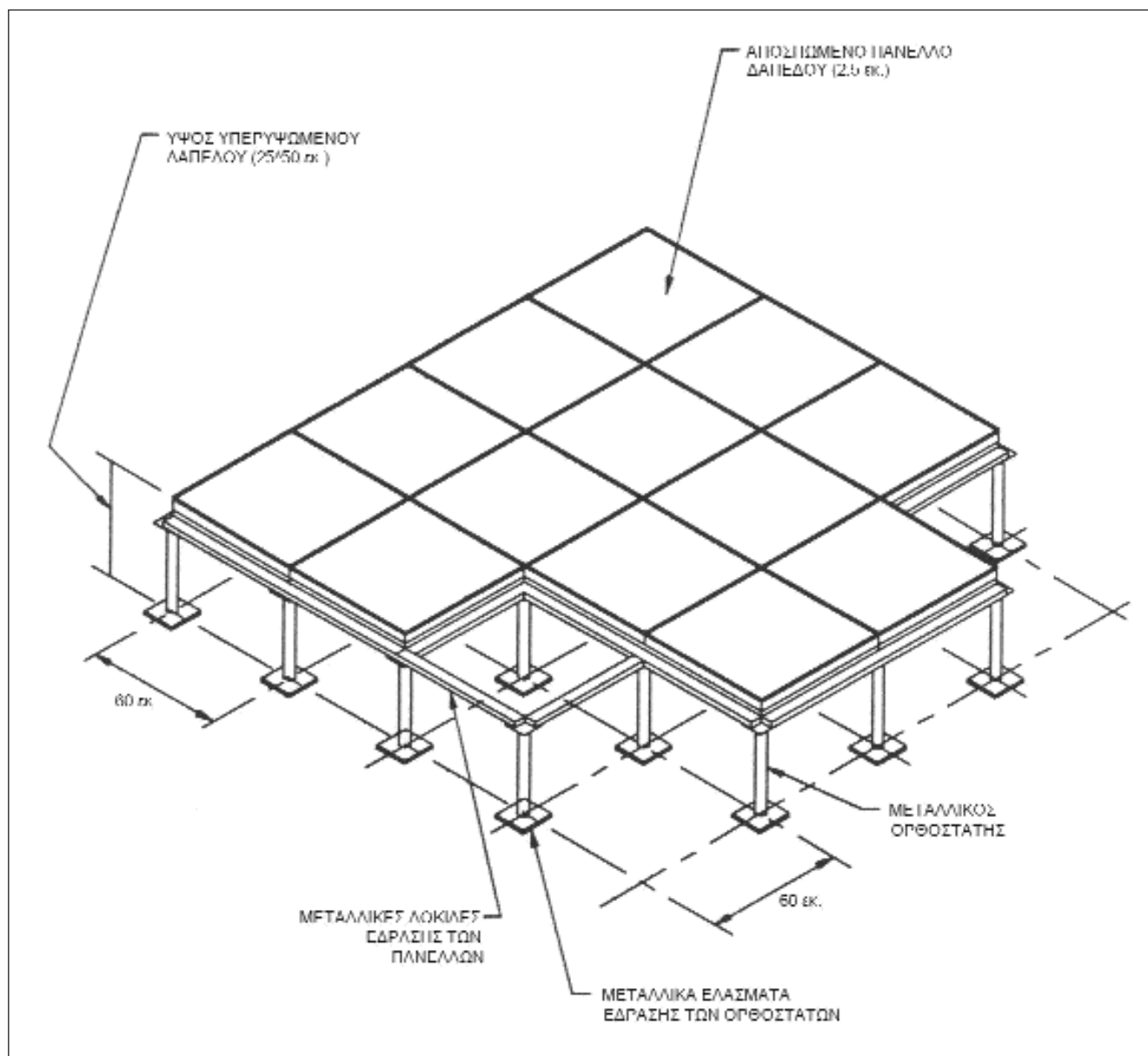
Οι ζημιές στα υπερυψωμένα δάπεδα γενικώς δεν αποτελούν κίνδυνο ζωής σε περίπτωση σεισμού. Υποστηρίζουν όμως ακριβό και απαραίτητο για την βιομηχανία εξοπλισμό, που σε περίπτωση καταστροφής του επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την λειτουργία της, ενώ παράλληλα η αντικατάσταση των κατεστραμμένων μηχανημάτων είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.

Το σύστημα κατασκευής που περιγράφηκε ως συνήθης τρόπος κατασκευής δεν διαθέτει την απαιτούμενη ικανότητα παραλαβής των πλάγιων ωθήσεων του σεισμού και χρειάζεται πρόσθετες ενισχύσεις ή/και ισχυρότερα κατακόρυφα στοιχεία σκελετού.

Ο τρόπος της ενίσχυσης ενός υπερυψωμένου δαπέδου φαίνεται στα σχήματα που ακολουθούν (σχ. 27, 28, 29, 30).

Επειδή το ψευδοδάπεδο κατασκευαστικώς δεν μπορεί να έρχεται σε πλήρη επαφή με τους περιμετρικούς τοίχους, θα πρέπει να προβλέπονται ειδικά ελαστομερή στοιχεία, τα οποία θα το προφυλάσσουν από πρόσκρουση στους τοίχους. Επιθυμητό είναι να βρίσκονται τα εν λόγω ελαστομερή υπό κάποια μόνιμη συμπίεση. Τα εν λόγω ψευδοδάπεδα αποτελούν την βέλτιστη λύση για την τοποθέτηση συστημάτων σεισμικής μόνωσης ή μόνωσης έναντι κραδασμών. Τέτοιου είδους συστήματα απαιτούνται για προστασία από σεισμικές δονήσεις εκθεμάτων μουσείων, χειρουργικών θαλάμων και οπουδήποτε απαιτείται προστασία από δονήσεις (φυσικές ή ανθρωπογενείς). Ένα άλ-

λο παράδειγμα που απαιτείται μόνωση των βιομηχανικών δαπέδων έναντι κραδασμών, είναι η περίπτωση ζυγιστηρίων μηχανών ακριβείας, που ζυγίζουν αυτομάτως πολύ ελαφρά υλικά (π.χ. τσιπς, snacks κ.λπ.) Έτσι, εάν οι μηχανές συσκευασίας βρίσκονται σε ένα πάτωμα το οποίο ταλαντώνεται με ένα εύρος  $50\mu = 0.05\text{ mm}$ , στα  $40\text{ Hz}$ , η αναπτυσσόμενη επιτάχυνση είναι  $0.05 \times 10^{-3} \times (2\pi \times 40)^2 = 3.2\text{ m} \times \text{sec}^{-2} = 0.3g$ . Δηλαδή θα γίνεται ένα σφάλμα  $\pm 30\%$ , με αντίστοιχη ζημιά  $30\%$  του προϊόντος, επομένως για λόγους ασφάλειας θα ρυθμιστούν οι μηχανές να ζυγίζουν  $30\%$  παραπάνω, απ' ό,τι αν δεν υπήρχε ο εν λόγω κραδασμός, ο οποίος είναι αρκετά συνηθής σε βιομηχανικά κτήρια. Το ίδιο συμβαίνει για συστήματα βάσεων, τα οποία λειτουργούν με το σύστημα της ακτινοβολίας σταθερού στόχου κ.λπ.



**Σχήμα 26.** Τυπική διάταξη υπερυψωμένου δαπέδου, χωρίς διαγώνιες ενισχύσεις.



είναι η μετατόπιση των πλακών επιφανείας, λόγω της κατακόρυφης επιτάχυνσης και της πρόσκρουσης του υπερυψωμένου δαπέδου στους πλευρικούς τοίχους, υποστυλώματα ή διαχωριστικά στοιχεία.

Τα υπερυψωμένα δάπεδα χωρίς διαγώνιες ενισχύσεις είναι ιδιαίτερα ευπαθή στα σημεία αγκύρωσής τους στο δάπεδο. Οι διάφορες κόλλες που συχνά χρησιμοποιούνται δεν επαρκούν σε καμία περίπτωση και απαιτείται αγκύρωση στο δάπεδο. Η σύνδεση επίσης των ορθοστατών με τον σκελετό έδρασης των πανέλλων της επιφάνειας είναι ευπαθές σημείο.

Τα υπερυψωμένα δάπεδα μπορούν να ενισχυθούν με διαγώνιες ενισχύσεις από κοιλοδοκούς κυκλικής ή ορθογωνικής μορφής, που συνδέουν το φέρον δάπεδο είτε με την κεφαλή του ορθοστάτη είτε με τις δοκούς του σκελετού. Μικρής διατομής διαγώνιες ενισχύσεις που μπορεί να υποστούν λυγισμό ή που είναι ικανές να παραλάβουν εφελκυστικές δυνάμεις μόνο, όπως οι λάμες ή τα συρματόσχοινα, δεν είναι αποτελεσματικές. Σε κάθε περίπτωση, ο καλός σχεδιασμός των ενισχύσεων είναι κρίσιμος για την αποτελεσματική σεισμική συμπεριφορά.

### 3.3.1.2 –4 Ανελκυστήρες

Υπάρχουν διαφόρων ειδών ανελκυστήρες, τόσο από την άποψη του συστήματος λειτουργίας τους, όσο και από την άποψη του προορισμού τους.

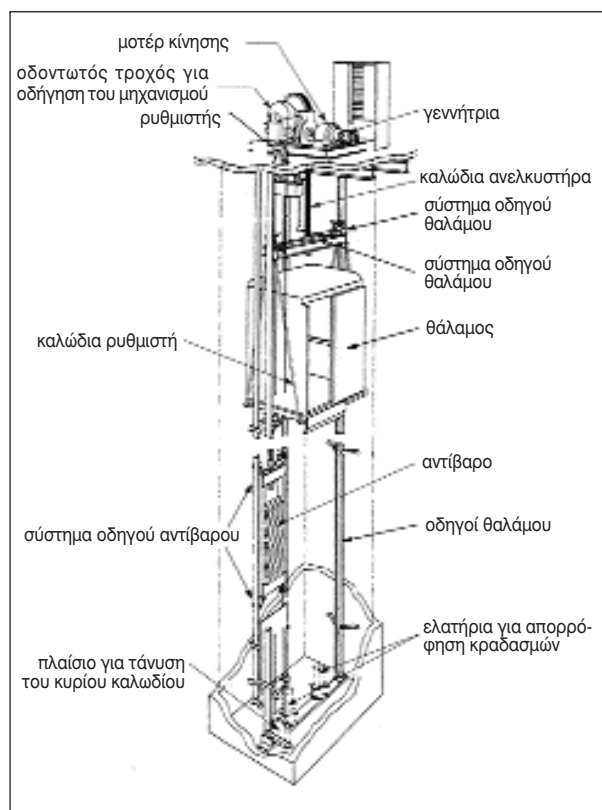
Από άποψη συστήματος, δύο είδη είναι τα πλέον διαδεδομένα, και τα δύο διαθέτουν ένα θάλαμο μονό ή διπλό, κινούμενο σε κατακόρυφους οδηγούς. Στο ένα σύστημα, η κίνηση γίνεται με ηλεκτροκινητήρα, βαρούλκα, συρματόσχοινα και αντίβαρα (μηχανικοί ανελκυστήρες). Στο άλλο σύστημα η κίνηση γίνεται με πρέσα λαδιού και τηλεσκοπικούς γρούλους (υδραυλικοί ανελκυστήρες).

Από την άποψη του προορισμού τους υπάρχουν ανελκυστήρες για άτομα, αυτοκίνητα και για διάφορα υλικά.

Κατά την διάρκεια ενός σεισμού οι μηχανικοί ανελκυστήρες παθαίνουν περισσότερες βλάβες απ' ό- τι οι υδραυλικοί. Βλάβες μπορεί να εμφανιστούν στα ελατήρια, στα ηλεκτρικά καλώδια, στα συρματόσχοινα, στα αντίβαρα (που συνήθως βγαίνουν από τους οδηγούς τους και χτυπούν δεξιά-αριστερά σαν ελεύθερες μάζες στον χώρο) στους ηλεκτρικούς κινητήρες, στις πόρτες και στα φρεάτια, στους οδηγούς του αντίβαρου και του θαλάμου κ.α.

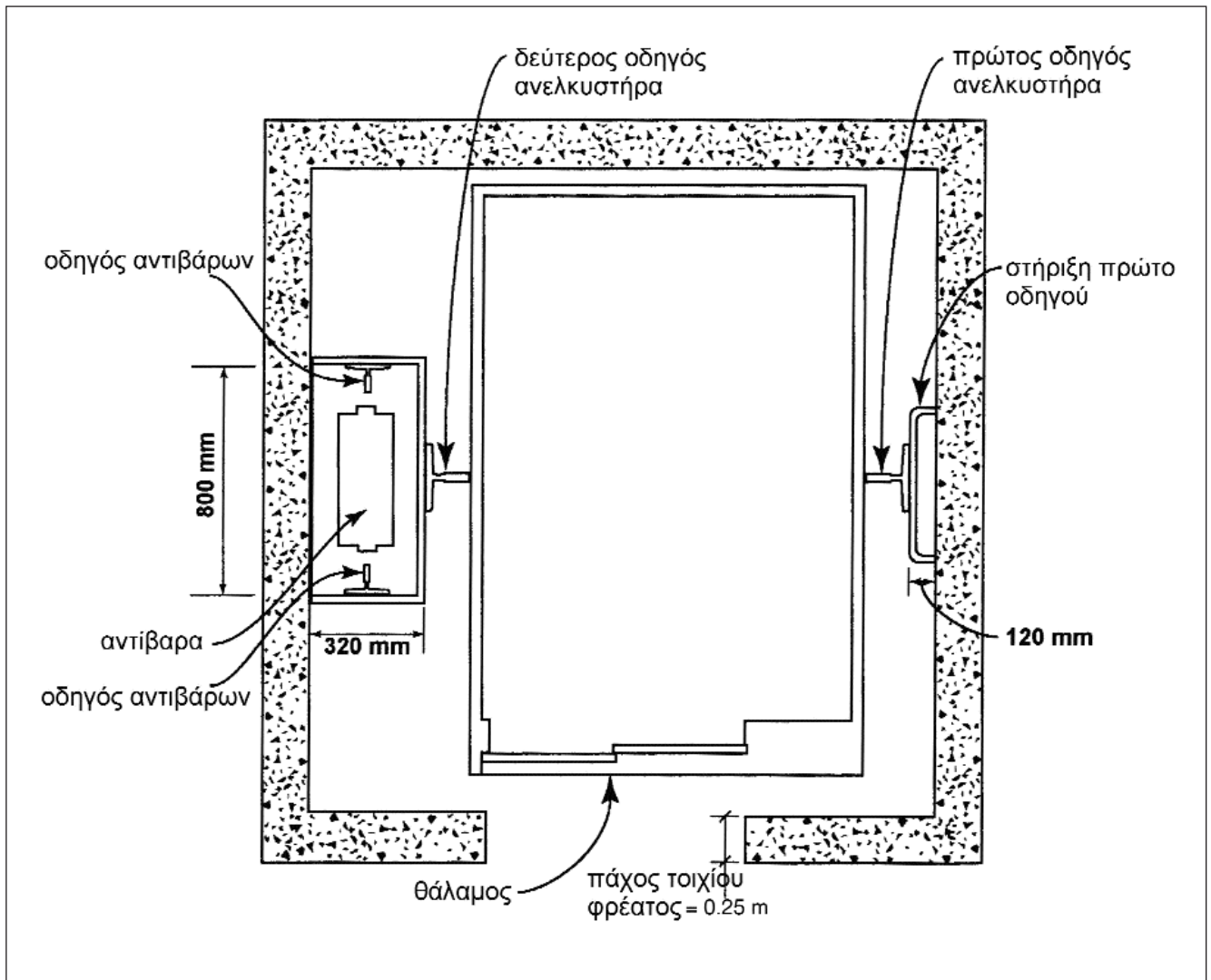
Το δεύτερο σύστημα, οι υδραυλικοί δηλαδή ανελκυστήρες, είναι λιγότερο ευαίσθητο σε περίπτωση σεισμού, μάλιστα δε, ακόμη και σε ενδεχόμενη διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος λόγω του σεισμού, μπορεί ο θάλαμος να οδηγηθεί, χωρίς πολλές διαδικασίες στην πόρτα του αμέσως παρακάτω ορόφου.

Στα σχ. 31 και 32 που ακολουθούν εικονίζεται μια τυπική διάταξη ανελκυστήρα με αντίβαρο.



**Σχήμα 31.** Τύπος μηχανικού ανελκυστήρα με την κίνηση επάνω (λειτουργεί με το σύστημα του αντίβαρου).





Σχήμα 32. Κάτοψη μιας τυπικής διάταξης μηχανικού ανελκυστήρα αντίβαρων.

Μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την αντιμετώπιση προβλημάτων λόγω σεισμού στα διάφορα μέρη των ανελκυστήρων.

#### • Αντίβαρο και οδηγοί

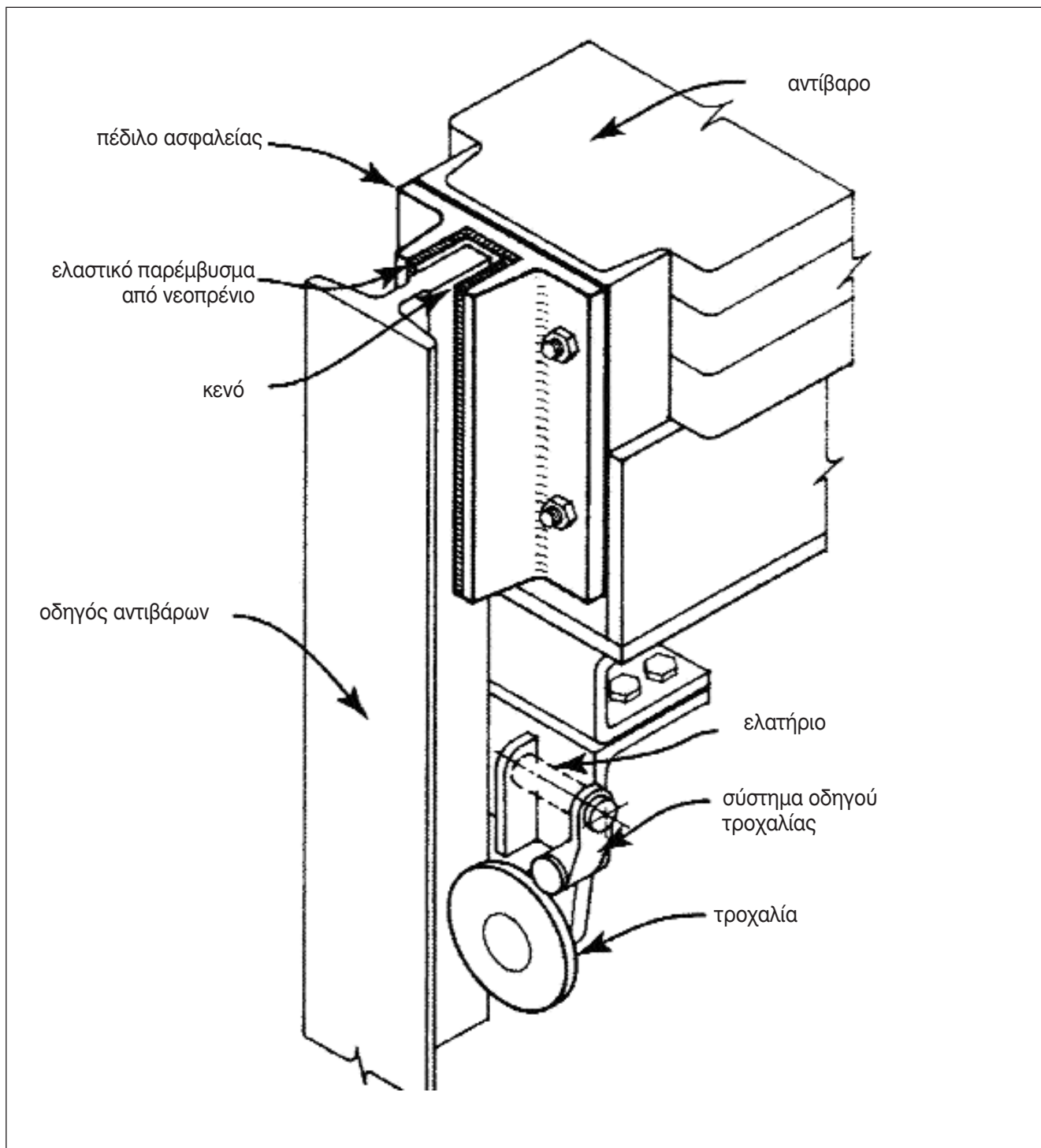
– Θα πρέπει να ενισχυθούν οι οδηγοί και να προστεθεί σύστημα ασφαλείας στα αντίβαρα, το οποίο να μπορεί να παραλαμβάνει τις οριζόντιες δυνάμεις που δημιουργούνται από το σεισμό.

– Ανάλογα με τη λειτουργία του ανελκυστήρα και την ανάγκη να βρίσκεται αυτός σε λειτουργία κατά την διάρκεια και αμέσως μετά τον σεισμό, θα πρέπει να προβλέπεται ανεξάρτητη φέρουσα κατασκευή για τους οδηγούς του θαλάμου και του αντίβαρου. Η φέρουσα αυτή κατασκευή θα πρέπει να συνδέεται ελαστικά με το φρεάτιο του ανελκυστήρα, χωρίς να πακτώνεται σ' αυτό, ώστε κάποια σχετικά μικρή βλάβη του φρεατίου, να μην επηρεάζει τους οδηγούς, οι οποίοι θα πρέπει να παραμένουν κατακόρυφοι και ευθύγραμμοι.

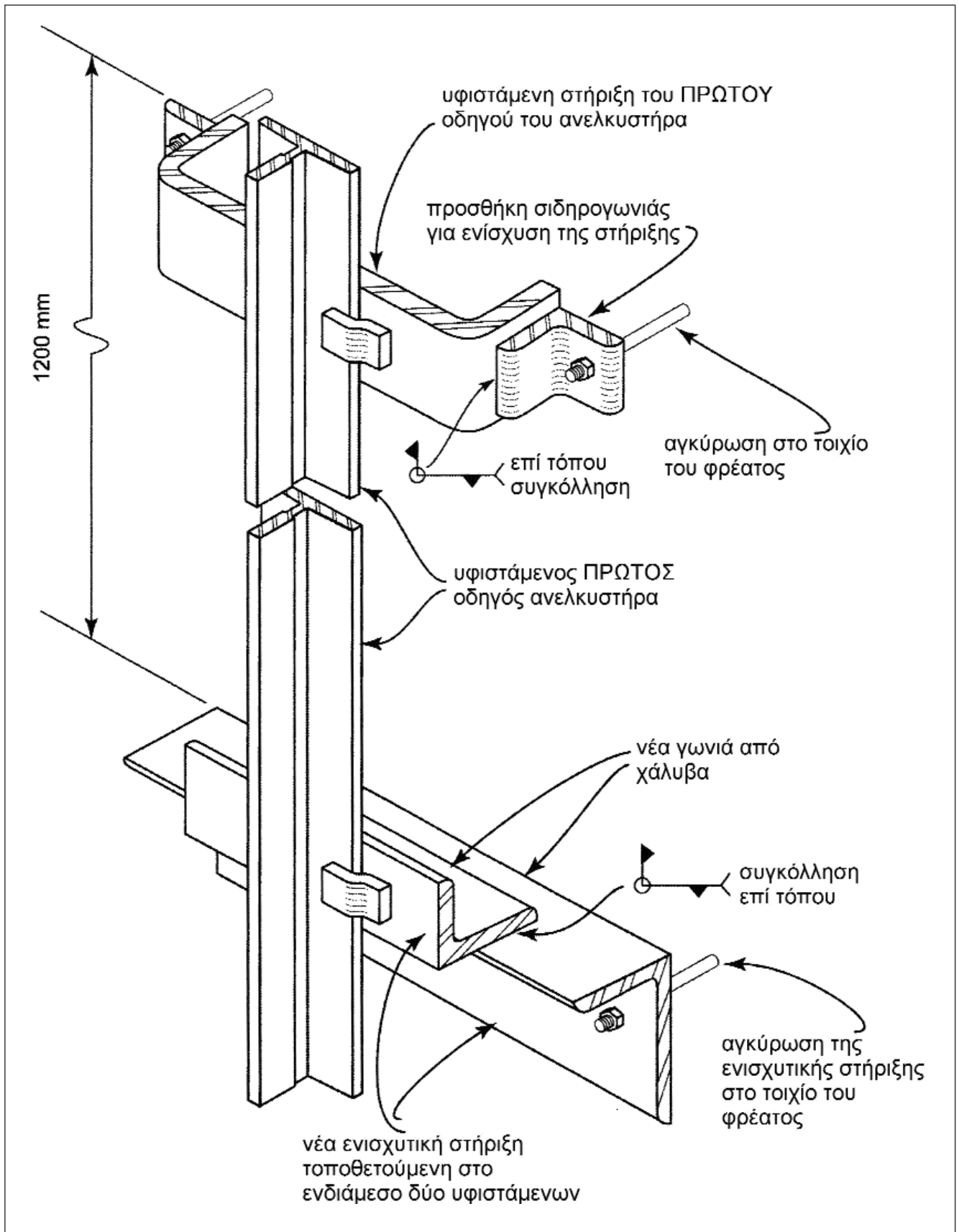
– Θα πρέπει να τοποθετηθούν διακόπτες, οι οποίοι τίθενται σε λειτουργία αυτομάτως με τη σει-

σμική δόνηση. Αυτοί οι διακόπτες σταματούν τον ανελκυστήρα και τον οδηγούν αμέσως στον κοντινότερο όροφο. Επίσης, μπλοκάρουν το σύστημα λειτουργίας, ώστε να μην μπορεί να λειτουργήσει αμέσως.

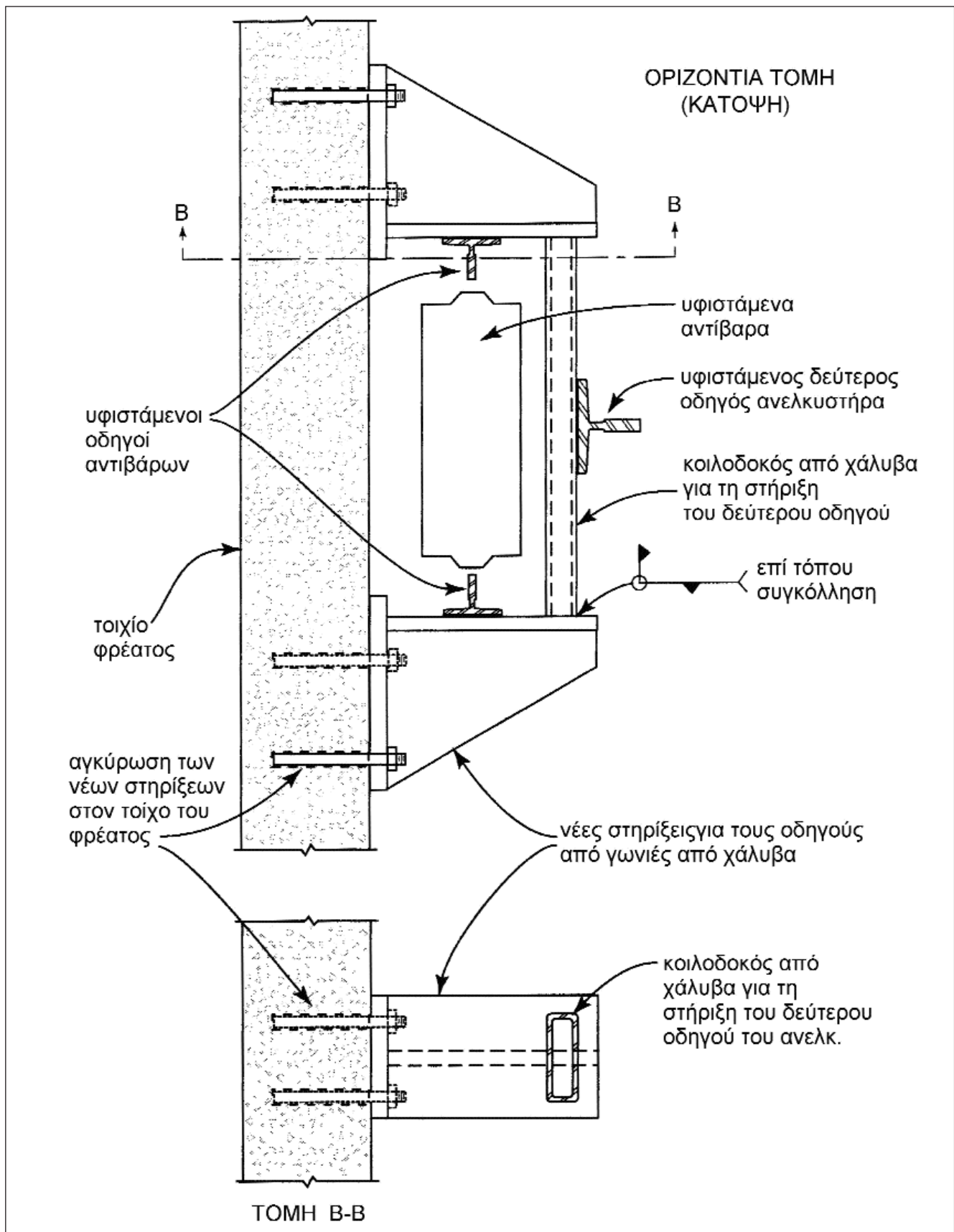
Πιο σωστή λύση στο πρόβλημα των αντίβαρων είναι, να τοποθετηθούν διακόπτες στους οδηγούς, οι οποίοι να σταματούν τον θάλαμο τη στιγμή που τα αντίβαρα εκτροχιάζονται.



Σχήμα 33. Προτεινόμενη πέδηση ασφαλείας για τα αντίβαρα.



Σχήμα 34. Προτεινόμενος τρόπος ενίσχυσης του πρώτου οδηγού του ανελκυστήρα.



Σχήμα 35. Προτεινόμενος τρόπος ενίσχυσης των οδηγών των αντιβάρων και του ΔΕΥΤΕΡΟΥ οδηγού του ανελκυστήρα.



- **Καλώδια και φρεάτιο ανελκυστήρα**

Κατά τη διάρκεια του σεισμού, το κτήριο ταλαντώνεται, τα καλώδια τινάζονται και μπερδεύονται μέσα στο φρεάτιο προκαλώντας δευτερογενείς βλάβες.

- Το φρεάτιο πρέπει να έχει επίπεδες και κατακόρυφες εσωτερικές παρειές.
- Η κατασκευή των φρεατίων θα πρέπει να γίνεται με τη χρήση ομοιόμορφων υλικών και συνδέσμων που να παρουσιάζουν υψηλή αντοχή και ακαμψία. Οι σκελετοί των θυρών που υπάρχουν στο φρεάτιο του ανελκυστήρα, πρέπει να είναι ισχυροί και άκαμπτοι. Κάθε μη φέρον υλικό και κατασκευή από όροφο σε όροφο, θα πρέπει να είναι συμβατή με τις αναμενόμενες μέγιστες μετακινήσεις μεταξύ των ορόφων (που αρκετές φορές, είναι μεγαλύτερες από τις υπολογιζόμενες).
- Πρέπει να γίνεται τέτοια κατασκευή, ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο η χρήση ελεύθερων καλωδίων στο φρεάτιο.

### 3.3.2 Εξοπλισμός και επίπλωση

#### 3.3.2.1 Εξοπλισμός γραφειακών χώρων

Εκτός από τον μηχανολογικό εξοπλισμό και τα μηχανήματα παραγωγής, μια βιομηχανία διαθέτει συνήθως χώρους γραφειακούς και χώρους διοίκησης, με τον συνήθη γραφειακό εξοπλισμό, δηλ. γραφεία, καθίσματα, συρταριέρες, αρχειοθήκες, βιβλιοθήκες, ντουλάπια, μηχανές γραφείων κ.λπ. Οι ζημιές που μπορεί να προκαλέσει ο σεισμός στον εξοπλισμό αυτό αν δεν ληφθούν μέτρα αντισεισμικής προστασίας μπορεί να αποτελεί μεγάλη οικονομική απώλεια, μπορεί όμως ακόμα να προκαλέσει μεγάλη αναστάτωση στην λειτουργία της επιχείρησης. Για παράδειγμα, ο διασκορπισμός ή η καταστροφή αρχειοθηκών ή ηλεκτρονικών αρχείων ή η καταστροφή των ηλεκτρονικών γραφειακών μηχανών, εκτός του κόστους αντικατάστασής τους, μπορεί να αναστείλει την ομαλή λειτουργία της επιχείρησης επί μακρόν. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί αυτές οι ζημιές να απειλήσουν ακόμη και ζωές, αν π.χ. ανατραπεί ένα ογκώδες ή μεγάλου ύψους στοιχείο εξοπλισμού, ή αν παγιδευτούν διέξοδοι διαφυγής από μετακινήσεις στοιχείων επίπλωσης ή περιεχομένων των ερμαρίων.

Ευτυχώς, με σχετικώς απλά και χαμηλού κόστους μέτρα, μπορεί να προστατευθεί ο εξοπλισμός αυτός, αρκεί κατά την τοποθέτηση και την στερέωσή του να έχει κανείς υπόψη το ενδεχόμενο ενός ισχυρού σεισμού.

Μερικά σημεία που θα πρέπει να προσεχθούν είναι τα εξής:

- Τα μόνιμα έπιπλα καλό είναι να στερεώνονται σε φέροντα στοιχεία και όχι σε δευτερεύοντα στοιχεία. Εφόσον δεν είναι δυνατή η στερέωση των επίπλων αυτών απ' ευθείας στον σκελετό, θα πρέπει η κατασκευή που μεσολαβεί να μπορεί να παραλάβει τα αναπτυσσόμενα φορτία.
- Όσο πιο δύσκαμπτος είναι ο εξοπλισμός, τόσο καλύτερα από άποψη σεισμικής συμπεριφοράς. Στην περίπτωση όμως που πακτώνεται και στην οροφή, θα πρέπει οι στηρίξεις να έχουν την απαιτούμενη ικανότητα να παραμορφωθούν για να αναλάβουν τις σχετικές παραμορφώσεις του ορόφου και του εξοπλισμού.
- Ο πιο ουσιώδης, ο πιο επικίνδυνος και ο πιο ακριβός εξοπλισμός, είναι προτιμότερο, να τοπο-

θετείται στους χαμηλότερους ορόφους του κτηρίου, όπου οι κίνδυνοι λόγω ταλάντωσης είναι μικρότεροι.

- Όταν ένα στοιχείο του εξοπλισμού πρόκειται να πακτωθεί σε μία από τις επιφάνειες ενός χώρου, η καλύτερη θέση είναι αυτή που βρίσκεται κατά το δυνατόν χαμηλότερα και συνδέεται πιο άκαμπτα με τον φέροντα οργανισμό του κτηρίου. Επομένως, η πιο κατάλληλη θέση είναι το πάτωμα.
- Βαρύς εξοπλισμός, ράφια, ντουλάπες, έπιπλα ή και άλλα είδη εξοπλισμού που δεν έχουν ισχυρό σκελετό, πρέπει να αγκυρώνονται και στην βάση και στην κορυφή.

Ειδικά τα μόνιμα ερμάρια ή οι προθήκες παθαίνουν βλάβες είτε λόγω εσωτερικής έντασης είτε επειδή δεν είναι καλά πακτωμένες στον φέροντα οργανισμό του κτηρίου και πολλές φορές ανατρέπονται. Γι' αυτό πρέπει:

- α) Να μελετώνται με σεισμικό συντελεστή -κυρίως σε ανατροπή- μεγαλύτερο από 0.2 (εξαρτάται βέβαια και από την θέση τους στο κτήριο).
  - β) Να υπολογίζονται ώστε να μπορούν να αναλάβουν και τα οριζόντια και τα κατακόρυφα φορτία.
  - γ) Αυτά που είναι παράλληλα στους τοίχους, να πακτώνονται και στους τοίχους για να αποφεύγονται συγκρούσεις με αυτούς.
  - δ) Να σφηνώνονται στο επάνω μέρος τους στην οροφή.
  - ε) Να λαμβάνεται ειδική μέριμνα για την στερέωση τόσο των ίδιων των ραφιών, όσο και των υλικών ή αντικειμένων που βρίσκονται πάνω σ' αυτά.
- στ) Μικρά επικίνδυνα εργαλεία είναι προτιμότερο να μη φυλάσσονται σε ανοικτά ράφια, απ' όπου μπορεί να πέσουν ή να ανακατευτούν με άλλα, αλλά μέσα σε κλειστές ειδικές θήκες.
- ζ) Τα ράφια, καλόν είναι στις ελεύθερες πλευρές τους να έχουν κάποιο προστατευτικό, που να εμποδίζει τα αντικείμενα που μπορεί να μετακινηθούν λόγω του σεισμού, από το να πέσουν. Αυτό είναι ακόμα πιο απαραίτητο όταν πρόκειται για ράφια στα οποία φυλάσσονται φαρμακευτικά υλικά, εργαστηριακά είδη κ.λπ.
- η) Τα ντουλάπια και οι συρταριέρες πρέπει να φέρουν κλειδαριά ή άγκιστρο ασφάλισης, ώστε να αποφεύγεται ο διασκορπισμός του περιεχομένου τους όταν τα φύλλα ή τα συρτάρια ανοίξουν λόγω του σεισμού.
- θ) Οι μηχανές των γραφείων, οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών, μηχανήματα fax, εκτυπωτές κ.λπ. πρέπει να στερεώνονται στις επιφάνειες των γραφείων με τρόπο που να επιτρέπει την περιορισμένη κίνησή τους που είναι απαραίτητη για χρηστικούς λόγους, εμποδίζοντάς τις παράλληλα από το να πέσουν από την επιφάνεια του γραφείου.
- ι) Όπου είναι δυνατόν, μικρότερες μονάδες επίπλωσης να συνδέονται μεταξύ τους σε μεγαλύτερες ενότητες με μεγαλύτερη μάζα.

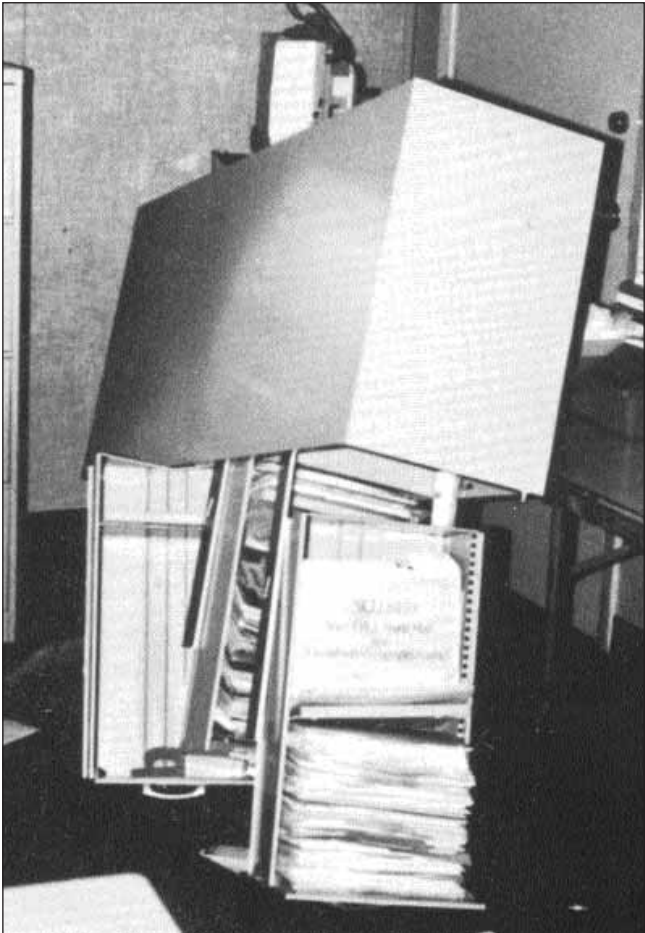
Μερικοί ενδεικτικοί τρόποι στερέωσης αντικειμένων, ανάλογα με το είδος τους, το μέγεθός τους, το βάρος τους, την αξία τους κ.α. φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν.

Γενικά:

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε στοιχείου, επιφάνεια έδρασης, ύψος, κέντρο βάρους και ανάλογα να επιλέγεται ο τρόπος στερέωσης. Κατά την τοποθέτηση ειδών σε ράφια ή ερμάρια να ακολουθείται η αρχή, τα βαρύτερα είδη να το-

ποθετούνται σε χαμηλότερα ράφια, τα αντιδρώντα μεταξύ τους υλικά να διαχωρίζονται, τα εύθραυστα να προστατεύονται ειδικώς.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται, διάφορες ζημιές που μπορεί να προκαλέσει ο σεισμός στα στοιχεία επίπλωσης και εξοπλισμού και τρόποι στερέωσης των πάσης φύσεως εξοπλισμών ενός γραφειακού χώρου.



**Σχήμα 36.** Ανατροπή αρχειοθήκης και διασκορπισμός περιεχομένου ραφιών.



**Σχήμα 37.** Πτώση συσκευών από επιφάνειες εργασίας, με συνέπεια να καταστραφούν.

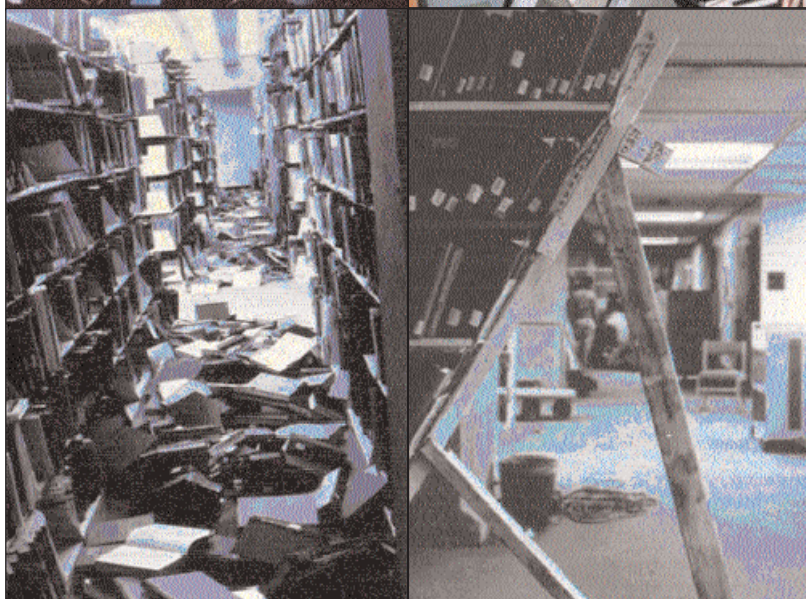




**Σχήμα 38.** Πτώση βιβλιοθήκης πάνω σε κάθισμα. Κίνδυνος τραυματισμού.

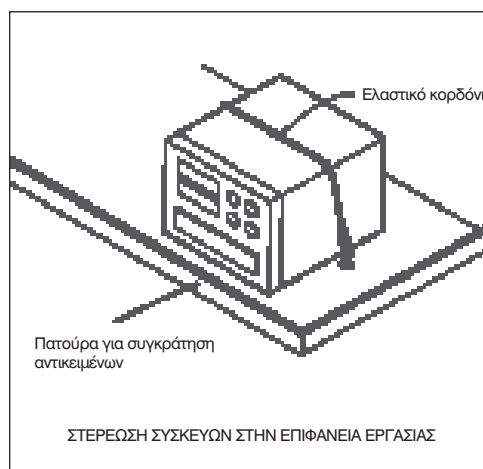


**Σχήμα 39.** Πτώση βιβλιοθήκης. Κίνδυνος τραυματισμού, αποκλεισμός διεξόδου.

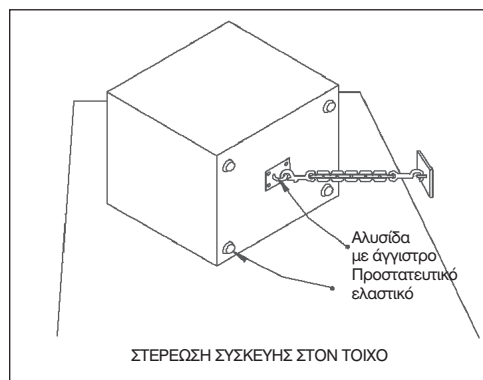


**Σχήμα 40.** Ζημιές σε χώρους αρχείων.

**Προτεινόμενοι τρόποι στερέωσης**

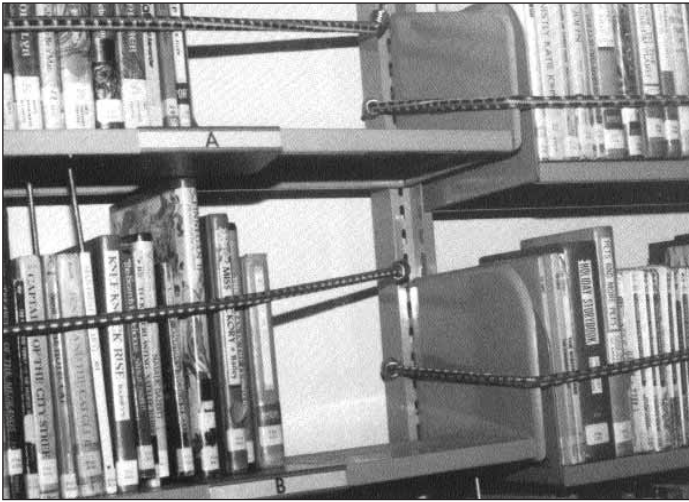


**Σχήμα 41.** Τρόποι ασφαλούς στερέωσης συταροθηκών και μηχανών γραφείου.



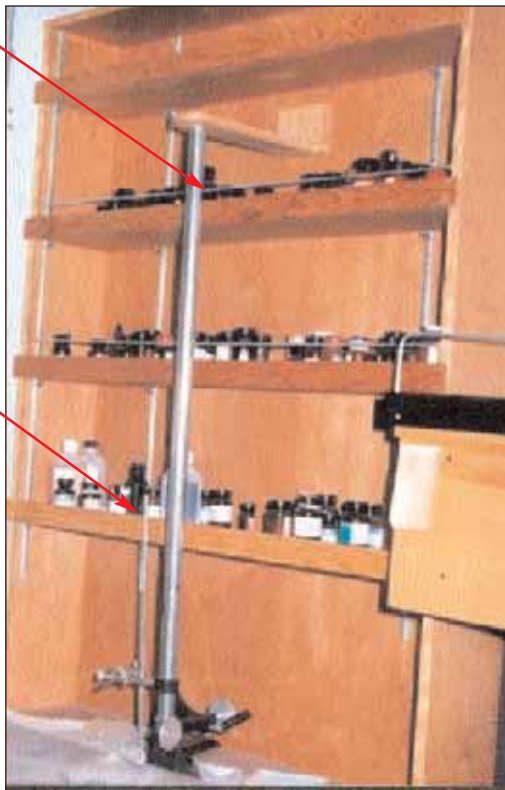
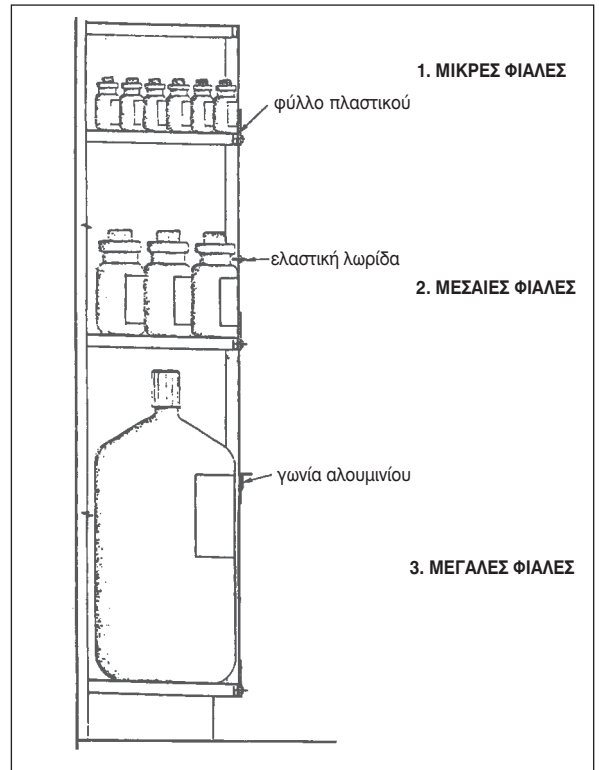
**Σχήμα 42.** Τρόπος ασφαλούς στερέωσης συσκευής, με περιορισμένη δυνατότητα μετακίνησης.



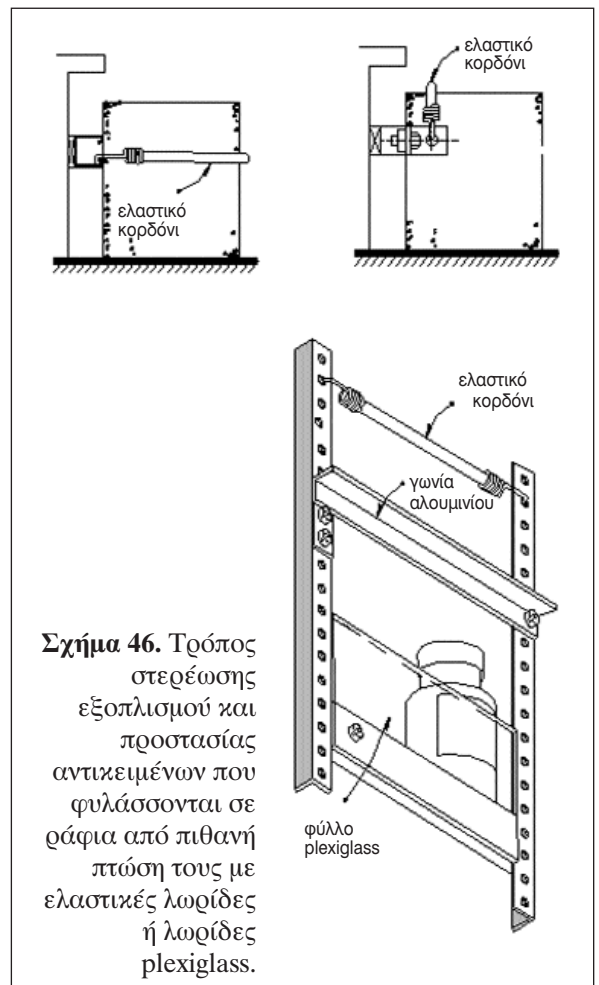


**Σχήμα 43.** Στερέωση βιβλίων σε ράφια με ελαστικό κορδόνι.  
Φωτ: J. Meehan

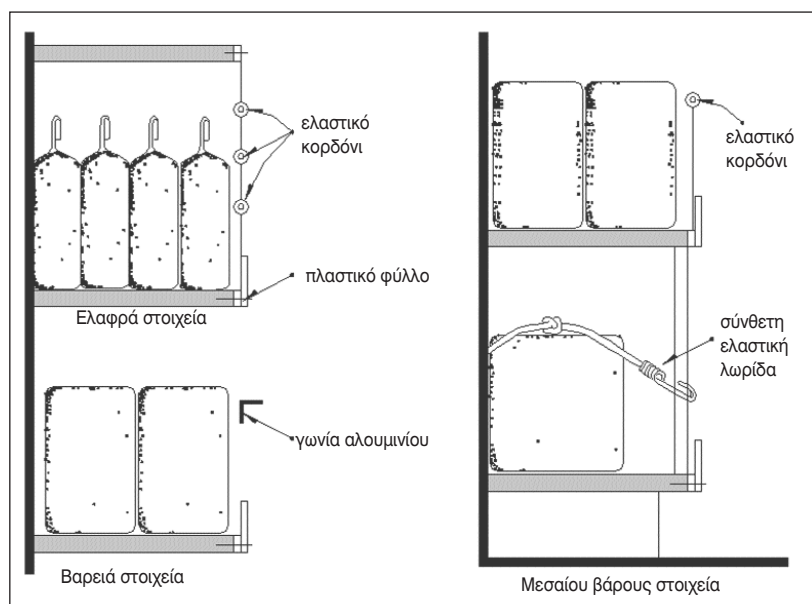
**Σχήμα 45.** Τρόποι στερέωσης φιαλών σε ράφια, ανάλογα με το μέγεθός τους, ώστε να ελαττωθεί ο κίνδυνος να πάθουν πρωτογενή ζημιά κατά την διάρκεια του σεισμού.



**Σχήμα 44.** Στερέωση περιεχομένου ραφιών με μεταλλική ράβδο συγκράτησης και πατούρα.



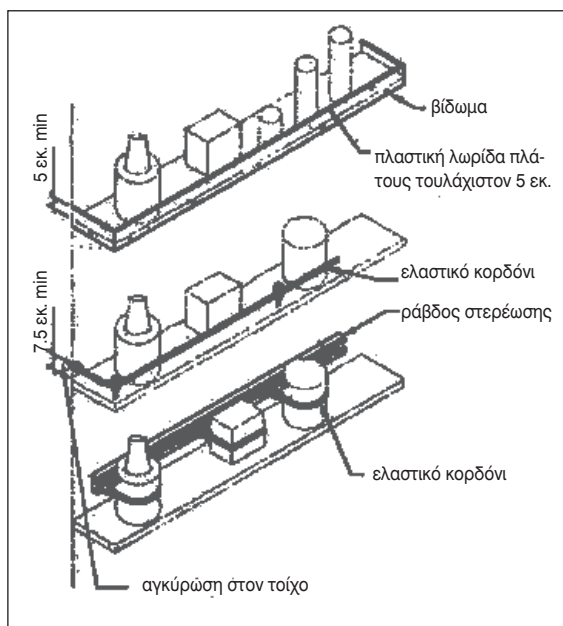
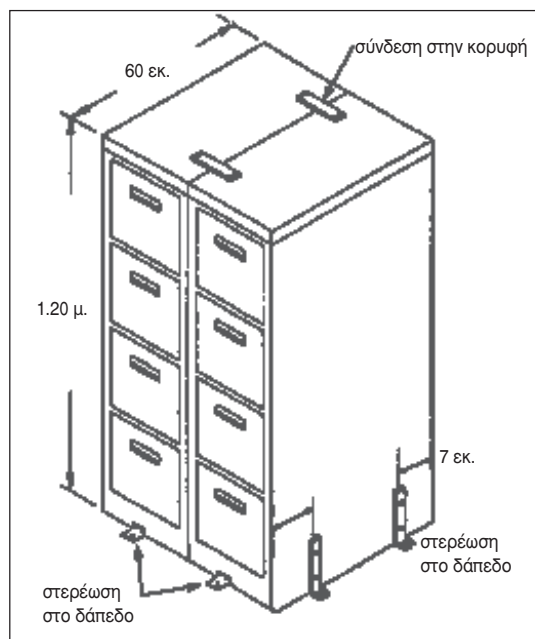
**Σχήμα 46.** Τρόπος στερέωσης εξοπλισμού και προστασίας αντικειμένων που φυλάσσονται σε ράφια από πιθανή πτώση τους με ελαστικές λωρίδες ή λωρίδες plexiglass.



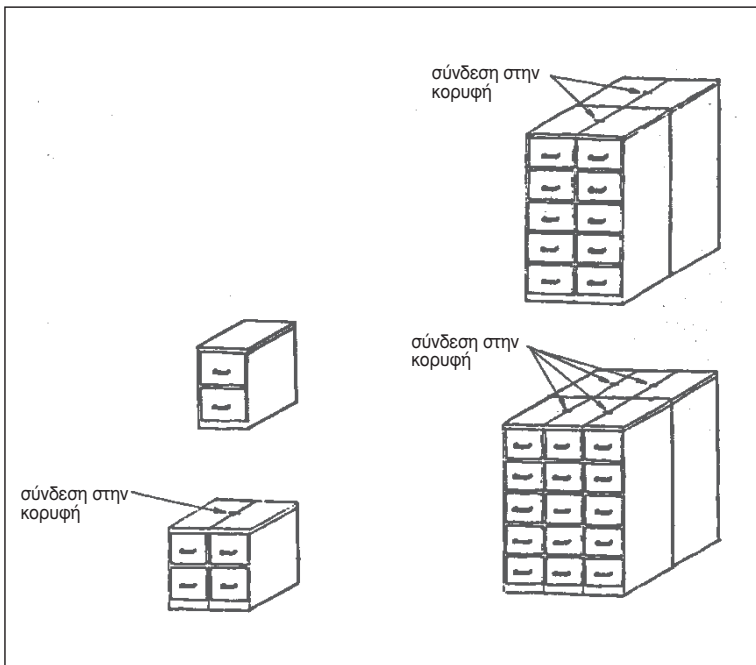
**Σχήμα 47.** Τρόπος στερέωσης αντικειμένων που φυλάσσονται σε ράφια, ανάλογα με το βάρος τους, ώστε να ελαττωθεί ο κίνδυνος να πάθουν πρωτογενή ζημιά κατά την διάρκεια του σεισμού.

**Σχήμα 48.** Διάφοροι τρόποι προστασίας αντικειμένων σε ράφια.

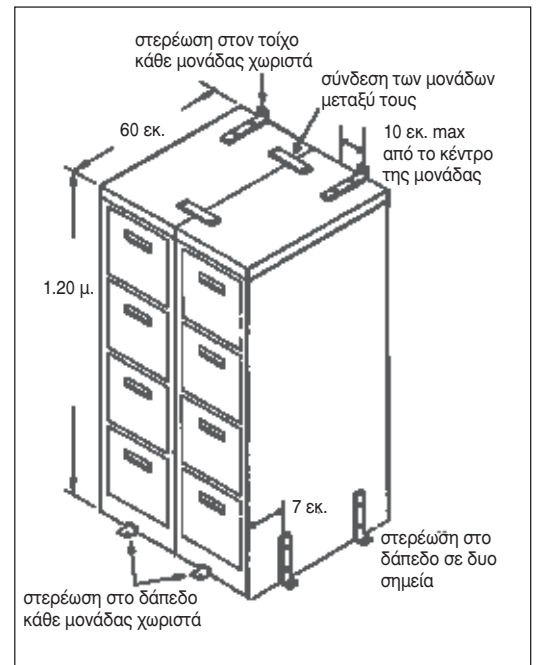
Στα σχήματα που ακολουθούν προτείνονται διάφοροι εναλλακτικοί τρόποι για την στερέωση εξοπλισμού γραφειακών χώρων. Όπου είναι δυνατόν, καλόν είναι οι μονάδες αρχειοθηκών ή άλλων στοιχείων με όμοιες διαστάσεις, να συνδέονται μεταξύ τους, σε μεγαλύτερες ενότητες, ώστε να αυξάνει η μάζα τους και η επιφάνεια έδρασης.



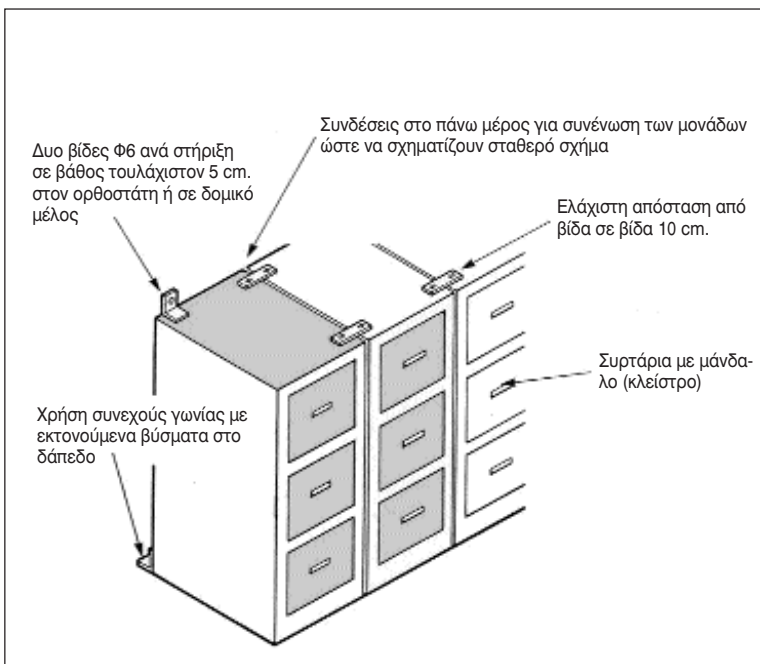
**Σχήμα 49.** Στήριξη αρχειοθηκών ή ντουλαπιών που είναι ελεύθερα στο χώρο.



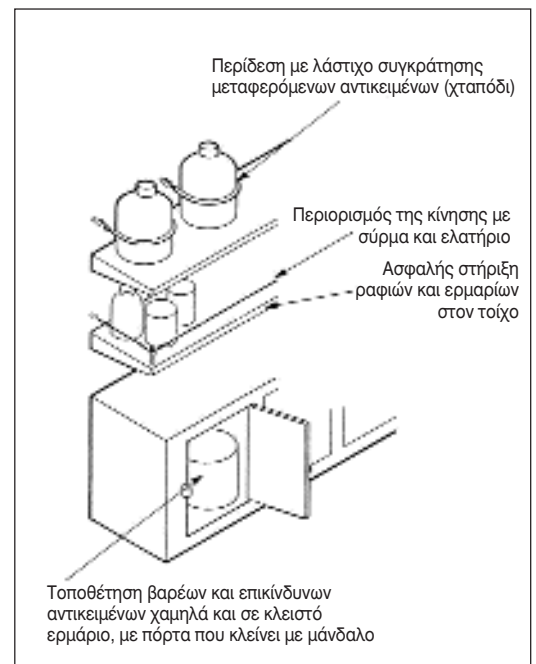
**Σχήμα 50.** Σχηματική παράσταση για στήριξη αρχειοθηκών μεταξύ τους χωρίς στηρίγματα στον τοίχο ή στο πάτωμα.



**Σχήμα 51.** Στερέωση αρχειοθηκών ή ντουλαπιών στον τοίχο και το δάπεδο.

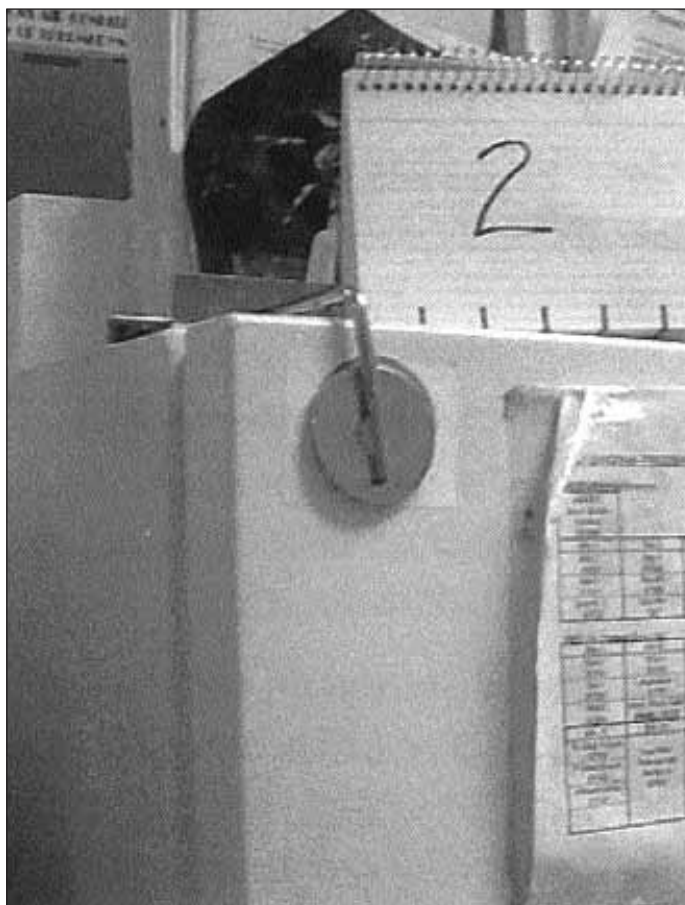


**Σχήμα 52.** Ερμάρια, συρταροθήκες, έπιπλα, βιβλιοθήκες συνδεόμενες στο πάνω μέρος και στηριζόμενες στη βάση και τις πλευρές με την φέρουσα κατασκευή.



**Σχήμα 53.** Περιδέσεις ασφαλείας για εύθραυστα αντικείμενα σε ράφια, εύφλεκτα υγρά, τοξικά, χημικά, ραδιενεργά κ.λπ.

**Σχήμα 54.**  
Ασφάλιση της πόρτας του ψυγείου με μάνταλο.



### Εξοπλισμοί πάγκων εργασίας

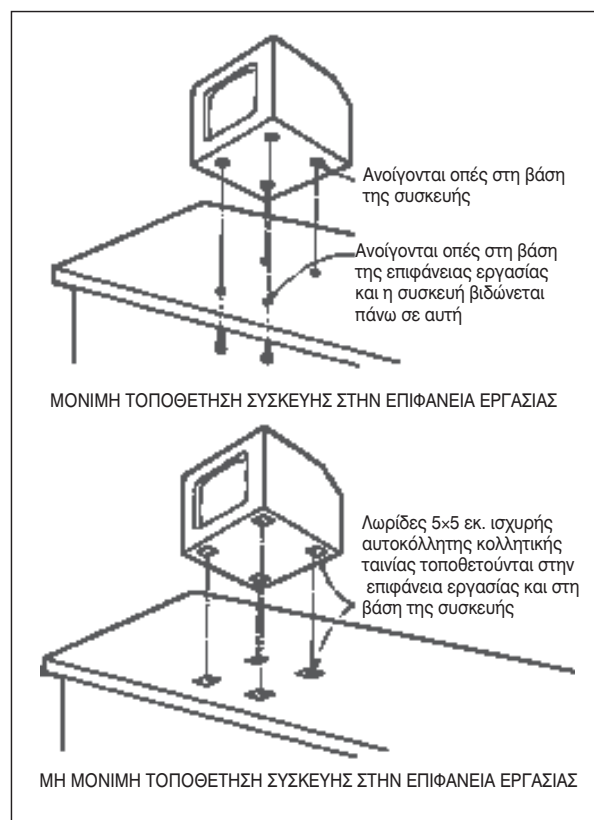
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οθόνες και παρόμοια στοιχεία γραφειακού εξοπλισμού, συνήθως κατά τον σεισμό μετατοπίζονται μπροσπίσω και τελικά πέφτουν εκτός της επιφάνειας εργασίας.

Απλές μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν, ώστε να συγκρατηθούν στην θέση τους, με αυτοκόλλητες ταινίες, κλιπς, ελαστικά κορδόνια, αλυσίδες ή άλλες μεθόδους, ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε συσκευής για περιορισμένη μετακίνηση για λειτουργικούς λόγους. Πλήθος τέτοιων συστημάτων στερέωσης διατίθεται στο εμπόριο ή μπορεί να αποτελούν αυτοκατασκευές.

Θα πρέπει όμως να προσεχθεί ο τρόπος και οι θέσεις που αυτά τα συστήματα εφαρμόζονται πάνω στον εξοπλισμό.

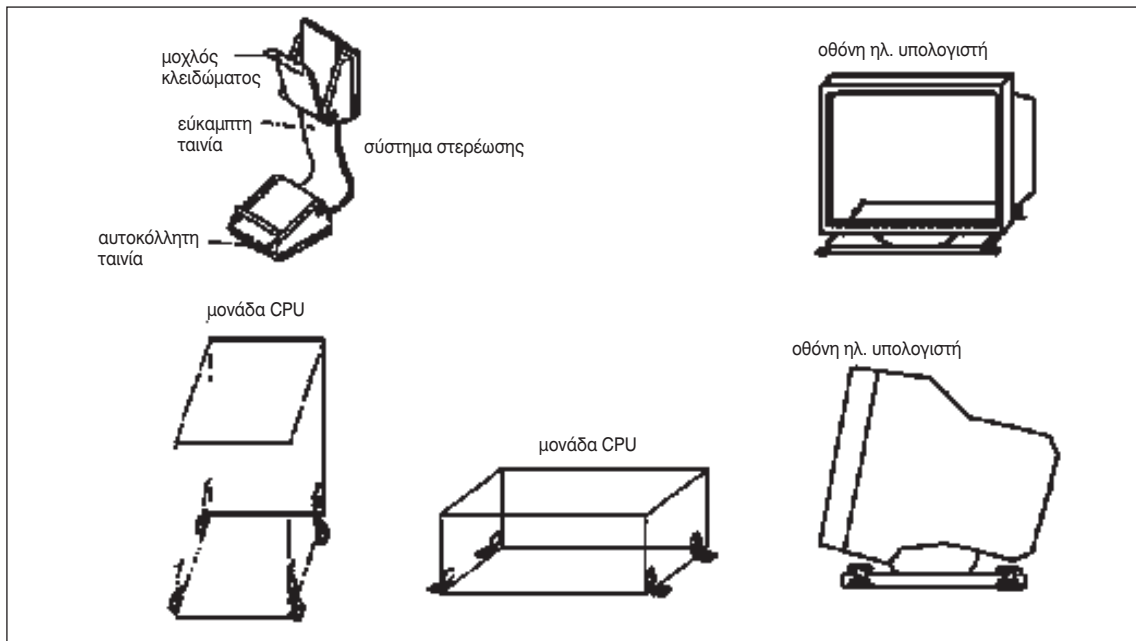
### Στερέωση ηλεκτρονικών συσκευών (monitors)

Κατά την στερέωση των ηλεκτρονικών οθονών ή ομοίου μεγέθους συσκευών και των μονάδων ηλεκτρονικών υπολογιστών (CPU), θα πρέπει να δίνεται προσοχή στα σημεία στήριξης. Διατίθενται στο εμπόριο διάφορα συστήματα στερέωσης, που ασφαλίζουν τις συσκευές χωρίς να χρειαστεί να ανοιχθούν οπές πάνω στο σώμα τους. Οι μικροί εξοπλισμοί μπορούν να στερεώνονται στις επιφάνειες εργασίας με αυτοκόλλητες ταινίες ή κλιπς. Οι σωστές θέσεις εφαρμογής φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν.

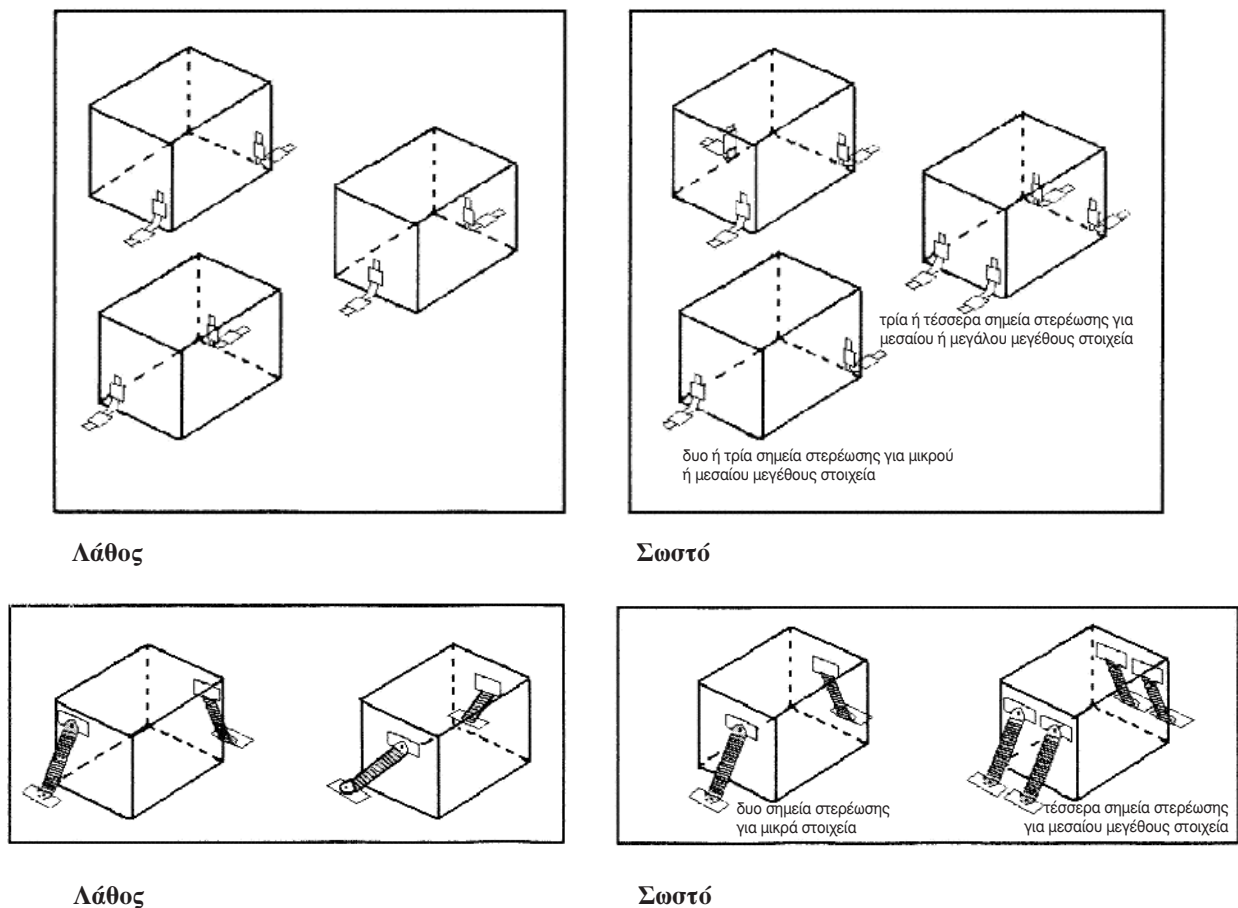


**Σχήμα 55.**

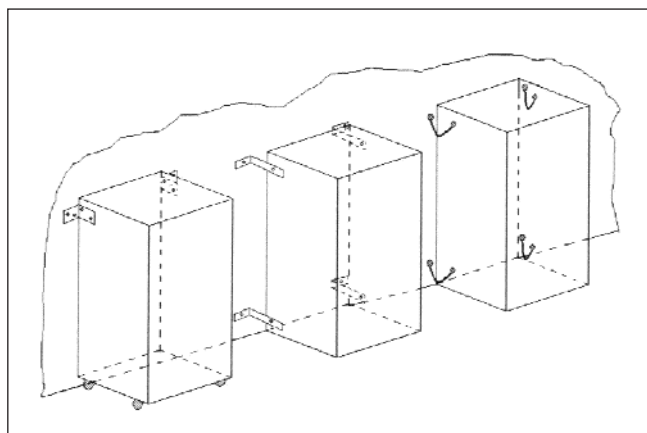




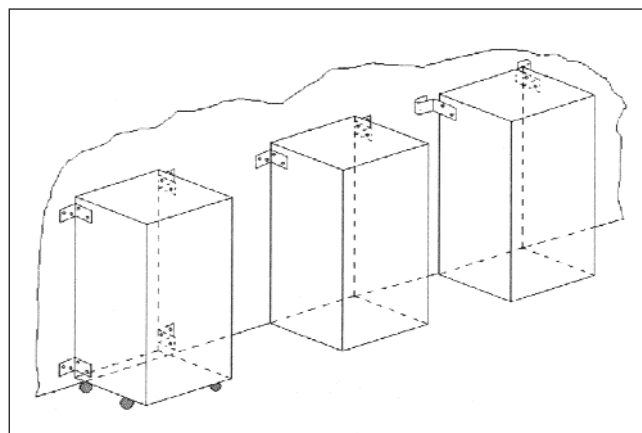
**Σχήμα 56.** Στερέωση με ειδικά κλιπς. Τέσσερα σημεία στερέωσης είναι αρκετά για οθόνες και μονάδες CPU.



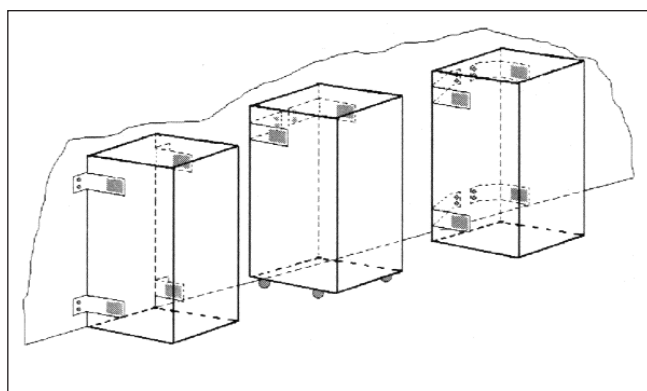
**Σχήμα 57.** Στα σχήματα φαίνονται σωστοί και λάθος τρόποι στερέωσης ηλεκτρονικών συσκευών στους πάγκους εργασίας με ειδικές ταινίες ασφάλισης.



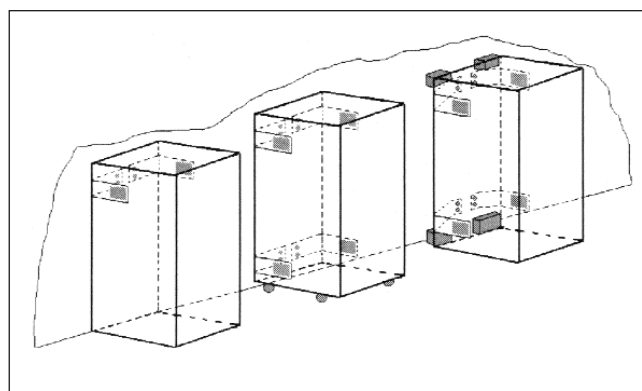
Λάθος



Σωστό



Λάθος



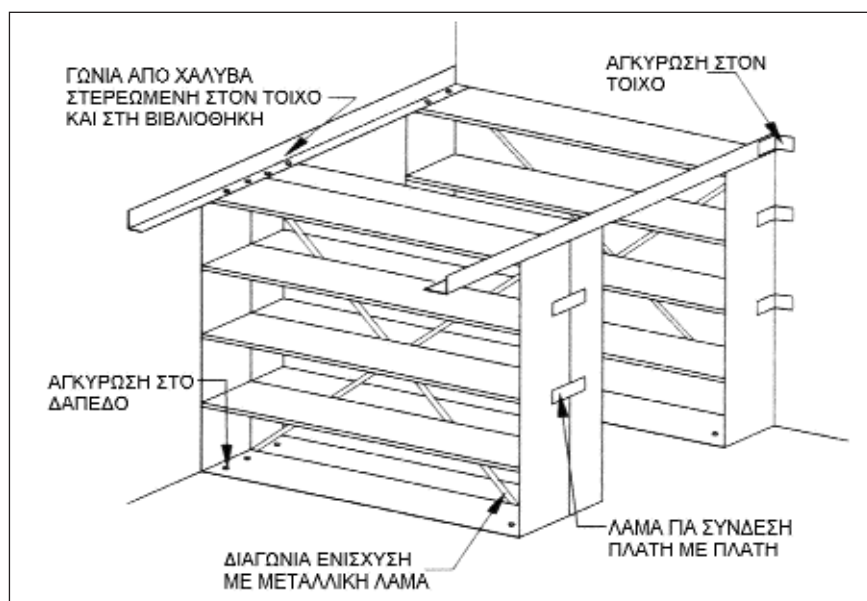
Σωστό

**Σχήμα 58.** Σωστοί και λανθασμένοι τρόποι στερέωσης μονάδων ηλεκτρονικών υπολογιστών στο δάπεδο και τους τοίχους.

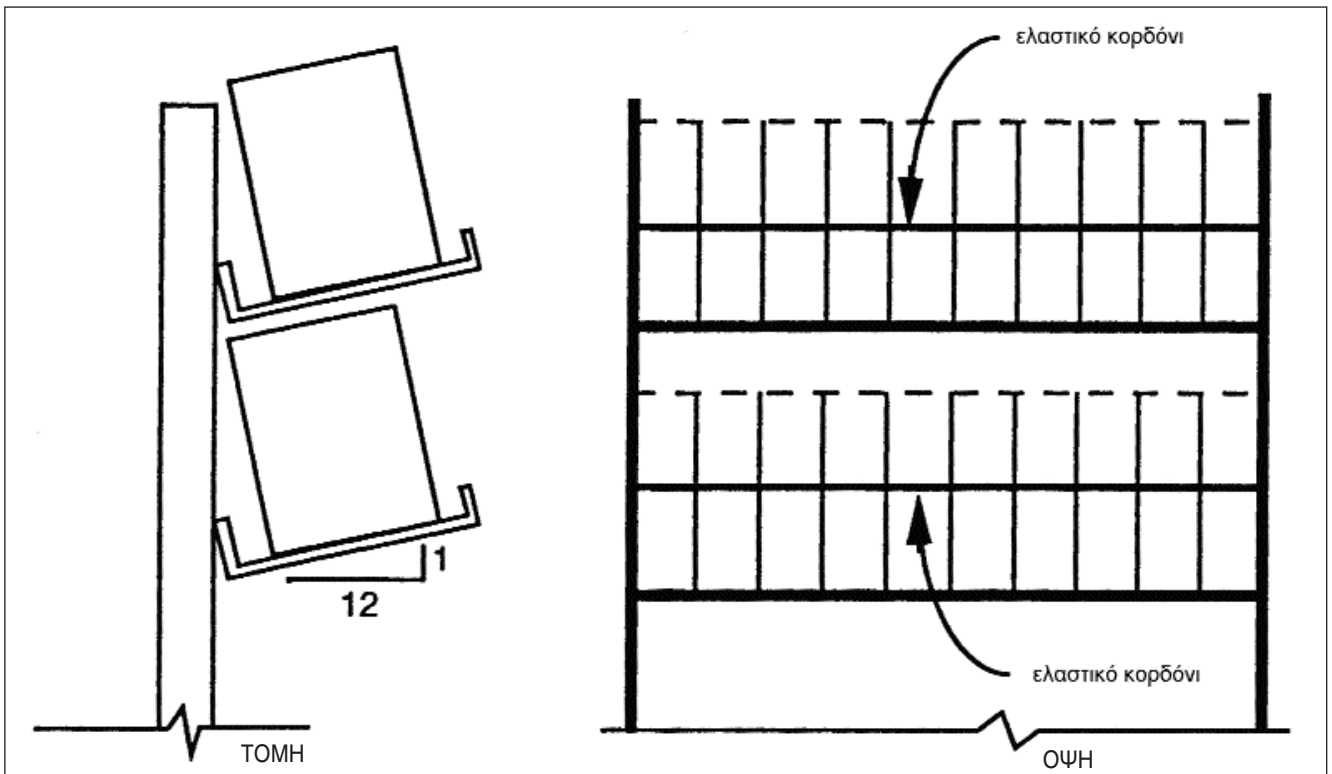


**Σχήμα 59.** Τρόπος στερέωσης μονάδων ηλεκτρονικών υπολογιστών σε επιφάνεια εργασίας, με δυνατότητα περιορισμένης κίνησης. Μεταλλικές μπάρες, επιτρέπουν λειτουργική μετακίνηση.

