

Αερισμός



Μεταφορά μάζας στο θερμοκήπιο

Ο αερισμός είναι η κύρια διαδικασία μεταφοράς μάζας στο θερμοκήπιο

Μεταφερόμενα αέρια: υδρατμοί, CO_2 , O_2

Μεταφορά ενέργειας: απώλεια θερμότητας με συναγωγή

Τύποι αερισμού

- Φυσικός αερισμός
 - Οδηγούμενος από τον άνεμο
 - Οδηγούμενος από διαφορές θερμοκρασίας
- Δυναμικός αερισμός
 - Μηχανικά οδηγούμενος αερισμός

Μονάδες μέτρησης αερισμού κτιρίου

Ροή αερισμού F_v : $m^3 s^{-1}$ είτε $m^3 h^{-1}$

Εμπειρικές μονάδες αερισμού:

Αριθμός ανανεώσεων του όγκου του κτιρίου ανά ώρα ($N h^{-1}$)

$$F_v = N V (m^3 h^{-1})$$

V είναι ο όγκος του κτιρίου

Χρόνος ανανέωσής (T) του όγκου του κτιρίου (min)

$$V = T F_v (m^3 h^{-1})$$

V είναι ο όγκος του κτιρίου

ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

- Ανοίγματα αερισμού
- Άνεμος και αερισμός
- Αερισμός λόγω διαφορών θερμοκρασίας

Ανοίγματα αερισμού



Ανοίγματα αερισμού στη οροφή

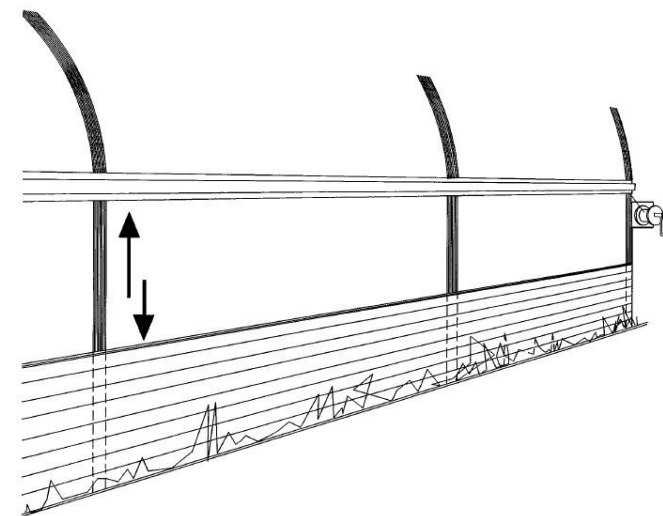
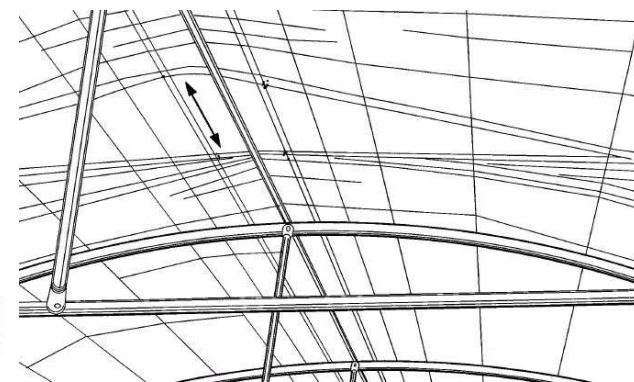
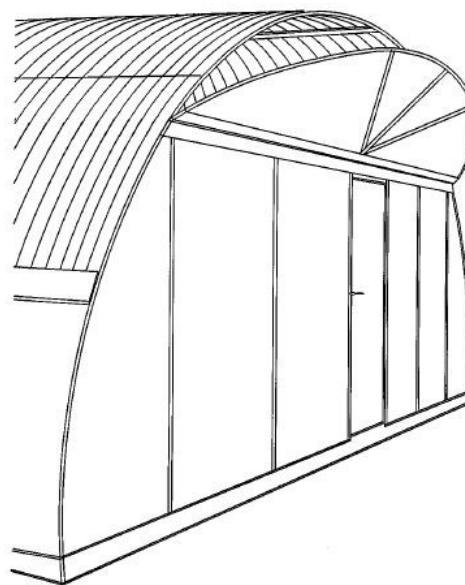
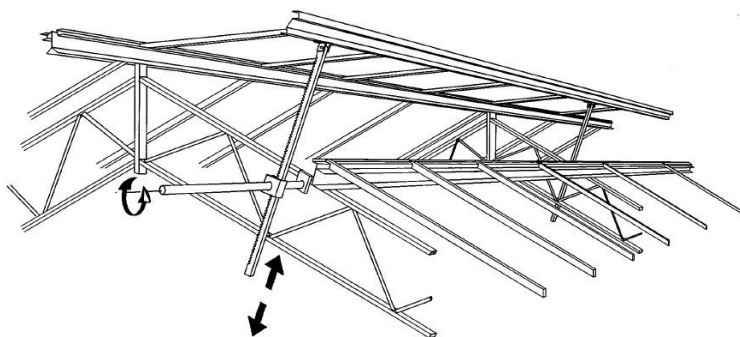
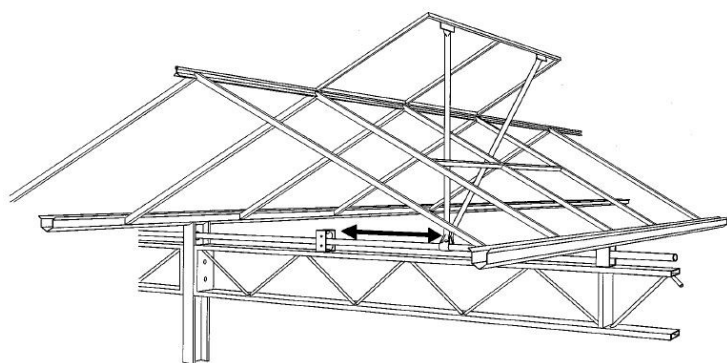


