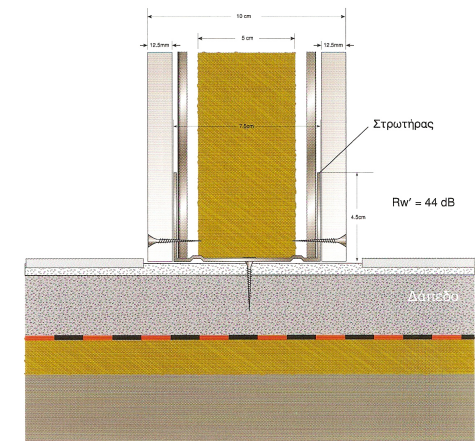


# Ηχομόνωση Κτιριακών στοιχείων #02

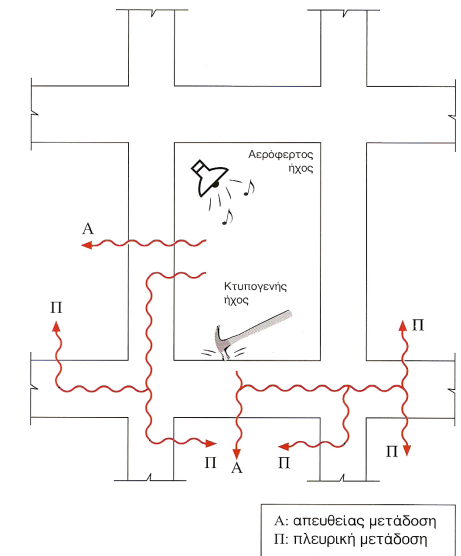
**Nicolas REMY**

ΕΑΡΙΝΟΥ ΕΞΑΜΗΝΟΥ 2010-11

[nicola.remy@gmail.com](mailto:nicola.remy@gmail.com)



Σχ. 44. Παραδείγματα διπλών χωρισμάτων



Σχ. 23. Μετάδοση του ήχου σ'ένα κτίριο

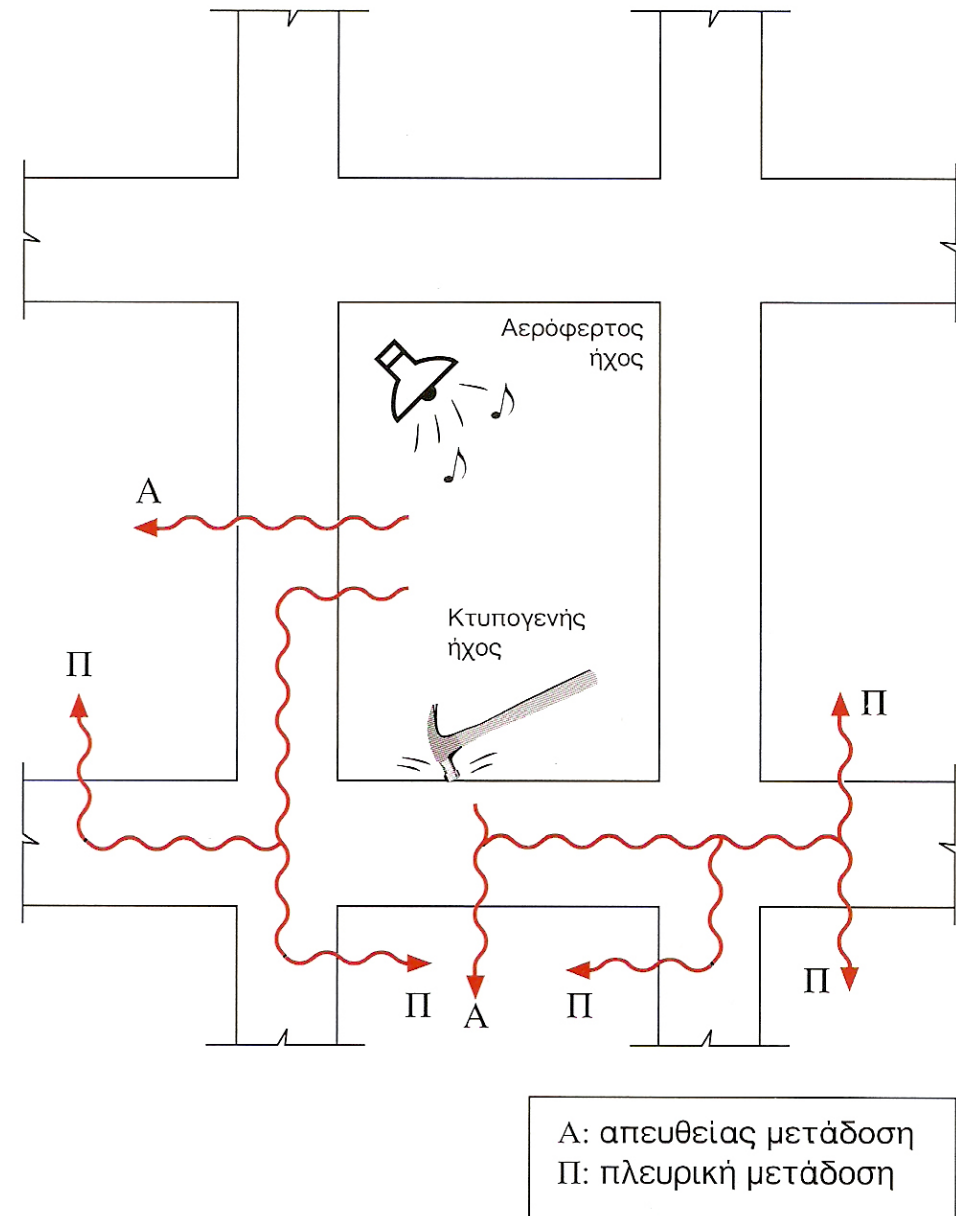


# Το πρόβλημα της ηχομόνωσης

Οι θόρυβοι στο εσωτερικό ενός κτίριου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την πηγή από την οποία προέρχονται:

1. **Ο αερόφερτος ήχος** και προέρχεται από πηγές όπως ομιλία, μουσική, λειτουργία οικιακών συσκευών, κτλ και διαδίδεται μέσω του αέρα στον διπλανό χώρο.

1. **Ο κτυπογενής (στερεόφερτος) ήχος.** Αυτός προέρχεται από εφαρμογή κτυπημάτων (δυνάμεων) πάνω σε δομικά στοιχεία: από βηματισμό κατοίκων, μετακίνηση επίπλων, πτώση αντικειμένων στο δάπεδο κτλ. Ο κτυπογενής ήχος μεταφέρεται μέσω του σκελετού του κτιρίου σε μεγάλες αποστάσεις με μικρή απόσβεση και συνεπώς ο έλεγκός του είναι σημαντικός για την ηχομόνωση.

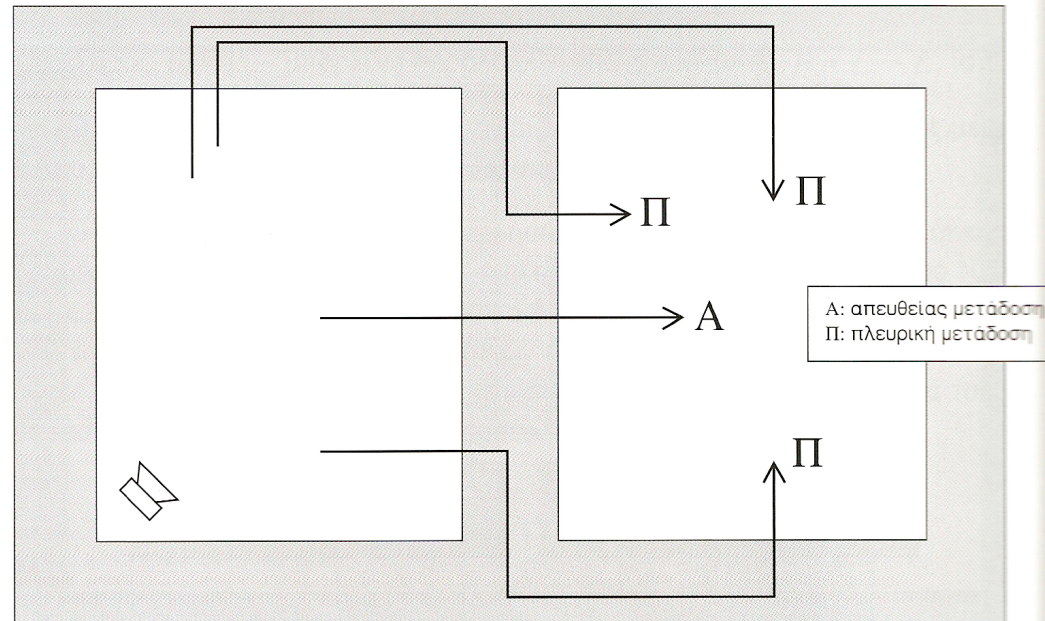


Σχ. 23. Μετάδοση του ήχου σ'ένα κτίριο

# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο

Στην πράξη, για ένα δομικό στοιχείο που είναι τοποθετημένο σ'ένα κτίριο, η ηχητική ενέργεια που προσπίπτει δεν μεταδίδεται μόνο μέσα από το στοιχείο (δρόμος **A**, **απευθείας μετάδοση**) αλλά και μέσα από τα πλευρικά στοιχεία (δρόμος **Π**).