### Αρχειοθήκες



**Σχήμα 60.** Στερέωση των αρχειοθηκών ανά δύο μεταξύ τους πλάτη με πλάτη, στο δάπεδο με βίδες, και στους τοίχους με δοκούς μεταλλικών γωνιών.



**Σχήμα 61.** Εναλλακτικός τρόπος στερέωσης περιεχομένων βιβλιοθήκης αρχείων. Η κλίση σε συνδυασμό με το ελαστικό κορδόνι ωθεί τα βιβλία ή τους φακέλους προς την πλάτη της βιβλιοθήκης.

### 3.3.2.2 Εξοπλισμός Εργαστηρίων

Οι Βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ανάλογα με τον κλάδο παραγωγής στον οποίο δραστηριοποιούνται, μπορεί να περιλαμβάνουν χώρους χημικών εργαστηρίων. Οι εργαστηριακοί χώροι αντιμετωπίζουν τους σεισμικούς κινδύνους που αντιμετωπίζουν και οι γραφειακοί χώροι, όμως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι συσκευές και ο εξοπλισμός τους είναι ιδιαίτερα μεγάλης αξίας και η καταστροφή του πέραν του οικονομικού κόστους μπορεί να δυσχεράνει την ομαλή λειτουργία της Βιομηχανίας, στερώντας την από απαραίτητες διαδικασίες παραγωγής και ελέγχους. Ακόμη, στα εργαστήρια συχνά χρησιμοποιούνται επικίνδυνα χημικά υλικά, που χρειάζονται ειδική μέριμνα για την ασφάλισή τους. Ένας μεγάλος αριθμός περιστατικών έκλυσης επικίνδυνων ουσιών κατά τους σεισμούς στο παρελθόν έχει καταγραφεί σε χώρους εργαστηρίων.

Ένα εργαστήριο μπορεί να περιέχει:

- κυλίνδρους αερίων υπό πίεση, δεξαμενές υγρών
- τροχήλατα στοιχεία ραφιών, μικρών δεξαμενών
- πάγκους εργασίας
- μεγαλύτερα στοιχεία μηχανολογικού εξοπλισμού, που δεν σχετίζονται με τα συστήματα μηχανολογικού εξοπλισμού του κτηρίου, όπως ψυγεία, καταψύκτες, στεγνωτήρες, μεγάλους κλιβάνους απολύμανσης κ.λπ.
- συσκευές των πάγκων εργασίας, όπως μικροσκοπία, φυγοκεντρικές συσκευές, μικρούς κλιβάνους απολύμανσης, και διάφορες άλλες συσκευές που τοποθετούνται στους πάγκους εργασίας
- διάφορους εξειδικευμένους εξοπλισμούς ή εγκαταστάσεις πειραμάτων.

Συνήθως αυτά τα στοιχεία εξοπλισμού δεν έχουν πρόβλεψη από τον κατασκευαστή για αντισεισμική ενίσχυση.

Τα στοιχεία αυτά πρέπει λοιπόν να στερεωθούν με τρόπους που να τα εξασφαλίζουν από ολίσθηση ή ανατροπή, χωρίς ο τρόπος στερέωσης να βλάπτει την συσκευή ή να εμποδίζει την λειτουργική ελευθερία που απαιτεί η χρήση της.

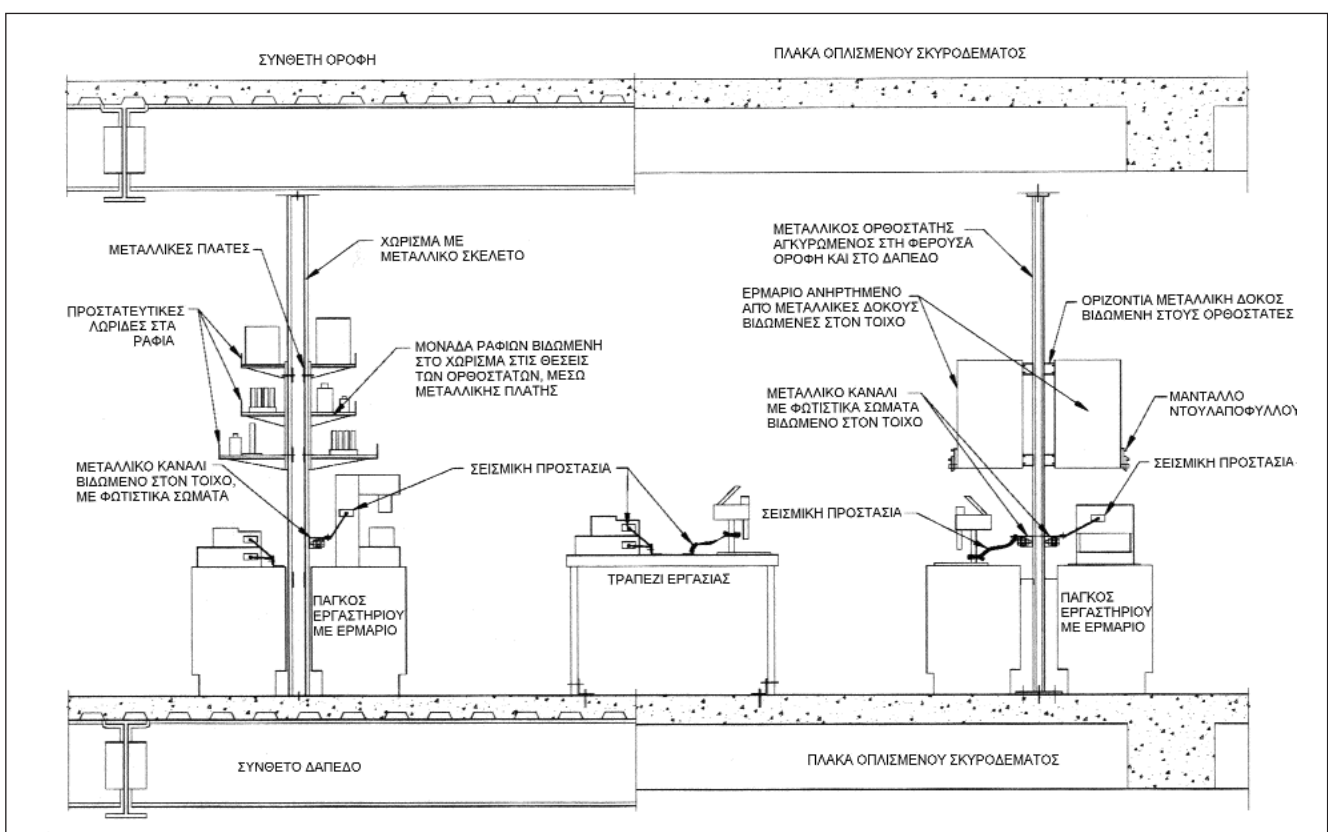
Για τον εξοπλισμό που τοποθετείται στους πάγκους εργασίας ο προσηροότερος τρόπος στερέωσης είναι η στερέωση στον τοίχο που ακουμπά ο πάγκος.

Η διαμερισματοποίηση στους χώρους εργαστηρίων συνήθως γίνεται με την χρήση ελαφρών διαχωριστικών τοίχων με μεταλλικό σκελετό. Αυτού του είδους διαχωριστικοί τοίχοι, εφόσον φθάνουν μέχρι την φέρουσα οροφή ή είναι επαρκώς στερεωμένοι με αντισεισμικές ενισχύσεις, μπορούν να παρέχουν ασφαλή στήριξη για σχετικά μικρού μεγέθους συσκευές. Στην περίπτωση αυτή οι στηρίξεις των συσκευών πρέπει να γίνονται κατ' ευθείαν στον μεταλλικό σκελετό και όχι στο υλικό επικάλυψης.

Για μεγαλύτερες συσκευές και εξοπλισμούς που τα χωρίσματα δεν διαθέτουν την αντοχή για την στήριξή τους, μπορούν να τοποθετηθούν μεταλλικοί σκελετοί που να διήκουν από το δάπεδο έως την οροφή και η στήριξη των συσκευών να γίνεται πάνω σ' αυτούς.

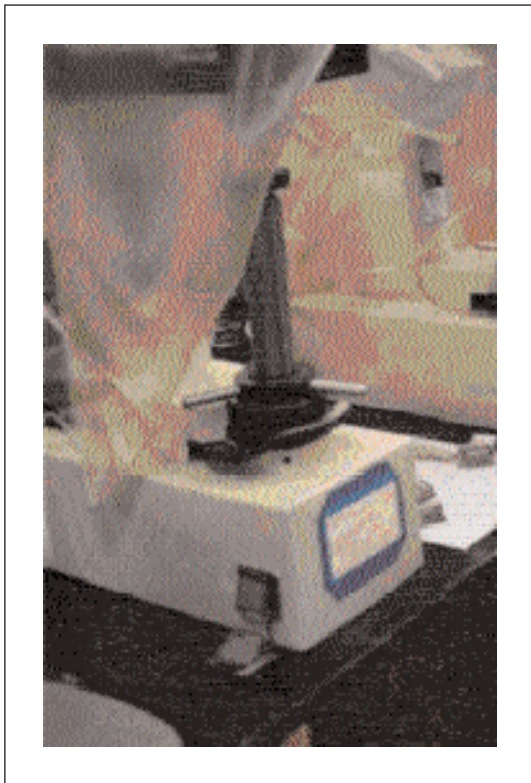
Ένα άλλο σημείο που πρέπει να προσεχθεί είναι τα σημεία που η ενίσχυση μπορεί να εφαρμοστεί πάνω στην κάθε συσκευή, ώστε να μην προκαλέσει ζημιά σ' αυτή.

Στο σχήμα που ακολουθεί εικονίζεται μια τυπική διάταξη εργαστηριακού χώρου με αντισεισμική προστασία.

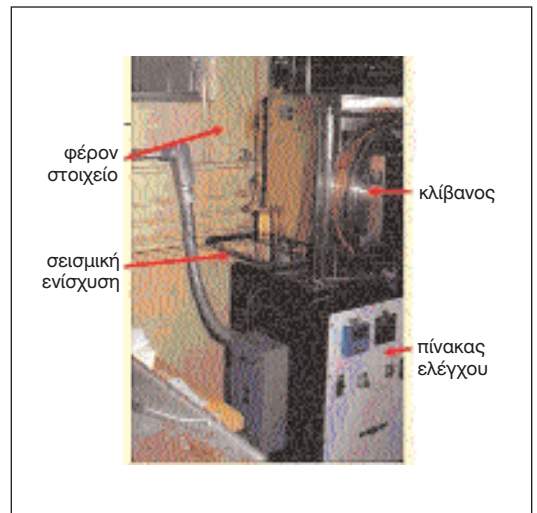


Σχήμα 62. Τυπική τομή εργαστηριακού χώρου, με ενδείξεις για τον τρόπο αντισεισμικής προστασίας.

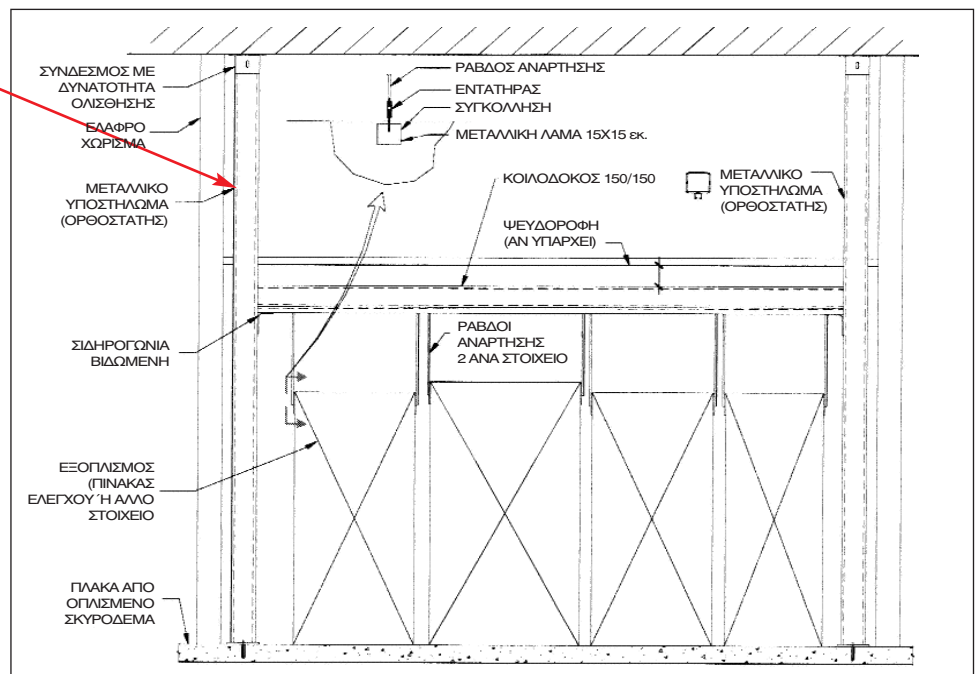


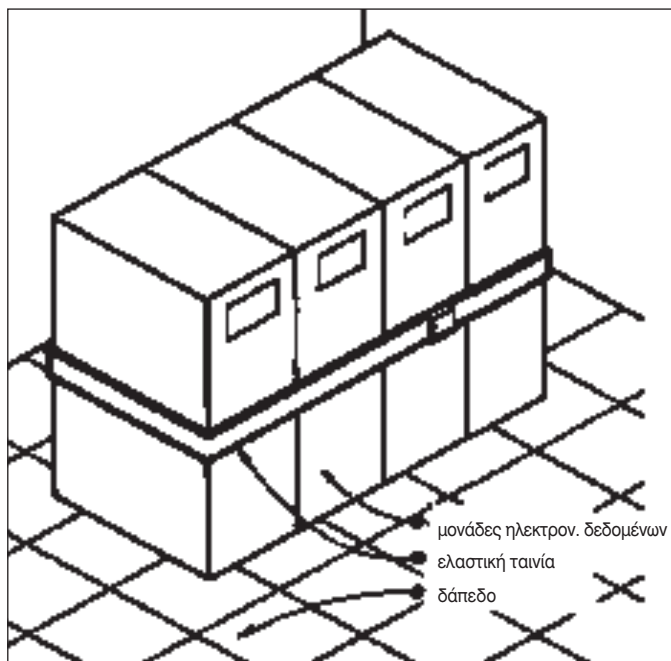


**Σχήμα 63.** Τρόποι στερέωσης εξοπλισμών εργαστηρίων.  
Φωτ: G. Selvaduray

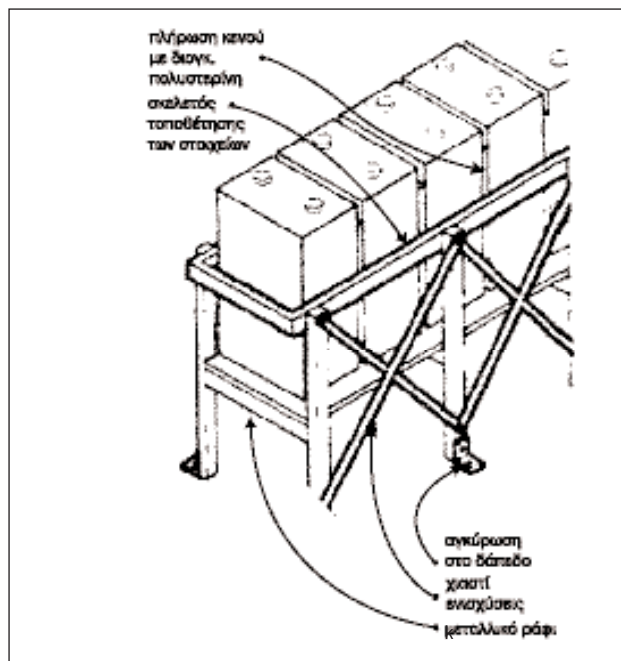


**Σχήμα 64.** Στήριξη ειδικών βαρέων εξοπλισμών σε σκελετό μεταλλικό, που διήκει από δάπεδο έως οροφή.



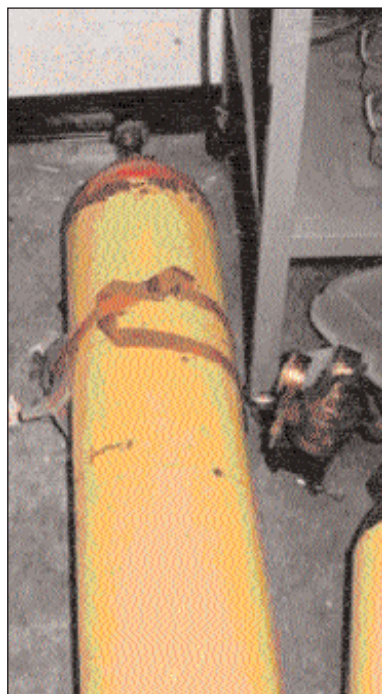


**Σχήμα 65.** Σύνδεση μονάδων αρχείων ηλεκτρονικών δεδομένων σε μεγαλύτερες ενότητες.



**Σχήμα 66.** Ασφαλής τρόπος τοποθέτησης συστοιχιών μπαταριών.

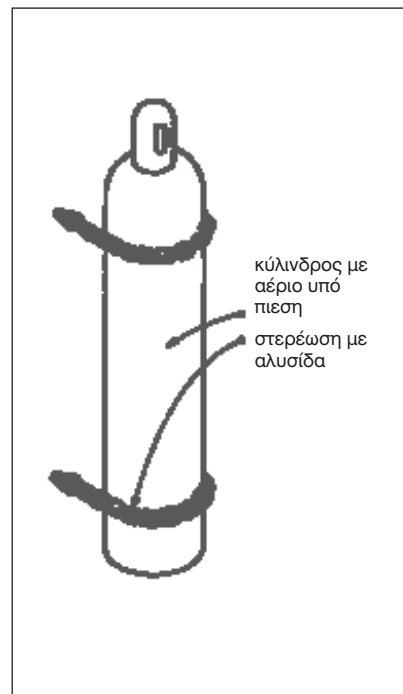
### Αποθήκευση αερίων υπό πίεση (φύσιγγες αερίων)



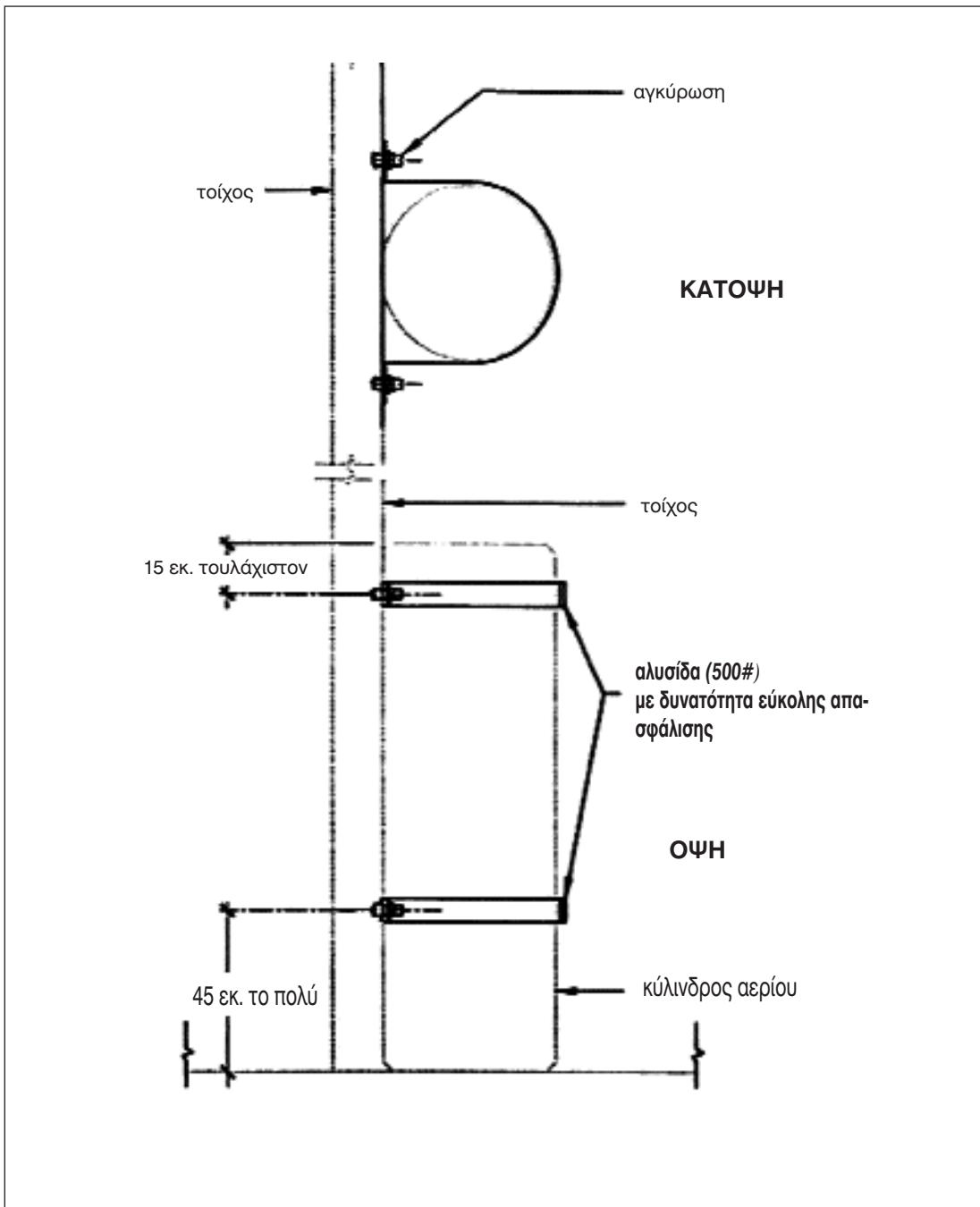
**Σχήμα 67.** Πτώση μη κατάλληλα στερεωμένου κυλίνδρου.  
Φωτ: G. Selvaduray.



**Σχήμα 68α.** Διαμερισματοποίηση και ασφάλιση κυλίνδρων.  
Φωτ: G. Selvaduray.



**Σχήμα 68β.** Εναλλακτικός τρόπος στερέωσης κυλίνδρου με αέριο υπό πίεση στον τοίχο.



Σχήμα 69. Λεπτομέρεια στερέωσης στον τοίχο κυλίνδρου με αέριο υπό πίεση.



### 3.3.2.3 Αποθηκευτικοί χώροι βιομηχανιών

#### 3.3.2.3 -1 Πολυώροφα ράφια αποθήκευσης αγαθών



**Σχήμα 70.** Στις εικόνες φαίνονται οι εκτεταμένες ζημιές που προκύπτουν στους αποθηκευτικούς χώρους προϊόντων, αν δεν ληφθούν μέτρα προστασίας. Σε αρκετές περιπτώσεις, εκτός των υλικών απωλειών, μπορεί να φράξουν δίοδοι και να παγιδευτούν άτομα.

Τα ωφέλιμα-κινητά φορτία στους αποθηκευτικούς χώρους των βιομηχανιών πρέπει να στερεώνονται, ώστε κατά την διάρκεια του σεισμού να μην είναι δυνατόν να μετακινηθούν, καταπέσουν ή ανοίξουν (αν είναι μέσα σε συσκευασία) ή σπάσουν. Αντιλαμβάνεται κανείς πόσο μεγάλη σημασία έχει αυτό το θέμα στην περίπτωση που τα υλικά που αποθηκεύονται και είναι εκτεθειμένα σε κίνδυνο είναι εύφλεκτα, καυστικά, τοξικά και γενικά μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στα άτομα που βρίσκονται πλησίον και στο περιβάλλον.

Ως προς το θέμα **μάζα** θα πρέπει να τονιστούν τα εξής: σημαντικό ρόλο παίζει τόσο η απόλυτη συνολική μάζα της κατασκευής, όσο και η σχετική μάζα, ωφέλιμου-κινητού φορτίου και ίδιου βάρους της κατασκευής. Όσο μικρότερη είναι η συνολική μάζα της κατασκευής, τόσο το καλύτερο. Επίσης, όσο μικρότερος είναι ο λόγος του ωφέλιμου-κινητού φορτίου προς το ίδιο βάρος της κατασκευής, τόσο το καλύτερο και αυτό μόνον ως προς την μείωση της επίπτωσης από την δυσμενή κατανομή του ωφέλιμου-κινητού φορτίου. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία όσον αφορά στον εξοπλισμό και τον τρόπο αποθήκευσης των προϊόντων στους αποθηκευτικούς χώρους.



Για παράδειγμα, σε μια ελαφρά μεταλλική κατασκευή αποθηκών, με προβλεπόμενο φορτίο ανά μονάδα επιφανείας της κάτοψής της πολύ μεγαλύτερο από το ίδιο βάρος της κατασκευής, είναι ενδεχόμενο να εμφανιστούν έντονες στρεπτικές ταλαντώσεις από το γεγονός και μόνον της έκκεντρης τοποθέτησης των ωφέλιμων φορτίων στην κάτοψη από τυχαίους χρηστικούς λόγους. Στα πολυώροφα ράφια των αποθηκών των πολυκαταστημάτων ή των βιομηχανιών, αν οι παλέτες με τα αποθηκευόμενα υλικά τοποθετηθούν από τους εργάτες στα υψηλότερα ευρισκόμενα ράφια, σε περίπτωση έστω και μικρού σεισμού, κατά πάσα πιθανότητα θα ανατραπούν.

Στους αποθηκευτικούς χώρους των Βιομηχανιών έτοιμα προϊόντα ή και υλικά παραγωγής ή εξαρτήματα συνήθως αποθηκεύονται σε εγκαταστάσεις πολυώροφων ραφιών μεταλλικής ως επί το πλείστον κατασκευής, με πλάτος περίπου 60 cm και μεγάλο ύψος, που μπορεί να υπερβαίνει τα 4.00 m, ανάλογα με το ύψος του χώρου της αποθήκης που τοποθετούνται. Έχουν αναφερθεί μεγάλα ύψη, ακόμη και 12.0 m. Οι κατασκευές αυτές λόγω του μεγάλου τους ύψους σε σχέση με την επιφάνεια έδρασης και του βάρους των αποθηκευμένων υλικών πρέπει να τύχουν ιδιαίτερης προσοχής ως προς την στήριξη και την αντισεισμική ενίσχυσή τους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει, επίσης, να δοθεί στον τρόπο τοποθέτησης των υλικών στα ράφια της κατασκευής, ώστε το κέντρο βάρους να διατηρείται χαμηλά, πράγμα που πολλές φορές είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο να τηρηθεί στην πράξη. Πρόβλημα επίσης δημιουργείται λόγω της ολισθηρότητας των ξύλινων τυποποιημένων ευρωπαϊκών, που χρησιμοποιούνται. Στο παρελθόν έχουν αναφερθεί σημαντικές ανθρώπινες και υλικές απώλειες από σεισμικές βλάβες τέτοιου είδους κατασκευών.

Τα βασικά προβλήματα τα οποία παρουσιάζονται κατά τον ισχυρό σεισμό και είναι χαρακτηριστικά των πολυώροφων ραφιών είναι:

- α) Στην ουσία δεν υπάρχουν οι απαιτούμενοι ειδικοί κανονισμοί μελέτης και κατασκευής.
- β) Είναι ένα βιομηχανοποιημένο-προκατασκευασμένο προϊόν για το οποίο εν γένει δεν έχει ακολουθηθεί η οποιαδήποτε αντισεισμική πρόβλεψη.
- γ) Έχει ελάχιστο ίδιο βάρος σε σχέση με τα αποθηκευόμενα φορτία. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει στην πράξη (λόγω δυσμενούς τοποθέτησης των παλετών με τα φορτία) σημαντικές εκκεντρότητες στην κάτοψη μεταξύ κέντρου μάζας και κέντρου δυσκαμψίας. Η τοποθέτηση μαζών στις υψηλότερες στάθμες έχει πολύ δυσμενέστερες επιπτώσεις από ότι αν το ίδιο συνέβαινε σε συνήθεις κατασκευές.
- δ) Δεν μπορεί να διαμορφωθούν ούτε οριζόντια διαφράγματα ούτε κόμβοι ούτε υπάρχει σύμπτωση των όποιων χιαστί ενισχύσεων στις δύο κύριες διευθύνσεις της κάτοψης.
- ε) Οι μεταφερόμενες δυνάμεις στην βάση είναι συνήθως μεγάλες, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλές φορές προβλήματα λόγω ανεπαρκούς μήκους αγκύρωσης στην βάση, ανεπαρκούς αντοχής κοχλιών και μεταλλικής πλάκας στην οποία στηρίζεται το υποστύλωμα (ορθοστάτης).
- στ) Ολίσθηση των παλετών επάνω στις δοκούς στήριξής τους, με αποτέλεσμα να πέφτουν στο έδαφος οι παλέτες και τα αγαθά τα οποία βρίσκονται πάνω σ' αυτές.
- ζ) Λόγω της υποχρεωτικής πρόβλεψης ανοιγμάτων σ' ολόκληρη την όψη για την δυνατότητα μετακίνησης των υλικών δεν δημιουργούνται χιαστί ενισχύσεις παρά μόνον στην πλάτη, πράγμα που δημιουργεί εντονότερες κατασκευαστικές εκκεντρότητες και περιστροφές περί κατακόρυφο άξονα κατά την διάρκεια του σεισμού.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι τα υλικά που αποθηκεύονται μπορεί να είναι ιδιαίτερα μεγάλης αξίας, πιθανόν εύθραυστα, ή επικίνδυνα ή αντιδρώντα μεταξύ τους, ή ακόμη και συνδυασμός όλων των ανωτέρω, και η ανατροπή ή πλάγια μετατόπιση ή κατάρρευση της κατασκευής μπορεί να έχει πολύ δυσάρεστες συνέπειες.

Τρεις παράμετροι πρέπει να εξεταστούν προκειμένου να αυξηθεί η σεισμική ασφάλεια αυτών των κατασκευών.

1. Η ενίσχυση της ίδιας της κατασκευής έναντι παραμορφώσεων ή μετατόπισης λόγω του σεισμού.
2. Ο τρόπος τοποθέτησης των αγαθών στα ράφια, ώστε α) να μην υπάρχει μετατόπιση του κέντρου βάρους προς τα άνω και β) να μην υπάρχει κίνδυνος διασκορπισμού τους.
3. Η συγκράτηση των αποθηκευμένων υλικών στην θέση τους.

### Ενίσχυση της κατασκευής

Ο απλούστερος τρόπος ενίσχυσης επιτυγχάνεται με την αγκύρωση της κατασκευής στο φέρον δάπεδο και με διαγώνιες ενισχύσεις μεταξύ των ορθοστατών. Όταν οι κατασκευές ακουμπούν σε τοίχους ή άλλα φέροντα στοιχεία όπως π.χ. υποστυλώματα, πρέπει να αγκυρώνονται σ' αυτά. Όταν είναι τοποθετημένες ελεύθερα στον χώρο καλόν είναι να συνδέονται πλάτη με πλάτη, ώστε να αυξάνεται η επιφάνεια έδρασης και η μάζα τους. Κατ' αυτόν τον τρόπο καταργείται το πρόβλημα της κατασκευαστικής εκκεντρότητας που αναφέρθηκε προηγουμένως (βλ. (ζ)) και αυξάνεται σημαντικά η δυσκαμψία ανά ζεύγος. Αν τα αποθηκευμένα υλικά είναι μεγάλου βάρους θα πρέπει να κατασκευάζονται ειδικές πρόσθετες αντισεισμικές ενισχύσεις, που να διήκουν από πλάκα σε πλάκα συνεχώς καθ' ύψος. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η επίπτωση στον φέροντα οργανισμό. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει οι εν λόγω ενισχύσεις να γίνονται μετά από υπολογισμούς, με τους οποίους θα λαμβάνονται υπόψη και οι επιπτώσεις στον φέροντα οργανισμό του κτηρίου που στεγάζει τα πολυώροφα ράφια.

### Τρόπος τοποθέτησης

- Τα υλικά που τοποθετούνται στα ράφια, καλόν είναι να συσκευάζονται σε μεγαλύτερες ενότητες, σε παλέτες π.χ., ανάλογα με το είδος των υλικών, ώστε να εμποδίζεται ο διασκορπισμός τους.
- Η γενική αρχή πρέπει να είναι: τα μεγαλύτερου βάρους υλικά να τοποθετούνται στα χαμηλότερα ράφια.
- Όμως κατά την λειτουργία υπάρχει μια μεγάλη πιθανότητα να αφαιρούνται παλέτες, λόγω ανάγκης, από τα χαμηλότερα ράφια, γι' αυτό θα πρέπει ανά πολυώροφη μονάδα ραφιών να τοποθετούνται **μόνον** παλέτες των ιδίων (ομοειδών) υλικών. Έτσι, χωρίς απώλεια χρόνου για ανακατανομή, θα ισχύει μια πάγια εντολή για αφαίρεση του υλικού πάντοτε από τα ψηλότερα ράφια και τοποθέτηση του νέου υλικού πάντοτε στα χαμηλότερα. Αυτή η διαδικασία κρίνεται βασική, ώστε να μην υπάρχει απώλεια χρόνου, ενώ ταυτόχρονα δεν μεσολαβεί άλλη κρίση, μια και η εν λόγω διαδικασία γίνεται πλέον συνήθως με robot και δεν θα πρέπει να θιγούν τα υπάρχοντα, σχετικά προς τούτο, λειτουργικά προγράμματα.

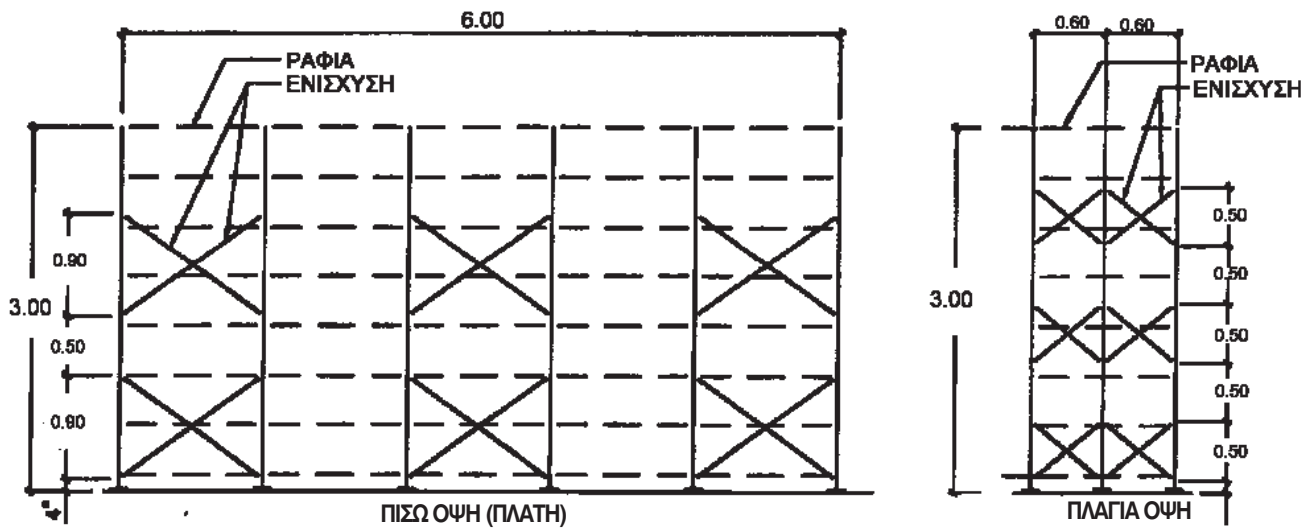
### Συγκράτηση των υλικών

Αυτή μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους.

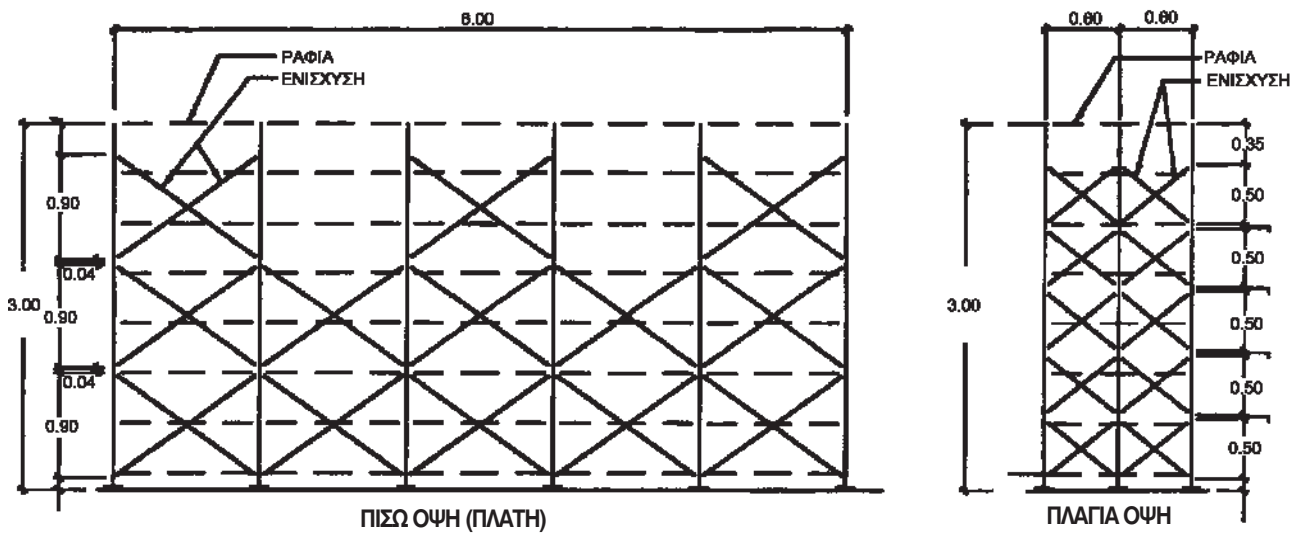
Ένας τρόπος είναι η τοποθέτηση μιάντων στην όψη των ραφιών, που να εμποδίζουν την ολίσθηση των παλετών ή διάφοροι άλλοι τρόποι συγκράτησης που είτε διατίθενται στο εμπόριο είτε αποτελούν αυτοκατασκευές.

Για ειδικές περιπτώσεις υλικών βέβαια, με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, απαιτείται μελέτη Μηχανικού.

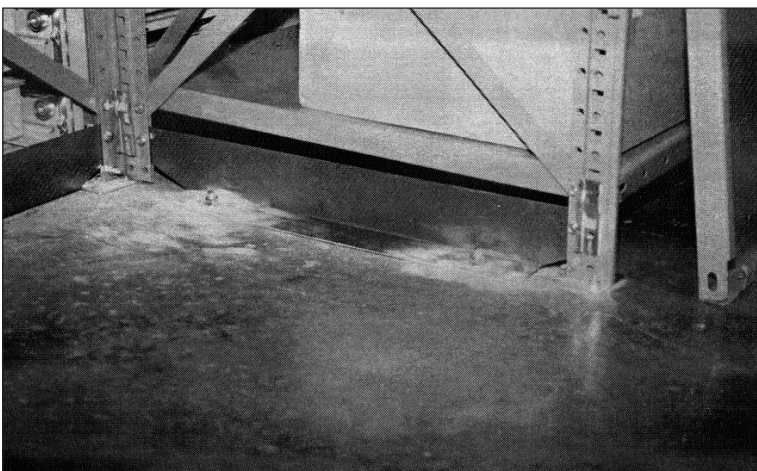
Μια τυπική διάταξη εγκατάστασης πολυώροφων ραφιών αποθήκευσης υλικών εικονίζεται στο σχήμα.



Σχήμα 71. Η εγκατάσταση χωρίς αντισεισμική ενίσχυση. Υπάρχει ασυνέχεια στις χιαστί ενισχύσεις. Τα φέροντα στοιχεία δεν δημιουργούν χωρικό πλαίσιο.



Σχήμα 72. Η εγκατάσταση μετά την ενίσχυση. Οι ασυνέχειες στις χιαστί ενισχύσεις έχουν εξαλειφθεί. Σημειώνεται ότι θα πρέπει οι χιαστί ενισχύσεις να διήκουν από «όροφο ραφιών» σε «όροφο ραφιών» και να δημιουργούν με τα οριζόντια στοιχεία ένα είδος χωρικού πλαισίου (έστω και ατελούς).



Σχήμα 73. Στήριξη των ορθοστατών στο δάπεδο.





Εγκατάσταση ραφιών σε αποθηκευτικό χώρο βιομηχανίας.



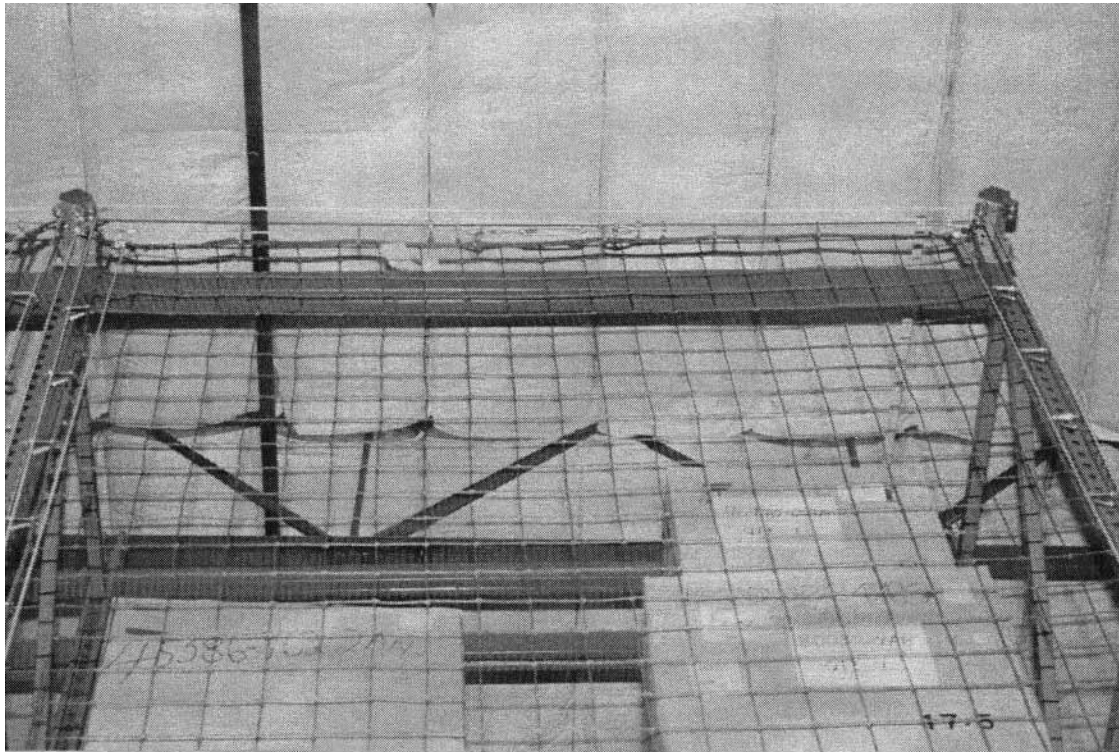
Ενίσχυση της εγκατάστασης. Έχουν προστεθεί διαγώνιες ενισχύσεις στον σκελετό. Στην όψη των ραφιών έχει τοποθετηθεί χαλύβδινο πλέγμα που συγκρατεί τα εμπορεύματα.

**Σχήμα 74.** Άνω: Η εγκατάσταση χωρίς ενίσχυση.

Κάτω: Οι ασυνέχειες στις ενισχύσεις έχουν εξαλειφθεί. Σημειώνεται ότι θα πρέπει οι χιαστί ενισχύσεις να διήκουν από «όροφο ραφιών» σε «όροφο ραφιών».

Πηγή: R. Gallagher, I. Steinberg.



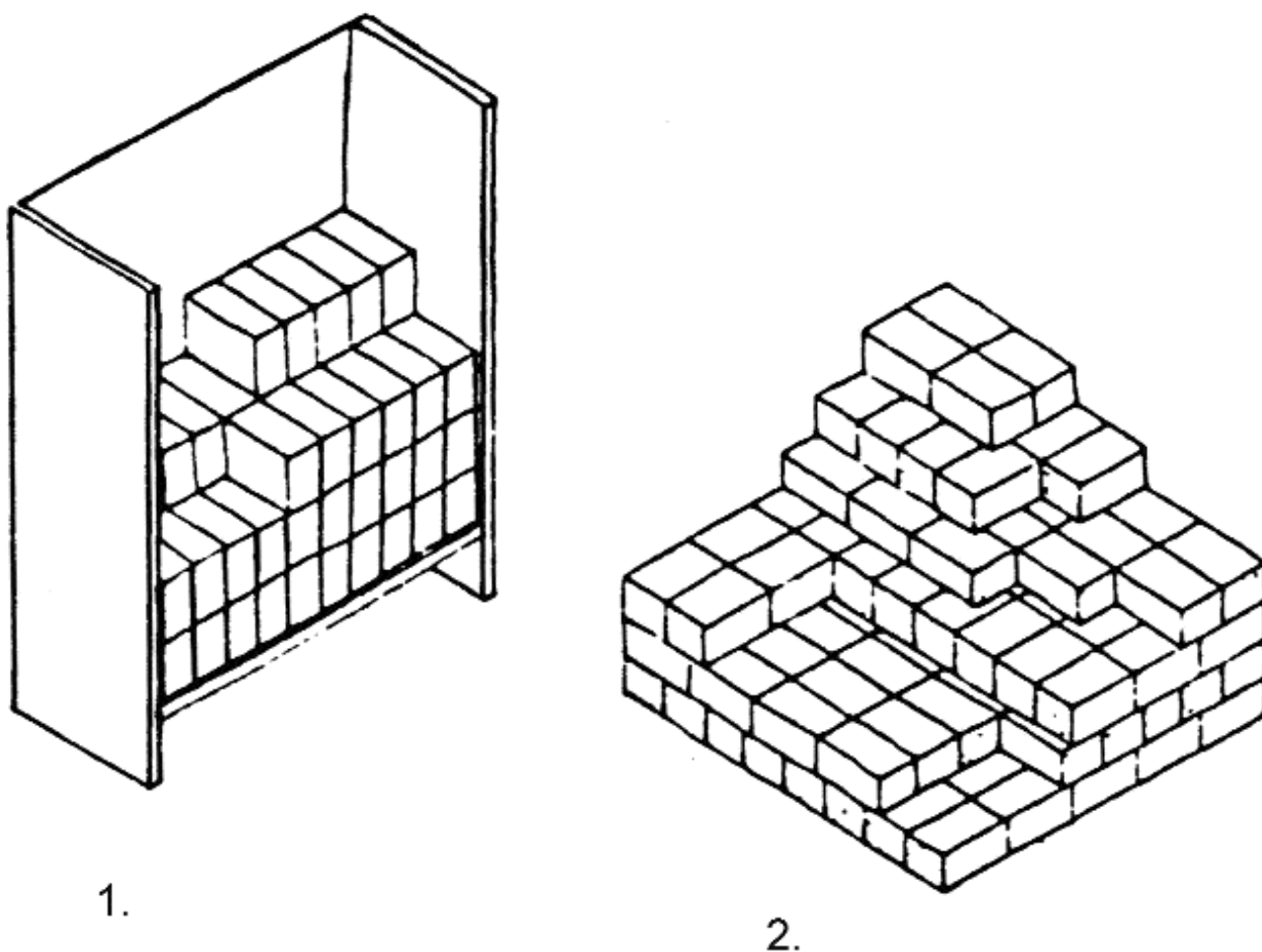


Ανω τμήμα του πλέγματος συγκράτησης εμπορευμάτων.



Κάτω τμήμα του πλέγματος

**Σχήμα 75.** Άνω και κάτω απόληξη του πλέγματος συγκράτησης των εμπορευμάτων.  
Πηγή: R. Gallagher, I. Steinberg.

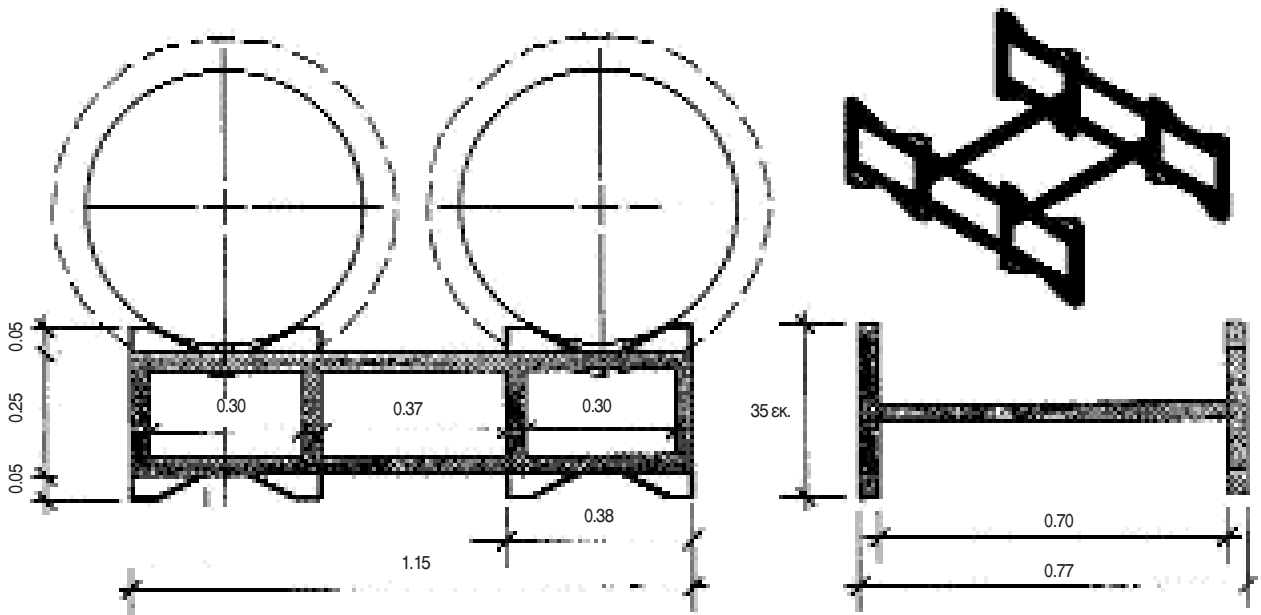


**Σχήμα 76.** 1. Τρόπος στοίβαξης αντικειμένων σε ράφια κλειστά από τις τρεις πλευρές.  
2. Γενικός τρόπος στοίβαξης αντικειμένων.

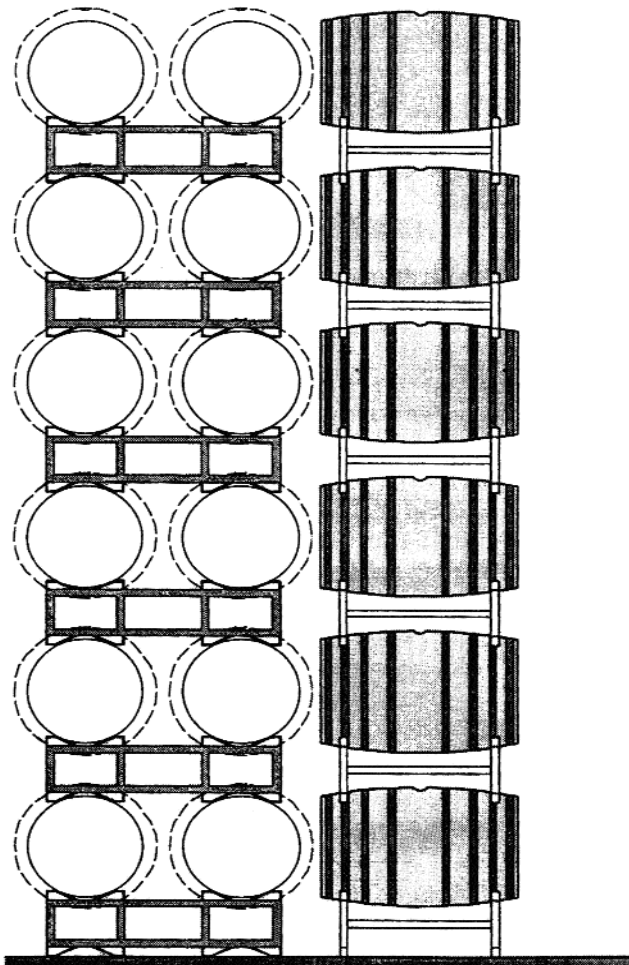
#### ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΒΑΡΕΛΙΩΝ

Τα βαρέλια στις βιομηχανίες που παράγουν κρασί, συνήθως τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο, σε ύψη που καθορίζονται από το διαθέσιμο ύψος του αποθηκευτικού χώρου. Ο σύγχρονος τρόπος αποθήκευσης, είναι η στοίβαξη των βαρελιών σε αλληπάλληλες σειρές, με τη μεσολάβηση σκελετών από χάλυβα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η μεταφορά των βαρελιών γίνεται με την απόσπαση από τα ειδικά βαγονέτα (forklifts) των άνω σειρών. Η φορτοεκφόρτωση δηλαδή, γίνεται εκ των άνω. Φυσικό είναι για λόγους εξοικονόμησης χώρου οι σειρές να φθάνουν σε όσο ύψος επιτρέπει ο χώρος, φθάνοντας καμιά φορά και τις 6-7 σειρές. Οι στήλες των βαρελιών αντιδρούν στη σεισμική δόνηση με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα. Δηλαδή ταλαντεύονται εμπρός-πίσω ή/και αναπηδούν τα βαρέλια της τελευταίας σειράς. Ο τρόπος που γίνεται η φορτοεκφόρτωση δεν επιτρέπει την στερέωση των σκελετών μεταξύ τους και στο δάπεδο, πράγμα που θα επιτύγχανε την ενίσχυση της στήλης. Έτσι χρειάζεται να επινοηθεί κάποιος άλλος τρόπος σεισμικής προστασίας που να παρέχει την απαιτούμενη ευελιξία.



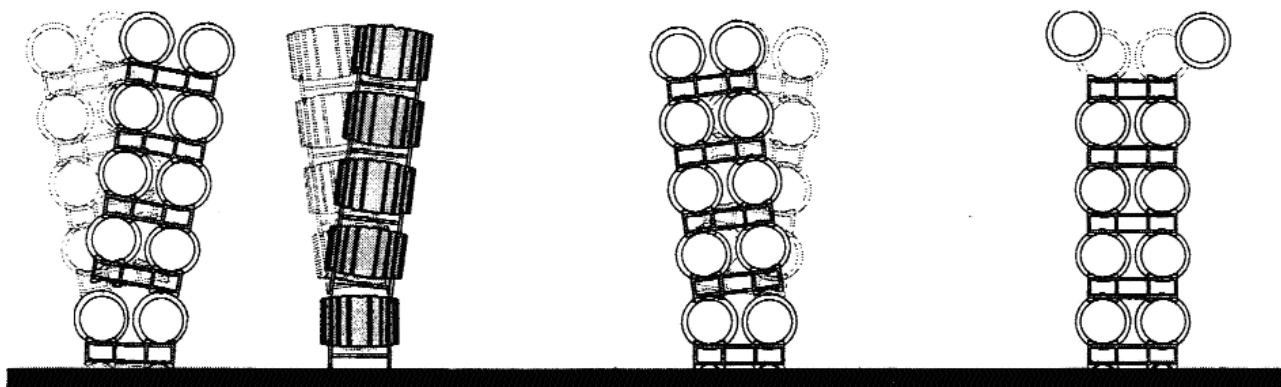


**Σχήμα 77.** Το επικρατούν στις σύγχρονες βιομηχανικές μονάδες οινοπαραγωγής σύστημα αποθήκευσης των βαρελιών.

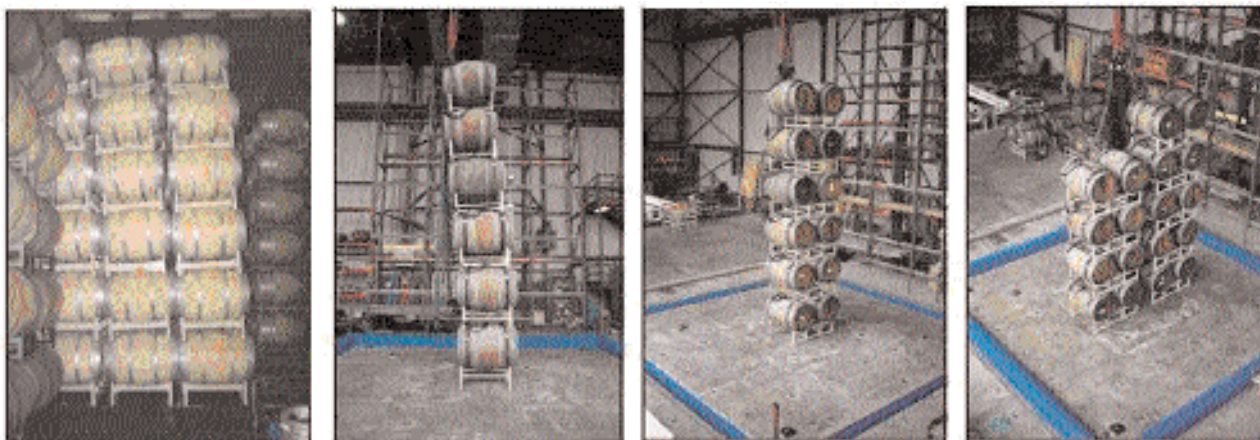


**Σχήμα 78.** Στο σχήμα εικονίζεται ο τρόπος στοιβάξης των βαρελιών, μέσω των μεταλλικών σκελετών.

Πηγή: J. Marrow, P. Founder & CEO, Ca.

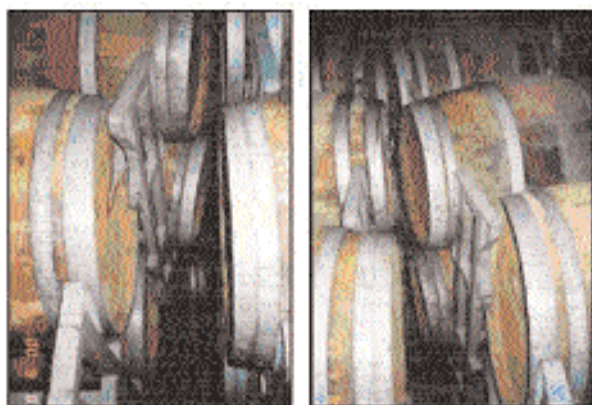


Σχήμα 79. Στο σχήμα εικονίζεται ο τρόπος αντίδρασης των στηλών των βαρελιών στις σεισμικές δονήσεις.



Σχήμα 80. Στο σχήμα εικονίζεται ο τρόπος αντίδρασης των στηλών των βαρελιών στις σεισμικές δονήσεις.

Σχήμα 81. Στη φωτογραφία εικονίζεται ο τρόπος στοίβαξης των βαρελιών επάνω στις βάσεις, χωρίς σεισμική προστασία.



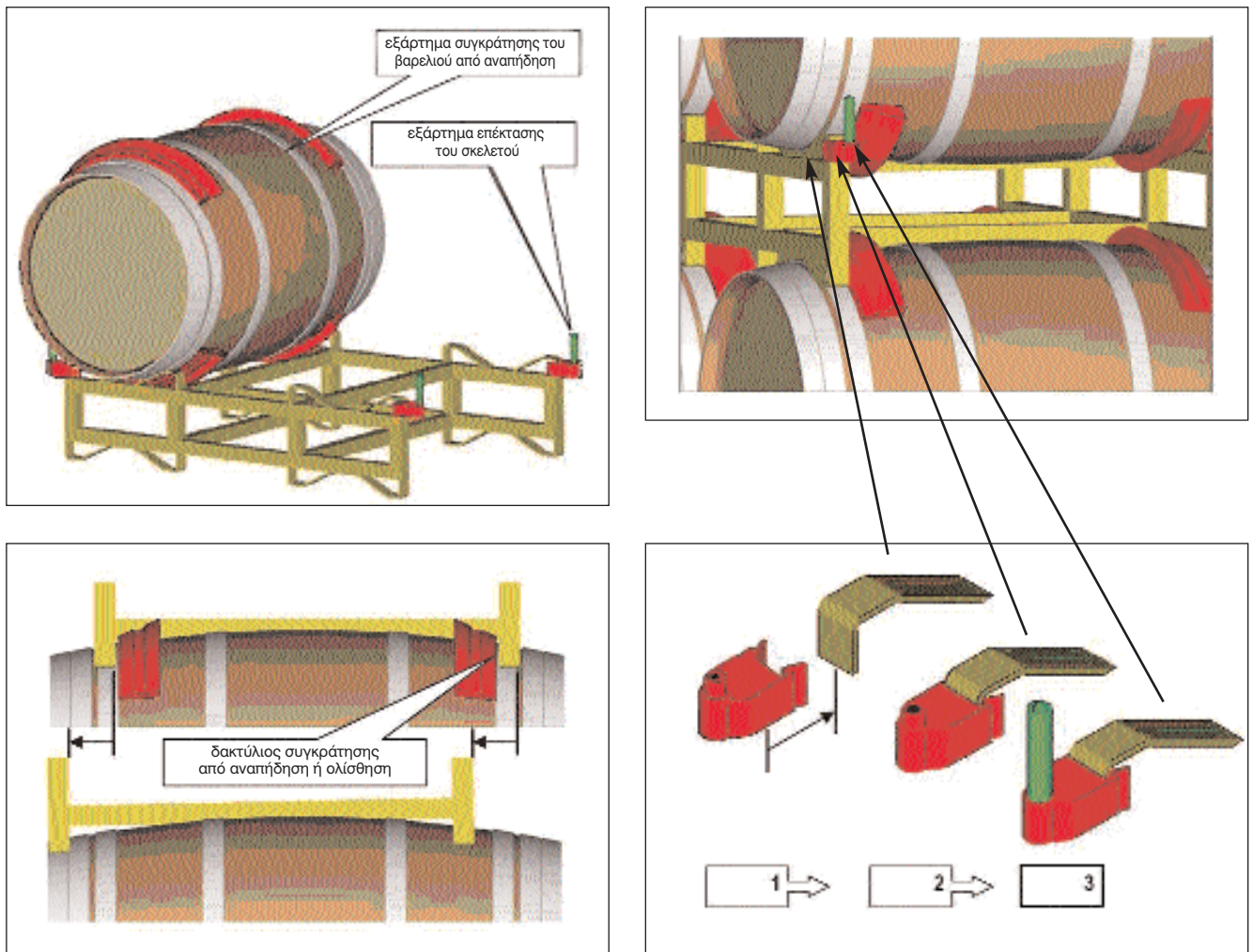
Σχήμα 82. Στη φωτογραφία εικονίζεται ο τρόπος ολίσθησης των βάσεων και των βαρελιών κατά τον σεισμό.



Σχήμα 83. Τρόπος καταστροφής των βαρελιών που πέφτουν από τις άνω σειρές λόγω αναπήδησης. Πηγή: J. Marrow, P. Founder & CEO, Ca.



Μια σχετικά απλή μέθοδος μετριάσμου του κινδύνου να ολισθήσουν τα αποθηκευμένα βαρέλια έξω από τους σκελετούς ή να αναπηδήσουν είναι αυτή που περιγράφεται στα σχήματα που ακολουθούν. Φυσικά μπορούν να επινοηθούν και άλλα ενισχυτικά συστήματα που να πληρούν τις παραμέτρους των περιορισμών που απαιτεί η λειτουργικότητα.



Σχήμα 84. Πηγή: J. Marrow, P. Founder & CEO, Ca.

### 3.3.3 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις - Σωληνώσεις

#### 3.3.3.1 Γενικά

Με τον όρο Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις νοούνται οι εγκαταστάσεις που στοχεύουν στην παροχή της απαραίτητης ενέργειας για την λειτουργία της Βιομηχανίας και όχι οι παραγωγικές Η/Μ εγκαταστάσεις της συγκεκριμένης Βιομηχανικής μονάδας. Οι Η/Μ εγκαταστάσεις που εξετάζονται στο κεφάλαιο αυτό, πολλές φορές καλούνται και Η/Μ εγκαταστάσεις Έργων Πολιτικού Μηχανικού.

Στόχος της αντισεισμικής ενίσχυσης των Η/Μ Εγκαταστάσεων είναι να εξασφαλιστεί ότι η Βιομηχανία, ανάλογα με το είδος και την χρήση της, σε περίπτωση σεισμού, θα έχει εγγυημένη συνεχή παροχή στα βασικά δίκτυα, όπως και ότι δεν θα σημειωθούν λόγω του σεισμού διαρροές, που μπορεί

να είναι επικίνδυνες για το περιβάλλον και τους εργαζόμενους. Δηλαδή, εκτός της συνεχούς παροχής το ζητούμενο είναι και η ασφαλής παροχή. Θα πρέπει να ελέγχονται ως προς την αντισεισμική τους αντοχή, οι εγκαταστάσεις παροχής ύδατος, θερμού και ψυχρού, αερίων, ατμών, ηλεκτρισμού, το αποχετευτικό δίκτυο, οι εγκαταστάσεις αερισμού, εξαερισμού ή και κλιματισμού των χώρων, οι εγκαταστάσεις καλωδιακής τηλεφωνίας κ.λπ.

Η βασική κατευθυντήρια γραμμή για τις Η/Μ εγκαταστάσεις είναι, να συνταχθεί ένα σενάριο επιθυμητής λειτουργίας-συμπεριφοράς των στην περίπτωση σεισμού, ανάλογα με το είδος, την χρήση και την λειτουργία του εργοστασίου, όπως και τον χρόνο εμφάνισης του σεισμού. Σύμφωνα με το σενάριο αυτό, θα πρέπει να τεθούν όλες οι προδιαγραφές για την κατασκευή και λειτουργία των Η/Μ εγκαταστάσεων.

Αν θεωρήσουμε μια ιδεατή εγκατάσταση, που είναι απολύτως ανεξάρτητη, δεν ακουμπά δηλαδή ούτε στο έδαφος ούτε στην κατασκευή, αυτή η εγκατάσταση δεν επηρεάζεται από τον σεισμό, εκτός ίσως αν η δομική κατασκευή προσκρούσει πάνω της.

Αν υποθέσουμε ότι η εγκατάσταση στηρίζεται στο έδαφος και συνδέεται με την κατασκευή με ένα τέλειο σύστημα σεισμικής μόνωσης, ώστε η εγκατάσταση να μη διεγείρεται σε περίπτωση σεισμού, τότε η απόκριση της εγκατάστασης είναι ασήμαντη και οι διάφορες στηρίξεις και συνδέσεις θα πρέπει να μπορούν να παραλαμβάνουν παραμορφώσεις ίσες με τις ολικές μετακινήσεις του εδάφους ή της κατασκευής. Θα πρέπει, δηλαδή, να μπορούν να παραλαμβάνουν και τις σχετικές κινήσεις μεταξύ διαδοχικών σταθμών μιας κατασκευής, εφόσον συνδέονται με αυτές. Πολλές φορές έχει παρατηρηθεί, ισχυρές σωληνώσεις να έχουν επηρεάσει την σεισμική συμπεριφορά και ολόκληρου του κτηρίου.

Σε άλλη περίπτωση συμβαίνει να μην είναι τόσο τέλειες οι στηρίξεις και οι συνδέσεις και να μην παρέχουν πλήρη σεισμική προστασία στην εγκατάσταση, ακόμα δε αυτή να είναι ένα άκαμπτο σώμα, που μπορεί α) να έχει υπολογίσιμη μάζα β) να έχει ασήμαντη μάζα.

Τέλος μπορούμε να θεωρήσουμε μια εγκατάσταση είτε με υπολογίσιμη είτε με ασήμαντη μάζα, η οποία είναι παραμορφώσιμη και παρουσιάζει δυναμική απόκριση.

Οι περισσότερες εγκαταστάσεις εμπίπτουν στην τελευταία αυτή περίπτωση. Έτσι, τα διάφορα τμήματα της εγκατάστασης κατά την διάρκεια του σεισμού διεγείρονται και ανάλογα με την μάζα που διαθέτουν και την επιτάχυνσή τους αναπτύσσουν σεισμικές δυνάμεις, οι οποίες μπορούν να μεταφερθούν στις στηρίξεις, το κτήριο και το έδαφος.

Τα προβλήματα που δημιουργούνται στις σωληνώσεις είναι τοπικά και γενικά.

Στα τοπικά προβλήματα εντάσσονται οι περιπτώσεις, όπου οι παραμορφώσεις ενός δομικού μέλους του κτηρίου δεν είναι συμβατές με αυτές των σωληνώσεων, όπως π.χ. σε γωνίες τοίχων, από όροφο σε όροφο η σχετική παραμόρφωση είναι διαφορετική.

Στα γενικά προβλήματα εντάσσονται οι περιπτώσεις δύσκαμπτων και μεγάλης αντοχής σωληνώσεων, οι οποίες βρίσκονται σε μια γωνία του κτηρίου και του δημιουργούν καθολικότερα προβλήματα, όπως π.χ. περιστροφή ή ανομοιόμορφη παραμόρφωση.

### 3.3.3.2 Γραμμές ζωής (lifelines)

Με τον όρο γραμμές ζωής εννοούμε όλες τις βασικές παροχές των δικτύων κοινής ωφέλειας, εντελώς απαραίτητες για την επιβίωση των ενοίκων, ακόμη όμως και παροχές που αφορούν στις μεταφορές και την επικοινωνία, όπως οι οδικές σιδηροδρομικές εναέριες ή θαλάσσιες επικοινωνίες. Οι Γραμμές Ζωής είναι απαραίτητο να διατηρηθούν σε αξιόπιστη λειτουργική κατάσταση και μετά τον σει-

σμό. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για την ταχύτερη επαναφορά των δραστηριοτήτων στην προ του σεισμού κατάσταση και την αποφυγή μεγάλων δευτερογενών κινδύνων και απωλειών, ιδιαίτερα από την καταστροφή των κρίσιμων δικτύων (Δίκτυο Ύδρευσης, Αποχέτευσης, Ενεργειακό Δίκτυο).

Η προσέγγιση των δικτύων Κοινής Ωφέλειας στο κτήριο γίνεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Αν το έδαφος λόγω του σεισμού υποστεί παραμορφώσεις, (καθίζηση ή μετακίνηση), είναι αναμενόμενο ότι οι σωληνώσεις και οι αγωγοί των δικτύων θα υποστούν ζημιές. Οι ζημιές αυτές προκύπτουν κυρίως στα σημεία σύνδεσης τμημάτων των αγωγών μεταξύ τους ή στις διακλαδώσεις.

Η οποιαδήποτε σύνδεση του Δικτύου Πόλης με το εσωτερικό δίκτυο μιας Βιομηχανίας, όπως και οι σχετικοί διακόπτες πρέπει να βρίσκονται στο πιο ασφαλές σημείο του περιβάλλοντα χώρου της βιομηχανίας, προστατευμένο από πτώσεις μικρών ή μεγάλων αντικειμένων ή μελών του κτηρίου από τον σεισμό. Τα σημεία σύνδεσης θα πρέπει να είναι ευδιάκριτα, εύκολα προσπελάσιμα από τον κοινόχρηστο δρόμο, μέσα σε πυρασφαλή, άκαμπο και ισχυρό θάλαμο. Τα σημεία σύνδεσης πρέπει να είναι εφοδιασμένα με την κατάλληλη σήμανση. Στο «κίτρινο κουτί» της βιομηχανίας θα πρέπει να συμπεριληφθούν και τα σχέδια και οι οδεύσεις των δικτύων των «γραμμών ζωής».

Οι συνδέσεις του Δικτύου Πόλης με την αντίστοιχη εγκατάσταση του κτηρίου πρέπει να παρουσιάζουν την κατάλληλη ευκαμψία, ώστε να είναι δυνατόν να παραλαμβάνονται οι σχετικές παραμορφώσεις (διαφορά μεταξύ των εξωτερικώς επιβαλλόμενων προς τις εσωτερικές), οι οποίες μπορεί να είναι και αθροιστικές, αλλά και οι παραμορφώσεις, που οφείλονται στην ίδια την συμπεριφορά του συνδέσμου, χωρίς ζημιά της ίδιας της σύνδεσης ή των προσκειμένων σ' αυτή τμημάτων. Οι παραμορφώσεις που υφίσταται το σημείο σύνδεσης, οφείλονται στη διαφορά συμπεριφοράς μεταξύ των δύο τμημάτων του δικτύου: του τμήματος που βρίσκεται προς το κτήριο (δυναμική συμπεριφορά και μόνιμες παραμορφώσεις του κτηρίου και του δικτύου του) και του τμήματος που βρίσκεται προς το δίκτυο πόλης (δυναμική συμπεριφορά και μόνιμες παραμορφώσεις αγωγού και εδάφους). Η παραμόρφωση της σύνδεσης οφείλεται στη δυναμική συμπεριφορά και τις μόνιμες παραμορφώσεις της ίδιας της σύνδεσης και του εδάφους.

Οι συνδέσεις του δικτύου πόλης με την αντίστοιχη εγκατάσταση του κτηρίου, πρέπει επίσης να έχουν την κατάλληλη αντοχή και να παρέχουν ασφαλή λειτουργία των διακοπών, βαλβίδων κ.λπ., σε συνθήκες μεγάλων παραμορφώσεων και κύκλων επαναλήψεων.

Η ζητούμενη ευκαμψία και αντοχή παρέχεται από προδιαγραφές, οι οποίες συντάσσονται και διατίθενται από τους αντίστοιχους Οργανισμούς Κοινής Ωφέλειας στη δικαιοδοσία των οποίων υπάγονται τα διάφορα δίκτυα. Οι ίδιοι Οργανισμοί είναι υπεύθυνοι για την σωστή κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία των συνδέσεων των δικτύων τους με το δίκτυο του κτηρίου.

Οι εν λόγω προδιαγραφές πρέπει να καθορίζονται μετά από εξέταση των εξής παραμέτρων:

- κατηγορία απαιτήσεων σεισμικής συμπεριφοράς της σύνδεσης (για τις συνδέσεις του δικτύου πόλης αυξάνει κατά μια κατηγορία η αντίστοιχη κατηγορία στην οποία έχει καταταγεί η εγκατάσταση του κτηρίου)
- παραμορφωσιμότητα του δικτύου πόλης και συνθήκες του εδάφους που αμέσως περιβάλλει και βρίσκεται κάτω από τον αγωγό
- τάξη Δικτύου στο οποίο βρίσκεται ο αγωγός, ως προς την σημασία που έχει και τις απαιτήσεις σεισμικής του προστασίας (αντίστοιχος χαρακτηρισμός δικτύων με αυτόν των κτηρίων)
- βάρη, διαστάσεις και λοιπά εξαρτήματα της σύνδεσης
- κατασκευές (φρεάτια-κουβούκλια) με τις οποίες συσχετίζεται η σύνδεση.
- είδος εδάφους με το οποίο συσχετίζεται η σύνδεση, η σχέση και ο τρόπος στήριξής της επί του

εδάφους και η σχέση της ποιότητας του εδάφους αυτού με την ποιότητα του εδάφους του κτηρίου και του δικτύου πόλης. Η γνώση της ποιότητας του εδάφους δεν χρειάζεται για την κατάταξη της σύνδεσης σε κατηγορία απαιτήσεων σεισμικής συμπεριφοράς (αποτελεί την πρώτη παράμετρο που εξετάστηκε προηγουμένως), εκτός αν η ποιότητα του εδάφους της περιοχής της σύνδεσης (π.χ. κακής ποιότητας επίχωση, ενώ τόσο το δίκτυο, όσο και το κτήριο βρίσκονται σε σκληρό έδαφος) σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις σεισμικής προστασίας και τον «δείκτη σεισμοπάθειας», επιβάλλουν αυστηρότερες απαιτήσεις σεισμικής συμπεριφοράς από αυτές που τέθηκαν από την πρώτη παράμετρο.

Πέραν των ανωτέρω προδιαγραφών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Η αλληλεξάρτηση εγκαταστάσεων ή τμημάτων τους και η δράση του ενός επί του άλλου πρέπει να ληφθεί υπόψη, έτσι ώστε η καταστροφή ενός αρχιτεκτονικού, μηχανολογικού ή ηλεκτρολογικού συστήματος μιας στάθμης αναφοράς, να μην προκαλέσει αστοχία στη συμπεριφορά ενός αρχιτεκτονικού, μηχανολογικού ή ηλεκτρολογικού συστήματος μιας ανώτερης στάθμης αναφοράς.
- Η εν γένει συμπεριφορά του φέροντα οργανισμού και το αποδεκτό όριο παραμορφώσεων του αρχιτεκτονικού, μηχανολογικού ή ηλεκτρολογικού συστήματος, πρέπει να ληφθεί υπόψη, όταν υπάρχει αλληλεπίδραση των παραπάνω συστημάτων με τον φέροντα οργανισμό. Ακόμα περισσότερο πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια, ώστε οι εγκαταστάσεις αυτές να μην προξενήσουν ζημιά στον φέροντα οργανισμό. Προς παραλαβή των σχετικών μετακινήσεων εφαρμόζονται συνδέσεις τύπου S ή U ή πιο εξειδικευμένες, όπως οι τηλεσκοπικού τύπου.
- Αρχιτεκτονικά, ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά συστήματα και σωληνώσεις με ιδιαίτερες απαιτήσεις αντοχής πρέπει να συνδέονται έτσι, ώστε οι σεισμικές δυνάμεις που θα επιδράσουν πάνω τους να μεταφέρονται στον φέροντα οργανισμό του κτηρίου.
- Τριβή λόγω βαρύτητας δεν πρέπει να θεωρηθεί κατά τον υπολογισμό της απαιτούμενης αντίστασης σε σεισμικές δυνάμεις.
- Οι προδιαγραφές σχεδιασμού πρέπει να περιέχουν αρκετές πληροφορίες σχετικές με τους συνδέσμους και να επιβάλλουν συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις αυτές.
- Στα σημεία διελεύσεων πρέπει να υπάρχουν τα απαραίτητα κενά, ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να δημιουργηθεί αθέλητη αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο συστημάτων.

Επισημαίνεται, πάντως, η πολυπλοκότητα και η αβεβαιότητα που υπάρχει κατά την διάρκεια ισχυρής σεισμικής δόνησης λόγω:

- α) της ίδιας της φύσης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, του συστήματος σωληνώσεων και αγωγών, των συστημάτων ηλεκτρικής διανομής κ.λπ.
- β) της σεισμικής συμπεριφοράς της κατασκευής που σχετίζεται με τον εξοπλισμό και των διαφόρων σημείων στήριξης και συνδέσμων-διελεύσεων
- γ) του μεγέθους και των χαρακτηριστικών της σεισμικής διέγερσης.



Όταν ένα δίκτυο διέρχεται από, ή συνδέει δύο γειτονικές κατασκευές, οι οποίες ενδέχεται να συμπεριφερθούν (συνήθως το κάνουν) διαφορετικά σε ένα σεισμό, θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα, με την δημιουργία ελαστικών συνδέσεων ή συνδέσεων οι οποίες είναι σε θέση να παραλάβουν τις διαφορετικές παραμορφώσεις.

Πολλές φορές πρέπει να προβλέπεται αυτόματη διακοπή της παροχής αερίου ή ηλεκτρικού ρεύματος με την εκδήλωση ενός σεισμού από μια ένταση και πάνω, ώστε να μην προκληθεί μεγαλύτερη καταστροφή. Οι βαλβίδες αυτές διακοπής, τοποθετούνται αμέσως μετά τους αντίστοιχους κεντρικούς διακόπτες.

### 3.3.3.3 Παροχές και ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις στο εσωτερικό του κτηρίου

Οι Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις μιας Βιομηχανίας περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία και εγκαταστάσεων, που διαφέρουν από βιομηχανία σε βιομηχανία, ανάλογα με τον τομέα στον οποίο δραστηριοποιείται.

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός περιλαμβάνει συστήματα παροχής ενέργειας και φωτισμού, ηλεκτρικούς υποσταθμούς, συστήματα διακοπών, συστήματα βοηθητικών πετρελαιοκίνητων γεννητριών, πίνακες ελέγχου και επιλογής, συστοιχίες μπαταριών, συστήματα πυροπροστασίας και πυρόσβεσης, συστήματα τηλεπικοινωνίας κ.α.

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός των εγκαταστάσεων περιλαμβάνει: συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού, συστήματα καταιονισμού ύδατος για πυρόσβεση, λέβητες, δεξαμενές υγρών ή αερίων μετά των εξαρτημάτων τους, αντλίες, ψύκτες ύδατος κ.λπ.

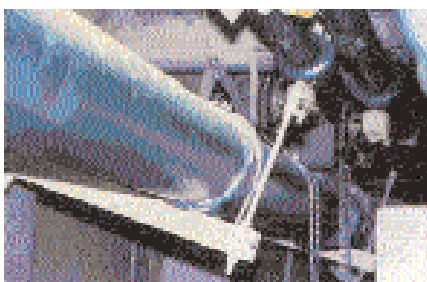
Ο μεταφορικός μηχανολογικός εξοπλισμός περιλαμβάνει: ανελκυστήρες, κυλιόμενες κλίμακες, κυλιόμενους ιμάντες μεταφοράς, πνευματικά συστήματα μεταφοράς κ.λπ.

Ενδεικτικά περιγράφονται παρακάτω ζημιές που μπορεί να συμβούν σε τέτοιου είδους παροχές και εξοπλισμούς σε περίπτωση ισχυρής σεισμικής δόνησης και οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν οι ζημιές αυτές.

- Γεννήτρια ρεύματος ανατρέπεται λόγω ακατάλληλης στήριξης σε περίπτωση σεισμού (αναστολή παροχής ενέργειας). Το ακατάλληλο της στήριξης οφείλεται στην ελαστικότητά της και στο σχετικά με το πλάτος της βάσης υψηλό κέντρο βάρους της, όπως και στα υπάρχοντα καλώδια, τα οποία συνδέονται με την κορυφή της γεννήτριας και το κτήριο.
- Κύλινδροι αερίων υπό πίεση ή υγρών ανατρέπονται προκαλώντας έκρηξη ή πυρκαγιά. Αν τα αέρια ή τα υγρά είναι τοξικά μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα στο περιβάλλον.
- Κατακόρυφες ή οριζόντιες μεταφορικές ταινίες ή ανελκυστήρες τίθενται εκτός λειτουργίας για διάφορους λόγους.
- Μηχανήματα γλιστρούν, μετακινούνται, περιστρέφονται ή ανατρέπονται, πέφτουν πάνω σε άλλα και καταστρέφονται ή/και προκαλούν τραυματισμούς. Εφόσον διάφορα μηχανήματα είναι οργανικά συνδεδεμένα μεταξύ τους, ακόμα και απλή μετακίνηση ή περιστροφή του ενός σε σχέση με το άλλο μπορεί να θέσει εκτός λειτουργίας την μονάδα.

