

# ***ΞΗΡΑΝΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ***

***Μ. Σκαρβέλης***

# *Λόγοι που επιβάλλουν την ξηήρανση του ξύλου*

- Σταθεροποίηση διαστάσεων
- Αποφυγή παραμορφώσεων
- Μειώνεται το βάρος του
- Κατεργάζεται (κόβεται, πλανίζεται, τρίβεται, κολλιέται, καρφώνεται, βάφεται) καλύτερα
- Δράση μυκήτων σταματάει κάτω από 20%
- Σε υψηλές θερμοκρασίες επιτυγχάνεται και αποστείρωση του ξύλου-

# Κατάλληλη (επιθυμητή) υγρασία

- Έπιπλα – εσωτερικοί χώροι 8 – 9 (7-10)%
- Κουφώματα 10 – 12 %
- Εξωτερικές κατασκευές 12 – 16 %

# ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

## (*Moisture content*)

- Η υγρασία βρίσκεται στο ξύλο :
  - στα κυτταρικά τοιχώματα του
  - στις κυτταρικές κοιλότητες του

Μάζα ξύλου υγρή – Μάζα ξύλου ξηρή

- $$Y\% = \frac{\text{Μάζα ξύλου υγρή} - \text{Μάζα ξύλου ξηρή}}{\text{Μάζα ξύλου ξηρή}} \times 100$$

- Μετριέται με:
  - Ξήρανση και ζύγιση
  - Ηλεκτρικό υγρόμετρο
  - Με χημικές μεθόδους (απόσταξη)

# ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ



**Μέτρηση υγρασίας με ξήρανση και ζύγιση**

(ζυγίζω – ξηραίνω – ξαναζυγίζω)

# Παράδειγμα 1:

- Ένα τεμάχιο ξύλου ζυγίζει 135 gr. Το ξηραίνω στους  $103 \pm 2$  C και το βάρος του σταθεροποιείται στα 105 gr.
- Ποια ήταν η υγρασία του;

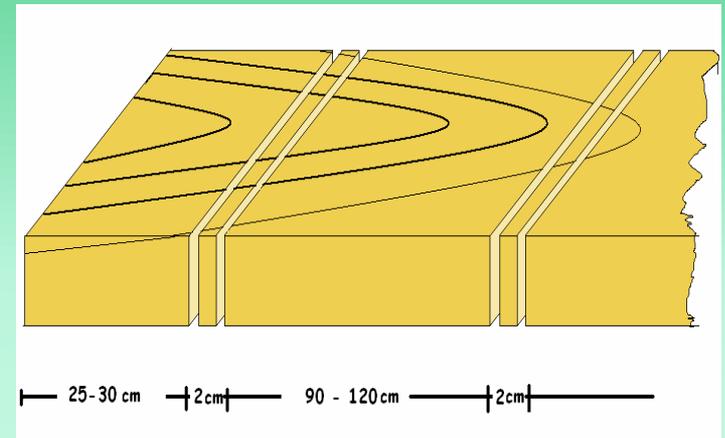
- $$Y\% = \frac{\text{Αρχικό βάρος} - \text{Τελικό βάρος}}{\text{Τελικό βάρος}} \times 100$$

- **Απάντηση:** 
$$\begin{aligned} & ((135 - 105) / 105) \times 100 = \\ & = (30 / 105) \times 100 = \mathbf{28,57 \%} \end{aligned}$$

# Παράδειγμα 2:

- Από μια σανίδα κόβω δυο τεμάχια σε αποστάσεις περίπου 30 cm από τα άκρα της και τα ζυγίζω. Το τεμάχιο A ζυγίζει 82 gr και το τεμάχιο B ζυγίζει 77 gr. Τα ξηραίνω στους  $103 \pm 2$  C και τελικά ζυγίζουν 75 και 70 gr αντίστοιχα. Να υπολογίσετε τη μέση υγρασία της σανίδας.

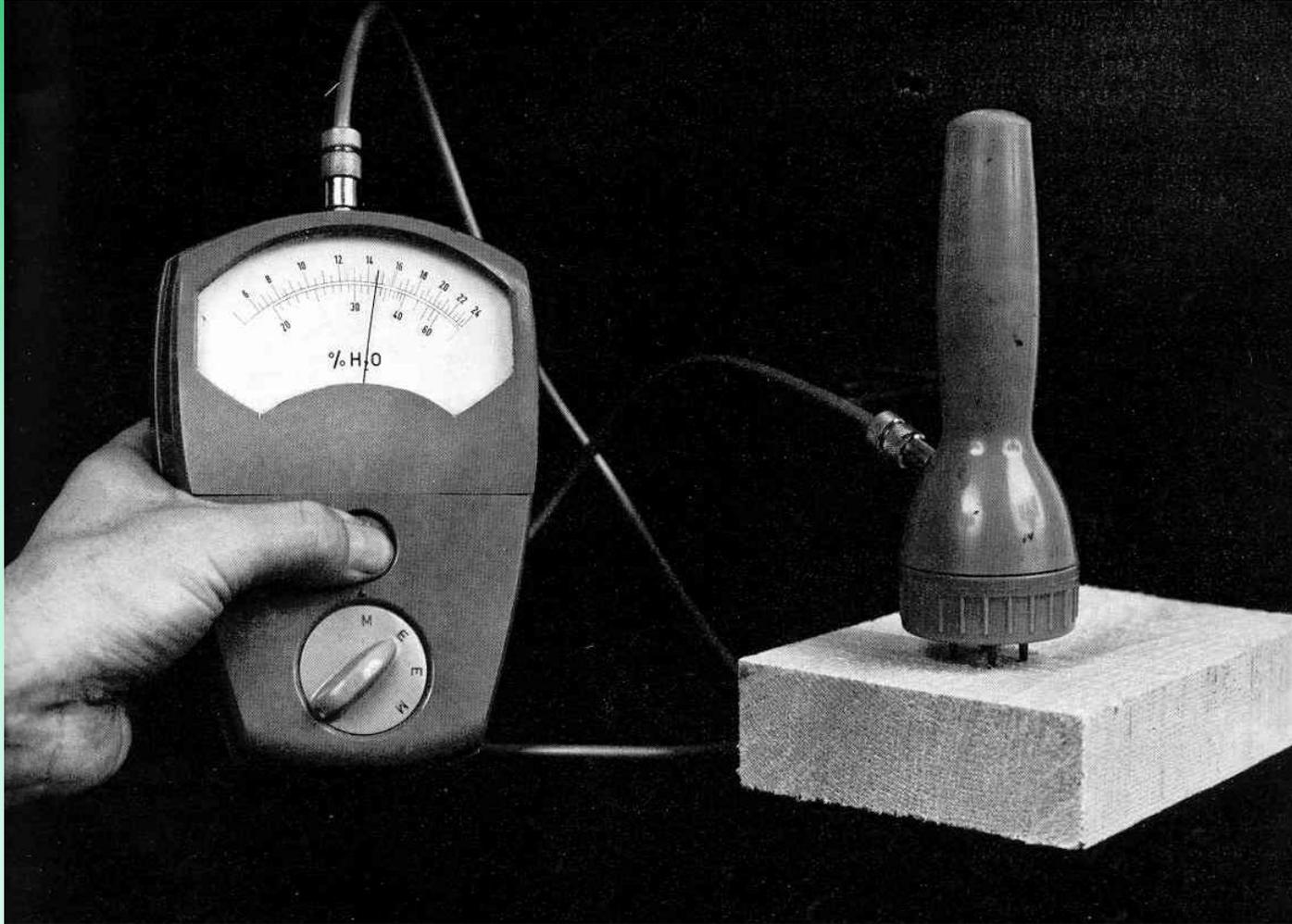
- $$Y\% = \frac{\text{Μάζα ξύλου υγρή} - \text{Μάζα ξύλου ξηρή}}{\text{Μάζα ξύλου ξηρή}} \times 100$$



- Απάντηση:** Τεμάχιο A:  $((82-75)/75) \times 100 = 9,33 \%$   
Τεμάχιο B:  $(77 - 70)/70) \times 100 = 10 \%$

Ο μέσος όρος των τιμών μας δίνει τη μέση υγρασία της σανίδας:  
 $(9,33 + 10,0) / 2 = \mathbf{9,67 \%$

# ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ



Μέτρηση υγρασίας με ηλεκτρικό υγρόμετρο

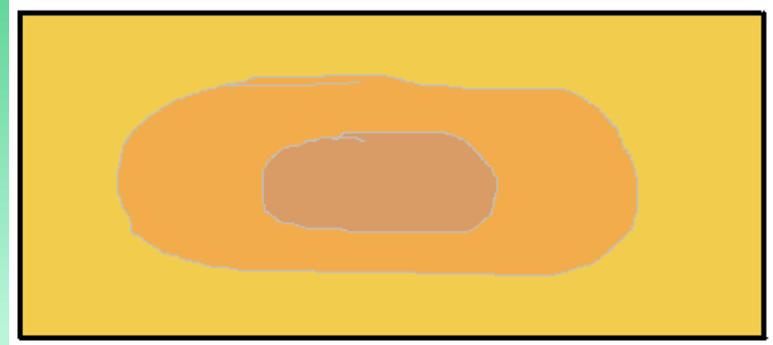
# Ηλεκτρικό υγρόμετρο επαφής



# Σε ποιο βάθος μετράμε την υγρασία;

Στη διάρκεια της ξήρανσης η υγρασία του ξύλου μεταβάλλεται.

Είναι πολύ πιθανό μετρώντας την υγρασία σε διαφορετικά βάθη να πάρουμε τρεις ή και περισσότερες διαφορετικές τιμές.



- Στο  $\frac{1}{2}$  του πάχους: υγρασία στον πυρήνα, μέγιστη τιμή
- Στο  $\frac{1}{3}$  του πάχους: μέση τιμή υγρασίας
- Στο  $\frac{1}{6}$  του πάχους: επιφανειακή υγρασία

Μέτρηση στο  $\frac{1}{2}$  θεωρείται πιο σωστό για τη φυσική ξήρανση. Μέτρηση στο  $\frac{1}{3}$  θεωρείται πιο σωστό για το ξηραντήριο, αλλά παίρνουμε και πιο μεγάλο ρίσκο.

# ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

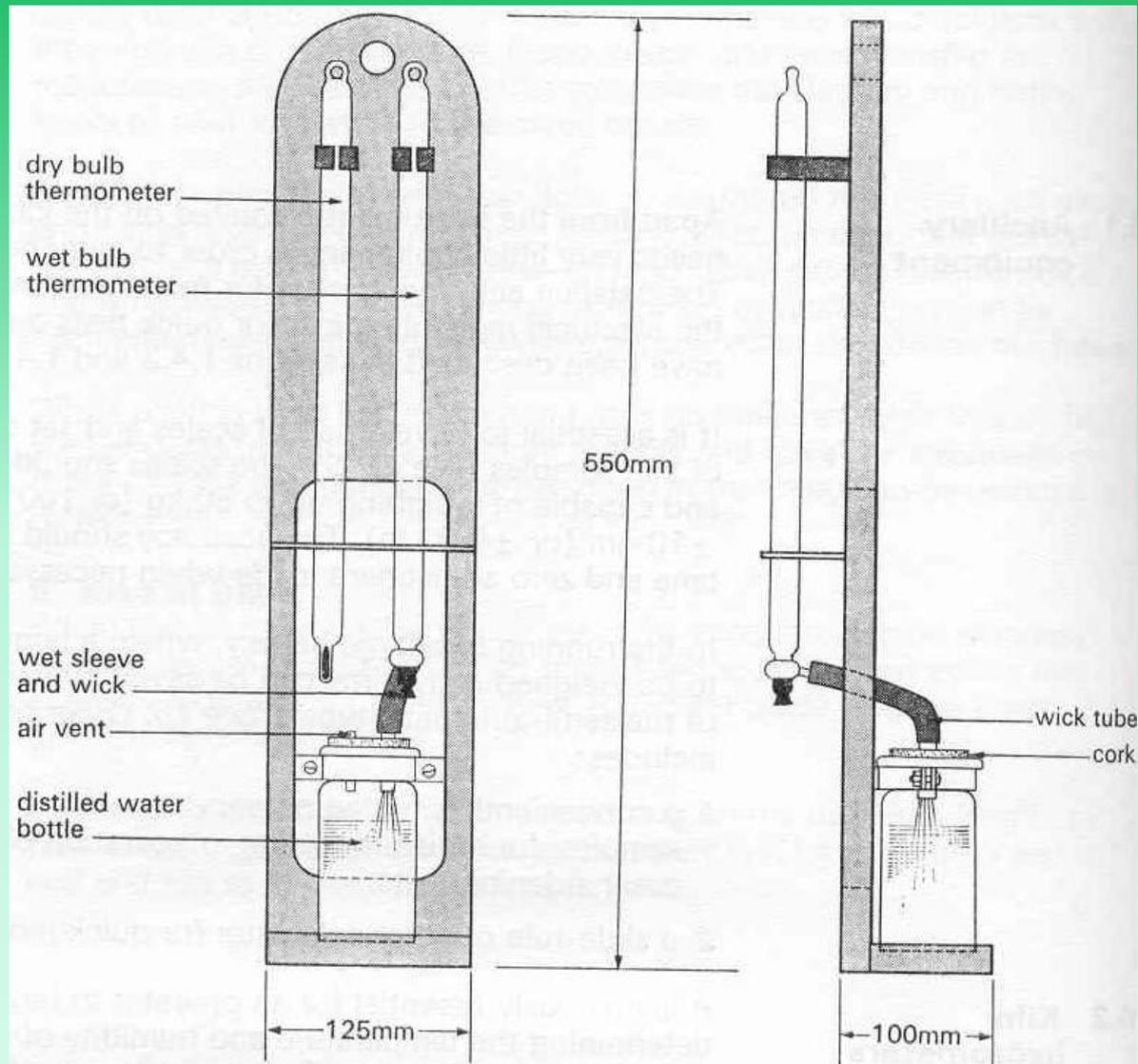
## (Relative Humidity)

- Είναι ο λόγος της μάζας των υδρατμών  $m$  που περιέχονται σε ορισμένο όγκο αέρα, προς τη μάζα  $m_u$  που θα είχαν αν ο ίδιος χώρος ήταν κορεσμένος σε υδρατμούς. (στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας)

- $$RH\% = \frac{m}{m_u} \times 100$$

- Μετράται με το ψυχρόμετρο (σύστημα ξηρού και υγρού θερμομέτρου) το οποίο βασίζει τη λειτουργία του στην άμεση σχέση μεταξύ σχετικής υγρασίας αέρα, θερμοκρασίας αέρα και διαφοράς ένδειξης μεταξύ ψυχρού και υγρού θερμομέτρου