Η πρόσθετη μετάδοση μέσα από πλευρικά στοιχεία ονομάζεται **πλευρική μετάδοση** και είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ηχομόνωση.



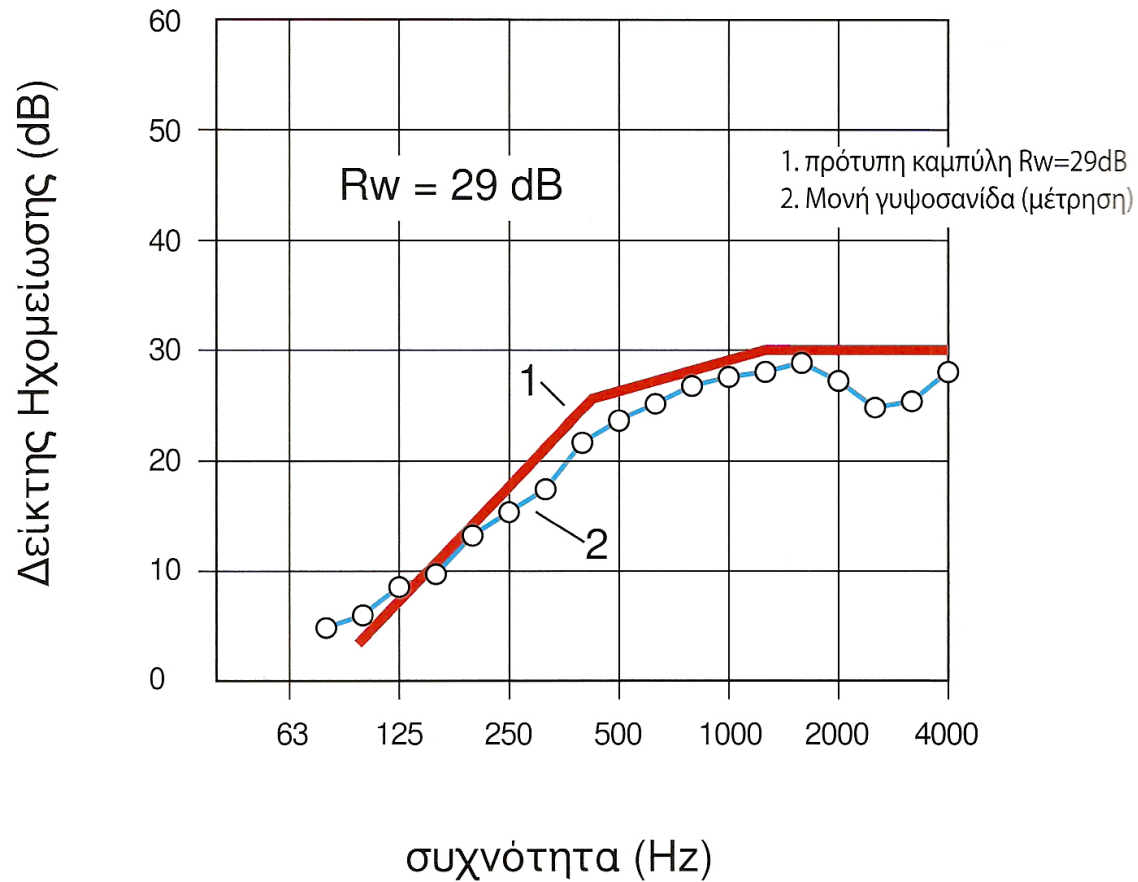
Σχ. 28. Μετάδοση του αερόφερτου ήχου μεταξύ γειτονικών χώρων.

## Παρατήρηση:

Αν το διαχωριστικό πέτασμα και το πλευρικό πέτασμα είναι με παρόμοιες μάζες, οι πλευρικές μεταδόσεις θα είναι μεγαλύτερες από την απευθείας μετάδοση.

# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο

## 1.1 Απευθείας μετάδοση – Ο δείκτης ηχομείωσης $R_w$



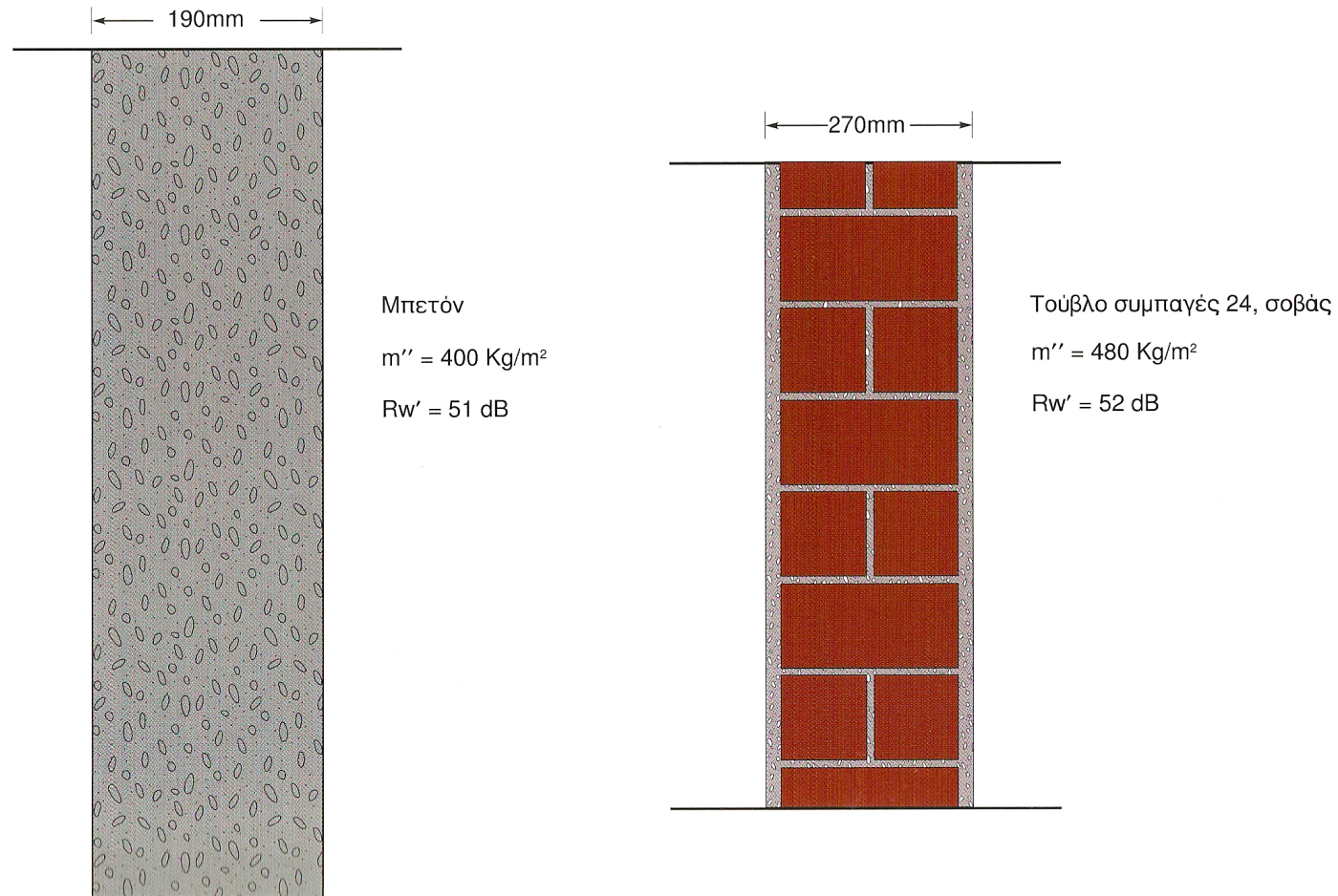
Σχ. 29. Στάθμιση Δείκτη Ηχομείωσης χωρίσματος



# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο

## 1.1 Απευθείας μετάδοση – Ο δείκτης ηχομείωσης $R_w$

### Μονά χωρίσματα



Σχ. 36. Παραδείγματα μονών χωρισμάτων

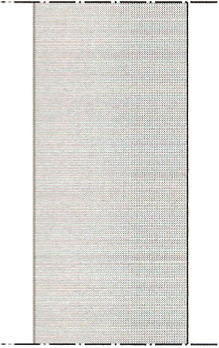
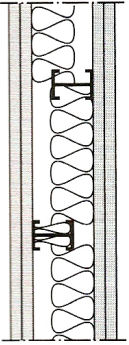
# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο

## 1.1 Απευθείας μετάδοση – Ο δείκτης ηχομείωσης $R_w$

### Διπλά χωρίσματα

Αυτός ο τύπος χωρίσματος μπορεί να έχει έναν πολύ καλό δείκτη ηχομείωσης..