- Σωληνώσεις νερού και αποχετεύσεων ή άλλων παροχών σπάζουν στις ενώσεις ή σε σημεία που διασχίζουν αρμούς διαστολής ή τοίχους που παραμορφώνονται, προκαλώντας μείζον πρόβλημα λειτουργίας. Υπάρχει το ενδεχόμενο να συμβεί και το αντίστροφο. Οι σωληνώσεις να είναι τόσο ισχυρές και δύσκαμπτες, ώστε αυτές καταστρέφουν τοπικά ή όχι τα λοιπά μη φέροντα (π.χ. τοιχοποιίες), αλλά και φέροντα στοιχεία του κτίσματος. Καλόν είναι για τις αποχετεύσεις να αποφεύγονται οι απλές συνδέσεις μορφής Ψ σε σεισμικές ζώνες.
- Οι συσκευές και σωληνώσεις του γκαζιού ή πετρελαίου θραύονται με άμεσο αποτέλεσμα την πρόκληση πυρκαγιάς.

Στις φωτογραφίες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι ζημιές σε διάφορα στοιχεία, όπως αναφέρθηκαν.



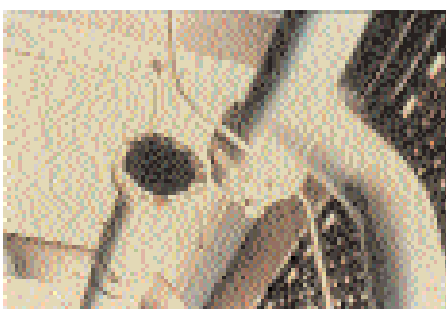
**Σχήμα 1.** Πτώση αεραγωγού, λόγω καταστροφής των αναρτήσεών του.



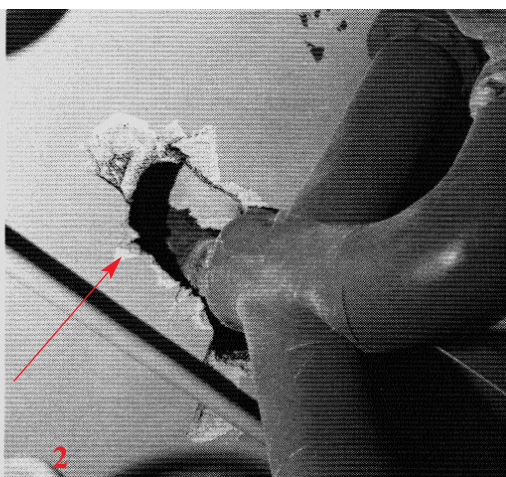
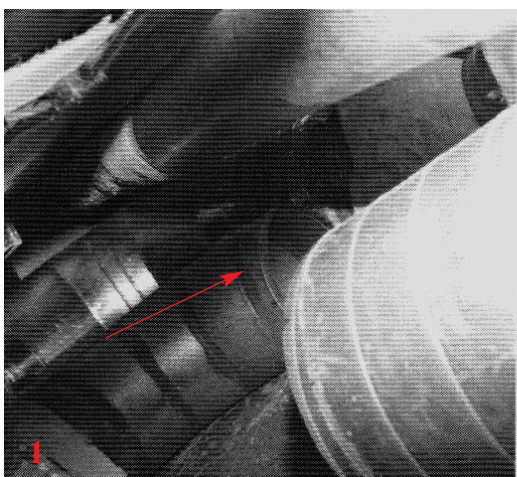
**Σχήμα 1α.** Πτώση σωληνώσεων πάνω σε αεραγωγούς, λόγω ανεπαρκούς αγκύρωσης. Κίνδυνος πρόκλησης πυρκαγιάς.



**Σχήμα 1β.** Πτώση αεραγωγού λόγω ανεπαρκούς ανάρτησης.

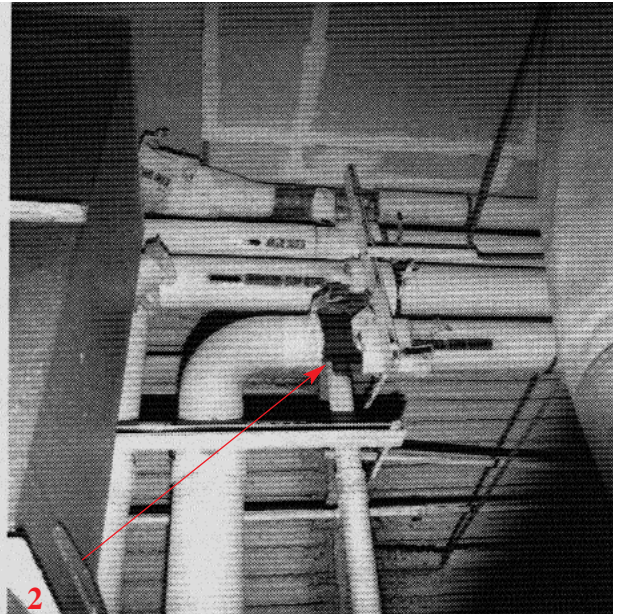
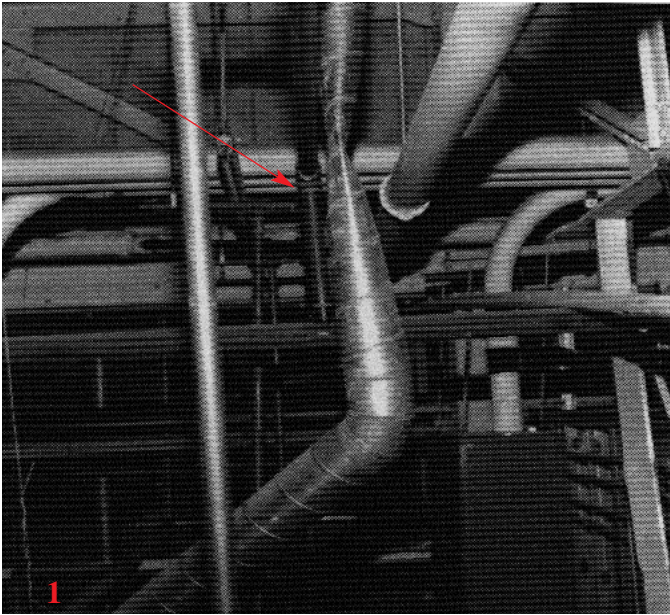


**Σχήμα 2.** Αποσύνδεση τμημάτων αγωγών.

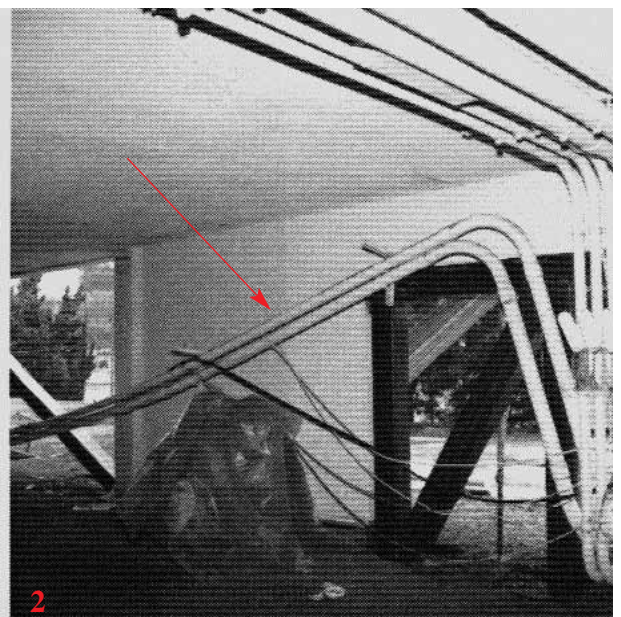
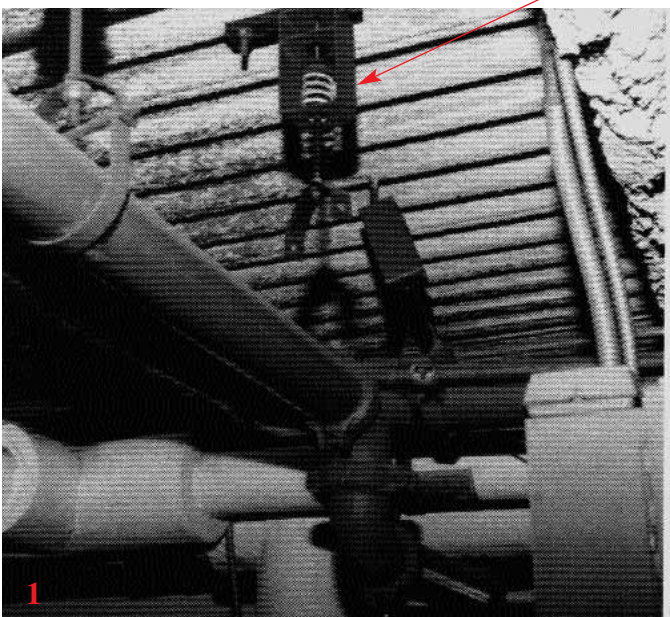


**Σχήμα 3.**  
**1.** Αποσύνδεση τμημάτων αγωγών.  
**2.** Καταστροφή διαχωριστικού τοίχου από μετακίνηση ανεπαρκώς στερεωμένων σωληνώσεων.  
 Πηγή: ATC 29-2 R. Lloyd





**Σχήμα 4.** 1. Ο αεραγωγός της εικόνας καταστράφηκε λόγω πρόσκρουσης σε γειτονικό αγωγό. 2. Καταστροφή της μόνωσης του σωλήνα λόγω πρόσκρουσης στον σκελετό ανάρτησης.



**Σχήμα 5.** 1. Η ανάρτηση του σωλήνα καταστράφηκε λόγω μη ύπαρξης διαγώνιων ενισχύσεων. Ο αεραγωγός της εικόνας καταστράφηκε λόγω πρόσκρουσης σε γειτονικό αγωγό. 2. Αγωγοί καλωδίων αποκολλήθηκαν από τις στηρίξεις τους στον τοίχο. Δεν υπήρχε ανάρτηση από την οροφή.



**Σχήμα 6.** Ο σωλήνας αποκολλήθηκε στη σύνδεση λόγω μη ύπαρξης εύκαμπτου γωνιακού τμήματος. Πηγή: ATC 29-2 R. Lloyd.

### 3.3.3.3 -1 Συστήματα κεντρικής θέρμανσης-ψύξης

Εφόσον υπάρχει σύστημα θέρμανσης που λειτουργεί με υπέρθερμο νερό ή αέρα, θα πρέπει να προβλέπεται ειδική βαλβίδα διακοπής της ροής του ρευστού, όταν η παροχή του γίνεται απρόοπτα μεγαλύτερη ενός ορισμένου ορίου.

Οι δεξαμενές καυσίμων, ανάλογα με τις απαιτήσεις σεισμικής συμπεριφοράς του κτηρίου, πρέπει να τοποθετούνται εκτός του κυρίως κτίσματος και πρέπει να περιβάλλονται με τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος, ώστε σε περίπτωση διαρροής να μην κατακλυσθούν οι παρακείμενοι χώροι, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν και στάθμες χρήσεως χαμηλότερες της στάθμης αποθήκευσης των καυσίμων. Στην είσοδο των προστατευτικών τοιχωμάτων που προαναφέρθηκαν, θα πρέπει να υπάρχουν επαρκή και κατάλληλα πυροσβεστικά μέσα. Επίσης, πρέπει να προβλέπεται ασφαλής προσπέλαση στον χώρο καυσίμων. Η σχετική είσοδος θα πρέπει να μη διασταυρώνεται με όδευση διαφυγής.

### 3.3.3.3 -2 Φυσικό αέριο (Γκάζι)

Στο σημείο σύνδεσης της εγκατάστασης φυσικού αερίου της βιομηχανίας με το δίκτυο πόλης πρέπει να παρεμβάλλεται αυτόματη βαλβίδα διακοπής της τροφοδοσίας, όταν η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση υπερβεί μια ορισμένη τιμή. Επίσης, πρέπει να προβλέπεται μηχανισμός αυτόματης διακοπής της ροής του αερίου, όταν παρουσιαστεί απρόοπτα μεγάλη αύξηση ροής.

Το σημείο σύνδεσης πρέπει να βρίσκεται σε άκαμπτο, ισχυρό, πυρασφαλή, ευδιάκριτο (με σωστή σήμανση) εύκολα προσπελάσιμο και προστατευόμενο θάλαμο. Εκεί πρέπει να υπάρχουν όλα τα απαραίτητα εργαλεία και τα κατάλληλα μέσα πυρόσβεσης. Επίσης, εκεί πρέπει να υπάρχουν σε εμφανή θέση σαφείς οδηγίες για περίπτωση σεισμού ή πυρκαγιάς και να υπάρχει φωτισμός ασφαλείας, καθώς και φακός (με επαναφορτιζόμενη μπαταρία που θα βρίσκεται πάντοτε σε κατάσταση άμεσης χρήσης). Θα πρέπει να υπάρχει πινακίδα με κατάλληλη σήμανση στην οποία θα γράφεται: «ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΕΙΣΜΟΥ ΚΛΕΙΣΤΕ ΤΟΝ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΠΑΡΟΧΗΣ – ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΦΩΤΙΑΣ». Θα πρέπει να υπάρχουν για άμεση χρήση τα τηλέφωνα Πυροσβεστικής και Πρώτων Βοηθειών. Θα πρέπει επίσης να υπάρχει σαφής ένδειξη για το ποιος είναι ο κεντρικός διακόπτης παροχής.

- Τα πλέον επικίνδυνα σημεία στην εγκατάσταση φυσικού αερίου είναι τα σημεία που απολήγουν οι παροχές, δηλαδή εκεί που αναπτύσσεται ανοιχτή φωτιά. Οι περισσότερες πυρκαγιές συμβαίνουν λόγω ανατροπής των μηχανισμών καύσεως γκαζιού κατά την διάρκεια του σεισμού. Για το λόγο αυτό πρέπει:
  - ✓ Να υπάρχει αυτόματη βαλβίδα διακοπής της παροχής εφόσον παρατηρηθεί ανατροπή του μηχανήματος καύσεως ή η παροχή αυξηθεί απρόοπτα.
  - ✓ Το μήκος, το βάρος και η ακαμψία του σωλήνα παροχής, να είναι αρκετά μικρά σε σχέση με την μάζα του μηχανήματος καύσεως, ώστε ο σωλήνας να μην το μετακινεί ή και να το ανατρέπει.
  - ✓ Το κέντρο βάρους του μηχανήματος καύσεως και η περιμετρος της βάσης του να είναι αρκετά χαμηλά, ώστε να αντέχει οριζόντια δύναμη που δρα στο κέντρο βάρους.
  - ✓ Πολύ κοντά στις θέσεις καύσεως να υπάρχουν τα κατάλληλα πυροσβεστικά μέσα.
  - ✓ Οι μηχανισμοί καύσεως να βρίσκονται μέσα σε πυρασφαλή και ισχυρό θάλαμο.
  - ✓ Όταν υπάρχει υπόγειος χώρος, η πιθανότητα να γεμίζει αυτός ο χώρος με γκάζι λόγω διαρροής της εγκατάστασης είναι αυξημένη σε περίπτωση σεισμού. Γι' αυτό όταν υπάρχουν ζημιές



στο κτήριο, επιβάλλεται η διακοπή της τροφοδοσίας της αντίστοιχης περιοχής του κτηρίου. Η διακοπή της παροχής θα πρέπει να διαρκεί μέχρις ότου διαπιστωθεί, ότι δεν υπάρχουν διαρροές και εγκλωβισμένα άτομα.

### 3.3.3.3 -3 Ηλεκτρική Ενέργεια

Λίγες είναι οι περιπτώσεις που έχουν παρατηρηθεί ζημιές λόγω σεισμού από την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στις βιομηχανίες.

Οι συνηθέστερες ζημιές αφορούν σε εγκατάλειψη συσκευών και μηχανημάτων σε λειτουργία λόγω πανικού κατά την διάρκεια του σεισμού ή η καταστροφή καλωδιώσεων μέσα στο κτήριο και η πρόκληση βραχυκυκλωμάτων.

Βεβαίως συχνές ζημιές έχουν παρατηρηθεί στις συνδέσεις του δικτύου πόλης με το κτήριο, ιδιαιτέρως όταν πρόκειται για εναέρια εγκατάσταση. Αυτό οφείλεται στην θραύση των καλωδίων είτε λόγω της αιώρησης είτε λόγω της πτώσης διαφόρων αντικειμένων είτε λόγω της θραύσης των αναρτήρων ή των αγκυρώσεων των αναρτήρων.

Εκτός από τα ειδικά ρελέ προστασίας από βραχυκυκλώματα, θα πρέπει να προβλέπεται και αντίστοιχο ρελέ προστασίας και στον κεντρικό διανομέα. Έτσι, θα διακόπτεται η παροχή ρεύματος από το δίκτυο πόλης στο σημείο σύνδεσής του με την εγκατάσταση.

### 3.3.3.3 -4 Υδροδότηση

Η υδροδότηση κατά την διάρκεια ισχυρών σεισμών παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα: επειδή ενδέχεται να υπάρξει διαρροή σε κεντρικούς αγωγούς, η πίεση του δικτύου μειώνεται και έτσι μπορεί να γίνει αναρρόφηση και μόλυνση του δικτύου. Για τους λόγους αυτούς επιβάλλεται η τοποθέτηση στις συνδέσεις του δικτύου πόλης με τους καταναλωτές, βαλβίδων αντεπιστροφής.

Καλόν είναι να υπάρχει ταμιευτήρας πόσιμου νερού σε κάποιο υψηλό σημείο και να ανανεώνεται το νερό αυτομάτως.

### 3.3.3.3 -5 Αποχετεύσεις

Οι αποχετεύσεις κατά την διάρκεια των σεισμών παρουσιάζουν προβλήματα στα σημεία σύνδεσης του κτηρίου με τον κεντρικό αγωγό. Οι στηρίξεις των σωλήνων των αποχετεύσεων με το κτήριο αστοχούν κατά την διάρκεια του σεισμού είτε λόγω κακής κατασκευής είτε λόγω της ακαμψίας των μεγάλων διατομών σωληνώσεων, όταν αυτές είναι κατασκευασμένες από χυτοσίδηρο. Επίσης προβλήματα παρουσιάζουν τα σημεία συναρμογής των σωλήνων με τα είδη υγιεινής λόγω της διαφορετικής μάζας και ακαμψίας των δύο αυτών κατασκευών.

Λόγω της σχετικώς μεγάλης διαμέτρου των σωλήνων αποχέτευσης ως προς αυτούς της ύδρευσης, η παραμόρφωση του κτηρίου από όροφο σε όροφο και του κτηρίου ως προς το περιβάλλον απαιτεί:

- εύκαμπτες συνδέσεις των διαφόρων τμημάτων των σωληνώσεων μεταξύ τους, ιδιαίτερα στις διακλαδώσεις
- μικρά μήκη των διαφόρων τμημάτων των σωληνώσεων, ώστε η κατασκευή να είναι πιο εύκαμπτη
- το υλικό κατασκευής των σωλήνων να έχει μικρό μέτρο ελαστικότητας και το υλικό κατασκευής των αρμών ακόμα μικρότερο.

- να υπάρχουν ισχυρές συνδέσεις των σωληνώσεων κατά μήκος των κατακόρυφων και οριζόντιων διαδρομών τους. Να υπάρχουν ανεξάρτητες κατά το δυνατόν στηρίξεις για κάθε σωλήνωση, ώστε η βλάβη της μιας να μην επιδρά στην άλλη.

Εφόσον μετά από σεισμό διαπιστωθεί κάπου διαρροή της αποχέτευσης, θα πρέπει να διακοπεί η χρήση της μέχρις ότου αποκατασταθεί η βλάβη. Το ίδιο ισχύει και αν η διαρροή αυτή υπήρχε και πριν συμβεί ο σεισμός. Αυτό συστήνεται για προληπτικούς λόγους, δεδομένου ότι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της μετασεισμικής περιόδου είναι οι μολυσματικές ασθένειες που οφείλονται σε κακή λειτουργία των αποχετεύσεων.

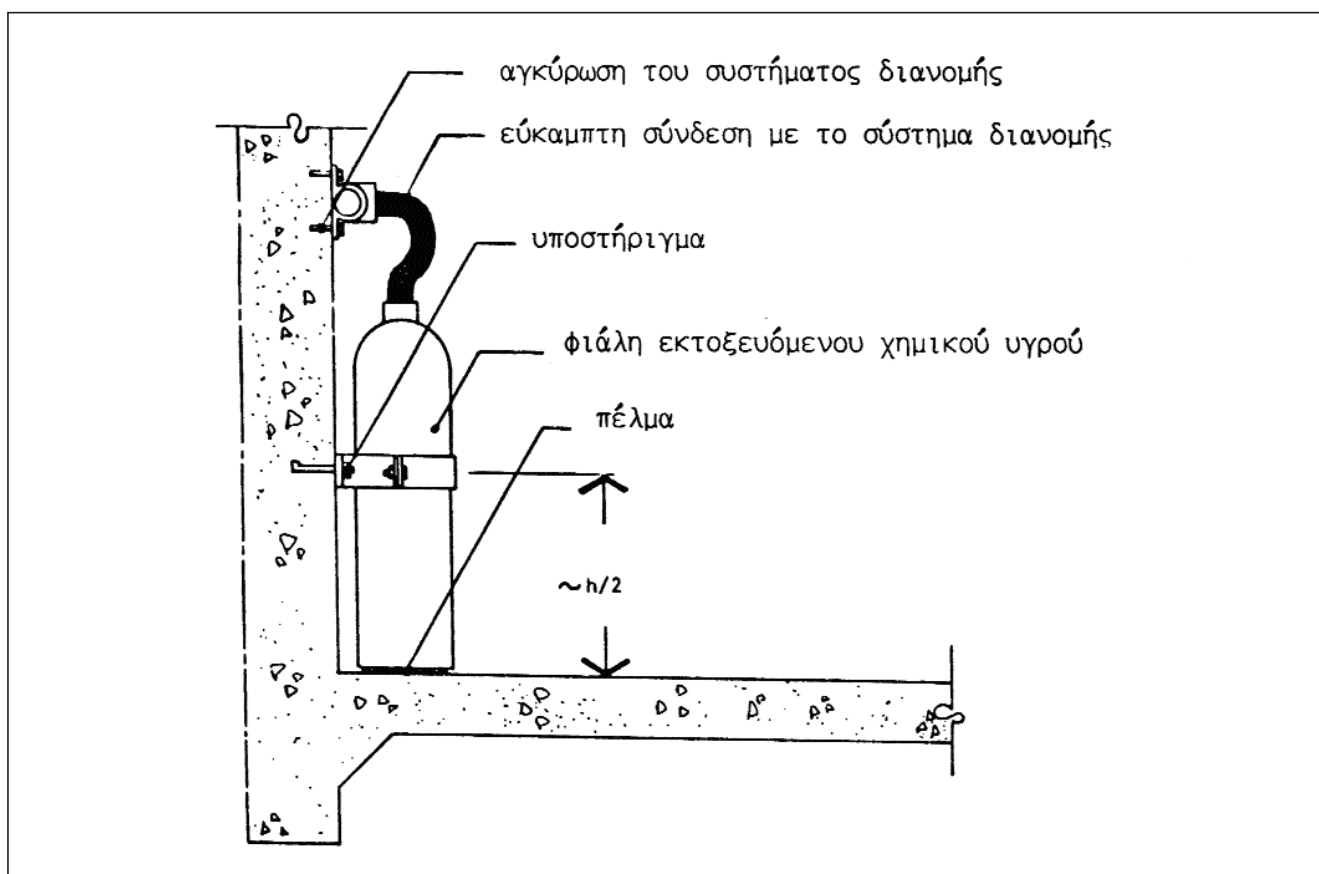
### 3.3.3.3 -6 Πυροσβεστικά δίκτυα και συναφείς εγκαταστάσεις

Τα πυροσβεστικά δίκτυα και οι συναφείς εγκαταστάσεις αποτελούν ένα από τα πλέον κρίσιμα συστήματα, που είναι απαραίτητα κατά και αμέσως μετά από μεγάλους σεισμούς.

Πρέπει να υπάρχουν τόσο στην είσοδο, όσο και στους κοινόχρηστους χώρους σχεδιαγράμματα και οδηγίες για την θέση των πυροσβεστικών μέσων.

Φωτισμός ασφαλείας επιβάλλεται να υπάρχει τόσο στις θέσεις των σχεδιαγραμμάτων όσο και στις θέσεις που υπάρχουν πυροσβεστικά μέσα χειροκίνητα, δεδομένου ότι η διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος κατά την διάρκεια ισχυρών σεισμών είναι πολύ πιθανή.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα τυπικό σκαριόφημα για την τοποθέτηση και στήριξη φιάλης με εκτοξευόμενο χημικό υγρό.



Σχήμα 1. Σύστημα πυρόσβεσης. Αυτόματος εκτοξευτής χημικών υγρών.

Εφόσον υπάρχει αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης, πρέπει να προβλέπεται να λειτουργεί και χωρίς πίεση νερού και χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην συναρμογή και στήριξη των σωληνώσεων πυρόσβεσης, όπως και των καταιονιστήρων. Θα πρέπει να μην στηρίζονται στις ψευδοροφές ή σε σημεία που παρουσιάζουν κινητικότητα, αλλά να διαθέτουν ανεξάρτητη ανάρτηση και αντισεισμική ενίσχυση. Ειδικώς οι καταιονιστήρες θα πρέπει να τοποθετούνται με προσοχή στις ψευδοροφές, με πρόβλεψη ικανού κενού ώστε να μην καταστρέφονται από την πρόσκρουσή τους με την κατασκευή της ψευδοροφής.

### 3.3.3.3 -7 Τηλεπικοινωνία

Κατά την διάρκεια του σεισμού οι πλέον συχνές βλάβες αφορούν στα εξής:

- σύνδεση των δικτύων με το κτήριο, ιδιαίτερος όταν πρόκειται για εναέρια καλώδια
- ανατροπή ή βλάβη των κιβωτίων διανομής
- θραύση των καλωδίων, λόγω της ρηγμάτωσης των τοίχων από τους οποίους διέρχονται.

Επίσης πολλές ζημιές έχουν παρατηρηθεί στις κεραίες δεκτών ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (τηλεοράσεων-ασυρμάτων τηλεπικοινωνιών).

Ειδικές προδιαγραφές ως προς τις εγκαταστάσεις των τηλεπικοινωνιών, αναλόγως των απαιτήσεων της σεισμικής συμπεριφοράς κάθε κτηρίου, παρέχονται από τους αντίστοιχους κανονισμούς.

### 3.3.3.4 Σωληνώσεις στο εσωτερικό του κτηρίου

Οι Η/Μ παροχές στο εσωτερικό του κτηρίου περιλαμβάνουν:

- συστήματα σωληνώσεων
- αγωγούς μεταφοράς αερίων
- καλωδιώσεις ηλεκτρικών παροχών.

### 3.3.3.4 -1 Συστήματα σωληνώσεων. Γενικά

Αυτού του είδους συστήματα περιλαμβάνουν σωληνώσεις, που τροφοδοτούν συστήματα πυρόσβεσης ή τροφοδοτούν καταιονιστήρες πυρόσβεσης, σωληνώσεις παροχής ψυχρού και ζέοντος ύδατος που τροφοδοτούν μηχανολογικά συστήματα, σωληνώσεις παροχής πόσιμου ύδατος, σωληνώσεις αποχέτευσης, καύσιμων υλικών και γενικά κάθε είδους σωληνώσεις που τροφοδοτούν μηχανήματα.

Οι σωληνώσεις δεν υφίστανται μεγάλες ζημιές από τον σεισμό, παρά μόνο στην περίπτωση που συνδέουν στοιχεία με διαφορετική συμπεριφορά.

Βασικές αρχές για την εγκατάσταση των σωληνώσεων, ώστε να προστατεύονται από τις συνέπειες του σεισμού περιγράφονται κατωτέρω.

- Πρόβλεψη αντικραδασμικών συνδέσμων στην κατά μήκος και κατά πλάτος κατεύθυνση για όλους τους σωλήνες με διάμετρο μεγαλύτερη των 2 ½ ''.
- Όχι χρησιμοποίηση διακλαδούμενων γραμμών για υποστήριξη ή σύνδεση μεγάλων σωληνώσεων.
- Όταν οι σωλήνες αναρτώνται με αναρτήσεις που απομονώνουν τις ταλαντώσεις, η σύνδεση μεταξύ τους να γίνεται με σφιγκτήρες.

- Κατά διαστήματα της διαδρομής των σωληνώσεων, όταν αυτή είναι μεγάλου μήκους και στα σημεία σύνδεσης ή διακλαδώσεων να τοποθετούνται ειδικά τεμάχια μορφής S ή U ή εύκαμπτα τμήματα, για να αποφεύγεται θραύση ή αποσύνδεση.
- Να προβλέπονται εύκαμπτοι σύνδεσμοι όταν οι σωλήνες περνούν από εκτεταμένες συνδεσμολογίες ή όταν οι υποστηριζόμενοι σωλήνες συνδέονται με εξοπλισμό που διαθέτει μόνωση έναντι των ταλαντώσεων.
- Άκαμπτες σωληνώσεις να μη στηρίζονται σε δομικά στοιχεία με διαφορετική συμπεριφορά, π.χ. σε τοίχο κινητό ή εύκαμπτο και σε άκαμπτη οροφή ή δοκάρια.

Τα διάφορα δομικά στοιχεία έχουν διαφορετική παραμορφωσιμότητα το ένα από το άλλο. Όταν η στήριξη του σωλήνα είναι συνεχής και στα δύο γειτονικά δομικά στοιχεία, τότε η οποιαδήποτε σχετική παραμόρφωση του ενός δομικού στοιχείου ως προς το γειτονικό του έχει ως άμεση συνέπεια είτε την καταστροφή των στηρίξεων είτε την καταστροφή του σωλήνα (π.χ. αποχετεύσεις, ύδρευση, αέρια κ.λπ.). Όταν παρόμοια στήριξη δεν μπορεί να αποφευχθεί, θα πρέπει να προβλέπονται ειδικά τεμάχια εκτόνωσης παραμορφώσεων (π.χ. μορφής S ή U ή άλλα βιομηχανοποιημένα) όπου οι σωληνώσεις διασχίζουν γειτονικά δομικά στοιχεία ή αρμούς διαστολής, στις θέσεις αλλαγής στοιχείου.

- Σωληνώσεις που διασταυρώνονται με συνδέσμους T ή +, πρέπει να αποφεύγονται σε σεισμικές περιοχές. Εάν αυτό είναι αδύνατο, πρέπει να χρησιμοποιούνται στις διασταυρώσεις πρόσθετες συνδέσεις S ή U.
- Οι οριζόντιες σωληνώσεις των εγκαταστάσεων καλό είναι να προβλέπονται πάνω από τις ψευδοροφές κατάλληλα στερεωμένες (ανηρητημένες) από την οροφή.
- Επιθυμητό είναι να αποφεύγονται τελείως οι ψευδοροφές, όπου είναι δυνατόν, γιατί κρύβουν ελαττώματα, κακοτεχνίες και επικίνδυνα σημεία και δεν παρέχεται η δυνατότητα άμεσου ελέγχου μετά από τον σεισμό. Αν πρέπει να τοποθετηθεί, να επιλέγεται ψευδοροφή ανοικτού τύπου, που δίνει την δυνατότητα οπτικής επιθεώρησης των υπερκείμενων εγκαταστάσεων.
- Οι σωληνώσεις στις οριζόντιες διαδρομές τους θα πρέπει να τοποθετούνται σε δική τους ειδική φέρουσα κατασκευή (ειδικό κανάλι) αναρτημένο από την πλάκα οροφής.
- Όπου είναι δυνατό, να επιδιώκεται να αφήνονται οι σωληνώσεις ορατές ακόμα και στην όψη του κτηρίου με κατάλληλη αισθητική διαμόρφωση, ώστε αμέσως να εντοπίζεται κάθε σημείο αστοχίας.
- Να αποφεύγεται ο εγκιβωτισμός σε τοίχους ή δάπεδα που κατά την παραμόρφωσή τους θα προκαλέσουν θραύση των σωλήνων ή καταστροφή του αντίστοιχου δομικού στοιχείου. Ακόμη περισσότερο δεν πρέπει να εγκιβωτίζονται μέσα σε φέροντα στοιχεία (υποστυλώματα, τοιχώματα, δοκούς, πλάκες) από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Οι οπές που αφήνονται στα δομικά στοιχεία για να διέλθουν σωληνώσεις, θα πρέπει να έχουν διαστάσεις μεγαλύτερες από την διάμετρο του σωλήνα, ώστε να επιτρέπουν διαφορικές κινήσεις.
- Σωληνώσεις ενσωματωμένες σε χωρίσματα, πρέπει να στηρίζονται στο ίδιο φέρον στοιχείο με το χωρίσμα, για να αποφεύγονται διαφορετικές μετακινήσεις κατά την διάρκεια του σεισμού. Επίσης, θα πρέπει να εξασφαλίζεται η πλήρης συνεργασία της συμπεριφοράς σε περίπτωση σεισμού, του χωρίσματος και της σωληνώσεως που βρίσκεται στο σώμα του χωρίσματος, με τις κατάλληλες στηρίξεις.
- Υπόψη θα πρέπει να λαμβάνεται και η κατακόρυφη ταλάντωση και σχετική παραμόρφωση των δομικών στοιχείων στα οποία στηρίζονται οι σωληνώσεις, όπως π.χ. πλακών στο μέσον τους ή προβόλων.
- Κατά διαστήματα της διαδρομής των σωληνώσεων, όταν αυτή είναι μεγάλου μήκους και στα ση-



μεία σύνδεσης ή διακλαδώσεων να τοποθετούνται εύκαμπτα τμήματα ή τεμάχια μορφής S ή U για να αποφεύγεται θραύση ή αποσύνδεση.

- Αυτόματες βαλβίδες διακοπής πρέπει να προβλέπονται για την απομόνωση των τμημάτων που παρουσιάζουν αυξημένη τρωτότητα.

Τέτοιου είδους αυτόματες βαλβίδες θα πρέπει να τοποθετούνται σε όλες τις παροχές φυσικού αερίου και άλλων εύφλεκτων υλικών και σε τμήματα κατασκευών που παρουσιάζουν αυξημένη τρωτότητα.

### 3.3.3.4 -2 Αντισεισμική προστασία σωληνώσεων

Οι αστοχίες που παρατηρούνται κατά τον σεισμό στις σωληνώσεις, αφορούν κυρίως στην διαφορική κίνηση μεταξύ κυρίων αγωγών και των διακλαδώσεών τους και στα σημεία σύνδεσης αγωγού και μηχανήματος. Ζημιές, επίσης, παρατηρούνται στα σημεία σύνδεσης τμημάτων του αγωγού.

Η βασική αρχή για την αντισεισμική προστασία των σωληνώσεων είναι:

Τα συστήματα των σωληνώσεων πρέπει να στερεώνονται στην κατασκευή κατά τρόπο που να εξασφαλίζει ότι **κάθε μετακίνηση της σωληνώσεως βρίσκεται σε συμφωνία σε φάση με την μετακίνηση της κατασκευής στην οποία είναι στερεωμένη.**

Το είδος των σεισμικών ενισχύσεων και η πυκνότητα τοποθέτησής τους εξαρτάται από την αντοχή του σωλήνα, το μέγεθος των αναμενόμενων παραμορφώσεων, το βάρος του, τις στηρίξεις του, το είδος των ενισχύσεων και τους περιορισμούς που επιβάλλει η κατασκευή από την οποία εξαρτώνται. Για παράδειγμα, χαλύβδινοι ή χάλκινοι σωλήνες με συγκολλημένες ενώσεις συμπεριφέρονται ικανοποιητικά στον σεισμό και απαιτούν αραιότερες ενισχύσεις από ότι σωλήνες από PVC και χαλύβδινοι ή χάλκινοι σωλήνες με βιδωτές ενώσεις. Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι κάθε είδους συνδέσεις μορφής Ψ, χωρίς αυτογενή συγκόλληση, πρέπει να αποφεύγονται σε σεισμικές ζώνες.

Ένας τρόπος αποφυγής ζημιών στις σωληνώσεις είναι να τοποθετούνται, όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην κατασκευή.

### 3.3.3.4 -3 Μέθοδοι αντισεισμικής προστασίας των ανηρτημένων σωληνώσεων

Ο καλός σχεδιασμός των αντισεισμικών προστατευτικών κατασκευών των ανηρτημένων σωληνώσεων προστατεύει από ζημιές τόσο τους σωλήνες και τους συνδέσμους τους, όσο και τα γειτονικά σ' αυτούς στοιχεία.

Οι απαιτήσεις για αντισεισμική ενίσχυση των σωληνώσεων και των αγωγών μπορούν να καταταχθούν σε δύο επίπεδα σεισμικής ασφάλειας.

1. Το πρώτο επίπεδο αφορά σε ζημιές που δεν αναφέρονται στον ίδιο τον σωλήνα, αλλά στις στηρίξεις του. Εξαιτίας τέτοιων ζημιών ο σωλήνας μπορεί να μετακινηθεί από την θέση του ή να πέσει και να τραυματίσει άτομα ή να προκαλέσει ζημιές σε άλλα στοιχεία.
2. Το δεύτερο επίπεδο, αφορά σε ζημιές στον ίδιο τον σωλήνα και τις συνδέσεις του, που μπορεί να προκαλέσουν διαρροές του περιεχομένου του, το οποίο ενδέχεται να είναι τοξικό ή βλαβερό ή να διακόψουν την παροχή υγρών ή αερίων απαραίτητων για την λειτουργία της εγκατάστασης ή του συστήματος πυρόσβεσης.

Ο σχεδιασμός της αντισεισμικής ενίσχυσης ενός συστήματος σωληνώσεων ή αγωγών αφορά:

- α) στον σχεδιασμό του τύπου των ενισχύσεων οι οποίες είτε διατίθενται στο εμπόριο είτε μπορούν να γίνουν με ιδιοκατασκευή
- β) στην θέση που αυτές οι ενισχύσεις πρέπει να τοποθετηθούν.

Μια κατάλληλα σχεδιασμένη ενίσχυση πρέπει να προβλέπει:

- α) την μορφή της η οποία πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μεταφέρει τις δυνάμεις στην φέρουσα κατασκευή, χωρίς να καταπονείται ο σωλήνας
- β) τον τρόπο στερέωσής της πάνω στον σωλήνα και
- γ) τον τρόπο στερέωσής της στην φέρουσα κατασκευή.

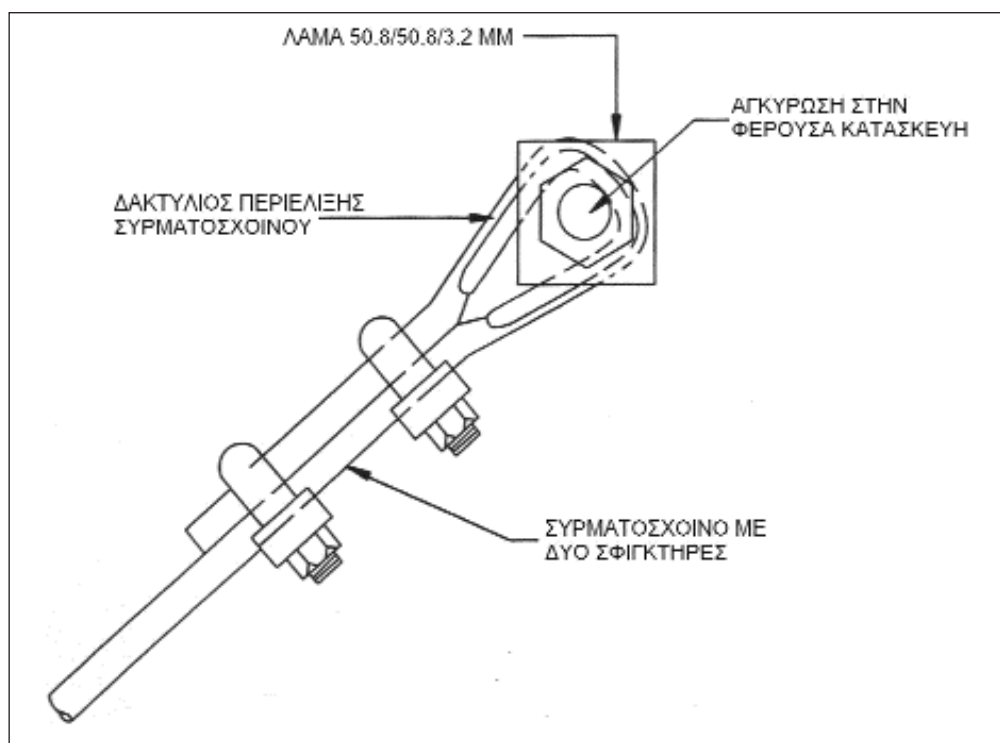
### Η ενίσχυση

Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι αντισεισμικής ενίσχυσης των αναρτήσεων των σωληνώσεων είναι με στοιχεία σιδηρογωνιών, με άκαμπτα κανάλια σωληνώσεων (strut channels) ή με ασάλινα συρματόσχοινα.

Οι αγωγοί σωληνώσεων και οι σιδηρογωνιές αποτελούν άκαμπτες κατασκευές και απαιτούν μικρότερο αριθμό ενισχύσεων, παρουσιάζουν όμως μεγαλύτερη δυσκολία κατά την εφαρμογή, ιδιαίτερα σε χώρους πάνω από ψευδοροφές, όπου συνωστιζονται πολλές εγκαταστάσεις.

Οι ενισχύσεις με συρματόσχοινα είναι πιο ευέλικτες στην εφαρμογή, απαιτούν όμως σχεδόν διπλάσιο αριθμό ενισχύσεων απ' ότι οι άκαμπτες. Οι ενισχύσεις αυτού του είδους όμως, δεν παρέχουν προστασία έναντι κίνησης προς τα άνω και υπάρχουν περιπτώσεις ανεπιθύμητης συμπεριφοράς.

Στο σχήμα που ακολουθεί εικονίζεται μια τυπική σύνδεση του άκρου του συρματόσχοινου με την φέρουσα κατασκευή.



Σχήμα 1. Στήριξη ενίσχυσης με συρματόσχοινο στην φέρουσα κατασκευή.

### Η σύνδεση της ενίσχυσης με τον σωλήνα

Η σύνδεση της ενίσχυσης με τον σωλήνα ή τον αγωγό μπορεί να γίνεται με λάμες λυγισμένες υπό γωνία, στις οποίες ανοίγονται οπές για να βιδωθούν πάνω στο κολάρο ανάρτησης του σωλήνα ή στο δικτύωμα (mesh tray) ή στο άκαμπτο κανάλι (strut channel) που φέρει τις σωληνώσεις.

Ένας τρόπος σύνδεσης της ενίσχυσης στον σωλήνα ή τον αγωγό εικονίζεται στα σχ. 2 και 3.

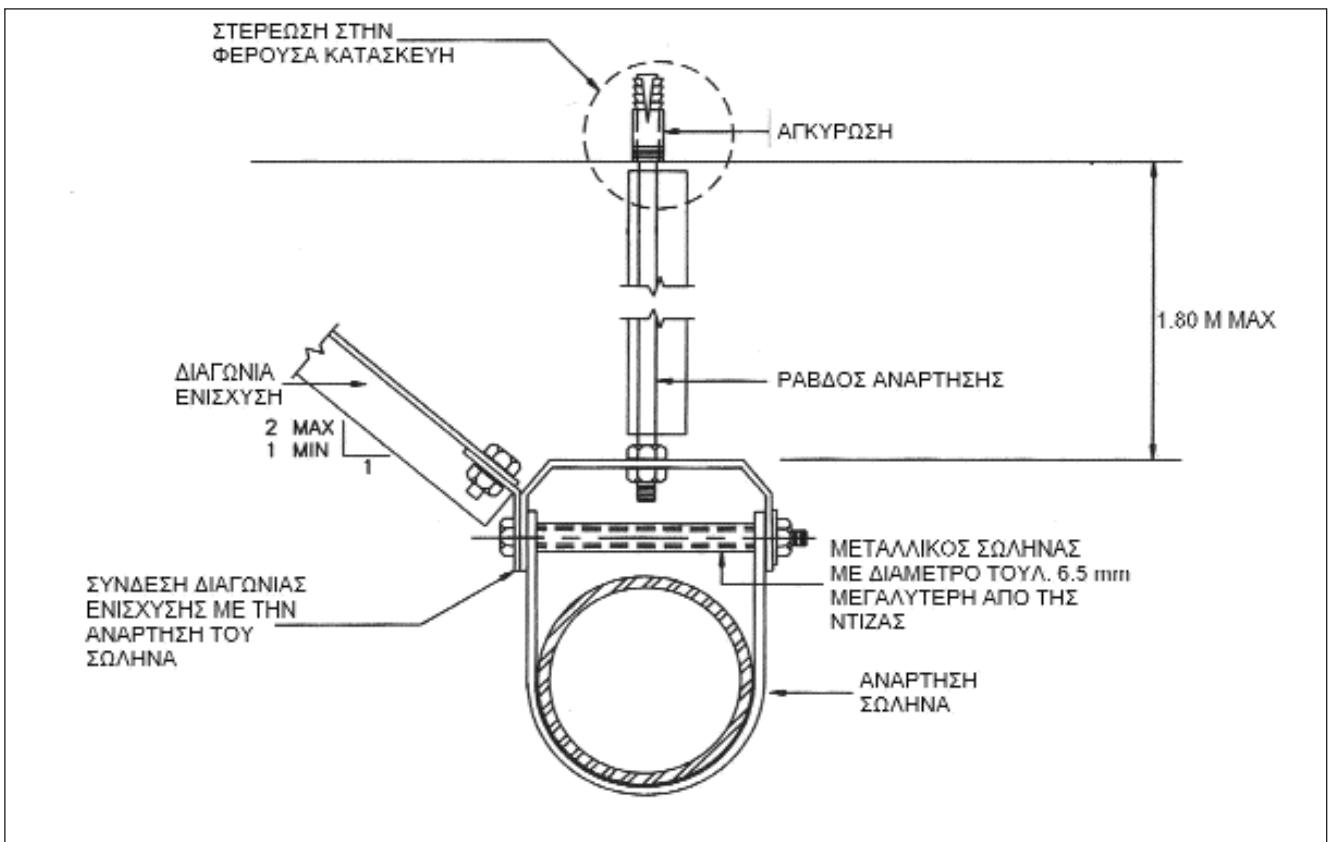
### Η σύνδεση της ενίσχυσης με την φέρουσα κατασκευή του κτηρίου

Αυτή η σύνδεση συνήθως αποτελείται από ένα στοιχείο συνδέσμου κατάλληλα αγκυρωμένου στην κατασκευή. Όταν το φέρον στοιχείο αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα, ένας συνήθης τρόπος είναι να στερεώνονται πάνω σ' αυτό σιδηρογωνιές με εκτονούμενα βύσματα (UPAT πακτώσεως). Ο αριθμός των αγκυριών που απαιτούνται είναι ανάλογος των δυνάμεων που αναμένεται να προκύψουν από τον σεισμό και του βάρους του σωλήνα που στηρίζουν. Ο τύπος των αγκυριών θα μελετηθεί από τον μηχανικό της κατασκευής.

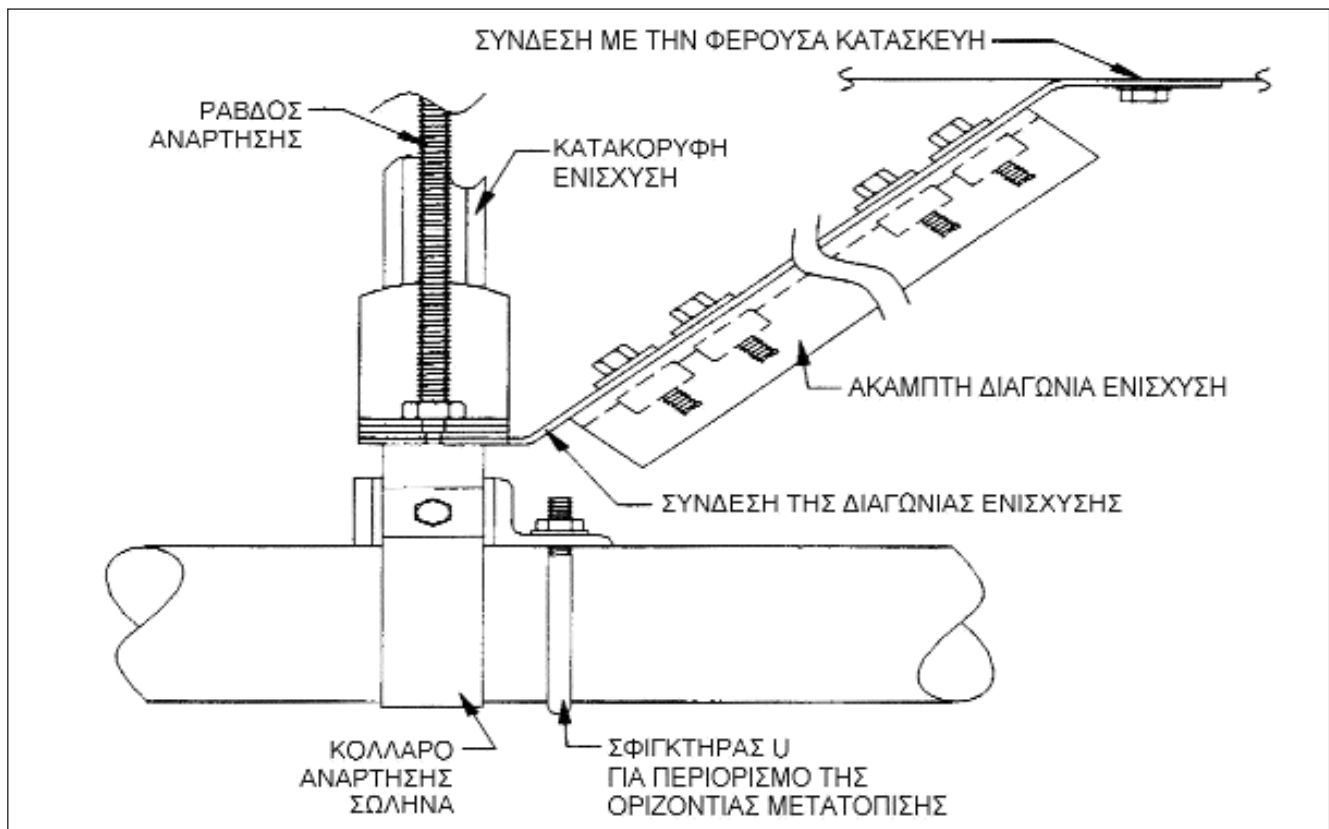
Οι κατακόρυφες διαδρομές των σωληνώσεων, που διαπερνούν ή στερεώνονται σε στοιχεία της κατασκευής πρέπει να διαθέτουν μηχανισμούς στήριξης που να επιτρέπουν κατακόρυφη μετατόπιση ανεξάρτητη της κατασκευής. Στα σχήματα που ακολουθούν εικονίζονται τέτοιου είδους στηρίξεις.

### Οριζόντιες διαδρομές σωληνώσεων

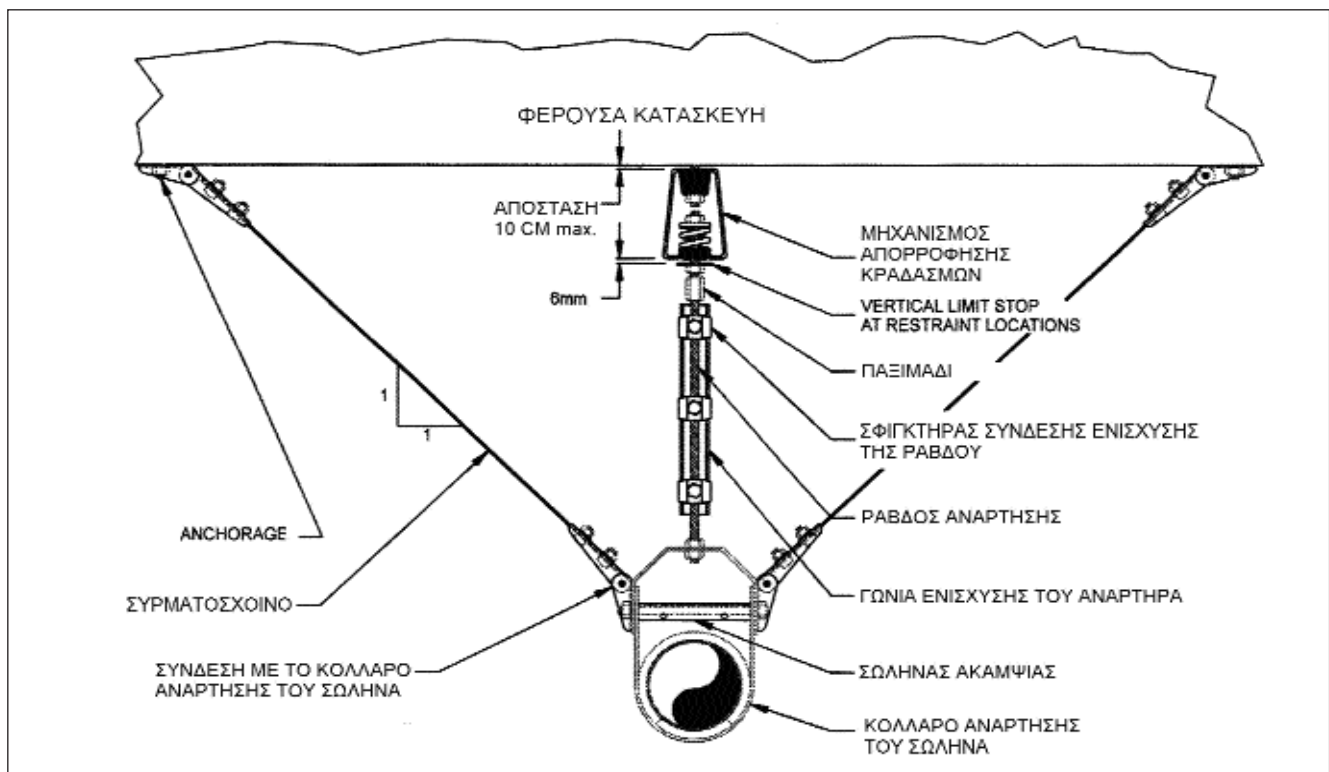
Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζονται τρόποι αντισεισμικής προστασίας των ανηρημένων σωληνώσεων στις οριζόντιες διαδρομές τους.



Σχήμα 2. Άκαμπτη διαγώνια ενίσχυση και ανάρτηση σωλήνα, εγκάρσια τομή.

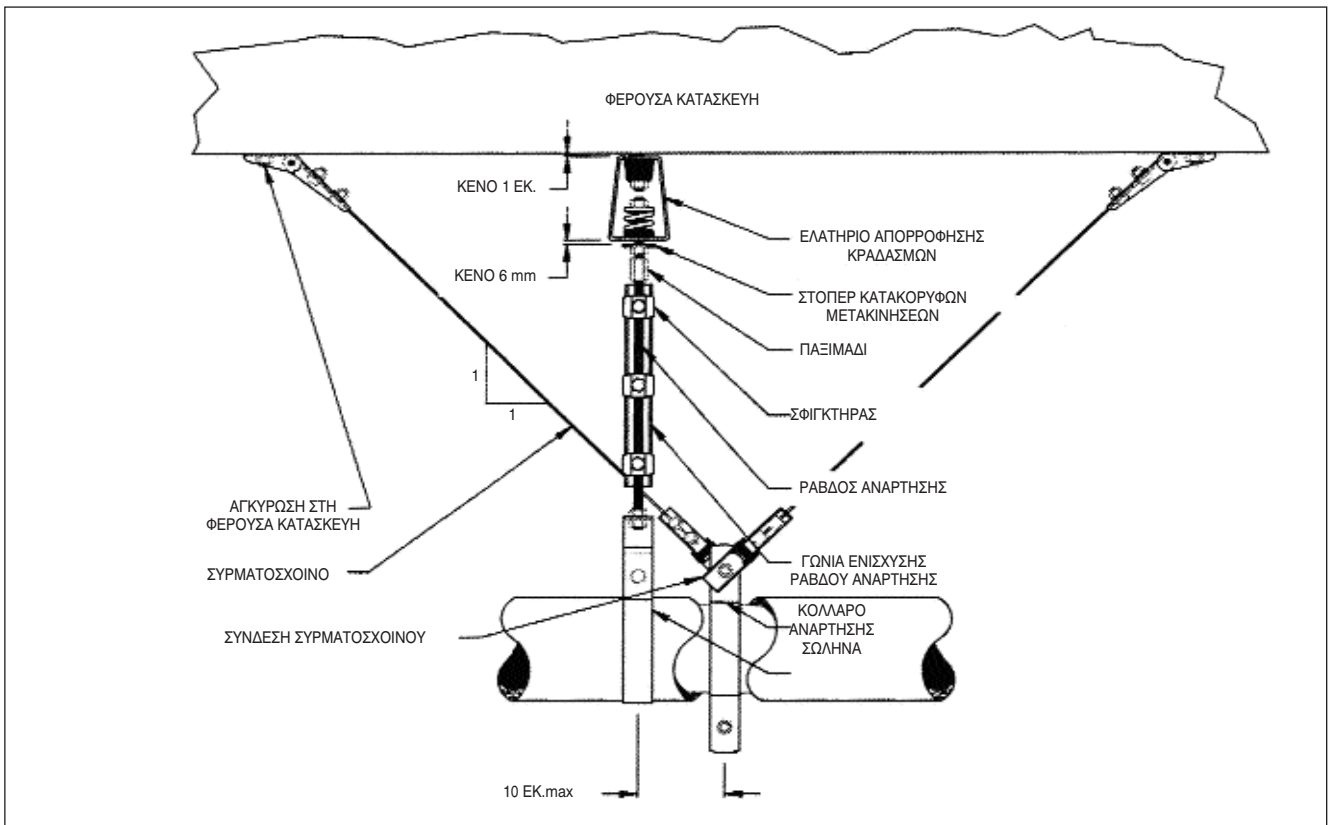


Σχήμα 2α. Ακαμπτη διαγώνια ενίσχυση και ανάρτηση σωλήνα, κατά μήκος τομή. Πηγή: ATC 29-2.

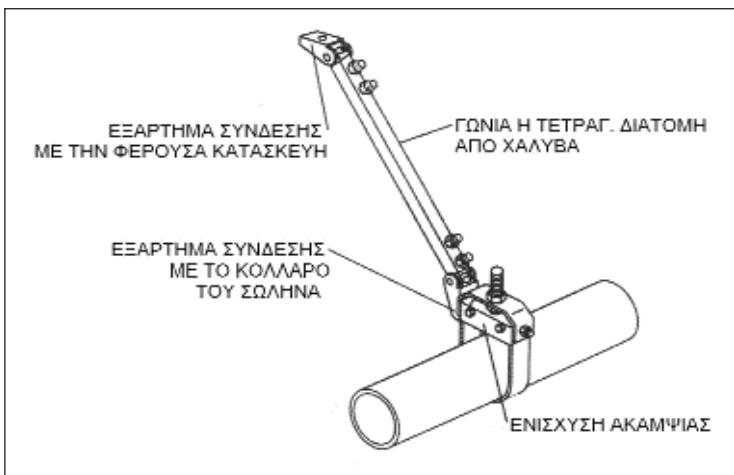


Σχήμα 3. Ανάρτηση σωλήνα με διαγώνια ενίσχυση με συρματόσχοινα και μηχανισμό απορρόφησης κραδασμών. Εγκάρσια τομή. Πηγή: ATC 29-2.



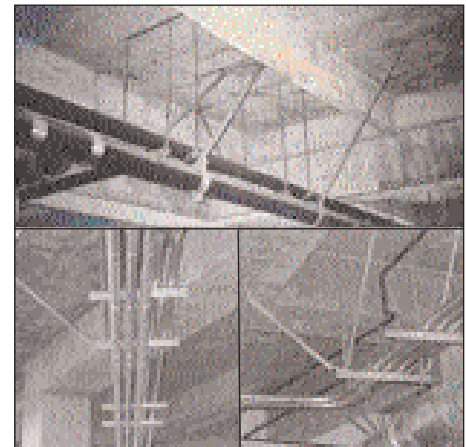


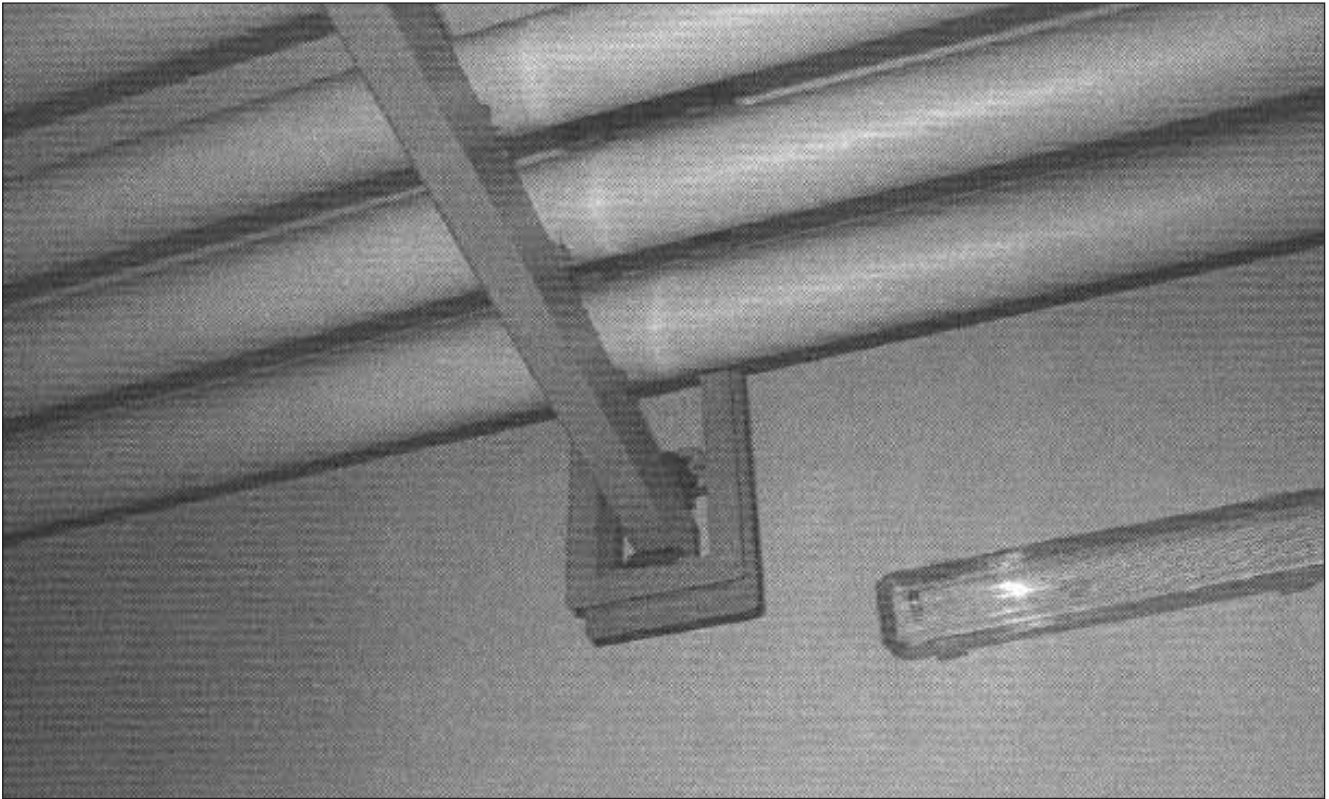
**Σχήμα 4.** Ανάρτηση οριζώντιου σωλήνα με διαγώνιες ενισχύσεις από συρματόσχοινα και με μηχανισμό απορρόφησης κραδασμών. Κατά μήκος όψη. Πηγή: ATC 29-2.



**Σχήμα 5.** Ακαμπτη διαγώνια ενίσχυση. Πηγή: ATC 29-2.

**Σχήμα 6.** Ακαμπτες αναρτήσεις και διαγώνιες στηρίξεις οριζώντιων σωληνώσεων. Πηγή: ATC 29-2.





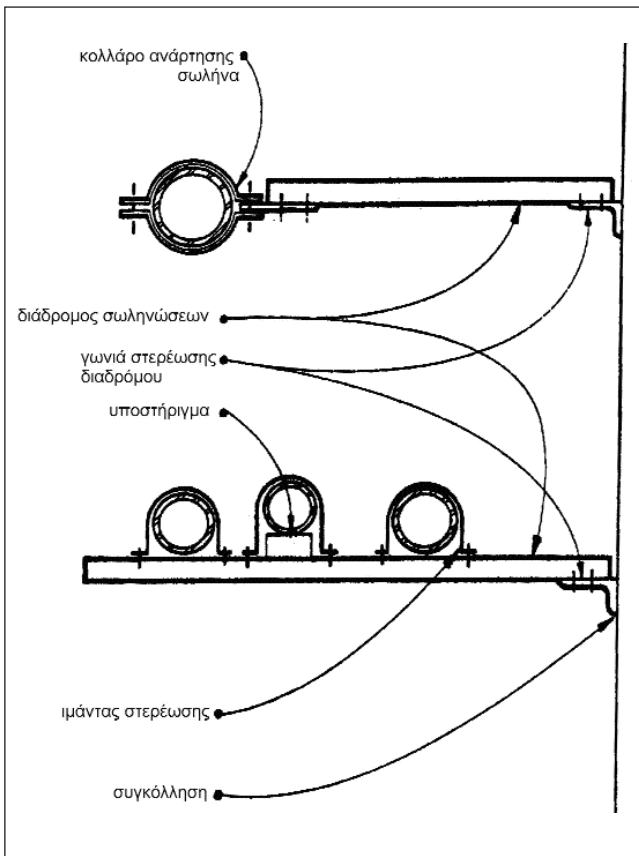
**Σχήμα 7.** Στήριξη σωληνώσεων εφοδιασμένη με μηχανισμό απορρόφησης κραδασμών.



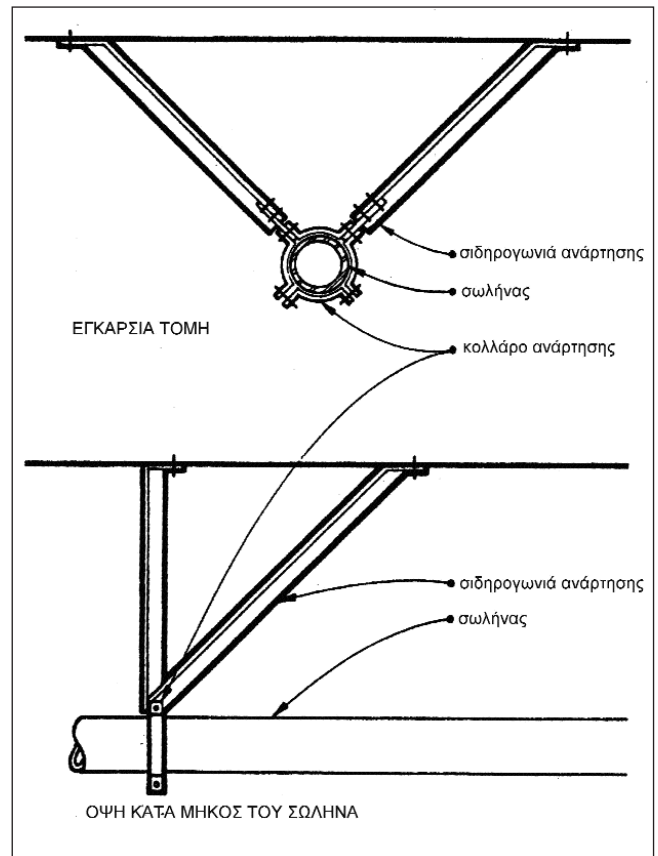
**Σχήμα 8.** Ενίσχυση με συρματόσχοινα.



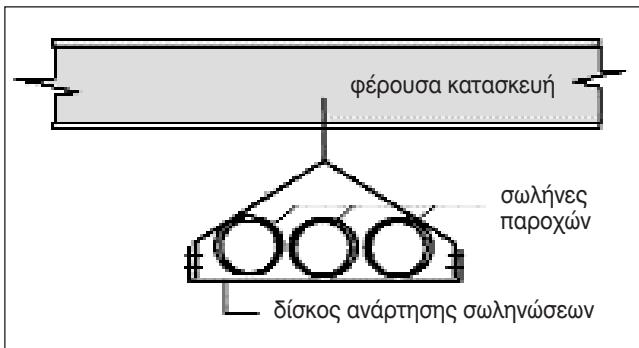
**Σχήμα 9.** Εύκαμπτη σύνδεση.



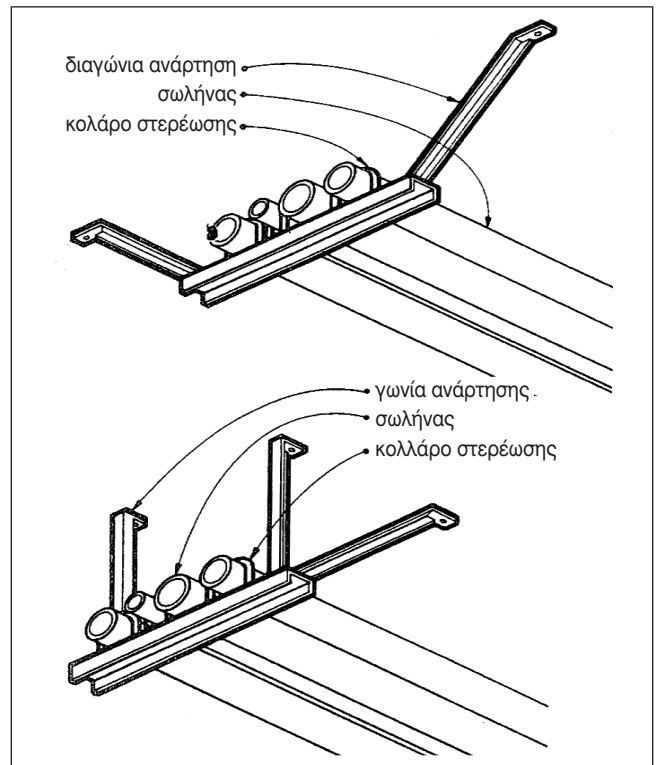
**Σχήμα 10.** Ανάρτηση ή εδραση σωλήνων σε ειδικό διάδρομο-δίσκο. Πηγή: FEMA handbook.



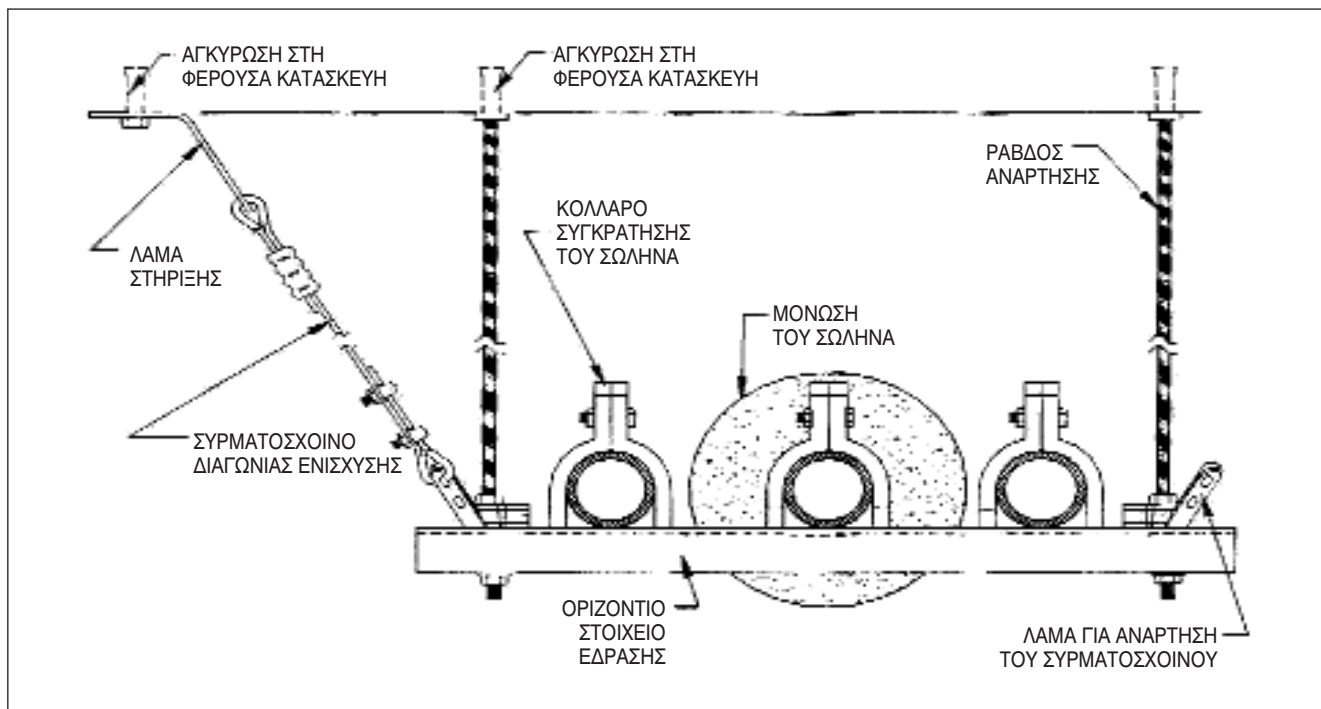
**Σχήμα 11.** Ανάρτηση οριζώντιου σωλήνα. Πηγή: FEMA handbook.



**Σχήμα 12.** Δίσκος καλωδίων ή σωληνώσεων. Πηγή: FEMA handbook.

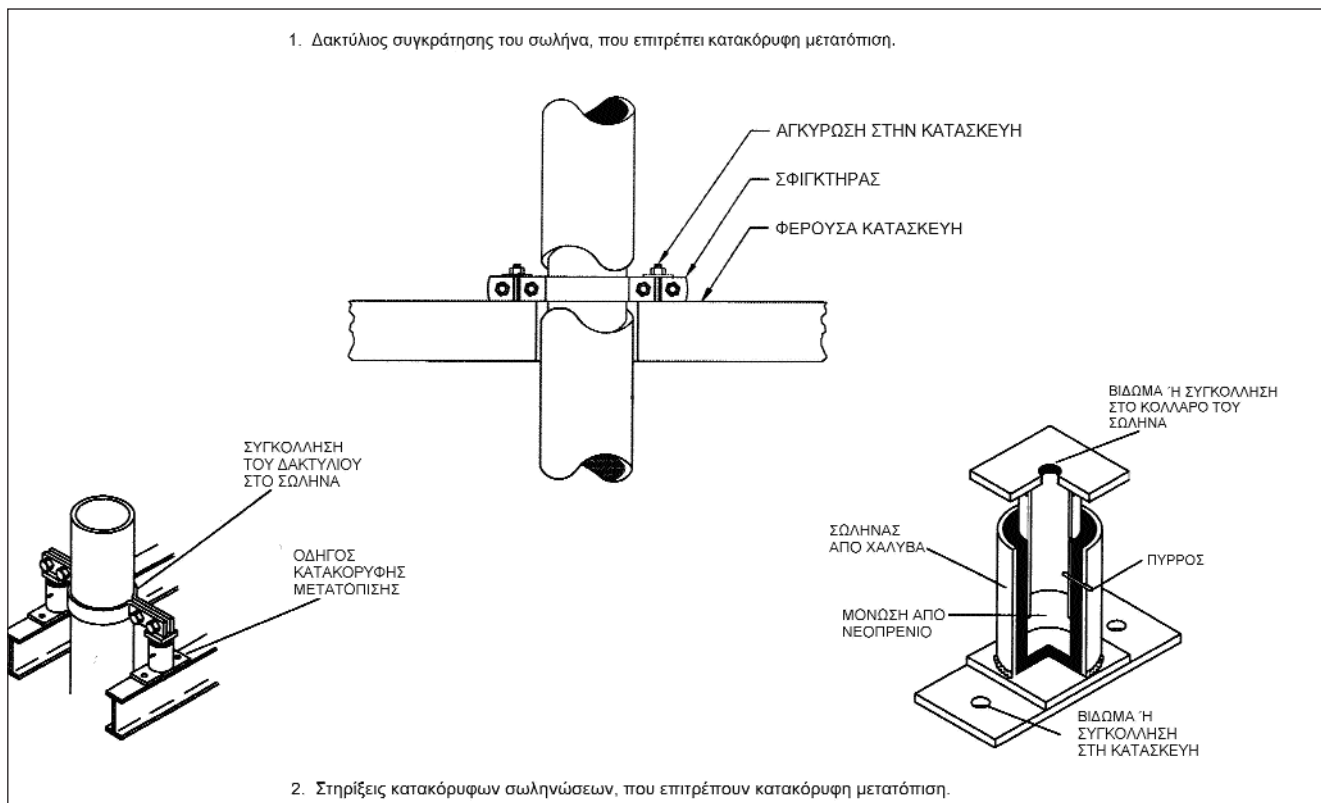


**Σχήμα 13.** Εναλλακτικοί τρόποι αντισεισμικής ανάρτησης οριζόντιων σωληνώσεων. Πηγή: FEMA handbook.



Σχήμα 14. Διάφορες σωληνώσεις εδραζόμενες σε οριζόντια ανηρτημένη βάση, με διαγώνια ενίσχυση με συρματόσχοινα.

### Κατακόρυφες διαδρομές σωληνώσεων



Σχήμα 15. Διατάξεις που επιτρέπουν κατακόρυφη μετατόπιση του σωλήνα.

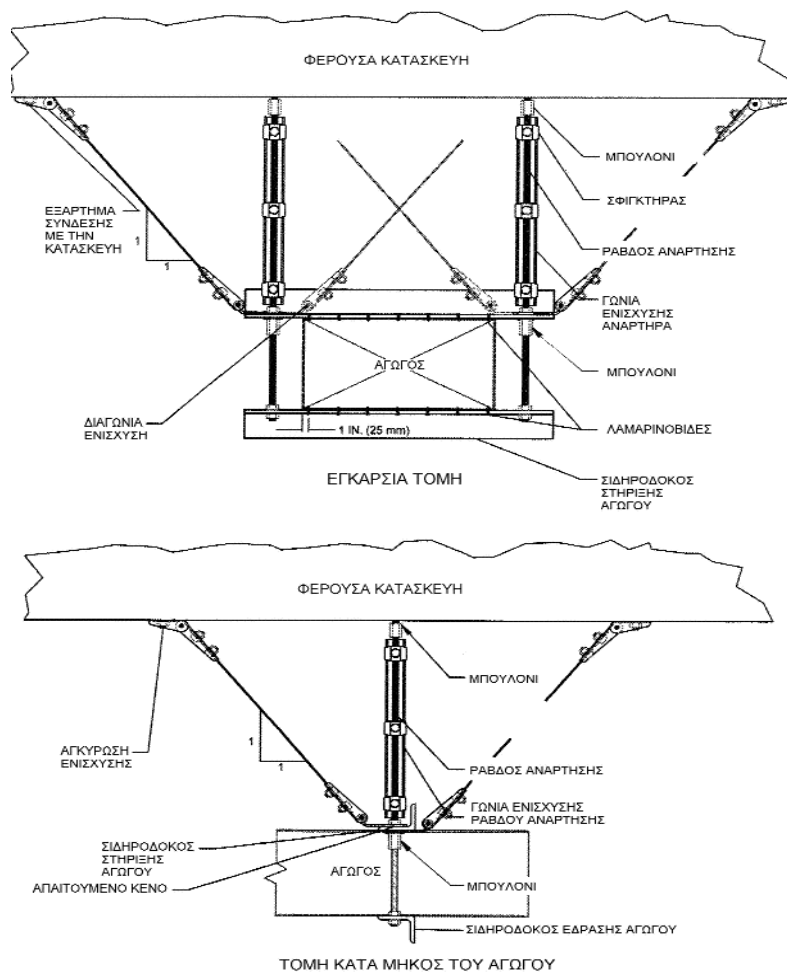


### 3.3.3.4 -4 Αγωγοί μεταφοράς αερίων

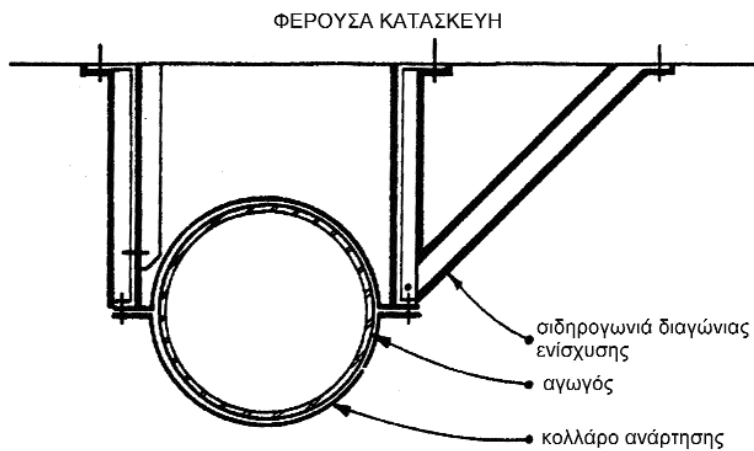
Σ' αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται αγωγοί κλιματισμού ή μεταφοράς άλλων αερίων και τα προσαρμοσμένα σ' αυτούς στόμια. Οι αγωγοί από λαμαρίνα συνήθως αναρτώνται με λάμες που βιδώνονται κατ' ευθείαν πάνω στον αγωγό. Μπορεί ακόμα να εδράζονται σε οριζόντιες μεταλλικές δοκούς, που με τη σειρά τους αναρτώνται με κατακόρυφες μεταλλικές ράβδους (βλ. σχ. 3 και σχ. 4).