Ανοίγματα αερισμού στη οροφή και
τα πλευρά

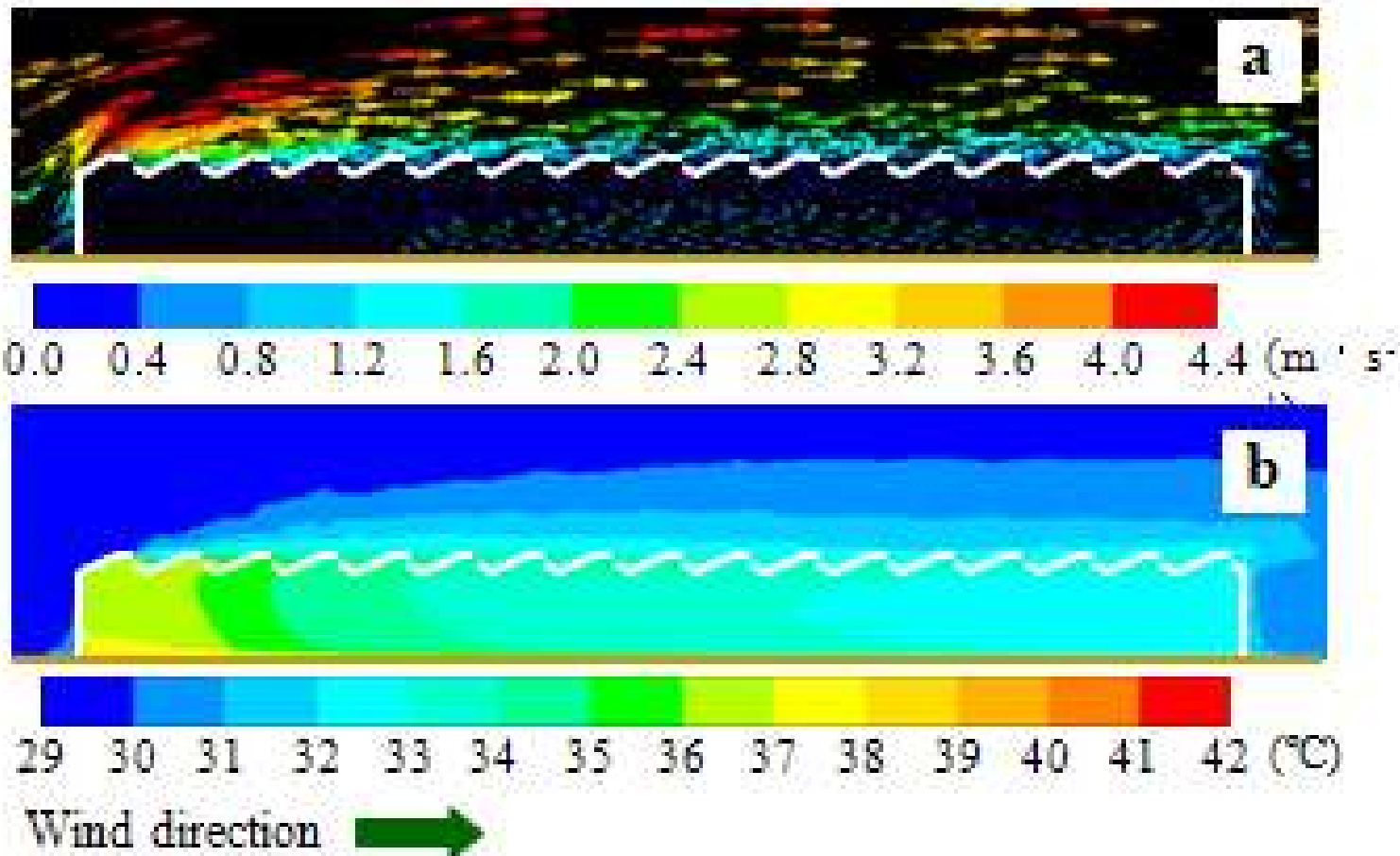


Ανοίγματα αερισμού στα
πλευρά

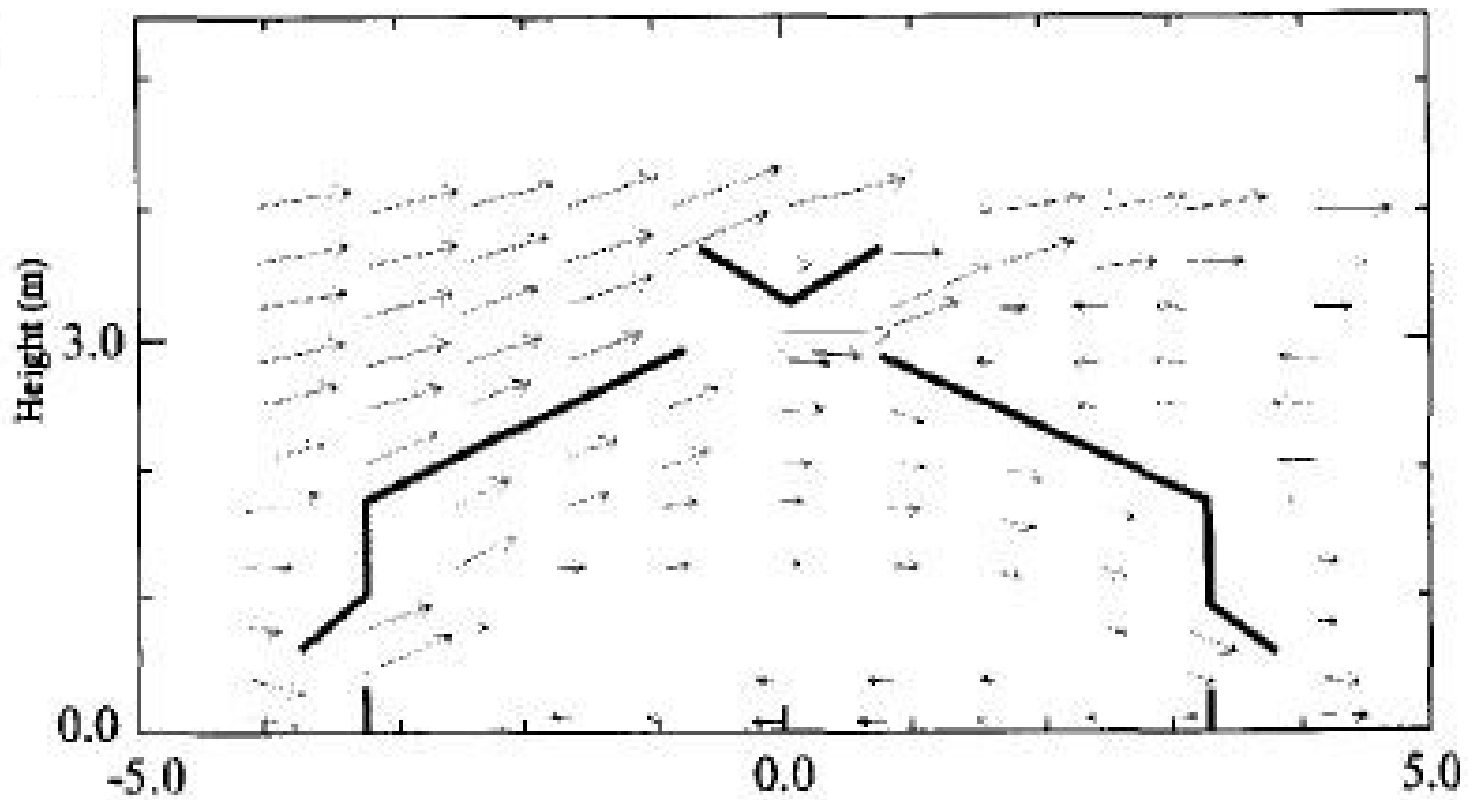
Μηχανισμοί ανοιγμάτων αερισμού



Άνεμος και αερισμός

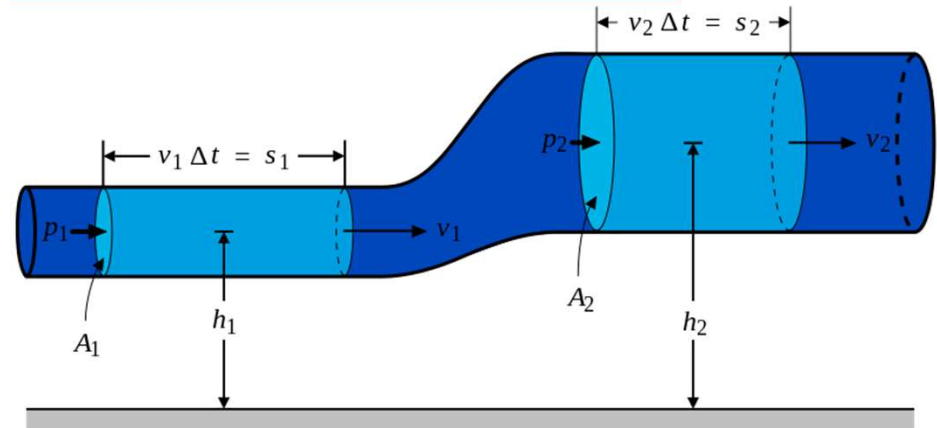


Άνεμος και αερισμός



Ασυμπίεστα ρευστά – Νόμος Bernoulli

$$\frac{v_v^2}{2} + gh + \frac{P}{\rho} = C$$



- P** : πίεση ανέμου (Pa)
- ρ** : πυκνότητα αέρα (kg m^{-3})