### Παραδείγματα

χωρίσματα	Υλικά	Πάχος (mm)		επιφανειακή μάζα σε kg/m <sup>2</sup>	$R_w$
	Béton	140	140	322	53
		160	160	368	55
		180	180	414	57
		200	200	460	59
		220	220	506	61
	2 x 2 BA 13 vissées sur ossatures métalliques indépendantes alternées avec 1 laine minérale de 60 mm		120	48	57

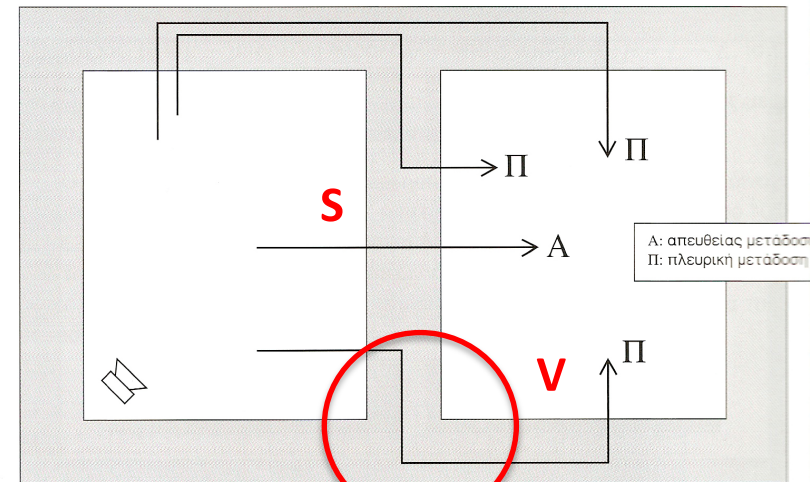
# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

## 1.1 Υπολογισμός

Να υπολογίσει την Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο,  $D_{nTA}$  ανάμεσα στα δύο δωμάτια, μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτόν τον τύπο:

όπου

- .  $R_w$ , Ο δείκτης ηχομείωσης
- .  $S$ , η επιφάνεια του χωρίσματος που χωρίζει τα δύο δωμάτια
- . πτώση της ηχομείωσης από τις πλευρικές μεταδόσεις



Σχ. 28. Μετάδοση του αερόφερτου ήχου μεταξύ γειτονικών χώρων.

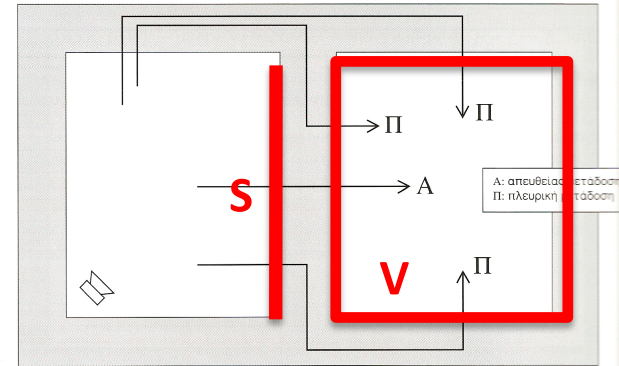
$$D_{nT,A} = R_w + 10 \log\left(0,32 \frac{V}{S}\right) - a$$

απευθείας μετάδοση

πλευρική μετάδοση

# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

## 1.1 Υπολογισμός



Σχ. 28. Μετάδοση του αερόφερτου ήχου μεταξύ γειτονικών χώρων.

$$D_{nT,A} = R_w + 10 \log\left(0,32 \frac{V}{S}\right) - a$$



Τημες για  $10 \log\left(0,32 \frac{V}{S}\right)$

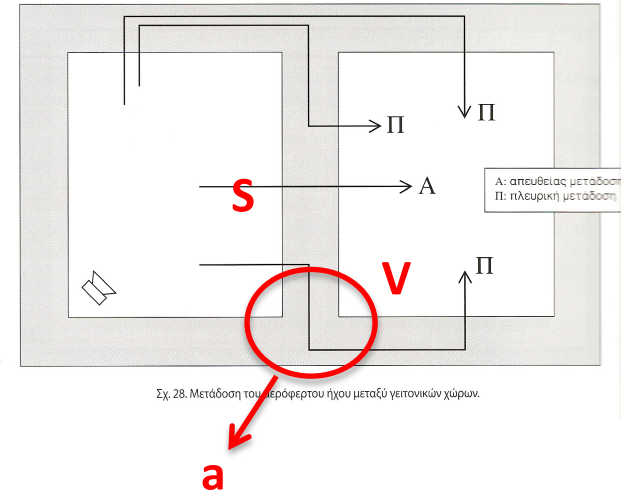
$\frac{V}{S}$	1,48 à 1,65	1,66 à 1,86	1,87 à 2,08	2,09 à 2,34	2,35 à 2,62	2,63 à 2,95	2,96 à 3,31	3,32 à 3,71	3,72 à 4,16	4,17 à 4,67
$10 \log\left(0,32 \frac{V}{S}\right)$	-3	-2,5	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5

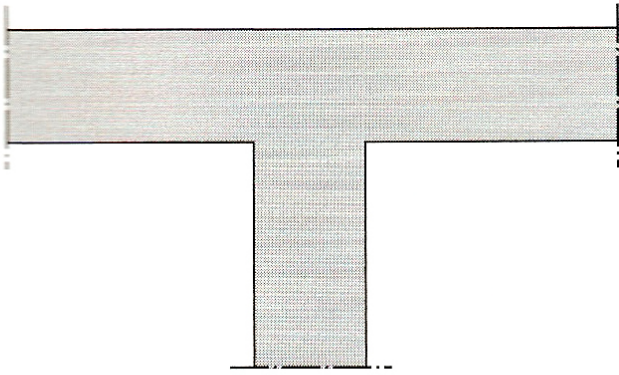
$\frac{V}{S}$	4,68 à 5,24	5,25 à 5,88	5,89 à 6,60	6,61 à 7,41	7,42 à 8,31	8,32 à 9,32	9,33 à 10,46	10,47 à 11,74	11,75 à 13,17	13,18 à 14,78
$10 \log\left(0,32 \frac{V}{S}\right)$	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5

# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

## 1.1 Υπολογισμός

$$D_{nT,A} = R_w + 10 \log\left(0,32 \frac{V}{S}\right) - a$$



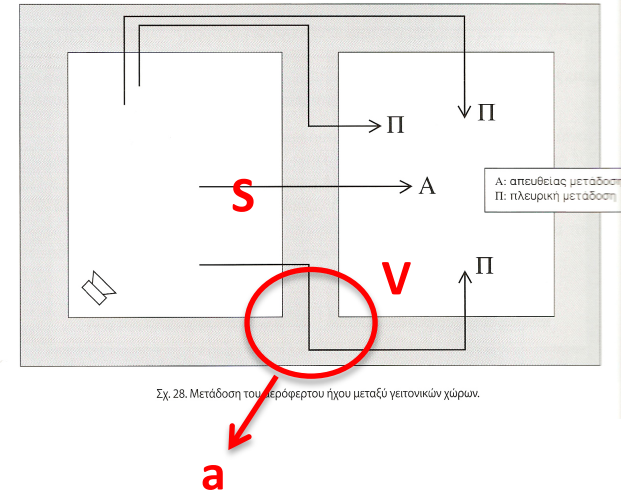
α) σχεδιάγραμμα της σύνδεσης	τύπος των τοιχωμάτων	a
	<p><b>La paroi séparative et les parois latérales sont lourdes (&gt; 150 kg/m<sup>2</sup>), homogènes et de masses comparables.</b></p> <p>Το χώρισμα και οι πλευρικοί τοίχοι είναι βαριά και έχουν την ίδια μάζα (&gt;150kg/m<sup>2</sup>)</p>	<p><math>a \approx 5</math></p>



# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

## 1.1 Υπολογισμός

$$D_{nT,A} = R_w + 10 \log\left(0,32 \frac{V}{S}\right) - a$$



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Το χώρισμα είναι μια ελαφρή τοιχοποιία</li> <li>- Οι πλευρικοί τοίχοι είναι βαροί και <math>R_1 &lt; R_2 - 10</math></li> </ul>	$a \approx 0$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Το χώρισμα είναι βαρύ</li> <li>- Οι πλευρικοί τοίχοι είναι μια ελαφρή τοιχοποιία</li> </ul>	$a \geq 7$



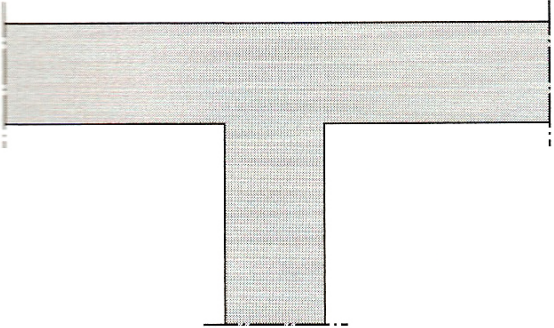
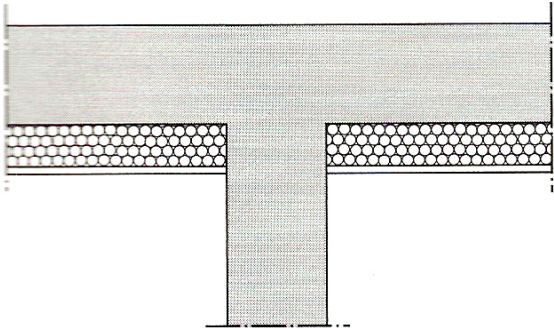
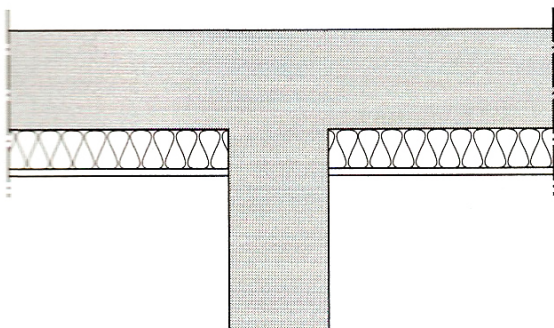
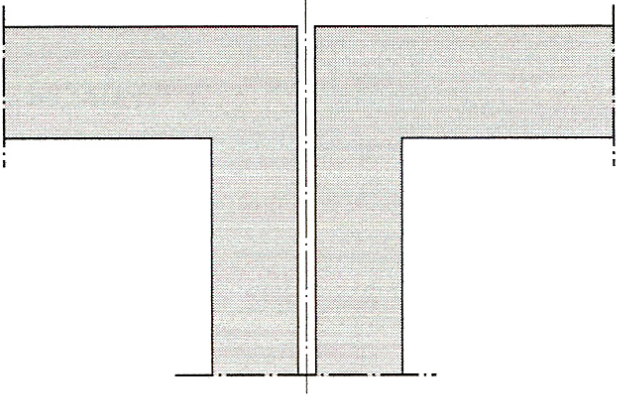
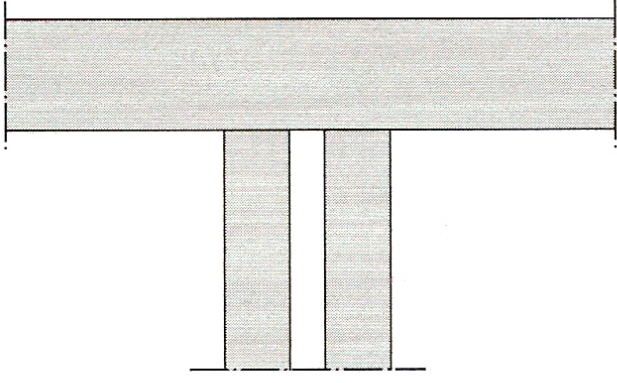
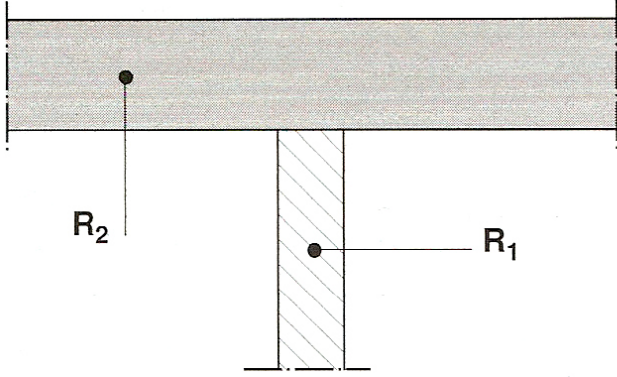
<p><b>SCHÉMAS DE JONCTIONS</b> (dans les schémas, la paroi séparative est verticale)</p>	<p>Nature des parois</p>	<p>Valeurs de a</p>
	<p>Το χώρισμα και οι πλευρικοί τοίχοι είναι βαριά και έχουν την ίδια μάζα (&gt;150kg/m<sup>2</sup>)</p>	<p><math>a \approx 5</math></p>
	<p>Το χώρισμα και οι πλευρικοί τοίχοι είναι βαριά και έχουν την ίδια μάζα (&gt;150kg/m<sup>2</sup>) + τα πλευρικά τοιχώματα επενδεδυμένα με τον άκαμπτο αφρό</p>	<p><math>a &gt; 6</math></p>
	<p>Το χώρισμα και οι πλευρικοί τοίχοι είναι βαριά και έχουν την ίδια μάζα (&gt;150kg/m<sup>2</sup>) + τα πλευρικά τοιχώματα επενδεδυμένα με ένα πορώδες υλικό 3 εκατοστών πάχους</p>	<p><math>a \leq 4</math></p>

Fig. 2.17 – Incidences des transmissions latérales.

<p align="center"><b>SCHÉMAS DE JONCTIONS</b></p> <p align="center">(dans les schémas, la paroi séparative est verticale)</p>	<p align="center"><b>Nature des parois</b></p>	<p align="center"><b>Valeurs de a</b></p>
	<p>το διαχωριστικό τείχος αποτελείται από δύο ξεχωριστά τοίχων με αρμό διαστολής</p>	<p align="center"><math>a \approx 0</math></p>
	<p>το διαχωριστικό τοίχωμα αποτελείται από 2 τοίχους με ένα διάκενο αέρος</p>	<p align="center"><math>a \geq 5</math></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- το πλευρικό τοίχωμα είναι βαρύ</li> <li>- το διαχωριστικό τοίχωμα είναι ελαφρώς</li> <li>- <math>Rw1 &lt; Rw2 - 10</math></li> </ul>	<p align="center"><math>a \approx 0</math></p>