- Όλοι οι ορθογωνικοί αγωγοί με επιφάνεια διατομής μεγαλύτερη των  $0.55 \text{ m}^2$  και κυκλικοί με διάμετρο μεγαλύτερη των 70 cm πρέπει να φέρουν σεισμική ενίσχυση.
- Εγκάρσιες ενισχύσεις (που να περιορίζουν την εγκάρσια στον αγωγό κίνηση) πρέπει να τοποθετούνται σε κάθε στροφή του αγωγού, και σε κάθε τέλος διαδρομής του αγωγού και ανά αποστάσεις τουλάχιστον 9 m αξονικά.
- Διαμήκεις ενισχύσεις (που να περιορίζουν την κατά μήκος του αγωγού κίνηση) θα πρέπει να τοποθετούνται ανά αποστάσεις τουλάχιστον 18 m αξονικά.
- Δεν απαιτείται σεισμική ενίσχυση αν ο αγωγός απέχει 30 cm ή λιγότερο από την φέρουσα οροφή και οι ειδικές λωρίδες ανάρτησης είναι στερεωμένες στην άνω του επιφάνεια.

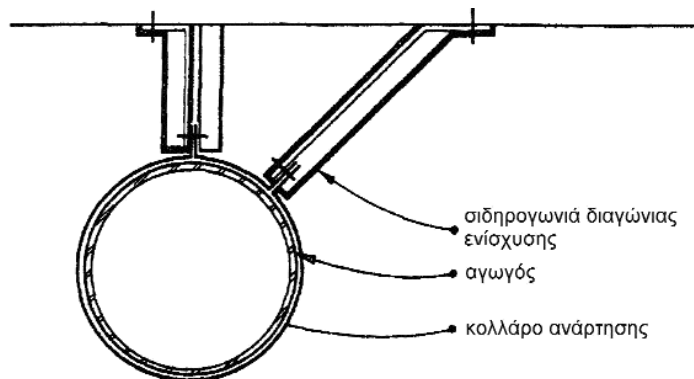
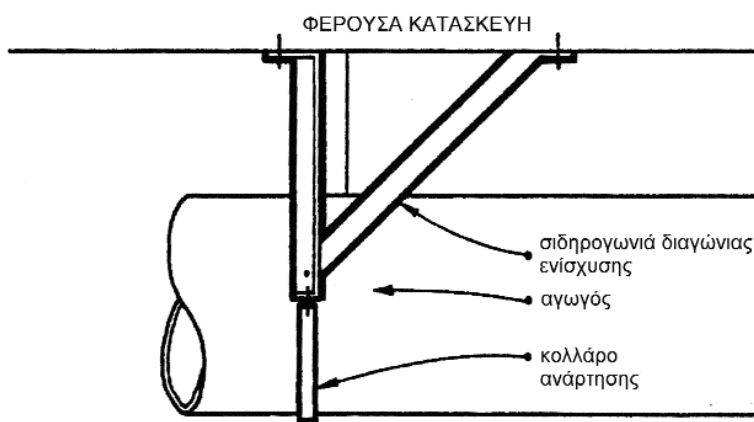
Στα σχήματα που ακολουθούν εικονίζονται διάφορες μέθοδοι ανάρτησης αγωγών.



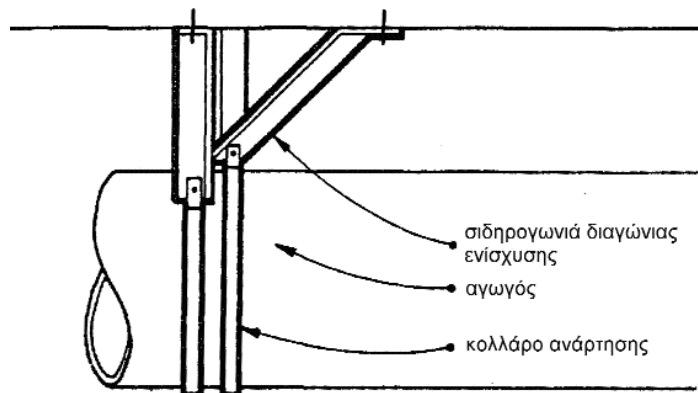
Σχήμα 16. Ανάρτηση αγωγού με αντισεισμικές διαγώνιες ενισχύσεις.

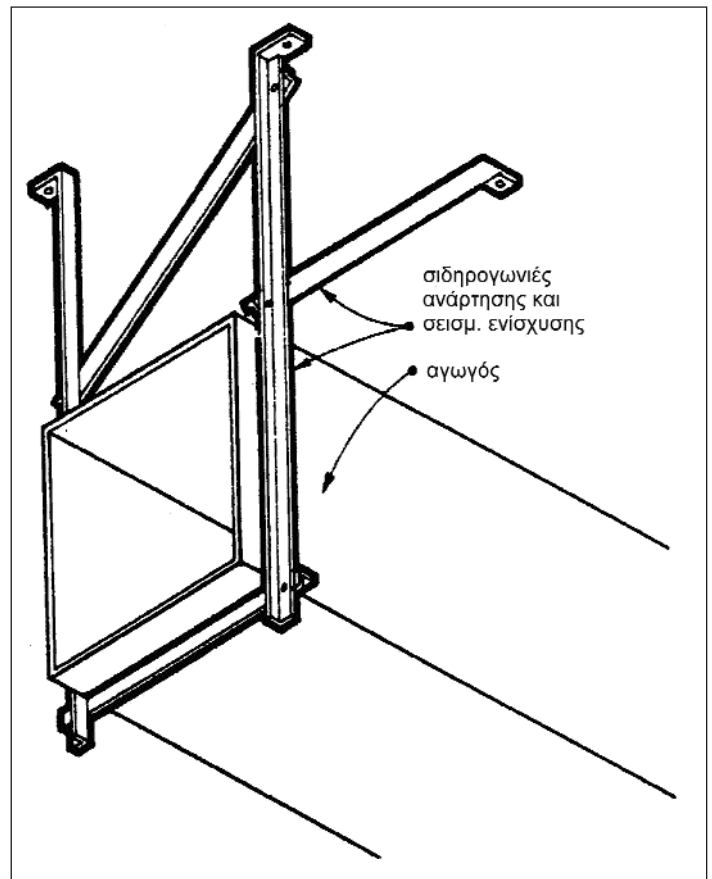


Σχήμα 17. Ακαμπτη ανάρτηση αγωγού μεγάλης διαμέτρου.

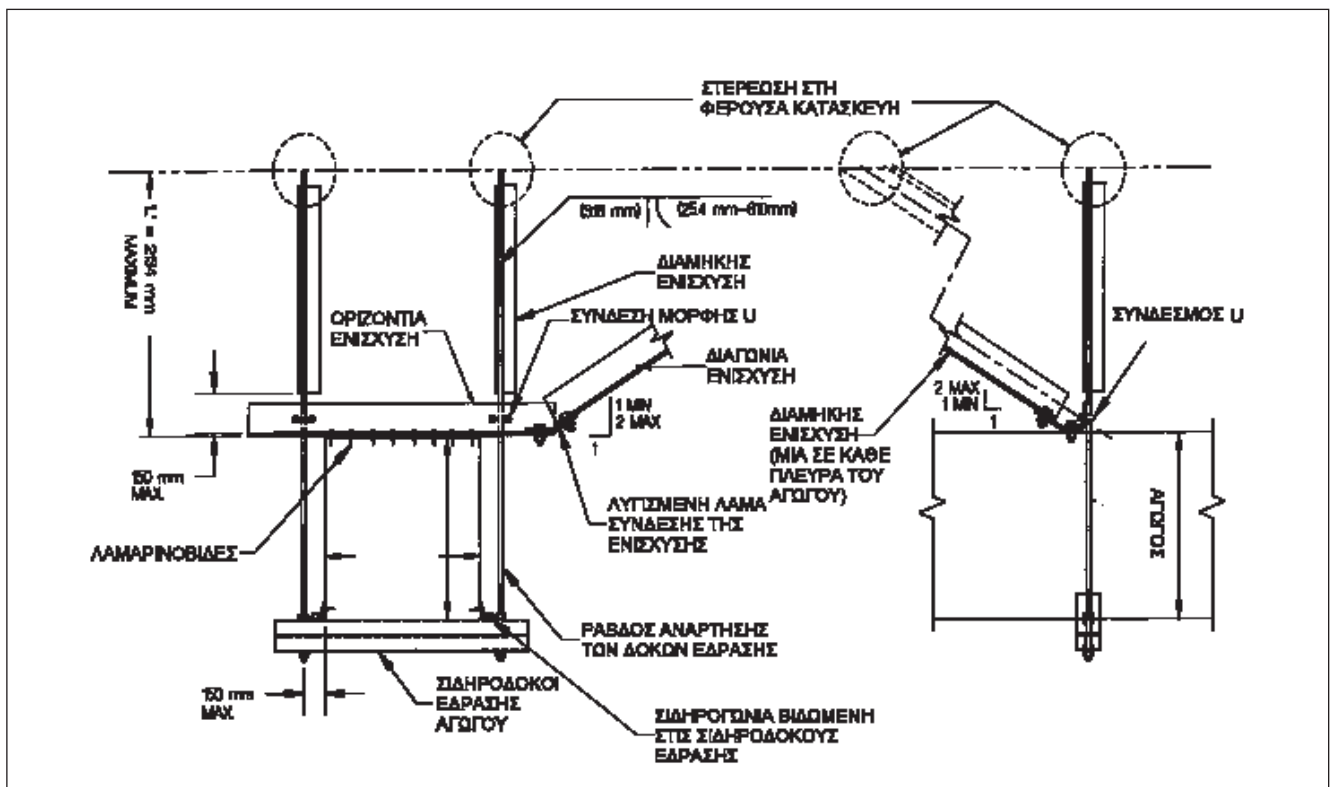


Σχήμα 18. Ακαμπτη ανάρτηση αγωγού μικρής διαμέτρου.

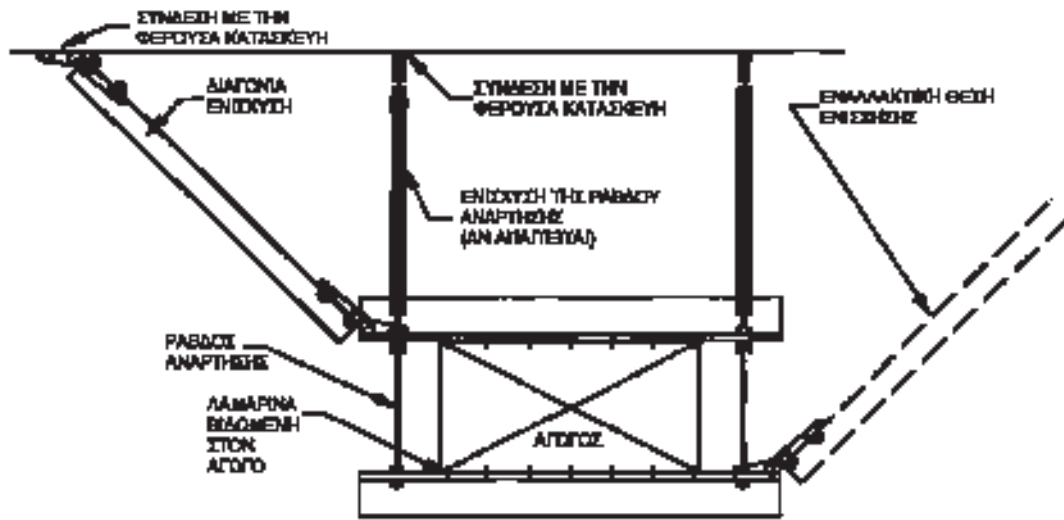




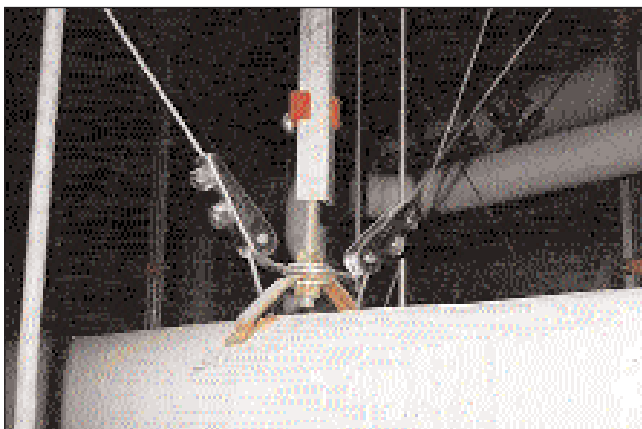
Σχήμα 19. Ανάρτηση και σεισμική ενίσχυση ορθογώνιου αγωγού.



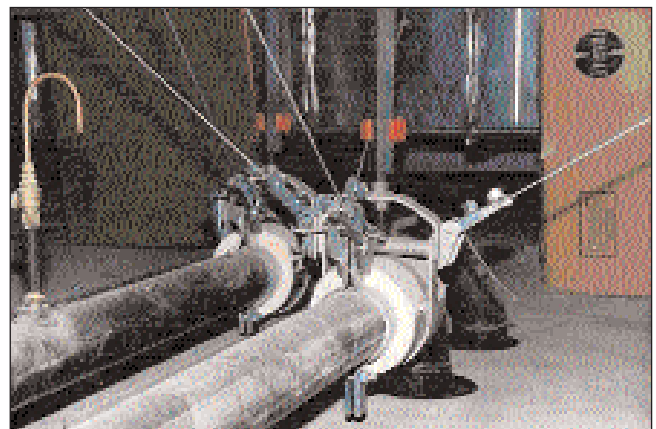
Σχήμα 20. Τρόπος ανάρτησης και αντισεισμικής ενίσχυσης ορθογώνιου αεραγωγού.



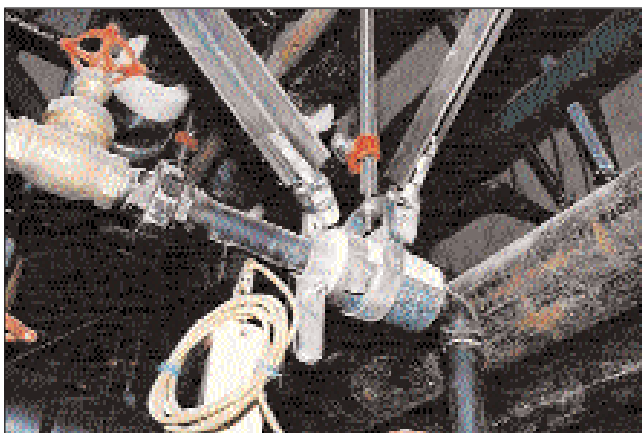
Σχήμα 21. Ανάρτηση και ενίσχυση ορθογώνιου αεραγωγού.



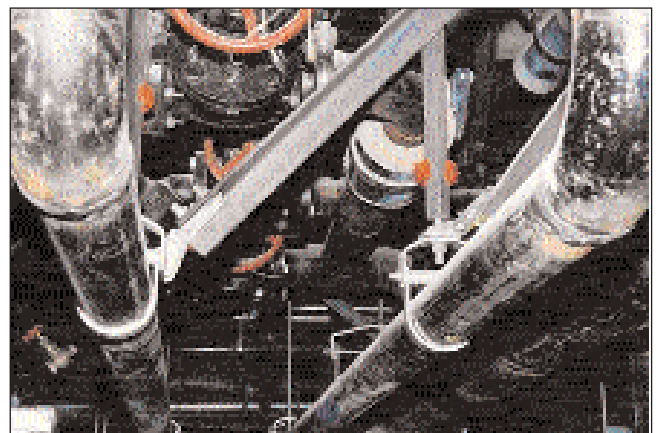
Σχήμα 22. Άκαμπτη ανάρτηση αγωγού μικρής διαμέτρου.



Σχήμα 23. Ανάρτηση σωλήνα που φέρει μόνωση και διαγώνια ενίσχυση με συρματόσχοινα.

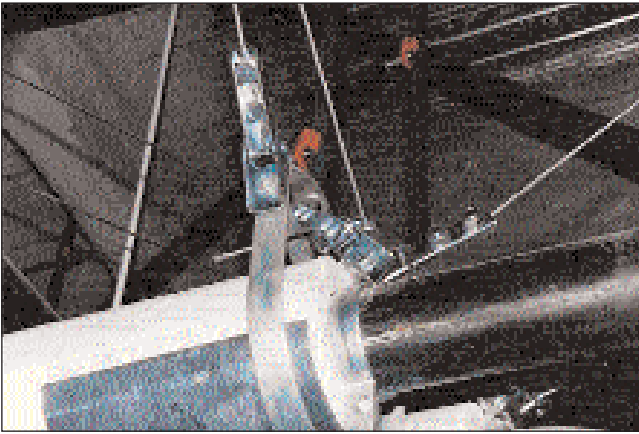


Σχήμα 24. Ανάρτηση σωλήνα που φέρει μόνωση και άκαμπτη διαγώνια ενίσχυση.



Σχήμα 25. Ανάρτηση σωλήνων με άκαμπτη ανάρτηση και διαγώνιες ενισχύσεις.





**Σχήμα 26.** Προστασία της μόνωσης του σωλήνα στο σημείο της ανάρτησης.

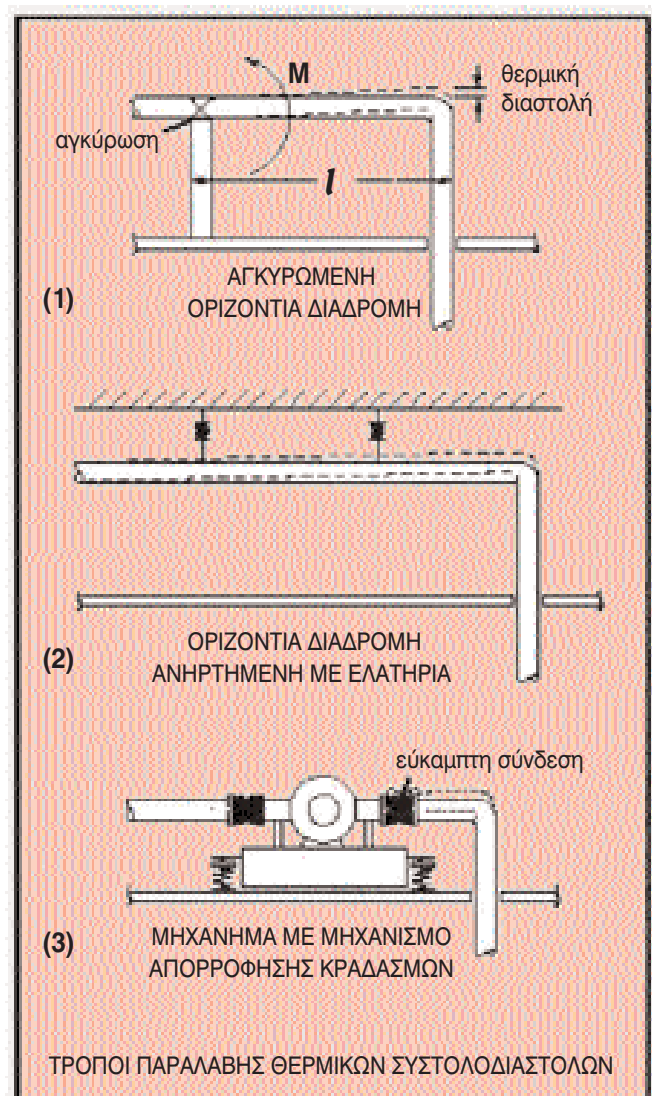
### Σωληνώσεις και αγωγοί ανηρτημένοι με σύστημα απορρόφησης κραδασμών.

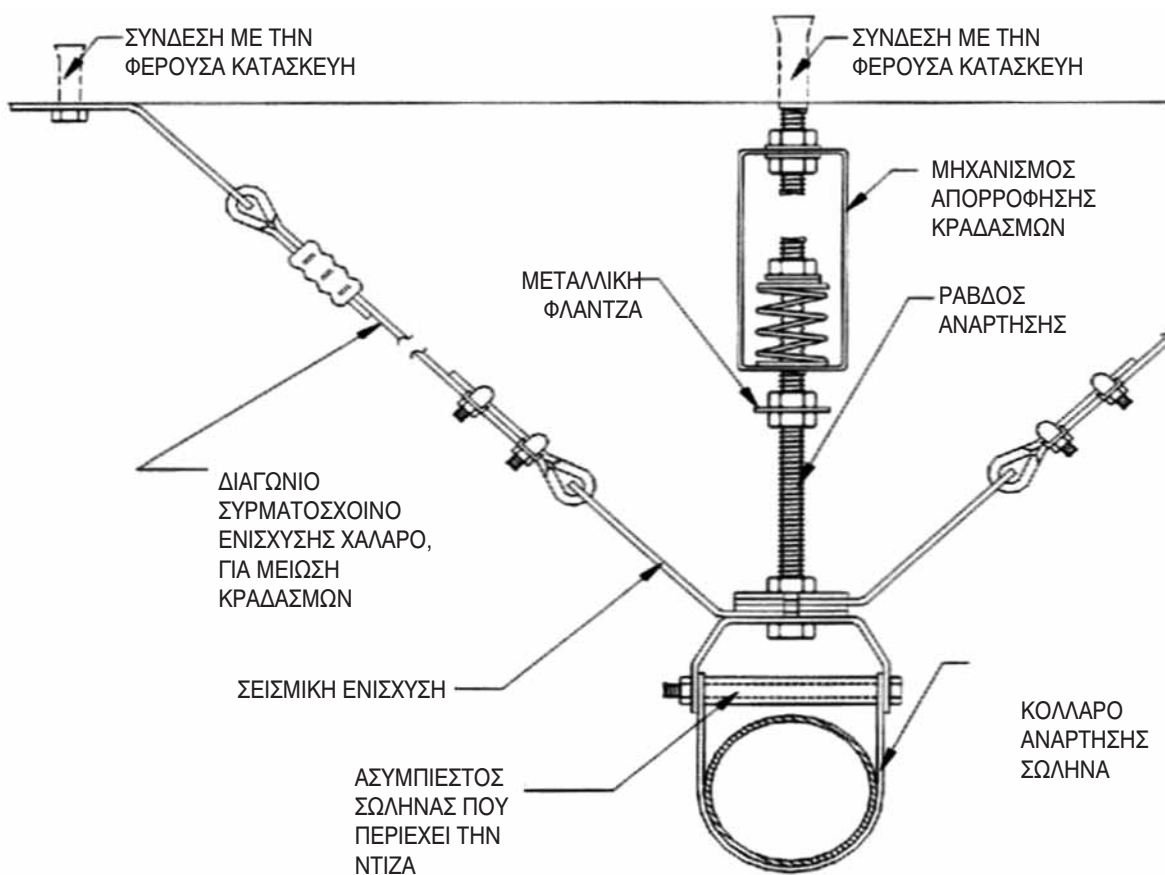
Οι σωληνώσεις και οι αγωγοί πρέπει να εφοδιάζονται με συστήματα απορρόφησης κραδασμών, ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση θορύβου, ή να εξασφαλίζεται ασφαλής στήριξη, καθώς ο σωλήνας ή ο αγωγός υφίσταται θερμικές συστολοδιαστολές.

Στο σχήμα που ακολουθεί εικονίζονται τέτοιες διατάξεις σωληνώσεων.

**Σχήμα 27.** Τρόπος παραλαβής θερμικών συστολοδιαστολών μέσω αναρτήσεων με ελατήρια ή εύκαμπτων συνδέσεων.

Για την προστασία από την ταλάντωση σ' αυτές τις περιπτώσεις ανηρτημένων σωληνώσεων και αγωγών, χρησιμοποιούνται χαλαρά, εφελκυσόμενα μόνον καλώδια για τις διαγώνιες ενισχύσεις. Τα καλώδια πρέπει να αφήνονται χαλαρά, ώστε να μην δημιουργούν προβλήματα στη μετάδοση του θορύβου ή των κραδασμών, όχι όμως πολύ χαλαρά, ώστε να επιτρέπουν ταλάντωση. Συνήθως, ένα τέντωμα των καλωδίων με το χέρι χωρίς μεσολάβηση μηχανικών μέσων εξασφαλίζει τον απαιτούμενο βαθμό χαλαρότητας. Η ανάρτηση του σωλήνα θα πρέπει να γίνεται κάτω από το επίπεδο των αντικραδασμικών αναρτήσεων (βλ. σχήμα).

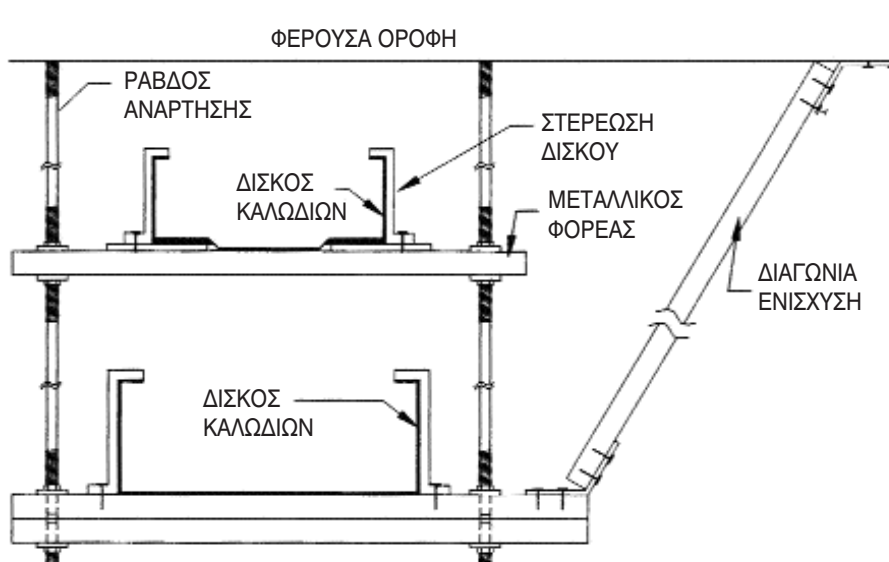




**Σχήμα 28.** Ανάρτηση και σεισμική ενίσχυση με διαγώνια συρματόσχοινα σωλήνα εφοδιασμένου με σύστημα απορρόφησης κραδασμών.

### 3.3.3.4 -5 Ηλεκτρικές καλωδιώσεις

Τα ηλεκτρικά καλώδια είναι ελαφρά και εύκαμπτα στοιχεία και δεν κινδυνεύουν από τον σεισμό, παρά μόνον στα σημεία σύνδεσής τους με το μηχάνημα το οποίο τροφοδοτούν. Καλόν είναι πολλές καλωδιώσεις να συγκεντρώνονται και να φέρονται σε ειδικούς οριζόντιους δίσκους. Όταν οι δίσκοι αυτοί έχουν μεγάλο μήκος και αναρτώνται σε αρκετό ύψος από την οροφή, υπόκεινται σε ταλάντωση και απαιτούν σεισμική ενίσχυση.

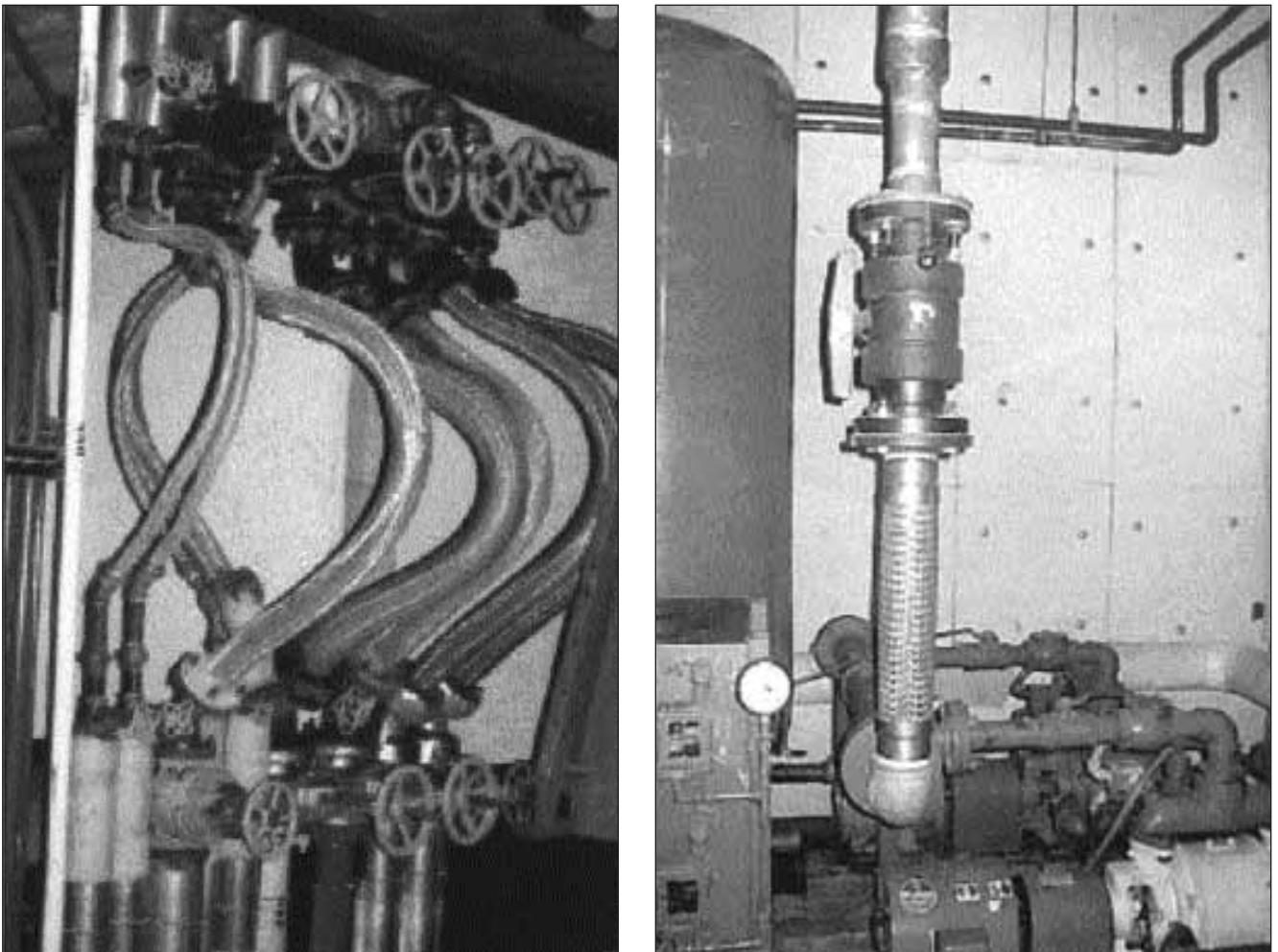


**Σχήμα 29.** Πολυεπίπεδο σύστημα ανάρτησης καλωδίων. Δεν εικονίζεται η δεύτερη διαγώνια ενίσχυση.

### Συνδέσεις των σωληνώσεων μεταξύ τους και με το μηχάνημα

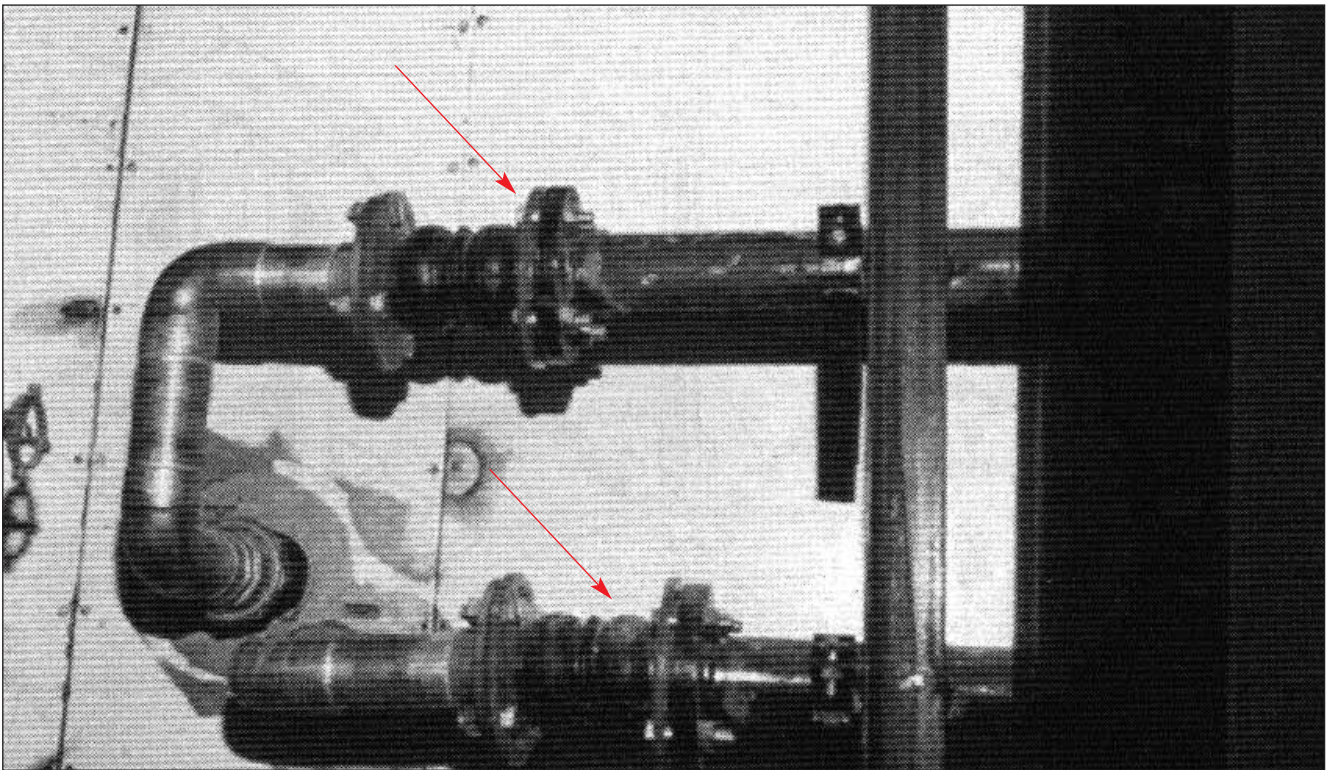
- Στις συνδέσεις των τμημάτων των σωληνώσεων μεταξύ τους πρέπει να προβλέπονται ανά αποστάσεις εύκαμπτα τμήματα ικανά να παραλάβουν τις διαφορικές κινήσεις.
- Οι αλλαγές κατεύθυνσης και οι πολύπλοκες συνδεσμολογίες να γίνονται με εύκαμπτα τμήματα που μπορούν να παραλάβουν κινήσεις προς όλες τις κατευθύνσεις.
- Οι συνδέσεις των σωληνώσεων με το μηχάνημα το οποίο τροφοδοτούν να γίνονται πάντοτε με εύκαμπτο τμήμα.

Στα σχήματα που ακολουθούν εικονίζονται διάφοροι τύποι εύκαμπτων σωληνώσεων στα σημεία σύνδεσης.

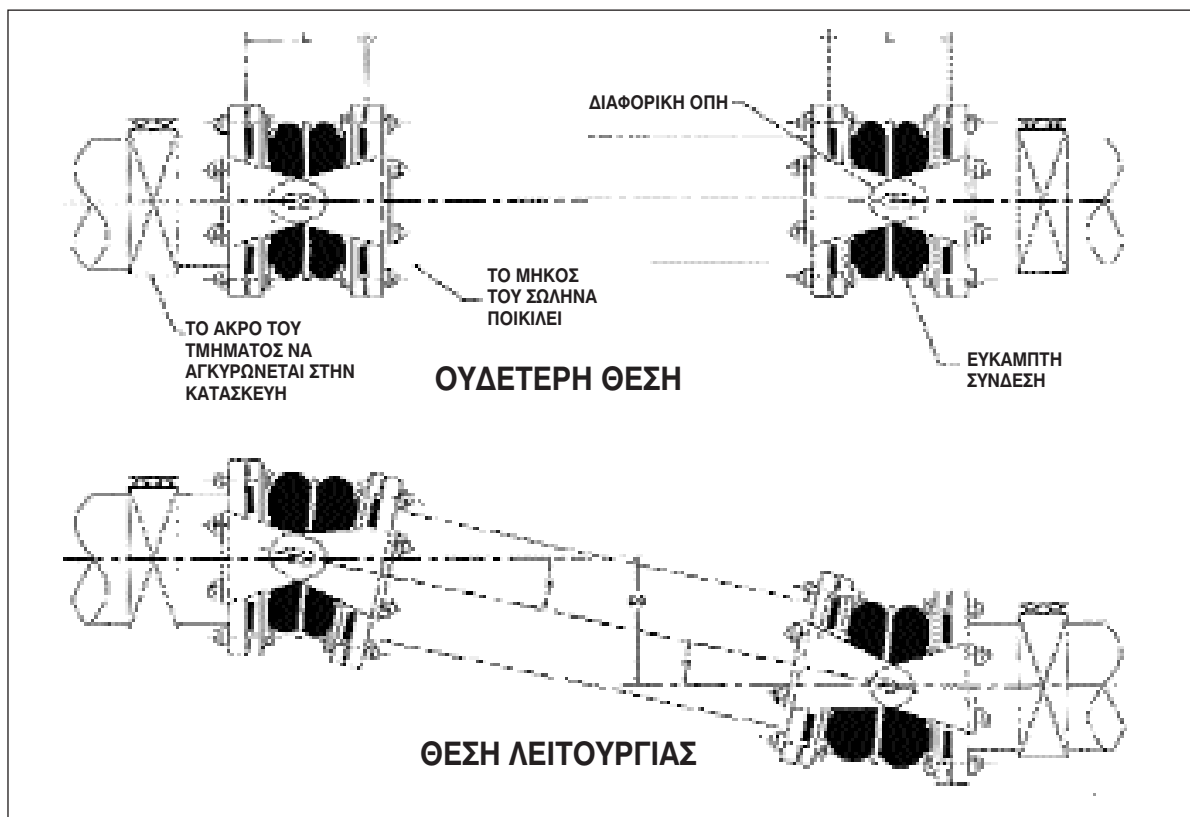


Σχήμα 30. Εύκαμπτη σύνδεση κατακόρυφης διαδρομής σωληνώσεων.



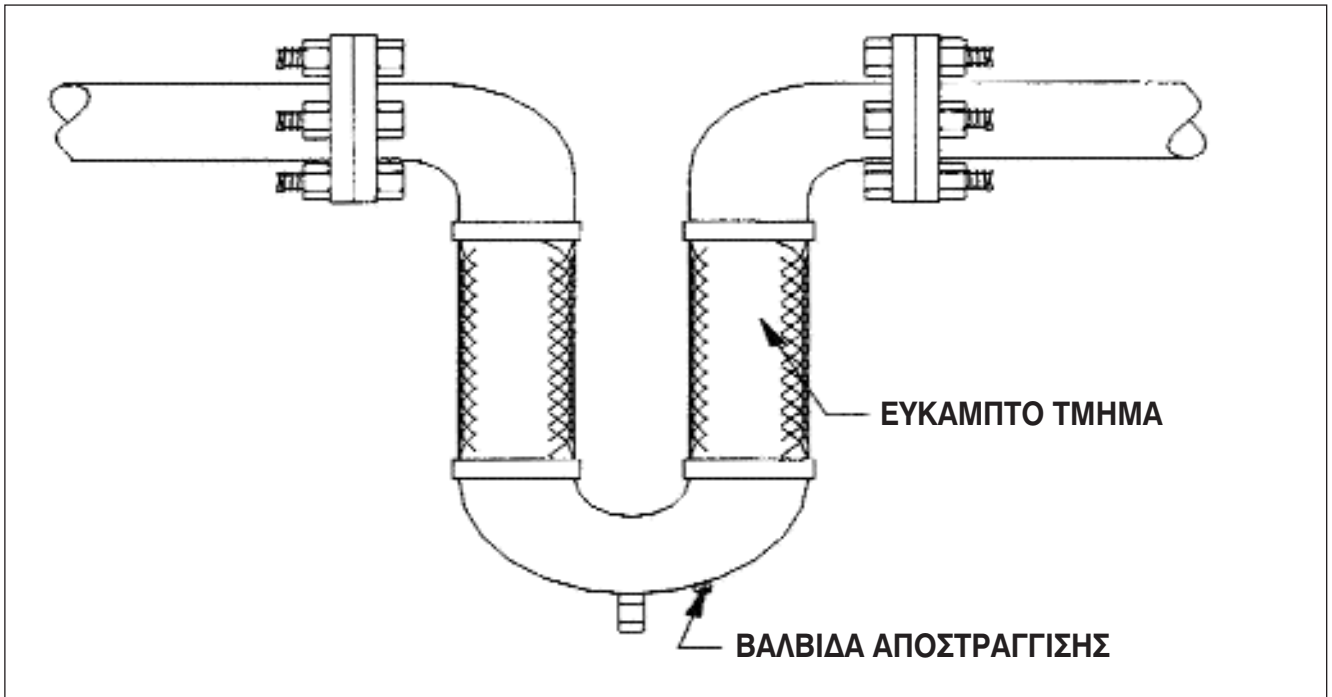


Σχήμα 31. Χρήση σφαιρικών αρθρώσεων στο σημείο σύνδεσης της παροχής με το μηχάνημα.

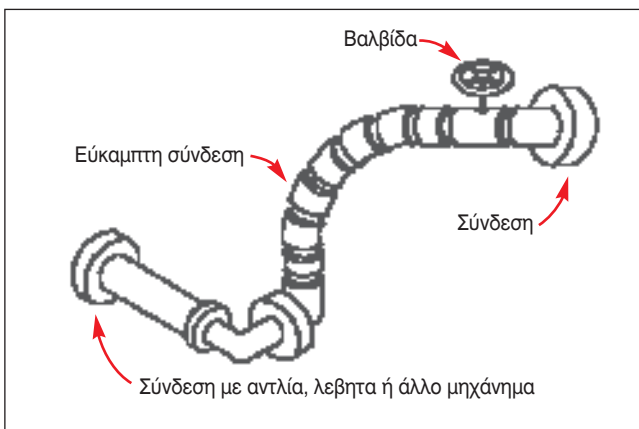


Σχήμα 32. Στο σχήμα φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο οι σφαιρικές αρθρώσεις λειτουργούν, ώστε να παραλαμβάνουν τις παραμορφώσεις.

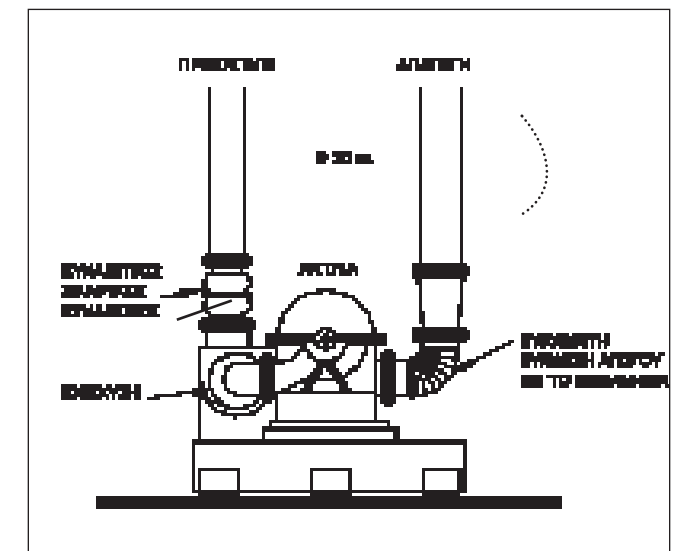
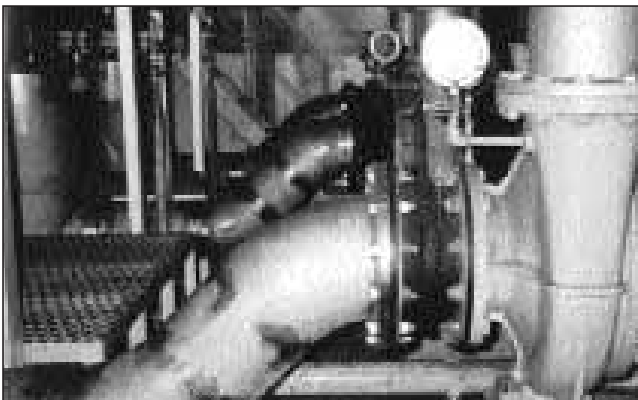




Σχήμα 33. Οριζόντια σύνδεση σωλήνων με εύκαμπτο τμήμα μορφής U.



Σχήμα 34. Εύκαμπτο τμήμα στο σημείο σύνδεσης της παροχής με το μηχανήμα. (Θα πρέπει να παρέχεται κάποια στήριξη της σύνδεσης, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος από τις ίδιες ταλαντώσεις της σύνδεσης.)



Σχήμα 35. Εύκαμπτη σύνδεση αεραγωγών με μηχανήμα αντλίας.

Σχήμα 36. Εύκαμπτη σύνδεση σωληνώσεων.

### 3.3.4 Μηχανολογικός εξοπλισμός

#### 3.3.4.1 Μηχανολογικός εξοπλισμός της βιομηχανίας

Μηχανολογικός εξοπλισμός της Βιομηχανίας είναι τα πάσης φύσεως μηχανήματα παραγωγής που χρησιμοποιεί η Βιομηχανία, σε αντιδιαστολή με τον ΗΜ εξοπλισμό, ο οποίος σκοπό έχει τη λειτουργία της κτηριακής εγκατάστασης της βιομηχανίας και ο οποίος εξετάζεται σε άλλο κεφάλαιο (Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός).

Επίσης εδώ κατατάσσονται οι γεννήτριες εφεδρικής ενέργειας, οι ψυκτικές μονάδες για την βιομηχανική παραγωγή, οι λέβητες ύδατος ή καυσίμων κ.λπ.

Ορισμένα μηχανήματα που κατά την λειτουργία τους παράγουν έντονους κραδασμούς ή και θόρυβο απαιτείται να είναι εφοδιασμένα με συστήματα απορρόφησης κραδασμών.

Μια γενική κατάταξη του μηχανολογικού εξοπλισμού ως προς την συμπεριφορά του κατά τον σεισμό είναι:

1. εξοπλισμός σταθερός, στερεωμένος στο δάπεδο
2. εξοπλισμός σταθερός, ανηρτημένος από την οροφή
3. εξοπλισμός σταθερός, εδραζόμενος σε υπερυψωμένα δάπεδα (access floors) ή ικριώματα, πλαίσια κ.λπ.
4. εξοπλισμός με μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών, εδραζόμενος στο δάπεδο
5. εξοπλισμός με μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών, ανηρτημένος από την οροφή
6. εξοπλισμός κινούμενος επί σταθεράς ή μη τροχιάς, όπως είναι τα βαγονέτα, robots, κυλιόμενοι μάντες ή διάδρομοι, τηλεσκοπικά συστήματα, τα οποία επιτελούν κάποιες συγκεκριμένες δραστηριότητες.

#### 3.3.4.2 Μηχανολογικός εξοπλισμός εδραζόμενος σταθερά στο δάπεδο

Τέτοιου είδους εξοπλισμοί είναι οι διάφορες δεξαμενές υγρών, οριζόντιες ή κατακόρυφες, που εδράζονται στο δάπεδο ή είναι τοποθετημένες στο δώμα του κτηρίου, συσκευές και μηχανήματα, χωρίς μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών, συστοιχίες μπαταριών, ηλεκτρικοί πίνακες κ.λπ.

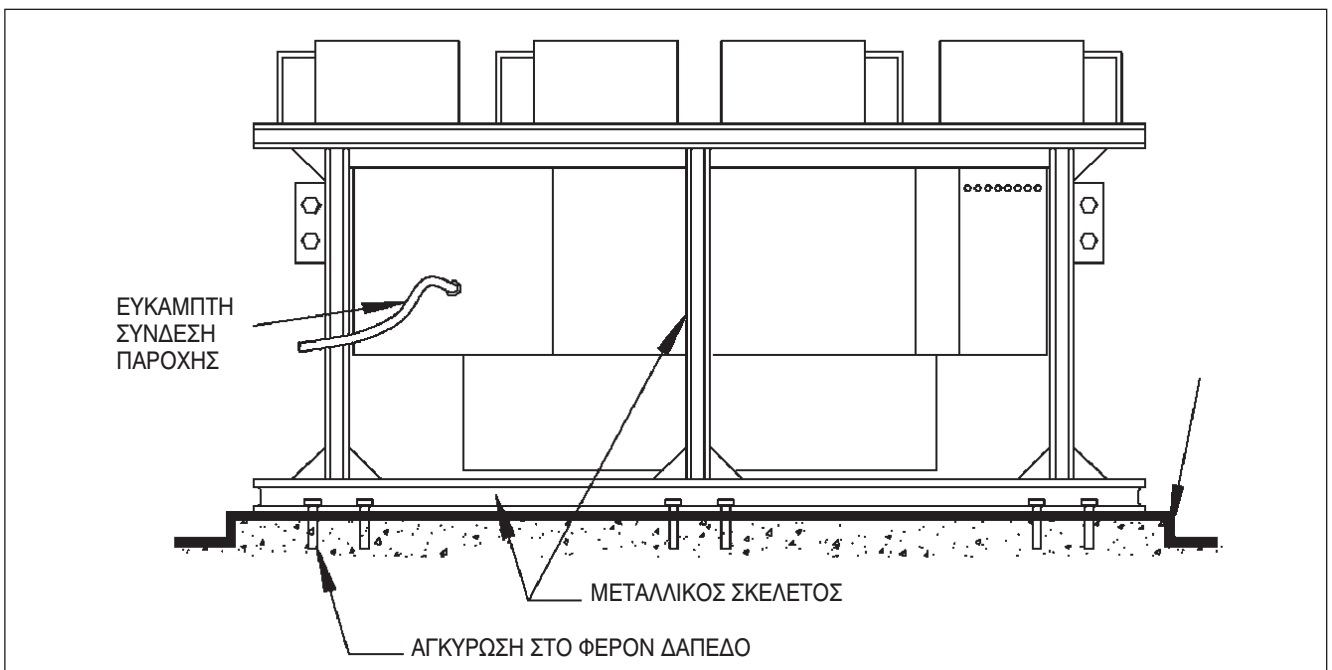
Σ' αυτού του είδους τους εξοπλισμούς παρατηρείται, αν δεν διαθέτουν την κατάλληλη αντισεισμική αγκύρωση, ολίσθηση στις στηρίξεις, η οποία στην συνέχεια δημιουργεί δευτερεύουσες βλάβες στις σωληνώσεις και στις ηλεκτρολογικές συνδέσεις, όπως και εσωτερικές βλάβες στο μηχάνημα. Εάν π.χ. έχουμε δεξαμενές μη πακτωμένες, μπορεί να παρατηρηθεί ανατροπή ή αναπήδηση. Εάν εδράζονται απλώς σε μεταλλικά ποδαρικά, μπορεί αυτά να σπάσουν, να περιστραφούν, να λυγίσουν ή να μετακινηθούν. Συνέπεια όλων αυτών είναι είτε η καταστροφή του ίδιου του στοιχείου είτε ακόμη συχνότερα η καταστροφή των σωληνώσεων και των καλωδίων που το τροφοδοτούν, στα σημεία σύνδεσης (βλ. σχ. 2, σχ. 4).

- Η αντισεισμική προστασία του εξοπλισμού αυτής της κατηγορίας συνήθως εξασφαλίζεται με την τοποθέτηση αγκυριών που στερεώνουν το μηχάνημα στην φέρουσα κατασκευή του δαπέδου.
- Δεν πρέπει επίσης να χρησιμοποιούνται για υποστηρίγματα δεξαμενών λεπτοί σωλήνες (όχι χρήση στυλίσκων).
- Κάθε σκελετός που στηρίζει δεξαμενές ή εξοπλισμό πρέπει να προβλέπεται με επαρκείς συνδέσμους στα οριζόντια και κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.

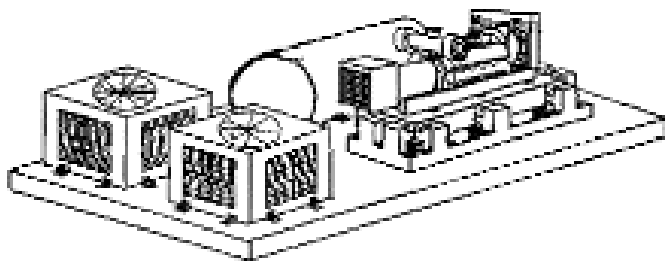
- Οι συνδέσεις των σωληνώσεων των παροχών που τροφοδοτούν το μηχάνημα πρέπει να είναι εύκαμπτες.

Εξοπλισμός εδραζόμενος, απομονωμένος με ελαστικό ή νεοπρένιο, το οποίο στερεώνεται πάνω στον εξοπλισμό και στο πάτωμα, δεν απαιτεί σύστημα ανάληψης οριζοντίων και κατακορύφων φορτίων. Ως πάτωμα νοείται άκαμπτο φέρον σύστημα, που κατά την διάρκεια του σεισμού παρουσιάζει παραμορφωσιμότητα πολύ μικρότερη από αυτή του συστήματος του εξοπλισμού.

Μια καλή πρακτική αντισεισμικής προστασίας τέτοιου είδους κατασκευών είναι η σύνδεση όλων αυτών σε όσο το δυνατόν περισσότερα σημεία μεταξύ τους. Καλόν θα είναι οι εν λόγω κατασκευές στήριξης και σύνδεσης να γίνονται μετά από μελέτη εξειδικευμένου Μηχανικού, ώστε να μην δημιουργηθεί πρόβλημα στα σημεία στήριξης (διάτρηση, κάμψη, υποχώρηση) λόγω του σεισμού (βλ. σχ. 1).



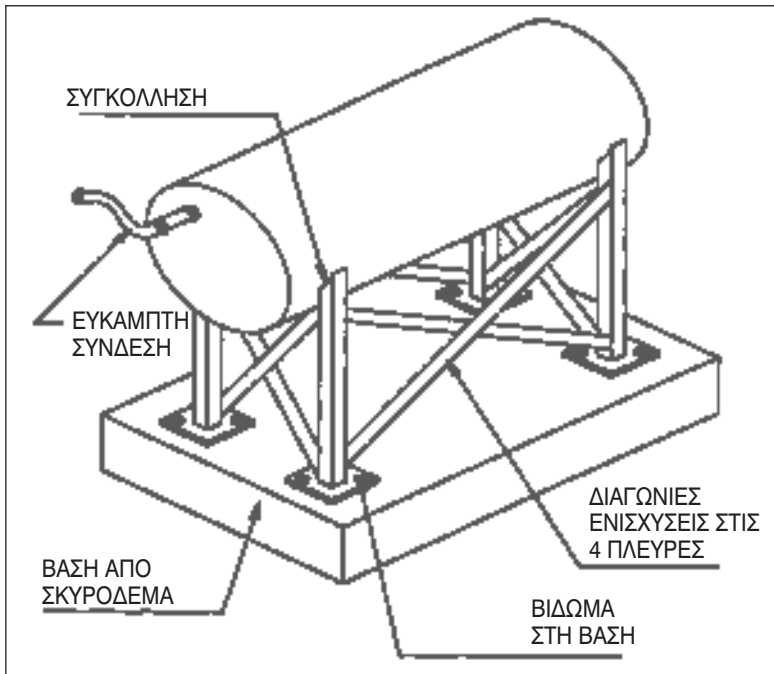
**Σχήμα 1.** Τυπική περίπτωση στερέωσης σταθερού εξοπλισμού εδραζόμενου στο δάπεδο. (Ψυκτική μονάδα).



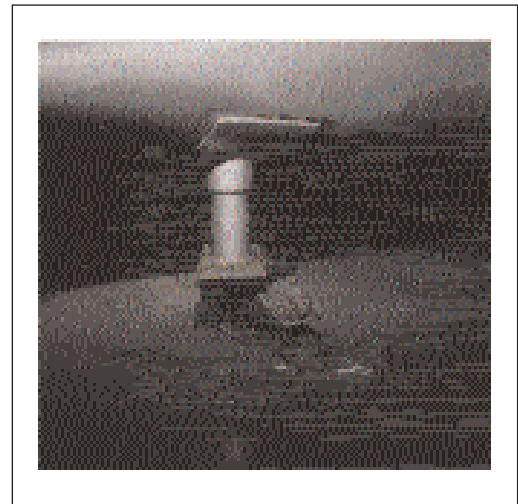
**Σχήμα 1α.** Καλόν είναι διάφορα μηχανήματα που λειτουργούν σε σύνδεση το ένα με το άλλο, να μην στερεώνονται ανεξάρτητα, αλλά σε σύνολα, πάνω σε ενιαίες βάσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα, ώστε να μην κινδυνεύουν να αποσυνδεθούν μεταξύ τους και να διακοπεί έτσι η λειτουργία τους. Πηγή: FEMA.



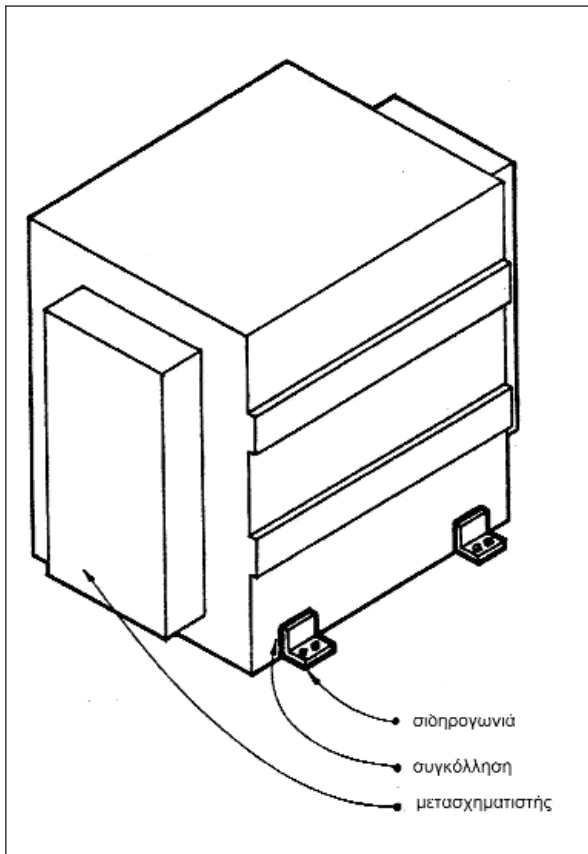
**Σχήμα 2.** Τυπική περίπτωση καταστροφής των στηρίξεων της βάσης.



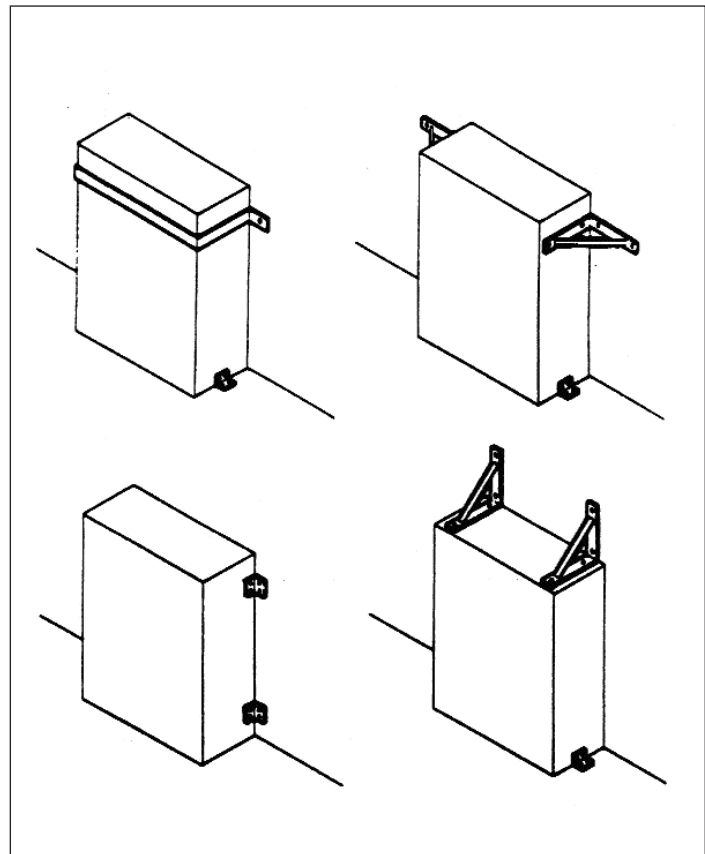
Σχήμα 3. Τυπική περίπτωση στερέωσης οριζόντιας δεξαμενής.



Σχήμα 4. Τυπική περίπτωση αστοχίας στη στερέωση οριζόντιας δεξαμενής.



Σχήμα 5. Στερέωση μηχανήματος μετασχηματιστή στο δάπεδο.



Σχήμα 6. Τυπικές περιπτώσεις στερέωσης εξοπλισμών στο δάπεδο.



### 3.3.4.3 Εξοπλισμός ανηρτημένος από την οροφή

Τα στοιχεία αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνουν δεξαμενές ή άλλους εξοπλισμούς ανηρτημένους από την οροφή ή στερεωμένους στους τοίχους, χωρίς μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών.

Η ταλάντωση στην οποία υπόκεινται τα μη σεισμικά ενισχυμένα ανηρτημένα στοιχεία κατά την διάρκεια του σεισμού μπορεί να καταστρέψουν το ίδιο το στοιχείο ή άλλα γειτονικά του με τα οποία μπορεί να συγκρουστεί. Ακόμη ανηρτημένοι εξοπλισμοί μπορεί να αποσπαστούν από τις στηρίξεις τους και να πέσουν, λόγω αστοχίας της ανάρτησης ή της σύνδεσής τους. Στα ανηρτημένα στοιχεία ανήκουν επίσης ντουλάπια ή θυρίδες ή πίνακες ελέγχου, προσαρτημένοι σε εσωτερικά χωρίσματα. Αν το περιεχόμενο των ερμαρίων δεν έχει προβλεφθεί να συγκρατείται με κάποιο σύστημα, τότε μπορεί να καταστραφεί ή να διασκορπιστεί κατά την διάρκεια του σεισμού. Κατά συνέπεια, επικίνδυνα καθ' οιαδήποτε έννοια υλικά (μεγάλου βάρους, χημικά, τοξικά), αποθηκευμένα σε τέτοια ερμάρια, μπορεί να απειλήσουν ζωές.

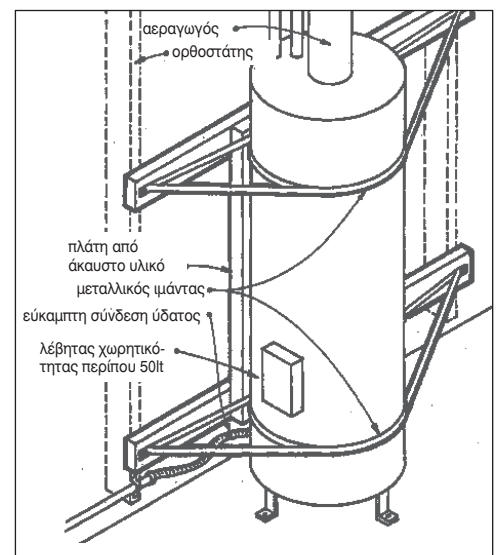
Οτιδήποτε στερεώνεται σε εσωτερικούς μη φέροντες τοίχους μπορεί να καταστραφεί, λόγω φθοράς των αγκυριών ή ακόμη και ρωγμής του τοίχου ή κατάρρευσής του, σε μια ακραία περίπτωση. Για τον λόγο αυτό, οι αγκυρώσεις εν γένει πρέπει να γίνονται με διαμπερή αγκύρια και λαμάκια στις δύο επιφάνειες του τοίχου ή καλύτερα με το σύστημα «πλάτη με πλάτη» εκατέρωθεν του τοίχου. Πολλές φορές αυτός ο τρόπος στήριξης ενισχύει και τον ίδιο τον τοίχο. Επίσης, συνιστάται η τοποθέτηση μεταλλικής ή ξύλινης εσχάρας εκατέρωθεν του τοίχου, πάνω στην οποία θα γίνονται όλες οι στηρίξεις.

Συνήθως οι ανηρτημένοι εξοπλισμοί αναρτώνται από την υπερκείμενη φέρουσα κατασκευή με κατακόρυφους αναρτήρες. Για την αντισεισμική τους ενίσχυση θα πρέπει να προστεθούν διαγώνιες ενισχύσεις, έτσι ώστε τουλάχιστον δύο ενισχύσεις να δρουν σε κάθε πλάγια διεύθυνση (δηλαδή σε όλες τις πλευρές τους). Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τον ελαφρύ εξοπλισμό.

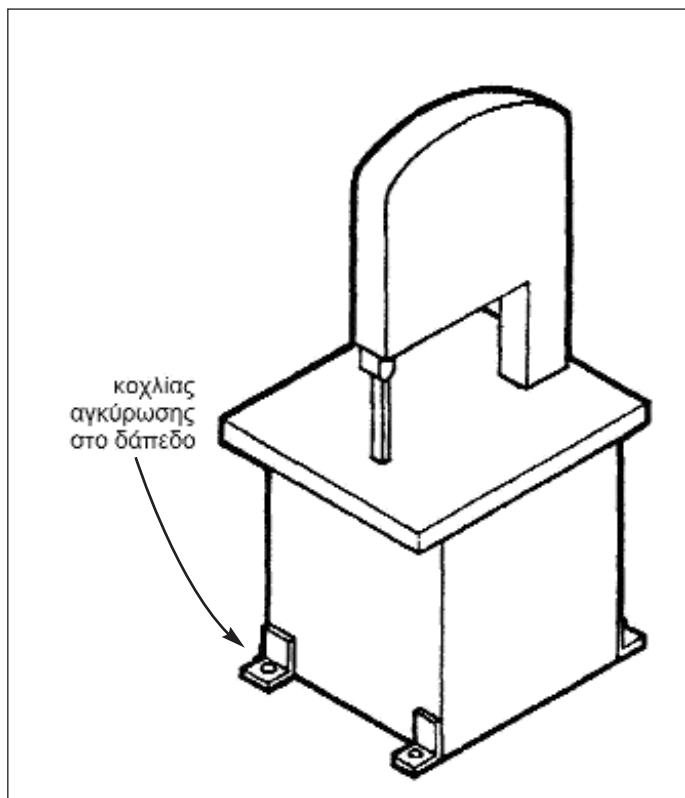
Όπου είναι δυνατόν η ανάρτηση πρέπει να γίνεται όσο γίνεται πλησιέστερα στη υπερκείμενη φέρουσα κατασκευή, με το ελάχιστο δυνατό ύψος ανάρτησης, ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ταλάντωσης. Στις περιπτώσεις αυτές, οι διαγώνιες ενισχύσεις μπορούν να παραλειφθούν. Σε μηχανολογικούς ορόφους με μεγάλο ύψος, όπου τα στοιχεία του εξοπλισμού είναι ανηρτημένα πολύ κάτω από την οροφή, καλόν είναι να ενισχύονται μέσω στερέωσής τους σε ισχυρές κατακόρυφες ενισχύσεις που διήκουν από την επιφάνεια του δαπέδου μέχρι την φέρουσα οροφή.

#### Λέβητες

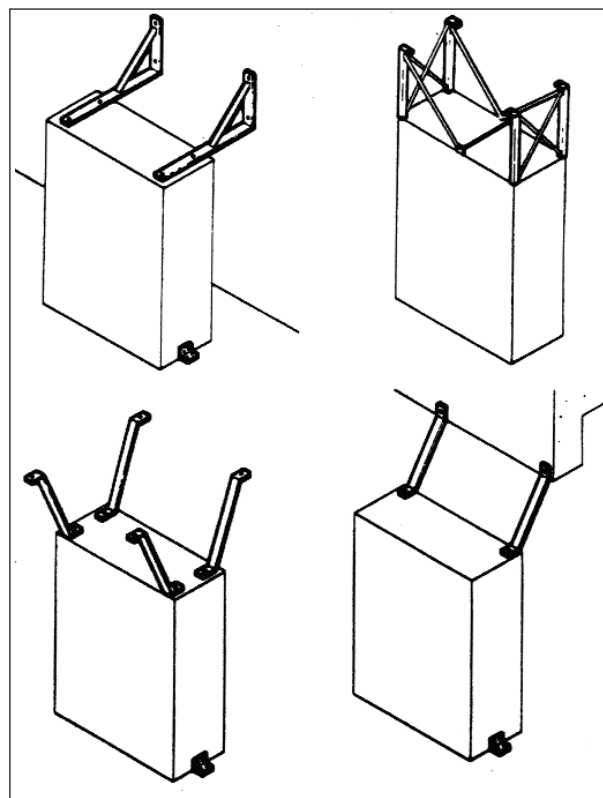
Οι λέβητες θερμού ύδατος είναι στοιχεία με μεγάλο ύψος, μικρή επιφάνεια έδρασης και μεγάλο βάρος. Μπορεί εύκολα να ανατραπούν ή να ολισθήσουν κατά τον σεισμό και να αποσυνδεθούν οι συνδέσεις ύδατος και αερίου. Θα πρέπει να συγκρατούνται με μεταλλικούς μάντες τόσο στην βάση, όσο και στο πάνω τους μέρος και να στερεώνονται σε σκελετό ενισχύσεων, όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Στο σχήμα εικονίζεται ο τρόπος ενίσχυσης ενός λέβητα.



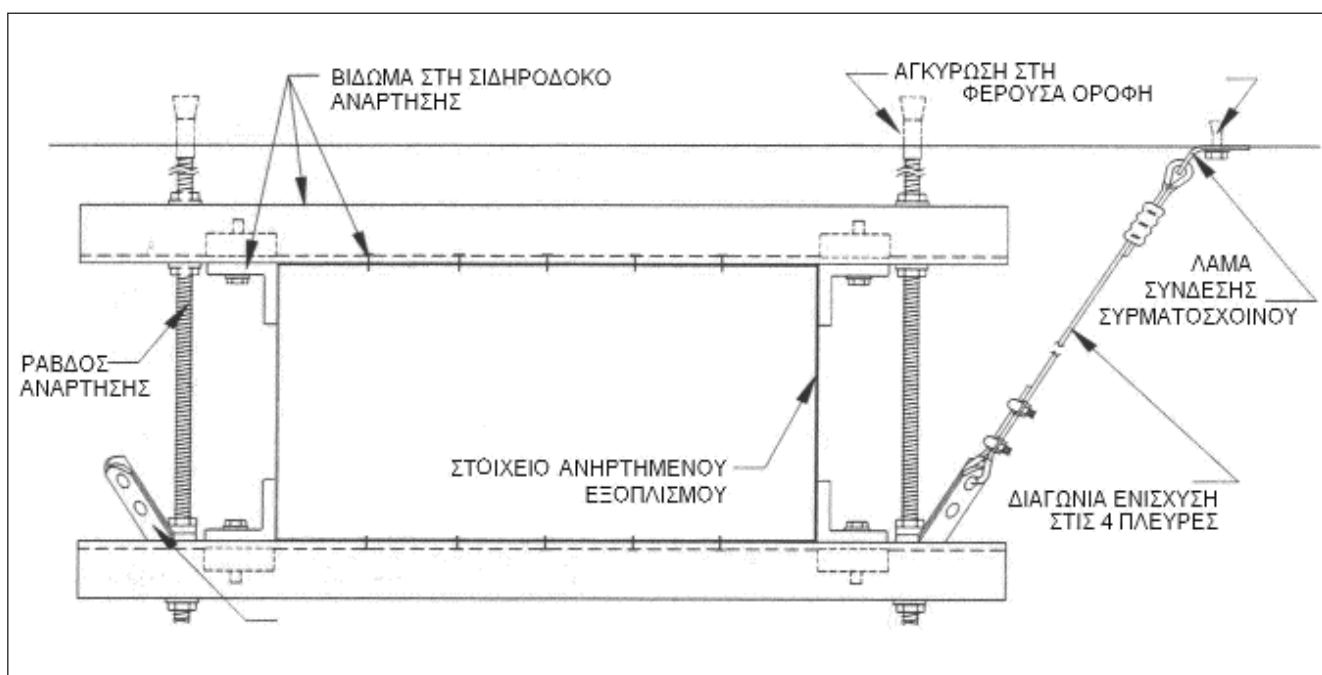
**Σχήμα 7.** Στερέωση λέβητα θερμού ύδατος στον τοίχο, πάνω σε ενισχυτικό σκελετό.



**Σχήμα 8.** Στερέωση μηχανήματος βάρους μικρότερου του 1 tn στο δάπεδο. Για μηχανήματα μεγαλύτερου βάρους απαιτείται μελέτη μηχανικού.



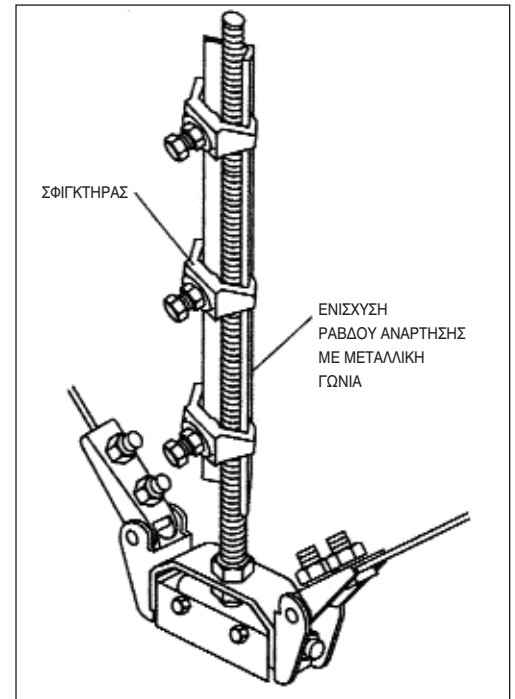
**Σχήμα 9.** Τυπικές περιπτώσεις ανάρτησης εξοπλισμών σε μικρή απόσταση από την οροφή ή τους τοίχους.



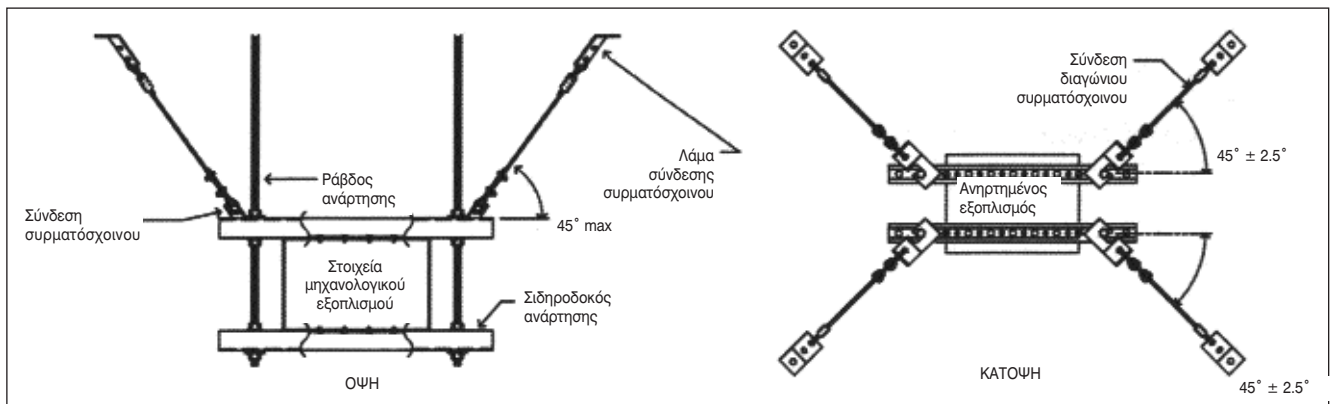
**Σχήμα 10.** Ανάρτηση εξοπλισμού μέσω οριζόντιων σιδηροδοκών ανάρτησης και αντισεισμική προστασία με εφελκυσόμενα συρματοσχοίνα.

Η σεισμική ενίσχυση των ανηρημένων στοιχείων εξοπλισμού, μπορεί να γίνεται, με τον τρόπο που εφαρμόζεται για τους σωλήνες και τους αγωγούς, δηλαδή είτε με εφελκόμενα συρματόσχοινα είτε με άκαμπτες ενισχύσεις (βλ. σχ. 10, σχ. 12, σχ. 13).

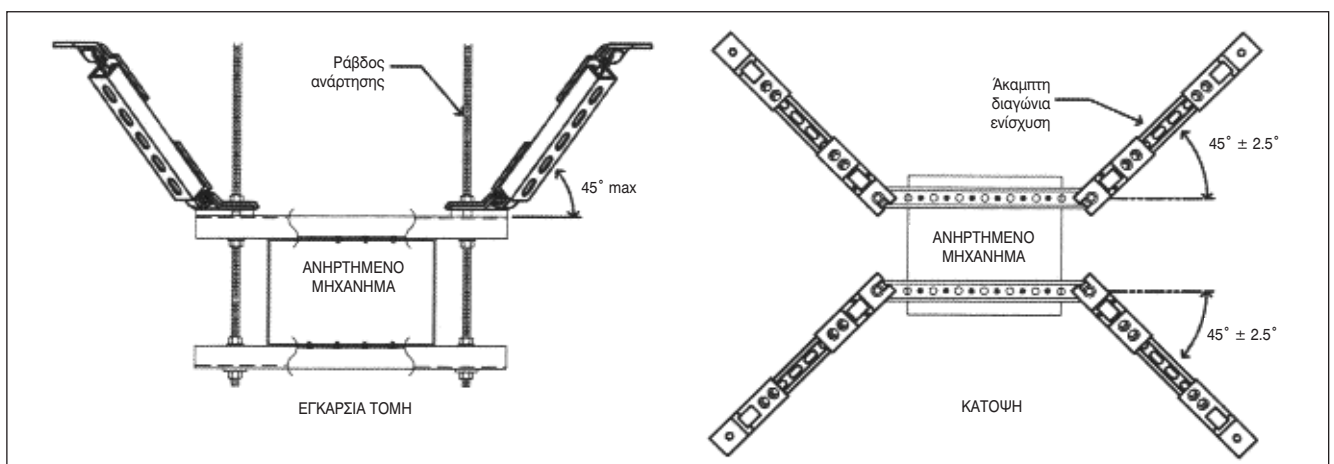
Οι ενισχύσεις πρέπει να επιτυγχάνουν τον περιορισμό της κίνησης του στοιχείου προς όλες τις διευθύνσεις. Οι κατακόρυφοι αναρτήρες δε, πρέπει να μπορούν να παραλάβουν τα θλιπτικά φορτία. Αν χρειάζεται, οι ράβδοι των κατακόρυφων αναρτήσεων μπορούν να ενισχύονται, όπως φαίνεται στο σχήμα, ώστε να αυξάνεται η αντοχή τους σε θλίψη (βλ. σχ. 11).



Σχήμα 11. Ράβδος ανάρτησης με ενίσχυση ακαμψίας.



Σχήμα 12. Σεισμική ενίσχυση ανηρημένου μηχανολογικού εξοπλισμού με διαγώνια συρματόσχοινα.

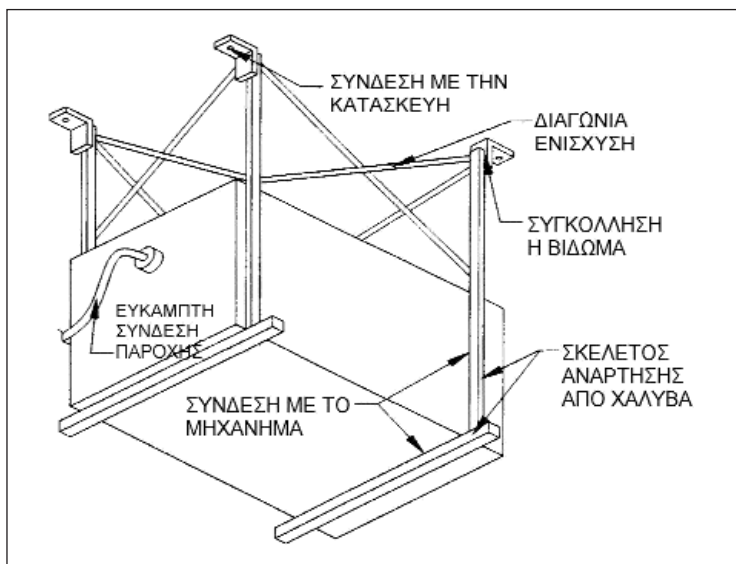


Σχήμα 13. Σεισμική ενίσχυση ανηρημένου μηχανολογικού εξοπλισμού με διαγώνια άκαμπτα στοιχεία.



**Σχήμα 14.1.** Ανάρτηση μηχανολογικού εξοπλισμού.

2. Ισχυρός σκελετός που διήκει από πλάκα δαπέδου έως πλάκα οροφής για την στήριξη εξοπλισμού μεγάλου ύψους.



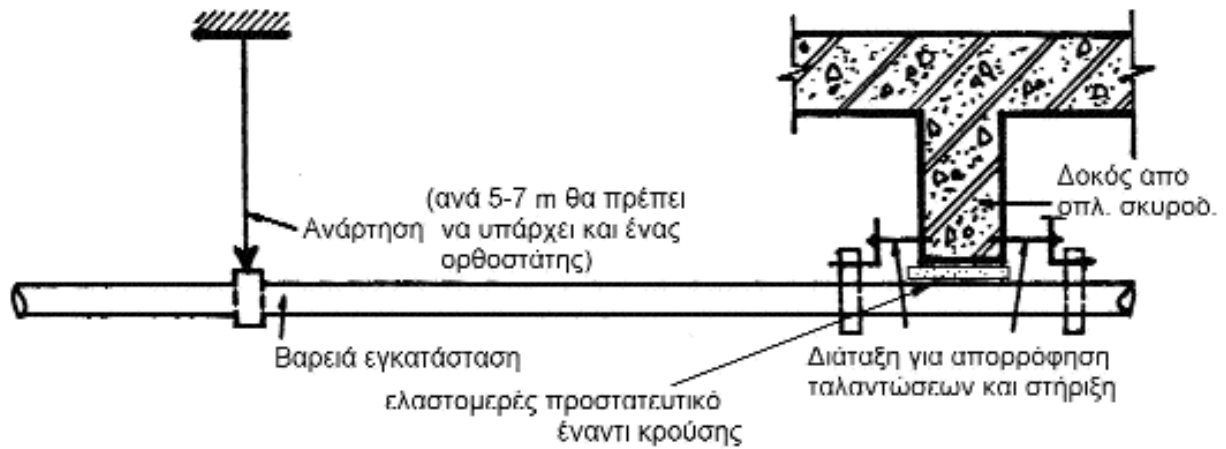
**Σχήμα 15.** Ανάρτηση μηχανολογικού εξοπλισμού με διαγώνιες ενισχύσεις.