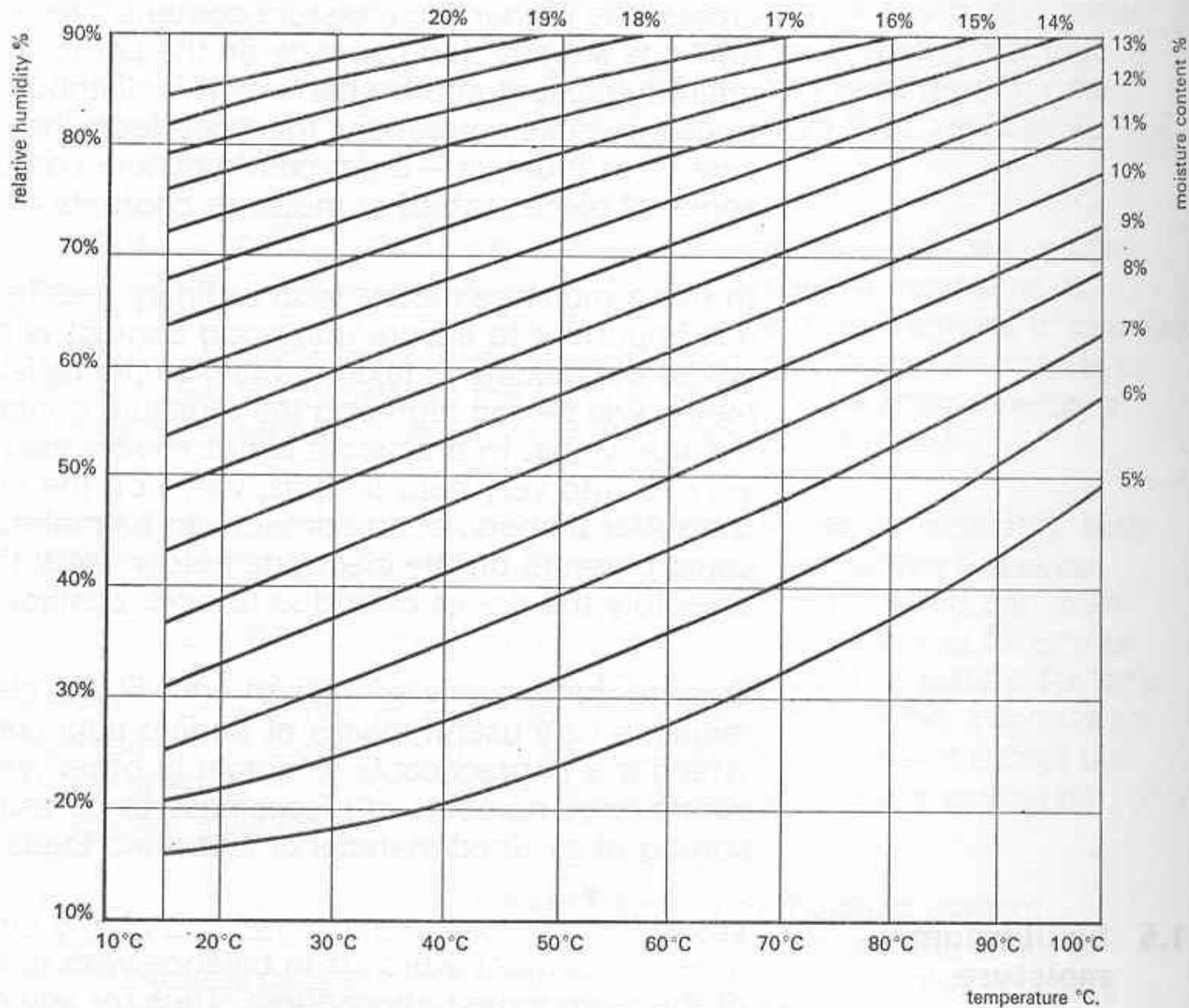
# ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ



**Ψυχρόμετρο** (μέτρηση με ξηρό – υγρό θερμοόμετρο)

# ΟΡΙΣΜΟΙ

- ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (ΥΓΡΑΣΙΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ – *Equilibrium Moisture Content*): Η τελική υγρασία την οποία θα συγκρατήσει το ξύλο ανάλογα με την υγρασία του περιβάλλοντος χώρου στον οποίο είναι εκτεθειμένο.
- ΣΗΜΕΙΟ ΙΝΟΚΟΡΟΥ (*Fiber Saturation Point*): Η κατάσταση του ξύλου στην οποία τα κυτταρικά τοιχώματα είναι κορεσμένα σε νερό και οι κυτταρικές κοιλότητες είναι κενές.
- Υγρασία ινοκόρου: 25-35%, (πρακτικά : 30%)
- Το ξύλο για να είναι κατάλληλο προς χρήση πρέπει να έχει αποκτήσει την υγρασία ισορροπίας που αντιστοιχεί στο περιβάλλον που θα χρησιμοποιηθεί.



Διάγραμμα υπολογισμού της υγρασίας ισορροπίας του ξύλου  
 (με βάση τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος αέρα)

# *Παράγοντες του ξύλου που επηρεάζουν την ξήρανση*

- Η υγρασία του ξύλου
- Η πυκνότητα του ξύλου
- Η δομή του ξύλου

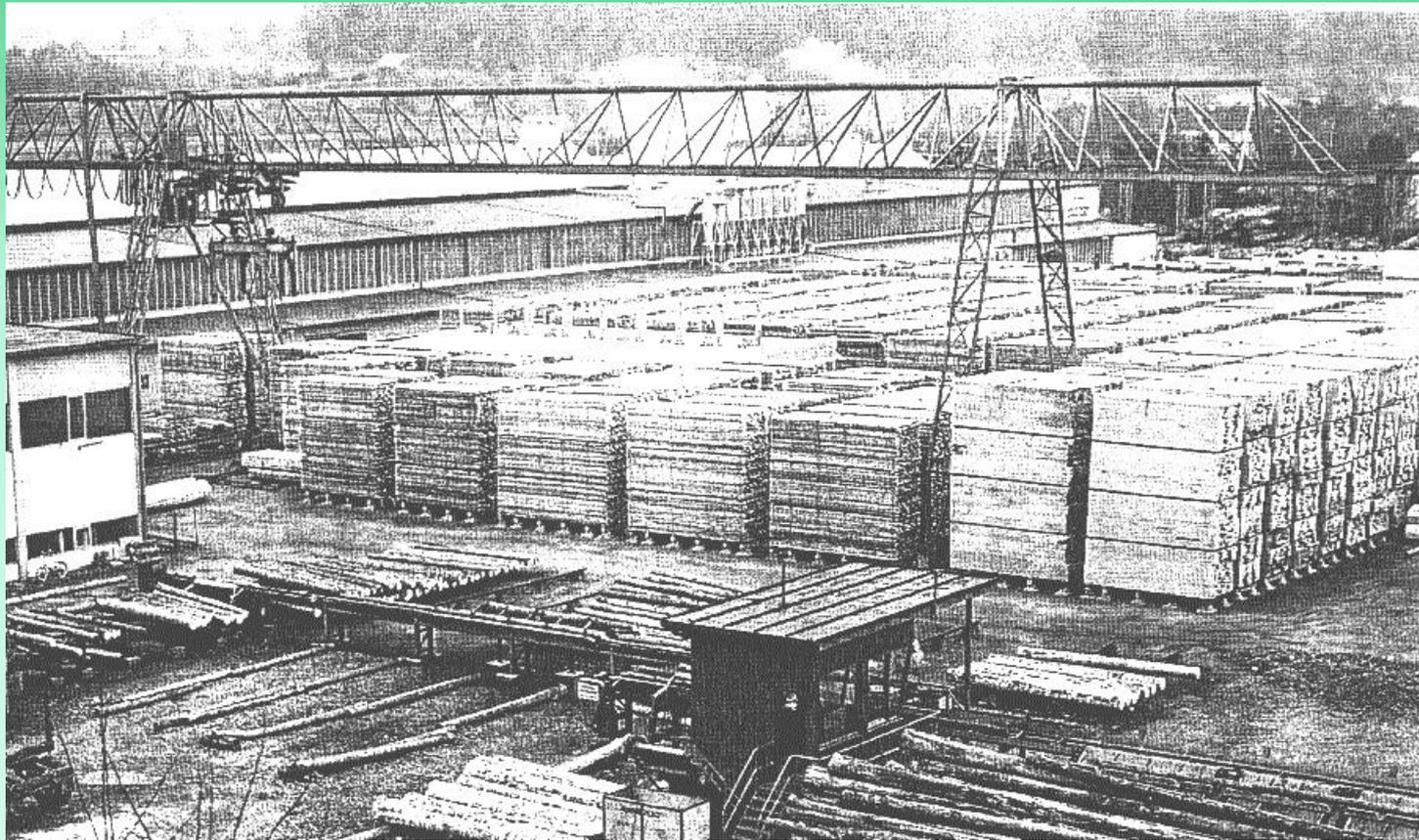
# *Εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ξήρανση*

- Η θερμοκρασία
- Η σχετική υγρασία του αέρα
- Η κυκλοφορία του αέρα

# ***Βασικές μέθοδοι ξήρανσης***

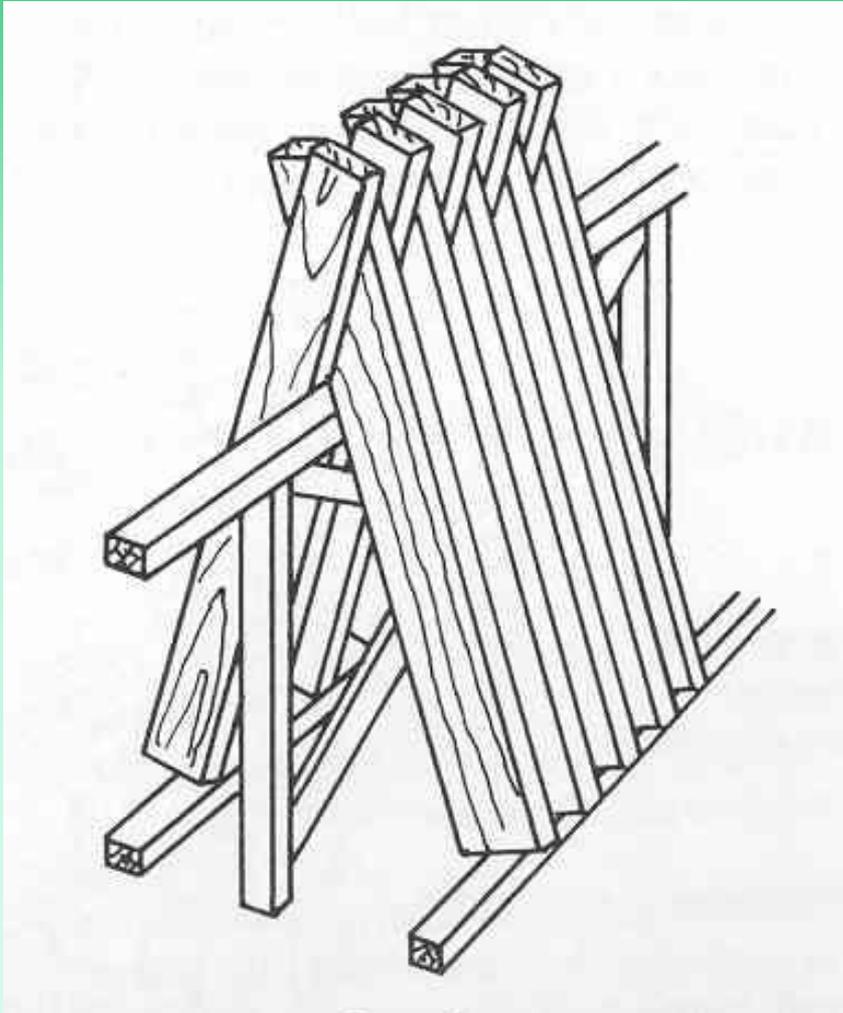
- 1. ΦΥΣΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ (Air drying)**
- 2. ΤΕΧΝΗΤΗ ΞΗΡΑΝΣΗ (Kiln drying)**

# Φυσική ξήρανση



# Φυσική ξήρανση

(πρόχειρη ξήρανση κωνοφόρων)



# ΦΥΣΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ *(πρόχειρη ξήρανση κωνοφόρων)*

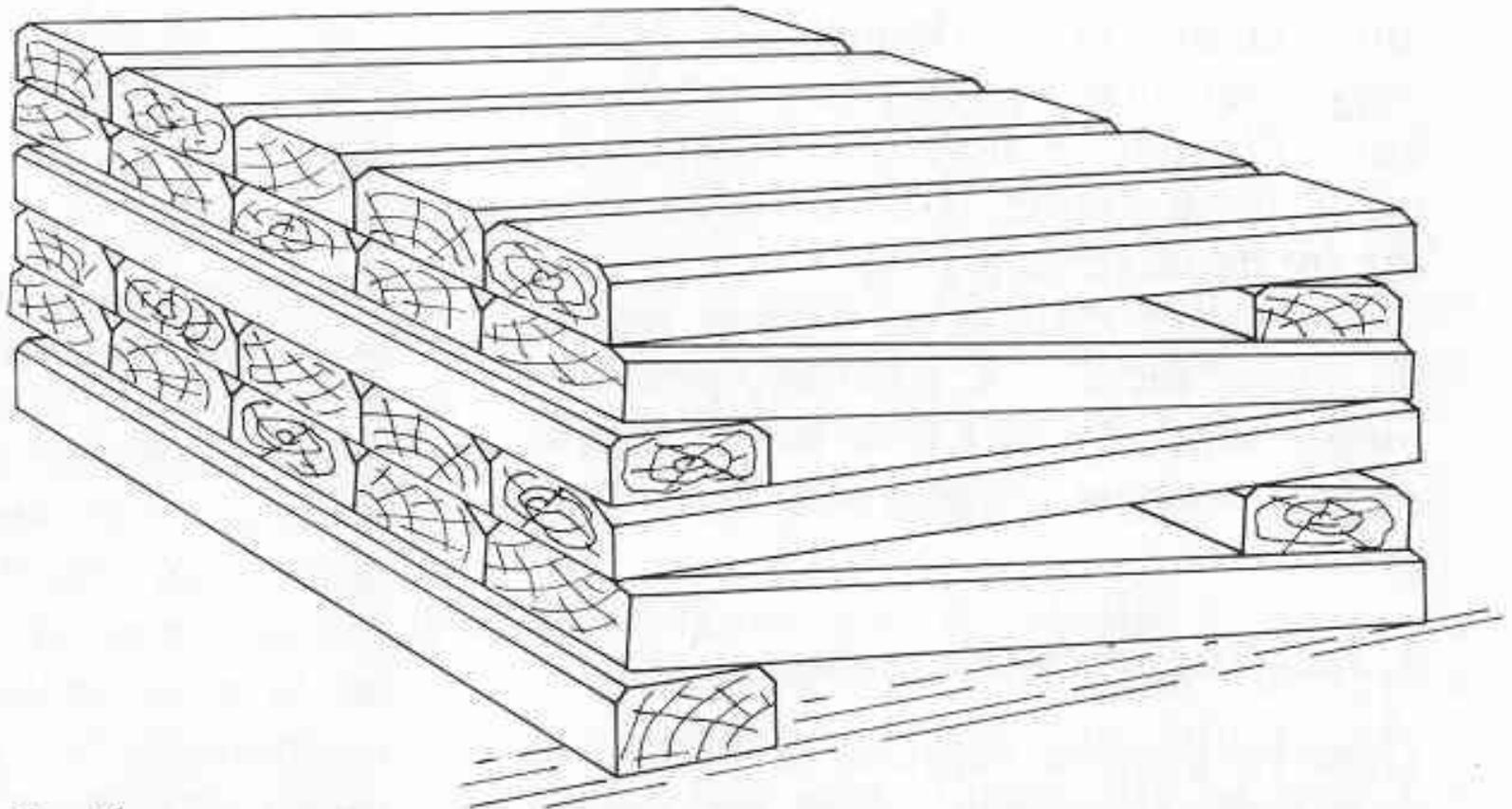


# ΦΥΣΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ (πρόχειρη ξήρανση κωνοφόρων)



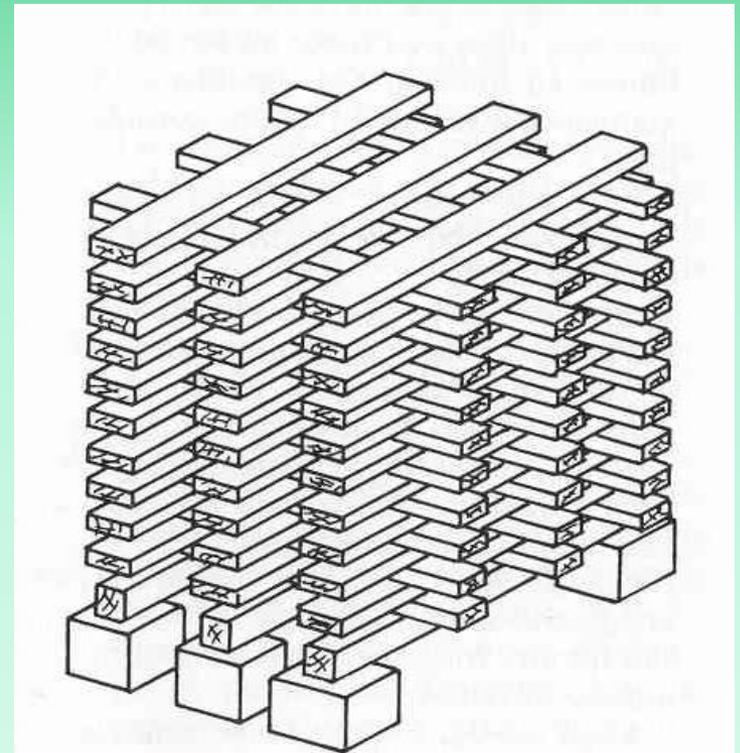
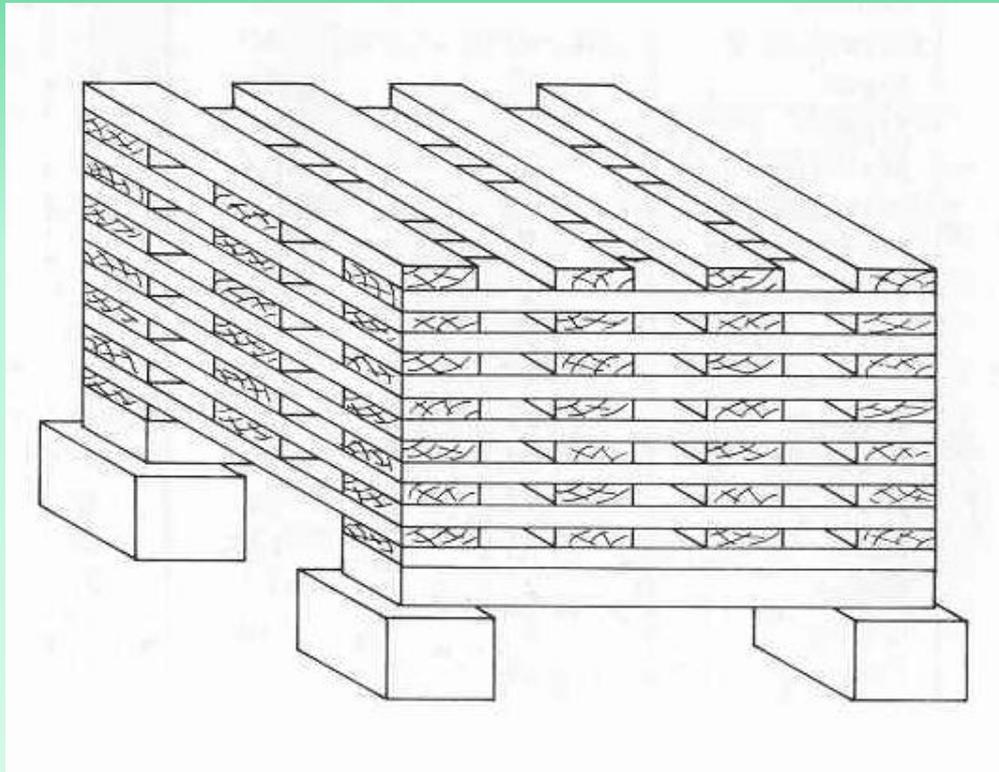
# Φυσική ξήρανση

(αυτοστοίβαξη, χωρίς διαχωριστικούς πήχεις)

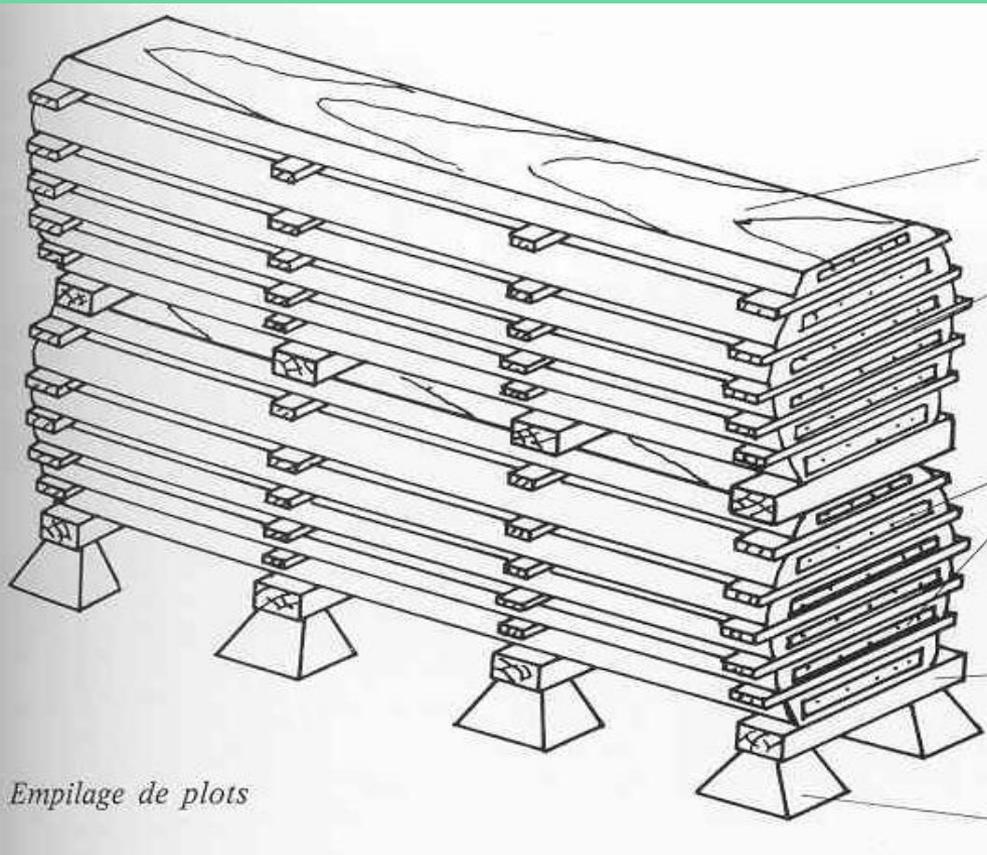


# Φυσική ξήρανση

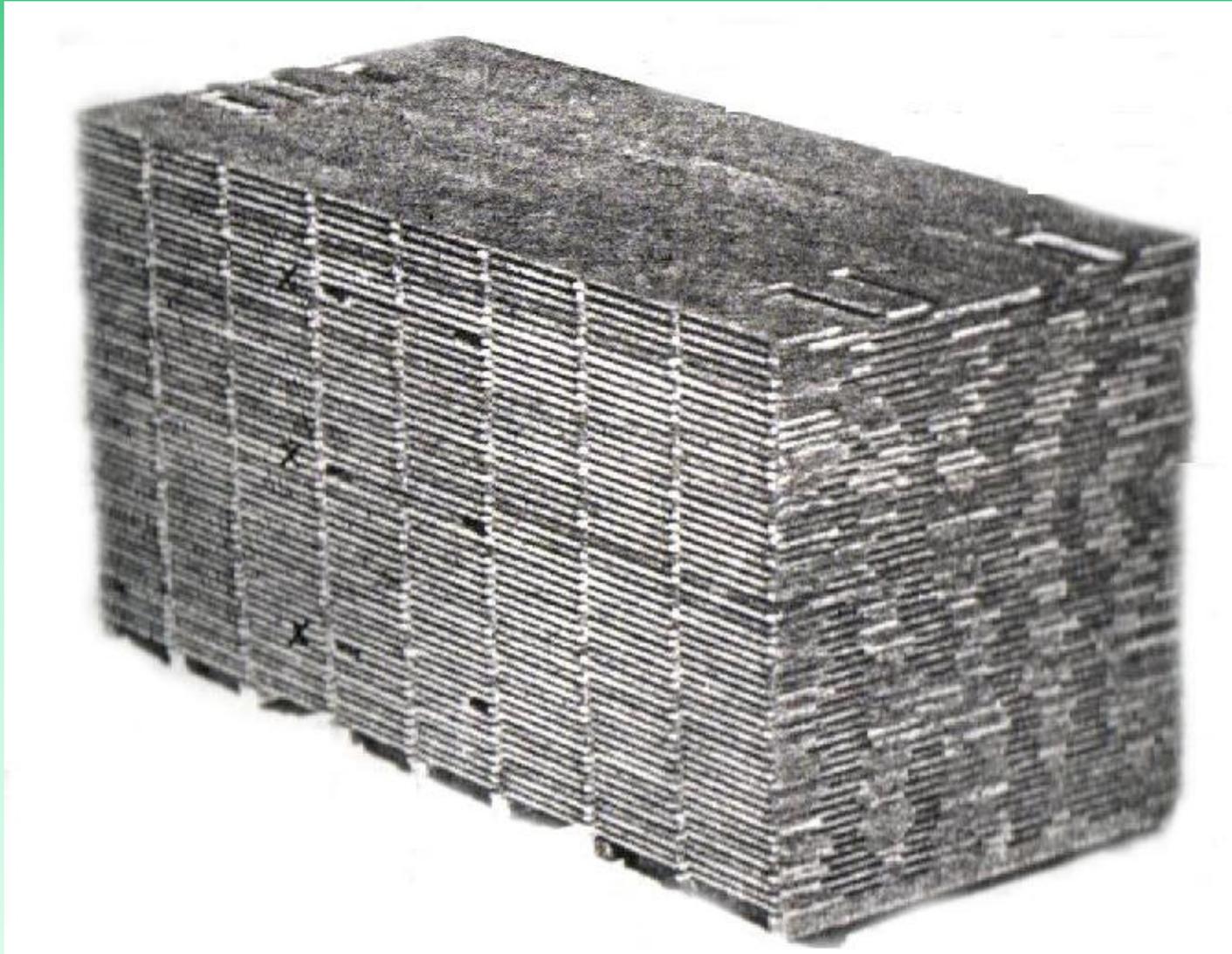
(αυτοστοίβαξη, χωρίς διαχωριστικούς πήχεις)