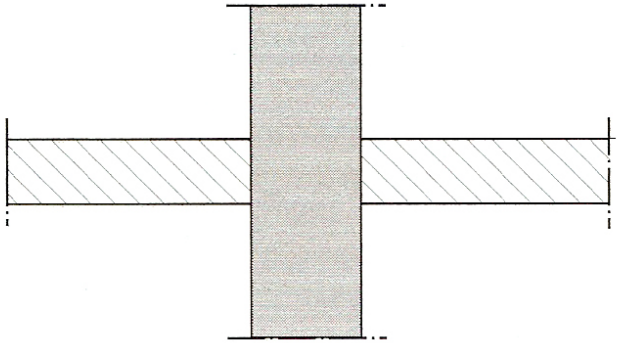
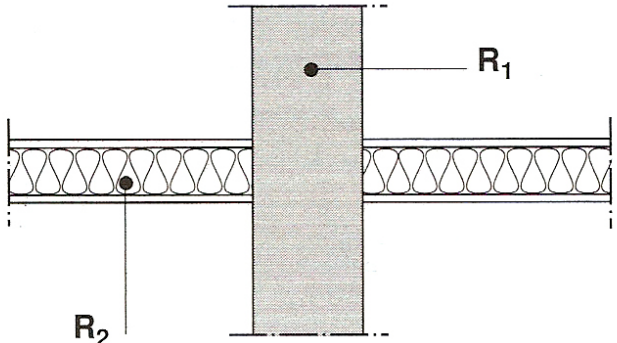
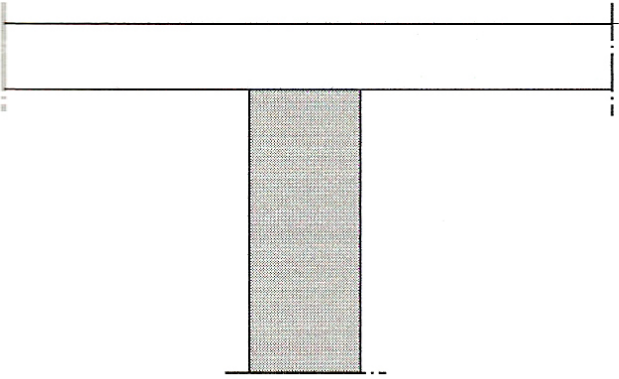
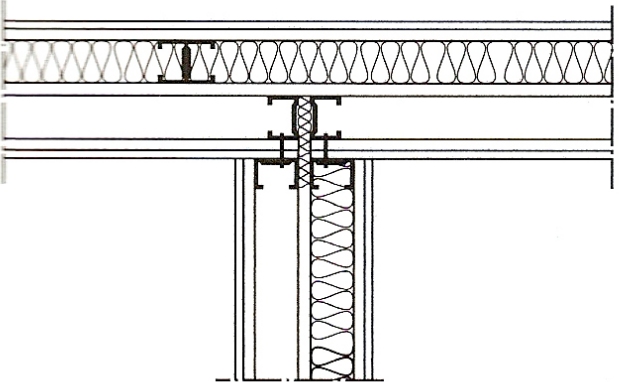
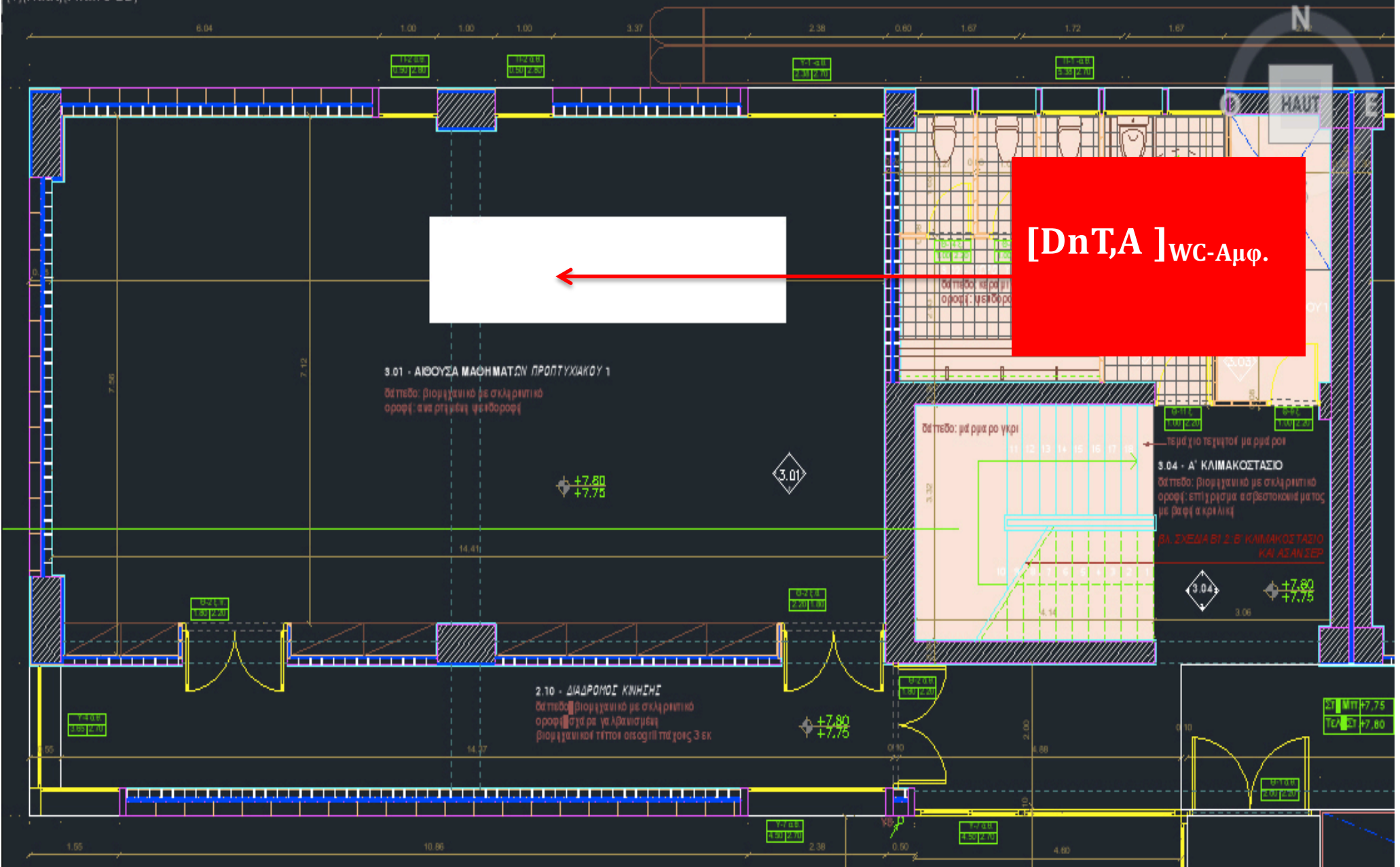
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- το πλευρικό τοίχωμα είναι ελαφρώς</li> <li>- το διαχωριστικό τοίχωμα είναι βαρύ</li> </ul>	$a \geq 7$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- το πλευρικό τοίχωμα είναι ελαφρώς</li> <li>- το διαχωριστικό τοίχωμα είναι βαρύ</li> <li>- <math>R_{w1} &gt; R_{w2} + 10</math></li> </ul>	$a \approx 5$

Fig. 2.17 (suite) – Incidences des transmissions latérales.

<p style="text-align: center;"><b>SCHÉMAS DE JONCTIONS</b></p> <p style="text-align: center;">(dans les schémas, la paroi séparative est verticale)</p>	<p style="text-align: center;">Nature des parois</p>	<p style="text-align: center;">Valeurs de a</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- το πλευρικό τοίχωμα είναι ελαφρώς και « filante »</li> <li>- το διαχωριστικό τοίχωμα είναι βαρύ</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><math>a &gt; 7</math></p>
	<p>Το χώρισμα και οι πλευρικοί τοίχοι είναι αποτελούνται από ένα διπλό τοίχωμα ελαφρώς</p>	<p style="text-align: center;"><math>a \approx 5</math></p>

*Fig. 2.17 (suite) – Incidences des transmissions latérales.*





a

# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

## 1.1 Υπολογισμός

$$D_{nT,A} = R_w + 10 \log \left( 0,32 \frac{V}{S} \right) - a \quad \text{σε dB}$$

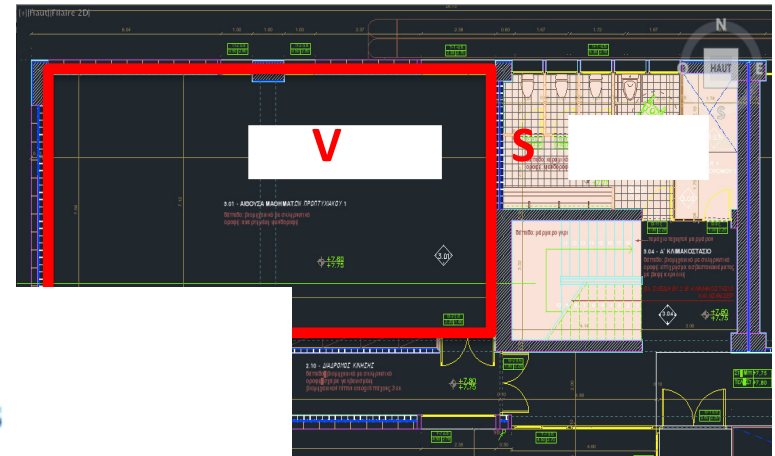
όπου

$R_w$  είναι ο δείκτης ηχομείωσης του χωρίσματος = **51 dB**

$V$  είναι ο όγκος που υπολογίζεται η ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο = **490m<sup>3</sup>**