### Ανάρτηση βαρέως εξοπλισμού

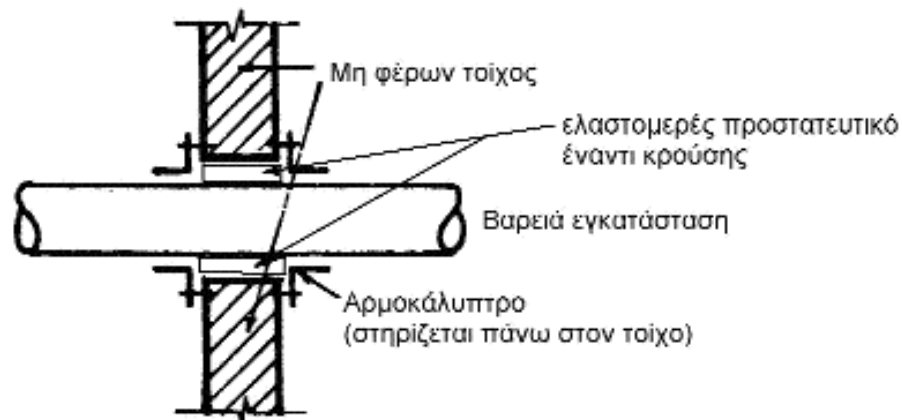
Εξοπλισμός ή μηχανισμοί ή σωληνώσεις μεγάλου βάρους πρέπει, όσο είναι δυνατόν να αποφεύγεται να αναρτώνται εν γένει. Εφόσον δεν μπορεί να γίνει διαφορετικά, θα αναρτώνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μειώνεται όσο το δυνατόν ο κίνδυνος που προέρχεται από ταλάντωση, πτώση τους κ.λπ.



Το κέντρο βάρους τους πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια, ώστε οι βαριές αυτές εγκαταστάσεις και εξοπλισμοί να τοποθετούνται στις χαμηλότερες στάθμες του κτηρίου.



Σχήμα 16. Διάταξη για την στήριξη και την απορρόφηση ταλαντώσεων μεταξύ βαρέων εγκαταστάσεων και κατασκευής.



Σχήμα 17. Ελεύθερη διέλευση βαριάς εγκατάστασης από μη φέροντες τοίχους.

#### 3.3.4.4 Εξοπλισμός σταθερός, εδραζόμενος σε υπερυψωμένα δάπεδα (raised access floors)

Τα ηλεκτρονικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων, Η/Υ, περιφερειακά συστήματα, ερμάρια τηλεπικοινωνιών, μονάδες αποθήκευσης μηχανημάτων και δίσκων δεδομένων κ.λπ., που μια Βιομηχανία μπορεί να χρησιμοποιεί στους γραφειακούς της χώρους ή ακόμη και στους χώρους παραγωγής (σε πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις), είναι εξοπλισμοί ιδιαίτερα ευαίσθητοι στους κραδασμούς. Συνήθως τα διάφορα ηλεκτρονικά μηχανήματα χρειάζεται συχνά να μετακινούνται, να αντικαθίστανται ή να αναβαθμίζονται με νέες συσκευές και γενικά απαιτούν ευελιξία στην τοποθέτησή τους. Επίσης, για την τροφοδοσία και την λειτουργία τους χρειάζονται ηλεκτρικές καλωδιώσεις και ορισμένες φορές παροχή νερού για ψύξη. Οι καλωδιώσεις και οι σωλήνες αυτοί δεν μπορεί να είναι σταθεροί σε ορι-

σμένη θέση για τους λόγους ευελιξίας που αναφέρθηκαν. Τα υπερυψωμένα δάπεδα παρέχουν τον χώρο κάτω από την ωφέλιμη επιφάνειά τους για την ευέλικτη διευθέτηση των παροχών.

Η ενίσχυση που απαιτείται για την αντισεισμική προστασία αυτών των ηλεκτρονικών συστημάτων διαφέρει από αυτήν που απαιτείται για άλλους ηλεκτρικούς και μηχανολογικούς εξοπλισμούς για τους λόγους που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

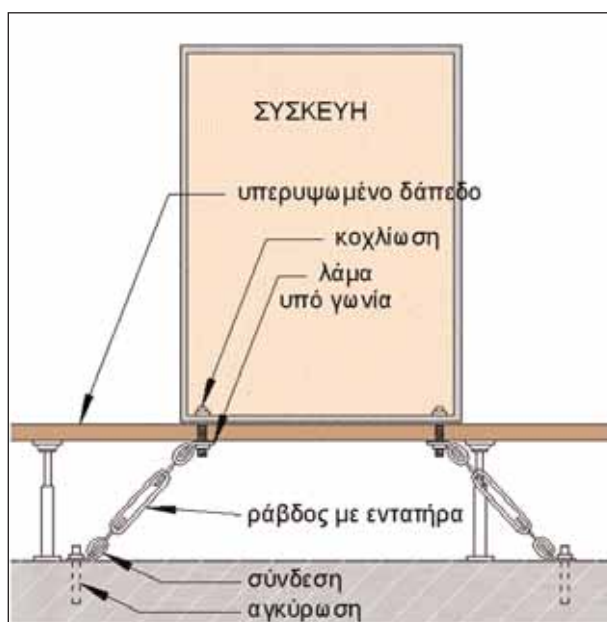
- Η τοποθέτηση ηλεκτρονικού εξοπλισμού σε υπερυψωμένα δάπεδα (raised access floors), περιπλέκει τις συνήθεις μεθόδους σεισμικής προστασίας, ενώ παράλληλα αυξάνει τα σεισμικά φορτία που πρέπει να παραληφθούν. Οι αντισεισμικές ενισχύσεις θα πρέπει να περάσουν δια μέσου του υπερυψωμένου δαπέδου, ώστε να αγκυρωθούν στο υποκείμενο φέρον πάτωμα.
- Η τεχνολογία των ηλεκτρονικών συστημάτων εξελίσσεται με γρήγορους ρυθμούς και επιβάλλει συχνή αναδιάταξη των εξοπλισμών και άρα ευελιξία ως προς την τοποθέτησή τους, πράγμα που επιβάλλει μη σταθερή αγκύρωση σε συγκεκριμένη μόνιμη θέση.
- Κάποιοι ηλεκτρονικοί εξοπλισμοί είναι ιδιαίτερος ευαίσθητοι σε υψίσυχνες δονήσεις, όπως είναι αυτές του σεισμού, και απαιτούν ιδιαίτερη προστασία. Αυτοί οι εξοπλισμοί, πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με μηχανισμούς που επιτρέπουν την ελεύθερη ολίσθηση στην επιφάνεια του υπερυψωμένου δαπέδου, αυτό όμως αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης.

Για την αντισεισμική προστασία αυτών των ηλεκτρονικών εξοπλισμών μπορούν να εφαρμοστούν ανάλογα με την περίπτωση δύο μέθοδοι αγκύρωσης.

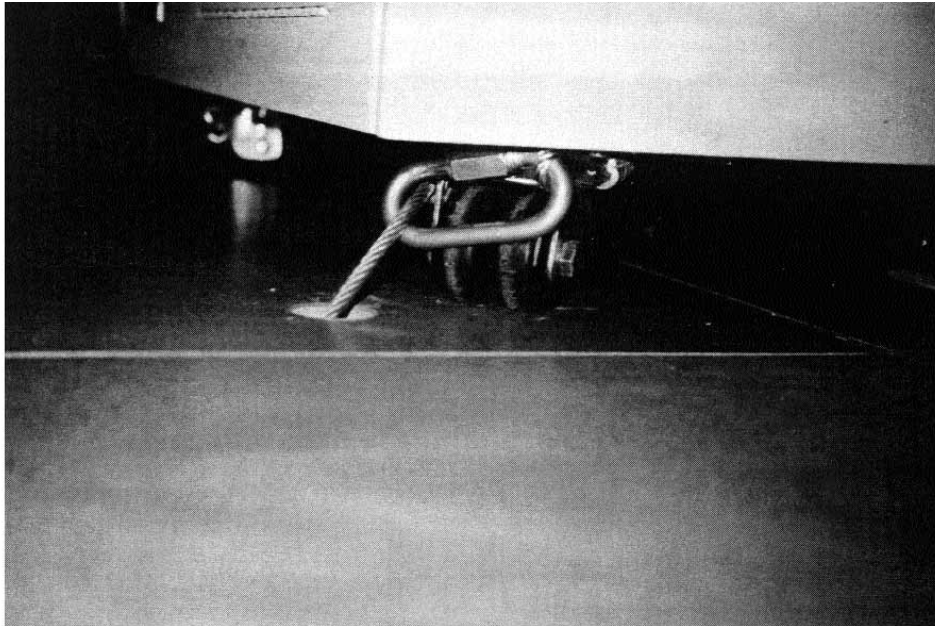
α) Άκαμπτη αγκύρωση για τους εξοπλισμούς που δεν είναι ευαίσθητοι σε μικροκραδασμούς, δεν υπάρχει μεγάλη πιθανότητα αναδιάταξής τους στον χώρο και οι γεωμετρικές τους αναλογίες (μεγάλο ύψος σε σχέση με την επιφάνεια της έδρασης), τους καθιστούν ευαίσθητους σε ανατροπή.

β) Εξοπλισμοί που είναι ευαίσθητοι στους κραδασμούς ή απαιτούν συχνή μετακίνηση σε νέες θέσεις στον χώρο μπορούν να έχουν σεισμικές ενισχύσεις που επιτρέπουν περιορισμένη μετακίνηση, τόση ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος πρόσκρουσης σε άλλους εξοπλισμούς ή στους τοίχους ή να πέσουν στα κενά του υπερυψωμένου δαπέδου. Τα γειτονικά μηχανήματα θα πρέπει είτε να τοποθετούνται με απόσταση τουλάχιστον 30 cm μεταξύ τους, είτε να συνδέονται με ιμάντες, ώστε να μετακινούνται σαν μία μονάδα.

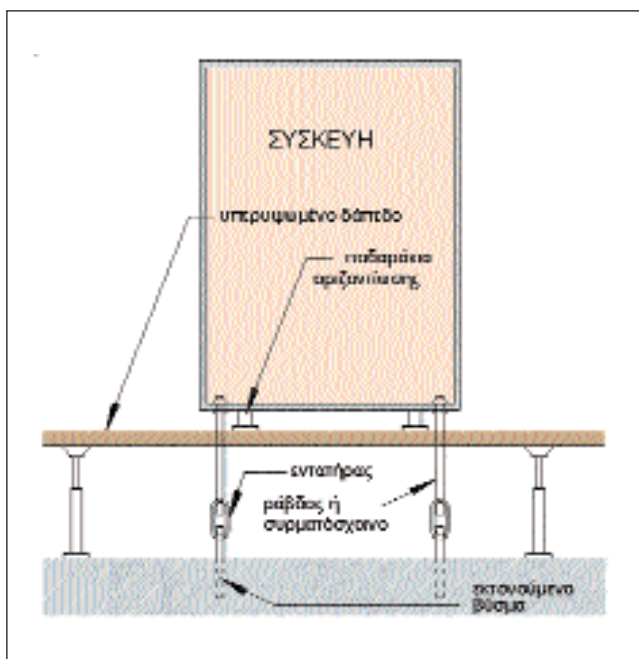
α. Η σταθερή (άκαμπτη) αγκύρωση πρέπει να γίνεται με διαγώνια συρματόσχοινα που στερεώνονται πάνω στο μηχάνημα ή την συσκευή, κατά προτίμηση στο σώμα του μηχανήματος και όχι στα ποδαρικά του, τα οποία δια μέσου οπών στο υπερυψωμένο δάπεδο αγκυρώνονται στο υποκείμενο φέρον πάτωμα. Εναλλακτικά η στερέωση μπορεί να γίνεται με κατακόρυφα συρματόσχοινα, η διαγώνια στήριξη όμως είναι προτιμητέα. Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνεται ο τρόπος σταθερής και ευέλικτης στερέωσης μηχανημάτων στο υπερυψωμένο δάπεδο.



Σχήμα 18. Σταθερή στερέωση μηχανήματος με διαγώνια συρματόσχοινα.

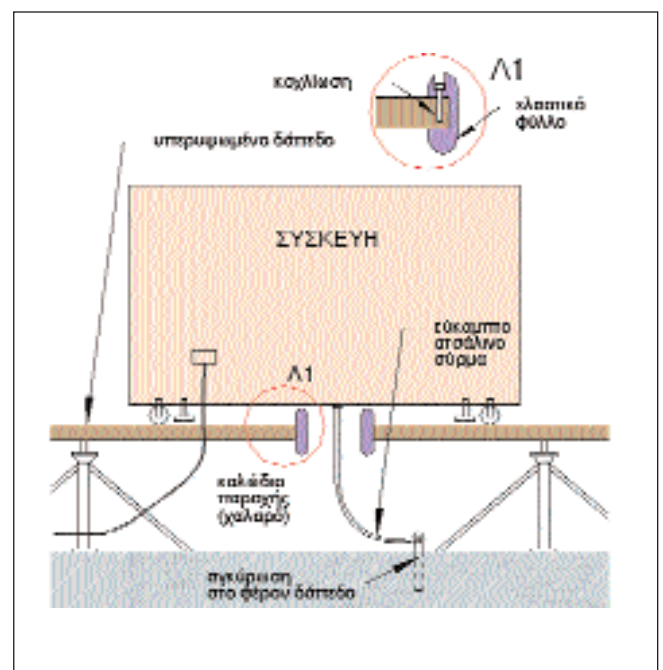


Σχήμα 18α. Εναλλακτικός τρόπος στερέωσης μηχανήματος με διαγώνια συρματόσχοινα.



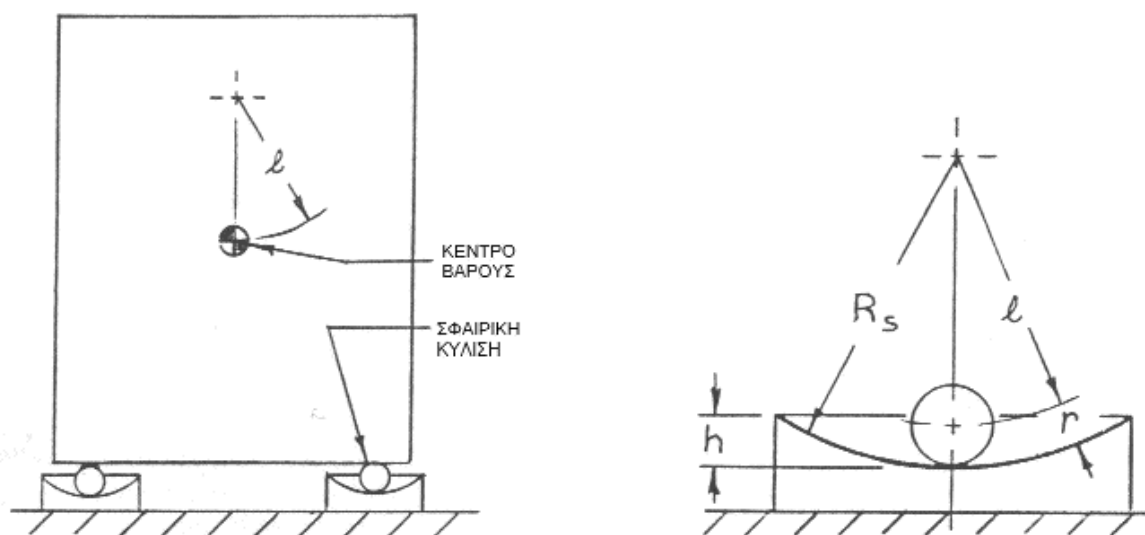
Σχήμα 19. Σταθερή στερέωση συσκευής με κατακόρυφα συρματόσχοινα.

β. Στην περίπτωση που απαιτείται ευελιξία στην τοποθέτηση της συσκευής, η αγκύρωση γίνεται με τον τρόπο που φαίνεται στο σχ. 20. Η συσκευή μπορεί να μετακινείται, συνδεδεμένη με ένα χαλαρό συρματόσχοινο, αγκυρωμένο στο φέρον δάπεδο.



Σχήμα 20. Στερέωση συσκευής με δυνατότητα μετακίνησης.

Ορισμένα ηλεκτρονικά συστήματα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις υψίσυχνες δονήσεις όπως αυτές του σεισμού, που μπορεί να καταστρέψουν εσωτερικά κυκλώματα. Νέες έρευνες, εισηγούνται μεθόδους για την αντισεισμική ενίσχυση τέτοιων ευαίσθητων στους κραδασμούς συστημάτων λογισμικού (“software”), όπως επίσης, ειδικές βάσεις που τοποθετούνται στο μηχάνημα και του επιτρέπουν να ολισθαίνει, χωρίς να ανατρέπεται, ενώ οι κυλίσσεις αυτές εμποδίζουν την μετάδοση των κινήσεων της κατασκευής στο μηχάνημα. Για την τοποθέτηση τέτοιων βάσεων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα γεωμετρικά στοιχεία της συσκευής, η ιδιοσυχνότητά της για να αποφευχθούν ισχυρές δυνάμεις λόγω συντονισμού και άλλες παράμετροι. Η μέθοδος αυτή, ωστόσο, είναι ασφαλής ως προς την αντισεισμική προστασία του μηχανήματος, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει την μέγιστη δυνατή ευελιξία, αφού το μηχάνημα μπορεί να μετακινείται σε οποιαδήποτε θέση μαζί με την αντισεισμική του ενίσχυση και δεν απαιτείται η διάνοιξη μεγάλων οπών στο υπερυψωμένο δάπεδο για την αγκύρωσή του. Στα σχήματα που ακολουθούν εικονίζεται αυτό το σύστημα αντισεισμικής έδρασης, (γνωστό και ως Caster cup), έναντι οριζόντιων κραδασμών.

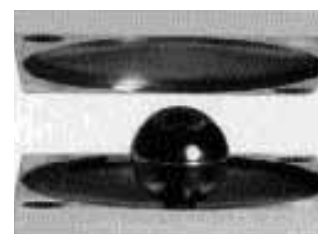


Σχήμα 21. Στήριξη συσκευής ευαίσθητης στους οριζόντιους κραδασμούς σε κυλιόμενες βάσεις (Caster cups).



Σχήμα 22. Κυλιόμενη βάση τοποθετημένη σε στοιχείο εξοπλισμού.

Σχήμα 23. Μηχανισμός κύλισης της βάσης. Αποδίδει μόνον έναντι οριζόντιων κραδασμών.



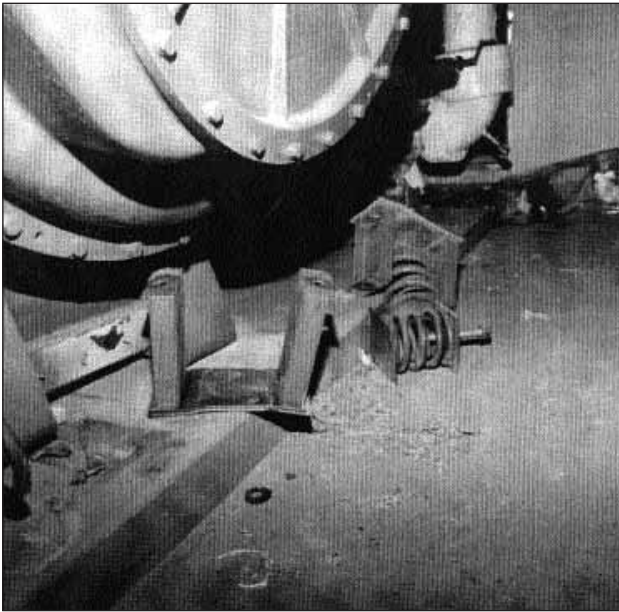
### 3.3.4.5 Εξοπλισμός με μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών, εδραζόμενος στο δάπεδο

Τέτοιος μηχανολογικός εξοπλισμός είναι συνήθως μηχανήματα που κατά την λειτουργία τους παράγουν κραδασμούς, όπως οι αεροσυμπιεστές, οι αντλίες, οι γεννήτριες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση διακοπής του ηλ. ρεύματος, οι κινητήρες κ.λπ. και απαιτούν να εδράζονται μέ-



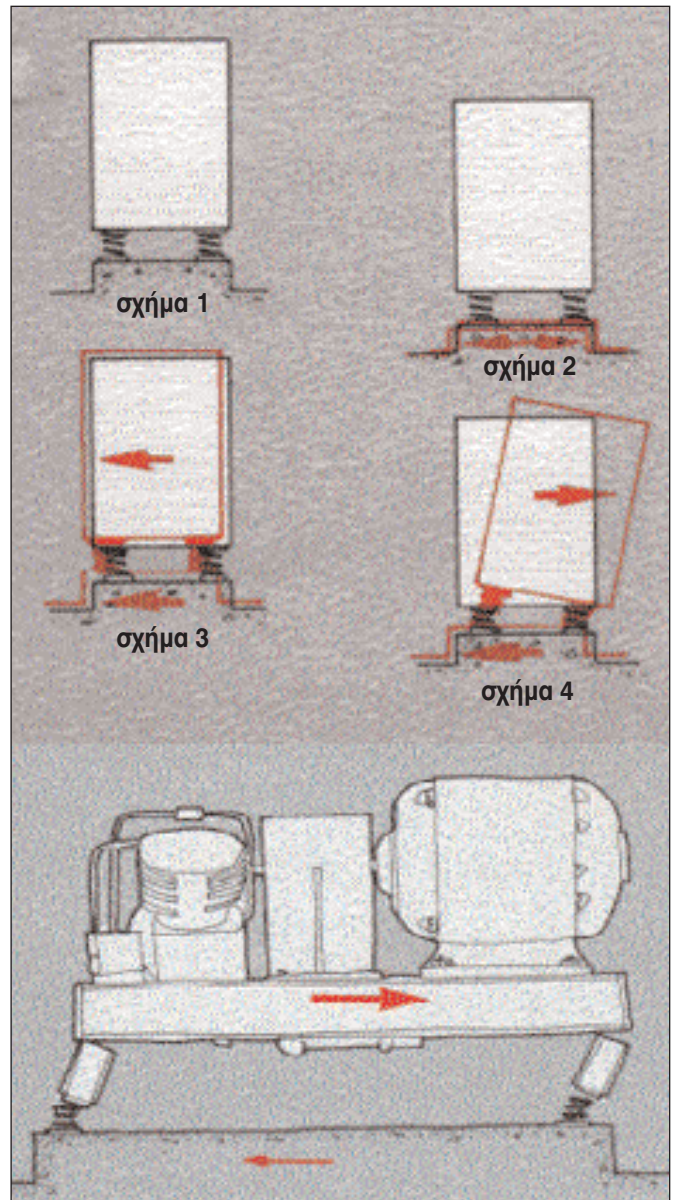
σω μηχανισμών απορρόφησης κραδασμών. Οι μηχανισμοί αυτοί μπορεί να είναι ειδικά ελατήρια, βάσεις από νεοπρένιο ή φελλό ή άλλα υλικά ικανά να απορροφούν και να αποσβένουν τους κραδασμούς.

Οι μηχανισμοί απορρόφησης κραδασμών, εκτός και αν έχουν ειδικά σχεδιαστεί για σεισμό, παρουσιάζουν μικρή αντίσταση στις πλάγιες ωθήσεις. Επιπλέον, η ελαστικότητά τους μπορεί να μεγεθύνει τις αδρανειακές δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω του σεισμού στα μηχανήματα που στηρίζουν. Κάτω απ' αυτές τις συνθήκες ένα μηχανήμα με αντικραδασμική μόνωση, χωρίς αντισεισμική ενίσχυση μπορεί να πεταχτεί κυριολεκτικά έξω από τα στηρίγματά του, όπως κατ' επανάληψη έχει παρατηρηθεί μετά από σεισμούς. Ιδιαίτερη σημασία έχει η περίπτωση κατά την οποία, ενώ έχουν προβλεφθεί γεννήτριες για άμεση παροχή ηλεκτρικής ενέργειας αμέσως μετά τον σεισμό, οι γεννήτριες ανατρέπονται λόγω του σεισμού και τελικώς δεν επιτελείται ο σκοπός εγκατάστασής τους.

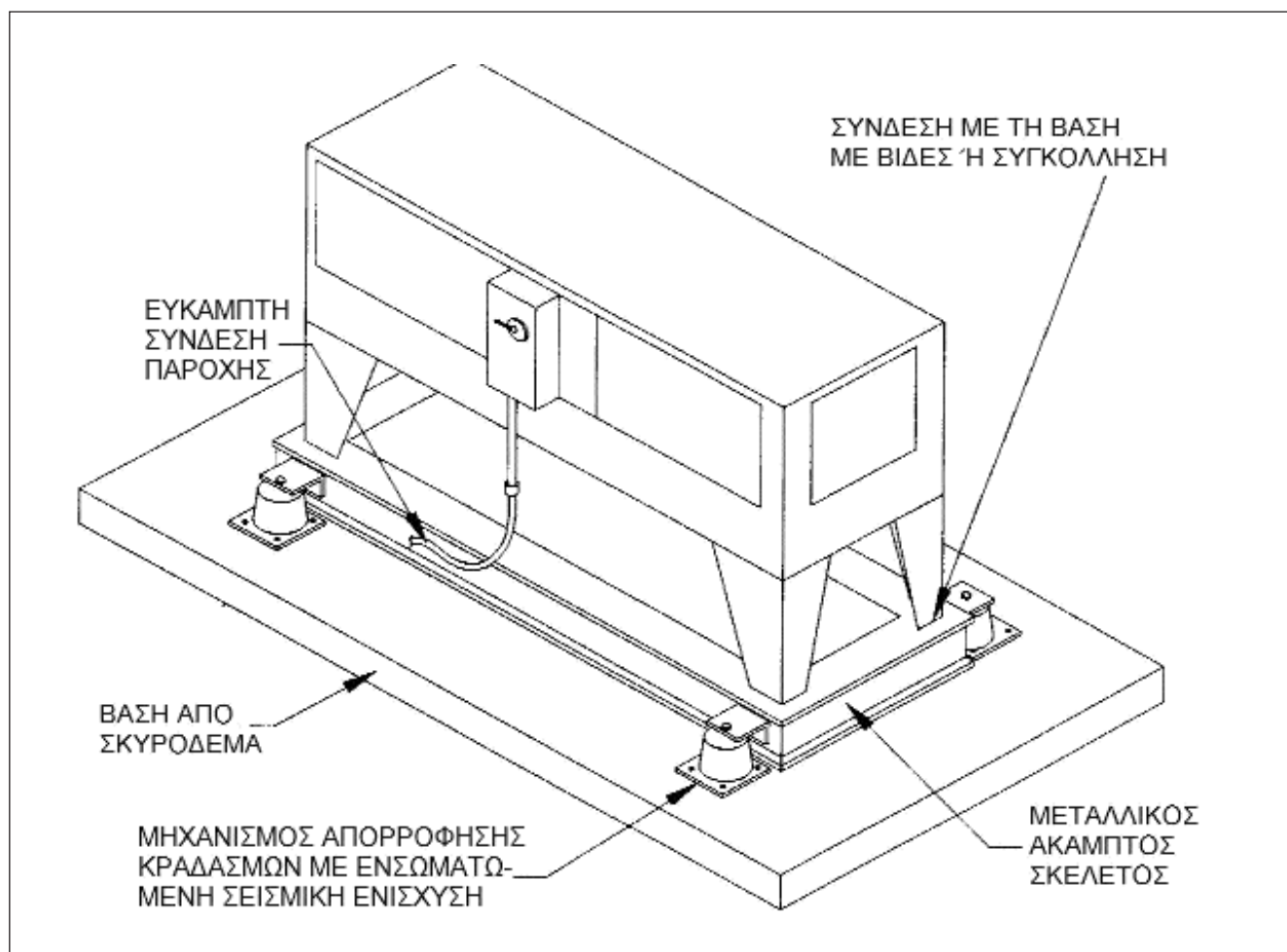


**Σχήμα 24.** Η έδραση του ψύκτη της εικόνας κατ' ευθείαν σε αντικραδασμικές βάσεις, χωρίς αντισεισμική ενίσχυση είχε σαν αποτέλεσμα την εκτίναξη των βάσεων και την πτώση του μηχανήματος.

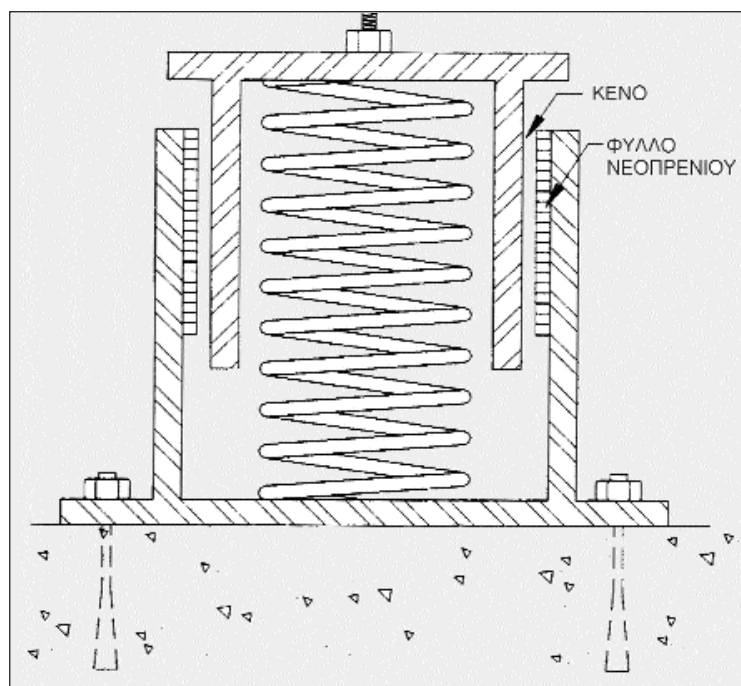
Η αντισεισμική προστασία μηχανημάτων που εδράζονται σε αντικραδασμικούς μηχανισμούς απαιτεί αντισεισμικές ενισχύσεις (snubbers) που να εμποδίζουν την πλάγια μετατόπιση. Αυτές οι ενισχύσεις θα πρέπει να είναι ανεξάρτητες από τους αντικραδασμικούς μηχανισμούς ή να συνδυάζονται σε μια ενότητα με αυτούς.



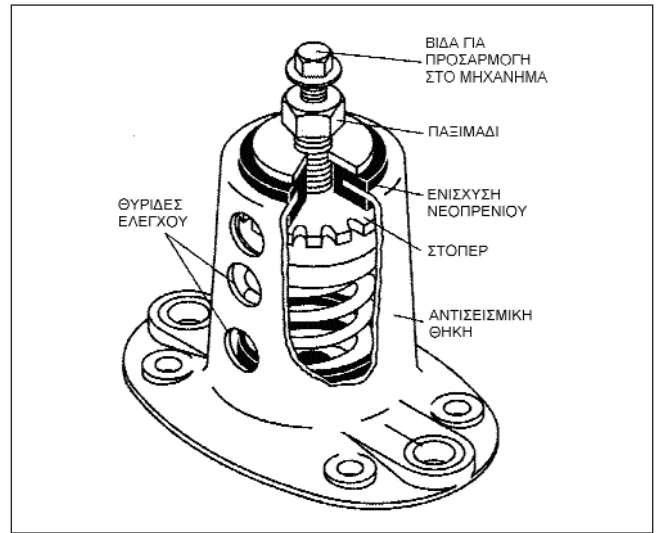
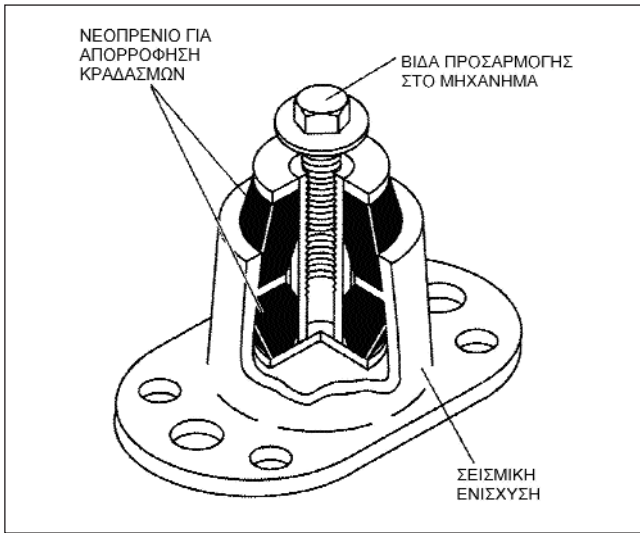
**Σχήμα 25.** Στα σχήματα φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο καταστρέφονται τα ελατήρια και οι στηρίξεις των μηχανημάτων που δεν φέρουν σεισμική προστασία.



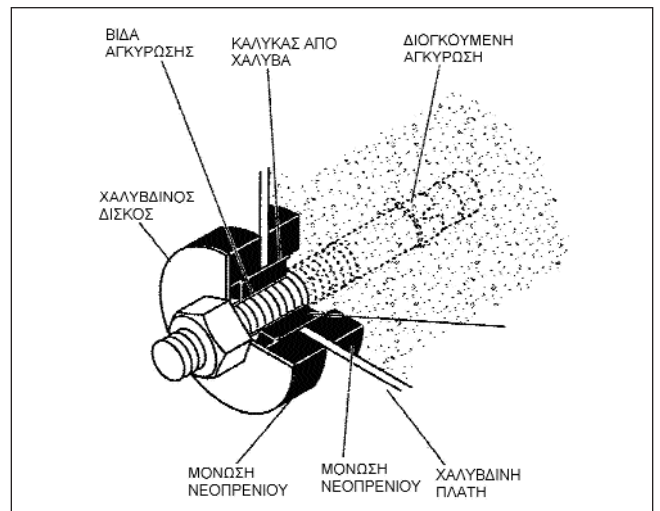
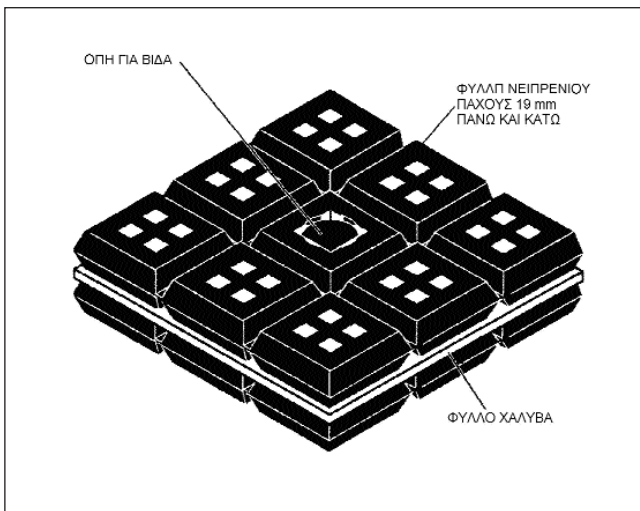
Σχήμα 26. Μηχάνημα εδραζόμενο σε μηχανισμό απορρόφησης κραδασμών με ενσωματωμένη αντισεισμική ενίσχυση.



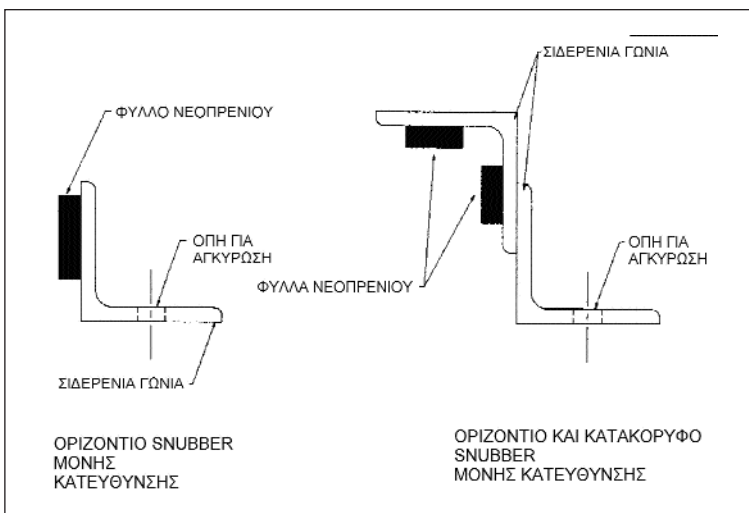
Σχήμα 27. Μηχανισμός απορρόφησης κραδασμών με ελατήριο και ενσωματωμένη σεισμική ενίσχυση.



Σχήμα 28. Μηχανισμοί απορρόφησης κραδασμών με ενσωματωμένη σεισμική ενίσχυση α) με νεοπρένιο β) με ελατήριο.

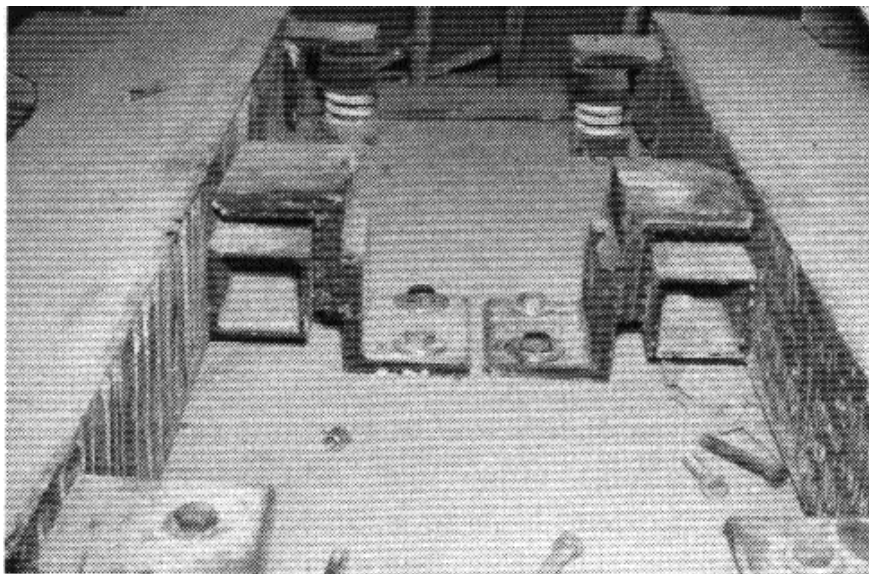


Σχήμα 29. Μηχανισμοί απορρόφησης κραδασμών με φύλλα νεοπρενίου.



Σχήμα 30. Μηχανισμοί σεισμικής απορρόφησης μονής κατεύθυνσης με φύλλα νεοπρενίου. Δεν συνιστώνται για περιοχές υψηλής σεισμικότητας.





**Σχήμα 31.** Μηχανισμός σεισμικής απορρόφησης μονής κατεύθυνσης με φύλλα νεοπρενίου. Δεν συνιστάται για περιοχές υψηλής σεισμικότητας.

Οι μηχανισμοί σεισμικής απορρόφησης (snubbers) είναι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για να εμποδίζουν τις σεισμικές κινήσεις. Συχνά χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών, οι οποίοι δεν έχουν την ικανότητα να παραλάβουν τις σεισμικές φορτίσεις. Έτσι τα snubbers είναι χρήσιμα για την αντισεισμική προστασία υφιστάμενων μηχανημάτων, που ήδη διαθέτουν μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών.

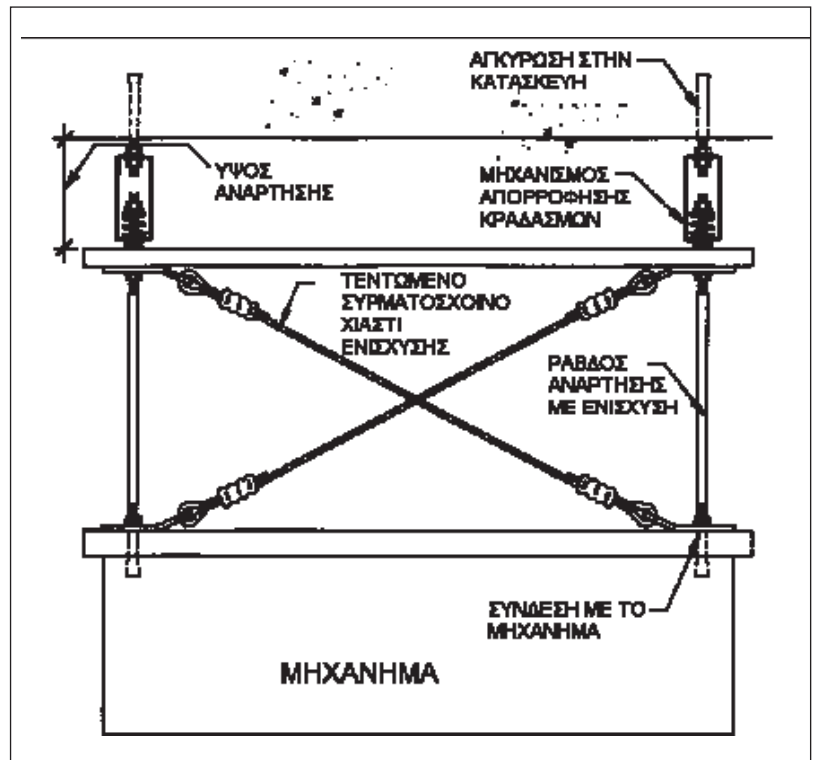
Η κατασκευή των snubbers πρέπει να αποτελείται από υψηλής αντοχής χάλυβα και υψηλής ποιότητας λωρίδες χυτού νεοπρενίου. Οι λωρίδες νεοπρενίου θα πρέπει να μπορούν να αντικαθίστανται.

**Το σεισμικό πρόβλημα των εδραζομένων επί των δαπέδων ενός κτηρίου μηχανημάτων αυξάνει, όσο υψηλότερα βρίσκεται το εν λόγω δάπεδο από το έδαφος.** Π.χ., μηχανήμα εδραζόμενο στο δάπεδο του 3ου ορόφου ενός κτηρίου είναι σεισμικώς πιο τρωτό από ένα άλλο, με τα ίδια χαρακτηριστικά και τρόπο στήριξης, που εδράζεται στο δάπεδο του ισογείου.

#### 3.3.4.6 Εξοπλισμός με μηχανισμούς απορρόφησης κραδασμών, ανηρημένος από την οροφή

Στους ανηρημένους εξοπλισμούς περιλαμβάνονται ανεμιστήρες και άλλες ανηρημένες μονάδες με κινούμενα μέρη, που διαθέτουν σύστημα μόνωσης προς αποφυγή μετάδοσης των κραδασμών στην κατασκευή. Η μόνωση των κραδασμών συνήθως γίνεται μέσω ελατηρίων, νεοπρενίου, φελλού και άλλων μονωτικών υλικών. Σωλήνες και αγωγοί σε ορισμένες περιπτώσεις μονώνονται ή αναρτώνται με αναρτήρες μορφής ελατηρίου, για να αποφεύγεται η μετάδοση θορύβου ή για να παρέχεται συνεχής στήριξη, καθώς το στοιχείο εκτρέπεται λόγω συσσώρευσης θερμικών φορτίων. Στο σχ. 32, εικονίζεται τέτοιου τύπου εξοπλισμός.





Σχήμα 32. Ανάρτηση μηχανήματος με διαγώνιες ενισχύσεις από συρματόσχοινο και μηχανισμό απορρόφησης κραδασμών.

### 3.3.4.7 Εξοπλισμός κινούμενος επί σταθερής ή μη τροχιάς, τηλεσκοπικά συστήματα κ.λπ.

Η μέθοδος για την καλύτερη αντισεισμική προστασία τέτοιων συστημάτων είναι, για μεν την κίνηση επί σταθερής τροχιάς να προβλέπεται μια στήριξη έναντι εφελκυσμού λόγω ροπών ανατροπής, για δε την ελεύθερη κίνηση, να προβλέπεται σημαντική μάζα στα χαμηλότερα σημεία του μηχανήματος, ώστε να υποβιβάζεται το κέντρο βάρους, όσο το δυνατόν περισσότερο για τη μη ανατροπή του. Επίσης, για τον ίδιο λόγο, καλόν είναι να διαπλατύνονται τα πέλματα έδρασης και να τοποθετούνται υλικά με μεγάλο συντελεστή τριβής, εφόσον αυτό δεν περιορίζει την λειτουργία του μηχανήματος.

### 3.3.5 Δεξαμενές μεγάλου μεγέθους

Οι δεξαμενές είναι εγκαταστάσεις που αποτελούν βασικό στοιχείο των εγκαταστάσεων των Βιομηχανιών, αλλά και των «γραμμών ζωής». Αποτελούν ουσιώδη στοιχεία για την εξασφάλιση της ύδρευσης και την τροφοδοσία των υπηρεσιών πυρόσβεσης, των οποίων η λειτουργία ιδιαίτερα αμέσως μετά τον σεισμό είναι απαραίτητη. Υπάρχουν στις βιομηχανίες δεξαμενές που αποθηκεύουν νερό, καύσιμες ύλες τροφοδοσίας των μηχανών, υγρά ή αέρια χρήσιμα στην παραγωγή, χημικές ουσίες ή υγρά ή στερεά μικρού όγκου προϊόντα. Όταν οι δεξαμενές αποθηκεύουν στερεά υλικά ονομάζονται «σιλό». Οι περισσότερες υφιστάμενες δεξαμενές δεν έχουν επαρκή αγκύρωση, ώστε να προστατεύονται από τις επιπτώσεις του σεισμού, γιατί έτσι η κατασκευή τους είναι ευκολότερη και πιο φθηνή. Η σεισμική προστασία των δεξαμενών απαιτεί εκτεταμένες και δαπανηρές θεμελιώσεις, ώστε να αποφεύγεται η ανύψωση (αναπήδηση) σε περίπτωση σεισμού. Οι μη αγκυρωμένες δεξαμενές κατασκευάζο-

νται πάνω σε συμπίεσμένο χώμα, με ένα δακτύλιο θεμελίωσης, που κάποιες φορές απουσιάζει εντελώς. Οι δεξαμενές πρέπει να ενισχύονται έναντι του σεισμού:

1. πρωτογενώς, ώστε να παραλαμβάνουν τις σεισμικές δυνάμεις που ο σεισμός ασκεί στην κατασκευή τους
2. δευτερογενώς, ώστε να παραλαμβάνουν τις δυναμικές φορτίσεις που το περιεχόμενό τους ασκεί στα τοιχώματά τους, καθώς μετατοπίζεται υπό την επενέργεια του σεισμού.

Οι δεξαμενές, όταν υφίστανται τις δυνάμεις του σεισμού, κινδυνεύουν να αποσυνδεθούν από τις στηρίξεις τους στο έδαφος, ή οι στηρίξεις τους να παραμορφωθούν, με αποτέλεσμα να καταρρεύσουν, να μετακινηθούν, να περιστραφούν, να ανατραπούν ή να πάρουν επικίνδυνη κλίση. Μπορεί επίσης να υποστούν ρωγμές ή παραμορφώσεις στο σώμα τους, αν αυτό δεν διαθέτει την απαιτούμενη αντοχή για την παραλαβή των δυναμικών φορτίσεων του αναδευόμενου λόγω του σεισμού περιεχομένου τους.

Σε πολλές περιπτώσεις οι δεξαμενές των Βιομηχανικών συγκροτημάτων περιέχουν υλικά που είναι ιδιαίτερα βλαβερά ή τοξικά ή εύφλεκτα ή εκρηξιγόνα. Εύκολα μπορεί κανείς να αντιληφθεί τις επιπτώσεις που είναι ενδεχόμενο να έχει στο άμεσο περιβάλλον της βιομηχανίας, ή και στο ευρύτερο, ανάλογα με το περιεχόμενο της δεξαμενής, η πιθανή καταστροφή της.

Η θωράκιση της δεξαμενής έναντι του σεισμού, θα πρέπει να είναι ανάλογη με την επικινδυνότητα του περιεχομένου και του μεγέθους της. Επίσης, για το μέγεθος της θωράκισης έναντι σεισμού, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο ρόλος που παίζουν οι δεξαμενές αυτές στην παραγωγική αλυσίδα μιας περιοχής. Π.χ. αν η οικονομία μιας περιοχής στηρίζεται στην γαλακτοκομία και από ένα σεισμό καταστραφούν όλες οι δεξαμενές συλλογής και αποθήκευσης του γάλακτος, η καταστροφή είναι τεράστια, διότι δεν καταστρέφεται μόνον η παραγωγή της ημέρας αλλά και του μέλλοντος. Έτσι για τις συγκεκριμένες δεξαμενές η σεισμική προστασία θα πρέπει να είναι πολύ υψηλού βαθμού, πέραν αυτού που περιγράφεται στους αντισεισμικούς κανονισμούς. Στην περίπτωση αυτή οι δεξαμενές είναι σπουδαιότερες από τις κατοικίες ή άλλες κατασκευές.

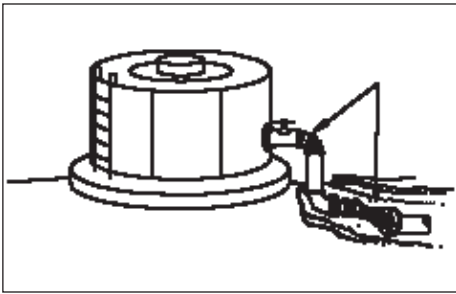
Οι δεξαμενές έχουν συνήθως κυλινδρικό ή και σφαιρικό σχήμα και είτε διατάσσονται κατακόρυφα ως προς την μεγάλη τους διάσταση (κατακόρυφες δεξαμενές), είτε οριζόντια ως προς την μεγάλη τους διάσταση (οριζόντιες δεξαμενές). Οι κυλινδρικές δεξαμενές μπορεί να είναι στενές ή φαρδιές, τοποθετούμενες με την μεγάλη τους διάσταση οριζοντίως, είτε στηρίζονται σε σκελετό και τοποθετούνται σε ύψος πάνω από το έδαφος, συνήθως για λόγους υδροστατικούς (εξασφάλιση απαιτούμενης υδροστατικής πίεσης για ύδρευση-Υδατόπυργοι).

Οι κατακόρυφες δεξαμενές στηρίζονται σε σκελετό συνήθως μεταλλικό, πακτωμένο σε βάση (θεμέλιο) από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι οριζόντιες δεξαμενές στηρίζονται σε σκελετό, που ανά αποστάσεις παρέχει στηρίξεις (σαμάρια) στο σώμα της δεξαμενής. Πολλές φορές η βάση των εν λόγω δεξαμενών είναι καμπύλη, στρέφοντας τα κοίλα προς τα άνω.

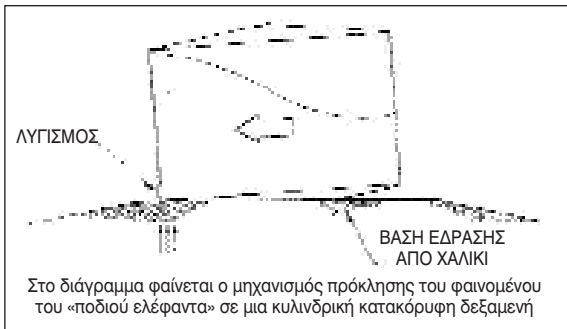
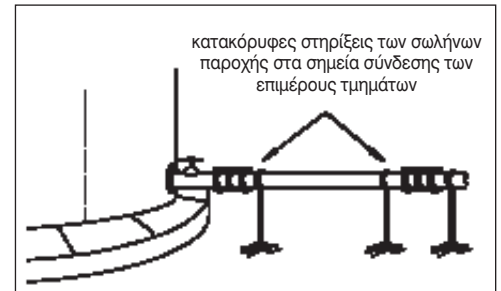
Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τρόποι σεισμικής προστασίας για διάφορους τύπους δεξαμενών.

### Κατακόρυφες κυλινδρικές δεξαμενές



**Σχήμα 1.** Οι συνδέσεις των σωλήνων παροχών και παροχέτευσης στις δεξαμενές πρέπει να γίνονται με εύκαμπτα τμήματα.

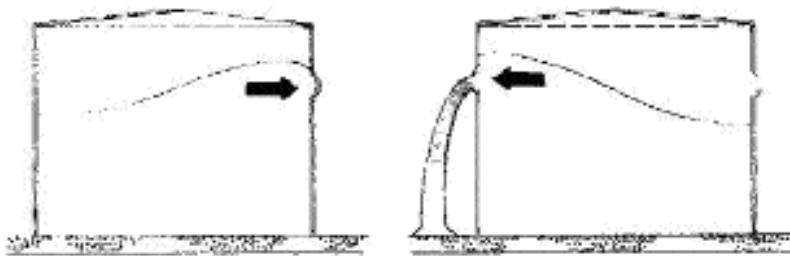
**Σχήμα 2.** Όταν ο σωλήνας παροχής είναι άκαμπτος, καλόν είναι να ενισχύεται στις συνδέσεις των επί μέρους τμημάτων με κατακόρυφες στηρίξεις.



**Σχήμα 3.** Παραμόρφωση δεξαμενής της μορφής «ποδιού ελέφαντα».

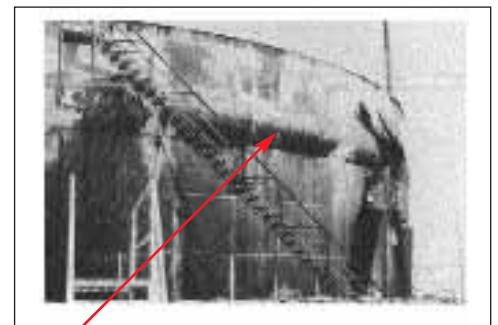


**Σχήμα 4.** Παραμόρφωση της μορφής «ποδιού ελέφαντα» σε κυλινδρική δεξαμενή. Πηγή: UCLA, California.

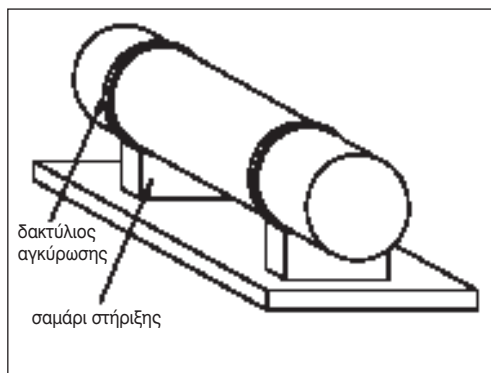


Διάγραμμα που εικονίζει τον μηχανισμό (ανάδευση υγρού) που κατά το σεισμό προκαλεί ζημιά στην ανώτερη ζώνη κατακόρυφων κυλινδρικών δεξαμενών

**Σχήμα 5.** Καταστροφή της δεξαμενής λόγω της ανάδευσης του υγρού περιεχομένου (sloshing).

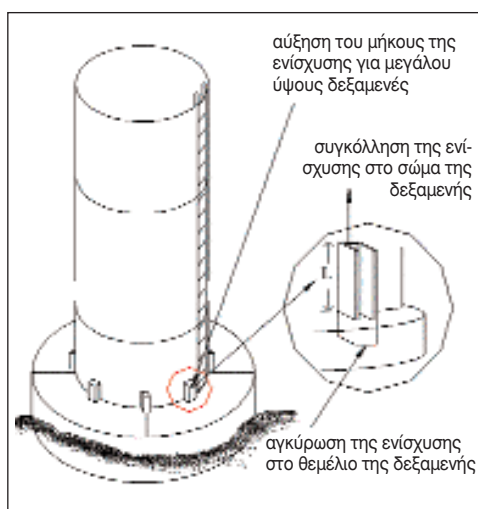


**Σχήμα 5.** Παραμόρφωση στην ανώτερη ζώνη κυλινδρικής δεξαμενής λόγω του φαινομένου ανάδευσης του υγρού στο εσωτερικό της, εξαιτίας του σεισμού.



**Σχήμα 6.** Οι οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές καλόν είναι να στηρίζονται σε «σαμάρια» συνδεδεμένα κατάλληλα με το σώμα της δεξαμενής.

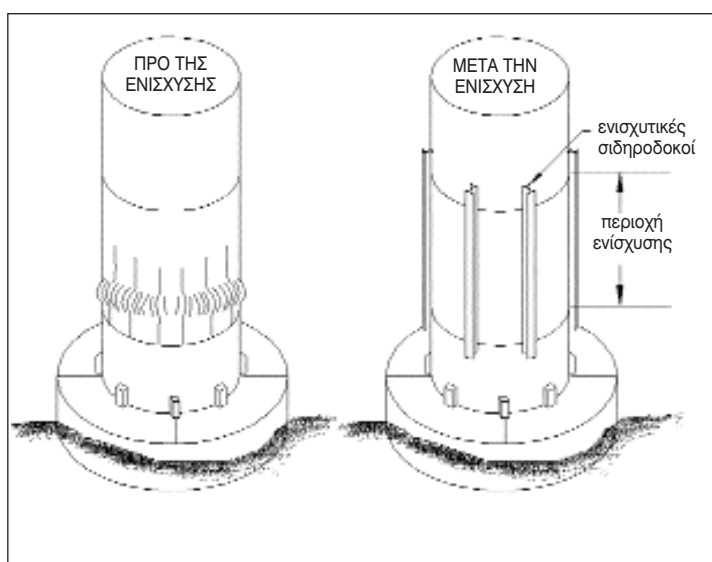
### Κυλινδρικές δεξαμενές κατακόρυφες, με μεγάλο ύψος και μικρό πλάτος



**Σχήμα 7.** Τρόπος ενίσχυσης της βάσης της δεξαμενής.

Συνήθως οι κατακόρυφες κυλινδρικές δεξαμενές με μικρή βάση και μεγάλο ύψος τοποθετούνται σε σύνολα, η μία κοντά στην άλλη. Για αύξηση της σεισμικής τους προστασίας καλόν είναι να συνδέονται μεταξύ τους με κατάλληλα μεταλλικά στοιχεία κατά την  $\chi$  και  $\psi$  διεύθυνση. Όμως εφόσον οι δεξαμενές αυτές περιέχουν εύφλεκτα υλικά ή υλικά που εκρηγνυται, θα πρέπει να είναι σε ικανή απόσταση η μία από την άλλη και να μεσολαβεί τάφρος, ώστε να περιορίζεται η διάχυση του επικίνδυνου υγρού από ενδεχόμενη βλάβη της δεξαμενής. Όσον αφορά στον κυματισμό του υγρού περιεχομένου της δεξαμενής σε περίπτωση σεισμού (sloshing), ένα σύστημα που μπορεί να αποδώσει για την μείωσή του είναι η κατασκευή μιας μεταλλικής εσχάρας στο ανώτερο τμήμα της δεξαμενής.

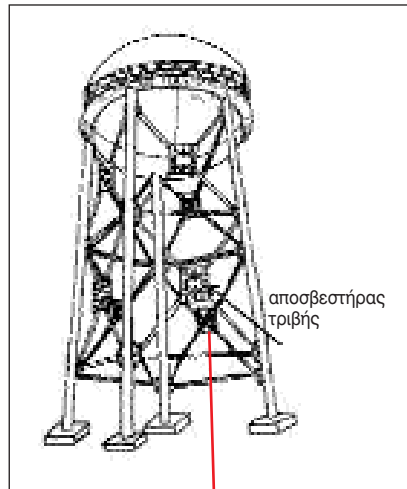
### Βλάβη μορφής ποδιού ελέφαντα



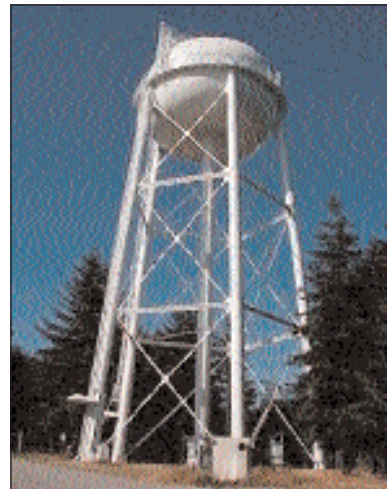
**Σχήμα 8.** Τρόπος ενίσχυσης της δεξαμενής για την αντιμετώπιση του «ποδιού ελέφαντα».



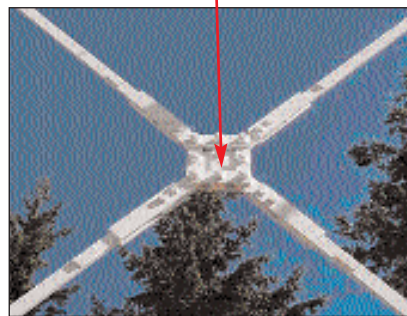
### Υπερυψωμένες δεξαμενές



Σχήμα 9α



Σχήμα 9β



Σχήμα 9γ

Η σεισμική προστασία αυτής της μορφής υπερυψωμένων δεξαμενών επιτυγχάνεται με την χρήση ενός συστήματος αποσβεστήρων τριβής, που συνήθως εφαρμόζεται στα κτήρια. Κατά την διάρκεια του σεισμού, η τάση στον ένα διαγώνιο βραχίονα, υποχρεώνει τον δίσκο στον αποσβεστήρα τριβής, να ολισθήσει. Έτσι κονταίνει ο άλλος βραχίονας και συγκρατεί τον σκελετό της δεξαμενής από του να λυγίσει.

### 3.3.6 Ενεργειακοί σταθμοί

Πολλές βιομηχανίες, ανάλογα με το μέγεθός τους, μπορεί να διαθέτουν ενεργειακούς σταθμούς, ή εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας για εφεδρικές ανάγκες.

Υφίστανται βέβαια και βιομηχανίες αυτοτελούς παραγωγής ενέργειας.

Οι ενεργειακές βιομηχανίες στις εγκαταστάσεις τους περιλαμβάνουν στοιχεία όπως:

1. ηλεκτρικές γεννήτριες
2. μετασχηματιστές
3. συστήματα διανομής
4. κ.λπ.

Βεβαίως, την ειδοποιό διαφορά μεταξύ των διαφόρων τέτοιων ενεργειακών εγκαταστάσεων αποτελεί το υλικό παραγωγής της ενέργειας, όπως π.χ. το νερό, το κάρβουνο, το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο (θερμικοί σταθμοί), η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια (ανακυκλώσιμες πηγές ενέργειας).

Κάθε μία από αυτές τις εγκαταστάσεις απαιτεί αντισεισμική αντιμετώπιση και θωράκιση. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται κατά την επιλογή της περιοχής της εγκατάστασης από πλευράς ποιότητας εδάφους και τούτο διότι τα «καλά» εδάφη από πλευράς ηλεκτρολογικής, εδάφη δηλαδή, τα ο-

ποία διαθέτουν μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα, είναι εξ ορισμού δυσμενή από πλευράς σεισμικής συμπεριφοράς. Κι αυτό, διότι σύμφωνα με μια από τις δόκιμες και αξιόπιστες μελέτες γεωφυσικής διασκόπησης (γεωηλεκτρική μέθοδος), όσο μεγαλύτερη είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, τόσο μικρότερο είναι το μέτρο διάτμησης του  $G$ , δηλαδή τόσο μαλακότερο (άρα και χειρότερο από αντισεισμικής πλευράς) είναι το έδαφος.

Σε περίπτωση σεισμού, έχουν παρατηρηθεί σημαντικές βλάβες σε σταθμούς παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και στα δίκτυα μεταφοράς επίσης. Αυτές οι βλάβες αναφέρονται κυρίως σε θραύσεις στοιχείων, ανατροπές και μετατοπίσεις. Παρατηρούνται επίσης, λόγω των βραχυκυκλωμάτων και των εύφλεκτων υλικών που συνήθως χρησιμοποιούνται (βιομηχανικό λάδι, μονωτικά υλικά κ.λπ.) πυρκαγιές στις εγκαταστάσεις. Πολλές φορές λόγω της αδυναμίας προσέγγισης των μέσων πυρόσβεσης για κατάσβεση της πυρκαγιάς, οφειλόμενης σε στενότητα χώρου ελιγμών, παρατηρείται επέκταση της πυρκαγιάς σε μεγαλύτερα μέρη του σταθμού.

Αντιλαμβάνεται κανείς, ότι οι εν λόγω σταθμοί, ανάλογα με την σπουδαιότητα που έχουν και την τάξη μεγέθους τους (εθνικοί, περιφερειακοί, τοπικοί), πρέπει να λειτουργούν τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και αμέσως μετά, λόγω του βασικού ρόλου που έχουν σε όλους τους τομείς της σύγχρονης κοινωνίας.

Θα πρέπει λοιπόν να γίνεται μια εμπειρισταωμένη ανάλυση τρωτότητας τέτοιων εγκαταστάσεων, που θα καταλήξει στην υπόδειξη των μέτρων προστασίας που πρέπει να ληφθούν.

Βεβαίως σε κάθε βιομηχανία θα πρέπει να υπάρχουν πάντοτε σε επιλεγμένες θέσεις εφεδρικές γεννήτριες, που να τίθενται σε λειτουργία αυτομάτως με την διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος, για λόγους εξυπηρέτησης ασφάλειας και για την συνέχιση ορισμένων λειτουργιών που δεν θα πρέπει να διακοπούν.

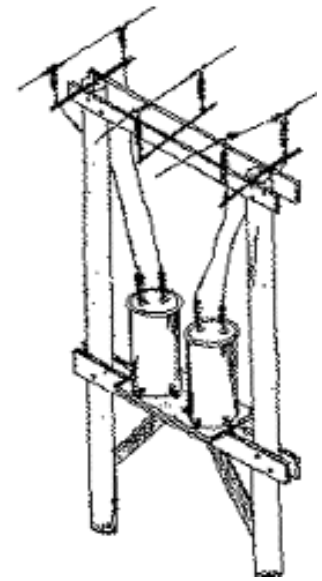
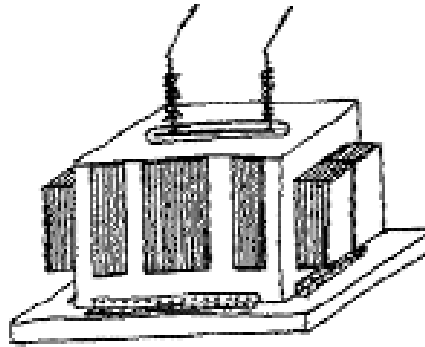
Οι ζημιές που παρατηρήθηκαν κατά το παρελθόν στους μετασχηματιστές ηλεκτρικής ισχύος στους ενεργειακούς υποσταθμούς κατά την διάρκεια καταστρεπτικών σεισμών, υπογραμμίζουν την ανάγκη για την αντισεισμική προστασία των μετασχηματιστών. Η σεισμική μόνωση της βάσης τους είναι ένα από τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν. Οι μεγάλοι σεισμοί προκαλούν σοβαρές ζημιές στα ηλεκτρικά ενεργειακά δίκτυα, τα οποία αποτελούν σημαντικές «γραμμές ζωής», που μεταφέρουν ενέργεια σε μεγάλες πληθυσμιακές ομάδες. Ακόμη και μικρής διάρκειας διακοπή παροχής ενέργειας, μπορεί να έχει εξαιρετικά μεγάλες επιπτώσεις σε επίπεδο κοινωνικό και οικονομικό.

Οι ενεργειακοί υποσταθμοί, αποτελούν βασικό στοιχείο των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μηχανολογικοί εξοπλισμοί των ενεργειακών υποσταθμών έχουν εξαιρετικά μεγάλη οικονομική αξία, και παράλληλα, πολλά από τα στοιχεία τους, ιδιαίτερα τα παλαιά, έχουν σχεδιαστεί βάσει πολύ χαμηλότερων σεισμικών συντελεστών από τους ήδη ισχύοντες. Επιπλέον, η απώλεια της λειτουργίας των μετασχηματιστών, συνεπάγεται αναπόφευκτα την ματαίωση της λειτουργίας του συνόλου του δικτύου.

Κατά τον σεισμό μπορούν να παρατηρηθούν διάφοροι τύποι ζημιών στους μετασχηματιστές.

Μπορεί να υποστούν ζημιά στις αγκυρώσεις τους, η οποία μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του περιβλήματός τους και διαρροή υγρών ή ζημιά στις στηρίξεις των βάσεων, που μπορεί να προκαλέσει ανατροπή ή μετατόπιση. Ένας μη επαρκώς αγκυρωμένος μετασχηματιστής, μπορεί να προκαλέσει ανατροπή σε όλο το σύστημα των συνοδευτικών εξοπλισμών. Όμως, και σε ένα σταθερά αγκυρωμένο μετασχηματιστή, μπορεί να προκληθούν ουσιώδεις ζημιές στα εσωτερικά του συστήματα, λόγω ακριβώς της ισχυρής του αγκύρωσης που μεταβιβάζει τις δυνάμεις στο εσωτερικό σύστημά του. Η κατάλληλη αντισεισμική προστασία για τους μετασχηματιστές είναι η σεισμική μόνωση της έδρασής τους με κάποιο σύστημα απομόνωσης όσον αφορά στην μετάδοση της δόνησης του σεισμού στο σώμα του μετασχηματιστή.

**Σχήμα 1.** Οι κινήσεις του εδάφους κατά τον σεισμό μπορεί να προκαλέσουν πτώση των ηλεκτρικών μετασχηματιστών που βρίσκονται πάνω σε ιστούς (κολώνες). Πρέπει να στερεώνονται πάνω στις κολώνες, σε ειδικές βάσεις και οι κολώνες να διαθέτουν θεμελίωση. Οι μετασχηματιστές που βρίσκονται στο έδαφος πρέπει να τοποθετούνται σε βάσεις από μπετόν και να αγκυρώνονται πάνω σ' αυτές.



### 3.3.7 Βιομηχανίες που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά

Ένα μείζον σεισμικό γεγονός μπορεί να προκαλέσει εκλύσεις βλαβερών χημικών ουσιών, που βρίσκονται αποθηκευμένες σε μεγάλες ποσότητες σε διάφορες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Αν αυτές οι εκλύσεις συμβούν κοντά σε κατοικημένες περιοχές, μεγάλος αριθμός κατοίκων, μπορεί να κινδυνεύσει και μάλιστα τη στιγμή που θα πρέπει να αντιμετωπίσει **ταυτόχρονα** τις συνέπειες του σεισμού.

Βιομηχανίες που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά, τα οποία σε περίπτωση καταστροφικού γεγονότος μπορούν να αποβούν απειλή για τους πολίτες, πρέπει να λάβουν ιδιαίτερα αυστηρά μέτρα προστασίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι βιομηχανίες που χρησιμοποιούν ή παράγουν επικίνδυνα χημικά προϊόντα, υποχρεώνονται από τους ισχύοντες κανονισμούς της πολιτείας να λάβουν συγκεκριμένα μέτρα και υποβάλλονται σε περιορισμούς.

Παρ' όλα αυτά όμως, ένα ασθενές σημείο στον όλο σχεδιασμό ή στην σχολαστική τήρηση των μέτρων μπορεί να αποβεί μοιραίο σε περίπτωση σεισμού. Κάποιο απλώς ελαττωματικό στοιχείο, που σε άλλες περιπτώσεις δεν θα επηρέαζε την ασφάλεια, μπορεί να καταστραφεί εντελώς από τον σεισμό με μοιραίες επιπτώσεις. Τα στάνταρ ασφαλείας για κατασκευές, εξοπλισμούς, αγωγούς και σωληνώσεις πρέπει να είναι πολύ υψηλότερα από τα ισχύοντα για συμβατικές κατασκευές (να εφαρμόζεται υψηλότερος σεισμικός συντελεστής), λόγω των σοβαρών επιπτώσεων που μια αστοχία θα μπορούσε να επιφέρει.

Σε κάποιες περιπτώσεις, κατά την διαδικασία της παραγωγής χρησιμοποιούνται καύσιμα ή υλικά, που δεν είναι επικίνδυνα αυτά καθ' αυτά, αλλά που μπορούν να εκλύσουν τοξικά αέρια καύσης, αν λόγω του σεισμού προκληθεί πυρκαγιά.

Οι βιομηχανίες σχεδιάζονται γενικά με προδιαγραφές ανώτερες αυτών που ισχύουν για τις συμβατικές κατασκευές, ο σεισμός όμως είναι τόσο ακραίο και απρόβλεπτο γεγονός, που δοκιμάζει τα όρια αντοχής κάθε συστήματος. Κάθε μικρή κατασκευαστική ατέλεια μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία και κάθε μικρή αστοχία σε καταστροφή. Γι' αυτό θα πρέπει η τήρηση των μέτρων ασφαλείας να γίνεται με σχολαστικότητα και απολύτως τίποτε να μην παραμελείται.

Η χειρότερη περίπτωση βιομηχανικής καταστροφής βέβαια, είναι η καταστροφή σε σταθμό πυρηνικής ενέργειας, όπως αυτή που συνέβη στο Τσερνόμπιλ το 1986, που δεν ήταν βέβαια αποτέλεσμα σεισμού, δείχνει όμως τις τρομακτικές επιπτώσεις μιας καταστροφής σε πυρηνικό ενεργειακό σταθμό. Οι πυρηνικές εγκαταστάσεις σχεδιάζονται πάντα με πολύ υψηλά στάνταρτς ασφάλειας και η πιθανότητα αστοχίας τους είναι πολύ μικρή, οι σεισμοί όμως είναι ακραία φυσικά φαινόμενα, με απρόβλεπτο μέγεθος έντασης και δεν μπορεί να αποκλειστεί εντελώς ο κίνδυνος πυρηνικής καταστροφής. Είναι εξαιρετικά σημαντική η χωροθέτηση τέτοιων εγκαταστάσεων σε ασφαλείς σεισμικά περιοχές, μακριά από μεγάλα αστικά κέντρα. Πάντοτε όμως θα πρέπει να καταρτίζονται σχέδια έκτακτης ανάγκης ευρείας κλίμακας, απομάκρυνσης του πληθυσμού κ.α.

Η Ελλάδα δεν διαθέτει πυρηνικά ενεργειακά εργοστάσια στο έδαφός της, δυστυχώς όμως διαθέτουν τέτοια οι γείτονές μας, (Βουλγαρία, Τουρκία-η τελευταία μάλιστα ανήκει στις περιοχές μεγάλου σεισμικού κινδύνου). Έτσι, θα πρέπει να επαγρυπνούμε για τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργούν αυτά τα πυρηνικά εργοστάσια, ώστε να προβαίνουμε στα κατάλληλα διαβήματα, αν διαπιστωθούν δυσλειτουργίες, ή αμέλειες, αφού οι συνέπειες μιας πυρηνικής καταστροφής δεν γνωρίζουν σύνορα.

Τα βιομηχανικά ατυχήματα, π.χ. η διαρροή χημικών ή οι μεγάλης εξάπλωσης πυρκαγιές, απαιτούν τεράστια προσπάθεια και εμπλοκή μεγάλου αριθμού ανθρώπινου δυναμικού για να αντιμετωπιστούν. Αν προκύψουν σαν συνέπεια ενός σεισμού, μοιραία, θα αποσπάσουν από το διασωστικό έργο τις διασωστικές ομάδες, με κίνδυνο να χαθούν ζωές. Αν πάλι παραμεληθεί η αντιμετώπισή τους, μπορεί να εξαπλωθούν και να απειληθούν ακόμη περισσότερες ζωές. Τέτοιες αποφάσεις προτεραιοτήτων πρέπει να αντιμετωπίζονται, όταν καταστρώνονται τα σχέδια έκτακτης ανάγκης. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα προκαθοριστεί στο σχέδιο η απόφαση για την προτεραιότητα, γιατί αυτό είναι κάτι που εξαρτάται από την συγκυρία των περιστάσεων. Πρέπει όμως πάντοτε να υπάρχει η κατάλληλη προετοιμασία και οργάνωση, ώστε όταν προκύψει το γεγονός, να είναι καθορισμένο ποιος θα πάρει τις αποφάσεις και ποια θα είναι η αρμοδιότητα και το έργο του κάθε υπεύθυνου, για να υπάρξει άμεση ανταπόκριση και συντονισμός, χωρίς χάσιμο πολύτιμου χρόνου.

### **Αντισεισμική προστασία σωληνώσεων που μεταφέρουν επικίνδυνες ουσίες**

Η έλλειψη κατάλληλων οδηγιών για τον αντισεισμικό σχεδιασμό κατά την εγκατάσταση αγωγών που περιέχουν επικίνδυνα υλικά στα συστήματα παραγωγής των βιομηχανιών μπορεί να αποβεί εξαιρετικά επικίνδυνη.

Στις βιομηχανίες ηλεκτρονικών συστημάτων π.χ., τοξικά, εύφλεκτα και αντιδρώντα υγρά χρησιμοποιούνται συχνά στην διαδικασία κατασκευής ημιαγωγών και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Η εγκατάσταση των αγωγών που μεταφέρουν τέτοια υλικά συνήθως γίνεται συμβατικά, χωρίς να λαμβάνεται μέριμνα για τις καταστροφικές συνέπειες ενός σεισμού στους αγωγούς αυτούς. Οι υφιστάμενοι κανονισμοί δεν παρέχουν επαρκείς οδηγίες και δεν θέτουν επαρκείς περιορισμούς για την αντισεισμική εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων.

Κατά κανόνα οι αντισεισμικοί κανονισμοί επικεντρώνουν την μέριμνα στην εξασφάλιση της σεισμικής επάρκειας του φέροντος οργανισμού και δίνουν μικρή ή και καμία σημασία στα μη φέροντα στοιχεία και το περιεχόμενο των κτηρίων, θεωρώντας ότι αυτά αποτελούν μικρότερο κίνδυνο για την ασφάλεια της ζωής, από ότι π.χ. μια κατάρρευση κτηρίου. Αυτό όμως συχνά δεν ισχύει. Μεγάλες κα-



ταστροφές και πολυάριθμα θύματα μπορεί να προκύψουν από τις επιπτώσεις του σεισμού στα μη φέροντα στοιχεία, όπως είναι και οι σωληνώσεις.

Η αυξανόμενη χρήση επικίνδυνων υλικών από την βιομηχανία σήμερα, αυξάνει τον κίνδυνο της έκθεσης σε αυτά. Η καταστροφή στη βιομηχανία της Union Carbide στο Μποπάλ της Ινδίας το 1986, αν και δεν ήταν επακόλουθο σεισμού, έδειξε με τον πιο δραματικό τρόπο, τις τρομακτικές συνέπειες που μπορεί να έχει η απελευθέρωση τοξικών χημικών ουσιών στην ίδια την βιομηχανία και στον πλησίον πληθυσμό. Καταστροφές στις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά μπορούν να προκληθούν από διάφορες αιτίες: αστοχίες συστημάτων, ανθρώπινο λάθος, σαμποτάζ, φυσικά φαινόμενα κ.α. Ένας ισχυρός σεισμός, που θέτει σε δοκιμασία τα όρια αντοχής όλων γενικά των συστημάτων της εγκατάστασης, είναι πολύ πιθανόν, να προκαλέσει και αυτός παρόμοιες καταστροφές.

Μια άλλη παράμετρος που θα πρέπει να τύχει προσοχής δίδεται στη συνέχεια.

Ενώ τα μέτρα για την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων μπορούν να είναι επαρκή για την αντιμετώπιση περιορισμένων περιστατικών, αυτά δεν είναι αποτελεσματικά, όταν πρόκειται για μια μεγάλη διαρροή τοξικών ουσιών, που μπορεί να ακολουθήσει έναν ισχυρό σεισμό. Πολύ περισσότερο όταν ένας μεγάλος σεισμός έχει καταστροφικές συνέπειες σε μία μεγάλη έκταση, που υπάρχουν πολλές βιομηχανίες και μπορεί να προκληθούν πολλαπλές διαρροές διαφορετικών επικίνδυνων ουσιών, ενώ παράλληλα, βασικές παροχές για την αντιμετώπιση των περιστατικών, όπως νερού, ενέργειας ή μεταφορών, μπορεί λόγω του σεισμού να μην είναι διαθέσιμες.

Ένα πρώτο βασικό μέτρο πρόληψης του κινδύνου είναι η χωροθέτηση των βιομηχανιών, που χρησιμοποιούν σε ευρεία κλίμακα και σε μεγάλες ποσότητες επικίνδυνα υλικά.

- Βιομηχανίες που χρησιμοποιούν σε ευρεία κλίμακα επικίνδυνες για την δημόσια υγεία ουσίες, οι οποίες μπορεί να εκλυθούν στο περιβάλλον, συνεπεία μιας καταστροφής, δεν θα πρέπει εν γένει να χωροθετούνται πλησίον κατοικημένων περιοχών, πολύ περισσότερο, πλησίον πυκνοκατοικημένων οικιστικών μονάδων.

Για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης τέτοιων βιομηχανιών θα πρέπει να ισχύουν πέραν των γενικών περιορισμών χωροθέτησης, που ήδη περιγράφηκαν σε άλλο κεφάλαιο και πρόσθετοι περιορισμοί.

- Περιοχές με υψηλή σεισμικότητα θα πρέπει να αποκλείονται για την εγκατάσταση τέτοιων βιομηχανιών. Θα πρέπει να γίνεται σε βάθος μελέτη όλων των γεωλογικών, σεισμολογικών, στατιστικών, ακόμη και ιστορικών στοιχείων, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφάλεια της θέσης εγκατάστασης παρόμοιων βιομηχανιών.
- Θα πρέπει να λαμβάνεται κάθε δυνατό και στον υψηλότερο βαθμό απαιτούμενης ασφάλειας μέτρο προστασίας έναντι παντός κινδύνου και ιδιαίτερα έναντι του σεισμού.
- Θα πρέπει να εκπονούνται ειδικά για την περίπτωση σχέδια αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης, ανάλογα με το είδος του κινδύνου και το είδος των επικίνδυνων ουσιών που χρησιμοποιεί η βιομηχανία (π.χ. μια βιομηχανία πετροχημικών, είναι ιδιαίτερος εκτεθειμένη σε κίνδυνο πυρκαγιάς, μια βιομηχανία παρασκευής φαρμάκων σε βιολογικό κίνδυνο κ.λπ.). Ανάλογα με το είδος του αναμενόμενου κινδύνου θα πρέπει να είναι και τα μέτρα αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης που θα πρέπει να ληφθούν.

Όσον αφορά στις συνήθεις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά σε μικρότερη κλίμακα, με σχετικά απλά, ευτυχώς, προληπτικά μέτρα, μπορεί να μετριαστεί ο κίνδυνος. Ένα τέτοιο σχε-

τικά απλό προληπτικό μέτρο είναι η εγκατάσταση σωληνώσεων με σεισμικές ενισχύσεις, εύκαμπτες συνδέσεις κ.λπ., που μειώνουν κατά πολύ τον κίνδυνο να σπάσουν ή να αποσυνδεθούν. Κατά τον σχεδιασμό και την εγκατάσταση των σεισμικών ενισχύσεων στα συστήματα σωληνώσεων, θα πρέπει να αξιολογείται το επίπεδο προστασίας που είναι επιθυμητό. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες, όπως η σεισμικότητα της περιοχής, η σπουδαιότητα του συστήματος, τα δυναμικά χαρακτηριστικά των σωληνώσεων (αν πρόκειται για άκαμπτες σωληνώσεις ή ελαστικές) κ.λπ.