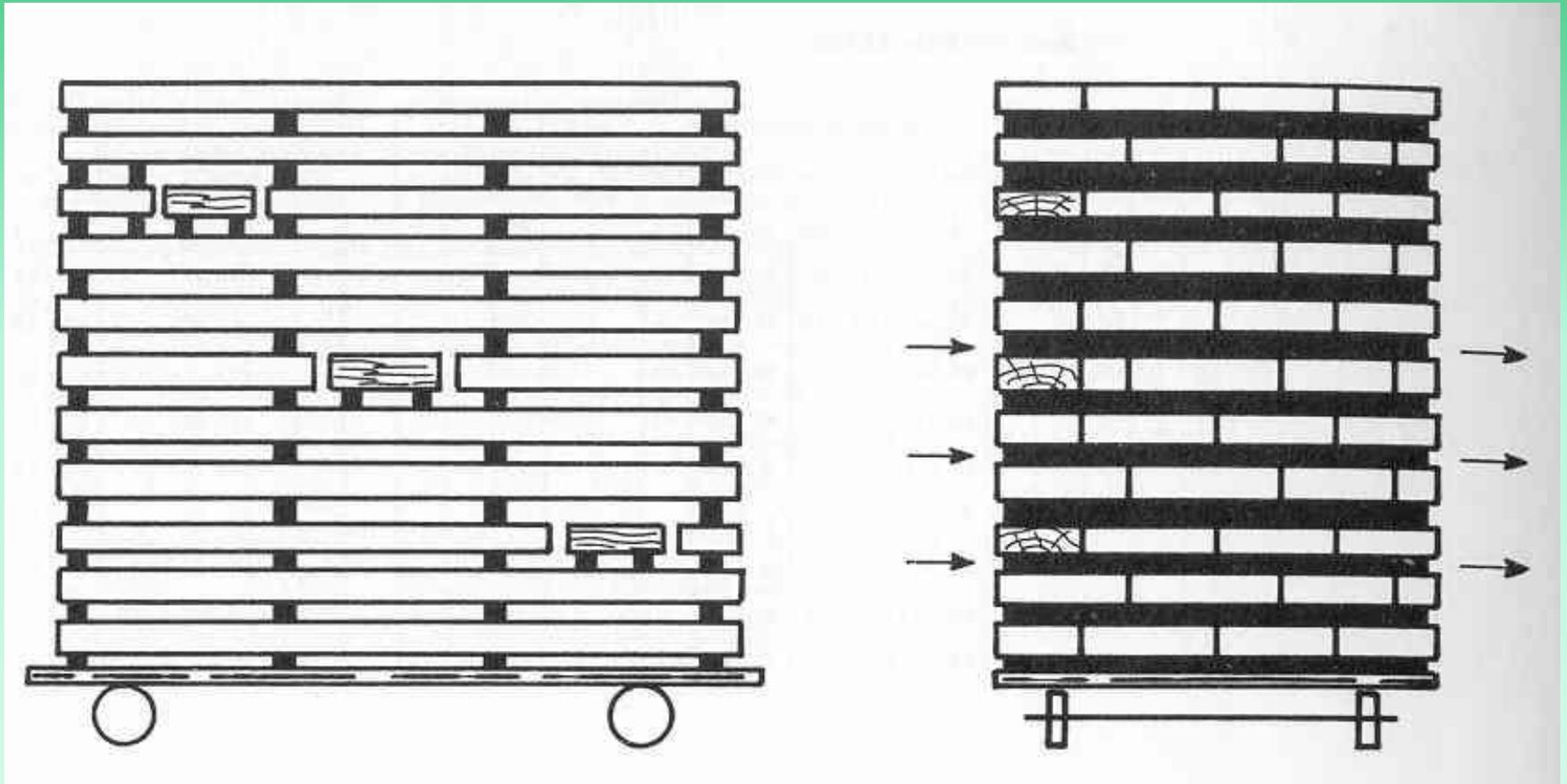
# Φυσική ξήρανση κορμών



# Στοιβάξη ξυλείας με άνισο μήκος



# Φυσική ξήρανση



**ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ «ΜΑΡΤΥΡΑ»**

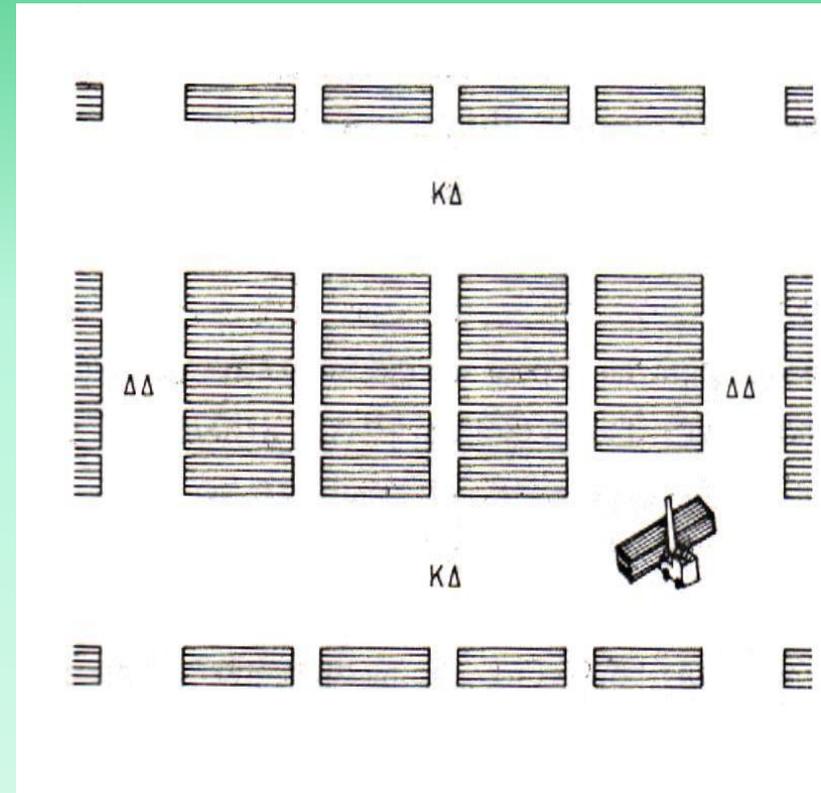
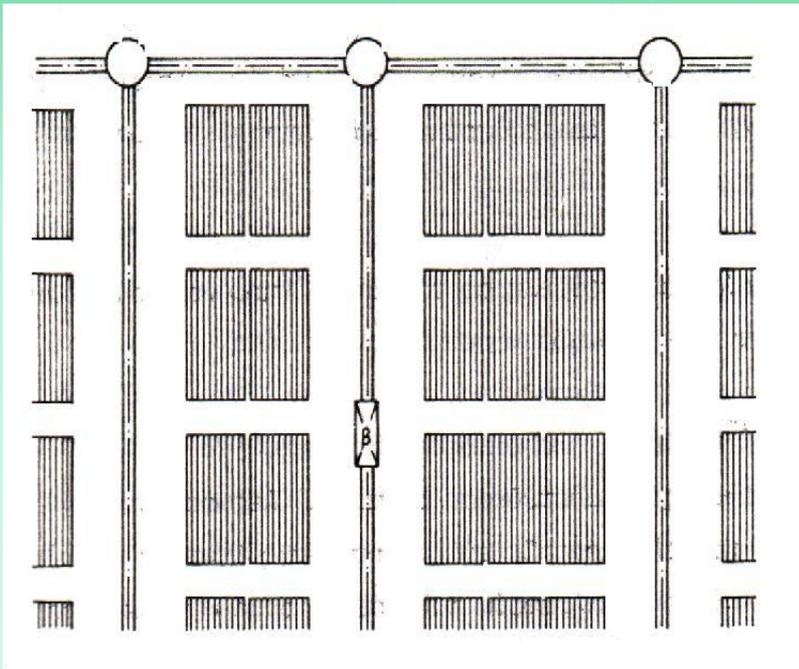
# ***ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ***

- Εκλογή κατάλληλου χώρου  
(πριστοπλατείας, γηπέδου ξηράνσεως)
- Κατάλληλη τοποθέτηση (στοίβαξη) της  
ξυλείας
- Κλίμα - Ρυθμός ξήρανσης

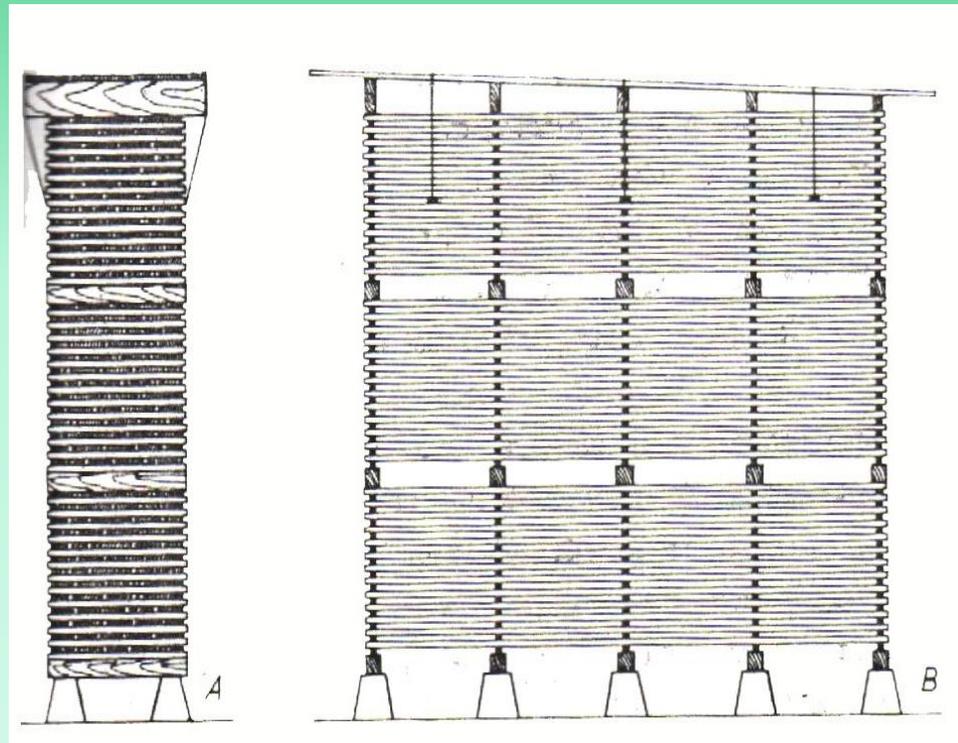
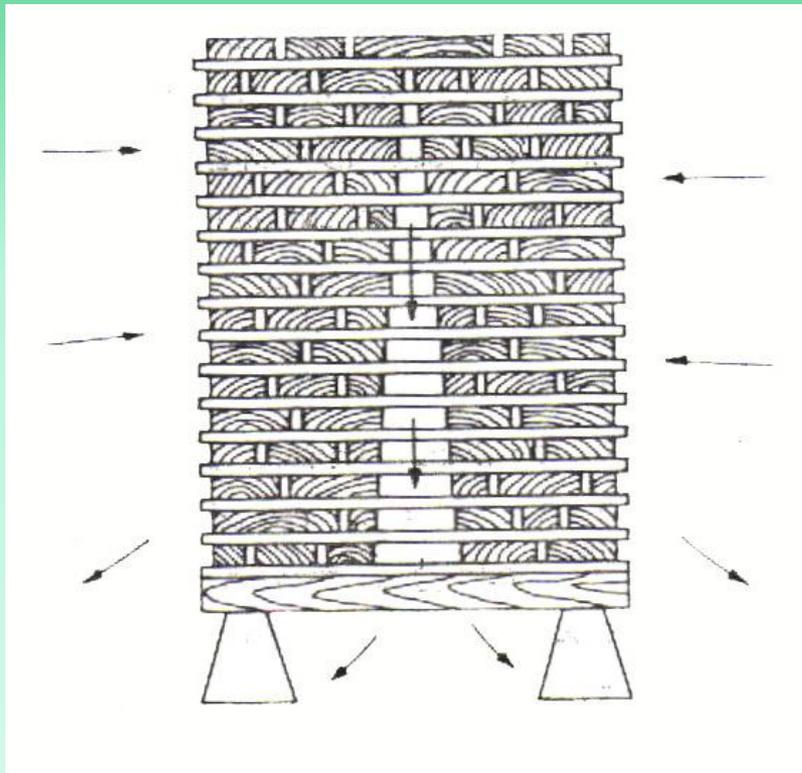
## **Στοιβάξη** (τι προσέχουμε):

- Διάταξη στοιβάδων
- Διαστάσεις στοιβάδων
- Βάθρα
- Διαχωριστικοί πήχεις
- Ταξινόμηση- στοιβάξη ξυλείας με άνισο μήκος. Απόσταση πριστών
- Στέγη
- Προστασία άκρων

# Διάταξη των στοιβάδων



# Διαστάσεις στοιβάδων



# Φυσική ξήρανση



# ΦΥΣΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ



# Φυσική ξήρανση



# *Μέθοδοι τεχνητής ξήρανσης*

- Ξήρανση με δυναμικό αερισμό και ρύθμιση θερμοκρασίας (κλασσικά ξηραντήρια – Conventional drying)
- Ξήρανση σε χαμηλές θερμοκρασίες με αφύγρανση (dehumidification drying)
- Ξήρανση σε κενό (Vacuum drying)
- Ξήρανση με υψηλές θερμοκρασίες (High temperature drying)
- Ηλιακά ξηραντήρια (Solar drying)
- Ξήρανση με υπέρυθρα ρεύματα (High frequency drying)

# **ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ**

- Θερμική μόνωση
- Κατασκευή της εισόδου (ερμητικό κλείσιμο)
- Σωληνώσεις: Διοχέτευσης ατμού  
«Καλοριφέρ»
- Ανεμιστήρες
- Όργανα μέτρησης των συνθηκών του ξηραντηρίου
- Αίθουσα ειδικών οργάνων (συνήθως αυτογραφικών)

# Το Πρόγραμμα Ξήρανσης

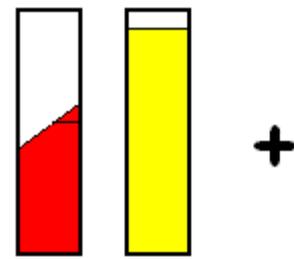
Όλοι οι παράγοντες της ξήρανσης παρακολουθούνται μαζί, μέσα από ένα Πρόγραμμα ξήρανσης

Το πρόγραμμα ξήρανσης εξαρτάται από:

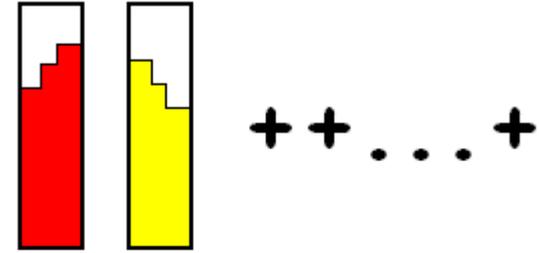
- Το είδος του ξύλου
- Το πάχος του ξύλου
- Την αρχική υγρασία
- Την (επιθυμητή) τελική υγρασία
- Την ποιότητα ξήρανσης

Το  
Πρόγραμμα  
Ξήρανσης  
περιλαμβάνει  
φάσεις:

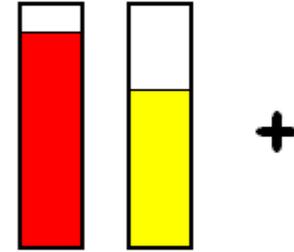
Προθέρμανση



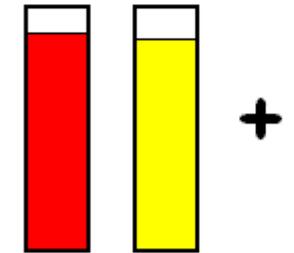
Κυρίως ξήρανση



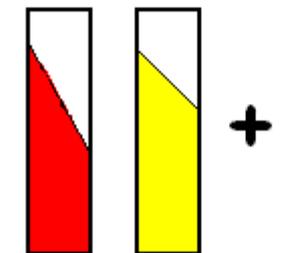
Εξισορρόπηση



Κλιματισμός



"Κρύωμα"



Το  
 Πρόγραμμα  
 Ξήρανσης  
 περιλαμβάνει  
 φάσεις:

MC	Είδος X		Είδος Ψ		Είδος Z	
	Θερμ.	EMC	Θερμ.	EMC	Θερμ.	EMC
>50 %	45	15,0	-	-	-	-
50-45	45	14,5	-	-	-	-
45-40	45	14,0	-	-	-	-
40-35	45	13,0	-	-	-	-
35-30	45	12,0	-	-	-	-
30-25	48	10,0	50	13,0	-	-
25-23	52	8,5	50	12,5	-	-
23-20	52	8,5	52	11,5	-	-
20-19	58	6,5	54	10,5	55	12,5
19-18	58	6,5	54	10,5	57	11,5
18-17	58	6,5	57	8,5	57	11,5
17-16	58	6,5	57	8,5	59	10,5
16-15	58	6,5	62	6,5	63	8,5
15-14	65	5,0	62	6,5	67	6,5
14-12	65	5,0	68	5,0	70	5,0
Αρχική υγρασία	40 %		16 %		16,3 %	
Τελική υγρασία	12%		10,7 %		12 %	
Διάρκεια	9	ημέρες	7	ημέρες	3	ημέρες