$S$ , η επιφάνεια του χωρίσματος που χωρίζει τα δύο δωμάτια = **9,585 m<sup>2</sup>**

$a$  είναι ο δείκτης που χαρακτηρίζει τις πλευρικές μεταδόσεις = **5** αφού το διαχωριστικό πέτασμα και τα πλάγια πετάσματα είναι σχετικά ομογενή και είναι πιθανό να επιτρέπουν την πλάγια μετάδοση του ήχου.



$$[D_{nT,A}]_{wc \rightarrow \text{Amφ.}} = 51 + 12 - 5 = 58 \text{ dB} \geq 57 \text{ dB}$$

Ή 1 dB επιπλέον από αυτό που απαιτεί ο κανονισμός

---

$$! V_{wc} = 54 \text{ m}^3, D_{nT,A} \text{ Amphi-Wc} = 51 + 10 \log (54/9,585) - a = 53,5 \text{ dB}$$



# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

## 1.1 Υπολογισμός

Αερόφερτο Φορυβο

Καλό επίπεδο ηχομόνωσης: 54 dB

Υψηλό επίπεδο άνεσης: 59 dB

### Παραδείγματα τιμών $D_{nTA}$

$D_{nTA}$	PERCEPTION SUBJECTIVE DANS LE LOCAL VOISIN
62	αθόρυβος (ραδιόφωνο με αυξημένη ένταση)
57	αθόρυβος (ραδιόφωνο με κανονική ένταση) αισθητή (ραδιόφωνο με αυξημένη ένταση)
52	αισθητή (ραδιόφωνο με κανονική ένταση)
47	Αισθητή συνομιλία με ένταση
42	Κανονική συνομιλία ακούγεται
37	Αισθητή συνομιλία με κανονική ένταση
32	radio mise en sourdine dans le local de réception

Bon confort: 30 %  
insatisfaits

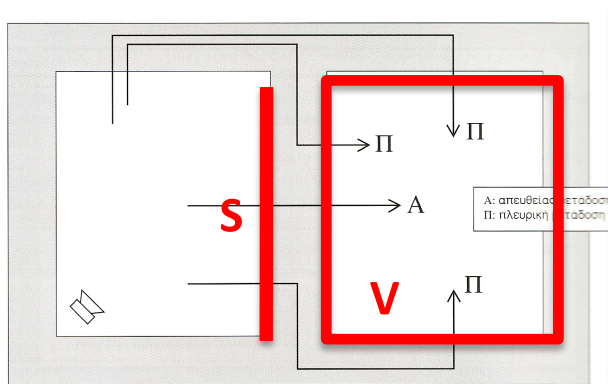
Haut confort: 10 %  
insatisfaits

# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

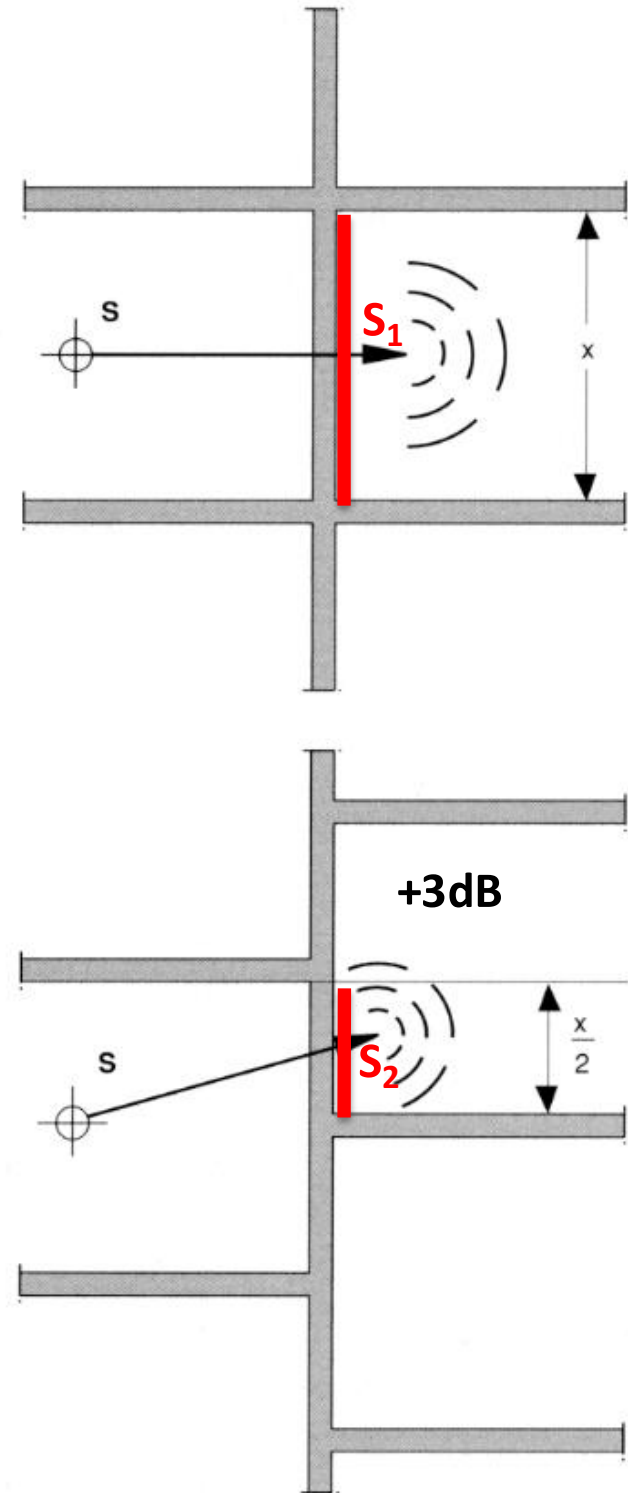
## 1.1 Υπολογισμός

$$D_{nT,A} = R_w + 10 \log\left(0,32 \frac{V}{S}\right) - a$$

Αν  $S_2 = S_1/2$ ,  $D_{nTA} + 3dB$



Σχ. 28. Μετάδοση του αερόφερτου ήχου μεταξύ γειτονικών χώρων.