**Όσον αφορά στα επικίνδυνα υλικά μια σειρά ερωτημάτων πρέπει να τεθούν και να απαντηθούν.**

1. Υπάρχουν επικίνδυνα υλικά αποθηκευμένα στις εγκαταστάσεις της Βιομηχανίας;
2. Είναι τα επικίνδυνα υλικά αποθηκευμένα με τα κατάλληλα μέτρα ασφάλειας; (Στο σεισμό του Cobe στην Ιαπωνία, οι περισσότερες διαρροές επικίνδυνων ουσιών παρατηρήθηκαν σε αποθηκευτικούς χώρους βιομηχανιών που δεν πληρούσαν τους όρους ασφαλούς αντισεισμικής αποθήκευσης).
3. Μπορεί να επηρεαστούν τα επικίνδυνα υλικά από τον σεισμό; Αν διασκορπιστούν, αυτό γίνεται υπό υγρή ή αέρια μορφή; Υπάρχει κίνδυνος χημικής αντίδρασης, αν τα διαρρέοντα επικίνδυνα υλικά αναμιχθούν με νερό, όπως νερό βροχής, νερό πυρόσβεσης, ή νερό από διαρροές σωλήνων ύδρευσης; Κάποιες φορές αρκεί μια μικρή διαρροή επικίνδυνου υλικού, για να προκαλέσει μείζον περιστατικό. (Κατά την διάρκεια του σεισμού στο Whittier της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ, ανατράπηκε ένα δοχείο που περιείχε μια πολύ μικρή ποσότητα μεταλλικό νάτριο πάνω σε κηροζίνη σε ένα εργαστήριο. Ένας καταιονιστήρας πυρόσβεσης που καταστράφηκε από τον σεισμό, προκάλεσε διαρροή νερού, με αποτέλεσμα να αντιδράσουν τα υλικά και να παράγουν υδρογόνο, το οποίο στη συνέχεια ανεφλέγη. Επειδή λόγω του σεισμού το σύστημα πυρόσβεσης τέθηκε εκτός λειτουργίας, η φωτιά επεκτάθηκε σε όλο το εργαστήριο και προκάλεσε ανυπολόγιστη καταστροφή).
4. Υπάρχει καταγραφή των επικίνδυνων και εύφλεκτων υλικών που υπάρχουν σε δεξαμενές ή σωληνώσεις;
5. Μπορούν τα επικίνδυνα υλικά ή και εύφλεκτα υλικά να αποτελέσουν κίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή; Μπορούν να αποτελέσουν κίνδυνο για τον εξοπλισμό της βιομηχανίας; Μπορούν να αποτελέσουν κίνδυνο για την βιομηχανία γενικά; Για το ευρύτερο περιβάλλον;

Ανάλογα με τις απαντήσεις που θα δοθούν στα παραπάνω ερωτήματα, θα εντοπιστεί η ανάγκη της λήψης των κατάλληλων μέτρων προστασίας και ετοιμότητας και η μορφή που πρέπει να έχουν αυτά.

Οι περιπτώσεις κινδύνου, όπως είναι εύκολα κατανοητό, ποικίλουν, ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας και τα υλικά που χρησιμοποιεί και σε πολλές περιπτώσεις είναι εντελώς απρόβλεπτες. Κάποιες φορές η σύμπτωση παραγόντων φαινομενικά άσχετων μεταξύ τους, μπορεί να προκαλέσουν την καταστροφή. Στον σεισμό της Αλάσκας το 1964, ο σεισμός προκάλεσε τσουνάμι, που ανέτρεψε δεξαμενές πετρελαίου και το περιεχόμενό τους διασκορπίστηκε. Λόγω του τσουνάμι ταυτόχρονα, ένα τάνκερ που φόρτωνε καύσιμα, αποσυνδέθηκε από τον σωλήνα τροφοδοσίας και το πετρέλαιο ανεφλέγη. Η φωτιά μεταδόθηκε στην ξηρά και στη συνέχεια πυροδότησε το τελευταίο βαγόνι μιας αμαξοστοιχίας 40 βαγονιών που μετέφεραν καύσιμα. Τα βαγόνια εξερράγησαν το ένα μετά το άλλο και κατέληξαν στην μετάδοση της πυρκαγιάς στις εγκαταστάσεις δεξαμενών της TEXACO, που βρίσκονταν εκεί κοντά. Το αποτέλεσμα: Αρμαγεδών.



**Σχήμα 1.** Εικόνα καταστροφής από πυρκαγιά σε δεξαμενές καυσίμων.



**Σχήμα 1α.** Εικόνα καταστροφής από πυρκαγιά σε δεξαμενές καυσίμων.

Μέτρα που πρέπει να ληφθούν.

- Απομόνωση των περιοχών που υπάρχουν αποθηκευμένα επικίνδυνα υλικά.
- Τα επικίνδυνα υλικά να αποθηκεύονται σε χώρους εκτός των κτηριακών εγκαταστάσεων και με αυξημένα μέτρα προστασίας (να στεγάζονται σε εγκαταστάσεις προστατευμένες με τον κατάλληλο για την περίπτωση τρόπο –πυροπροστατευμένες ή στεγανές εγκαταστάσεις ή ότι άλλο απαιτείται).
- Να λαμβάνονται αυξημένα μέτρα σεισμικής προστασίας, τόσο για τις σωληνώσεις που μεταφέρουν επικίνδυνα υλικά, όσο και για τις εγκαταστάσεις αποθήκευσής τους.
- Να υπάρχουν πλησίον όλα τα πρόσφορα μέτρα πυρόσβεσης.
- Να υπάρχουν μηχανισμοί προειδοποίησης συναγερμού για διαρροές και αυτόματες βαλβίδες διακοπής παροχής.
- Σε περιπτώσεις μείζονος καταστροφής, να υπάρχουν όλα τα μέσα αυτοπροστασίας του προσωπικού (ειδικές στολές, αντιασφυξιογόνες προσωπίδες κ.λπ.), καθώς και άμεση πρόσβαση σε υπηρεσίες αντιμετώπισης εκτάκτων περιστατικών.
- Να υπάρχει σχέδιο άμεσης εκκένωσης της εγκατάστασης από τους εργαζόμενους σ' αυτήν, με εξασφαλισμένη την διαφυγή σε υπαίθριους χώρους, προστατευμένους και διαθέτοντες εγκατάσταση παροχής πρώτων βοηθειών, με όλα τα απαιτούμενα για την συγκεκριμένη διαρροή μέσα.

Οι γενικές αρχές θα πρέπει να είναι οι ακόλουθες.

- Απομόνωση των επικίνδυνων ουσιών, σε ασφαλείς θέσεις εντός της βιομηχανικής εγκατάστασης.
- Μέγιστη δυνατή προστασία τους έναντι καταστροφής και ειδικότερα έναντι του σεισμού.
- Χωροθέτηση των βιομηχανιών που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά σε θέσεις που βρίσκονται μακριά από πυκνοκατοικημένες περιοχές.
- Εξασφάλιση ασφαλούς εκκένωσης των εγκαταστάσεων τέτοιων βιομηχανιών από τους εργαζόμενους σε περίπτωση καταστροφής.
- Εξασφάλιση άμεσης ανταπόκρισης των σωστικών δημοσίων υπηρεσιών αντιμετώπισης καταστροφών και της πρόσβασής τους στον χώρο της εγκατάστασης.

Όλα αυτά τα μέτρα περιγράφονται αναλυτικότερα στο οικείο κεφάλαιο περί σχεδίου έκτακτης ανάγκης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Εκτίμηση της δομικής και μη δομικής τρωτότητας

#### Ταχεία Αποτίμηση Σεισμικής Τρωτότητας Κτηρίων (Τ.Α.Σ.ΤΡΩ.Κ.)

##### 4.1. Γενική περιγραφή της μεθόδου Τ.Α.Σ.ΤΡΩ.Κ.

Η μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Σεισμικής Τρωτότητας Κτηρίων (Τ.Α.Σ.ΤΡΩ.Κ.) συνίσταται στην αποτίμηση της σεισμικής τρωτότητας των κτηρίων μιας οικιστικής μονάδας χωρίς ιδιαίτερους υπολογισμούς στο γραφείο, μόνο με την επιτόπου επίσκεψη ενός Μηχανικού. Η οικιστική μονάδα χωρίζεται σε τομείς και ο κάθε Μηχανικός αναλαμβάνει την αποτίμηση της τρωτότητας του αντίστοιχου τομέα. Πάνω σε ένα ρυμοτομικό χάρτη υπό κλίμακα, κατά προτίμηση 1 : 5000, ορίζονται οι εν λόγω τομείς, όπου φαίνονται οι ονομασίες των οδών, πλατειών, κήπων κ.λπ. όπως και ο χαρακτηρισμός του εδάφους (σκληρό, μέσο, μαλακό, πολύ μαλακό). Οι κατηγορίες του εδάφους αντιστοιχούν σε αυτές του αντισεισμικού κανονισμού και έχουν αποτυπωθεί στο χάρτη από την γεωτεχνική μελέτη. Για να περιγραφεί εναργέστερα η μέθοδος, αναφέρονται τα εφόδια που πρέπει να έχει μαζί του ο Μηχανικός που διενεργεί την αυτοψία σε κάθε έξοδό του.

- Απόσπασμα του τοπογραφικού χάρτη του τομέα του.
- Είκοσι (20) αντίγραφα του ερωτηματολογίου που πρέπει να συμπληρώσει επιτόπου πάνω στην ελαφρά πινακίδα.
- Είκοσι (20) σελίδες μεγέθους Α4 σε κάθε μια από τις οποίες έχει ήδη γραφεί από το γραφείο με όσο μεγαλύτερους χαρακτήρες και παχύτερο μαρκαδόρο, από ένα μοναδικό σύμβολο που αποτελείται από ένα γράμμα, το οποίο αντιπροσωπεύει τον Μηχανικό και έναν αριθμό που είναι ο απόλυτος αύξων αριθμός του ερωτηματολογίου (π.χ. Μ68) για κάθε κτήριο που πρόκειται να ελεγχθεί στην αυτοψία.
- Μια φωτογραφική μηχανή με φλας, φιλμ και μπαταρίες (απαιτούνται συνήθως μια έως τρεις φωτογραφίες ανά κτήριο). Σε εμφανές σημείο τοποθετείται πάνω στο κτήριο η σελίδα με το σύμβολο για να συμπεριληφθεί στη φωτογραφία. Το μέγεθος του συμβόλου πρέπει να έχει ύψος 15 cm και πάχος 15 mm τουλάχιστον.
- Μια ελαφρά πινακίδα για να συμπληρώνει επιτόπου τα ερωτηματολόγια.
- Μια πυξίδα, ένα 5-μετρο μεταλλικό μέτρο, μαρκαδόρους, μολύβια και αυτοκολλούμενες ταινίες για τη συγκόλληση του συμβόλου πάνω στον τοίχο του κτηρίου.

Η προβλεπόμενη χρονική διάρκεια της επιθεώρησης κάθε κτηρίου με την παρούσα μέθοδο είναι περί τα 30 λεπτά της ώρας (εφόσον πρόκειται για τα συνηθισμένα διώροφα - πενταώροφα κτήρια κατοικιών στην Ελλάδα). Με τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου προκύπτει μια πρώτη εκτίμηση της τρωτότητας του κάθε κτηρίου που ανήκει σε ένα ορισμένο τύπο κτηρίων. Οι αριθμοί που προκύπτουν θα πρέπει, στη συνέχεια, να αναχθούν ως προς την μονάδα και εφόσον απαιτείται, να συσχετισθούν οι τελικώς προκύπτουσες τρωτότητες μεταξύ τους.

Για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι απαραίτητη η συμμετοχή των ιδιοκτητών ή ενοι-



κιαστών (εφόσον μπορούν να απαντήσουν στις ζητούμενες πληροφορίες). Για το λόγο αυτό, από τον τοπικό ραδιοφωνικό σταθμό ανακοινώνεται η επικείμενη επίσκεψη των Συνεργείων στα κτήρια, ώστε να υπάρχει μια προετοιμασία. Σκόπιμο θα ήταν, το ερωτηματολόγιο και ο τρόπος συμπλήρωσής του να δημοσιευθεί σε τοπική εφημερίδα. Οι Μηχανικοί θα μπορούσαν, στη συνέχεια, να επισκεφθούν τα κτήρια του κάθε τομέα και να συμπληρώσουν τα ερωτηματολόγια οι ίδιοι με μεγαλύτερη, πλέον, βοήθεια από πλευράς των ιδιοκτητών. Βεβαίως, υπάρχουν και περιπτώσεις κτηρίων για τις οποίες η βοήθεια των ιδιοκτητών μπορεί να είναι περιττή (νέα ή πολύ παλιά κτήρια).

Στο ερωτηματολόγιο υπάρχει μια διαδικασία βαθμολόγησης της σεισμικής τρωτότητας κάθε κτηρίου (βλ. επόμενα κεφάλαια). Είναι σαφές ότι από μια γρήγορη εξέταση των κτηρίων, δεν μπορεί κανείς να περιμένει λεπτομερή στοιχεία, όπως π.χ. για τις απαιτούμενες επισκευές - ενισχύσεις κάθε κτηρίου. Αυτά θα προκύψουν μετά από λεπτομερή μελέτη του κάθε κτηρίου χωριστά. Σε σχετικά σύντομο χρόνο όμως, μπορεί κανείς να εκτιμήσει την έκταση, το βαθμό και τη διασπορά μέσα στον οικισμό που έχουν τα κτήρια με προβλήματα ώστε να μπορούν να ληφθούν συνολικότερα μέτρα αντιμετώπισης των διαφόρων αυτών προβλημάτων. Η μέθοδος αυτή θα οδηγήσει σε ιεράρχηση των αναγκών για τις απαιτούμενες παρεμβάσεις. Από τη διαδικασία αυτή θα προκύψουν οι ανάγκες για συστηματικότερη και λεπτομερέστερη μελέτη ορισμένων κτηρίων, η οποία θα γίνει με τη μελέτη των σχεδίων, με λεπτομερέστερες αποτυπώσεις, με υπολογισμούς κ.λπ. Υπάρχει το ενδεχόμενο (αν όχι η βεβαιότητα) να μην καταγραφούν ιδιαίτερος τρωτά μέλη κτηρίων που έχουν κρυμμένες κακοτεχνίες ή άλλα προβλήματα που δεν φαίνονται και χρειάζεται μια πολύ περισσότερο λεπτομερή μελέτη. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί αυτό που έχει παρατηρηθεί μετά από ισχυρούς σεισμούς, ότι δηλαδή, ακόμη και μετά από μια τέτοια λεπτομερή μελέτη είναι πολύ πιθανό να μην διαπιστωθεί ο υπάρχων κίνδυνος αν δεν υπάρχουν δείγματα, όπως π.χ. καθιζήσεις, ρωγμές κ.λπ.

Ένας παράγων που θα μπορούσε να αυξήσει την αξιοπιστία της μεθόδου αυτής είναι να διεξαχθεί η έρευνα μετά από έναν αρκετά ισχυρό σεισμό, που θα έχει ως αποτέλεσμα τα περισσότερα από τα διάφορα αφανή προβλήματα, κατ' ανάγκη να εμφανιστούν. Αρκεί βεβαίως, ο εν λόγω σεισμός να μην είναι τόσο ισχυρός που να καταστήσει την έρευνα άνευ αντικειμένου, να είναι δηλαδή μικρότερος του σεισμού που τίθεται ως σεισμικό σενάριο.

Μέσα στα πλαίσια της παρούσας διαδικασίας θεωρείται ότι μετά από ένα ισχυρό σεισμό που θα προκαλέσει βλάβες σε μια οικιστική περιοχή και θα αποτελέσει σχετικό μέτρο δοκιμασίας των κατασκευών, οι επισκευές που θα γίνουν θα είναι τέτοιες ώστε τα κτήρια να γίνουν πραγματικώς ασφαλή έναντι παρόμοιου σεισμού και να αρθούν όλα εκείνα τα αίτια τα οποία προκάλεσαν ή είναι δυνατόν να προκαλέσουν βλάβες από νέο σεισμό. Επομένως, κατά το πνεύμα αυτό, η ισχύουσα νομοθεσία για την επισκευή κατασκευών που έπαθαν βλάβες από σεισμό θα πρέπει να δέχεται ότι τα επισκευασμένα κτήρια μετά από σεισμό θεωρούνται ότι έχουν μηδενική Σεισμική Τρωτότητα. Οι επισκευές ή ενισχύσεις μετά από σεισμό ή οι πρόσφατες επεμβάσεις σημειώνονται ιδιαίτερος στο ερωτηματολόγιο.

Στον Ελλαδικό χώρο μπορούν να αναγνωριστούν κυρίως τρεις τύποι κτηρίων. Δεχόμαστε ότι ο κάθε ένας τύπος εφόσον διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά θεωρείται ως **αντισεισμικός** και έχει **μηδενική Σεισμική Τρωτότητα Κτηρίου** ( $T.K. = 0$ ). Όσο περισσότερα τρωτά σημεία έχει ένα κτήριο, τόσο αυξάνει ο βαθμός της τρωτότητάς του. Όσο πιο μεγάλος είναι ο βαθμός με τον οποίο βαθμολογείται ένα κτήριο, τόσο το κτήριο αυτό είναι περισσότερο σεισμικά τρωτό.

Στο ερωτηματολόγιο έχουν διατυπωθεί τα διάφορα τρωτά σημεία ενός κτηρίου και έχουν εκφρασθεί οι αντίστοιχοι βαθμοί που αυξάνουν την τρωτότητά του. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα, το ίδιο τρωτό χαρακτηριστικό ενός κτηρίου δεν δίνει την ίδια επιβάρυνση για τους τρεις τύπους κτηρίων.

Ως ένα χαρακτηριστικό κτηρίου θεωρείται και το έδαφος θεμελίωσης. Όμως π.χ. ένα μαλακό έδαφος επιβαρύνει με διαφορετικό βαθμό τα κτήρια από τοιχοποιία (Τ) από ότι τα κτήρια που έχουν σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα (Σ.Ο.Σ.).

Εδώ θα πρέπει να τονισθεί (όπως αυτό θα προκύψει από την διερεύνηση της τρωτότητας ενός κτηρίου στο κεφ. 3) ότι η **απαιτούμενη** σεισμική αντίσταση ενός κτηρίου εξαρτάται τόσο από τη σεισμική ζώνη στην οποία βρίσκεται όσο και από το έδαφος στο οποίο το κτήριο είναι θεμελιωμένο. Αυτά τα στοιχεία άλλωστε λαμβάνονται ως παράμετροι, σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό. Έτσι, δύο κτήρια που βρίσκονται σε δύο διαφορετικές ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας για να έχουν την ίδια σεισμική τρωτότητα θα πρέπει να έχουν διαφορετική αντισεισμικότητα, ανάλογα με τη σεισμική ζώνη και το έδαφος. Για τους λόγους αυτούς, το ερωτηματολόγιο είναι έτσι δομημένο που να αντανακλώνται οι απαιτήσεις στην αντισεισμικότητα του κτηρίου ανάλογα με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και το έδαφος.

Άλλα στοιχεία τα οποία δεν έχουν άμεση σχέση με την σεισμική ασφάλεια του ίδιου του κτηρίου και τα οποία μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στους ενοίκους και στην κινητή ή και ακίνητη περιουσία, αναφέρονται επίσης στο ερωτηματολόγιο. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν μια δεύτερη κατηγορία στοιχείων τρωτότητας του κτηρίου. Αυτά τα στοιχεία απαρτίζουν την μη δομική τρωτότητα ενός κτηρίου (Μ.Δ.Τ.Κ.).

## 4.2 Περιγραφή των βασικών τύπων κτηρίων

Στον Ελλαδικό χώρο υπάρχουν πολλά είδη κτηρίων, τα οποία για το σκοπό της παρούσας έρευνας καταχωρίζονται στους εξής τρεις βασικούς τύπους:

- 1ος Τύπος: Τ (Τοιχοποιία)
- 2ος Τύπος: Μ (Μεικτό)
- 3ος Τύπος: Σ.Ο.Σ. (Σκελετός από Οπλισμένο Σκυρόδεμα)

Και οι τρεις αυτοί βασικοί τύποι κτηρίου θεωρούνται ότι είναι αντισεισμικοί εφόσον διαθέτουν ορισμένα χαρακτηριστικά και πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις. Στις προϋποθέσεις αυτές συμπεριλαμβάνεται και το αν έχει εκπονηθεί ή όχι αντισεισμικός υπολογισμός του κτηρίου.

Αρχικά έγινε η παραδοχή, όλα τα κτήρια που διαθέτουν Σ.Ο.Σ. και των οποίων οι οικοδομικές άδειες έχουν εκδοθεί μετά το 1959 να θεωρηθούν ως αντισεισμικά χωρίς καμία αύξηση της σεισμικής τους τρωτότητας και άρα δεν θα ήταν σκόπιμο να ελεγχθούν. Όμως, υπάρχουν ορισμένες κατασκευαστικές λεπτομέρειες που αυξάνουν τη σεισμική τρωτότητα και οι οποίες ήταν άγνωστες την εποχή που έγινε η μελέτη και η κατασκευή ενώ συμπεριελήφθησαν στους νεότερους κανονισμούς. Επίσης, υπάρχουν και άλλες δομικές συνιστώσες οι οποίες διαμορφώθηκαν εκ των υστέρων, μετά την κατασκευή του φέροντα οργανισμού και πολλές φορές με άγνοια του μελετητή Μηχανικού, ή αφορούν θέματα κακής ή καθόλου συντήρησης του δομικού συστήματος. Τέτοιες κατασκευαστικές παράμετροι είναι οι πιλοτές, η ασυνέχεια των τοιχοπληρώσεων, τα κοντά υποστυλώματα, τα κοντά δοκάρια, οι διάφορες μη κανονικότητες, είτε αυτές οφείλονται στον φέροντα οργανισμό είτε αυτές οφείλονται στις διαχωριστικές τοιχοποιίες, η θέση του κτηρίου στο οικοδομικό τετράγωνο και η θέση του ως προς τα γειτονικά του κτήρια, η διάβρωση του σιδηροπλισμού, οι ρωγμές από καθιζήσεις, από θερμοκρασιακές συστολοδιαστολές ή βλάβες από προηγούμενους σεισμούς που δεν έχουν επισκευασθεί σωστά κ.λπ.

### 4.2.1 Τύπος: Τ (Τοιχοποιία)

Κτήρια από τοιχοποιία είναι αυτά, των οποίων ο φέρων οργανισμός αποτελείται από τοιχοποιία με βασικό υλικό τον ωμόπλινθο, τον φυσικό λίθο (πέτρα) ή τον τεχνητό λίθο (οπτόπλινθο, τσιμεντόλιθο, μεγαλύτερα προκατασκευασμένα τμήματα τοιχοποιιών από οπλισμένο σκυρόδεμα κ.λπ.). Ακόμη, στην ίδια κατηγορία μπορεί να ανήκουν και οι χυτές κατασκευές που αποτελούνται από διάφορα αδρανή υλικά ποικίλων διαστάσεων και από επίσης ποικίλα είδη συνδετικών υλικών (τσιμέντο, ασβεστοκοκνίαμα, υδραυλικές κονίες κ.λπ.).

Επίσης, στην ίδια κατηγορία κτηρίων από τοιχοποιία εμπίπτουν και αυτά που αποτελούνται από τοιχοποιίες οι οποίες είναι μεικτές π.χ. είτε οι διάφοροι τοίχοι ενός κτηρίου αποτελούνται από διαφορετικά υλικά (πέτρα, τούβλο) είτε ο ίδιος ο τοίχος απαρτίζεται στο πάχος του από διάφορα υλικά (π.χ. εσωτερικά αργολιθοδομή, επένδυση από παχιές μαλτεζόπλακες, ή λιθοδομή με μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα από τη μια ή και τις δύο όψεις της). Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και τα κτήρια από τοιχοποιία με ελαφρές ενισχύσεις από ξύλο, μέταλλο, οπλισμένο σκυρόδεμα, πλαστικές ίνες κ.λπ.

Ένα κτήριο από τοιχοποιία θεωρείται ως αντισεισμικό με μηδενική τρωτότητα ( $T.K. = 0$ ) στους διάφορους οικισμούς της χώρας μας εφόσον πληρούνται οι εξής όροι:

**4.2.1.1** Είναι χαμηλό (1-3 όροφοι)

**4.2.1.2** Οι αποστάσεις των φερόντων τοίχων δεν υπερβαίνουν τις αποστάσεις που δίδονται στον επόμενο πίνακα:

Μέγιστες Αποστάσεις Φερόντων Τοίχων				
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	Κατηγορία Εδάφους			
	A	B	Γ	Δ
I	6.0	5.5	5.0	4.5
II	5.5	5.0	4.5	4.0
III	5.0	4.5	4.0	3.5
IV	4.0	4.0	3.5	3.0

Μεγαλύτερες αποστάσεις φερόντων τοίχων σε εδάφη Γ και Δ θα μπορούσαν να γίνουν αποδεκτές, εφόσον υπάρχει άκαμπτη θεμελίωση, εξυγίανση του εδάφους, ισχυρό υπόγειο κ.λπ.

**4.2.1.3** Η σύνδεση των εγκάρσιως τεμνομένων τοίχων γίνεται συνεχώς, δηλαδή εναλλάξ σε κάθε γωνιόλιθο, ή εγκάρσιο λίθο.

**4.2.1.4** Η διάταξη των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων είναι τέτοια ώστε το κέντρο ακαμψίας να βρίσκεται περίπου στον πυρήνα της κάτοψης του κτηρίου.

**4.2.1.5** Διαθέτει ικανοποιητικές σε αριθμό, διάσταση και ποιότητα υλικών, οριζόντιες και κατακόρυφες ενισχυτικές ζώνες (σενάξ).

Οριζόντιες: στις ποδιές των παραθύρων και συνεχείς στα πρέκια κάθε είδους ανοίγματος, όπως και συνεχείς περιμετρικώς του κτηρίου στις στάθμες των πατωμάτων και της στέγης.

Κατακόρυφες: συνεχείς από τη στέγη μέχρι τη θεμελίωση στους λαμπάδες των θυρών και παραθύρων.

- 4.2.1.6** Η κάτοψη του κτηρίου είναι γενικώς τετραγωνικής ή ορθογωνικής μορφής, με λόγο πλευρών όχι μικρότερο του 1 : 3.
- 4.2.1.7** Δεν υπάρχουν σημαντικού ανοίγματος και μήκους πρόβολοι εκτός της περιμέτρου του κτηρίου, έτσι ώστε η επιφάνεια της κάτοψης να αυξάνεται πέραν του 5% ως προς την επιφάνεια κάτοψης που καθορίζεται από τους εξωτερικούς φέροντες τοίχους.
- 4.2.1.8** Κάθε φέρον τοίχος θα πρέπει να έχει λόγο  $T_1$  του αθροίσματος  $\Sigma\lambda$  των πλήρων λαμπάδων (πεσσών) προς το συνολικό του μήκος  $L$ , τουλάχιστον ίσο προς :

Σεισμικότητα III, IV	Σεισμικότητα I, II
για μονώροφα : $T_1 = \Sigma\lambda/L > 0.50$	για μονώροφα : $T_1 = \Sigma\lambda/L > 0.40$
για διώροφα : $T_1 = \Sigma\lambda/L > 0.55$	για διώροφα : $T_1 = \Sigma\lambda/L > 0.50$
για τριώροφα : $T_1 = \Sigma\lambda/L > 0.60$	για τριώροφα : $T_1 = \Sigma\lambda/L > 0.55$

Ως πλήρεις λαμπάδες (πεσσοί) θεωρούνται, δηλαδή μετρώνται, όσα τμήματα τοίχων έχουν μήκος μεγαλύτερο από αυτό που παρέχεται στον ακόλουθο πίνακα, ανάλογα με τη θέση του πεσσού. Το έδαφος θεωρείται ότι ανήκει στην κατηγορία Α. Για άλλες κατηγορίες εδαφών βλ. παράγραφο 4.2.1.0.

Ελάχιστα Μήκη Φερόντων Πεσσών (m)		
θέση πεσσού	Σεισμικότητα	
	III, IV	I, II
Ενδιάμεση	1.00	0.75
Γωνιακή	1.20	1.00

Εφόσον υπάρχει πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος στην οροφή του εξεταζόμενου ορόφου και η οποία εξασφαλίζει διαφραγματική λειτουργία σε όλη την κάτοψη του κτηρίου, οι τιμές των μηκών των πεσσών που θεωρούνται ως ελάχιστες σύμφωνα με αυτόν τον πίνακα μπορούν να μειωθούν κατά 20%.

- 4.2.1.9** Σε κάθε διεύθυνση το άθροισμα των εμβαδών των πλήρων τμημάτων (πεσσών) των φερόντων τοίχων υπό τους όρους της προηγούμενης παραγράφου, θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο προς  $\Sigma A_i/T_2$  όπου  $T_2$  παρέχεται στον επόμενο πίνακα:

Συντελεστής $T_2$ για τοιχοποιίες			
Σεισμικότητα			
I	II	III	IV
200	150	120	90



όπου,  $\Sigma A_i$  το άθροισμα των επιφανειών των υπερκειμένων ορόφων, συμπεριλαμβανομένης της στέγης. Ως επιφάνεια του ορόφου θεωρείται το εξωτερικό περίγραμμα της κάτοψης συμπεριλαμβανομένων και των εξωστών. Οι συντελεστές αυτοί ισχύουν εφόσον το έδαφος ανήκει στην κατηγορία Α.

- 4.2.1.10** Το έδαφος θεμελίωσης είναι επίπεδο, ενιαίας ποιότητας, οριζόντιο, και όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες παραγράφους είναι κατηγορίας Α. Εφόσον το έδαφος θεμελίωσης ανήκει σε κατηγορία Β, Γ ή Δ θα μπορούσαν να ισχύουν οι συντελεστές  $T_1$  (της παραγράφου 4.2.1.8) και  $T_2$  (της παραγράφου 4.2.1.9) εφόσον αυξηθεί η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας σε μια από τις επόμενες κατηγορίες, σύμφωνα με τον επόμενο πίνακα.

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	Κατηγορία εδάφους	Ισοδύναμη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας με έδαφος κατηγορίας Α
I	B	I-II
	Γ	III
	Δ	IV
II	B	II-III
	Γ	IV
III	B	IV

Με άλλα λόγια, ένα κτήριο το οποίο βρίσκεται π.χ. στη ζώνη III σε έδαφος Β για να έχει μηδενική τρωτότητα ( $T.K. = 0$ ) θα πρέπει να είναι φτιαγμένο σαν να ήταν σε ζώνη IV και έδαφος Α, αλλιώς η τρωτότητά του αυξάνει. Το κτήριο δεν φορτίζεται μέσω του εδάφους από γειτονικές κατασκευές, τοίχους αντιστήριξης, οδούς κ.λπ.

- 4.2.1.11** Δεν υπάρχουν δείγματα υποσκαφής θεμελίων.
- 4.2.1.12** Τα δάπεδα, μπορεί να είναι ξύλινα, αλλά δεν πρέπει να έχουν αισθητές ταλαντώσεις σε κατακόρυφα φορτία. Οι διευθύνσεις τοποθέτησης των φερόντων ξύλινων δοκαριών καλόν είναι να διασταυρώνονται από όροφο σε όροφο. Επίσης, καλόν είναι, να υπάρχουν δοκάρια και εγκαρσίως στα κυρίως φέροντα για διανομή των φορτίων.
- 4.2.1.13** Το κτήριο να είναι πανταχόθεν ελεύθερο.
- 4.2.1.14** Η δόμηση των τοιχοποιιών, η όλη κατασκευή και η ποιότητα των υλικών είναι υψηλής ποιότητας.
- 4.2.1.15** Δεν υπάρχουν ρωγμές, αποκλίσεις από την κατακόρυφο και οι τοίχοι δεν παρουσιάζουν απότομες μεταβολές του πάχους τους. Αρχικά ανοίγματα στις τοιχοποιίες που έκλεισαν εκ των υστέρων χωρίς εμπλοκή των λίθων εξακολουθούν να θεωρούνται ως ανοίγματα. Τα υλικά δεν έχουν πάθει διάβρωση και δεν έχει μειωθεί η αντοχή τους με τον χρόνο και την

επίδραση των καιρικών συνθηκών, η αντοχή του κονιάματος της τοιχοποιίας να είναι ανώτερη του 0.5 MPa. Δεν υπάρχουν βλάβες από προηγούμενους σεισμούς που δεν έχουν επιδιορθωθεί και ενισχυθεί σωστά.

- 4.2.1.16** Δεν υπάρχουν προσθήκες κατ' έκταση ή και καθ' ύψος από οποιοδήποτε υλικό, δεν έχουν δημιουργηθεί ανοίγματα ή αφαιρέσεις τοίχων (φερόντων ή μη) και εν γένει δεν έχουν γίνει δομικές επεμβάσεις, παρά μόνον οι απαραίτητες, για την συντήρηση ή την επισκευή του κτηρίου.
- 4.2.1.17** Η χρήση παραμένει η ίδια, όπως αυτή για την οποία κατασκευάστηκε το κτήριο, ή είναι ελαφρύτερη (π.χ. κατασκευάστηκε για βιβλιοθήκη και χρησιμοποιείται ως μουσείο με ελαφρά εκθέματα).

## 4.2.2 Τύπος : Μ (μεικτό)

Ένα κτήριο, ο φέρων οργανισμός του οποίου αποτελείται από δύο ή περισσότερα υλικά ένα εκ των οποίων είναι οπωσδήποτε είτε το ξύλο, είτε το μέταλλο, είτε το οπλισμένο σκυρόδεμα, ανήκει σ' αυτήν εδώ την κατηγορία. Π.χ. τέτοιο μπορεί να είναι ένα κτήριο που έχει περιμετρικά φέρουσα τοιχοποιία με κατακόρυφες και οριζόντιες ζώνες ενίσχυσης και στο εσωτερικό υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, στα οποία στηρίζονται οι πλάκες ή και τα δοκάρια, αν υπάρχουν, από οπλισμένο σκυρόδεμα. Όπως, στην ίδια κατηγορία μπορεί να ανήκει ένα κτήριο που έχει αρκετά ελαφρύ σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα (ο οποίος δεν μπορεί να αναλάβει όλα τα σεισμικά φορτία) και πολλές και σχετικώς σημαντικού πάχους τοιχοπληρώσεις (οι οποίες μπορούν να αναλάβουν το μεγαλύτερο ποσοστό των σεισμικών καταπονήσεων).

Ένα κτήριο με φέροντα οργανισμό από σκυρόδεμα, ανάλογα με την ποιότητα, το πάχος και τις υπάρχουσες ενισχυτικές ζώνες των τοιχοποιιών πλήρωσης σε σχέση με την ακαμψία, αντοχή και γεωμετρία του φέροντος οργανισμού από το οπλισμένο σκυρόδεμα, είναι δυνατόν να μεταπίπτει στον τύπο Γ (τοιχοποιίας) ή στον τύπο Σ.Ο.Σ. (σκελετός από οπλισμένο σκυρόδεμα) και σε ορισμένες ορισμένες περιπτώσεις τα όρια μπορεί να είναι δυσδιάκριτα.

Για τη χώρα όπως, ως μεικτό σύστημα νοείται συνήθως μια κατασκευή που ήταν αρχικά τοιχοποιία και στη συνέχεια λόγω επεμβάσεων, τροποποιήσεων κ.α., απέκτησε και σκελετό, συνήθως από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Και σ' αυτήν την περίπτωση μπορεί να υπάρχουν κτήρια με μηδενική σεισμική τρωτότητα κτηρίου, (T.K. = 0), κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, όπως:

- 4.2.2.1** Είναι χαμηλό ή μέτριο (μέχρι 7 ορόφους).
- 4.2.2.2** Οι αποστάσεις των φερόντων τοίχων είναι τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής μεταφορά των αδρανειακών φορτίων από τις πλάκες σ' αυτούς και να υπάρχει ικανοποιητική διαφραγματική λειτουργία.
- 4.2.2.3** Εξασφαλίζεται η σύνδεση των εγκαρσίως τεμνομένων τοίχων.
- 4.2.2.4** Εφόσον υπάρχουν εκκεντρότητες μεταξύ του κέντρου ακαμψίας και του κέντρου βάρους

της κάτοψης, να έχουν προβλεφθεί οι επιπτώσεις από πλευράς μετακινήσεων στα αντίστοιχα φέροντα στοιχεία. Οι σχετικές εκτιμήσεις γίνονται σύμφωνα με τα εξής :

Κάθε στοιχείο από τοιχοποιία αντικαθίσταται από ένα ιδεατό και ισοδύναμο στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα (με κριτήριο το μέτρο ελαστικότητας), διατηρώντας στην ίδια θέση το κέντρο βάρους του ιδεατού στοιχείου και εκτελούνται οι υπολογισμοί.

Τα εντατικά μεγέθη των στοιχείων από τοιχοποιία θα πρέπει να υπολογισθούν με τα μεγέθη  $M_w$ , και  $V_w$  :

$$M_w = M_c (\mu_c / \mu_w) \text{ και } V_w = V_c (\mu_c / \mu_w)$$

όπου:

$M_c, V_c$ : ροπή και τέμνουσα του ιδεατού και ισοδύναμου προς την τοιχοποιία και στην θέση της τοιχοποιίας στοιχείου από οπλισμένο σκυρόδεμα.

$\mu_c, \mu_w$ : οι πλαστιμότητες του οπλισμένου σκυροδέματος και της τοιχοποιίας αντίστοιχα.

(Παράδειγμα: Ένας πεσσός από τοιχοποιία διαστάσεων 60 cm×200 cm με μέτρο ελαστικότητας  $E = 8 \text{ GPa}$  μπορεί να αντικατασταθεί από ένα τοιχίο οπλισμένου σκυροδέματος διαστάσεων 16 cm×200 cm με  $E = 30 \text{ GPa}$ ).

Σε κάθε περίπτωση το κέντρο ακαμψίας να βρίσκεται περίπου στον πυρήνα της κάτοψης του κτηρίου, λαμβάνοντας υπόψη τις οριακές καταστάσεις ακαμψιών των διαφόρων μελών.

- 4.2.2.5** Διαθέτει ικανοποιητικές σε αριθμό, διάσταση και ποιότητα υλικών οριζόντιες και κατακόρυφες ενισχυτικές ζώνες (σενάζ), στις φέρουσες και μη φέρουσες τοιχοποιίες.
- 4.2.2.6** Η κάτοψη του κτηρίου είναι γενικώς τετραγωνικής μορφής ή ορθογωνικής με λόγο πλευρών όχι μικρότερο του 1 : 4-5.
- 4.2.2.7** Δεν υπάρχουν σημαντικού ανοίγματος και μήκους πρόβολοι εκτός της περιμέτρου του κτηρίου, έτσι ώστε η επιφάνεια κάτοψης να αυξάνεται πέραν του 15% ως προς την επιφάνεια κάτοψης που καθορίζεται από τους εξωτερικούς φέροντες τοίχους.
- 4.2.2.8** Οι σχετικές μέγιστες σεισμικές παραμορφώσεις μεταξύ ορόφων στα φέροντα στοιχεία από τοιχοποιία δεν είναι μεγαλύτερες του 0.2% (βλ. κεφ. 4.4).
- 4.2.2.9** Σε κάθε διεύθυνση το άθροισμα των εμβαδών των πλήρων τμημάτων (πεσσών) των φερόντων τοίχων είναι τουλάχιστον ίσο προς  $\Sigma A_i / T_2$  όπου  $T_2$  παρέχεται στον επόμενο πίνακα :

Συντελεστής $T_2$ για Τοιχοποιίες			
Σεισμικότητα			
I	II	III	IV
200	150	120	90
έως	έως	έως	έως
500	375	300	225

Τα άνω όρια του  $T_2$  αναφέρονται σε τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα και τα κατώτερα σε φέρουσα τοιχοποιία με ενισχυτικές ζώνες. Ενδιάμεσες τιμές ισχύουν για ενδιάμεσης ποιότητας τοιχοποιίες.

$\Sigma A_i$  είναι το άθροισμα των επιφανειών των υπερκειμένων ορόφων, συμπεριλαμβανομένης της στέγης. Ως επιφάνεια των ορόφων θεωρείται το εξωτερικό περίγραμμα της κάτοψης συμπεριλαμβανομένου και των εξωστών.

- 4.2.2.10** Το έδαφος θεμελίωσης είναι επίπεδο, ενιαίας ποιότητας και κατηγορίας A. Εφόσον το έδαφος θεμελίωσης ανήκει σε άλλη κατηγορία αντί της A, μπορεί να ισχύουν οι ισοδύναμες ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας όπως παρέχονται στον πίνακα της παραγράφου 2.1.10. Το κτήριο δεν φορτίζεται μέσω του εδάφους από γειτονικές κατασκευές, τοίχους αντιστήριξης, οδούς κ.λπ.
- 4.2.2.11** Δεν υπάρχουν δείγματα υποσκαφής θεμελίων.
- 4.2.2.12** Τα δάπεδα είναι αρκούντως άκαμπτα και διαθέτουν την απαραίτητη αντοχή ώστε να παρέχουν την απαιτούμενη διαφραγματική λειτουργία τόσο στην ελαστική, όσο και στην οριακή κατάσταση λειτουργίας. Π.χ. σε περίπτωση ισχυρού σεισμού που προκαλεί οριακές καταπονήσεις στην κατασκευή, τα τελευταία στοιχεία που θα καταστραφούν θα πρέπει να είναι τα δάπεδα.
- 4.2.2.13** Το κτήριο να είναι πανταχόθεν ελεύθερο.
- 4.2.2.14** Η δόμηση των τοιχοποιιών, η όλη κατασκευή και η ποιότητα των υλικών είναι υψηλής ποιότητας.
- 4.2.2.15** Δεν υπάρχουν ρωγμές, αποκλίσεις από την κατακόρυφο και οι τοίχοι δεν παρουσιάζουν απότομες μεταβολές του πάχους τους. Αρχικά ανοίγματα στις τοιχοποιίες που έκλεισαν εκ των υστέρων χωρίς εμπλοκή των λίθων εξακολουθούν να θεωρούνται ως ανοίγματα. Δεν υπάρχουν ρωγμές από καθιζήσεις, από θερμοκρασιακές συστολοδιαστολές, βλάβες από προηγούμενους σεισμούς που δεν έχουν επισκευασθεί σωστά.
- 4.2.2.16** Τα υλικά δεν έχουν πάθει διάβρωση και δεν έχει μειωθεί η αντοχή τους με τον χρόνο και την επίδραση των καιρικών συνθηκών.
- 4.2.2.17** Οι προσθήκες κατ' έκταση ή και καθ' ύψος αποτελούν ένα ενιαίο σύστημα τόσο σε κατακόρυφα φορτία όσο και σε οριζόντιες καταπονήσεις.
- 4.2.2.18** Η χρήση του κτηρίου είναι τέτοια που δεν επιβαρύνει με μεγαλύτερες μάζες το κτήριο.
- 4.2.2.19** Οι οποιεσδήποτε επεμβάσεις εκ των υστέρων δεν έχουν επιφέρει αλλοιώσεις σε οποιοδήποτε από τα προαναφερόμενα στοιχεία.



### 4.2.3 Τύπος: Σ.Ο.Σ. (Σκελετός από οπλισμένο σκυρόδεμα)

Ένα κτήριο με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα θεωρείται ως αντισεισμικό, με μηδενική σεισμική τρωτότητα κτηρίου, (Τ.Κ. – 0) εφόσον είναι υπολογισμένο και κατασκευασμένο σύμφωνα με τον εκάστοτε ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό και εφόσον ισχύουν οι παρακάτω περιγραφόμενοι όροι. Διακρίνονται τρία είδη κτηρίων Σ.Ο.Σ. Αυτά που μελετήθηκαν πριν από το 1959 {πριν από την καθολική θέσπιση του πρώτου αντισεισμικού κανονισμού) και ονομάζονται Σ.Ο.Σ.1 αυτά που μελετήθηκαν, μεταξύ 1959-1984 και ονομάζονται Σ.Ο.Σ.2 και αυτά που μελετήθηκαν μετά το 1984 και ονομάζονται Σ.Ο.Σ.3.

**4.2.3.1** Το κτήριο είναι υπολογισμένο πριν το 1959 ή μεταξύ 1959-1984. Τύπος : Σ.Ο.Σ.1 και Σ.Ο.Σ.2: Στο Παράρτημα Α παρουσιάζεται μια σύγκριση αντισεισμικού υπολογισμού σύμφωνα με τον τότε και τώρα ισχύοντα Αντισεισμικό Κανονισμό.

**4.2.3.1-1** Δεν έχει πιλοτή ή δεν παρουσιάζεται έντονη μείωση των τοιχοποιιών πλήρωσης σε άλλους ορόφους. Δηλαδή οι διαχωριστικές τοιχοποιίες είναι συνεχείς μέχρι τα θεμέλια. Επίσης, τα όποια τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα συνεχίζονται μέχρι τα θεμέλια. Η μείωση της ακαμψίας στο ισόγειο δεν είναι μεγαλύτερη από  $1/1.35 = 0.74$  της ακαμψίας του α' ορόφου. Εδώ πρέπει να σημειωθεί το εξής: πολλές φορές, το ισόγειο έχει ύψος περίπου 1.5 φορά το ύψος του α' ορόφου. Αυτομάτως, η ακαμψία του ισογείου μειώνεται σε μέγεθος περίπου  $1.5^3 / 2 = 1.7$  φορές σε σχέση με αυτήν του α' ορόφου και αν ακόμη όλα τα στοιχεία ακαμψίας προχωρούν μέχρι τη βάση του ισογείου. Αυτό σημαίνει ακαμψία ισογείου:  $1 / 1.7 = 0.60$  της ακαμψίας του α' ορόφου (ο παρανομαστής 2 στην σχέση  $1.5^3 / 2$  τέθηκε κατ' εκτίμηση για προσομοίωση των συνθηκών πάκτωσης που συνήθως υπάρχουν στο δάπεδο ισογείου σε σχέση με του α' ορόφου). Έτσι, ακόμη και με διατήρηση όλων των στοιχείων ακαμψίας του α' ορόφου και στο ισόγειο, η ακαμψία του ισογείου είναι μικρότερη κατά 80% από τα ελάχιστα όρια που καθορίζει ο Αντισεισμικός Κανονισμός. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να αυξηθεί αναλόγως η δυσκαμψία των στοιχείων του ισογείου.

**4.2.3.1-2** Δεν δημιουργείται ασυνέχεια ακαμψίας:

$$\Delta K_i = K_{i+1} + K_i$$

καθ' ύψος ούτε αύξηση μεγαλύτερη από 35% της ακαμψίας του υποκείμενου ορόφου και ούτε μείωση μεγαλύτερη από 50% της ακαμψίας του υποκείμενου ορόφου.

**4.2.3.1-3** Δεν δημιουργείται ασυνέχεια μάζας  $\Delta m_i = m_{i+1} - m_i$  καθ' ύψος, αύξηση μεγαλύτερη από 35% της μάζας του υποκείμενου ορόφου και μείωση μεγαλύτερη από 50% της μάζας του υποκείμενου ορόφου.

**4.2.3.1-4** Η διάταξη και ακαμψία των κατακόρυφων στοιχείων είναι τέτοια ώστε το κέντρο ακαμψίας να βρίσκεται στον πυρήνα της κάτοψης του κτηρίου και έχουν υπολογισθεί οι επιπτώσεις των εκκεντροτήτων στα φέροντα στοιχεία του κτηρίου.

**4.2.3.1-5** Το κτήριο δεν έχει στρεπτικώς ευαίσθητο όροφο.

- 4.2.3.1-6** Οι αποστάσεις των υποστυλωμάτων δεν ξεπερνούν τα 5.0 m κατά μέσο όρο.
- 4.2.3.1-7** Το κτήριο διαθέτει δύο μη αλληλοεπηρεαζόμενα σε οριακή κατάσταση μεταξύ τους συστήματα παραλαβής φορτίων: έναν εύκαμπτο σκελετό που παραλαμβάνει τα κατακόρυφα φορτία και ένα πιο άκαμπτο σύστημα που παραλαμβάνει τα οριζόντια σεισμικά φορτία.
- 4.2.3.1-8** Η κάτοψη να δημιουργεί ένα κλειστό-κυρτό σύστημα (η οποιαδήποτε ευθεία γραμμή που συνδέει δύο σημεία της κάτοψης δεν τέμνει το περίγραμμα του κτηρίου).
- 4.2.3.1-9** Υπάρχουν αρκετές τοιχοπληρώσεις σε πάχος, μήκος και έχουν ικανοποιητική αντοχή ώστε να συμβάλλουν εφόσον απαιτηθεί στη λειτουργία του δεύτερου συστήματος που αναφέρεται στην παράγραφο 2.3.1.7.
- 4.2.3.1-10** Δεν υπάρχουν σημαντικού ανοίγματος και μήκους πρόβολοι εκτός της περιμέτρου του κτηρίου, έτσι ώστε η επιφάνεια κάτοψης να αυξάνεται πέραν του 30% της επιφάνειας κάτοψης που καθορίζεται από τα περιμετρικά υποστυλώματα.
- 4.2.3.1-11** Το έδαφος θεμελίωσης είναι ομοιόμορφο, επίπεδο και οριζόντιο, και δεν φορτίζεται το κτήριο μέσω του εδάφους από γειτονικές κατασκευές, τοίχους αντιστήριξης, οδούς κ.λπ.
- 4.2.3.1-12** Δεν υπάρχουν δείγματα υποσκαφής θεμελίων.
- 4.2.3.1-13** Σε κάθε διεύθυνση διατίθενται τοιχώματα ακαμψίας συνολικού εμβαδού ίσου προς  $\Sigma A_i/T_2$ , όπου  $T_2$  παρέχεται στον επόμενο πίνακα :

Συντελεστής $T_2$ για κτήρια Σ.Ο.Σ.			
Σεισμικότητα			
I	II	III	IV
500	375	300	225

- 4.2.3.1-14** Τα δάπεδα είναι αρκούντως άκαμπτα και διαθέτουν την απαραίτητη αντοχή ώστε να παρέχουν την απαιτούμενη διαφραγματική λειτουργία τόσο στην ελαστική, όσο και στην οριακή κατάσταση λειτουργίας. Π.χ. σε περίπτωση ισχυρού σεισμού που προκαλεί οριακές καταπονήσεις στην κατασκευή, τα τελευταία στοιχεία που θα καταστραφούν θα πρέπει να είναι τα δάπεδα.
- 4.2.3.1-15** Το κτήριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο.
- 4.2.3.1-16** Η δόμηση των μελών από οπλισμένο σκυρόδεμα όπως και των τοιχοπληρώσεων, η όλη κατασκευή και η ποιότητα των υλικών είναι υψηλής ποιότητας και ανταποκρίνονται στις παραδοχές της μελέτης.
- 4.2.3.1-17** Δεν υπάρχουν ρωγμές από καθιζήσεις, από θερμοκρασιακές συστολοδιαστολές, βλάβες από προηγούμενους σεισμούς που δεν έχουν επισκευασθεί σωστά.

- 4.2.3.1-18** Τα υλικά έχουν πάθει διάβρωση και δεν έχει μειωθεί η αντοχή τους με τον χρόνο και την επίδραση των καιρικών συνθηκών.
- 4.2.3.1-19** Δεν δημιουργούνται κοντά υποστυλώματα ή κοντά δοκάρια.
- 4.2.3.1-20** Οι προσθήκες κατ' έκταση ή και καθ' ύψος να αποτελούν ένα ενιαίο σύστημα τόσο σε κατακόρυφα φορτία όσο και σε οριζόντιες καταπονήσεις.
- 4.2.3.1-21** Η χρήση του κτηρίου είναι τέτοια που δεν επιβαρύνει με μεγαλύτερες μάζες το κτήριο από ότι έχει υπολογισθεί.
- 4.2.3.1-22** Οι οποιοσδήποτε επεμβάσεις εκ των υστέρων δεν έχουν επιφέρει αλλοιώσεις σε οποιοδήποτε από τα προαναφερόμενα στοιχεία.

#### **4.2.3.2 Το κτήριο είναι υπολογισμένο μετά το 1984. Τύπος : Σ.Ο.Σ. 2**

Ένα κτήριο με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχει υπολογισθεί μετά τη θέσπιση σε ισχύ των πρόσθετων διατάξεων το 1984 ή σύμφωνα με τον νέο Αντισεισμικό Κανονισμό μετά το 1995, θεωρείται ως αντισεισμικό, με μηδενική σεισμική Τρωτότητα (Τ.Κ. = 0). Επειδή όμως υπάρχουν περιπτώσεις αρχιτεκτονικών διαμορφώσεων εκ των υστέρων ή διαμορφώσεων του περιβάλλοντος χώρου, χωρίς να έχει ληφθεί πρόνοια στη μελέτη ή την κατασκευή, τίθενται και εδώ ορισμένα κριτήρια.

Τα κριτήρια αυτά είναι πανομοιότυπα με αυτά της κατηγορίας Σ.Ο.Σ.1 και Σ.Ο.Σ.2, θα πρέπει όμως να εξετασθεί μήπως τα αντίστοιχα στοιχεία δεν είχαν ληφθεί υπόψη στους σχετικούς αντισεισμικούς υπολογισμούς, γεγονός που θα αύξανε την σεισμική τρωτότητα του κτηρίου.

### **4.3. Διεύρυνση και παράμετροι της σεισμικής τρωτότητας**

#### **4.3.1 Εισαγωγή**

Τρωτότητα ενός κτηρίου (Τ.Κ.) ονομάζεται ο βαθμός βλάβης - ποσοστό απώλειας του κτηρίου που αναμένεται να συμβεί από την επενέργεια ενός σεισμού ορισμένης έντασης. Εκφράζεται αριθμητικά σε κλίμακα από 0 (όχι απώλεια) έως 1 (πλήρης απώλεια) και ισούται με το κλάσμα:

$$\begin{aligned}
 \text{Τ.Κ.} &= \frac{(\text{Απαιτούμενη Αντισεισμικότητα} - \text{Υπάρχουσα Αντισεισμικότητα})}{(\text{Απαιτούμενη Αντισεισμικότητα})} = \\
 &= \frac{L - R}{L} = 1 - \frac{R}{L} = 1 - r
 \end{aligned}$$

$$\text{όπου, } r = \frac{R}{L} = \frac{\text{Υπάρχουσα Αντισεισμικότητα}}{\text{Απαιτούμενη Αντισεισμικότητα}}$$

Αντιλαμβάνεται κανείς ότι η απαιτούμενη αντισεισμικότητα ( $L$ ) είναι συνάρτηση της αναμενόμενης σεισμικής έντασης που πρόκειται να αναπτυχθεί σε μια περιοχή. Έτσι, το ίδιο ακριβώς κτήριο δεν μπορεί να έχει την ίδια τρωτότητα σε διαφορετικές ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας. Ένα κτήριο σε συγκεκριμένη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας θεωρείται ως αντισεισμικό εφόσον έχει  $T.K.=0$ . Το ίδιο κτήριο αν κατασκευαστεί σε ζώνη μεγαλύτερης σεισμικής επικινδυνότητας θα είναι περισσότερο τρωτό. Με το βαθμό της προσέγγισης που διέπει την παρούσα διερεύνηση, η τρωτότητα ενός κτηρίου αυξάνεται με την αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί. Για την χαμηλότερη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας τέθηκε  $T.K. = 0$ .

Αύξηση της Τρωτότητας ενός κτηρίου				
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	I	II	III	IV
Κτήριο Αντισεισμικό στη Ζώνη I	0	0.25	0.50	0.67
Κτήριο Αντισεισμικό στη Ζώνη II		0	0.33	0.55
Κτήριο Αντισεισμικό στη Ζώνη III			0	0.33

Για τους λόγους αυτούς για κάθε σεισμική ζώνη και έδαφος θεμελίωσης είναι εύλογο να διατυπώνονται ιδιαίτερες αντισεισμικές προδιαγραφές ώστε κάθε κτήριο να διαθέτει την απαιτούμενη αντισεισμικότητα ( $T.K.=0$ ).

#### 4.3.2 Παράμετροι που επηρεάζουν την τρωτότητα – Ερωτηματολόγιο

Εκτός από τις παραμέτρους που ευθέως επηρεάζουν αριθμητικά την τρωτότητα ενός κτηρίου στο ερωτηματολόγιο υπάρχουν και άλλα στοιχεία για πληρέστερη ενημέρωση αυτού που πρόκειται να πάρει μια απόφαση. Υπάρχουν επίσης και στοιχεία προς συμπλήρωση στο ερωτηματολόγιο, τα οποία αναφέρονται στη Μη Δομική Τρωτότητα του Κτηρίου (Μ.Δ.Τ.Κ.). Τα στοιχεία αυτά είναι ανεξάρτητα του δομικού συστήματος ή των άλλων κριτηρίων που είναι συνυφασμένα με την αντισεισμικότητα του κτηρίου, αλλά μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στους ενοίκους, στην κινητή ή ακίνητη περιουσία τους, όπως και στους διερχόμενους πολίτες. Τέτοια στοιχεία είναι μεγάλα υαλοστάσια, καμινάδες που εξέχουν, στηθαία, κουφώματα, ελεύθερα διακοσμητικά στοιχεία κ.λπ.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν αριθμητικά την τρωτότητα ενός κτηρίου και οι οποίες μπορούν να αποτιμηθούν είναι:

##### 4.3.2.1 Επιρροή ύψους κτηρίου (όροφοι)

- Αριθμός ορόφων

##### 4.3.2.1.1 Ύπαρξη υπογείου(ων)

##### 4.3.2.2 Κατακόρυφα φέροντα στοιχεία και τοίχοι πλήρωσης

- Αποστάσεις φερόντων στοιχείων



Αποστάσεις των φερόντων στοιχείων μεγαλύτερες από αυτές που παρέχονται για περιοχές σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙΙ και για τον τύπο κτηρίου Τ:

Κατηγορία Εδάφους	Μέγιστη Απόσταση Φερόντων Τοίχων (m)
A	5.0
B	4.5
Γ	4.0
Δ	3.5

Αύξηση Τρωτότητας Κτηρίων (Τ.Κ.) Τύπου Τ ανάλογα με την απόσταση των Φερόντων Τοίχων					
Κατηγορία Εδάφους	Απόσταση Φερόντων Τοίχων (m)				
	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0
A				0.1	0.2
B			0.07	0.20	0.33
Γ		0.10	0.18	0.35	0.52
Δ	0.12	0.25	0.37	0.54	0.86

Αύξηση Τρωτότητας Κτηρίων (Τ.Κ.) Τύπου Σ.Ο.Σ. ανάλογα με την απόσταση των Υποστηλωμάτων				
Κατηγορία Εδάφους	Απόσταση Υποστηλωμάτων (m)			
	5.0	6.0	7.0	8.0
A	0.00	0.10	0.18	0.26
B	0.05	0.13	0.24	0.36
Γ	0.07	0.15	0.29	0.42
Δ	0.09	0.18	0.35	0.53

- Ποσοστά πεσσών προς πλήρεις τοίχους (βλ. 4.2.1.8)
- Επιφάνεια φερόντων τοίχων-τοίχων πλήρωσης (βλ. 4.2.1.9 και 4.2.2.9)

### 4.3.2.3 Κακή ποιότητα Δόμησης και Υλικών και προβλήματα πατωμάτων και στέγης

#### 4.3.2.3.1 Σύνδεση εγκαρσίων τοίχων

- Ανυπαρξία ενισχυμένων ζωνών οριζοντίως και κατακορύφως (σενάζ κ.λπ.).
- Προβλήματα από τη στατική λειτουργία της στέγης.
- Εύκαμπτα, ταλαντούμενα δάπεδα.

#### 4.3.2.3-2 Διάβρωση υλικών

#### 4.3.2.3-3 Μη διαφραγματική λειτουργία πατωμάτων

**4.3.2.3-4 Στρεπτικά ευαίσθητος όροφος****4.3.2.3-5 Προβλήματα στην κάτοψη**

- Μη κανονικότητα στην κάτοψη, όχι κλειστό - κυρτό σύστημα
- Πρόβολοι εκτός κάτοψης

Επιτρεπόμενη αύξηση της κάτοψης λόγω προβάτων

Για Τοιχοποιίες (Τ): 5%

Για Μεικτά συστήματα (Μ): 15%

Για Σκελετό από Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Σ.Ο.Σ.): 30%

Αλλαγή υλικών φερόντων στοιχείων στην κάτοψη

**4.3.2.3-6 Μη κανονικότητα καθ' ύψος**

- Ασυνέχεια ακαμψίας
- Ασυνέχεια μάζας
- Πιλοτή
- Ύπαρξη μερικού μεσωρόφου
- Εύκαμπτος όροφος
- Στροφή λόγω εκκεντροτήτων
- Αλλαγή υλικών φερόντων στοιχείων καθ' ύψος

**4.3.2.3-7 Δυσμενής επιρροή ποιότητας εδάφους**

- Έδαφος κατηγορίας Γ ή Δ
- Κατολισθαίνον έδαφος
- Διογκούμενο έδαφος
- Υψηλός υδροφόρος ορίζων
- Ρευστοποιούμενο έδαφος

**4.3.2.3-8 Προβλήματα θεμελίωσης**

- Υποσκαφή θεμελίων
- Εύκαμπτα θεμέλια
- Ρωγμές από καθιζήσεις τοίχων - θεμελίων

**4.3.2.3-9 Προβλήματα από την τοπογραφία του εδάφους**

- Έδαφος Οριζόντιο
- Έδαφος Κεκλιμένο
- Επίπεδο
- Έδαφος ομοιόμορφο
- Τοίχοι αντιστήριξης πάνω στο κτήριο
- Στροφή λόγω εδάφους

**4.3.2.3-10 Κοντά υποστυλώματα****4.3.2.3-11 Κοντά δοκάρια**

**4.3.2.3-12 Δυσμενής σχέση με γειτονικά κτήρια**

- Συνεχές σύστημα - ενδιάμεσο - ευκαμπτότερα τα γειτονικά
- Συνεχές - γωνιακό
- Σύγκρουση με γειτονικά στην πλάκα
- Σύγκρουση με γειτονικά στα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία

**4.3.2.3-13 Περιβαλλοντικά - Ιστορικά στοιχεία**

- Βομβόπληκτο
- Σεισμόπληκτο με ζημιές - Ένταση (Μ.Μ.Ι.) IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI
- Πλημμυροπαθές
- Ρωγμές από θερμοκρασιακές συστολοδιαστολές

**4.3.2.3-14 Επιπτώσεις λόγω χρήσης**

- Επιβαρυντική χρήση-μείξη λειτουργιών
- Αύξηση συντελεστή σπουδαιότητας του κτηρίου
- Μεγάλος αριθμός ενοίκων χωρίς αντίστοιχη υποδομή

**4.3.3 Δομικά συστήματα κατασκευών**

Ο φέρων οργανισμός μιας κατασκευής μπορεί να απαρτίζεται από:

- άοπλα τοιχώματα
- τοιχώματα ελαφρώς οπλισμένα
- οπλισμένα τοιχώματα (γραμμικά ή επιφανειακά στοιχεία)
- πλαίσια με οπλισμένα τοιχώματα
- πλαίσια με ελαφρώς ή μη οπλισμένους τοίχους
- πλαίσια.

Το υλικό κατασκευής μπορεί να είναι:

- ωμόπλινθος
- οπτόπλινθος
- τσιμεντόλιθος
- φυσικός λίθος
- σκυρόδεμα
- οπλισμένο σκυρόδεμα
- μέταλλο
- ξύλο.

**4.4 Προσδιορισμός ιδιοπεριόδων κτηρίων με επιτόπου μετρήσεις**

Κάθε κατασκευή θεμελιωμένη στο έδαφος υφίσταται μόνιμες ταλαντώσεις οι οποίες οφείλονται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως είναι ο άνεμος, η κυκλοφορία εκτός του κτηρίου, τα κύματα της θάλασσας, η κίνηση των ενοίκων του κτηρίου κ.λπ.

Με ευαίσθητα μηχανήματα, τοποθετούμενα σε κατάλληλες θέσεις, είναι δυνατόν να μετρηθούν οι εν λόγω ταλαντώσεις του κτηρίου και να υπολογισθεί η ιδιοπεριόδός του. Οι θέσεις που τοποθετούνται τα

εν λόγω μηχανήματα είναι αντικείμενο ειδικών γνώσεων και εμπειρίας. Πρέπει να είναι τα ελάχιστα δυνατά, αλλά ικανά για να δώσουν τις πληροφορίες εκείνες που απαιτούνται σχετικά με τους βαθμούς ελευθερίας, τις θέσεις ενδεχόμενης ασυνέχειας, την τεκμηρίωση της στρεπτικής συμπεριφοράς κ.λπ.

Όταν μετράται η ιδιοπερίοδος ενός κτηρίου, ταυτόχρονα μετράται και η επίδραση του εδάφους. Η τελευταία έχει δύο συνιστώσες: η μία είναι η οριζόντια ταλάντωση του εδάφους και η άλλη η οφειλόμενη στην κατακόρυφη ενδοτικότητα του εδάφους - περιστροφή ολόκληρου του κτηρίου ως άκαμπτου σώματος πάνω στο έδαφος. Σύμφωνα με τον Carydis P.(1972), ο οριζόντιος δείκτης εδάφους (bettungzitter) είναι περίπου το 1/3 του κατακόρυφου. Χρησιμοποιώντας τη γνωστή σχέση:

$$\text{Dunkerley - Southwall:} \\ (1 / \omega_{\text{τελ}})^2 = (1 / \omega_0)^2 + (1 / \omega_h)^2 + (1 / \omega_R)^2$$

όπου :

$\omega_{\text{τελ}}$ : είναι η τελικώς μετρούμενη ιδιοσυχνότητα του κτηρίου

$\omega_0$ : είναι η ιδιοσυχνότητα του κτηρίου σε ανένδοτο έδαφος

$\omega_h$ : είναι η ιδιοσυχνότητα του εδάφους σε οριζόντια (horizontal) ταλάντωση

$\omega_R$ : είναι η ιδιοσυχνότητα λόγω λικνισμού (rocking) του κτηρίου πάνω στο έδαφος

Σύμφωνα με μετρήσεις των ιδιοπεριόδων του εδάφους βλ. Καρύδης, Π. (1985): “Εισαγωγή στις Μελέτες Σεισμικών Ζωνών Μικρής Κλίμακας” στις Σημειώσεις “Αντισεισμική Τεχνολογία Ι”, σελ. 83 - 100, για τις τέσσερις κατηγορίες του εδάφους που αναφέρονται στον Αντισεισμικό Κανονισμό η ιδιοπερίοδος τους είναι:

Κατηγορία Εδάφους	A	B	Γ	Δ
Ιδιοπερίοδος(sec)	0.1	0.15	0.25	0.4

Ένα μονώροφο κτήριο θα πρέπει να έχει μέγιστες ελαστικές σεισμικές οριζόντιες μετακινήσεις:  $\delta = 0.002 h$

όπου h το ύψος ορόφου.

Η ιδιοσυχνότητα του κτηρίου σε ανένδοτο έδαφος είναι:

$$(\omega_0)^2 = \kappa / m = S_a / \delta$$

όπου,  $S_a$  είναι η μέγιστη φασματική επιτάχυνση. Σύμφωνα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό:

$$S_a = 2.5 A = 2.5 a g$$

όπου A = a g, η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που αντιστοιχεί σε κάθε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας.

$$\text{Άρα: } (\omega_0)^2 = S_a / 0.002 h = 2.5 a g / 0.002 h$$

Και εύκολα συντάσσεται ο ακόλουθος πίνακας:

Μέγιστες Περίοδοι  $T_0$  (sec) Μονώροφου για Περιορισμό Βλαβών στις Τοιχοποιίες

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	I	II	III	IV
	0.12	0.16	0.24	0.36
$S_a$ (m sec <sup>-2</sup> )	3.0	4.0	6.0	9.0
$(\omega_0)^2$ (sec <sup>-2</sup> )	500	670	1000	1500
$T_0$ (sec) ≤	0.28	0.24	0.20	0.16

Δηλαδή, θα πρέπει ένα κτήριο, πλήρως πακτωμένο στη βάση του, για να μην παθαίνουν βλάβη οι διαχωριστικές τοιχοποιίες να έχει ιδιοπεριόδους μικρότερες από 0.28 (sec) στη Ζώνη I, 0.24 (sec) στη Ζώνη II,



0.20 (sec) στη Ζώνη ΙΙΙ και 0.16 (sec) στη Ζώνη ΙV, ώστε μαζί με τα άλλα κριτήρια να θεωρηθεί ότι έχει μη-δενική σεισμική τρωτότητα ( $T_K = 0$ ). Είναι αρκετά ενδιαφέρουσα η παρατήρηση ότι σε όσο μεγαλύτερη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας βρίσκεται ένα κτήριο τόσο περισσότερο άκαμπτο πρέπει να είναι αυτό, ώστε οι σχετικές μέγιστες μετακινήσεις μεταξύ των ορόφων να βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια (μεγαλύτερο σεισμικό φορτίο χρειάζεται μεγαλύτερη άκαμψία για να προκύψει ίδια σχετική μετακίνηση).

Βεβαίως, δεν θα πρέπει το κτήριο να έχει και πολύ μικρότερη ιδιοπερίοδο, από τα κατώτατα όρια που τίθενται σ' αυτό εδώ το κεφάλαιο. Ένα όριο θα μπορούσε να είναι το 0.5 των τιθεμένων ανωτάτων τιμών της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου. Εφόσον το κτήριο δεν είναι πακτωμένο στη βάση του, αλλά είναι θεμελιωμένο σε έδαφος κατηγορίας Α, Β, Γ ή Δ, το οποίο ενδίδει οριζοντίως και κατακορύφως, η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος που θα βρεθεί μετά από μέτρηση, θα πρέπει να είναι μικρότερη από την τιμή που δίνεται στον ακόλουθο πίνακα, ανάλογα με τον αριθμό των ορόφων. Για τους εν λόγω υπολογισμούς έγινε χρήση της αντίστοιχης σχέσης Dunkerley - Southwall και της σχέσης οριζόντιου και κατακόρυφου δείκτη εδάφους, για κτήρια με συνηθισμένες διαστάσεις κάτοψης.

Μέγιστη Μετρούμενη Συνδυασμένη Θεμελιώδης Ιδιοπερίοδος Κτηρίου (sec)								
Κατηγορία Εδάφους	Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ						
		1	2	3	4	5	6	7
Α	Ι	0.31	0.35	0.42	0.47	0.53	0.58	0.62
	ΙΙ	0.27	0.31	0.36	0.42	0.46	0.50	0.54
	ΙΙΙ	0.23	0.26	0.31	0.35	0.38	0.42	0.45
	ΙV	0.21	0.22	0.26	0.29	0.32	0.35	0.37
Β	Ι	0.34	0.37	0.44	0.49	0.55	0.59	0.63
	ΙΙ	0.30	0.34	0.39	0.44	0.48	0.52	0.56
	ΙΙΙ	0.27	0.29	0.34	0.37	0.41	0.44	0.47
	ΙV	0.25	0.26	0.29	0.32	0.35	0.37	0.40
Γ	Ι	0.42	0.45	0.50	0.55	0.60	0.64	0.68
	ΙΙ	0.39	0.42	0.46	0.50	0.54	0.57	0.61
	ΙΙΙ	0.36	0.38	0.41	0.45	0.47	0.50	0.53
	ΙV	0.35	0.36	0.38	0.40	0.43	0.45	0.47
Δ	Ι	0.57	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.78
	ΙΙ	0.55	0.56	0.60	0.63	0.66	0.69	0.72
	ΙΙΙ	0.53	0.54	0.56	0.59	0.61	0.63	0.65
	ΙV	0.51	0.52	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60

Και από τον πίνακα αυτόν, προκύπτει ότι η επιρροή του εδάφους στην ιδιοπερίοδο ενός μονώροφου κτηρίου είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ότι σ' αυτήν ενός πολυώροφου. Π.χ. η ιδιοπερίοδος ενός μονώροφου από  $T_0 = 0.31$  (sec) σε έδαφος Α γίνεται 0.57 (sec) σε έδαφος Δ (δηλαδή 1.84 φορές μεγαλύτερη), ενώ του 7-ώροφου από  $T_0 = 0.62$  (sec) γίνεται 0.78 (sec) (δηλαδή μόνον 1.26 φορές μεγαλύτερη).

## 4.5 Παράρτημα Α'

### Σύγκριση μεταξύ των δεδομένων των δύο Αντισεισμικών Κανονισμών.

Τα δεδομένα για έναν αντισεισμικό υπολογισμό σύμφωνα με τον παλιό Αντισεισμικό Κανονισμό είναι:

- Επιτρεπόμενες τάσεις.
- Αύξηση των επιτρεπομένων τάσεων κατά 20% σε περίπτωση σεισμού.
- Σεισμικός συντελεστής για περιοχές σε ζώνες με σεισμική επικινδυνότητα III:

Κατηγορία Εδάφους			
	(α)	(β)	(γ)
ε	0.08	0.12	0.16

- Υπολογίζονται όλα τα φορτία ίδια και ωφέλιμα (χωρίς μείωση).
- Ομοιόμορφη τιμή σεισμικού συντελεστή καθ' ύψος του κτηρίου.

Επομένως η τέμνουσα βάσης π.χ. για ένα τριώροφο κτήριο 100 m<sup>2</sup> μπορεί να υπολογισθεί, σύμφωνα με τον εν λόγω κανονισμό ως εξής:

ίδια φορτία σκυροδέματος (0.22μ κατ' εκτίμηση ισοδύναμο μέσο πάχος πλάκας):	5.50 kN/m <sup>2</sup>
φορτία χρήσης	0.20 kN/m <sup>2</sup>
δάπεδα και οροφокονιάματα	0.15 kN/m <sup>2</sup>
οπτοπλινθοδομές (αναγωγή)	3.50 kN/m <sup>2</sup>
Σύνολο:	Q = 9.35 kN/m <sup>2</sup>

Τέμνουσα βάσης για έδαφος B:

$$V_{o,\Pi} = 3 \times 0.12 \times 100 \text{ m}^2 \times 9.35 \text{ kN/m}^2 = 336.6 \text{ kN}$$

Τα δεδομένα για έναν αντισεισμικό υπολογισμό σύμφωνα με τον νέο Αντισεισμικό Κανονισμό είναι για το ίδιο κτήριο, σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III (με ιδιοπερίοδο κτηρίου T μεταξύ T<sub>1</sub> και T<sub>2</sub>):

$$A = 0.24 \text{ g}$$

$$S_a = 2.5 \times 0.24 \text{ g} = 0.6 \text{ g}$$

$$\text{Το κινητό φορτίο είναι } \psi_2 = 0.3 \times 0.2 \text{ kN/m}^2 = 0.06 \text{ kN/m}^2.$$

$$\text{Άρα, } Q = 9.35 - 0.2 + 0.06 = 9.21 \text{ kN/m}^2.$$

Τέμνουσα βάσης για q = 3.5

$$V_{o,N} = 3 \times 0.6 \times 100 \text{ m}^2 \times 9.21 \text{ kN/m}^2 / 3.5 = 473.7 \text{ kN}.$$

Η σχέση μεταξύ ορίου διαρροής και επιτρεπομένων τάσεων για διατομές σκυροδέματος των οποίων η αντοχή εξαρτάται από τον χάλυβα είναι ίση προς 1.75 και επειδή με τον προηγούμενο Κανονισμό αυξάνονταν οι επιτρεπόμενες τάσεις κατά 1.2% ο λόγος αυτός των τάσεων γίνεται μικρότερος (δηλαδή πλησιάζει προς το όριο διαρροής) και ίσος προς 1.75 / 1.2 = 1.46. Άρα, για να συγκριθεί η τέμνουσα βάσης V<sub>o,N</sub> με αυτήν που προκύπτει από τον παλιό Αντισεισμικό Κανονισμό θα πρέπει η V<sub>o,N</sub> να διαιρεθεί δια 1.46:

$$V'_{o,N} = 473.7 / 1.46 = 324 \text{ kN} < 336.6 \text{ kN}$$

Άρα η υπολογιζόμενη τέμνουσα βάσης εκτιμάται ότι είναι μεγαλύτερη σύμφωνα με τον παλιό Αντισεισμικό Κανονισμό, εφόσον πρόκειται για καλής ποιότητας πλαισιακές κατασκευές (με αρκετά υψηλό q = 3.5) σε σχέση με αυτήν που προκύπτει από τον νέο Αντισεισμικό Κανονισμό.

#### 4.6 Ερωτηματολογία Τ.Α.Σ.ΤΡΩ.Κ.

Οι δυο επόμενοι πίνακες αποτελούν τη μέθοδο αποτίμησης της σεισμικής τρωτότητας κτηρίων (Τ.Α.Σ.ΤΡΩ.Κ.)



Πίνακας 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

	ΑΟΙΠΑ ΤΟΙΧΩΜ.	ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΕΛΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ	ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΩΜΟ	•	•	
ΟΠΤΟ	•	•	•
ΤΣΛ	•	•	•
ΦΛ	•	•	•
ΣΚ	•		
ΟΣΚ		•	•
ΜΤΛ		•	•
Ξ		•	•

	ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕ ΕΛΑΦΡΑ Ή ΜΗ ΟΠΛΙΣΜ. ΤΟΙΧ.	ΠΛΑΙΣΙΑ
ΩΜΟ	•	•	
ΟΠΤΟ	•	•	
ΤΣΛ	•	•	
ΦΛ	•	•	
ΣΚ			
ΟΣΚ	•	•	•
ΜΤΛ	•	•	•
Ξ	•	•	•

ΩΜΟ: Ωμόπλινθος  
 ΟΠΤΟ: Οπτόπλινθος  
 ΤΣΛ: Τσιμεντόλιθος  
 ΦΛ: Φυσικός Λίθος  
 ΣΚ: Σκυρόδεμα  
 ΟΣΚ: Οπλισμένο Σκυρόδεμα  
 ΜΤΛ: Μεταλλική Κατασκευή  
 Ξ: Ξύλινη Κατασκευή



## 4.7 Μέτρα για την μείωση της διακινδύνευσης

Αφού με βάση τα ερωτηματολόγια ΤΑΣΤΡΩΚ έχει καταγραφεί η υπάρχουσα κατάσταση του κτηρίου και έχει εκτιμηθεί η δομική και μη δομική τρωτότητά του, αποδίδεται σε κάθε στοιχείο ένας βαθμός **διακινδύνευσης R (Risk)**.

Στοιχείο σε διακινδύνευση είναι όποιο στοιχείο, κατασκευή ή λειτουργία βρίσκεται εκτεθειμένο σε κίνδυνο.

Η τελική διακινδύνευση είναι το γινόμενο  $R=N \times V(H)$ , όπου

**R:** (Risk) είναι η διακινδύνευση

**N:** ο εκτεθειμένος αριθμός, πλήθος ή ποσότητα των στοιχείων σε διακινδύνευση

**V:** (Vulnerability) είναι η τρωτότητα του στοιχείου, ως συνάρτηση της επικινδυνότητας (H)

**H:** (Hazard), η επικινδυνότητα, είναι το πόσο μεγάλος είναι ο σεισμικός κίνδυνος (το σεισμικό γεγονός εκφρασμένο σε μέγεθος, ένταση ή επιτάχυνση).

Αντιλαμβάνεται κανείς, ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός **N** των στοιχείων που είναι εκτεθειμένα σε μια καταστροφή, τόσο η διακινδύνευση είναι μεγαλύτερη, έστω και αν η τρωτότητα των στοιχείων αυτών είναι μικρή.

Για παράδειγμα ας υποθέσουμε, ότι σε μία περιοχή γίνεται μικροζωνική μελέτη και η κατανομή των σεισμικών εντάσεων εκτιμάται ως εξής:

Δομημένη επιφάνεια 10.000 m<sup>2</sup> εκτίθεται σε σεισμική ένταση VIII Mercalli (N=10.000/100, V=0.3)

Δομημένη επιφάνεια 50.000 m<sup>2</sup> εκτίθεται σε σεισμική ένταση VII Mercalli (N=5.000/10, V=0.2)

Δομημένη επιφάνεια 200.000 m<sup>2</sup> εκτίθεται σε σεισμική ένταση VI Mercalli (N=200.000/100, V=0.1)

Εκτιμάται ότι αντιστοιχεί ένα διαμέρισμα-κατοικία ανά 100 m<sup>2</sup> με τρωτότητα V=0.3 στα VIII Mercalli, V=0.2 στα VII, V=0.1 στα VI Mercalli.

Εφόσον πραγματοποιηθεί ο σεισμός H, με τις αντίστοιχες εντάσεις, θα υπάρξει η εξής συνολική βλάβη, με αναφορά σε πλήρη καταστροφή σε αριθμό διαμερισμάτων-κατοικιών:

$$R=(10.000 \times 0.3 + 50.000 \times 0.2 + 200.000 \times 0.1)/100 = (3.000 + 10.000 + 20.000)/100 = 330 \text{ κατοικίες.}$$

Οι μεγαλύτερες απώλειες, βλέπουμε ότι συμβαίνουν στις ζώνες με τη μικρότερη σεισμική ένταση V.

Παρατηρούμε λοιπόν, όπως άλλωστε επιβεβαιώνεται και στην πραγματικότητα, ότι το μεγαλύτερο υλικό κόστος προέρχεται από τις ζώνες με τις μικρότερες εντάσεις, διότι καλύπτουν μεγαλύτερη επιφάνεια άρα και πλήθος στοιχείων σε διακινδύνευση. Αντιστρόφως, οι απώλειες σε τραυματισμούς και ανθρώπινες ζωές είναι μεγαλύτερες στις ζώνες με τις μεγαλύτερες σεισμικές εντάσεις, λόγω των καταρρεύσεων.

Η **διακινδύνευση (R)** αναφέρεται σε τέσσερις παράγοντες:

- σε διακινδύνευση έναντι τραυματισμού ή απώλειας ζωής
- σε διακινδύνευση έναντι απώλειας απαραίτητης λειτουργίας
- σε διακινδύνευση έναντι σοβαρής οικονομικής απώλειας
- σε διακινδύνευση έναντι χημικού κινδύνου.