# ***ΠΗΛΙΚΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ***

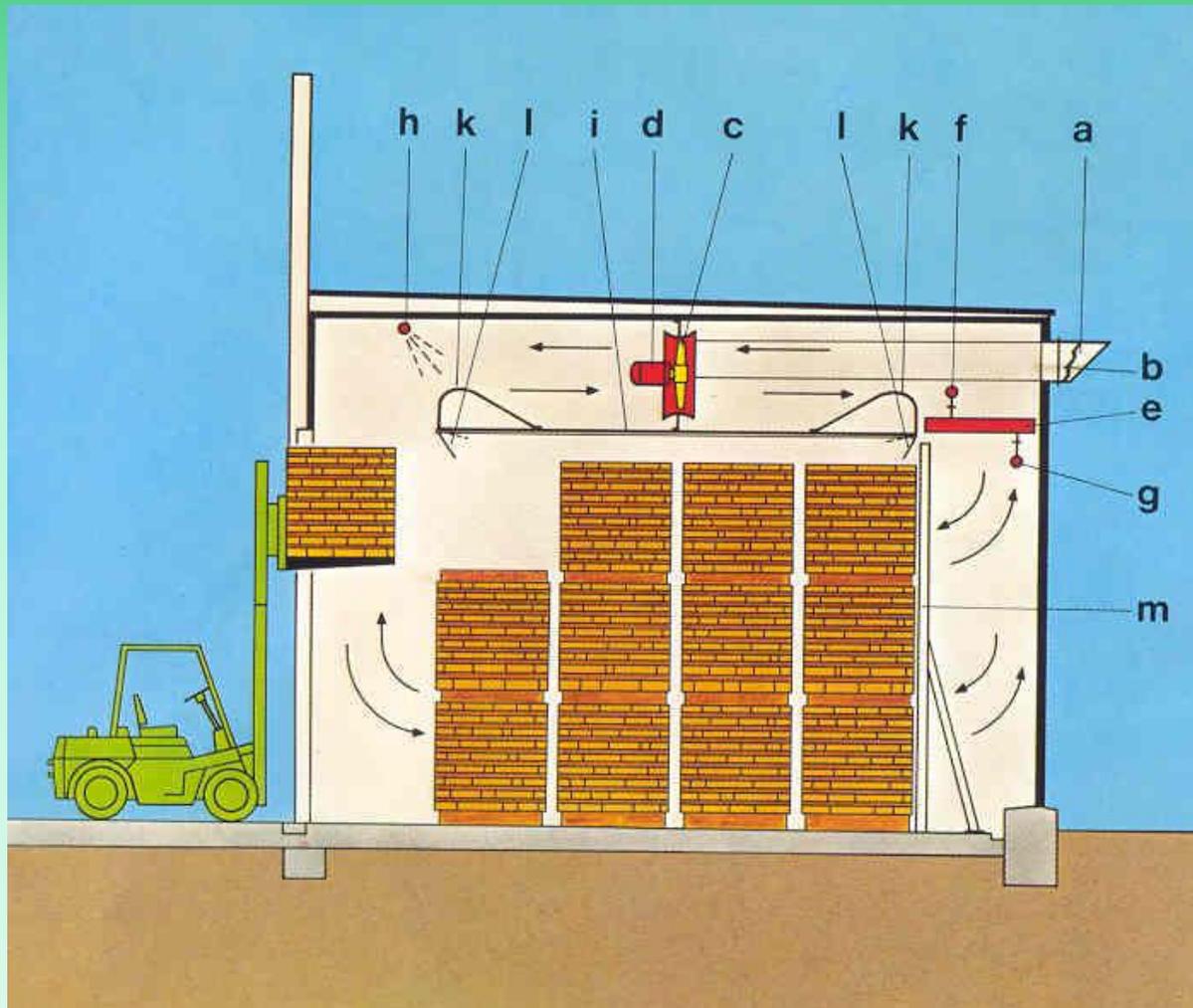
- Είναι το πηλίκο της τρέχουσας περιεχόμενης υγρασίας του ξύλου προς την περιεχόμενη υγρασία του που αντιστοιχεί στην σχετική υγρασία του θαλάμου ξήρανσης σε δεδομένη στιγμή
- Αποτελεί ένα πολύτιμο «σύμβουλο» για την ασφαλή και ποιοτική ξήρανση

# **ΠΗΛΙΚΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ**

**(Drying gradient, Trocknungsgefälle)**

- Έχει ιδιαίτερη σημασία η συστηματική παρακολούθησή του κάτω από το σημείο ινοκόρου (30%)
- Τα κωνοφόρα είδη «αντέχουν» σε ψηλότερο πηλίκιο υγρασίας: 2,2 – 3,0
- Τα πλατύφυλλα είδη απαιτούν χαμηλότερο πηλίκιο υγρασίας: 1,3 – 2,5

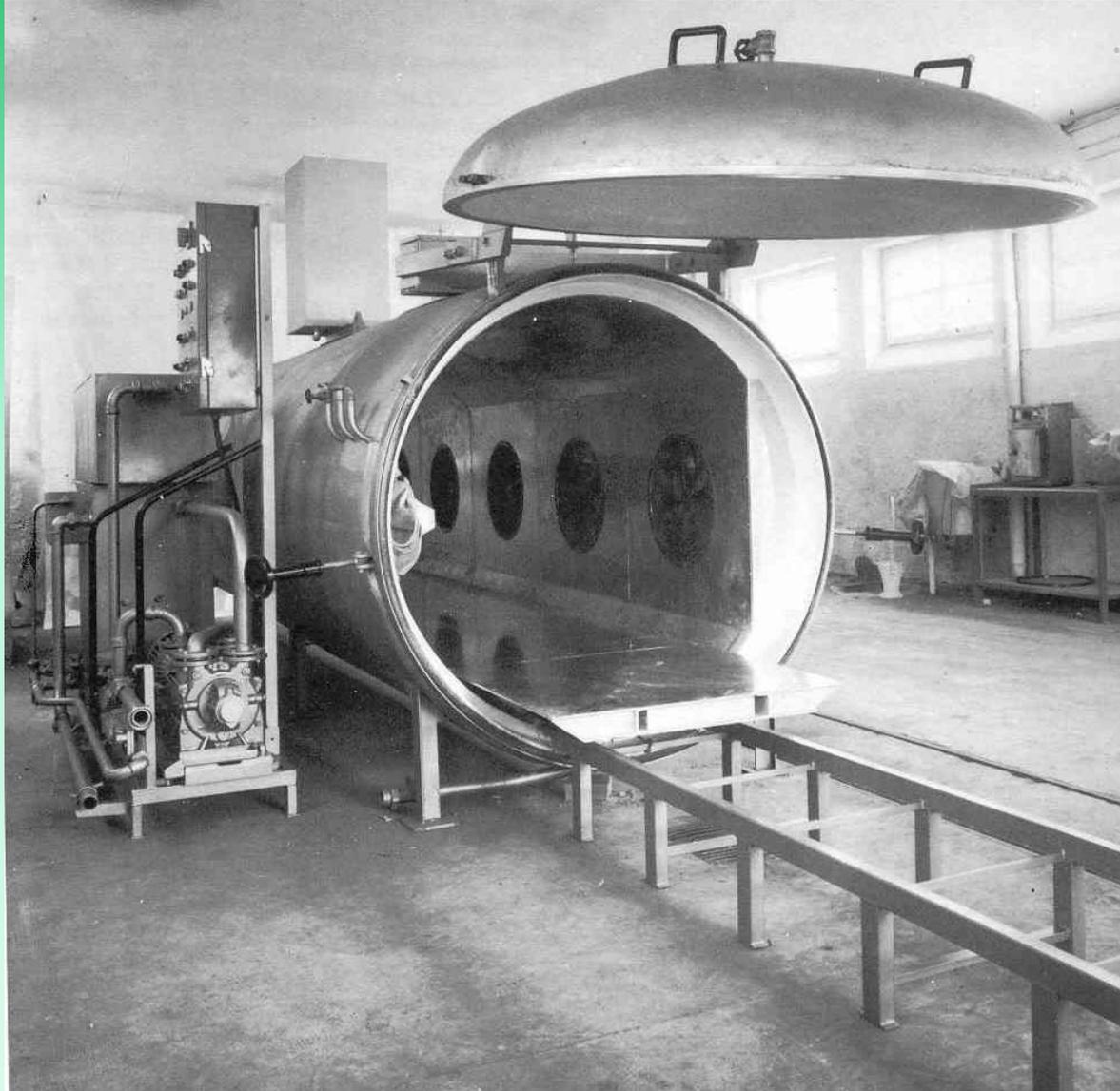
# ΕΡΠΑΝΘΡΙΑ



# ***ΕΡΠΑΝΘΡΙΑ***



# ***ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΑ ΚΕΝΟΥ***



# ***ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΑ ΚΕΝΟΥ***

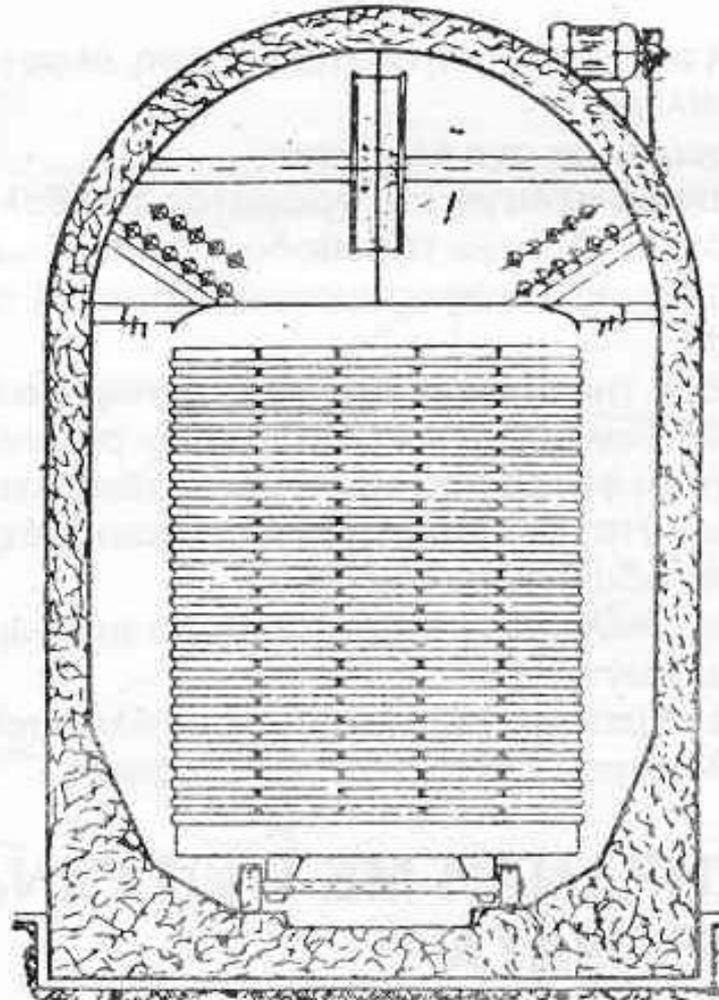
## **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Ταχύτερα αποτελέσματα (2-5 φορές μικρότερος χρόνος από την κλασική μέθοδο)
- Καλή ποιότητα ξήρανσης με λίγα σφάλματα

## **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Μικρή χωρητικότητα κυλίνδρου
- Κατανάλωση μεγάλων ποσών ενέργειας
- Δεν είναι δυνατή η μίξη ειδών

# ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΑ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ



Σχ. 25 Ξηραντήριο πολύ υψηλής θερμοκρασίας

# **ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΑ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ**

## **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Αυτοματοποιημένη λειτουργία
- Το παραγόμενο ξύλο γίνεται λιγότερο υγροσκοπικό
- Ταχύτερα αποτελέσματα (3-5 φορές μικρότερος χρόνος από την κλασική μέθοδο)

## **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Δημιουργεί μεταχρωματισμούς (σκουραίνει το χρώμα)
- Στα κωνοφόρα παρατηρείται έξοδος ρητίνης
- Υπάρχει κίνδυνος κατάρρευσης για ξύλα με μεγάλη αρχική υγρασία
- Δαπανηρή εγκατάσταση και συντήρηση

# ***ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΑ ΥΨΙΣΥΧΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ - ΚΕΝΟΥ***



# ***ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΑ ΥΨΙΣΥΧΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ***

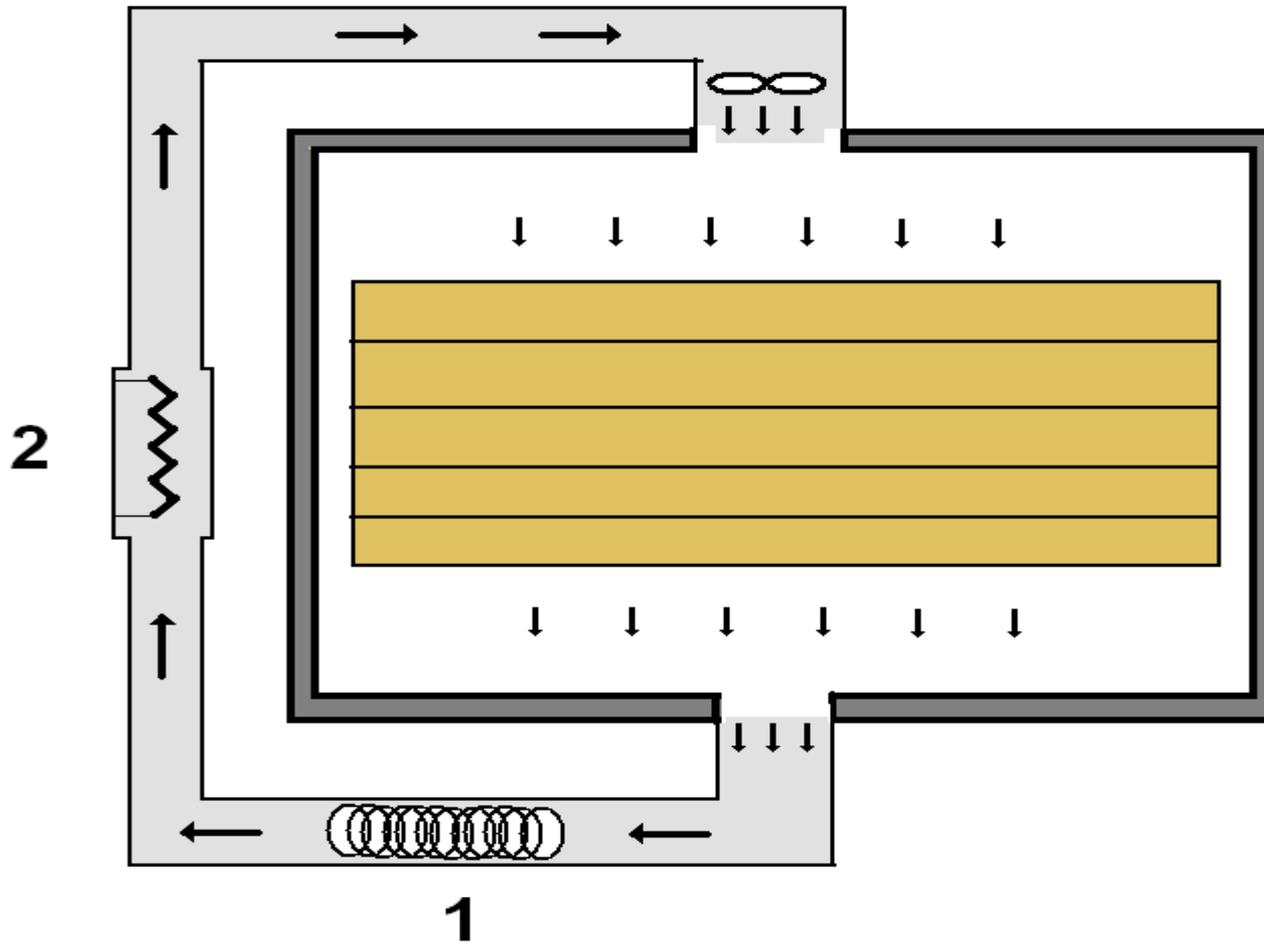
## **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Ομοιόμορφη ξήρανση
- Ταχύτερα αποτελέσματα