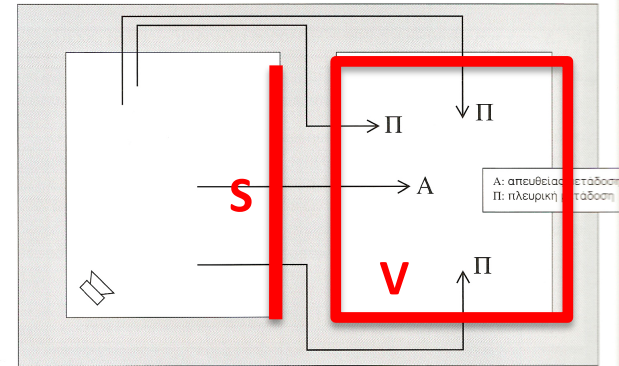


# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

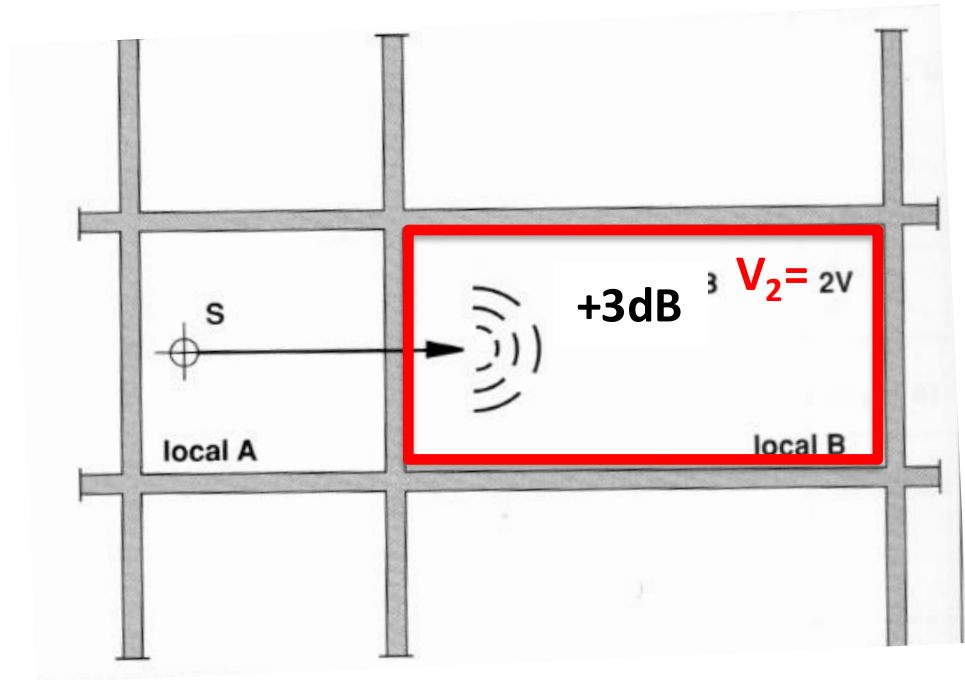
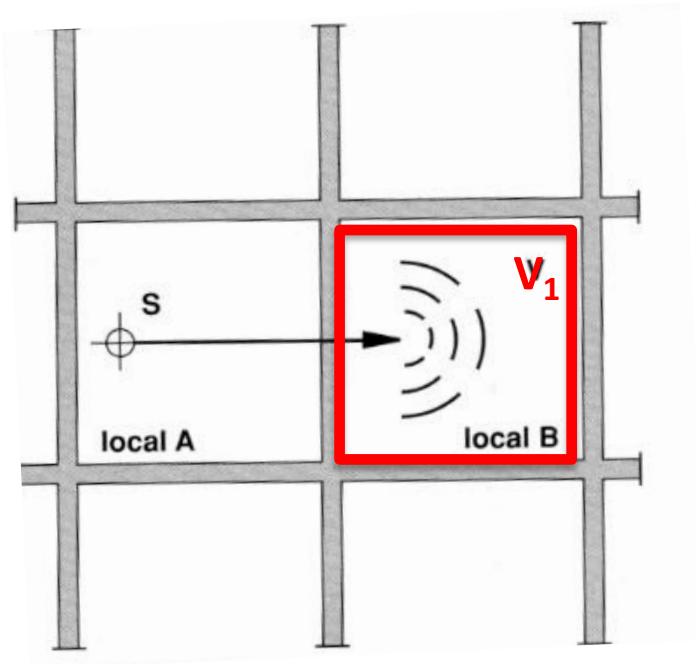
## 1.1 Υπολογισμός

$$D_{nT,A} = R_w + 10 \log\left(0,32 \frac{V}{S}\right) - a$$

άν  $V_2 = 2 \times V_1$ ,  $D_{nTA} + 3dB$

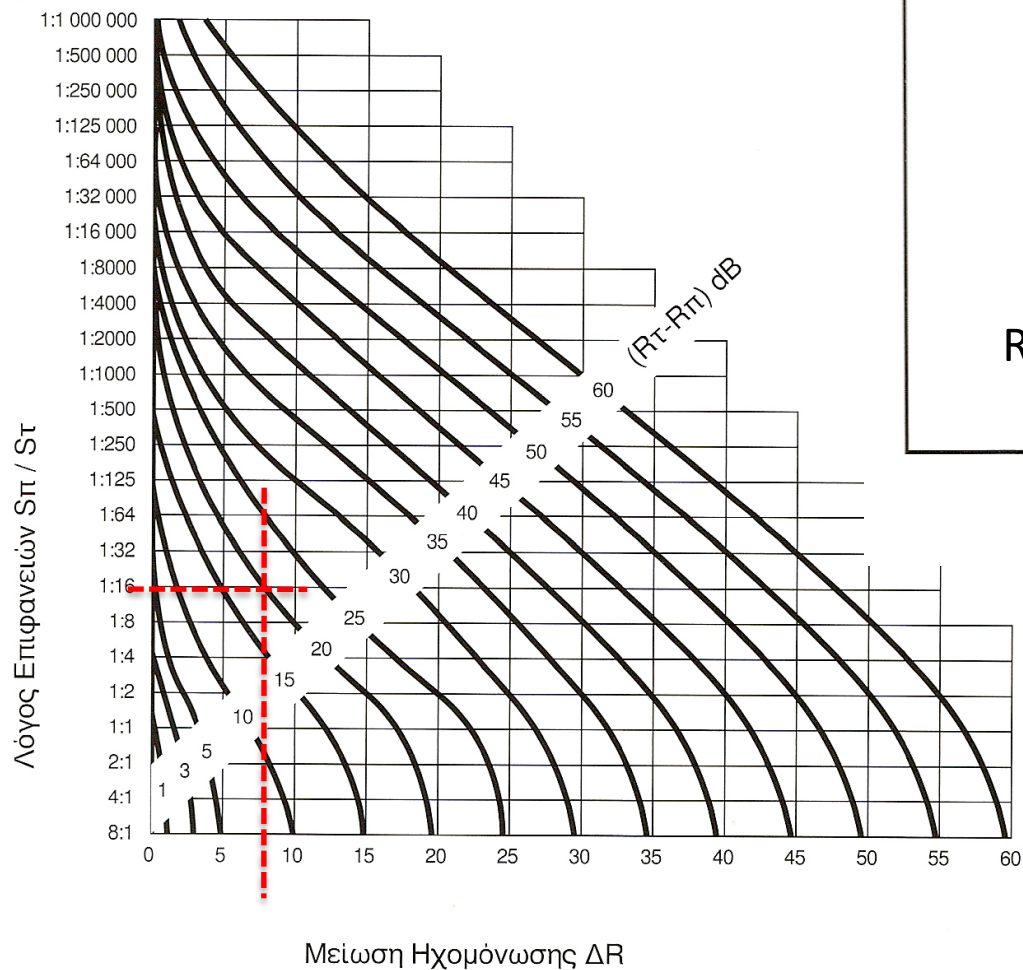


Σχ. 28. Μετάδοση του αερόφερτου ήχου μεταξύ γειτονικών χώρων.



# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

## 1.1 Υπολογισμός



Σχ. 49. Διάγραμμα υπολογισμού δείκτη ηχομείωσης σύνθετων χωρισμάτων

Παράθυρο

$$S_{\pi} = 1 \text{ m}^2$$

$$R_{\pi} = 30 \text{ dB}$$

Τοιχοποιία  
 $S_{\tau} = 16 \text{ m}^2$   
 $R_{\tau} = 50 \text{ dB}$

$$S_{\pi} / S_{\tau} = 1:16$$

$$R_{\tau} - R_{\pi} = 50 - 30 = 20 \text{ dB}$$

$$\Delta R = 7 \text{ dB}$$

$$R_{\sigma 2} = R_{\sigma} - \Delta R = 50 - 7 = 43 \text{ dB}$$

Σχ. 50. Υπολογισμός ηχομόνωσης σύνθετου χωρίσματος



# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nTA}$

## 1.1 Ελληνικός κανονισμός

παρακάτω πίνακα

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Είδος Ηχομόνωσης - Ηχοπροστασίας	Παράμετρος ακουστικής άνεσης				Μετρούμενο μέγεθος			
	Ονομασία	Σύμβολο	Μονάδα μέτρησης	Πρότυπο ΕΛΟΤ	Ονομασία	Σύμβολο	Μονάδα μέτρησης	Πρότυπο ΕΛΟΤ
Ηχομόνωση από αερόφερτο ήχο	Σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης	$R_w$	dB	461.1	Δείκτης ηχομείωσης	R	dB	370.3
	Σταθμισμένος φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης	$R'_w$	dB	461.1	Φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης	$R'$	dB	370.4
Ηχομόνωση από κτυπογενή ήχο	Σταθμισμένη κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς ήχου	$L'_{n,w}$	dB	461.2	Κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς ήχου	$L'_n$	dB	370.7 370.8
Ηχοπροστασία από αερόφερτο θόρυβο εξωτερικών πηγών	Ωριαία ισοδύναμη A – ηχοστάθμη	$L_{Aeq,h}$	dB (A)	230	A – ηχοστάθμη	$L_{pA}$	dB (A)	230
Ηχοπροστασία από τον αερόφερτο θόρυβο που παράγεται από εγκαταστάσεις	A – ηχοστάθμη	$L_{pA}$	dB (A)	229	A – ηχοστάθμη	$L_{pA}$	dB (A)	229

$R'_w$ (dB)	$R_w$ (dB)
έως 42	$R'_w + 0$
από 43 μέχρι 48	$R'_w + 2$
από 48 μέχρι 52	$R'_w + 3$
από 52 μέχρι 55	$R'_w + 4$
από 55 μέχρι 60	$R'_w + 6$



Ο κανονισμός ηχομόνωσης προβλέπει τρεις κατηγορίες ακουστικής άνεσης για τα νέα κτίρια με βάση συγκεκριμένες απαιτήσεις για τις τιμές των παραμέτρων ακουστικής άνεσης.