Σε κάθε στοιχείο αποδίδεται ο βαθμός διακινδύνευσης για κάθε ένα από τους παραπάνω παράγο-

ντες. Ένα στοιχείο δηλαδή μπορεί να παρουσιάζει υψηλό βαθμό διακινδύνευσης έναντι τραυματισμού, μέσο έναντι απώλειας απαραίτητης λειτουργίας και χαμηλό έναντι σοβαρής οικονομικής απώλειας.

Για παράδειγμα, ένα φωτιστικό σώμα από εύθραυστα υλικά, ανεπαρκώς στερεωμένο, που θα μπορούσε να τραυματίσει με θραύσματα, παρουσιάζει υψηλό βαθμό διακινδύνευσης έναντι τραυματισμού, μέσο έναντι απώλειας απαραίτητης λειτουργίας και χαμηλό για οικονομική απώλεια.

Μία γεννήτρια ρεύματος με ελλιπή στερέωση, που θα μπορούσε να μετακινηθεί, να αποσυνδεθούν οι ηλεκτρικές επαφές και να τεθεί εκτός λειτουργίας, παρουσιάζει υψηλό βαθμό διακινδύνευσης σε απώλεια απαραίτητης λειτουργίας, χαμηλό σε κίνδυνο τραυματισμού και μέσο σε απώλεια οικονομικής αξίας.

Αν όμως η γεννήτρια λόγω σεισμού αντιμετωπίζει πρόβλημα ανατροπής εκ της οποίας θα μπορούσε να προκληθεί πυρκαγιά αυξάνεται ο βαθμός διακινδύνευσης έναντι και των δύο άλλων παραγόντων.

Είναι φανερό, ότι για την απόδοση βαθμού διακινδύνευσης σε κίνδυνο τραυματισμού σε ένα στοιχείο, πρέπει να συνεκτιμηθούν διάφορα στοιχεία, όπως η θέση μέσα στο κτήριο, ο τρόπος στερέωσης κ.λπ. Βέβαια αυξάνεται η τρωτότητά του, αν υπάρχει και χημική τρωτότητα.

Η βήμα προς βήμα διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί περιγράφεται παρακάτω.

1. Καθορίζεται η **συνθήκη σεισμικού γεγονότος** (σενάριο σεισμού)
2. Καθορίζεται η **κατάσταση λειτουργικότητας** που είναι αποδεκτή για την βιομηχανία για την δεδομένη ένταση σεισμού.
3. Καταρτίζεται ένας **Γενικός λεπτομερής Κατάλογος των στοιχείων** που θα πρέπει να εξεταστούν (Αρχιτεκτονικά, Εγκαταστάσεις, Εξοπλισμοί). Τα προς έλεγχο στοιχεία εμφανίζονται τόσο σε κατάλογο, όσο και στις λεπτομερείς κατόψεις των χώρων, σε θέση και σε αριθμό στοιχείων.
4. Καθορίζεται ο **βαθμός τρωτότητας** κάθε στοιχείου.
5. Καθορίζεται ο **βαθμός διακινδύνευσης** κάθε στοιχείου, σε απώλεια ζωής, απώλεια λειτουργίας, απώλεια οικονομικής αξίας και χημικό κίνδυνο.
6. Καταρτίζεται ο **κατάλογος προτεραιοτήτων** για τα στοιχεία που χρήζουν αντιμετώπισης, σύμφωνα με το ανωτέρω διάγραμμα.
7. Γίνεται **ποσοτική ανάλυση** των στοιχείων, δηλαδή ποια στοιχεία και σε ποιον αριθμό πρέπει να τύχουν επέμβασης.
8. Ακολουθεί ο **σχεδιασμός των επεμβάσεων**, βελτιώσεων ή τροποποιήσεων.
9. Γίνεται **εκτίμηση του κόστους** των προτεινομένων επεμβάσεων.

Θα πρέπει κατόπιν να ακολουθήσουν οι **προτάσεις** για τα **μέτρα** που θα ληφθούν σε κάθε περίπτωση.

Τα μέτρα που θα ληφθούν έχουν σαν στόχο την μείωση της σεισμικής διακινδύνευσης **R**.

$$R (\text{Risk}) = N \times V(H)$$

Η διακινδύνευση μπορεί να μειωθεί, αν μειωθεί το μέγεθος των τριών παραγόντων N, V και H.

Όπου: N είναι το πλήθος των στοιχείων που βρίσκονται σε διακινδύνευση V ο βαθμός τρωτότητας του στοιχείου και H το μέγεθος του κινδύνου (σεισμικό γεγονός).

Η τρωτότητα (V) είναι μια συνάρτηση του H και κατά προσέγγιση θα μπορούσε να τεθεί  $V = \alpha \times H$ , όπου α σταθερός συντελεστής.

Αφού έχει γίνει η εκτίμηση της τρωτότητας των μη δομικών στοιχείων, που μπορούν να υποστούν ή να προκαλέσουν ζημιά και έχει καθοριστεί η προτεραιότητα ενός εκάστου, ως προς:

- τον κίνδυνο τραυματισμού ή απώλειας ζωής
- τον κίνδυνο απώλειας απαραίτητης λειτουργίας
- τον κίνδυνο σοβαρής οικονομικής απώλειας
- τον κίνδυνο χημικής διαρροής ή μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Θα πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την μείωση ή εξάλειψη του κινδύνου (**R**). Ενδεικτικά συνήθη μέτρα που μπορούν να ληφθούν είναι:

1. απομάκρυνση (<V)
2. αλλαγή Θέσης (<H, <N)
3. περιορισμός μετατόπισης (<V)
4. αγκυρώσεις (<V)
5. εύκαμπτοι σύνδεσμοι (<V)
6. διαγώνιες στηρίξεις (<V)
7. αντικατάσταση (<V)
8. απομόνωση αντικειμένων (<N)
9. ενίσχυση (<V)
10. μετατροπή (<V)
11. εφεδρικά αποθέματα εφοδίων
12. πρόβλεψη για άμεση αντιμετώπιση και επισκευή.

(< μείωση, V=τρωτότητα, H=κίνδυνος, N=εκτεθειμένος αριθμός)

Αναλύεται πιο κάτω το πώς κάθε ένα από τα μέτρα αυτά μπορεί να μειώσει τη διακινδύνευση.

1. Απομάκρυνση. Η απομάκρυνση του στοιχείου με μεγάλη τρωτότητα είναι το πλέον αποτελεσματικό μέτρο, εφόσον οι συνθήκες το επιτρέπουν, διότι μηδενίζει την τρωτότητα και άρα τη διακινδύνευση. Για παράδειγμα, σε πολλές περιπτώσεις ένα επικίνδυνο υλικό, που θα μπορούσε διασκορπιζόμενο να αποτελέσει κίνδυνο, μπορεί να απομακρύνεται σε θέση απολύτως ασφαλή ή και εκτός του κτηρίου, πράγμα που εξαλείφει τη διακινδύνευση.
2. Αλλαγή θέσης. Θα μπορούσε να μειώσει τον κίνδυνο σε αρκετές περιπτώσεις. Βαριά αντικείμενα και εξοπλισμοί τοποθετημένα ψηλά, αν τοποθετηθούν χαμηλά παύουν να αποτελούν κίνδυνο.
3. Περιορισμός μετατοπίσεων. Μπορούν να εφαρμοστούν τρόποι που επιτρέπουν ένα βαθμό μετακινήσεων που είναι απαραίτητος για την χρήση του στοιχείου εμποδίζουν όμως μεγάλες μετακινήσεις και ανατροπές. Π.χ. αλυσίδες που συγκρατούν μηχανές γραφείου, ή κυλίνδρους αερίων κ.λπ.
4. Αγκυρώσεις. Αποτελούν τον πλέον συνήθη τρόπο εξασφάλισης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύρτες, σύνδεσμοι, τζινέτια ή άλλες μέθοδοι αγκύρωσης.
5. Εύκαμπτοι σύνδεσμοι. Μπορούν να τοποθετούνται σε σωληνώσεις στα σημεία διακλαδώσεων ή στις περιπτώσεις που είναι στερεωμένες σε στοιχεία με ανεξάρτητη μετακίνηση.
6. Διαγώνιες στηρίξεις. Είναι κατάλληλες για την εξασφάλιση ψευδοροφών που υπόκεινται σε οριζόντιες ωθήσεις και ροπές λόγω του σεισμού.
7. Αντικατάσταση. Αν κάποιο στοιχείο κρίνεται επικίνδυνο και είναι δύσκολο ή ασύμφορο να ασφαλιστεί, να αντικαθίσταται με άλλο καταλληλότερο.

8. Απομόνωση αντικειμένων. Είναι σκόπιμο να εφαρμόζεται για μικρά αντικείμενα όπως το περιεχόμενο των ερμαρίων (π.χ. με ασφάλιση των φύλλων), των ψυγείων, των ραφιών, στα αποθηκευμένα επικίνδυνα υλικά κ.λπ.
9. Ενίσχυση. Μπορούν να εφαρμόζονται ενισχύσεις π.χ. με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε στοιχεία που απαιτείται, π.χ. σε μια καμινάδα, ή ένα τοίχο πλήρωσης.
10. Μετατροπή. Είναι μια πιθανή λύση για ένα στοιχείο που παρουσιάζει σεισμικό κίνδυνο. Για παράδειγμα οι κινήσεις του εδάφους, που στρέφουν και παραμορφώνουν το κτήριο, μπορούν να προκαλέσουν τη θραύση των άκαμπτων κρυστάλλων στα παράθυρα και μεγάλα κομμάτια γυαλιού να πέσουν στους περαστικούς και τους εργαζόμενους στο εσωτερικό. Ρολά από διαφανές αυτοκόλλητο πλαστικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν τις εσωτερικές επιφάνειες των κρυστάλλων και να εμποδίσουν τον θρυμματισμό τους.
11. Εφεδρικά εφόδια. Σχέδια έκτακτης ανάγκης που προβλέπουν πρόσθετες ποσότητες εφοδίων είναι καλό να υπάρχουν. Μπορούν να αποθηκευτούν ποσότητες εφοδίων και πρώτων υλών για την παραγωγή, που θα εξασφαλίσουν ένα βαθμό αυτονομίας από εξωτερικό ανεφοδιασμό.

Καλό είναι να υπάρχουν διαθέσιμα ανταλλακτικά τεμάχια και μέσα άμεσης επισκευής.

Αυτά τα γενικά μέτρα είναι δυνατόν να εφαρμοστούν σχεδόν σε κάθε περίπτωση. Όμως σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται εφευρετικότητα και δημιουργικότητα στην επιλογή μέτρων κατά περίπτωση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που θα προκύψουν. Πρέπει δε πάντα να έχει κανείς υπόψη του τις πραγματικές συνθήκες που θα προκύψουν κατά την διάρκεια ενός σεισμού. Γι' αυτό, είναι απαραίτητο να συντεθούν τα διάφορα **σεισμικά σενάρια**.

Για να εφαρμοστούν τα μέτρα μείωσης του σεισμικού κινδύνου στα μη φέροντα στοιχεία θα πρέπει να αναπτυχθεί το σχέδιο με την συνεργασία της διεύθυνσης της βιομηχανίας, του υπεύθυνου παραγωγής, εγκαταστάσεων και συντήρησης και της επιστημονικής ομάδας που έχει αναλάβει τον σχεδιασμό της αντισεισμικής προστασίας. Η κοινή λογική, αν χρησιμοποιηθεί σε κάθε βήμα, μπορεί να προσφέρει πολλά. Κάθε εργαζόμενος στη βιομηχανία, μπορεί να συνεισφέρει τις δικές του, βασισμένες στην εμπειρία, παρατηρήσεις στο στάδιο καθορισμού των προτεραιοτήτων, αρκεί αυτό να έχει κατανοήσει τους στόχους και τις ιδιαιτερότητες του προγράμματος.

Τα μέτρα που θα ληφθούν ανήκουν γενικά σε δύο κατηγορίες:

- αυτά που είναι εύκολο να εφαρμοστούν με συνήθη υλικά και μεθόδους του εμπορίου από μη ειδικευμένο προσωπικό
- αυτά που απαιτούν εξειδικευμένη αντιμετώπιση από ειδικούς μηχανικούς, όπως νέες κατασκευές και πολύπλοκες ή/και δαπανηρές μετατροπές και τον συναφή σχεδιασμό.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Σχεδιασμός για την αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης

#### 5.1 Διαδικασία σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης

##### 5.1.1 Γενικά

Η αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης από μια επιχείρηση ή βιομηχανία, μπορεί να αφορά ένα πλήθος απρόβλεπτων και ξαφνικών περιστατικών, που είναι σε θέση να απειλήσουν τις υλικές εγκαταστάσεις της βιομηχανίας, την ασφάλεια ή και την ζωή των εργαζομένων σ' αυτήν, το άμεσο και ευρύτερο περιβάλλον, τις διαδικασίες παραγωγής των προϊόντων της, την ομαλή συνέχεια της λειτουργίας της.

Υπάρχουν πολλές περιστάσεις που μπορούν να αποτελέσουν περιστατικό έκτακτης ανάγκης σε μια βιομηχανία ή και επιχείρηση γενικά.

Κατάσταση έκτακτης ανάγκης μπορεί να προκύψει από:

1. μείζον σεισμικό γεγονός
2. πυρκαγιά
3. πλημμύρα
4. έκτακτα καιρικά φαινόμενα, όπως καταιγίδα, έντονη χιονόπτωση, ανεμοθύελλα κ.λπ.
5. διαρροές επικίνδυνων ουσιών
6. ανθρώπινο λάθος
7. τρομοκρατική επίθεση
8. άλλους μη προβλέψιμους παράγοντες.

Η κατάσταση έκτακτης ανάγκης λόγω **μείζονος σεισμικού γεγονότος**, όμως, είναι η επείγουσα κατάσταση ανάγκης, που μπορεί να εμπεριέχει και όλες τις άλλες. Όταν συμβεί ένας ισχυρός σεισμός, είναι πολύ πιθανόν ότι θα προκύψουν εξαιτίας του, δευτερογενώς, και πυρκαγιές και διαρροές επικίνδυνων υλικών και πλημμύρες (καταστροφή γειτονικού φράγματος ή τσουνάμι) και γενικώς ο σεισμός είναι μια κατάσταση ανάγκης που εξαντλεί τα ανώτατα όρια απαιτήσεων ετοιμότητας, που θα χρειάζονταν για άλλες περιπτώσεις κινδύνου. Πέραν αυτών, η αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων ανάγκης λόγω σεισμού, απαιτεί την λήψη και πρόσθετων μέτρων.

Η πρόταση του σχεδίου ετοιμότητας που αναπτύσσεται εδώ αποτελεί μια ολοκληρωμένη πρόταση αντιμετώπισης περιστατικών έκτακτης ανάγκης στον υψηλότερο βαθμό και ένταση ετοιμότητας.

Ο σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης είναι η κατάστρωση ενός προληπτικού σχεδίου για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών ανάγκης που μπορεί να προκύψουν για την εγκατάσταση και περιλαμβάνει διάφορα στάδια προσέγγισης.

##### 5.1.2 Πρώτο στάδιο

Το πρώτο στάδιο αφορά στην κατάρτιση της ομάδας που θα αναλάβει τον σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης.

Το μέγεθος της ομάδας σχεδιασμού εξαρτάται από το μέγεθος της επιχείρησης, τους διαφορετικούς τομείς που περιλαμβάνει και τις απαιτήσεις των συνθηκών που έχει να αντιμετωπίσει.

Θα πρέπει να καθοριστεί ποιος μπορεί να συμμετέχει ενεργά στην ομάδα και ποιος μπορεί να παρέχει συνδρομή συμβουλευτικού χαρακτήρα. Συνήθως ένα ή δύο άτομα επιφορτίζονται με την διεκπεραίωση του σχεδίου, πρέπει όμως να έχουν στην διάθεσή τους όλη την απαραίτητη πληροφόρηση για όλες τις λειτουργίες και τα ειδικά προβλήματα κάθε τομέα. Η πληροφόρηση θα πρέπει να παρέχεται από τον υπεύθυνο κάθε τομέα της επιχείρησης, όπως:

- τον οριζόμενο υπεύθυνο της διοίκησης της επιχείρησης
- τον υπεύθυνο για την ασφάλεια της επιχείρησης
- τον υπεύθυνο παραγωγής
- τον εκπρόσωπο εργαζομένων
- τον υπεύθυνο των μηχανολογικών εγκαταστάσεων και της συντήρησής τους
- τον υπεύθυνο των κτηριακών εγκαταστάσεων και της συντήρησής τους
- τον υπεύθυνο της τήρησης των όρων και κανονισμών υγείας και ασφάλειας στους χώρους εργασίας (Τεχνικό Ασφάλειας)
- τον Ιατρό Εργασίας
- τον υπεύθυνο πωλήσεων και εμπορικών συναλλαγών
- τον υπεύθυνο λογιστηρίου
- τον νομικό σύμβουλο.

Όλοι οι παραπάνω ανά τομέα υπεύθυνοι θα πρέπει να βρίσκονται σε στενή συνεργασία με την ομάδα σχεδιασμού και να επισημαίνουν τα σημεία της αρμοδιότητας του καθενός που πρέπει να προσεχθούν.

- Θα πρέπει στην ομάδα σχεδιασμού να δοθεί από την διεύθυνση της επιχείρησης η απαραίτητη εξουσία για την προώθηση των διαδικασιών και την λήψη πρωτοβουλιών.
- Θα πρέπει να ενημερωθεί το προσωπικό της επιχείρησης για την εκπόνηση του σχεδίου και να ζητηθεί η συνδρομή του.
- Θα πρέπει να καταστρωθεί ένα πρόγραμμα εργασιών που θα εκτελέσει η ομάδα σχεδιασμού και να τεθεί ένα χρονοδιάγραμμα για την υλοποίησή του.

### 5.1.3 Δεύτερο στάδιο

Αφού αυτές οι προκαταρκτικές ενέργειες για την συγκρότηση της ομάδας σχεδιασμού έχουν ολοκληρωθεί, η ομάδα σχεδιασμού θα πρέπει να προχωρήσει στο επόμενο στάδιο του σχεδίου, που αφορά στον καθορισμό των πιθανών κινδύνων ή των περιστατικών έκτακτης ανάγκης που η συγκεκριμένη επιχείρηση μπορεί να κληθεί να αντιμετωπίσει. Αφού καθορισθούν τα πιθανά σενάρια κινδύνου, θα πρέπει να γίνει μια εκτίμηση της τρωτότητας της επιχείρησης έναντι αυτών των κινδύνων.

Αυτό απαιτεί

- Να καταγραφεί η υπάρχουσα κατάσταση ετοιμότητας της επιχείρησης, έναντι των πιθανών κινδύνων που καθορίστηκαν, δηλαδή ποια είναι η σημερινή δυνατότητά της να αντεπεξέλθει με επιτυχία στην αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης, για καθένα από τα πιθανά σενάρια κινδύνου.

Οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν είναι:

### 5.1.3.1 Συλλογή στοιχείων για τη δομική κατάσταση των κτηρίων και εκτίμηση της δομικής τρωτότητας

Γίνεται έλεγχος και ενημέρωση των στατικών και αρχιτεκτονικών σχεδίων της εγκατάστασης. Καταγράφονται όλες οι τροποποιήσεις, μετασκευές, προσθήκες ή αφαιρέσεις δομικών στοιχείων που μπορεί να επηρεάσουν την στατική και σεισμική συμπεριφορά των κτηρίων. Επίσης, καταγράφονται στοιχεία που αφορούν την θεμελίωση των κτηρίων, καθώς και την ποιότητα του εδάφους της θεμελίωσης.

Με τον έλεγχο αυτό εντοπίζονται ασθενή σημεία στην κατασκευή και καθορίζεται η τρωτότητα.

#### Έλεγχος της στατικής επάρκειας του Φέροντος Οργανισμού

Για την αντισεισμική προστασία ενός εργοστασιακού χώρου απαιτείται αρχικά ένας ουσιαστικός έλεγχος της στατικής επάρκειας του κτηρίου στο οποίο στεγάζεται.

Η ομάδα εργασίας συνοδευόμενη από ειδικούς Μηχανικούς επισκέπτεται όλους ανεξαιρέτως τους χώρους της εγκατάστασης, εφοδιασμένη με τα σχέδια της αρχικής εγκεκριμένης μελέτης των χώρων.

1. Ελέγχει την συμβατότητα της υφιστάμενης κατασκευής με τα εγκεκριμένα σχέδια και σημειώνει τις διαφορές, τις τροποποιήσεις και τις μετασκευές που πιθανόν έχουν γίνει.

Συγκρίνεται η αρχική μελέτη του κτηρίου ή οι όποιες μελέτες έχουν γίνει μετά την αρχική, με την υφιστάμενη κατασκευή. Εάν εντοπιστούν τυχόν τροποποιήσεις, που πιθανόν να έχουν επιπτώσεις στην σεισμική συμπεριφορά, θα πρέπει να αντιμετωπιστούν. Π.χ. προσθήκη ή αφαίρεση τοιχοποιιών, βαρύς εξοπλισμός όπως κλιματιστικές μονάδες ή ηλεκτρογεννήτριες, καυστήρες ή δεξαμενές σε υψηλές στάθμες, που δεν έχουν προβλεφθεί στην στατική μελέτη και έχουν προκύψει από μεταγενέστερες ανάγκες, μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα και πρέπει να ληφθούν τα ενδεικνυόμενα μέτρα.

2. Εντοπίζει σημεία που μπορεί να προκαλέσουν στατικά προβλήματα. Τέτοια σημεία περιγράφονται ενδεικτικά παρακάτω:

- Μεγάλη συγκέντρωση φορτίων (μάζας) σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο (όροφο) του κτηρίου μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα. Αυτό συμβαίνει σε ορόφους που βρίσκονται βαριά αντικείμενα, όπως μηχανήματα, αποθηκευμένα βαριά υλικά, δεξαμενές κ.λπ. Όσο ψηλότερα στο κτήριο βρίσκονται, τόσο μεγαλύτερο είναι το πρόβλημα. Γι' αυτό πρέπει οι χώροι που φέρουν ιδιαίτερα μεγάλα βάρη να τοποθετούνται στο υπόγειο του κτηρίου και να έχουν προβλεφθεί από την αρχική φάση κατασκευής του. Οι δεξαμενές νερού, αν πρέπει για λόγους πίεσεως να βρίσκονται σε ψηλό σημείο, καλόν είναι να τοποθετούνται σε ανεξάρτητους από το κτήριο υδατόπυργους, για πολλούς λόγους.
- Ασθενείς όροφοι. Όροφοι με μεγαλύτερο ύψος από τους υπόλοιπους, που συνήθως προκύπτουν από λειτουργικούς (στέγαση μεγάλων μηχανημάτων ή εφοδίων) ή αισθητικούς λόγους, είναι πιο ευάλωτοι στο σεισμό.
- Μείωση του αρχικά μελετηθέντος από την στατική μελέτη δρόντος ύψους των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων, από οριζόντια στοιχεία στο ενδιάμεσο του ύψους τους, π.χ. από διαχωριστικούς τοίχους χαμηλού ύψους ή ενδιάμεσες πλάκες μεσωρόφων. Μερικές φορές, για διάφορες μεταγενέστερες της αρχικής μελέτης λειτουργικές ή αισθητικές ανάγκες, ανοίγματα μεταξύ υ-



ποστυλωμάτων κλείνονται με τοιχοποιία μέχρι ενός ύψους, αφήνοντας κενό μέχρι την οροφή για φεγγίτη. Αυτό μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του υποστυλώματος σε περίπτωση σεισμού (κοντό υποστύλωμα).

Όλα τα σημεία που μπορούν να προκαλέσουν στατικά προβλήματα στην κατασκευή κατά τον σεισμό αναλύονται διεξοδικά στο κεφάλαιο περί δομικής τρωτότητας.

Για τον έλεγχο αυτό καταρτίζεται ένα ερωτηματολόγιο **ΤΑΣΤΡΩΚ**.

### 5.1.3.2 Συλλογή στοιχείων για την κατάσταση των μη φερόντων στοιχείων και του εξοπλισμού της εγκατάστασης και εκτίμηση της μη δομικής τρωτότητας

Ελέγχονται όλα τα μη δομικά στοιχεία της εγκατάστασης, αρχιτεκτονικά στοιχεία, εξοπλισμός και επίπλωση, ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός.

Ο έλεγχος των μη φερόντων στοιχείων έπεται του ελέγχου του φέροντος οργανισμού. Μία βιομηχανία μετά από ένα ισχυρό σεισμό, ίσως να μη παρουσιάζει ζημιές στα φέροντα στοιχεία του κτηρίου όπου στεγάζεται, μπορεί όμως να τεθεί εκτός λειτουργίας λόγω ζημιών σε μη φέροντα στοιχεία. Γενικά οι καταπονήσεις λόγω του σεισμού στα μη φέροντα στοιχεία, όπως διαχωριστικοί τοίχοι, ψευδοροφές, υαλοστάσια, εξοπλισμός κ.λπ., είναι μεγαλύτερες από ότι στα φέροντα, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη τρωτότητα στον σεισμό. Έχει αποδειχθεί ότι μεγάλο μέρος των τραυματισμών και απώλειας στο ανθρώπινο δυναμικό κατά τον σεισμό οφείλεται στις ζημιές σε μη φέροντα στοιχεία και στον εξοπλισμό. Αν δεν ληφθεί υπόψη, ότι το κόστος των μη φερόντων στοιχείων και του εξοπλισμού σε ένα κτήριο είναι σημαντικά υψηλότερο από το κόστος του φέροντος οργανισμού, η επισκευή και η αντικατάστασή τους είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Επιπλέον, ζημιές και καταστροφές στα μη φέροντα στοιχεία και τον εξοπλισμό, ακόμη και αν δεν απειλούν την ζωή των εργαζομένων, μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην λειτουργία της βιομηχανίας και στα αποθέματα αγαθών, αλλά μπορεί και να προκαλέσουν ζημιές και σ' αυτόν τον ίδιο τον φέροντα οργανισμό. Τέλος, οι καταστροφές αυτές μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση στο περιβάλλον από ενδεχόμενη έκλυση τοξικών χημικών ουσιών. Είναι λοιπόν σημαντικό να ληφθούν μέτρα προστασίας τόσο του φέροντος οργανισμού, όσο και των μη φερόντων στοιχείων του βιομηχανικού κτηρίου για τέσσερις βασικά λόγους:

- α. προστασία της ζωής και σωματικής ακεραιότητας των εργαζομένων
- β. διατήρηση της λειτουργίας της βιομηχανίας και των αποθεμάτων που βρίσκονται αποθηκευμένα στους χώρους της
- γ. αποφυγή δαπανηρών επισκευών
- δ. προστασία του περιβάλλοντος.

Ο όρος **μη φέροντα στοιχεία** αναφέρεται σε στοιχεία που συνδέονται φυσικά με τον σκελετό του κτηρίου, όπως διαχωριστικοί τοίχοι, παράθυρα, θύρες, ψευδοροφές, στηθαία, κιγκλιδώματα κ.λπ., στοιχεία που είναι ουσιώδη για την λειτουργία του κτηρίου, όπως υδραυλικές σωληνώσεις, συστήματα θέρμανσης, κλιματισμού, ηλεκτρολογικά κ.λπ. και στοιχεία εξοπλισμού, όπως επίπλωση, συσκευές και μηχανήματα.

Κατατάσσονται λοιπόν σε τρεις κατηγορίες.

- **Αρχιτεκτονικά στοιχεία.**
- **Εξοπλισμός και επίπλωση** (συμπεριλαμβάνεται ο Η/Μ βιομηχανικός εξοπλισμός).

- **Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις** (που εξυπηρετούν κυρίως τη λειτουργία του κτηρίου από δομικής πλευράς και όχι ως βιομηχανίας).

Για τον έλεγχο αυτό καταρτίζεται ένα ερωτηματολόγιο **ΤΑΣΤΡΩΚ**.

### 5.1.3.3 Συλλογή στοιχείων για δίκτυα και παροχές

Στα σχέδια των κατόψεων των κτηρίων σημειώνονται ευκρινώς και με την κατάλληλη σήμανση:

- οι θέσεις των κεντρικών διακοπών παροχών
- οι θέσεις υδροληψίας
- τα δίκτυα ύδρευσης
- τα δίκτυα φυσ. αερίου
- τα δίκτυα αποχέτευσης
- τα ηλεκτρικά δίκτυα
- οι ηλεκτρικοί υποσταθμοί
- οι θέσεις λεβητοστασίων
- οι πυροσβεστικές φωλιές και τα συστήματα ενεργητικής πυροπροστασίας
- οι θέσεις ηχητικής και οπτικής προειδοποίησης συναγερμού
- τα κλιμακοστάσια και οι θέσεις των ανελκυστήρων
- η πορεία διαφυγής
- οι εξοδοί κινδύνου
- οι θέσεις αποθήκευσης επικίνδυνων υλικών
- οι θέσεις που φυλάσσονται αντικείμενα ή υλικά με μεγάλη οικονομική αξία
- οι θέσεις που φυλάσσονται αποθέματα εξοπλισμού και εργαλείων
- η θέση φύλαξης φαρμακευτικού υλικού και υλικών αυτοπροστασίας.

Για τον έλεγχο αυτό καταρτίζεται ένα ερωτηματολόγιο **ΤΑΣΤΡΩΚ**.

Η καταγραφή των παραπάνω στοιχείων θα επιτρέψει τον έλεγχο ως προς την συμβατότητα με τους ισχύοντες κανονισμούς σε ότι αφορά:

- την υγεία και ασφάλεια στους χώρους εργασίας
- τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς
- τους κανονισμούς πυρασφάλειας
- τους κανονισμούς μεταφοράς αγαθών
- τους αντισεισμικούς κανονισμούς.

### 5.3.1.4 Έλεγχος του βαθμού ετοιμότητας της επιχείρησης

Στη συνέχεια θα πρέπει να ελεγχθεί ο βαθμός ετοιμότητας της επιχείρησης για μια σειρά σχεδίων και προγραμμάτων όπως:

1. Το σχέδιο ασφαλούς εκκένωσης (οδεύσεις διαφυγής-χώροι εκτόνωσης-προσβάσεις διασωστικών ομάδων και μέσων). Συμπληρώνονται οι ελλείψεις που έχουν εντοπιστεί προηγουμένως από τα ερωτηματολόγια **ΤΑΣΤΡΩΚ**.

2. Το σχέδιο πυρόσβεσης και πυροπροστασίας.
3. Το σχέδιο ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων.
4. Τα προγράμματα ασφάλισης έναντι κινδύνων από ασφαλιστικούς φορείς.
5. Τα προγράμματα χρηματοδότησης, πωλήσεων και εξυπηρέτησης των πελατών.
6. Το σχέδιο ασφάλισης - απομόνωσης - προστασίας των επικίνδυνων υλικών που πιθανόν να βρίσκονται στις εγκαταστάσεις της επιχείρησης.
7. Το σχέδιο ροής προς την επιχείρηση, προϊόντων και εφοδίων απαραίτητων για την λειτουργία της.
8. Το σχέδιο εξυπηρέτησης πελατών και διεκπεραίωσης των υποχρεώσεων της επιχείρησης προς τρίτους.

Η ομάδα του σχεδιασμού πρέπει στο τέλος της έρευνας να έχει μια πλήρη και σαφή εικόνα για τις σημερινές δυνατότητες της επιχείρησης σε όλους τους τομείς που εμπλέκονται ή μπορεί να απειληθούν από ένα επείγον περιστατικό και να έχει σχηματίσει σαφή αντίληψη των συνεπειών, όχι μόνον για την υλική πλευρά των απωλειών, αλλά και για τις οικονομικές ή λειτουργικές απώλειες, ακόμη και τις απώλειες λόγω μείωσης της πελατείας, δυσχέρειας στην εκτέλεση και παράδοση παραγγελιών κ.λπ.

### 5.1.3.5 Κατασκευή και τήρηση του «κίτρινου κουτιού»

Όλα τα σχέδια με τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν όπως περιγράφηκε στα 5.1.3 -1. -2. και-3. μετά και τις απαραίτητες προσαρμογές και βελτιώσεις που θα γίνουν, θα συγκροτήσουν το «ΚΙΤΡΙΝΟ ΚΟΥΤΙ» της επιχείρησης.

Περιγράφεται στη συνέχεια ο τρόπος συγκρότησης του «κίτρινου κουτιού», που θα περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις εγκαταστάσεις. Στην ουσία το «κίτρινο κουτί» είναι ένα σύστημα τήρησης και φύλαξης του δομικού αρχείου της βιομηχανίας υπό διάφορες μορφές (ηλεκτρονικά και σε έντυπη μορφή) και σε διάφορες θέσεις.

Το «κίτρινο κουτί» της επιχείρησης πρέπει να αποτελεί μια ακριβή απεικόνιση της κατάστασης της επιχείρησης σε ότι αφορά στο υλικό μέρος των εγκαταστάσεών της ανά πάσα δεδομένη στιγμή. Αποτελεί, δηλαδή, ένα ανάλογο του «μαύρου κουτιού» των αεροσκαφών. Το κίτρινο κουτί πρέπει να περιέχει όλη την πληροφόρηση για τις εγκαταστάσεις της βιομηχανίας, σε ότι αφορά:

α) Στα κτήρια. Θα πρέπει να περιέχει όλα τα σχέδια των κτηρίων, τοπογραφικά, αρχιτεκτονικά και στατικά, όπως αρχικώς μελετήθηκαν, όπως κατασκευάστηκαν και όπως είναι την τρέχουσα χρονική στιγμή, ενημερωμένα δηλαδή με όλες τις προσθήκες, μετασκευές και τροποποιήσεις, που έγιναν στην πάροδο του χρόνου για λειτουργικές ή άλλες ανάγκες. Θα περιέχει δηλαδή όλο το ιστορικό των κτηριακών εγκαταστάσεων. Αν το συγκρότημα αποτελείται από περισσότερα κτήρια, θα υπάρχει στο γενικό διάγραμμα κάλυψης των εγκαταστάσεων αρίθμηση των κτηρίων με το όνομα και την χρήση τους. Στο διάγραμμα κάλυψης θα πρέπει να σημειώνονται οι προσβάσεις από δημόσιες οδούς, η θέση των γειτονικών κτηρίων –ενημερωμένη ως έχει σήμερα–, τα χαρακτηριστικά τους και η χρήση τους. Θα σημειώνονται επίσης οι θέσεις στάθμευσης οχημάτων, ιδιωτικών, τροφοδοσίας της επιχείρησης και παροχής σωστικής βοήθειας (πυροσβεστικά, ασθενοφόρα κ.λπ.)

β) Στις μηχανολογικές εγκαταστάσεις, που αφορούν στη λειτουργία του κτηρίου ή των κτηρίων. Στα μηχανολογικά σχέδια θα πρέπει να σημειώνονται πάνω στις ενημερωμένες κατόψεις:

- όλα τα δίκτυα παροχών
    - υδραυλικών
    - ηλεκτρικών
    - φυσικού αερίου (γκάζι)
    - τηλεπικοινωνίας
    - αποχέτευσης
    - πετρελαίου κ.λπ.
  - όλοι οι κεντρικοί διακόπτες παροχών σύνδεσης με το δίκτυο πόλης
  - όλοι οι εσωτερικοί διακόπτες και γενικά κάθε πληροφορία σχετική με το αντίστοιχο δίκτυο.
- γ) Στις θέσεις που υπάρχουν αποθηκευμένα επικίνδυνα υλικά ή μηχανήματα που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά.

Θα υπάρχει μια τεχνική έκθεση κατάλληλα δομημένη, ώστε η ενημέρωσή της να γίνεται εύκολα. Το «κίτρινο κουτί» θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο με κατάλληλο ανθεκτικό υλικό, να είναι απαραμόρφωτο να τοποθετείται σε ειδική θέση κοντά στην είσοδο των εγκαταστάσεων, όπως οι θέσεις που τοποθετούνται οι μετρητές ΔΕΗ, και να γίνεται τακτικά έλεγχος για την ενημέρωση και την ασφάλειά του, με βάση ένα πρωτόκολλο. Το «κίτρινο κουτί» μπορεί να έχει διάφορες μορφές. Η μία είναι ηλεκτρονική και η άλλη έντυπη μορφή. Η έντυπη μορφή θα βρίσκεται: α) στην είσοδο και β) στο γραφείο του τεχνικού ασφαλείας. Η ηλεκτρονική μορφή, θα βρίσκεται πέραν των ανωτέρω δύο θέσεων και στο γραφείο του διευθυντή και στα γραφεία άλλων στελεχών της βιομηχανίας.

Είναι προφανής η χρησιμότητα του «κίτρινου κουτιού» στην περίπτωση που διασωστικά συνεργεία θα επιχειρήσουν να δράσουν για απεγκλωβισμό ατόμων ή να εκτιμήσουν την κατάσταση προτού προβούν σε ενέργειες. Αποτελεί, επίσης, ένα πολύτιμο μάρτυρα για την αξιολόγηση των αιτιών της καταστροφής, ακόμη και για την απόδοση ευθυνών ή και την συναγωγή συμπερασμάτων για βελτιώσεις. Το «κίτρινο κουτί» είναι χρήσιμο επίσης, για οποιαδήποτε επέκταση, τροποποίηση και γενικώς για οποιαδήποτε επέμβαση στις εγκαταστάσεις της βιομηχανίας και περαιτέρω αξιοποίησή της.

**Η πολιτεία θα πρέπει να επιβάλει και νομοθετικά την τήρησή του καθώς και τους όρους υπό τους οποίους θα πρέπει αυτή να γίνεται. Ένας απλός τρόπος να επιβληθεί η τήρηση του «κίτρινου κουτιού» θα ήταν η ύπαρξή του να συμπεριλαμβάνεται στα απαραίτητα δικαιολογητικά κατά την μεταβίβαση του αντίστοιχου ακινήτου.**

#### 5.1.4 Τρίτο στάδιο. Καθορισμός και εξασφάλιση λειτουργιών

Το επόμενο βήμα θα πρέπει να είναι:

- Ο καθορισμός και η εξασφάλιση των λειτουργιών, εξοπλισμού και προσωπικού που είναι απολύτως απαραίτητο για την συνέχιση λειτουργίας της επιχείρησης.
- Ο εντοπισμός και η εξασφάλιση των υπηρεσιών, παροχών και εξοπλισμών που είναι απαραίτητοι για την παραγωγή των προϊόντων της επιχείρησης.
- Ο καθορισμός και η εξασφάλιση των εφοδίων και υπηρεσιών που παρέχονται από τρίτους, και είναι απολύτως απαραίτητη η απρόσκοπτη παροχή τους, όπως τον εξωτερικό εφοδιασμό με πρώτες ύλες και τον τρόπο μεταφοράς τους κ.λπ.
- Ο έλεγχος της σύνδεσης των «γραμμών ζωής» με την εγκατάσταση και των πιθανών κινδύνων από την διακοπή σύνδεσής τους. Θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα δυνατά μέτρα για την εξα-



σφάλιση της σύνδεσης των δικτύων των γραμμών ζωής με την βιομηχανία μετά από ένα μεγάλο σεισμικό γεγονός.

- Η εξασφάλιση εφεδρικών λειτουργιών, υλικών και εφοδίων. Αυτά είναι απαραίτητα τόσο για την συνέχεια της λειτουργίας της βιομηχανίας σε περίπτωση αστοχίας των δικτύων των παροχών των γραμμών ζωής, όσο και για την δυνατότητα να γίνουν οι απαραίτητες επισκευές σε συστήματα που έχουν υποστεί ζημιά.

1. Καθορισμός απαραίτητου προσωπικού και των αρμοδιοτήτων του.

- Ομάδα υπεύθυνη για την πυρόσβεση: αυτή η ομάδα θα έχει ως έργο τον έλεγχο των συστημάτων πυρόσβεσης, δηλαδή την επιθεώρησή τους, αν είναι σε κατάσταση καλής λειτουργίας κ.λπ.
- Ομάδα υπεύθυνη για τα επικίνδυνα υλικά: αν βρίσκονται σωστά και σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς αποθηκευμένα και ασφαλισμένα, αν έχουν την κατάλληλη σήμανση κ.λπ.
- Ομάδα υπεύθυνη για το σχέδιο εκκένωσης.

2. Καθορισμός και εξασφάλιση απαραίτητου εξοπλισμού.

- Εξοπλισμού και συστημάτων πυρόσβεσης.
- Εξοπλισμού και εφοδίων παροχής πρώτων βοηθειών.
- Εφοδίων και μέσων για έκτακτες ανάγκες, όπως εφεδρικές δεξαμενές πόσιμου ύδατος, τροφής, αντιασφυξιογόνων προσωπιδίων, κρανών κ.λπ.
- Συστημάτων προειδοποίησης, σήμανσης, συναγερομού κ.λπ.
- Συστημάτων παροχής εφεδρικής ενέργειας, όπως εφεδρικών γεννητριών κ.λπ.
- Συστημάτων απολύμανσης.

3. Καθορισμός και εξασφάλιση απαραίτητων υπηρεσιών.

- Χώροι καταφυγής.
- Σταθμός πρώτων βοηθειών.
- Χώροι υγιεινής.

4. Καθορισμός εφεδρικών και εναλλακτικών τρόπων παροχής.

- Εφεδρικής ενέργειας.
- Εφεδρικών επικοινωνιών.

5. Καθορισμός απαιτούμενων προσβάσεων εξωτερικής βοήθειας.

- Πυροσβεστικής.
- Ιατρικής.
- Πρόσβαση σε Νοσοκομεία.
- Αστυνομία.

### **Εφεδρική παροχή ενέργειας**

Για τον σκοπό αυτό, πρέπει να προβλεφθεί, αν δεν υπάρχει ήδη, εφεδρική γεννήτρια (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος), που θα εξασφαλίζει ανεξάρτητη ηλεκτροδότηση, καθώς μετά από ένα ισχυρό σεισμό είναι πολύ πιθανό να διακοπεί η παροχή ρεύματος. Η εφεδρική γεννήτρια πρέπει να βρίσκεται σε ασφαλές σημείο του κτηρίου και να έχει με προσοχή στερεωθεί και ασφαλιστεί από μετακινήσεις

και ανατροπή που θα έθεταν σε κίνδυνο την λειτουργία της. Πρέπει, επίσης, να είναι εξασφαλισμένη η παροχή καυσίμου για την λειτουργία της κατά τον σεισμό και να λειτουργεί το σύστημα αυτόματης εκκίνησης και πυρόσβεσης. Η δεξαμενή καυσίμου, καλό είναι, να βρίσκεται σε ιδιαίτερα ασφαλή περιοχή και να συνδέεται με την γεννήτρια μέσω ισχυρού και εύκαμπτου σωλήνα.

### **Πρόβλεψη δεξαμενών ύδατος για πυρόσβεση**

Μετά από ένα ισχυρό σεισμό είναι πολύ πιθανό να ακολουθήσουν πυρκαγιές. Μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες ζημιές αν επεκταθούν ανεξέλεγκτα. Θα πρέπει λοιπόν να υπάρχουν αποθέματα νερού σε δεξαμενές που θα είναι χρήσιμα για την κατάσβεση πυρκαγιών, αν το σύστημα υδροδότησης τεθεί εκτός λειτουργίας λόγω του σεισμού. Η παροχή νερού θα πρέπει να εξασφαλίζεται με πλαστικό σωλήνα, ο οποίος έχει τοποθετηθεί μέσα σε ισχυρό μεταλλικό κάλυμμα. Το σύστημα πυρόσβεσης είναι βασικό να παραμένει σε λειτουργία ακόμα και μετά από ισχυρό σεισμό. Σημαντικός παράγοντας για την αποφυγή της πυρκαγιάς είναι ο τρόπος αποθήκευσης των εύφλεκτων και εκρηκτικών υλικών. Θα πρέπει να χωροθετούνται σε σημεία που μπορούν να απομονωθούν, ώστε ενδεχόμενη πυρκαγιά εκεί να μην επεκτείνεται σε όλο το κτήριο. Σημαντικός επίσης παράγοντας είναι η ικανότητα της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας να επέμβει άμεσα, πράγμα αμφίβολο σε συνθήκες ισχυρού σεισμού, όπου η Πυροσβεστική Υπηρεσία θα έχει να αντιμετωπίσει πολλαπλά σημεία επέμβασης. Θα πρέπει να υπάρχει λοιπόν η δυνατότητα αυτόνομης αντιμετώπισης της πυρκαγιάς.

### **Πρόβλεψη εφεδρικής αποχέτευσης**

Η αποχέτευση των λυμάτων πρέπει να μπορεί να γίνεται ακόμη και αν το κεντρικό σύστημα αποχέτευσης έχει καταστραφεί. Πρέπει γι' αυτό να προβλεφθεί εφεδρικό σύστημα σηπτικών δοχείων.

### **Πρόβλεψη φαρμακείου**

Σε ασφαλή θέση του κτηρίου θα πρέπει να οργανωθεί φαρμακείο κατάλληλα εξοπλισμένο με όλα τα απαραίτητα φαρμακευτικά υλικά και ιατρικό εξοπλισμό για την παροχή Πρώτων Βοηθειών.

### **Εξασφάλιση τηλεπικοινωνίας**

Η καλωδιακή επικοινωνία είναι ευάλωτη στο σεισμό. Εκτός από την πιθανή φυσική βλάβη λόγω του σεισμού στο δίκτυο, οι γραμμές υπερχορτώνονται από το πλήθος των κλήσεων μετά τον σεισμό. Οι επικοινωνίες μικρής απόστασης μπορούν να εξυπηρετηθούν με ένα σύστημα UHF. Για μεγαλύτερες αποστάσεις οι επικοινωνίες μπορούν να γίνονται μέσω συστήματος VHF για το οποίο απαιτείται ειδική άδεια.

### **Πρόβλεψη αποθέματος υλικών επισκευής και ειδών πρώτης ανάγκης**

Σε ασφαλή θέση του κτηρίου ή σε εξωτερικό χώρο κοντά στο κτήριο πρέπει να υπάρχουν αποθηκευμένα υλικά επισκευής πρώτης ανάγκης και όλα τα απαραίτητα εργαλεία και μέσα επισκευής, όπως σωληνώσεις, ξυλεία, χαλύβδινα προφίλ, καλώδια και όλος ο εξοπλισμός που είναι απαραίτητος για να γίνουν επείγουσες επισκευές, υποστηρίξεις κ.λπ. Θα πρέπει να υπάρχει επίσης ο απαραίτητος εξοπλισμός αυτοπροστασίας, κράνη και φορητά μεγάφωνα. Μια ποσότητα ξηράς τροφής και πόσιμου νερού πρέπει επίσης να είναι διαθέσιμη για περιπτώσεις ανάγκης.

### 5.1.5 Τέταρτο στάδιο. Εκτίμηση της σεισμικής τρωτότητας της επιχείρησης

Για να γίνει η εκτίμηση τρωτότητας θα πρέπει:

- Να καθορισθεί το είδος του πιθανολογούμενου κινδύνου και να εκτιμηθεί η τρωτότητα σε:
  1. πυρκαγιά
  2. σεισμό
  3. διαρροή επικίνδυνων ουσιών
  4. πλημμύρα
  5. άλλο.
  
- Να γίνει εκτίμηση του κινδύνου που μπορεί να αντιμετωπίσει η επιχείρηση σε σχέση με την θέση της.
 

Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες, όπως:

  1. γειτνίαση με σεισμικά ρήγματα
  2. θεμελίωση σε χαλαρά κατολισθαίνοντα εδάφη
  3. γειτνίαση με φράγματα
  4. γειτνίαση με επικίνδυνες εγκαταστάσεις.
  
- Να γίνει εκτίμηση τρωτότητας της επιχείρησης, όσον αφορά στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των κτηριακών της εγκαταστάσεων και των μη φερόντων στοιχείων. Θα πρέπει να εξεταστεί ποιοι τύποι έκτακτης ανάγκης μπορεί να προκύψουν σαν συνέπεια αυτών των χαρακτηριστικών. Παρέχουν οι κτηριακές εγκαταστάσεις και τα μη φέροντα στοιχεία ασφάλεια; Θα πρέπει να εξεταστούν:
  1. τα φέροντα στοιχεία της εγκατάστασης
  2. τα μη φέροντα στοιχεία της εγκατάστασης και ο ηλεκτρομηχανολογικός της εξοπλισμός
  3. η ύπαρξη επικίνδυνων ουσιών και ο τρόπος και η θέση αποθήκευσής τους
  4. ο φωτισμός, γενικός και ασφάλειας
  5. οι δίοδοι και εξοδοι διαφυγής
  6. η ύπαρξη πλησίον των εγκαταστάσεων χώρων καταφυγής.

### 5.1.6 Πέμπτο στάδιο. Κατάστρωση του σχεδίου ετοιμότητας

Μετά την συγκέντρωση των στοιχείων και την λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων για προστασία, ενίσχυση και εξάλειψη των δυσμενών παραγόντων, θα πρέπει να καταστρωθεί το σχέδιο ετοιμότητας για την αντιμετώπιση του κινδύνου όταν αυτός προκύψει.

Για τον οργανωμένο τρόπο διεξαγωγής όλων αυτών των ενεργειών η ομάδα Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης (ΣΕΑ) θα πρέπει να καταστρώσει μια σειρά σχεδίων ετοιμότητας.

Ο υπεύθυνος της οργάνωσης του σχεδίου ετοιμότητας καθορίζει τις κατευθύνσεις των δίοδων διαφυγής και, στη συνέχεια, συγκέντρωσης των πάσης φύσεως ατόμων, που ευρίσκονται στην επιχείρηση κατά το επείγον συμβάν (υπαλλήλων, εργατών, διευθυντικών στελεχών, επισκεπτών κ.λπ.) όπως και τις αρμοδιότητες-λειτουργίες και υποχρεώσεις των ατόμων που είναι επιφορτισμένα με το έργο της υποστήριξης κατά την έκτακτη περίοδο.

Ως προς τις διόδους διαφυγής, ο υπεύθυνος θα καθορίσει προς τα πού θα πραγματοποιηθεί η διαφυγή, ανάλογα με το είδος του κινδύνου. Διαφορετικό σχέδιο θα πρέπει να ακολουθηθεί στην περίπτωση πυρκαγιάς, διαρροής χημικών ουσιών, σεισμού ή σε συνδυασμένους κινδύνους.

Για την περίπτωση του σεισμού, εφόσον δεν συντρέχει κάποιος λόγος που να τον αναιρεί, θα μπορούσε να ακολουθηθεί ο εξής κανόνας:

- για ένα **διώροφο** κτήριο (ισόγειο και όροφος), η έξοδος διαφυγής να είναι στο ισόγειο
- για ένα **τριώροφο** κτήριο (ισόγειο και δύο όροφοι), η έξοδος διαφυγής ισογείου και Α' ορόφου να είναι στο ισόγειο, ενώ του Β' ορόφου να είναι στο δώμα
- για **τετραώροφο** κτήριο (ισόγειο και τρεις όροφοι), η έξοδος διαφυγής ισογείου, Α' και Β' ορόφου να είναι στο ισόγειο, ενώ του Γ' ορόφου στο δώμα
- για πενταώροφο κτήριο (ισόγειο και τέσσερις όροφοι), η έξοδος διαφυγής του ισογείου, Α', Β', Γ' ορόφων να είναι στο ισόγειο, των Δ' και Ε' ορόφων στο δώμα
- για εξαώροφο κτήριο (ισόγειο και έξι όροφοι) η έξοδος διαφυγής ισογείου, Α', Β', Γ' ορόφου να είναι στο ισόγειο, των Δ', Ε', ΣΤ' ορόφων στο δώμα.

Και ούτω καθ' εξής.

Το σχέδιο ετοιμότητας θα πρέπει να καθορίζει ποιες είναι οι απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να γίνουν ώστε:

- α) να εκτιμηθεί σωστά η κατάσταση, όταν προκύψει ο κίνδυνος
- β) να προστατευτούν οι εργαζόμενοι, οι επισκέπτες, ο εξοπλισμός της επιχείρησης, τα πολύτιμα αρχεία, τα πολύτιμα υλικά, αμέσως μετά το σεισμό και για το άμεσο χρονικό διάστημα που ακολουθεί τον σεισμό ή την όποια κατάσταση ανάγκης
- γ) να επανέλθει η επιχείρηση σε συνθήκες ομαλής λειτουργίας το συντομότερο δυνατόν.

Διάφορες ενέργειες πρέπει να γίνουν ταυτόχρονα:

- προειδοποίηση των εργαζομένων και των επισκεπτών
- διεξαγωγή της εκκένωσης του κτηρίου και καταμέτρηση των προσώπων
- επικοινωνία με τις υπηρεσίες εξωτερικής βοήθειας και τα σωστικά συνεργεία
- ενεργοποίηση και θέση σε λειτουργία των εφεδρικών συστημάτων (γεννητριών κ.λπ.)
- καταπολέμηση πιθανών πυρκαγιών
- κλείσιμο διακοπών και παροχής ενέργειας ή υλικών σε διάφορα μηχανήματα
- προστασία πολύτιμων αρχείων και υλικών
- προσπάθεια για επαναλειτουργία διαφόρων συστημάτων και υπηρεσιών.

Το σχέδιο ετοιμότητας, θα περιλαμβάνει την ακόλουθη σειρά σχεδίων.

1. **Σχέδιο εκκένωσης χώρων** για την άμεση και ασφαλή απομάκρυνση των εργαζομένων και των παρευρισκομένων από τους χώρους της βιομηχανίας. Η απομάκρυνση γίνεται ακολουθώντας την προσχεδιασμένη πορεία των οδεύσεων διαφυγής.
2. **Σχέδιο για θέση εκτός λειτουργίας διαφόρων μηχανημάτων και συσκευών**, που λειτουργούν την ώρα του σεισμού.
3. **Σχέδιο αντιμετώπισης πυρκαγιάς** (κατάσβεση πυρκαγιάς).
4. **Σχέδιο ασφάλισης περιοχών με εύφλεκτα υλικά** μετά την εκκένωση των χώρων.
5. **Σχέδιο διάσωσης εγκλωβισμένων ατόμων** και ειδοποίησης των συνεργείων διάσωσης.



6. **Σχέδιο παροχής φροντίδας και υποστήριξης** μετά τον σεισμό στους εργαζόμενους και τους λοιπούς παρευρισκόμενους.
7. **Σχέδιο για την ασφαλή κυκλοφορία των οχημάτων** στον χώρο στάθμευσης για την περίπτωση που οι εργαζόμενοι και οι λοιποί παρευρισκόμενοι θα χρειαστεί να εγκαταλείψουν το βιομηχανικό συγκρότημα και να μεταβούν σε χώρους έξω από αυτό.
8. **Σχέδιο για την προστασία πολύτιμων αρχείων και υλικών.**
9. **Σχέδιο για την περίπτωση που ο σεισμός συμβεί όταν απουσιάζει το προσωπικό** και στις εγκαταστάσεις βρίσκεται μόνον ο φύλακας ή οι φύλακες. Θα πρέπει με το σχέδιο αυτό να αντιμετωπιστούν κρίσιμα θέματα, όπως π.χ. ο κίνδυνος κλοπής.
10. **Σχέδιο ασφάλισης της εγκατάστασης μετά την εγκατάλειψή της από το προσωπικό.** Είναι ενδεχόμενο μετά τον σεισμό οι συνθήκες να έχουν αλλάξει, ως προς τις ισχύουσες προ του σεισμού και η ασφάλιση της εγκατάστασης να απαιτεί διαφορετικά μέτρα.

Για να πραγματοποιηθούν τα παραπάνω σχέδια είναι απαραίτητο να υπάρχουν διαθέσιμα και σε πρώτη ζήτηση, σε θέση καθορισμένη και προστατευμένη:

1. Λίστα με τα ονόματα και τα τηλέφωνα άμεσης επικοινωνίας όλου του εμπλεκόμενου στην διεξαγωγή του σχεδίου έκτακτης ανάγκης προσωπικού.
2. Λίστες με τα ονόματα και τα τηλέφωνα επικοινωνίας όλων των εργαζομένων στην επιχείρηση γενικώς. Η λίστα θα πρέπει να έχει και τα τηλέφωνα και διευθύνσεις συγγενών και γενικά κάθε πρόσφορο μέσο άμεσης επικοινωνίας.
3. Τηλέφωνα και κάθε μέσον άμεσης επικοινωνίας με τις δημόσιες υπηρεσίες παροχής βοήθειας, (Πυροσβεστική Υπηρεσία, Αστυνομία, ΔΕΗ, ΕΥΔΑΠ, Υγειονομικές υπηρεσίες, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΔΕΦΑ κ.λπ.).
4. Σχέδια και διαγράμματα των εγκαταστάσεων όπου να υπάρχουν ευκρινώς σημειωμένα:

- οι διαδρομές των σωληνώσεων, ύδρευσης, ηλεκτρισμού, φυσικού αερίου, αποχέτευσης, θερμού ύδατος, οι αγωγοί κλιματισμού, οι σωληνώσεις τροφοδοσίας με καύσιμα κ.λπ.
- οι κεντρικές βαλβίδες διακοπής παροχής νερού από το δίκτυο πόλης
- οι κεντρικές βαλβίδες διακοπής παροχής φυσικού αερίου
- οι κεντρικοί ηλεκτρικοί διακόπτες
- οι ηλεκτρικοί υποσταθμοί
- η θέση του κάθε κτηρίου της εγκατάστασης (με όνομα του κτηρίου, χαρακτηριστικό κωδικό, οδό και αριθμό)
- κατόψεις των ορόφων όλων των κτηρίων
- θέσεις των μεγαφώνων προειδοποίησης και των συστημάτων συναγερμού
- θέσεις των συστημάτων πυρόσβεσης (πυροσβεστικές φωλιές)
- θέσεις των συστημάτων καταιονισμού ύδατος για πυρόσβεση
- έξοδοι διαφυγής από το κτήριο
- πορείες διαφυγής
- κλιμακοστάσια
- περιοχές στις οποίες απαγορεύεται η πρόσβαση
- περιοχές όπου φυλάσσονται επικίνδυνα υλικά
- θέσεις όπου φυλάσσονται πολύτιμα υλικά (μεγάλης οικονομικής αξίας).

### 5.1.7 Τέταρτο στάδιο. Εφαρμογή του σχεδίου ετοιμότητας

Κάθε πρόσωπο στην επιχείρηση θα πρέπει να ξέρει, ανά πάσα στιγμή, ποιος θα είναι ο ρόλος του και τι θα πρέπει να κάνει, όταν προκύψει ο σεισμός ή το καταστροφικό γεγονός. Οι αρμοδιότητες των εμπλεκόμενων φορέων και του προσωπικού έχουν ήδη καθοριστεί στο προηγούμενο στάδιο. Στο στάδιο αυτό, πρέπει να γίνουν οι ενέργειες που θα καταστήσουν ενεργό και πραγματοποιήσιμο τον σχεδιασμό.

1. Η κάθε ομάδα, που συμμετέχει στο κάθε επί μέρους σχέδιο έκτακτης ανάγκης, ανάλογα με την αρμοδιότητά της, θα πρέπει να ενημερωθεί για τις αναγκαίες, βάσει του σχεδίου, ενέργειες στις οποίες θα πρέπει να προβεί, μόλις προκύψει ο κίνδυνος.
2. Ο υπεύθυνος ή οι υπεύθυνοι του Σχεδιασμού Έκτακτης Ανάγκης (Σ.Ε.Α.), θα πρέπει να διοργανώσουν ειδικά σεμινάρια μέσα στην επιχείρηση, ώστε να εκπαιδευτούν οι συμμετέχοντες στο σχέδιο εργαζόμενοι, για τις ενέργειες στις οποίες θα πρέπει να προβούν, μόλις προκύψει το έκτακτο γεγονός. (Οι ομάδες και το πεδίο αρμοδιότητάς τους έχουν ήδη καθοριστεί από το προηγούμενο στάδιο κατάρτισης του σχεδίου). Στα σεμινάρια αυτά οι ομάδες ανάλογα με την αρμοδιότητά τους θα ενημερώνονται για τις ενέργειες, τις οποίες θα πρέπει να εκτελέσουν κατά την διάρκεια και αμέσως μετά τον σεισμό. Οι ενέργειες αυτές θα πρέπει να γίνονται χωρίς χάσιμο χρόνου και με τον μέγιστο βαθμό αποτελεσματικότητας.

Για την υλοποίηση των διαφόρων σχεδίων έκτακτης ανάγκης, είναι αναγκαίο να γίνουν εφαρμογές στην πράξη. Θα πρέπει να γίνουν ασκήσεις εικονικής αντιμετώπισης κινδύνου, ασκήσεις ετοιμότητας δηλαδή, κατά τις οποίες κάθε ομάδα που συμμετέχει στο ΣΕΑ, θα κληθεί να εφαρμόσει στην πράξη αυτά που προβλέπει το σχέδιο.

#### 5.1.7.1 Ασκήσεις ετοιμότητας

Οι ασκήσεις ετοιμότητας θα πρέπει να διοργανώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα για το προσωπικό της επιχείρησης.

Στις ασκήσεις ετοιμότητας το προσωπικό, ανάλογα με το έργο που του έχει ανατεθεί από το σχέδιο, θα πρέπει να εκτελεί τις ενέργειες που αυτό προβλέπει. Με τον τρόπο αυτό πιστοποιείται, ότι το σχέδιο είναι εφαρμόσιμο άμεσα, το οικειοποιείται το προσωπικό και εκτελεί χωρίς χάσιμο χρόνου τις ενέργειες που επιβάλλονται.

Οι ασκήσεις ετοιμότητας θα πρέπει να περιλαμβάνουν:

- α) Συσκέψεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα, κατά τις οποίες οι υπεύθυνοι κάθε τομέα πληροφορούν την ομάδα ΣΕΑ για τα θέματα που προκύπτουν στον τομέα αρμοδιότητάς τους, τα προβλήματα και τις ανάγκες.
- β) Ασκήσεις επί χάρτου ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Δηλαδή σε συσκέψεις, η ομάδα ΣΕΑ θα εξετάζει συνολικά, βάσει ενός σεναρίου κινδύνου, τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν και την ετοιμότητα της κάθε υπεύθυνης ομάδας να ανταποκριθεί σ' αυτές. Σ' αυτές τις ασκήσεις θα επισημαίνονται οι δυσλειτουργίες, θα συμπληρώνονται κενά και θα ελέγχεται η αποτελεσματικότητα του σχεδίου.
- γ) Ασκήσεις επιτόπου των εγκαταστάσεων. Σ' αυτές τις ασκήσεις η ομάδα ΣΕΑ με την αντίστοιχη υπεύθυνη ομάδα θα εκτελεί επιτόπου τις ενέργειες που προβλέπει το σχέδιο έκτακτης ανάγκης, όπως π.χ. διαδικασίες κλεισίματος διακοπών, ενεργοποίησης εφεδρικών συστημάτων κ.λπ. Αυ-

τές οι ασκήσεις δεν απαιτείται να είναι γενικευμένες και θα γίνονται για κάθε επί μέρους σχέδιο, ώστε να ελέγχεται στην πράξη η αποτελεσματικότητά του.

- δ) Ασκήσεις ετοιμότητας λειτουργιών και υπηρεσιών. Κατά τις ασκήσεις αυτές θα ελέγχεται στην πράξη και επιτόπου η αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών που πρέπει απαραίτητως να λειτουργούν, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και αμέσως μετά. Θα ελέγχεται δηλαδή η λειτουργία προειδοποίησης συναγερμού, ο φωτισμός ασφάλειας, η ετοιμότητα του ιατρού, των εφεδρικών υλικών για την βιομηχανία, των εφεδρικών επικοινωνιών, των πορειών διαφυγής, των θέσεων καταφυγής μετά το καταστροφικό γεγονός, των εφεδρικών χώρων υγιεινής, των εφεδρικών υλικών για περιορισμένου χρόνου επιβίωση, όπως πόσιμο νερό, τροφή κ.λπ.
- ε) Ασκήσεις εκκένωσης των εγκαταστάσεων. Οι ασκήσεις αυτές θα πρέπει να εκτελούνται κατά τακτά χρονικά διαστήματα και θα πρέπει να συμμετέχει όλο, ανεξαιρέτως, το προσωπικό της επιχείρησης. Το προσωπικό θα εκτελεί εικονικά τις διαδικασίες προστασίας και διαφυγής. Θα ακολουθείται η πορεία διαφυγής σε όλο της το μήκος και από όλους του χώρους, μέχρι την κατάληξη σε ένα προστατευμένο χώρο, όπου θα υπάρχουν όλα τα αναγκαία για μικρού χρόνου παραμονή.
- στ) Γενικές ασκήσεις ετοιμότητας. Κατ' αυτές θα εκτελείται το σχέδιο ετοιμότητας σε όλες του τις παραμέτρους, με δεδομένο ένα εικονικό σενάριο κινδύνου, όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικό. Κατά τις ασκήσεις αυτές, θα ελέγχεται εικονικά η ετοιμότητα της επιχείρησης σε όλες τις παραμέτρους. Θα ελέγχεται όχι μόνον η υλική ετοιμότητα, αλλά και η διοικητική και οικονομική ετοιμότητα, καθώς και η ανταπόκριση των εξωτερικών υπηρεσιών και οργανισμών, που εμπλέκονται σε μια κατάσταση ανάγκης. Θα αντιμετωπίζεται η κατάσταση, όπως θα μπορούσε να προκύψει, αν η κατάσταση ανάγκης δεν αφορούσε μόνο την συγκεκριμένη επιχείρηση αλλά και όλο το κοινωνικό σύνολο. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι μεγάλη η πιθανότητα δυσλειτουργίας σε πολλούς τομείς, λόγω της άμεσης και πολλαπλής φόρτισης των δημόσιων υπηρεσιών, που θα παρείχαν ουσιαστική βοήθεια, αν το γεγονός ήταν μεμονωμένο.

Οι ασκήσεις ετοιμότητας είναι ένα ουσιαστικό μέρος του ΣΕΑ, διότι κατ' αυτές εμπεδώνεται το σχέδιο και ταυτόχρονα λειτουργούν ως υπόμνηση του κινδύνου, που στις τρέχουσες συνθήκες μπορεί να παραβλέπεται.

### 5.1.7.2 Εκπαίδευση του προσωπικού

Για την εφαρμογή του ΣΕΑ όπως έχει καταρτιστεί, απαιτείται η εκπαίδευση του προσωπικού: όλων των εργαζόμενων στην επιχείρηση κατ' αρχήν, για τις ενέργειες αυτοπροστασίας τους, αλλά ιδιαίτερα για τα μέλη του προσωπικού που είναι επιφορτισμένα με ειδικούς ρόλους. Για παράδειγμα, το προσωπικό που χειρίζεται μηχανήματα, θα πρέπει να είναι ενήμερο για το πώς και πότε θα κλείσει τις παροχές στις μηχανές και θα πρέπει να εκτελέσει τις ενέργειες που απαιτούνται σχεδόν αυτόματα. Παρόμοιες καλά εμπεδωμένες ενέργειες απαιτούνται για πλήθος τομέων μέσα στην επιχείρηση και το προσωπικό θα πρέπει να είναι εξοικειωμένο με την διαδικασία εκτέλεσής τους. Στις συνθήκες του σεισμού επικρατεί κατά κανόνα πανικός. Το ένστικτο αυτοσυντήρησης είναι εκείνο που επικρατεί σ' αυτές τις περιπτώσεις. Το ένστικτο αυτό, όμως, μπορεί να αποβεί τελικά πολύ επιβλαβές, τόσο για το ίδιο το άτομο, όσο και για τους συντρόφους του στην επιχείρηση. Ας σκεφθούμε μόνο τα

θύματα που έχουμε θρηνηθεί σε πυρκαγιές ή άλλους κινδύνους σε συνωστισμένους χώρους, όταν όλοι ταυτόχρονα αναζητούν διαφυγή και τα θύματα προκύπτουν όχι από την πρωτογενή αιτία κινδύνου, αλλά από τις συνέπειες του πανικού. Είναι δύσκολο να επιβάλει κανείς την λογική σε συνθήκες γενικού τρόμου. Αυτό μπορεί να γίνει μόνον μέσα από μια διαδικασία συνεχούς εκπαίδευσης, όπου οι ενέργειες που το κάθε άτομο εκτελεί την στιγμή του κινδύνου, είναι κατά κάποιο τρόπο αυτοματοποιημένες, εκτελούνται δηλαδή ερήμην της πρωτογενούς ανάγκης αυτοσυντήρησης. Αυτό είναι βασικό στοιχείο της εκπαίδευσης του προσωπικού.

Η λογική του σχεδιασμού που έχει προηγηθεί, θα πρέπει μέσω της εκπαίδευσης και της επανάληψης να γίνει κτήμα του κάθε ατόμου μέσα στην επιχείρηση. Το να τιθασει κανείς τις παρορμήσεις που ο κίνδυνος ζωής γεννά, είναι πολύ δύσκολο έργο. Ο σεισμός, ειδικότερα, είναι ένα ιδιαίτερα οξύ, σύντομο και ξαφνικό γεγονός, που δεν εξασφαλίζει τα χρονικά περιθώρια στην λογική να δράσει. Η λογική και ο σχεδιασμός θα πρέπει να έχουν προηγηθεί, οι ενέργειες θα πρέπει να έχουν προκαθοριστεί και τα άτομα που θα κληθούν να τις εκτελέσουν πρέπει να έχουν τόσο καλά εκπαιδευτεί ώστε να ενεργούν αυτόματα, αγνοώντας τις ενστικτώδεις τους αντιδράσεις.

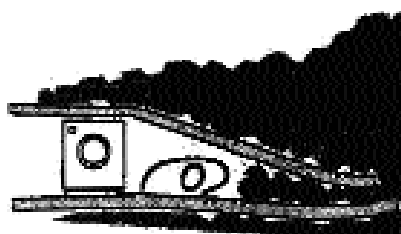
Η εκπαίδευση του προσωπικού αφορά κατ' αρχήν στην χρήση των μέτρων αυτοπροστασίας.

Τι πρέπει να κάνουν όταν το κτήριο σειείται και δεν ξέρουν αν θα καταρρεύσει ή όχι;

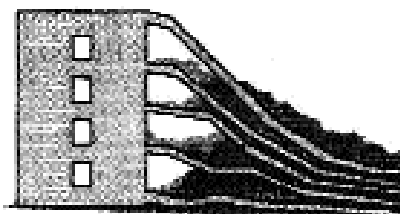
Το πρώτο μέτρο προστασίας, όσο διαρκεί η δόνηση, είναι η καταφυγή σε ένα ισχυρό μέρος που είναι πρόσφορο στον χώρο και μπορεί να εξασφαλίσει, σε περίπτωση που οι πλάκες των ορόφων καταρρεύσουν, ένα κενό. Αυτό μπορεί να είναι ένα γραφείο, μια ντουλάπα, ή ότι κατάλληλο βρίσκεται στο χώρο.



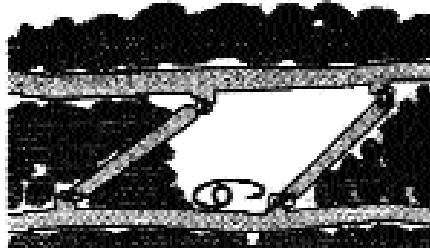
Πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα με δοκούς με μεγάλη κρέμαση στις άκρες τους μπορούν να δημιουργήσουν κενά κατά την κατάρρευση.



Ισχυρά στοιχεία της επίπλωσης ή του εξοπλισμού μπορούν να συγκρατήσουν τμήματα των πλακών που κατέρρευσαν δημιουργώντας δίπλα τους κενά



Ισχυρά μέρη του κτηρίου, όπως φρεάτια αελεκυστήρων, τοιχία κ.λπ., δημιουργούν στα σημεία στα σημεία σύνδεσής τους με τις πλάκες κενά για καταφυγή



Δομικά στοιχεία που, αν και καταστράφηκαν διατηρούν κάποια αντοχή, συγκρατούν τα καταρρέοντα μέλη και δημιουργούν κενά.

**Σχήμα 1.** Στο σχήμα φαίνονται θέσεις του κτηρίου που μπορούν να χρησιμεύσουν ως καταφύγιο σε περίπτωση σεισμού.



Το δεύτερο βήμα, αφού η δόνηση έχει σταματήσει, είναι η διαφυγή. Αυτή όμως δεν πρέπει να γίνει απρογραμματίστα.

Η πρόσβαση στο δώμα πρέπει να είναι δυνατή ανά πάσα στιγμή. Δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να κλειδώνεται η πρόσβαση. Αυτό είναι απαραίτητο, όχι μόνον για τις βιομηχανίες, αλλά και για τα κτήρια κατοικιών και κάθε άλλης χρήσης και πρέπει να επισημανθεί ιδιαίτερος, δεδομένου ότι η πρακτική σήμερα για λόγους ασφαλείας είναι, οι προσβάσεις αυτές να κλειδώνονται. Οι συνθήκες ασφαλείας άρα οφείλουν να εξασφαλίζονται με άλλον τρόπο. Π.χ., οι θύρες πρόσβασης προς τα δώματα μπορούν να είναι εφοδιασμένες με μπάρες ασφαλείας, που να εμποδίζουν την είσοδο από έξω προς τα μέσα, όχι όμως αντιστρόφως.

Πρέπει να αποφεύγεται επίσης η καταφυγή σε επικίνδυνα μέρη του κτηρίου, όπως είναι:

- Οι εξώστες και γενικά οι πρόβολοι του κτηρίου.
- Οι ανελκυστήρες. Σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να γίνεται χρήση των ανελκυστήρων κατά την διάρκεια του σεισμού και αμέσως μετά. Οι ανελκυστήρες, λόγω της φύσης των εξαρτημάτων τους, είναι ιδιαίτερος ευάλωτοι στις δονήσεις. Ακόμη και αν έχουν ειδική σεισμική προστασία, καλόν είναι να αποφεύγεται η χρήση τους κατά την διάρκεια και αμέσως μετά από έναν ισχυρό σεισμό.
- Οι κυλιόμενες σκάλες και διάδρομοι.
- Οι θέσεις που γεινιάζουν με χώρους φύλαξης επικίνδυνων ουσιών (θα πρέπει ούτως ή άλλως να υπάρχει κατάλληλη προειδοποίηση).

Εάν υπάρχει υπόγειος χώρος στις εγκαταστάσεις, αυτός αποτελεί σχετικώς ασφαλές καταφύγιο.

### 5.1.8 Μέτρα για τα άτομα με αναπηρίες

Ιδιαίτερα μέτρα κατά τον σχεδιασμό για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, πρέπει να ληφθούν για τα άτομα με αναπηρίες, που εργάζονται στη βιομηχανία ή καθ' οιονδήποτε τρόπο παρευρίσκονται σ' αυτήν κατά την στιγμή του σεισμού.

Τα ειδικά αυτά μέτρα πρέπει να λαμβάνονται τόσο κατά τον σχεδιασμό των οδεύσεων διαφυγής, όσο και κατά την κατάστροψη του σχεδίου εκκένωσης των χώρων μετά τον σεισμό, λαμβάνοντας υπόψη τις φυσικές μειονεξίες των ΑΜΕΑ.

Οι κτηριοδομικοί κανονισμοί πλέον, προβλέπουν την προσβασιμότητα των ΑΜΕΑ στους χώρους των κτηρίων. Η τήρηση των οδηγιών των κανονισμών όμως, αφορά κυρίως στα κτήρια δημόσιου ενδιαφέροντος και όχι στα ιδιωτικά. Επίσης, πολλές εγκαταστάσεις υφιστάμενες, που δεν έχουν εξαρχής σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη την παράμετρο αυτή, ίσως να μην μπορούν να υλοποιήσουν τις διατάξεις του κανονισμού. Σε άλλες περιπτώσεις η προσβασιμότητα των ΑΜΕΑ εξασφαλίζεται με ενεργητικά μηχανικά συστήματα (ειδικά αναβατόρια κ.λπ.), που λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια και στην περίπτωση του σεισμού, λόγω διακοπής του ρεύματος καθίστανται ανενεργά.

Γενικά, τα μέτρα προσβασιμότητας για τα άτομα με αναπηρίες πρέπει να είναι «παθητικά», να μην απαιτούν δηλαδή την παροχή ενέργειας για την χρήση τους, αλλά να αποτελούν στοιχεία της διαμόρφωσης των κτηρίων. Τέτοια μέτρα είναι η κατασκευή ραμπών στις υψομετρικές διαφορές μεταξύ επιπέδων, για την εξυπηρέτηση των ατόμων που κινούνται με αμαξίδια, η τοποθέτηση εξογκωμάτων στις πορείες που ακολουθούν τυφλοί κ.λπ. Αυτού του είδους παθητικά μέτρα έχουν μεγαλύτερη αξιοπιστία ως προς τη λειτουργία τους, αφού δεν εξαρτώνται από άλλους παράγοντες, ενώ είναι και πιο φιλικά στους χρήστες.

Υπάρχουν βέβαια και περιπτώσεις που η χρήση ενεργητικών συστημάτων είναι αναπόφευκτη.

Οι φυσικές μειονεξίες των ατόμων με αναπηρίες μπορεί να αφορούν:

1. Τυφλότητα ή σημαντικά μειωμένη όραση. Τα άτομα με μειωμένη όραση που εργάζονται στη βιομηχανία θα πρέπει να είναι εκ των προτέρων εξοικειωμένα με τους χώρους της και με τις διαδικασίες εκκένωσης που θα πρέπει να εκτελέσουν, μέσω της εκπαίδευσης και των ασκήσεων που πρέπει να προβλέπει το σχέδιο, για κάθε κατάσταση έκτακτης ανάγκης ξεχωριστά. Ο συναγερομός και οι οδηγίες για την διάσωση, όπως και κάθε σχετική ενημέρωση, θα πρέπει να γίνεται **και** με μεγάφωνα ή και ακουστικά, με εξασφαλισμένη λειτουργία σε περίπτωση διακοπής του ηλ. ρεύματος. Στις περιπτώσεις που αυτό μπορεί να γίνει, πρέπει από το σχέδιο να ορίζεται συνοδός αυτών των ατόμων κατά την διαφυγή. Καλόν θα είναι οι ηχητικές οδηγίες από τα μεγάφωνα να παρέχουν πληροφορίες ως προς τη θέση που βρίσκονται μέσα στο κτήριο (τώρα βρίσκεστε εδώ), και οι οδηγίες να δίνουν στοιχεία προσανατολισμού, π.χ. προχωρήστε ευθεία, στρίψτετε αριστερά κ.λπ.
2. Κωφότητα. Για τα άτομα που έχουν προβλήματα ακοής θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη ώστε οι οδηγίες για την εκκένωση του κτηρίου και την διάσωση, να δίνονται **και** με φωτεινή σήμανση, συνοδευόμενη με φως που αναβοσβήνει **και** με σχεδιαγράμματα, ενώ η ενδεικνυόμενη πορεία θα πρέπει να υποδεικνύεται με φωτεινά βέλη, τα οποία να ανάβουν διαδοχικά.
3. Κινητικά προβλήματα. Άτομα που κινούνται με δυσκολία και με χρήση μπαστουνιού ή δεκανίκια ή σε αναπηρικές πολυθρόνες, αντιμετωπίζουν ιδιαίτερες δυσχέρειες στο να εγκαταλείψουν το κτήριο. Για τα άτομα αυτά πρέπει να προβλεφθεί η δυνατότητα να ακολουθήσουν την πορεία διαφυγής, μόνα τους ή με την κατάλληλη βοήθεια, χωρίς προβλήματα. Θα πρέπει λοιπόν να έχουν προβλεφθεί ράμπες σε όλες τις μικρού ύψους αλλαγές στάθμης της διόδου διαφυγής, ώστε να μπορεί να κινηθεί ένα αναπηρικό αμαξίδιο. Εάν αυτό δεν είναι δυνατόν, κυρίως στα πολώροφα κτήρια, θα πρέπει τουλάχιστον να υπάρχει προσβασιμότητα στα αμαξίδια για την συγκεκριμένη στάθμη κάθε ορόφου, όπου και θα πρέπει να καθορίζεται ένας ασφαλής και προστατευμένος χώρος, που θα μπορούν τα άτομα με κινητικά προβλήματα να περιμένουν, έως ότου καταστεί δυνατόν να τους παρασχεθεί βοήθεια, ώστε να εγκαταλείψουν το κτήριο. Για την μεταφορά των ατόμων με κινητικά προβλήματα στην τελική έξοδο διαφυγής εκτός του κτηρίου στα πολώροφα κτήρια, θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα, σε καμπίνες με ειδική σήμανση, ειδικά καθίσματα διάσωσης που επιτρέπουν την μεταφορά στα κλιμακοστάσια. Πρέπει όμως να μην επιχειρείται η χρήση αυτών των σωστικών καθισμάτων από άτομα που δεν γνωρίζουν τη χρήση τους.
4. Μειωμένη διανοητικότητα. Τα άτομα με μειωμένη διανοητικότητα είναι πιθανό να δυσκολεύονται να ακολουθήσουν τις οδηγίες για την διάσωση. Πρέπει γι' αυτό οι οδηγίες να είναι σύντομες και σαφείς. Τέτοια άτομα επίσης, μπορεί να έχουν μειωμένη ικανότητα προσανατολισμού και να χρειάζονται βοήθεια προκειμένου να κατευθυνθούν στους σωστούς προορισμούς.

Θα πρέπει κατά την φάση κατάστροφης του σχεδίου εκκένωσης να γίνεται καταγραφή των ατόμων με αναπηρία, που εργάζονται στην επιχείρηση και το είδος της αναπηρίας τους. Ο προγραμματισμός ετοιμότητας για τους εργαζόμενους στη βιομηχανία, που παρουσιάζουν ειδικά προβλήματα, πρέπει να

είναι διαφορετικός από τον σχεδιασμό που απευθύνεται στους επισκέπτες ή τους συναλλασσόμενους με τη βιομηχανία. Συνήθως οι εργαζόμενοι στη βιομηχανία, που έχουν ειδικές ανάγκες, βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις. Έτσι, ακόμα και αν δεν έχει γίνει γενικότερος σχεδιασμός για άτομα με ειδικές ανάγκες (ΑΜΕΑ), θα μπορούν να σχεδιαστούν ορισμένα μέτρα για συγκεκριμένες περιπτώσεις, λειτουργίες και συγκεκριμένες διαδρομές. Ανάλογα με το είδος της βοήθειας που θα χρειαστούν κατά την εκκένωση, θα πρέπει να οριστεί συνοδός τους, ο οποίος και θα πρέπει να εκπαιδευτεί κατάλληλα για τις τεχνικές και διαδικασίες της βοήθειας που θα προσφέρει, π.χ. πώς θα μεταφέρει έναν ανάπηρο από το αμαξίδιο σε σωστικό κάθισμα, πώς θα χειριστεί το αμαξίδιο, πώς θα καθοδηγήσει ένα τυφλό κ.λπ. Βέβαια, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η περίπτωση, το συνοδό άτομο να έχει το ίδιο κάποιο πρόβλημα, πράγμα που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ως προς τη χρονική εξέλιξη της παροχής βοήθειας.