## **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Κατανάλωση μεγάλων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας (περίπου 2πλάσια από το σύνολο της κλασικής μεθόδου)
- Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε βαριά ξύλα
- Μεγάλο κόστος επένδυσης

# ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΑ ΑΦΥΓΡΑΝΣΗΣ



- 1: Παγωμένη σερπαντίνα** (ο αέρας αφυγραίνεται - ξηραίνεται από την απότομη ψύξη)  
**2: Θερμαντικό στοιχείο** (ο αέρας επαναθερμαίνεται)

# ***ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΑ ΑΦΥΓΡΑΝΣΗΣ***

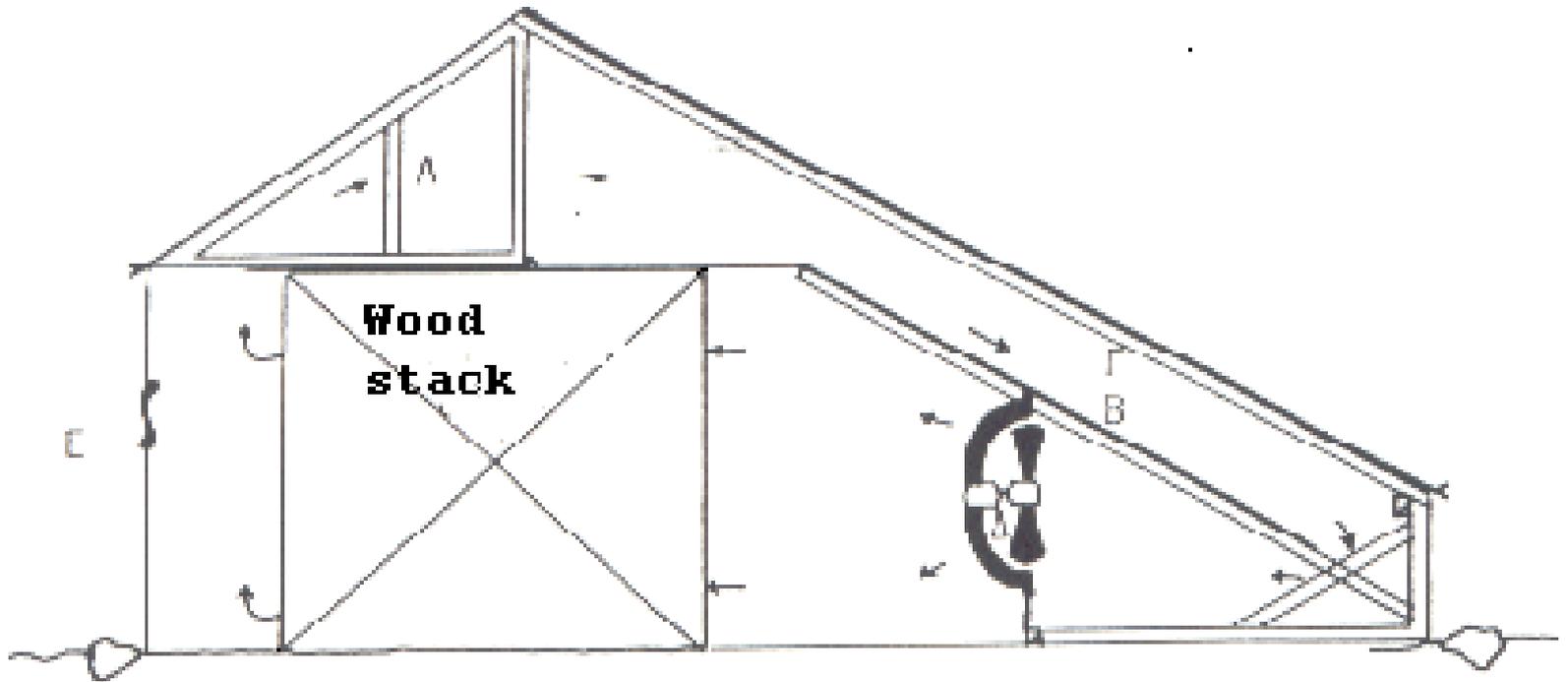
## **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Απλές εγκαταστάσεις χωρίς ανάγκη ειδικού τεχνικού προσωπικού
- Δεν καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας
- Είναι δυνατή η μίξη ξυλείας

## **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

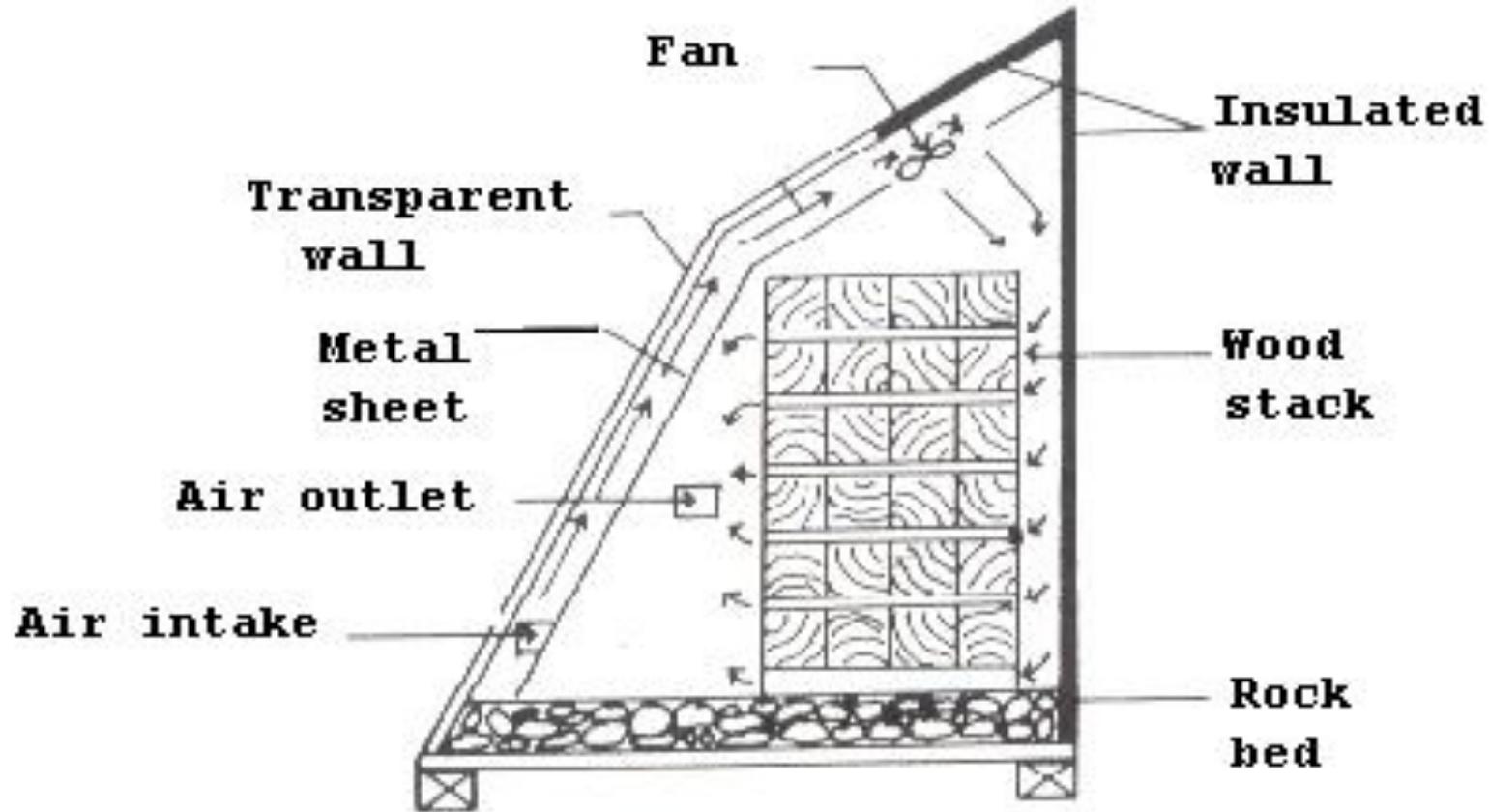
- Η ξήρανση απαιτεί μεγάλα χρονικά διαστήματα
- Ξήρανση ξύλων με μεγάλη αρχική υγρασία μπορεί να προσβληθεί λόγω μακροχρόνιας παραμονής της

# Ηλιακή ξήρανση (τύπος θερμοκηπίου)



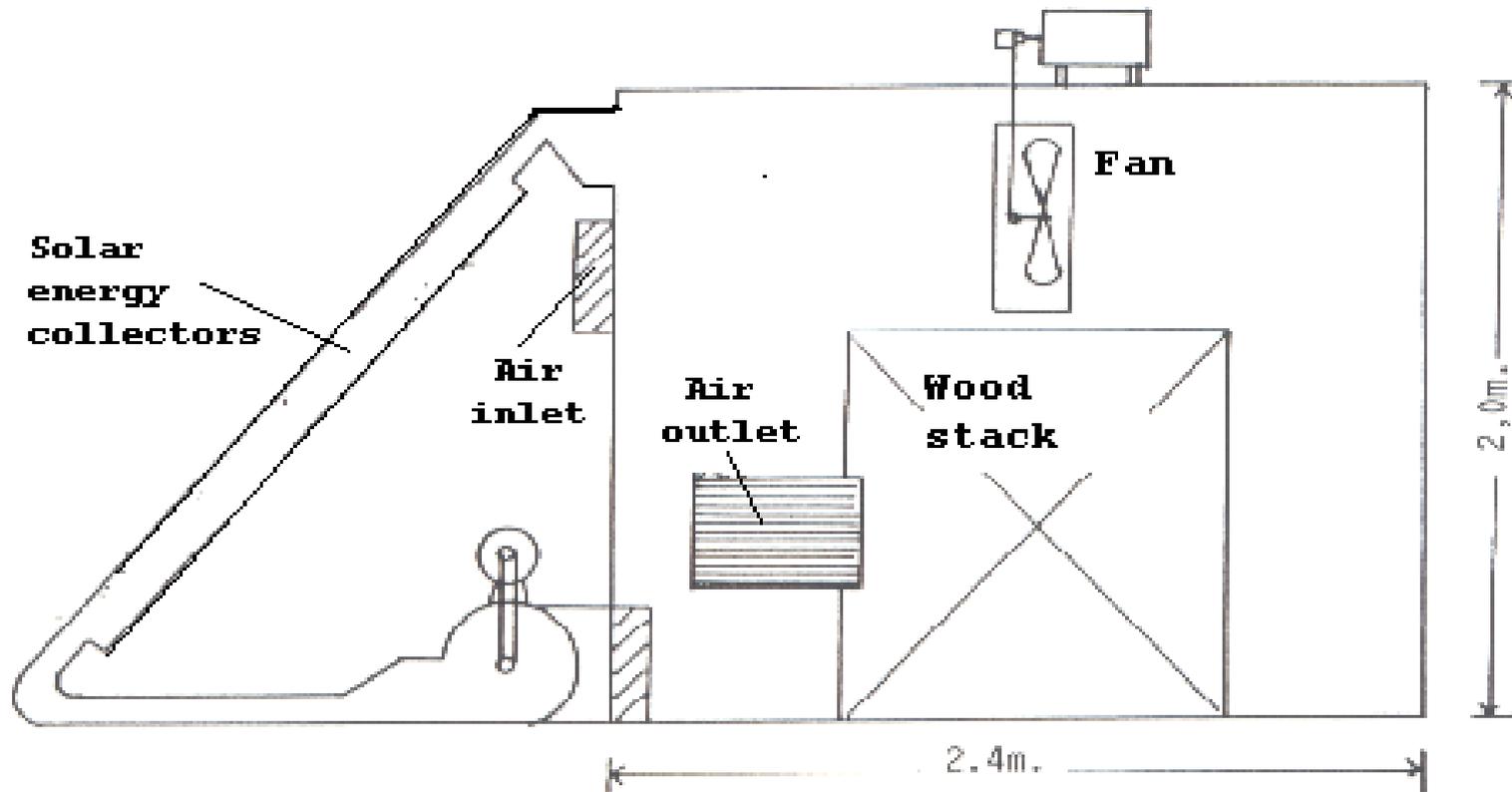
A greenhouse type solar lumber drier (Plumptre, 1973)

# Ηλιακή ξήρανση (τύπος ημιθερμοκηπίου)



A semi-greenhouse solar lumber drier (Yang, 1980)

# Ηλιακή ξήρανση (κλειστός θάλαμος με εξωτερικούς συλλέκτες ενέργειας)



Solar lumber drier with external collectors (Rosen, Chen, 1980)

# Ηλιακή ξήρανση

(Ηλιακό ξηραντήριο Ινστ. Δασικών Ερευνών στην Αττική)



# ***ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ***

- Μικρότερες εργατικές δαπάνες
- Ομοιόμορφη παραγωγή
- Ταχύτερα αποτελέσματα

# ***ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ***

- Δεν είναι κατάλληλη για μικρή παραγωγή
- Καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας
- Χρειάζεται προσοχή στο χειρισμό για την αποφυγή σφαλμάτων

# **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ**

- Μικρό κόστος
- Κατάλληλη για μικρές και μικρομεσαίες επιχειρήσεις
- Δίνει ξυλεία με λίγα σφάλματα