### Κατηγορία Α : «υψηλή ακουστική άνεση».

Για την κατηγορία αυτή κτιρίων οι απαιτήσεις (κριτήρια ηχομόνωσης) που πρέπει να πληρούνται δίνονται στον επόμενο πίνακα

#### ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ – ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ. ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α «ΥΨΗΛΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ»

ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης				Ηχοπροστασία από :		Ηχομόνωση ανάμεσα σε χώρους της ίδιας κατοικίας		
	1	2	3	4	Εξωτερικούς θορύβους	Θορύβους εγκαταστάσεων	8	9	
	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$L_{Aeq,h}$	$L_{pA}$	$R'_w$	$R'_w$	$L'_{n,w}$
	dB	dB	dB	dB	dB (A)	dB (A)	dB	dB	DB
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΔΙΑΜΟΝΗ	54	55	-	-	30	25	48	60	45
ΓΡΑΦΕΙΑ ΕΜΠΟΡΙΟ	52	60	58	52	35	30	-	55	55
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	57	58	58	52	30	25	-	60	45
ΥΓΕΙΑ	57	55	58	52	30	25	-	60	45
ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	65	40	62	47	(25)	(25)	-	(65)	(40)



**ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ – ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ. ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β «ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ»**

					Ηχοπροστασία από :				
ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης		Ηχομόνωση κατοικίας από άλλο χώρο κύριας χρήσης		Εξωτερικούς θορύβους	Θορύβους εγκαταστάσεων	Ηχομόνωση ανάμεσα σε χώρους της ίδιας κατοικίας	Ηχομόνωση κύριου χώρου από χώρους εγκαταστάσεων	
	1	2	3	4				8	9
	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$L_{Aeq,h}$	$L_{pA}$	$R'_w$	$R'_w$	$L'_{n,w}$
	dB	dB	dB	dB	dB (A)	dB (A)	dB	dB	DB
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΔΙΑΜΟΝΗ	50	60	-	-	35	30	42	55	50
ΓΡΑΦΕΙΑ ΕΜΠΟΡΙΟ	40	65	52	55	40	35	-	53	60
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	50	65	55	55	35	30	-	55	50
ΥΓΕΙΑ	50	60	55	55	35	30	-	53	50
ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	60	45	60	48	(25)	(25)	-	(62)	(45)

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ

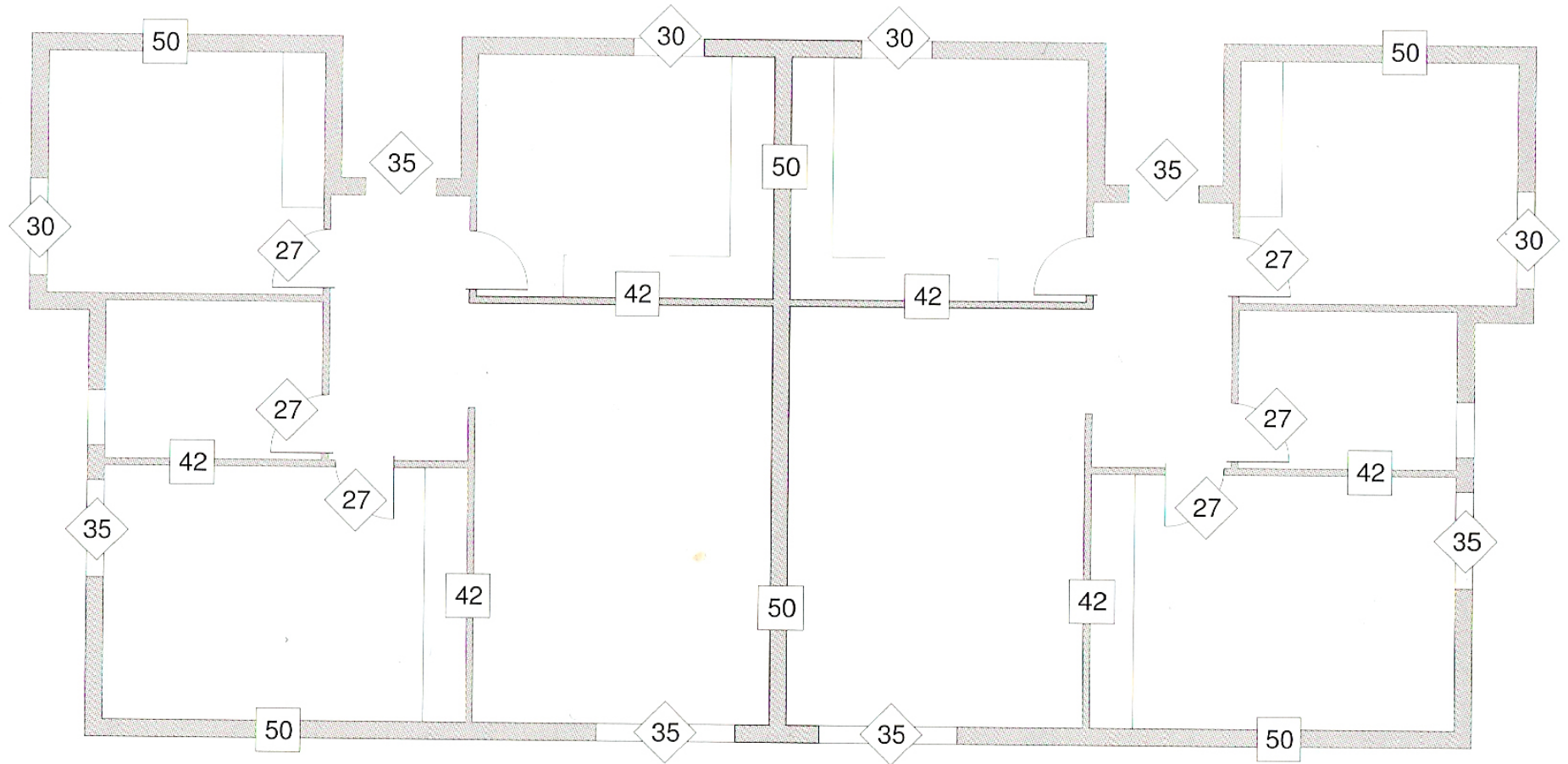
Για τον σχεδιασμό των μέτρων ηχοπροστασίας ενός κτιρίου στο στάδιο της μελέτης θα πρέπει στα σχέδια κατόψεων-τομών να αναγραφούν οι απαιτούμενες τιμές των παραμέτρων ακουστικής άνεσης για την κάλυψη των απαιτήσεων του κανονισμού ανάλογα με το είδος και τη χρήση του κτιρίου.

Ένα υπόδειγμα για το συμβολισμό των παραμέτρων ακουστικής άνεσης παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα.

Σύμβολο	Δείκτης	Περιγραφή
○	$L_{A,eq,h}$ (dB(A))	Ωριαία ισοδύναμη A-ηχοστάθμη Μέγιστη τιμή αερόφερτου θορύβου εξωτερικών πηγών
○	$L_{pA}$ (dB)	A-ηχοστάθμη Μέγιστη τιμή αερόφερτου θορύβου από εγκαταστάσεις
□	$R'_w$ (dB)	Σταθμισμένος Φαινόμενος Δείκτης Ηχομείωσης Ελάχιστη απαιτούμενη τιμή για τοίχους, πατώματα.
◇	$R'_w$ (dB)	Σταθμισμένος Φαινόμενος Δείκτης Ηχομείωσης Ελάχιστη απαιτούμενη τιμή για πόρτες, παράθυρα
▽	$L'_{n,w}$ (dB)	Σταθμισμένη Κανονικοποιημένη Στάθμη Ηχητικής Πίεσης Κτυπογενούς Ήχου Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή κτυπογενούς ήχου για οριζόντια χωρίσματα



Εξωτερική Α-ηχοστάθμη 65 dBA



Σχ. 79. Παράδειγμα ασυνεχούς κατασκευής

Ελληνικός κανονισμός: ελάχιστες αξίες  $R'_w$

# 1- Ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο, $D_{nT,A}$

## 1.1 Ευρωπαϊκός κανονισμός