A



A. Τυπικό αναπηρικό αμαξίδιο

1. Βραχίονας στήριξης χεριού
2. Μηχανισμός πέδησης
3. Τροχός
4. Τροχός περιστρεφόμενος
5. Μαξιλάρι πλάτης και καθίσματος
6. Στήριγμα ποδιών

B. Σωστικό κάθισμα

B



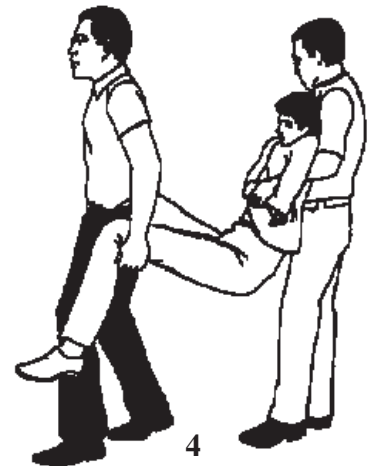
1



2



3



4

Στα σχήματα 1-4 φαίνεται ο τρόπος ασφαλούς μεταφοράς αναπήρου.

## 5.2 Οδεύσεις διαφυγής

### 5.2.1 Συνδυασμός εκτάκτων καταστάσεων

Μέχρι πριν λίγα χρόνια η έκτακτη κατάσταση που δημιουργεί ο σεισμός στη χώρα μας δεν συνοδευόταν και από πυρκαγιά (εκτός εξαιρέσεων). Τα τελευταία όμως χρόνια, λόγω της ευρείας διάδοσης της χρήσης του φυσικού αερίου, καθίσταται πρόδηλο, ότι και στη χώρα μας η πυρκαγιά θα είναι

σύνηθες επακόλουθο του σεισμού. Σε ξένες χώρες (π.χ. Καλιφόρνια των ΗΠΑ, Ιαπωνία) όπου η χρήση του φυσικού αερίου είναι πολύ διαδεδομένη, οι περισσότερες απώλειες μετά από σεισμούς οφείλονται σε πυρκαγιές που επακολούθησαν. Επομένως στις προβλέψεις για ετοιμότητα προστασίας έναντι σεισμού συμπεριλαμβάνονται και οι αντίστοιχες που ισχύουν για προστασία έναντι πυρκαγιάς. Ιδιαίτερα στους βιομηχανικούς χώρους ο κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς ως δευτερογενές επακόλουθο ενός σεισμού είναι ιδιαίτερα αυξημένος, λόγω του ότι στις βιομηχανίες υπάρχουν συχνά αποθηκευμένα ή σε χρήση υλικά εύφλεκτα ή εκρηκτικά, κάποτε σε μεγάλες ποσότητες και ο κίνδυνος πυρκαγιάς, που μπορεί να πάρει μεγάλη έκταση είναι ιδιαίτερος υπαρκτός. Οι ισχυρές δονήσεις μπορεί να προκαλέσουν ανατροπή καυστήρων, συσκευών ή μηχανημάτων που χρησιμοποιούν φωτιά ή άλλων συσκευών ή στοιχείων που μπορούν να προκαλέσουν ανάφλεξη υλικών. Ακόμη, οι ισχυρές δονήσεις μπορεί να μετακινήσουν αγωγούς καυσίμων ή αερίων, με αποτέλεσμα να αποσυνδεθούν και να διασκορπιστούν αναφλέξιμα ή εκρηκτικά υλικά. Ακόμα και μικρές φωτιές όταν βρίσκονται κοντά σε μεγάλες ποσότητες εύφλεκτων υλικών επεκτείνονται ταχύτατα και ανεξέλεγκτα. Ένας άλλος κίνδυνος πρόκλησης κατάστασης έκτακτης ανάγκης δευτερογενώς μετά από ένα ισχυρό σεισμό, είναι ο κίνδυνος διασκορπισμού επικίνδυνων τοξικών ουσιών στο περιβάλλον (βλ. κεφάλαιο περί βιομηχανιών που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά). Για τις περιπτώσεις αυτές πρόσθετα μέτρα πρέπει να λαμβάνονται, για τον άμεσο αποκλεισμό της επέκτασης της διάχυσης των επικίνδυνων ουσιών, ενώ θα πρέπει κατά μήκος των οδεύσεων διαφυγής να παρέχονται σε ειδικές θέσεις τα κατάλληλα μέτρα αυτοπροστασίας (αντιασφυξιογόνες προσωπίδες ή ειδικές στολές), ανάλογα και με το είδος της επικίνδυνης ουσίας.

### 5.2.2 Σκοπός των οδεύσεων διαφυγής

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστεί ο σχεδιασμός μιας κατάλληλης όδευσης διαφυγής, που σκοπό έχει να εξασφαλίζει την έγκαιρη και ασφαλή διαφυγή των ατόμων που βρίσκονται μέσα στο κτήριο κατά την εκδήλωση του σεισμού ή και άλλης κατάστασης έκτακτης ανάγκης.

Αντιλαμβάνεται κανείς, ότι η όδευση διαφυγής θα πρέπει να επιτελεί τον σκοπό της τόσο κατά την διάρκεια, όσο και μετά τον σεισμό. Με άλλα λόγια, όποια ζημιά και αν έχει πάθει το κτήριο από τον σεισμό, η όδευση διαφυγής θα πρέπει να λειτουργεί, έστω και με κάποιες αβαρίες, αλλά σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται να εμποδιστεί και να ματαιωθεί έτσι η λειτουργία της.

Η εμπειρία από πρόσφατους σεισμούς έχει δείξει, ότι χωρίς καθορισμένο σχέδιο εκκένωσης και με ελλιπή ενημέρωση του κοινού που χρησιμοποιεί την εγκατάσταση, σχετικά με τις πορείες διαφυγής και τις αντίστοιχες εξόδους εκκένωσης που οδηγούν σε χώρους καταφυγής-προστασίας, δημιουργούνται ανεξέλεγκτες καταστάσεις σύγχυσης και πανικού και μεγάλες καθυστερήσεις στην απόκριση του κοινού, με καταστροφικές πολλές φορές συνέπειες.

Είναι λοιπόν απαραίτητος ο εκ των προτέρων και εις ανύποπτο χρόνο καθορισμός των οδεύσεων διαφυγής και των χώρων καταφυγής, που πρέπει να γίνονται γνωστές στους ενοίκους και τους λοιπούς χρήστες του κτηρίου, στα πλαίσια ενός γενικότερου σχεδίου έκτακτης ανάγκης και με την εκτέλεση προληπτικών ασκήσεων ετοιμότητας. Ανάλογα με ποσοστό των περιστασιακών χρηστών ή επισκεπτών σε σχέση με τους μόνιμους, θα πρέπει να γίνεται και η τοποθέτηση ενημερωτικών πινακίδων. Π.χ., στην κατοικία μας δεν χρειαζόμαστε πινακίδες και εκπαίδευση των ενοίκων.

Η όδευση διαφυγής θα πρέπει πάντοτε να ελέγχεται σε όλα τα σημεία της, αν διατηρείται σε άριστη κατάσταση ετοιμότητας και το προσωπικό να είναι εκπαιδευμένο στην εκτέλεση του σχεδίου εκ-



κένωσης, ώστε όταν συμβεί ο σεισμός, που πάντοτε είναι ένα απρόοπτο γεγονός, να είναι εξασφαλισμένη η χωρίς προβλήματα διαφυγή.

Κατά τον σχεδιασμό των οδεύσεων διαφυγής σε περίπτωση σεισμού, λαμβάνονται όλες οι μέριμνες που ισχύουν για τις περιπτώσεις πυρκαγιάς ή άλλων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, παράλληλα όμως λαμβάνονται και πρόσθετα μέτρα αναγκαία για την προστασία των οδεύσεων από τις άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις του σεισμού.

### 5.2.3 Ορισμοί, αρχές και προβληματισμοί

**Όδευση διαφυγής** των ατόμων σε περίπτωση κινδύνου είναι μία συνεχής και χωρίς εμπόδια πορεία μέσα από μία σειρά χώρων που παραμένουν ασφαλείς για την χρονική διάρκεια που απαιτείται, ώστε τα άτομα να μπορούν να διαφύγουν με τις δικές τους δυνάμεις από το κτήριο προς ένα ασφαλή, υπαίθριο συνήθως χώρο, προστατευμένο έναντι πτώσης αντικειμένων ή έναντι εγκλωβισμού.

**Χρόνος διαφυγής.** Είναι ο χρόνος που απαιτείται για να απομακρυνθούν τα άτομα από το σημείο που βρίσκονται μέσα στο κτήριο προς την έξοδο διαφυγής σε ασφαλή χώρο. Τα άτομα διαφεύγουν με διαφορετική ταχύτητα ανάλογα με την ηλικία και τη φυσική τους κατάσταση. Η μέση ταχύτητα κίνησης για υγιή άτομα εκτιμάται σε 60-80 μέτρα ανά λεπτό. Προβλήματα παρουσιάζονται όταν πρόκειται για άτομα ηλικιωμένα, παιδιά ή άτομα με ειδικές ανάγκες, που χρειάζονται ξένη βοήθεια προκειμένου να διαφύγουν. Γι' αυτό, και για άλλους λόγους, το πλάτος των οδεύσεων διαφυγής πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να μην προκληθεί συνωστισμός, έστω και αν υπάρχουν βραδυπορούντα άτομα. Κατά τον σχεδιασμό των οδεύσεων διαφυγής καλό είναι να λαμβάνεται υπόψη το πιθανό ποσοστό τέτοιων ατόμων και να λαμβάνεται ειδική μέριμνα κατά την διαμόρφωση του σχεδίου εκκένωσης του κτηρίου, όπως π.χ. ο ορισμός συνοδού από το σχέδιο για τέτοια άτομα, πρόβλεψη ράμπας όπου υπάρχει αλλαγή στο επίπεδο κ.λπ.

**Χρόνος αντίδρασης.** Είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της αντίληψης του κινδύνου από τα άτομα ή του σήματος συναγερμού και της έναρξης της διαδικασίας διαφυγής. Σε ένα κτήριο ή εγκατάσταση, που ένα μόνιμο και καλά οργανωμένο και εκπαιδευμένο προσωπικό ακολουθεί ένα προκαθορισμένο και γνωστό σε όλους σχέδιο δράσης, ο χρόνος αντίδρασης είναι σημαντικά μικρότερος σε σύγκριση με ένα κτήριο, στο οποίο τα άτομα δεν είναι εξοικειωμένα με τους χώρους του.

**Εξοικείωση με το κτήριο-εγκατάσταση.** Αν οι χρήστες ενός κτηρίου-εγκατάστασης και των χώρων του είναι εξοικειωμένοι με αυτούς τότε είναι φυσικό να αντιμετωπίσουν λιγότερες δυσκολίες στην διαφυγή. Σε ένα άγνωστο κτήριο, τα άτομα τείνουν από ένστικτο να διαφύγουν ακολουθώντας την διαδρομή με την οποία έχουν εισέλθει στο κτήριο και είναι δύσκολο να πεισθούν να ακολουθήσουν άλλη προσχεδιασμένη όδευση διαφυγής. Οι επισκέπτες των εγκαταστάσεων μιας βιομηχανίας είναι λιγότερο εξοικειωμένοι με τους χώρους απ' ό,τι το μόνιμο προσωπικό. Για τον λόγο αυτό καλόν είναι, οι κανονικές διαδρομές εισόδου να σχεδιάζονται ως οι κύριες οδεύσεις διαφυγής. Άλλες διαδρομές που προορίζονται να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε περιπτώσεις κινδύνου, πρέπει να συνοδεύονται από επιτελέστερη και πιο εμφανή και επεξηγηματική σήμανση.

**Όδευση διαφυγής ατόμων με περιορισμένες κινητικές ικανότητες.** Τα άτομα με περιορισμένες κινητικές ικανότητες, που είτε κινούνται με τη χρήση αναπηρικών αμαξιδίων είτε με βοηθητικά μέσα (μπαστούνια, δεκανίκια ειδικά Π κ.λπ.), αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα στο να ακολουθήσουν την όδευση, όταν αυτή περιλαμβάνει τμήματα με υψομετρική διαφορά.

- Θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια στον σχεδιασμό της όδευσης διαφυγής ενός επιπέδου (ορό-

φου), ώστε αν υπάρχουν διαφορές ύψους μεγαλύτερες των 10 – 15 cm αυτές να επικοινωνούν με ράμπα και όχι με σκαλοπάτι. Στην περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατόν, θα πρέπει εκτός του σκαλοπατιού ή των σκαλοπατιών να προβλέπεται **και** ράμπα με το απαιτούμενο πλάτος και με κλίση το πολύ 10%.

- Στα πλατύσκαλα των κλιμακοστασίων της όδευσης θα πρέπει να προβλέπεται χώρος ικανού μεγέθους για την παραμονή αναπηρικού αμαξιδίου και του συνοδού, μέχρις ότου γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες για την μεταφορά του στην υποκείμενη ή υπερκείμενη στάθμη ορόφου (μεταφορά του σε ειδικό διασωστικό κάθισμα, χειρωνακτική μεταφορά ή άλλο τρόπο), ώστε να μην παρεμποδίζεται η διαφυγή των υπολοίπων ατόμων. Επίσης, σε κάθε επίπεδο ορόφου, ειδικά όταν έχει μεγάλη έκταση και ανάλογα με το δυναμικό του σε άτομα, να προβλέπεται χώρος ασφαλής σεισμικά και πυροπροστατεμένος, όπου άτομα με αναπηρίες θα μπορούν να παραμένουν σε αναμονή βοήθειας.
- Στις περιπτώσεις πολυώροφων κτηρίων (με περισσότερους των τεσσάρων-πέντε ορόφους), ειδικά όταν έχουν πολυπληθές δυναμικό ατόμων (π.χ. σε κτήρια διοίκησης μιας μεγάλης επιχείρησης) καλόν είναι να υπάρχει ανελκυστήρας εκκένωσης. Ο ανελκυστήρας αυτός θα πρέπει να κατασκευάζεται, ώστε να έχει άμεση επικοινωνία με τα επίπεδα ορόφων του κτηρίου, να βρίσκεται όμως εκτός της περιμέτρου του κτηρίου. Θα χαρακτηρίζεται ως **ανελκυστήρας διάσωσης** και θα επιτρέπεται η χρήση του μόνον σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, και μόνον υπό την επίβλεψη ειδικού προσωπικού. Θα πρέπει να κατασκευάζεται με ειδικές προδιαγραφές ως προς την αντισεισμική του προστασία και θα πρέπει να είναι τοποθετημένος με τρόπο τέτοιο που να μην επηρεάζεται –αλλά και να μην επηρεάζει– από την σεισμική συμπεριφορά του κτηρίου. Η ύπαρξη ενός τέτοιου ανελκυστήρα διάσωσης, μπορεί να είναι πολύτιμη για την γρήγορη προσέγγιση των σωστικών ομάδων και για μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να επιβάλλεται. Βέβαια, θα πρέπει να κατασκευάζεται κατόπιν ειδικής μελέτης, που θα διαφέρει της συνήθους μελέτης για τους ανελκυστήρες.

**Πολυπλοκότητα της όδευσης διαφυγής.** Οι όσο το δυνατόν απλές και σύντομες διαδρομές παρέχουν περισσότερες πιθανότητες επιτυχημένης διαφυγής, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ως βασικός παράγων κατά τον σχεδιασμό των οδεύσεων.

Γενικά, έρευνες που έχουν διεξαχθεί μετά από καταστροφικά γεγονότα με ανθρώπινα θύματα, έχουν δείξει, ότι βασικοί αρνητικοί παράγοντες υπήρξαν οι καθυστερήσεις στην εκκένωση των κτηρίων, που οφείλονταν στην έλλειψη προγραμματισμού, η έλλειψη κλιμάκων κινδύνου ή η μη χρήση όσων υπήρχαν, γιατί τα άτομα δεν είχαν συνειδητοποιήσει την θέση τους, το κλείδωμα ή μπλοκάρισμα των εξόδων διαφυγής, η σύγκριση των ατόμων καθώς αναζητούσαν τους δικούς τους, η καθυστερημένη αντίδραση των ατόμων και η μη εξοικείωσή τους με τους χώρους του κτηρίου όπου βρισκόνταν όταν συνέβη το γεγονός.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί το γεγονός που προκάλεσε τον τραγικό θάνατο 42 ατόμων κατά τον σεισμό της Θεσσαλονίκης του 1978. Στην πολυκατοικία της οδού Ιπποδρομίου, οι ένοικοι κατέβηκαν μόλις αντιλήφθηκαν τον σεισμό από το κλιμακοστάσιο στην είσοδο. Όμως, το μεταλλικό θυρόφυλλο είχε ήδη σφηνώσει στην κάσα του, λόγω της παραμόρφωσης του ισογείου από τον σεισμό, με αποτέλεσμα να μην καταφέρουν να διαφύγουν. Για το λόγο αυτό προτείνεται οι θύρες που εξυπηρετούν οδεύσεις διαφυγής και οπωσδήποτε οι θύρες των κυρίων εξόδων προς το ύπαιθρο, να είναι κατασκευασμένες όπως οι πόρτες των ψυγείων, να ανοίγουν δηλαδή εκτός του πλαισίου τους και πάντοτε προς την κατεύθυνση της διαφυγής.

Το θέμα των κυρίων εξόδων διαφυγής και των κλιμακοστασίων θα πρέπει να απασχολήσει την σχετική νομοθεσία.

Σήμερα στη χώρα μας, από την υφιστάμενη νομοθεσία περί πυροπροστασίας που διέπει τις οδεύσεις διαφυγής, ως κύρια έξοδος κινδύνου καθορίζεται αυτή που οδηγεί προς την έξοδο του κτηρίου στο ισόγειο. Θα πρέπει να συμπληρωθεί ή να βελτιωθεί η ισχύουσα νομοθεσία, ώστε να συμπεριλάβει στις υποχρεωτικές εξόδους διαφυγής και τις εξόδους προς τον ακάλυπτο χώρο των κτηρίων και το δώμα. Ιδιαίτερα όσον αφορά στο δώμα, σήμερα, οι εξοδοί αυτές τις περισσότερες φορές, είτε είναι κλειδωμένες για λόγους ασφάλειας (από κλοπές) είτε ανήκουν σε ατομικές ιδιοκτησίες είτε είναι κατειλημμένες από διάφορα υλικά, καθώς ο χώρος της απόληξης του κλιμακοστασίου συχνά χρησιμοποιείται ως ένα είδος αποθήκης.

**Παροχή.** Παροχή της όδευσης διαφυγής είναι ο αριθμός ατόμων που είναι δυνατόν να διαφεύγει έγκαιρα, σε περίπτωση κινδύνου, χρησιμοποιώντας αυτή την όδευση. Η παροχή της όδευσης διαφυγής καθορίζεται σε συσχετισμό με τη χρήση του κτηρίου και το είδος του δαπέδου της, αν είναι οριζόντιο ή ράμπα ή κλιμακοστάσιο. Στις ειδικές διατάξεις του κανονισμού για κάθε χρήση δίνονται ποσοτικά δεδομένα της παροχής ανά μονάδα πλάτους της όδευσης.

Ειδικότερα για πολυώροφα κτήρια, από τον κανονισμό πυροπροστασίας που διέπει τις οδεύσεις διαφυγής καθορίζονται:

Εκεί που οι οδεύσεις διαφυγής εξυπηρετούν περισσότερους από έναν ορόφους, εκκενούμενους προς την ίδια κατεύθυνση, η παροχή της όδευσης διαφυγής θα κρίνεται για την επάρκειά της για κάθε ένα από τους εξυπηρετούμενους ορόφους, με την προϋπόθεση ότι η παροχή δεν θα μειώνεται πουθενά κατά την πορεία της όδευσης. Η παροχή δηλαδή θα είναι τουλάχιστον ίση με την παροχή που προκύπτει από τον πιο επιβαρυσμένο όροφο. Η αρχή αυτή μπορεί να είναι επαρκής για την περίπτωση πυρκαγιάς, όπου πράγματι αυτή δεν εκδηλώνεται σε όλους τους ορόφους ταυτόχρονα. Στην περίπτωση του σεισμού όμως η εκκένωση θα πρέπει να μπορεί να πραγματοποιείται ταυτόχρονα από όλους τους ορόφους. Και σ' αυτήν όμως την περίπτωση, η άφιξη στο κεντρικό κλιμακοστάσιο –κεντρική έξοδο διαφυγής– δεν θα γίνει ταυτόχρονα.

Θα πρέπει λοιπόν να ισχύει:

$$A = A_m \times n^{0.6} \text{ όπου:}$$

A το πλάτος του τελικού αποδέκτη,

$A_m$  η μέση τιμή του πλάτους των επί μέρους αποδεκτών

n ο αριθμός των εξυπηρετούμενων αποδεκτών

$$\text{Π.χ. Για } n = 2 \text{ (διώροφο κτήριο)} \quad A = A_m \times 2^{0.6} = A_m \times 1.52$$

$$\text{Για } n = 3 \text{ (τριώροφο κτήριο)} \quad A = A_m \times 3^{0.6} = A_m \times 1.93$$

$$\text{Για } n = 4 \text{ (τετραώροφο κτήριο)} \quad A = A_m \times 4^{0.6} = A_m \times 2.3$$

Εφόσον έχουμε μια μεγάλη επιφάνεια σε έναν όροφο, που εξυπηρετείται από πολλές επί μέρους οδεύσεις διαφυγής οι οποίες καταλήγουν στην κεντρική όδευση διαφυγής, τότε η κεντρική όδευση διαφυγής θα πρέπει να έχει παροχή ίση προς το άθροισμα των επιμέρους.

Όταν οδεύσεις διαφυγής από υπερκείμενους και υποκείμενους ορόφους συμβάλλουν σε ένα ενδιάμεσο όροφο, η παροχή της όδευσης διαφυγής από το σημείο συμβολής προς την κατεύθυνση της

όδευσης θα είναι τουλάχιστον ίση με το άθροισμα των παροχών των οδεύσεων που συμβάλλουν.

### **Πλάτος και μονάδα πλάτους**

Πλάτος της όδευσης διαφυγής είναι το ελεύθερο πλάτος στο στενότερο σημείο της. Το απαιτούμενο πλάτος της όδευσης διαφυγής για όλα τα στάδια, προσδιορίζεται ανάλογα με τον αριθμό των εξυπηρετούμενων ατόμων και την χρήση του κτηρίου και εκφράζεται σε ακέραιες μονάδες πλάτους. Η μονάδα πλάτους της όδευσης ορίζεται από τον κανονισμό πυροπροστασίας σε 0.60 m. Όταν απαιτείται από τον υπολογισμό, προστίθεται μισή μονάδα πλάτους (0.30 m). Το ελάχιστο πλάτος όδευσης δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερο των 0.70 m.

Τα τοιχώματα που διαχωρίζουν την όδευση διαφυγής από το υπόλοιπο κτήριο, πρέπει να είναι ενισχυμένα έναντι του σεισμού και πυρασφαλή.

### **Ελεύθερο ύψος**

Το ελεύθερο ύψος των χώρων από όπου διέρχεται η όδευση διαφυγής δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερο από 2.20 m. Στις σκάλες, δοκούς, ανώφλια θυρών επιτρέπεται να είναι τουλάχιστον 2.00 m.

## **5.2.4 Στάδια της όδευσης διαφυγής**

Η διαφυγή των ατόμων σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης πραγματοποιείται σε τρία στάδια:

- **Πρώτο στάδιο:** απροστάτευτη όδευση διαφυγής.

Το πρώτο στάδιο της όδευσης διαφυγής ονομάζεται απροστάτευτη όδευση διαφυγής και αφορά στην πορεία από ένα τυχόν σημείο του κτηρίου (ή των εγκαταστάσεων της βιομηχανίας) μέχρι έναν χώρο ασφαλή ή σχετικά ασφαλή, που μπορεί να είναι:

1. μία τελική έξοδος προς υπαίθριο χώρο (ως υπαίθριος χώρος νοείται και το δώμα)
2. μια έξοδος κινδύνου ορόφου προς μια προστατευμένη όδευση διαφυγής
3. μία οριζόντια έξοδος.

- **Δεύτερο στάδιο:** προστατευμένη όδευση διαφυγής.

Είναι η διαφυγή δια μέσου μιας απροστάτευτης όδευσης διαφυγής σε προστατευμένους δομημένους ή υπαίθριους χώρους, που διαχωρίζονται από το κτήριο με κατάλληλα δομικά στοιχεία, υλικά και διάταξη, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής πορεία προς μια εκβολή διαφυγής ή άμεσα προς εξωτερική οδό ή χώρο εκτόνωσης.

- **Τρίτο στάδιο:** εκβολή διαφυγής.

Αποτελεί την οριζόντια όδευση προς την τελική έξοδο και την εκκένωση των ενοίκων σε χώρο απόλυτα ασφαλή, κοινόχρηστο δρόμο ή υπαίθρο. Είναι η συνέχεια των προστατευμένων οδεύσεων διαφυγής από τους υπέργειους ή υπόγειους ορόφους προς το εξωτερικό του κτηρίου και από εκεί, αν απαιτείται, σε περιοχή ελεύθερη και ασφαλή.

Η όδευση του τρίτου σταδίου μέσα στο κτήριο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο σύντομη, ευθεία και προστατευμένη.

Σε περίπτωση που προβλέπεται προθάλαμος (lobby), πρέπει και αυτός να είναι πλήρως προστατευμένος.



Η τελική έξοδος ή οι τελικές εξοδοί πρέπει να τοποθετούνται κατάλληλα στην κάτοψη του κτηρίου, έτσι ώστε να είναι σαφής η κατεύθυνση διαφυγής προς το ύπαιθρο.

Το τμήμα της οδευσης του τρίτου σταδίου που βρίσκεται έξω από το κτήριο, πρέπει να οδηγεί με ασφάλεια μακριά από αυτό και να προστατεύεται από την ακτινοβολία, τον καπνό και τις φλόγες στην περίπτωση πυρκαγιάς, και τα πύρροντα υλικά στην περίπτωση σεισμού.

**Γενικά σε μία οδευση διαφυγής η διακινδύνευση θα πρέπει να μειώνεται, όσο πλησιάζουμε προς το τέρμα της, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται ταχύτητά της και η παροχή της σε διαφεύγοντα άτομα.**

Σε μικρά κτήρια ή εγκαταστάσεις τα τρία αυτά στάδια, μπορεί να συγχωνεύονται. Σε πιο πολύπλοκα κτήρια η διαφυγή πιθανόν να απαιτείται να γίνει έμμεσα, οπότε το δεύτερο στάδιο σημαίνει παραμονή των ατόμων για κάποιο χρονικό διάστημα σε προστατευμένο τμήμα του ορόφου όπου βρίσκονται, όπως π.χ. ένα πυροπροστατευμένο χώρο αν πρόκειται για πυρκαγιά. Στα κτήρια με πολλούς ορόφους ή πολύπλοκη και μεγάλης έκτασης κάτοψη, μπορεί να μην είναι εφικτό ή επιθυμητό να εκκενωθούν συνολικά, οπότε ο σχεδιασμός πρέπει να προβλέπει την εκκένωση κατά φάσεις ή κατά τμήματα της εγκατάστασης. Η εκκένωση κατά φάσεις προϋποθέτει, ότι τα άτομα που κινδυνεύουν περισσότερο διαφεύγουν πρώτα, ενώ τα άλλα παραμένουν σε ετοιμότητα σε ένα προστατευμένο χώρο, μέχρι να φθάσει εξωτερική βοήθεια. Στην περίπτωση αυτή η επιτυχία της εκκένωσης εξαρτάται από τον σωστό συνδυασμό των οδεύσεων διαφυγής, του αντισεισμικού σχεδιασμού του κτηρίου, της παθητικής και ενεργητικής πυροπροστασίας στην περίπτωση που λόγω του σεισμού έχει εκδηλωθεί φωτιά, καθώς και της εξωτερικής βοήθειας επείγουσας ανάγκης.

### 5.2.5 Σχεδιασμός της οδευσης διαφυγής

Βασικά χαρακτηριστικά μιας οδευσης διαφυγής πρέπει να είναι η απλότητα, η εύκολη αναγνώρισή της και η εύκολη χρήση των στοιχείων της.

Η οδευση διαφυγής πρέπει να αποτελεί ένα ιδιαίτερα προστατευμένο τμήμα του κτηρίου λόγω της κρισιμότητας του ρόλου της για την ταχεία και ασφαλή εκκένωση και διαφυγή και να καλύπτει οποσδήποτε ορισμένες προδιαγραφές ασφάλειας, όπως είναι οι παρακάτω.

- Η διάταξη μιας οδευσης διαφυγής πρέπει να είναι η απλούστερη δυνατή και συντομότερη, ενώ συγχρόνως να είναι προσιτή από όλα τα σημεία του κτηρίου.
- Οι οδεύσεις διαφυγής δεν πρέπει να περνούν κοντά σε τμήματα του κτηρίου, που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό κινδύνου. Τέτοια τμήματα είναι περιοχές ή χώροι όπου παράγονται ή χρησιμοποιούνται ή αποθηκεύονται ιδιαίτερα εύφλεκτα και εκρηκτικά ή τοξικά υλικά, υγρά ή εμπορεύματα. Π.χ. δεν πρέπει μια διάδοος διαφυγής να περνάει κάτω από σωλήνες αποχέτευσης λυμάτων ή καυστικών υγρών, ιδιαίτερα όταν αυτοί είναι παλαιού τύπου (με συνδέσεις μορφής Ψ) ή βρίσκονται πλησίον των αρμών διαστολής του κτηρίου.
- Η οδευση διαφυγής δεν θα περιλαμβάνει σε κανένα τμήμα της μέρη ή στοιχεία του κτηρίου που η λειτουργία τους μετά από σεισμό δεν είναι εξασφαλισμένη ή η διέλευση και χρησιμοποίησή τους καθίσταται επικίνδυνη ή απαγορεύεται, όπως ανελκυστήρες, κυλιόμενες σκάλες, πρόβολοι του κτηρίου κ.α.
- Καθ' όλο το μήκος μιας οδευσης διαφυγής δεν πρέπει να υπάρχουν κινητά αντικείμενα ή όσα είναι εντελώς απαραίτητα να είναι εξασφαλισμένα, ώστε να μη μετακινηθούν επικίνδυνα σε πε-

ρίπτωση σεισμού και περιορίσουν την υπολογισθείσα στον σχεδιασμό ικανότητα παροχής της όδευσης διαφυγής. Αν αυτό συμβεί, είναι δυνατόν να αποκλειστεί ή περιοριστεί η διέλευση και να προκληθούν ατυχήματα, όχι μόνο λόγω της μη διαφυγής, αλλά και λόγω του πανικού και του ενδεχόμενου ποδοπατήματος και συνώθησης των κινουμένων προς την έξοδο πάνω σ' αυτούς που έχουν ήδη –λόγω των εμποδίων– ακινητοποιηθεί.

- Επιβάλλεται να υπάρχει κατάλληλη σήμανση κατά μήκος της όδευσης διαφυγής, που θα επισημαίνει και την φορά διαφυγής. Σύμφωνα με την φορά αυτή θα πρέπει να ανοίγουν όλες οι ενδιάμεσες πόρτες που εντάσσονται στην πορεία της. Επίσης, θα πρέπει να υπάρχει **και** φωτεινή σήμανση, όπως περιγράφεται παρακάτω.
- Σε μία όδευση διαφυγής θα πρέπει να υπάρχει **υλοποιημένη συνέχεια** σε όλο το μήκος της. Δηλαδή η πρόβλεψη σε επίπεδο σχεδιασμού και η υλοποίηση των στοιχείων της όδευσης (κουπάστες, συνεχής σήμανση κ.α.) ώστε να οδηγούν από οποιοδήποτε σημείο της προς την εκβολή διαφυγής, χωρίς οξείες γωνίες ή κυκλικές διαδρομές (π.χ. ένας κυκλικός διάδρομος γύρω από ένα εσωτερικό αίθριο ή ένα σφαιρικό θόλο προκαλεί σύγχυση) και χωρίς κατασκευαστικές ασυνέχειες, αδιέξοδα ή διατάξεις που μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση ή αμφιβολία για την πορεία διαφυγής (π.χ. να δίνουν την εντύπωση ότι γυρίζει προς τα πίσω).
- Σε κάθε περίπτωση πάντως, η εξασφαλισμένη λειτουργία μιας όδευσης διαφυγής απαιτεί συνεχή έλεγχο για την τήρηση των συστάσεων και προδιαγραφών του κανονισμού στην κατεύθυνση της ασφάλειας.

### 5.2.6 Λειτουργικά και κατασκευαστικά στοιχεία των οδύσεων διαφυγής

Διακεκριμένα τμήματα των οδύσεων διαφυγής μπορεί να αποτελούν τα παρακάτω τμήματα ενός κτηρίου: προσβάσεις, διάδρομοι, κλιμακοστάσια, ράμπες, εξοδοί, θύρες, εκβολή.

Για κάθε ένα από αυτά περιγράφονται παρακάτω περιορισμοί και προδιαγραφές.

#### Ανοίγματα

Τα ανοίγματα της όδευσης διαφυγής προς το υπόλοιπο κτήριο πρέπει να περιορίζονται στα απολύτως απαραίτητα.

#### Θύρες οδύσεων διαφυγής

Κάθε θύρα που μπορεί να χρησιμεύσει ως έξοδος μιας όδευσης διαφυγής χαρακτηρίζεται θύρα όδευσης διαφυγής και πρέπει να είναι σχεδιασμένη και κατασκευασμένη έτσι ώστε να είναι εμφανής και άμεσα ορατή και να κατασκευάζεται έτσι ώστε η πορεία διαφυγής να είναι προφανής ανεμπόδιση και άμεσα πραγματοποιήσιμη. Παράθυρα που εξαιτίας της διαμόρφωσής τους θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως θύρες εξόδου προκαλώντας σύγχυση, πρέπει να εφοδιάζονται με στηθαία και κιγκλιδώματα, ώστε να μην είναι προσπελάσιμα.

Ότι αφορά το άνοιγμα, την κάσσα, το θυρόφυλλο και τον εξοπλισμό της θύρας πρέπει να εκπληρώνει γενικές και ειδικές απαιτήσεις:

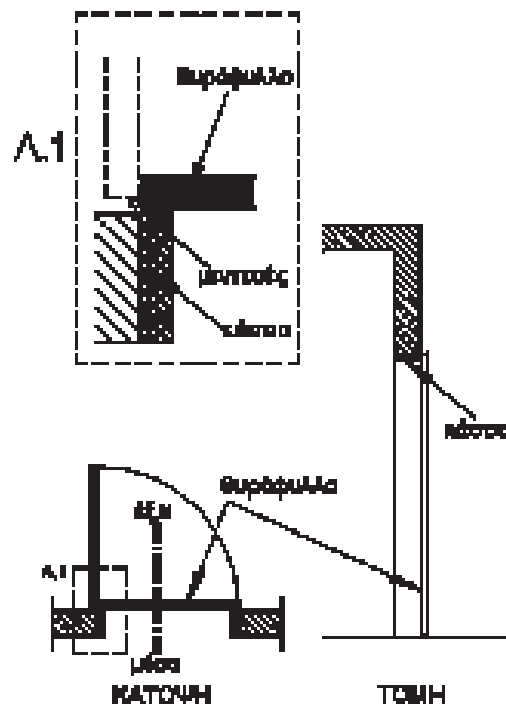
#### Ελάχιστες διαστάσεις:

- Σε κάθε άνοιγμα θύρας από όπου περνά όδευση διαφυγής, πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένα θυρόφυλλο με πλάτος ίσο ή μεγαλύτερο από 0.70 m.

- Κανένα θυρόφυλλο σε θύρα διαφυγής δεν επιτρέπεται να έχει πλάτος μεγαλύτερο από 1.20 m.
- Το δάπεδο και από τις δύο πλευρές κάθε θύρας να βρίσκεται στην ίδια στάθμη, σε μήκος τουλάχιστον ίσο με το πλάτος του μεγαλύτερου θυρόφυλλου. Κατ' εξαίρεση, όταν η θύρα οδηγεί προς το ύπαιθρο ή προς εκβολή διαφυγής και ανοίγει προς το εσωτερικό του κτηρίου, η στάθμη του δαπέδου έξω από την θύρα επιτρέπεται να βρίσκεται μέχρι 0.20 m χαμηλότερα.

#### Φορά και τρόπος ανοίγματος

- Κάθε θύρα που χρησιμοποιείται σε μια έξοδο, πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένη και τοποθετημένη, ώστε όταν ωθείται από την πλευρά που πραγματοποιείται η διαφυγή, να ανοίγει προς την κατεύθυνση της οδεύσεως παρέχοντας αμέσως το πλήρες πλάτος του ανοίγματός της. Κατά την διάρκεια ενός σεισμού, η κάσσα της θύρας μπορεί να παραμορφωθεί και το θυρόφυλλο να φρακάρει και να μην μπορεί να ανοίξει. Ειδικώς για τις θύρες που είναι θύρες διαφυγής θα πρέπει να προβλέπεται ειδική κατασκευή, ώστε το φύλλο της θύρας να ανοίγει εξωτερικά της κάσσας και όχι μέσα σ' αυτήν όπως π.χ. ανοίγουν οι πόρτες των ψυγείων, όπως φαίνεται στο σχήμα.



**Σχήμα 1.** Θύρα ασφαλείας έναντι φρακαρίσματος. Η θύρα ανοίγει εκτός της κάσσας, όπως η πόρτα του ψυγείου.

- Θύρες που παρέχουν πρόσβαση σε κλιμακοστάσιο πρέπει να ανοίγουν κατά την φορά της διαφυγής. Κατά την περιστροφή τους δεν πρέπει να φράσσουν σκάλες ή πλατύσκαλα, ούτε όταν είναι ανοικτές να μειώνουν την πλήρη χωρητικότητα της σκάλας.
- Η δύναμη ωθήσεως που απαιτείται να εφαρμοστεί στην χειρολαβή για να ανοίξει πλήρως η θύρα δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει τα 25 kp.

### Εξοπλισμός θυρών

- Κάθε θύρα διαφυγής πρέπει να έχει κατάλληλο εξοπλισμό, ώστε να μπορεί να ανοίγει αμέσως από την πλευρά που πραγματοποιείται η διαφυγή, σε κάθε χρονικό διάστημα που στο κτήριο βρίσκονται άνθρωποι. Αν υπάρχουν κλειδαριές, να είναι τέτοιου τύπου, που να μην απαιτείται η χρήση κλειδιού για να ανοίξουν από την πλευρά που πραγματοποιείται η διαφυγή.
- Οι σύρτες ή άλλα μέσα ασφαλίσεως της θύρας πρέπει να έχουν χειρολαβές, των οποίων η ανεύρεση και ο χειρισμός γίνεται εύκολα ακόμη και μέσα στο σκοτάδι.

### Εξοπλισμός θυρών για συνθήκες πανικού

- Σε περιπτώσεις που από τις διατάξεις των κανονισμών απαιτείται μια θύρα διαφυγής να είναι εφοδιασμένη με εξοπλισμό για συνθήκες πανικού, πρέπει ο εξοπλισμός αυτός να είναι ικανός να ελευθερώσει την θύρα με εφαρμογή στην ειδική χειρολαβή δύναμης όχι μεγαλύτερης των 7kp. Η ειδική αυτή χειρολαβή πρέπει να έχει μορφή ράβδου ή πλάκας και το ενεργό τμήμα της να εκτείνεται τουλάχιστον στο μισό πλάτος του φύλλου της θύρας και να βρίσκεται σε ύψος μεταξύ 0.75 m και 1.10 m από το δάπεδο.
- Πρέπει να υπάρχει προστασία από ενδεχόμενο σπάσιμο των τζαμιών της πόρτας στην περίπτωση που αυτή έχει και γυάλινα τμήματα. Το σπάσιμο μπορεί να προέλθει είτε από τον πανικό είτε από την παραμόρφωση των πλαισίων λόγω του σεισμού, είτε τέλος από πρόσκρουση **πιπτόντων** υλικών. Είναι καλύτερα οι θύρες αυτές να μη έχουν γυάλινα τμήματα ή αν έχουν να είναι από ειδικά ενισχυμένα κρύσταλλα.
- Απαγορεύεται επίσης η τοποθέτηση οποιουδήποτε εξαρτήματος που είναι δυνατόν να εμποδίσει τη λειτουργία θύρας που φέρει εξοπλισμό για συνθήκες πανικού.

### Μηχανισμοί για κλείσιμο

- Κάθε θύρα διαφυγής που έχει προβλεφθεί να παραμένει κλειστή σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας του κτηρίου, όπως π.χ. θύρες σε περίβλημα κλιμακοστασίου ή σε οριζόντια έξοδο, πρέπει να είναι **αυτοκλειόμενη** και δεν επιτρέπεται ποτέ να στερεώνεται στην ανοικτή θέση. **Αυτοκλειόμενη** θύρα είναι εκείνη που είναι εφοδιασμένη με κατάλληλο μηχανισμό επαναφοράς της στην κλειστή θέση.

### Μηχανοκίνητες θύρες

- Όπου σε όδευση διαφυγής παρεμβάλλονται θύρες μηχανοκίνητες, όπως π.χ. αυτές που είναι εφοδιασμένες με φωτοκύτταρο και ανοίγουν με το πλησίασμα ενός ατόμου, πρέπει να λειτουργούν έτσι που σε περίπτωση διακοπής της παροχής ενέργειας, να μπορούν να ανοίγουν χειροκίνητα για να πραγματοποιηθεί η διαφυγή ή να κλείνουν χειροκίνητα όταν χρειάζεται να διαφυλαχθεί η όδευση διαφυγής. Για να είναι αποδεκτή η τοποθέτηση μηχανοκίνητης θύρας σε όδευση διαφυγής, πρέπει αυτή να μπορεί να ανοίγει περιστρεφόμενη σαν χειροκίνητη προς την κατεύθυνση της όδευσης.

Διάφορα ηλεκτροκίνητα και ηλεκτρονικά συστήματα ασφαλείας με τα οποία είναι εξοπλισμένες οι θύρες που ανήκουν σε οδεύσεις διαφυγής, θα πρέπει να αποφεύγονται, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος μπλοκαρίσματος σε περιπτώσεις (όπως αυτό συμβαίνει συνήθως) διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος.



### Θύρες περιστρεφόμενες γύρω από κεντρικό κατακόρυφο άξονα

- Απαγορεύεται η χρήση κάθε θύρας περιστρεφόμενης γύρω από κεντρικό κατακόρυφο άξονα σε οδεύσεις διαφυγής. Εξαιρέση μπορεί να γίνει για εξόδους που οδηγούν από τον όροφο εκκένωσης κατ' ευθείαν στο εξωτερικό του κτηρίου. Στις περιπτώσεις που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται τέτοιες θύρες, ισχύουν οι ακόλουθοι περιορισμοί:
  - δεν επιτρέπεται να βρίσκονται στην περιοχή αρχής ή τέρματος σκάλας
  - δεν επιτρέπεται να καλύπτουν περισσότερο από το 50% των απαιτούμενων μονάδων πλάτους οδεύσεως διαφυγής
  - για κάθε θύρα περιστρεφόμενη γύρω από κεντρικό κατακόρυφο άξονα, που χρησιμοποιείται σαν έξοδος πρέπει να υπάρχει αντίστοιχα μία τουλάχιστον απλή ανοιγόμενη θύρα, που να χρησιμοποιείται σαν έξοδος, και σε απόσταση όχι μεγαλύτερη των 6.00 m
  - οι θύρες που περιστρέφονται γύρω από κατακόρυφο κεντρικό άξονα πρέπει να είναι εφοδιασμένες με σύστημα που να παρεμποδίζει την ανάπτυξη ταχύτητας περιστροφής μεγαλύτερης των 12 περιστροφών ανά λεπτό.

### Περιστροφικοί φραγμοί

- Περιστροφικοί φραγμοί ή άλλες παρόμοιες διατάξεις για τον περιορισμό της πορείας προς μια διεύθυνση ή για έλεγχο, δεν επιτρέπεται να τοποθετούνται κατά τρόπο που να παρεμποδίζει οποιαδήποτε όδευση διαφυγής.
- Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η τοποθέτηση κατάλληλων περιστροφικών φραγμών σε περιπτώσεις που από τις ειδικές διατάξεις για κάθε χρήση του κτηρίου επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται πόρτες περιστρεφόμενες γύρω από κατακόρυφο κεντρικό άξονα και με τους περιορισμούς που ισχύουν γι' αυτές, εφόσον τηρούνται συγχρόνως τα ακόλουθα:
  - το ύψος τους δεν υπερβαίνει τα 0.90 m
  - κατά την περιστροφή τους παρέχουν ελεύθερο πλάτος τουλάχιστον 0.55 m
  - η περιστροφή τους κατά την κατεύθυνση της όδευσης είναι ανεμπόδιστη.

### Σκάλες – κλιμακοστάσια

Τα κλιμακοστάσια παίζουν βασικό ρόλο στη λειτουργία εκκένωσης του κτηρίου γι' αυτό απαιτείται αυστηρή τήρηση των προδιαγραφών, τόσο αυτών που αναφέρονται στη μελέτη και κατασκευή τους, όσο και αυτών που αναφέρονται παρακάτω. Μια γενική αρχή είναι η συνέχεια των κλιμάκων από το υψηλότερο μέχρι το χαμηλότερό τους σημείο. Απαγορεύεται η μετακίνηση του κλιμακοστασίου, που αποτελεί τμήμα όδευσης διαφυγής, έστω και για μικρή απόσταση.

### Εσωτερικά κλιμακοστάσια

Όλες οι εσωτερικές σκάλες που περιέχονται σε μία όδευση διαφυγής πρέπει να είναι μόνιμης κατασκευής. Τα στοιχεία κάθε εσωτερικής σκάλας πρέπει να είναι σύμφωνα με τις αντίστοιχες προδιαγραφές για κάθε χρήση κτηρίου.

- Οι σκάλες και τα πλατύσκαλα πρέπει να κατασκευάζονται αποκλειστικά από άκαυστα υλικά και να διαθέτουν την απαραίτητη ακαμψία.
- Απαγορεύεται η διαμόρφωση κλειστών χώρων κάτω από σκάλες και δεν επιτρέπεται οποιαδήποτε χρήση του χώρου αυτού.
- Στις άκρες των βαθμίδων πρέπει να τοποθετείται λωρίδα από αντιολισθηρό υλικό για να αποφεύγεται πιθανό γλιστρημα.

- Απαγορεύεται η ελάττωση του πλάτους της σκάλας και των πλατύσκαλων κατά την κατεύθυνση της όδευσης διαφυγής.

### **Εξωτερικά κλιμακοστάσια**

Κλιμακοστάσια μόνιμης κατασκευής εγκατεστημένα έξω από το κτήριο είναι αποδεκτά σαν τμήμα όδευσης διαφυγής, αρκεί να πληρούν τις προϋποθέσεις που ισχύουν και για τις εσωτερικές σκάλες.

- Σε κτήρια με 4 ή περισσότερους ορόφους τα εξωτερικά κλιμακοστάσια πρέπει να διαχωρίζονται από το κτήριο με δομικά στοιχεία που να έχουν δείκτη πυραντίστασης ίσο με τον απαιτούμενο για το αντίστοιχο πυροδιαμέρισμα του κτηρίου.
- Αν το κτήριο έχει ύψος πάνω από 25 m ή στεγάζει πάνω από 500 άτομα, πρέπει να κατασκευάζεται πρόσθετο εσωτερικό κλιμακοστάσιο για την πρόσβαση πυροσβεστών ή ομάδων παροχής βοήθειας. Αυτό το κλιμακοστάσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως όδευση διαφυγής των ενοίκων.

Το κλιμακοστάσιο για την πρόσβαση των πυροσβεστών μπορεί να κατασκευάζεται εξωτερικά του κτηρίου, αν έτσι εξυπηρετείται καλύτερα η πρόσβαση βοήθειας, πρέπει να είναι όμως μόνιμης κατασκευής.

Κάθε κλιμακοστάσιο πρέπει να είναι αυτόνομο και να μην μεταφέρει τους ενοίκους από την μια κτηριακή μονάδα στην άλλη, έστω και αν αυτές είναι στατικώς ανεξάρτητες.

Τα εξωτερικά κλιμακοστάσια θα πρέπει να στηρίζονται σε δικό τους ανεξάρτητο σκελετό, ο οποίος να αντέχει σεισμικά φορτία κατά 25% ανώτερα αυτών που αντέχει το κτήριο. Η σύνδεση με το κτήριο πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε σε περίπτωση μερικής βλάβης ή και κατάρρευσης του κτηρίου, το κλιμακοστάσιο να παραμείνει στη θέση του.

### **Ράμπες**

Οι ράμπες μπορούν να αποτελούν τμήματα όδευσης διαφυγής, αν είναι μόνιμης κατασκευής. Ισχύουν γι' αυτές οι ίδιες διατάξεις που αναφέρονται στα κλιμακοστάσια. Όταν η κλίση της ράμπας είναι μεγαλύτερη από 1/15 παρεμβάλλεται υποχρεωτικά πλατύσκαλο, μήκους τουλάχιστον 1.50 m, ανά διαφορά στάθμης 3.50 m. Ράμπες θα πρέπει να προβλέπονται σε κάθε αλλαγή στάθμης σε ένα όροφο, με τις απαιτούμενες προδιαγραφές για άτομα με αναπηρίες.

### **Κυλιόμενες σκάλες – Ανελκυστήρες**

Γενικά απαγορεύεται η χρήση κυλιόμενων κλιμάκων ή διαδρόμων, καθώς και των ανελκυστήρων, ως οδεύσεων διαφυγής. Απαγορεύεται να υπάρχει θύρα ανελκυστήρα σε περιβλήμα προστατευμένης διόδου διαφυγής.

Σε κάθε κτήριο με εννέα ή περισσότερους υπέργειους ορόφους ή με ύψος μεγαλύτερο των 28 μέτρων, στην περίπτωση που ο ή οι ανελκυστήρες εξυπηρετούν και υπόγειο όροφο, πρέπει να δημιουργείται προθάλαμος μεταξύ της πόρτας του ανελκυστήρα και των υπολοίπων χώρων του υπογείου ορόφου.

Ο προθάλαμος αυτός πρέπει να διαχωρίζεται από τους υπολοίπους χώρους του υπογείου με τοιχώματα και πόρτες που να εκπληρώνουν τις απαιτήσεις για διαχωριστικά καπνού, με την εξαίρεση ότι τα τοιχώματα δεν απαιτείται να φθάνουν μέχρι τους εξωτερικούς τοίχους του κτηρίου. Στην είσοδο του ορόφου εκκένωσης και κοντά στην πόρτα του ανελκυστήρα, πρέπει να τοποθετείται πρόσθετος διακόπτης κλήσεως του θαλάμου, μέσα σε ειδικό κουτί με υαλοπίνακα στο εμπρός μέρος του, με

την επιγραφή «ΣΕ ΕΚΤΑΚΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ». Αυτός ο διακόπτης πρέπει να επιτρέπει την κλήση του θαλάμου στον όροφο εκκένωσης, να απαγορεύει άλλες εξωτερικές κλήσεις και να καταργεί αποθηκευμένες εντολές. Μόλις φθάσει ο θάλαμος στον όροφο εκκένωσης, πρέπει να παραμένει με τις πόρτες ανοικτές, μέχρι να δοθεί νέα κλήση, μέσα από τον θάλαμο. Σε κάθε άνοιγμα του ανελκυστήρα, στο εξωτερικό μέρος και δεξιά ή αριστερά, αλλά κατά προτίμηση επάνω από την πόρτα, θα πρέπει να τοποθετείται φωτιζόμενη με φωτισμό ασφαλείας επιγραφή, με την ένδειξη: «ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΕΙΣΜΟΥ ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ». Πρέπει να υπάρχει φωτισμός ασφαλείας στο θάλαμο, στο εσωτερικό του φρέατος και στο μηχανοστάσιο. Επίσης, μέσα στο θάλαμο και στο μηχανοστάσιο πρέπει να υπάρχουν σύντομες οδηγίες για τον τρόπο ενέργειας σε περίπτωση εγκλωβισμού. Η πινακίδα των οδηγιών πρέπει να φωτίζεται κατάλληλα και σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος, κατά τα ισχύοντα για τους φωτισμούς ασφαλείας. Παρόμοιες πινακίδες και φωτισμός ασφαλείας θα πρέπει να υπάρχει και στις κυλιόμενες κλίμακες, για την διευκόλυνση των ατόμων που τις χρησιμοποιούν, ώστε να τις εγκαταλείψουν. Πινακίδα παρόμοια με αυτή των ανελκυστήρων, «ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΕΙΣΜΟΥ ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ», θα πρέπει να υπάρχει στις θέσεις αφετηρίας των κυλιόμενων κλιμάκων, για την απαγόρευση χρήσης τους σε περίπτωση σεισμού.

### **Κουπαστές και στηθαία**

Σκάλες, πλατύσκαλα, εξώστες και ράμπες που αποτελούν τμήματα όδευσης διαφυγής, πρέπει να είναι εφοδιασμένα προς τις ανοικτές πλευρές τους με κατάλληλα στηθαία για προφύλαξη από πτώση με ιδιαίτερες προδιαγραφές και απαιτήσεις αντοχής.

- **Κουπαστές**

Το ύψος των κουπαστών μπορεί να κυμαίνεται από 0.75-1.00 m.

Οι κουπαστές και τα στηρίγματά τους πρέπει να υπολογίζονται έτσι που να αντέχουν σε κατανεμημένο φορτίο 90 kN/m εφαρμοζόμενο σε οποιοδήποτε σημείο, οριζόντια ή κατακόρυφα.

Θα πρέπει να έχουν μορφή που να επιτρέπει συνεχές γλίστρημα του χεριού πάνω σ' αυτές.

- **Στηθαία**

Τα στηθαία πρέπει να έχουν ύψος τουλάχιστον 1.00 m. Αν δεν είναι συμπαγή θα πρέπει να φέρουν ενδιάμεσα στοιχεία σταθερά και μη αποσπώμενα που να μην αφήνουν κενά μεγαλύτερα των 0.25 m αν είναι οριζόντια και 0.15 m αν είναι κατακόρυφα. Πρέπει να είναι ικανά να αναλάβουν το φορτίο που ισχύει για τις κουπαστές, ή οριζόντια φόρτιση 75 kN/m.

### **Τελικές οριζόντιες έξοδοι προς εξωτερικό χώρο - Εκβολή**

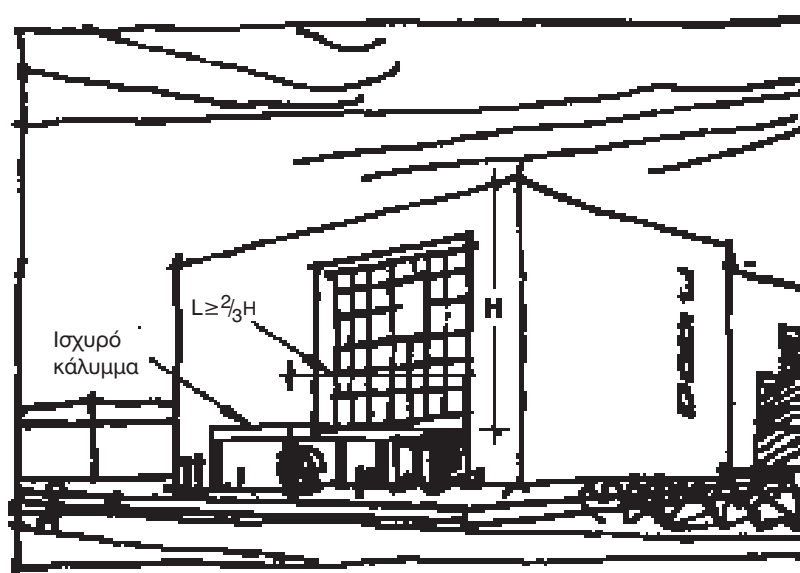
Αυτές αποτελούν την οριζόντια όδευση προς την τελική έξοδο και την εκκένωση των ενοίκων σε χώρο απόλυτα ασφαλή, κοινόχρηστο δρόμο ή υπαίθρο. Είναι η συνέχεια των προστατευμένων οδεύσεων διαφυγής από τους υπέργειους ή υπόγειους ορόφους προς το εξωτερικό του κτηρίου και από εκεί, σε περιοχή ελεύθερη και ασφαλή.

Οι διέξοδοι προς τον ελεύθερο εξωτερικό χώρο πρέπει να είναι ιδιαίτερα προστατευμένες.

α) Πρέπει να διαθέτουν ισχυρό από πλευράς αντοχής φέροντα οργανισμό και να διαθέτουν προσταγασμα προστασίας από πίπτοντα οικοδομικά υλικά και στοιχεία. Προτιμότερο είναι να έχουν αυτοφερόμενο στατικό σύστημα, χωρίς μεγάλους προβόλους, το οποίο να στηρίζεται σε υποστυλώματα απ' ευθείας στο έδαφος.

β) Να έχουν ικανή επιφάνεια ώστε να προστατεύουν τον αναγκαίο αριθμό ατόμων και να επε-

κτείνονται σε αρκετή απόσταση από τους εξωτερικούς τοίχους και τα ναλοστάσια της όψης του κτηρίου για παροχή ουσιαστικής προστασίας των εξερχομένων ατόμων. Το απαιτούμενο μήκος του προστεγάσματος (canopy), μετρούμενο από το σημείο της εξόδου, πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με τα  $2/3$  του ύψους του κτηρίου στο σημείο αυτό.



**Σχήμα 2.** Το ελάχιστο μήκος της προστατευμένης εξόδου διαφυγής, θα πρέπει να είναι ίσο με τα  $2/3$  του ύψους του κτηρίου, από το προστατευτικό στέγαστρο και πάνω.

- γ) Πρέπει να γειτνιάζουν άμεσα με **ασφαλείς ελεύθερους χώρους** συγκέντρωσης προς τους οποίους να καταφεύγουν με ασφάλεια τα εξερχόμενα από το κτήριο άτομα. Η ασφάλεια αυτή εκτιμάται σε σχέση και ανάλογα με τον κίνδυνο πτώσης γειτονικών υψηλών κατασκευών, (ασφαλής απόσταση  $L=2/3 H$ ), τον κίνδυνο κατολίσθησης πρανών, τον κίνδυνο από κυκλοφοριακά προβλήματα, από άμεση γειτνίαση με κόμβους ταχείας κυκλοφορίας, από γειτνίαση με αποθηκευτικούς χώρους με εύφλεκτα-τοξικά κ.λπ. υγρά και αέρια, τον κίνδυνο από θαλάσσια σεισμικά κύματα (τσουνάμια)- στην περίπτωση τέτοιου κινδύνου θα πρέπει οι χώροι καταφυγής να μην γειτνιάζουν με την θάλασσα ή να μην βρίσκονται σε θέση που μπορεί να κατακλυσθεί από τα κύματα.
- δ) Επάνω στο στέγαστρο της εξόδου πρέπει να υπάρχει φωτισμός ασφαλείας, αυτόνομος και αυτόματος, διάρκειας τουλάχιστον 5 ωρών και, για ανθρώπινο δυναμικό του κτηρίου μεγαλύτερο από έναν ορισμένο αριθμό ατόμων, π.χ. 30 άτομα, να υπάρχει τηλεβόας με διαρκή εξασφαλισμένη λειτουργία (δηλαδή με μπαταρίες επαναφορτιζόμενες)
- ε) Οι θύρες των εξόδων θα πρέπει να έχουν ισχυρό πλαίσιο και να ανοίγουν προς τα έξω εκτός του πλαισίου, όπως οι πόρτες των ψυγείων, για να αποκλείεται το φρακάρισμα. Απαγορεύεται να κλειδώνονται οι θύρες εξόδου κατά τον χρόνο που βρίσκονται άτομα μέσα στο κτήριο.

### 5.2.7 Ελεύθεροι χώροι συγκέντρωσης

Στους ελεύθερους χώρους συγκέντρωσης όπου καταφεύγουν τα άτομα που εξέρχονται από το κτήριο θα πρέπει να υπάρχουν όλα τα χρειώδη:



- χημικές τουαλέτες
- πόσιμο νερό
- ηλεκτρικό ρεύμα με πολλαπλούς ρευματολήπτες, φωτιστικά σώματα, προβολείς και ηλ. γεννήτριες
- τηλεφωνικές συσκευές με εξασφαλισμένη λειτουργία
- φορτιστές για κινητά τηλέφωνα
- πρόχειρο φαρμακείο, εξοπλισμένο με κατάλληλο φαρμακευτικό υλικό για παροχή πρώτων βοηθειών
- τηλεβόας.

### 5.2.8 Φωτισμός των οδεύσεων διαφυγής

Όπου από τις ειδικές διατάξεις για κάθε χρήση του κτηρίου απαιτείται φωτισμός των οδεύσεων διαφυγής, αυτός πρέπει να είναι σύμφωνος με τις παρακάτω απαιτήσεις:

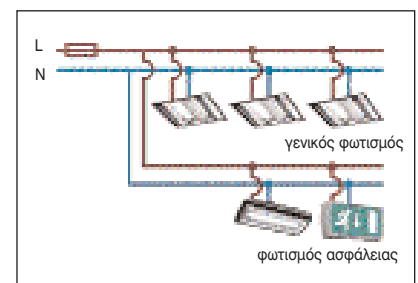
- ο φωτισμός των οδεύσεων διαφυγής πρέπει να είναι συνεχής σε όλο το χρονικό διάστημα που βρίσκονται άτομα στο κτήριο
- τεχνητός φωτισμός πρέπει να εφαρμόζεται σε εκείνα τα σημεία και για το χρονικό διάστημα που είναι απαραίτητος, παρέχοντας την ελάχιστη ένταση φωτισμού που απαιτείται από τους κανονισμούς
- τα δάπεδα των οδεύσεων διαφυγής πρέπει να φωτίζονται σε όλα τα σημεία τους, ώστε να εξασφαλίζεται η τιμή των 10 LUX, κατ' ελάχιστον, μετρούμενη στη στάθμη του δαπέδου.

Εξοπλισμός που τοποθετείται για την σήμανση των οδεύσεων διαφυγής, επιτρέπεται να θεωρείται ότι φωτίζει συγχρόνως την οδευση διαφυγής, εφόσον καλύπτει τις παραπάνω απαιτήσεις.

#### Πηγές φωτισμού

Ο φωτισμός πρέπει να τροφοδοτείται από αξιόπιστες πηγές ενέργειας, όπως ηλεκτρικό ρεύμα ΔΕΗ. Δεν επιτρέπεται η χρήση φωτιστικών στοιχείων που λειτουργούν με συσσωρευτές και η χρήση οποιουδήποτε τύπου φορητών φωτιστικών στοιχείων για τον κανονικό φωτισμό των οδεύσεων διαφυγής, όμως οι πηγές αυτές επιβάλλεται να χρησιμοποιηθούν σαν βοηθητική πηγή ενέργειας για φωτισμό ασφαλείας. Εφόσον προβλέπεται η αυτόματη λειτουργία ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους θα πρέπει η τροφοδοσία των φωτιστικών στοιχείων να γίνεται εν παραλλήλω προς το Η/Ζ, το πολύ ανά δύο φωτιστικά σημεία και όχι εν σειρά.

**Σχήμα 3.** Ο φωτισμός ασφαλείας πρέπει να έχει αυτόνομο κύκλωμα και σύστημα τροφοδοσίας, που θα ενεργοποιείται αυτομάτως, μόλις διακοπεί η παροχή στο κεντρικό δίκτυο, χωρίς να απαιτεί εξωτερική ενεργοποίηση. Τα φωτιστικά σώματα που αποτελούν τον φωτισμό ασφαλείας δεν θα πρέπει να αντικαθίστανται για λόγους συντήρησης από ανειδίκευτο προσωπικό, παρά μόνο από υπεύθυνο συνεργείο, ώστε να διατηρείται η απαιτούμενη φωτιστική ισχύς που προβλέπεται από την μελέτη φωτισμού.

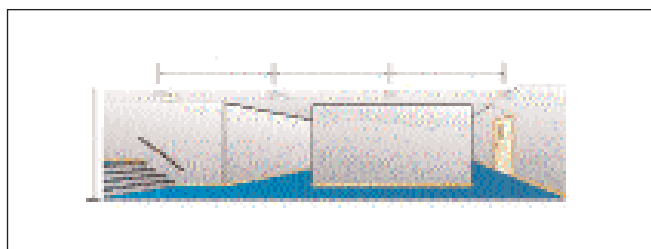
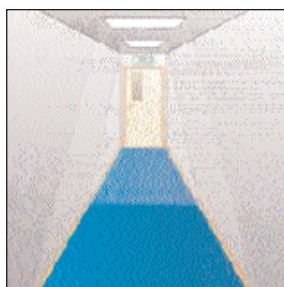


#### Φωτισμός ασφαλείας

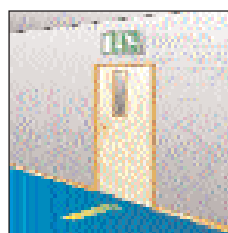
- Όταν για την διατήρηση του φωτισμού απαιτείται να γίνει αλλαγή από μία πηγή ενέργειας σε άλλη, πρέπει η διακοπή του φωτισμού κατά την αλλαγή να είναι χρονικά ελάχιστη. Δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει τα 10 δευτερόλεπτα.

- Ο φωτισμός ασφαλείας πρέπει να παρέχεται από αξιόπιστη εφεδρική πηγή ενέργειας, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σε όλα τα σημεία των διαόδων των οδεύσεων διαφυγής η τιμή των 10 LUX μετρούμενη στη στάθμη του δαπέδου.
- Το σύστημα του φωτισμού ασφαλείας πρέπει να διατηρεί τον προβλεπόμενο βαθμό φωτισμού για 1 ½ τουλάχιστον ώρα σε περίπτωση διακοπής του κανονικού φωτισμού.
- Όταν σαν πηγή ενέργειας του φωτισμού ασφαλείας χρησιμοποιούνται συσσωρευτές πρέπει να υπάρχουν οι απαραίτητες εγκαταστάσεις για την φόρτισή τους. Σε περίπτωση που γίνεται χρήση ξηρών στοιχείων ως πηγή ενέργειας του φωτισμού ασφαλείας, θα πρέπει να γίνεται περιοδικός έλεγχος του κάθε επαναφορτιζόμενου φωτιστικού στοιχείου και να αναγράφεται με αυτοκόλλητη ένδειξη ο χρόνος του επόμενου ελέγχου καθώς και τα στοιχεία του συνεργείου που πραγματοποίησε τον έλεγχο.
- Κάθε σύστημα φωτισμού ασφαλείας πρέπει είτε να βρίσκεται συνεχώς σε λειτουργία είτε να έχει την δυνατότητα να τίθεται αυτόματα και κατ' επανάληψη σε λειτουργία.

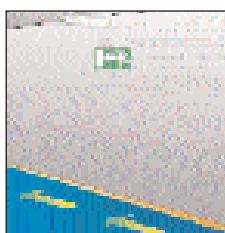
**Σχήμα 4.** Κάθε ανεξάρτητο τμήμα της οδουσης διαφυγής, καλόν είναι να διαθέτει τουλάχιστον δύο φωτιστικά σώματα, ώστε σε περίπτωση που το ένα τεθεί εκτός λειτουργίας, να μη μείνει αρόπιοτο.



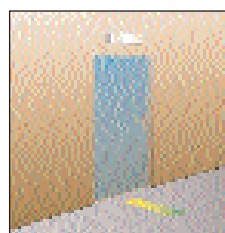
**Σχήμα 5.** Οι χώροι εκτόνωσης που διασχίζονται από μια πορεία διαφυγής, είναι προτιμότερο να έχουν φωτισμό ασφαλείας με περισσότερα φωτιστικά σώματα μικρότερης έντασης διατεταγμένα σε κανονικές μικρές αποστάσεις παρά λίγα μεγάλης έντασης.



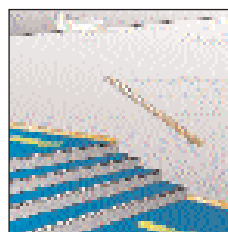
Οι θύρες διαφυγής



Όλες οι σημανσεις εξόδου



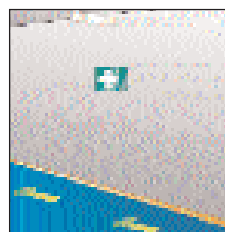
Κάθε τελική έξοδος



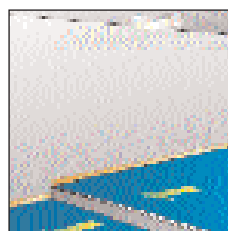
Κλίμακες (όλα τα σκαλοπάτια)



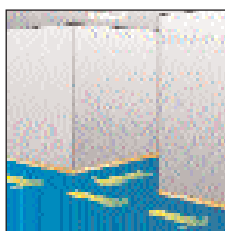
Κάθε σημείο αλλαγής κατεύθυνσης



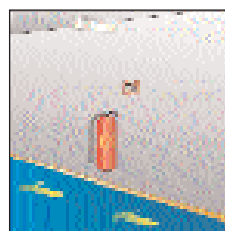
Κάθε θέση φαρμακευτικής φωλιάς



Κάθε αλλαγή επιπέδου στο δάπεδο

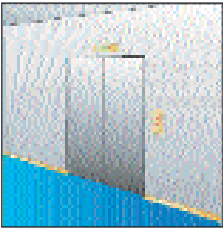


Κάθε διασταύρωση διαδρόμου

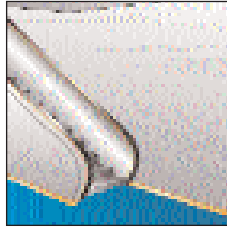
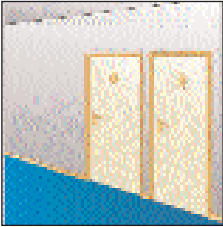


Κάθε πυροσβεστική φωλιά και κάθε θέση επείγουσας επικοινωνίας

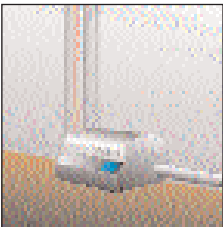
**Σχήμα 6.** Θέσεις της οδουσης διαφυγής, που απαιτούν ειδικό φωτισμό ασφαλείας.



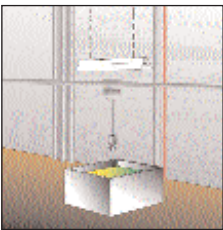
Οι θάλαμοι των ανελκυστήρων δεν αποτελούν τμήματα της οδευσης διαφυγής, πρέπει όμως να διαθέτουν φωτισμό ασφαλείας γιατί μπορεί σ' αυτούς να εγκλωβιστούν άτομα.



Οι χώροι υγιεινής και **οποσδήποτε** αυτοί για άτομα με ειδικές ανάγκες, οι κυλιόμενες σκάλες, για να διευκολυνθεί η απομάκρυνση από αυτές.



Τα μηχανοστάσια, λεβητοστάσια και οι μηχανολογικοί χώροι, πρέπει να διαθέτουν φωτισμό ασφαλείας, ώστε να διευκολύνονται οι εργασίες για την αποκατάσταση ζημιών οι στεγασμένοι χώροι parking, οι πορείες στους ακάλυπτους χώρους.



Χώροι στους οποίους φυλάσσονται επικίνδυνα υλικά που πρέπει να απομονωθούν ή λειτουργούν μηχανήματα που θα πρέπει να διακοπεί η λειτουργία τους για λόγους ασφάλειας ή χώροι που λειτουργούν εφεδρικά συστήματα ενέργειας πρέπει να διαθέτουν φωτισμό ασφαλείας, ώστε να διευκολύνονται οι εργασίες αυτές.

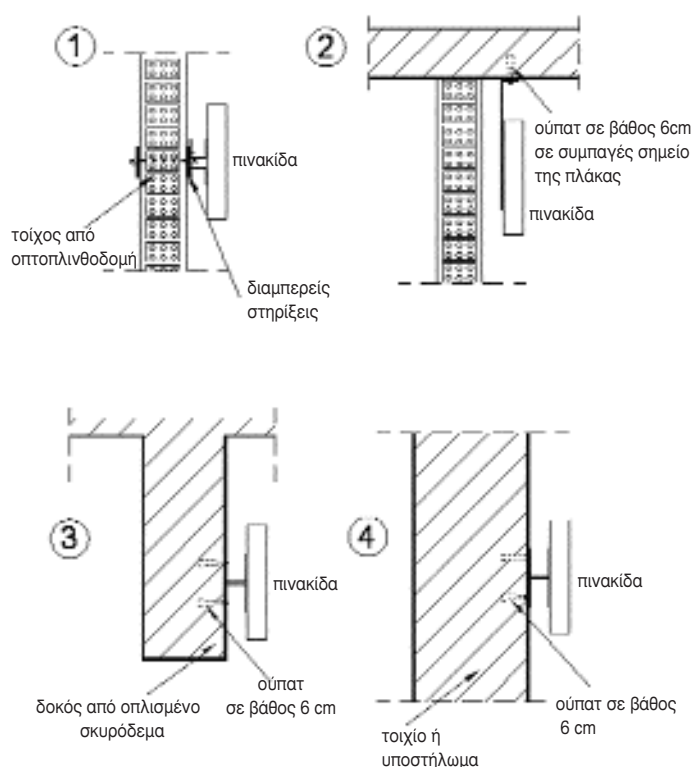
**Σχήμα 7.** Θέσεις που, αν και δεν αποτελούν τμήματα της οδευσης διαφυγής πρέπει να φωτίζονται με φωτισμό ασφαλείας γιατί μπορεί να αποτελούν σημεία κινδύνου.

### 5.2.9 Σήμανση των οδεύσεων διαφυγής

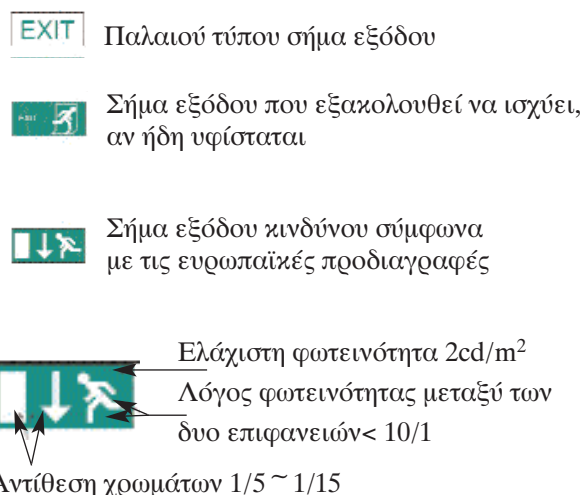
#### Επιγραφές και σήματα εξόδων διαφυγής

- Η σήμανση των οδεύσεων διαφυγής για όλα τα στάδια, πρέπει να γίνεται με σήματα και ευανάγνωστες επιγραφές. Αυτή η σήμανση επιβάλλεται ιδιαίτερα όταν η έξοδος ή η οδευση δεν είναι άμεσα ορατή ή αντιληπτή.
- Κάθε σήμανση που απαιτείται σύμφωνα με την παραπάνω παράγραφο, πρέπει να είναι σύμφωνη με τις διατάξεις του Π.Δ. 422/8-6-79 «Περί συστήματος σηματοδότησεως ασφαλείας στους χώρους εργασίας» με τις παρακάτω συμπληρώσεις.
- Κάθε επιγραφή ή σήμα, που δείχνει μια έξοδο ή πρόσβαση διαφυγής πρέπει να είναι κατάλληλα τοποθετημένη ώστε να είναι άμεσα ορατή. Απαγορεύεται η τοποθέτηση διακόσμησης ή άλλου εξοπλισμού, που εμποδίζει την ορατότητα.
- Σε κάθε θέση, που η κατεύθυνση της οδευσης διαφυγής προς την πλησιέστερη έξοδο δεν είναι άμεσα ορατή, πρέπει να τοποθετείται το κατάλληλο σήμα διάσωσης που προβλέπεται από το Π.Δ.

- Επάνω από κάθε θύρα εξόδου διαφυγής πρέπει να τοποθετείται το κατάλληλο σήμα διάσωσης που προβλέπει το Π.Δ. με την συμπλήρωση της λέξης «ΕΞΟΔΟΣ» κάτω από το σήμα.
- Στα σημεία εισόδου κυλιόμενης σκάλας, που δεν περιλαμβάνεται σε όδευση διαφυγής, πρέπει να τοποθετούνται σήματα διάσωσης που να προσδιορίζουν την κατεύθυνση προς την πλησιέστερη έξοδο.
- Κάθε πόρτα, που σύμφωνα με τον κανονισμό πρέπει να παραμένει κλειστή σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου, πρέπει να φέρει την επιγραφή «Η ΠΟΡΤΑ ΝΑ ΜΕΝΕΙ ΚΛΕΙΣΤΗ».
- Ο τρόπος στήριξης των ενδεικτικών πινακίδων εξόδου κινδύνου-διαφυγής πρέπει να παρέχει την μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια ως προς τον κίνδυνο αποκόλλησης από τον τοίχο. Η πλέον τρωτή στήριξη είναι με UPAT πάνω στην τοιχοποιία (οπτοπλινθοδομή) και ιδιαίτερα στη ζώνη διέλευσης των ηλεκτρικών καλωδίων κάτω από την δοκό. Η στήριξη για να είναι ασφαλής θα πρέπει να γίνεται με τους εξής τρόπους.



**Σχήμα 8.** Τρόποι ασφαλούς στήριξης των πινακίδων σήμανσης.



**Σχήμα 9.** Πινακίδες σήμανσης εξόδων κινδύνου.

### Φωτισμός επιγραφών και σημάτων

- Κάθε επιγραφή ή σήμα πρέπει να φωτίζεται κατάλληλα και με ένταση 50 LUX πάνω στην επιφάνεια της επιγραφής και του σήματος ή να φωτίζεται εσωτερικά. Αυτός ο φωτισμός πρέπει να είναι συνεχής.
- Όπου απαιτείται φωτισμός ασφαλείας, ο φωτισμός των επιγραφών και των σημάτων εξόδου πρέπει να τροφοδοτείται όπως και ο φωτισμός ασφαλείας.
- Πρέπει να υπάρχει η πρόβλεψη, ώστε σε περίπτωση διακοπής του ηλ. ρεύματος ο φωτισμός τό-





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Έρευνα: κτηριοδομικός αντισεισμικός κανονισμός. (Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας).
2. Σεισμική Ετοιμότητα και Ασφάλεια στα Νοσοκομεία. Π. Καρούδης, Δρ. Πολ. Μηχ., Καθηγητής Ε.Μ.Π.
3. A.T.C.-29. Seismic design and performance of equipment and nonstructural elements in buildings. – Performance of suspended ceilings with recommended strengthening techniques for damage mitigation. (M. J. Griffin, Wen Tong)
4. A.T.C.-29-2. Seminar on seismic design, performance and retrofit of nonstructural components in critical facilities. – Performance characterization of suspended ceiling systems. (H. Badillo Almaraz, A.S. Whittaker and M. Reinhorn)
5. A.T.C.-51-2. Recommended U.S - Italy collaborative guidelines for bracing and anchoring nonstructural components in Italian hospitals.
6. A.T.C.-29-2. Seismic protection of building contents at U.C. Berkeley. (M. Comerio and W. Holmes)
7. A.T.C.-29-2. Seismic retrofit of storage racks and shelving at warehouse for high value equipment and parts. (R. Gallagher and J. Steinberg)
8. Principles of disaster mitigation in health facilities. Pan American Health Organization
9. A.T.C.-29-1. Seismic isolation of semiconductor production facilities (H. Amick and A. Bayat)
10. Earthquake protection (A. Coburn – R. Spence)
11. A.T.C -29. Seismic analysis and design of computer access floors. (R. Drake)
12. A.T.C -29. Seismic restraint of hazardous-materials piping
13. SEAC (Structural Engineers Association of California). Reflections –on the Loma Prieta Earthquake, October 17, 1989.
14. Building Configuration and Seismic Design. (1982) Christopher Arnold and Robert Reitherman
15. Seismic Fragility Analysis of Equipment and Structures in a Memphis Electric Substation. J.R. Huo and H.H.M. Hwang
16. FEMA. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. (1988)
17. ATC 20. Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings
18. Architects and Earthquakes. E. Botsai, A Goldberg, J. Fisher, H. Lagorio, T. Wosser
19. Π. Καρούδης. Σημειώσεις Αντισεισμικής Τεχνολογίας.
20. Seismic Protection of Laboratory Contents: The UC Berkeley Science Building Case Study. (M. Comerio 2003)
21. Π.Δ. 71/88 «Κανονισμός Πυροπροστασίας των κτηρίων»
22. D.P.C. Guidelines for People with Disabilities in Emergencies
23. FEMA, Plan for Developing and Adopting Seismic Design Guidelines and Standards for Lifelines (1995)
24. Hazardous Materials Releases During Earthquakes M.K. Lindell and R.W. Perry
25. FEMA, Emergency Management Guide for Business and Industry

26. FEMA, Earthquake handbook, Mitigation Measures for Utility Equipment and Systems
27. United States Environmental Protection Agency, Sensitive Environments and the Siting of Hazardous Waste Management Facilities (1997)
28. Ν. 1568/1985: Υγιεινή και Ασφάλεια των Εργαζομένων
29. American Lifelines Alliance: Seismic Design and Retrofit of Piping Systems (2002)
30. ATC-26-2. Procedures for Postdisaster Safety Evaluation of Postal Service Facilities (1991)
31. PHO (Panamerican Health Organization), Regional Office of WHO (World Health Organization): Mitigation of Disasters in Helth Facilitis (1993)
32. FEMA-356: Seismic Rehabilitation Prestandard
33. Οδηγία 92/58/ΕΟΚ – Ελάχιστες Προδιαγραφές για τη σήμανση ασφάλειας ή και υγείας στην εργασία.
34. Office of Environment, Health and Safety, UC Berkeley: Q-Brace Guidelines
35. Disaster Mitigation Guide for Business and Industry. FEMA-190
36. Guna Selvaduray: Best Practices in Risk Reduction for Colleges & Universities.