# **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ**

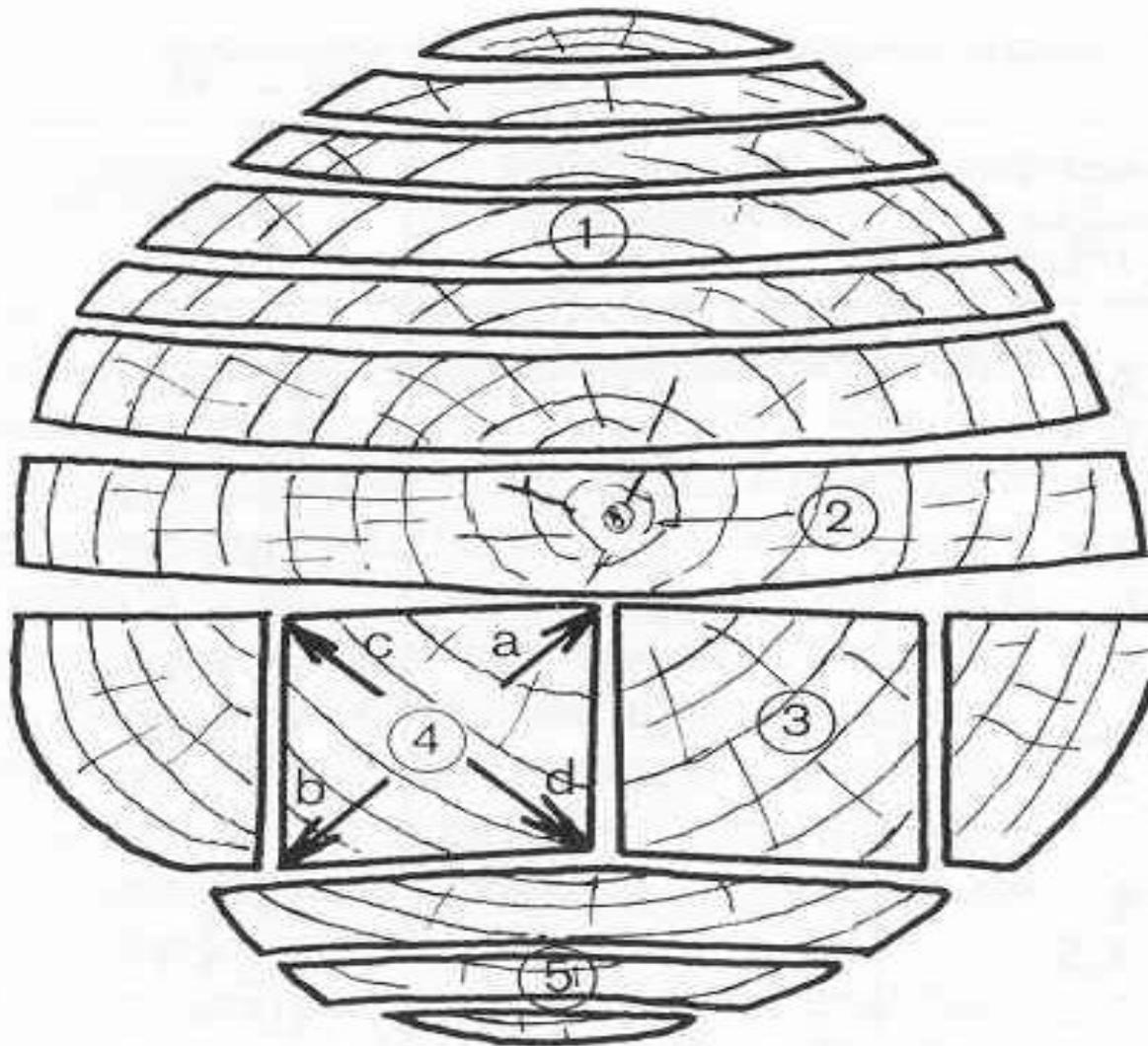
- Μικρή δυνατότητα ελέγχου των παραγόντων ξήρανσης
- Ακινητοποίηση κεφαλαίου για πολύ καιρό
- Κίνδυνοι προσβολής
- Η τελική υγρασία καθορίζεται από το περιβάλλον και σε μερικές περιπτώσεις δεν είναι ικανοποιητική

# **ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ**

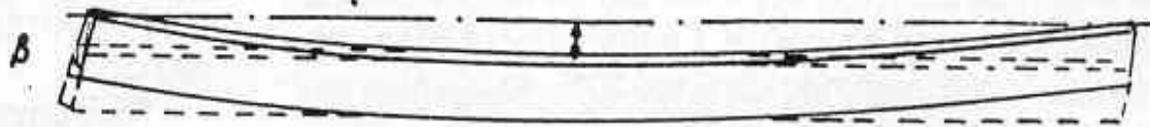
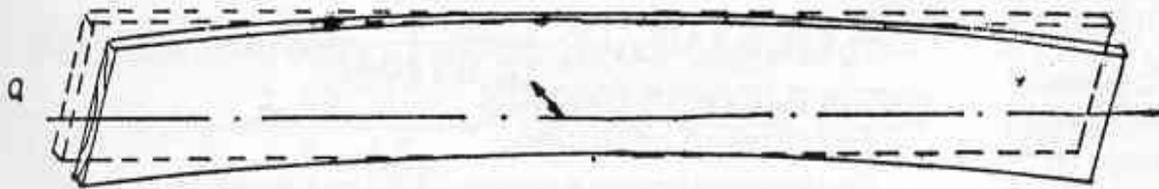
# ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

- Στρεβλώσεις
- Αλλαγή χρώματος
- Επιφανειακές ραγάδες
- Κελύφωση
- Κυψελίδωση
- Κατάρρευση

# ΣΤΡΕΒΛΩΣΕΙΣ (Distortions)

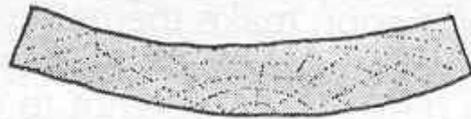


# ΣΤΡΕΒΛΩΣΕΙΣ

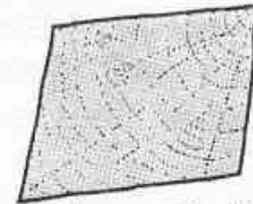


α = τοξοειδής παραμόρφωσις  
β = βακτηριοειδής »  
γ = περιστροφική »

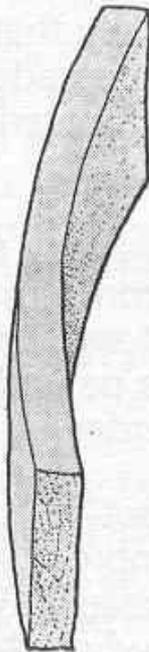
# ΣΤΡΕΒΛΩΣΕΙΣ



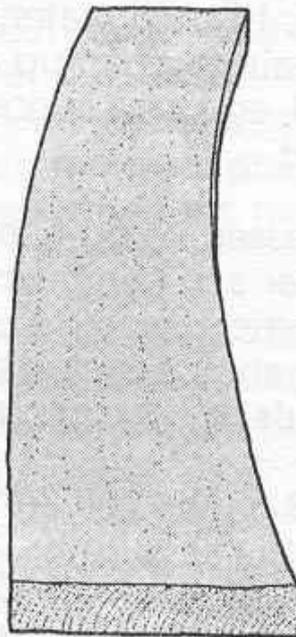
"cupping"



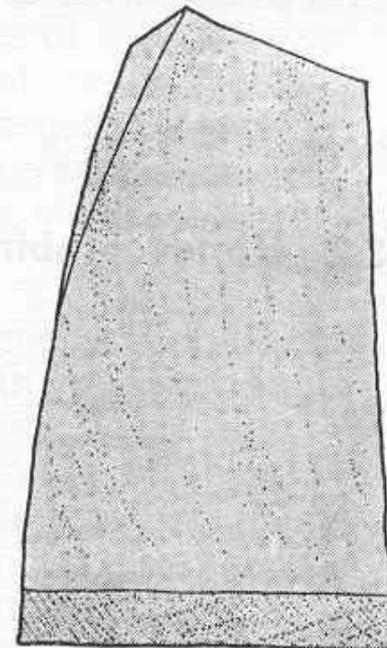
"diamonding"



"bow"



"spring"



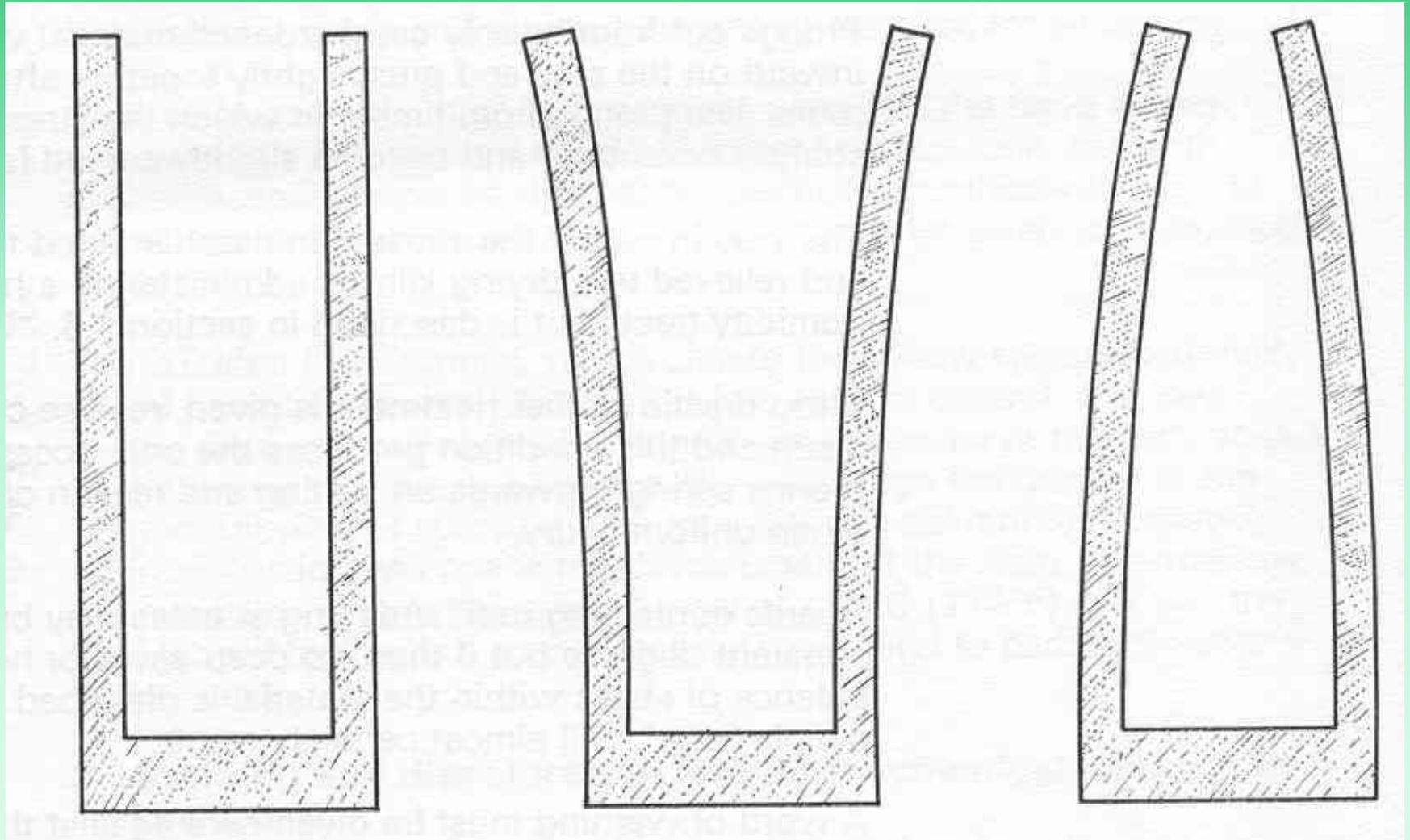
"twist"

# **ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΡΑΓΑΔΕΣ** *(Fissures, Face checks)*



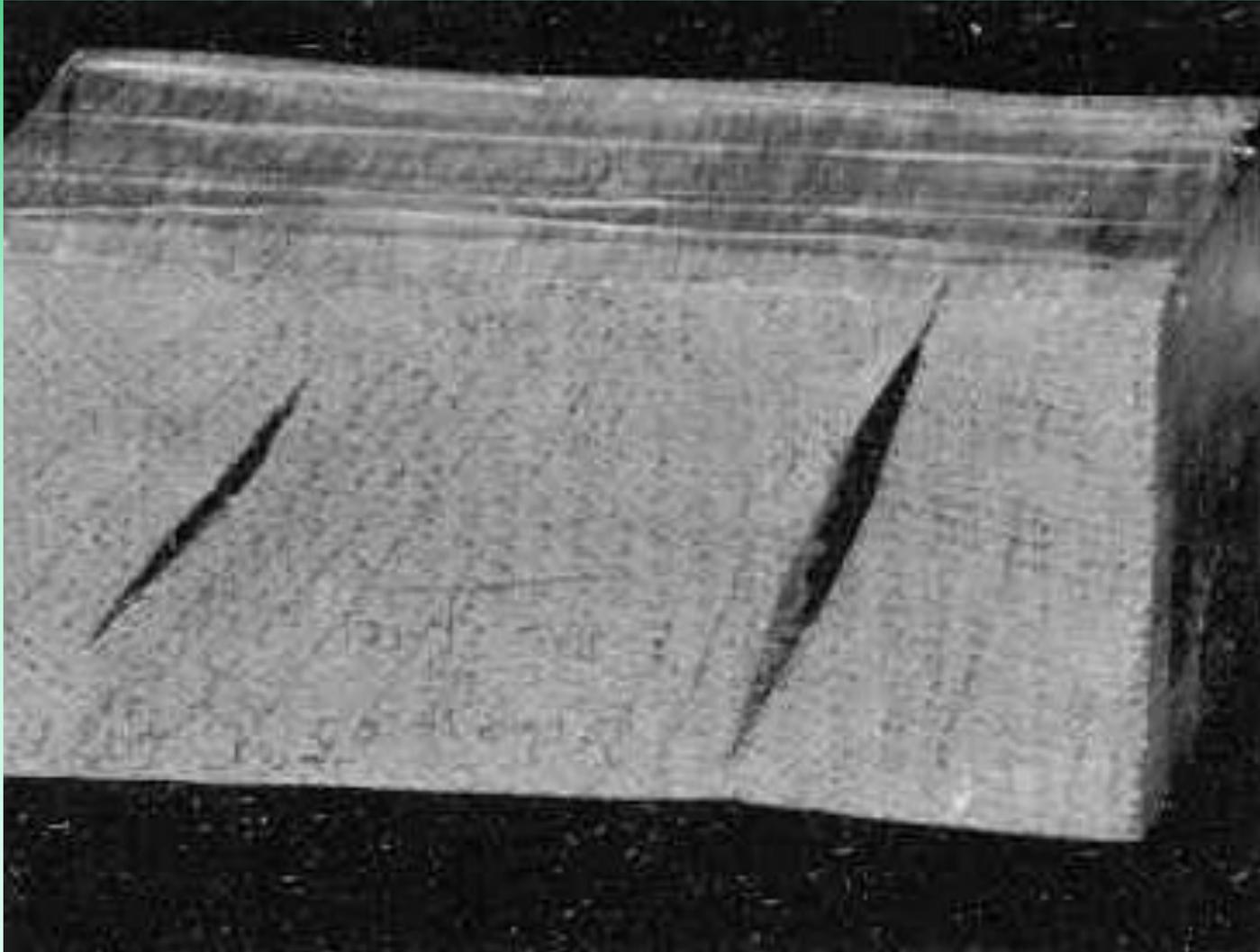
# ΚΕΛΥΦΩΣΗ (Casehardening)

(ύπαρξη εσωτερικών τάσεων στην ξυλεία)

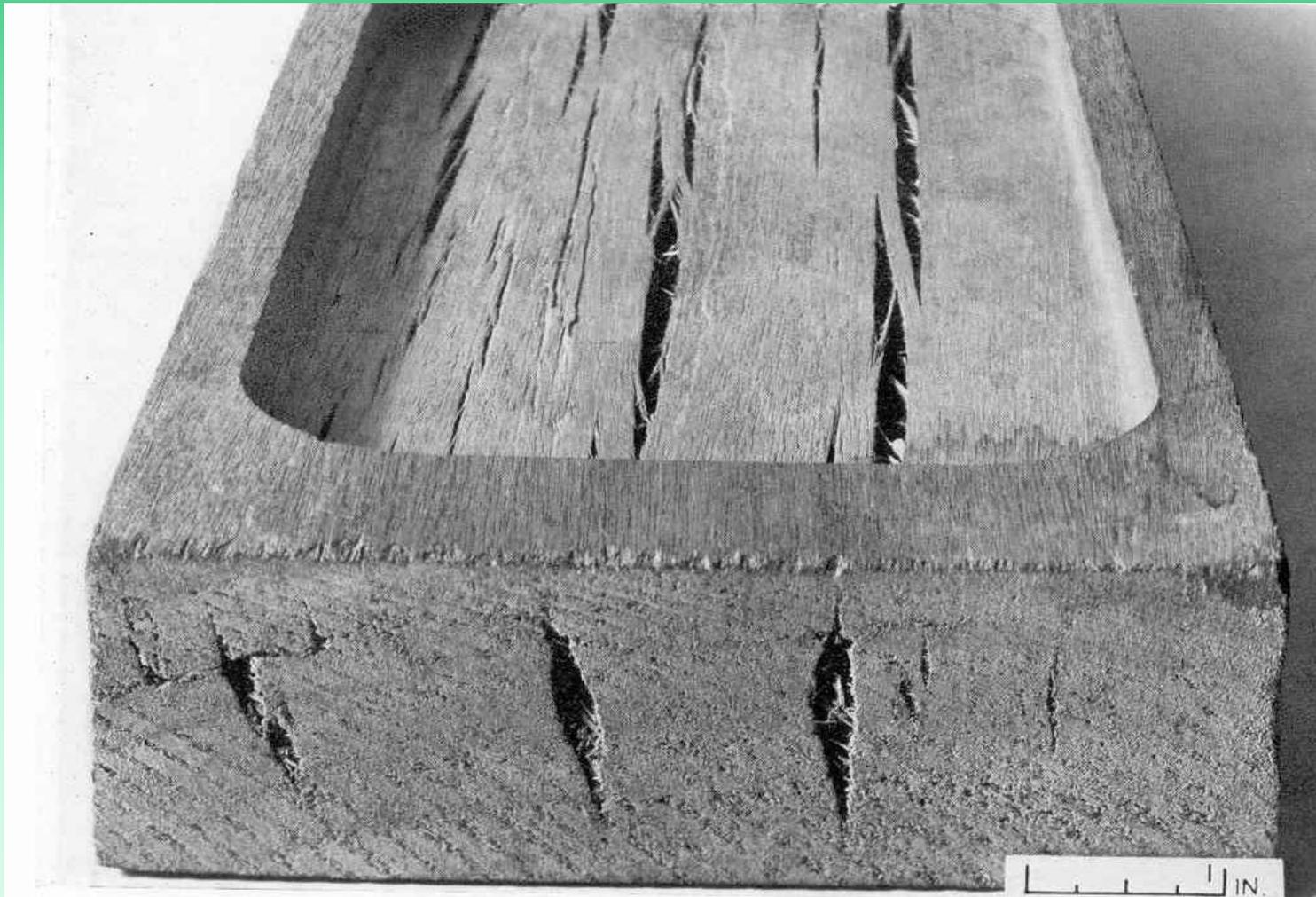


# **ΚΥΨΕΛΙΔΩΣΗ (Honeycombing)**

(εσωτερικές ραγάδες)

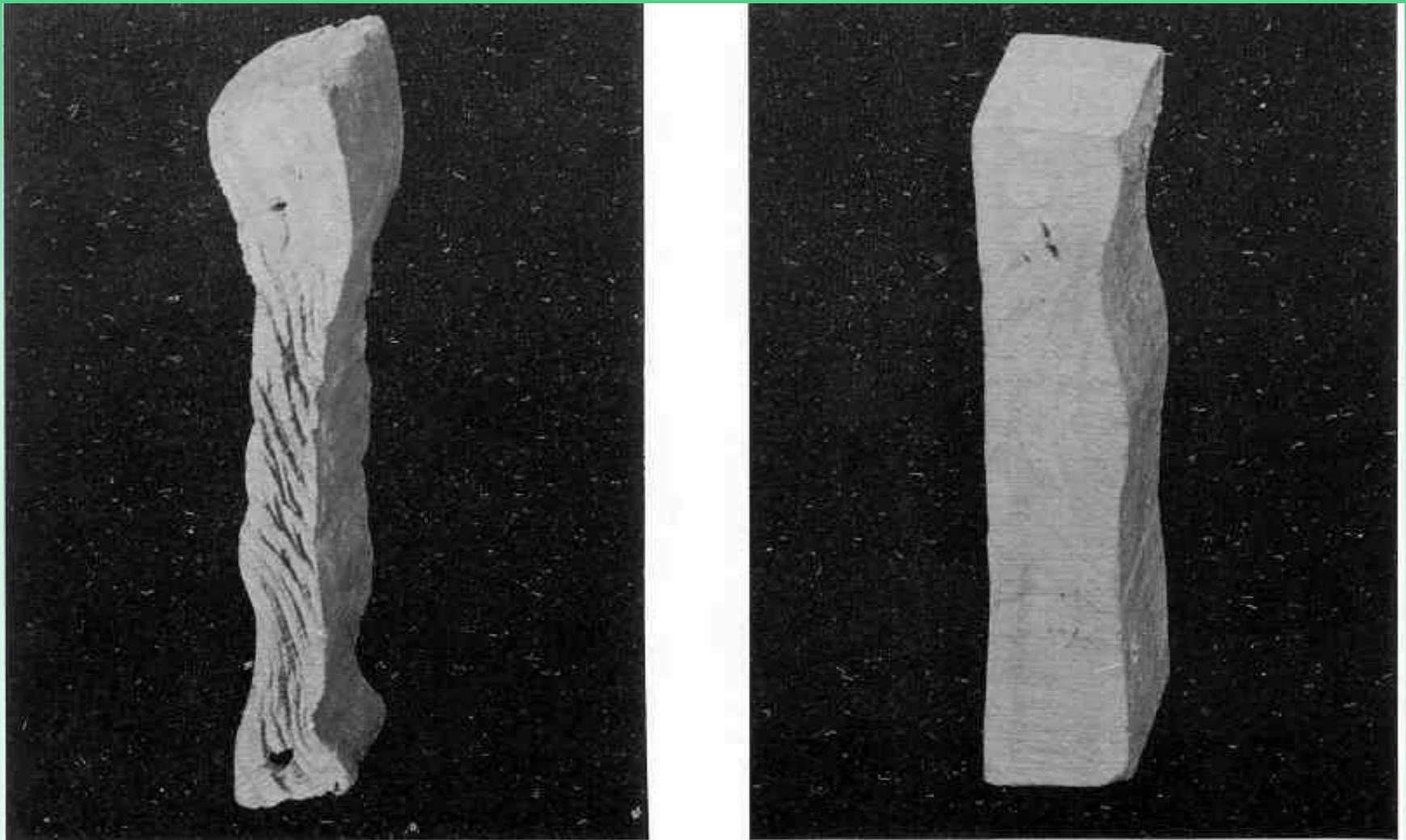


# ΚΥΨΕΛΙΔΩΣΗ

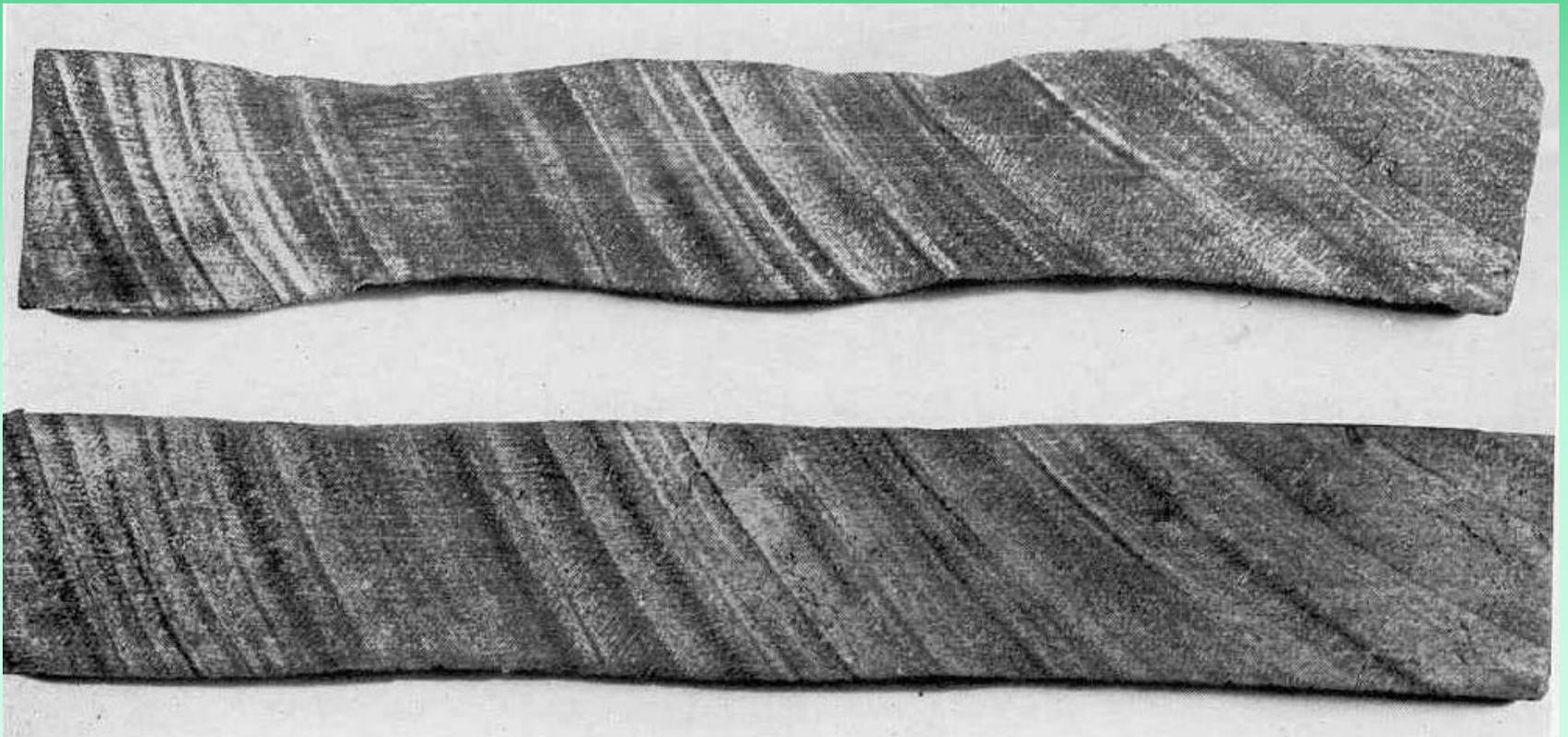


**Plate 7** *Honeycombing in yellow seraya*

# ***ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ (Collapse)***



# ***ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ***



# Μεταχρωματισμοί (Discolouration)

(από τα πηχάκια στοίβασης)



# Μεταχρωματισμοί

(χρησιμοποιούμε πηχάκια με καμπύλη εσοχή)



# Μεταλλικοί μεταχρωματισμοί



# Ευρωπαϊκά Πρότυπα για την ποιότητα ξήρανσης

- Υπάρχουν 6 Ευρωπαϊκά Πρότυπα που αναφέρονται στην υγρασία και την ποιότητα ξήρανσης:
- EN 13183-1 MC Oven-dry method
- EN 13183-2 MC Resistance method
- EN 13183-3 MC Capacitance method
- ENV 14464 Assessment of case-hardening
- EN 14298 Assessment of drying quality
- ENV 12169 Criteria for the assessment of conformity of a lot of sawn timber

# Ευρωπαϊκό Πρότυπο για την ποιότητα ξηράνσης

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ  
HELLENIC STANDARD



Πρίσθη ξυλεία - Εκτίμηση της ποιότητας ξήρανσης

Sawn timber - Assessment of drying quality



# Επιτρεπτές αποκλίσεις της υγρασίας (EN 14298)

EN 14298:2004 (E)

Table 1 — Standard drying - Allowable range for the average moisture content of a lot relative the target moisture content

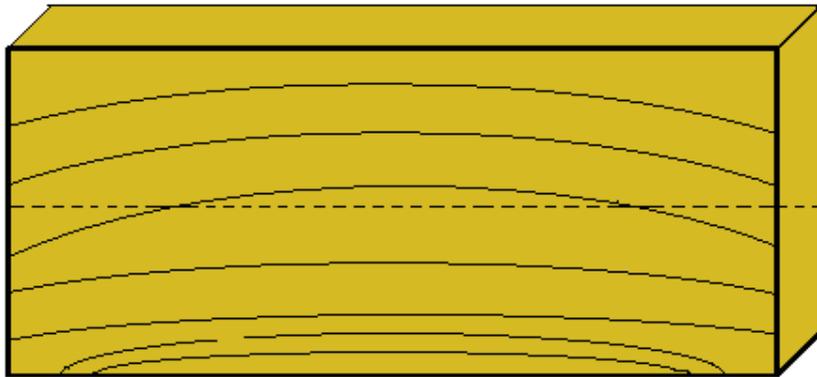
Target moisture content %	Allowable range of average moisture content around target moisture content %
7	-1/+1
8	-1/+1
9	-1/+1
10	-1,5/+1,5
11	-1,5/+1,5
12	-1,5/+1,5
13	- 2,0/+1,5
14	- 2,0/+1,5
15	- 2,0/+1,5
16	- 2,5/+2,0
17	- 2,5/+2,0
18	- 2,5/+2,0

### 5.3 Specific end-use drying

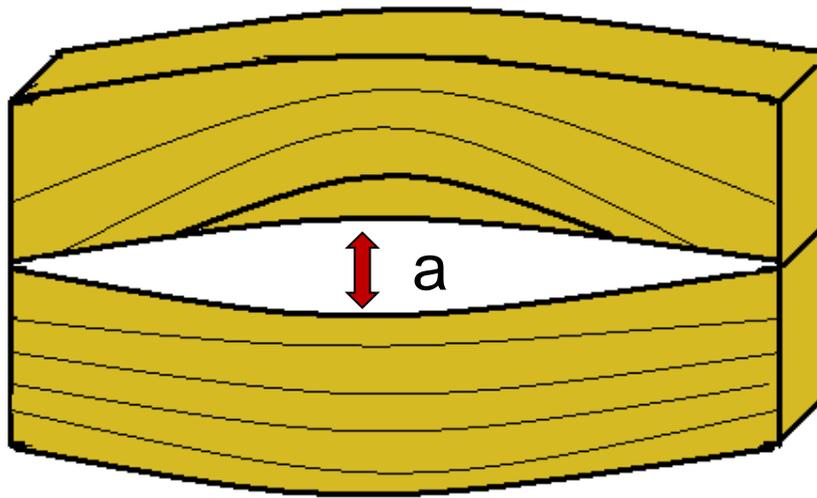
For specific end uses drying quality features different from the standard drying quality may be required. In this case, a drying quality specification shall contain the following information:

- Target moisture content,
- Allowable range of average moisture content in relation to  $\omega_{\text{arg}}$ ,
- Allowable upper and lower limits of moisture content (individual pieces)
- Applicable AQL (see ENV 12169)

# Τεστ κελύφωσης (EN 14464)



Κόβουμε ένα πλακίδιο σε μια απόσταση τουλάχιστον 25 cm από το άκρο μιας σανίδας



Η μέτρηση του ανοίγματος  $a$  αποτελεί κριτήριο ελέγχου του μεγέθους της κελύφωσης