- v_v** : ταχύτητα εσωτερικού αέρα (m s^{-1})
- h** : ύψος του σημείου ροής (m)
- g** : επιτάχυνση της βαρύτητας (m s^{-2})

Άνεμος και αερισμός

Δυναμική πίεση

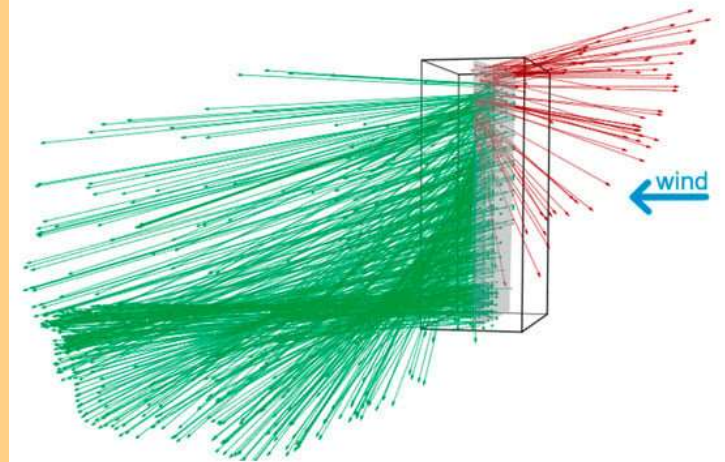
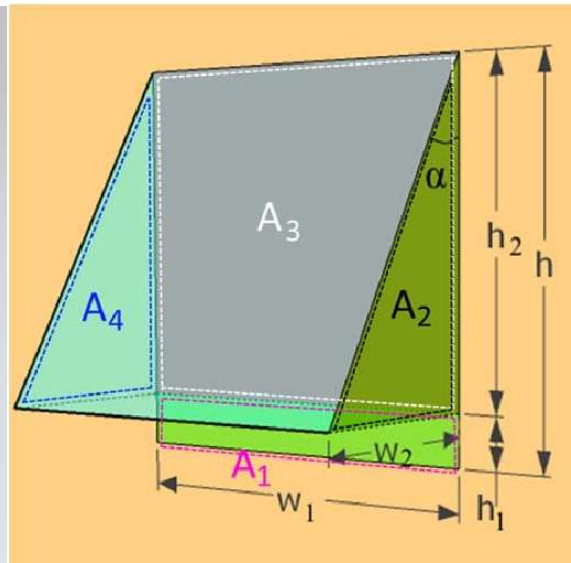
$$P_w = \frac{1}{2} \rho v_w^2$$

P_w : δυναμική πίεση ανέμου (Pa)

ρ : πυκνότητα αέρα (kg m^{-3})

v_w : ταχύτητα ανέμου (m s^{-1})

Αντίσταση ανοίγματος αερισμού



$$\Delta P = G \frac{1}{2} \rho v_v^2$$

G: Αντίσταση ανοίγματος αερισμού – εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ανοίγματος

v_v: Ταχύτητα αερισμού

Αερισμός που οφείλεται στον άνεμο

Ροή αέρα μέσω ενός ανοίγματος αερισμού

$$\frac{1}{2} \rho v_v^2 = \frac{\Delta P}{G} \Rightarrow \frac{1}{2} \rho v_v^2 = \frac{C_P}{2G} \rho v_w^2 \Rightarrow v_v = \sqrt{\frac{C_P}{G}} v_w$$

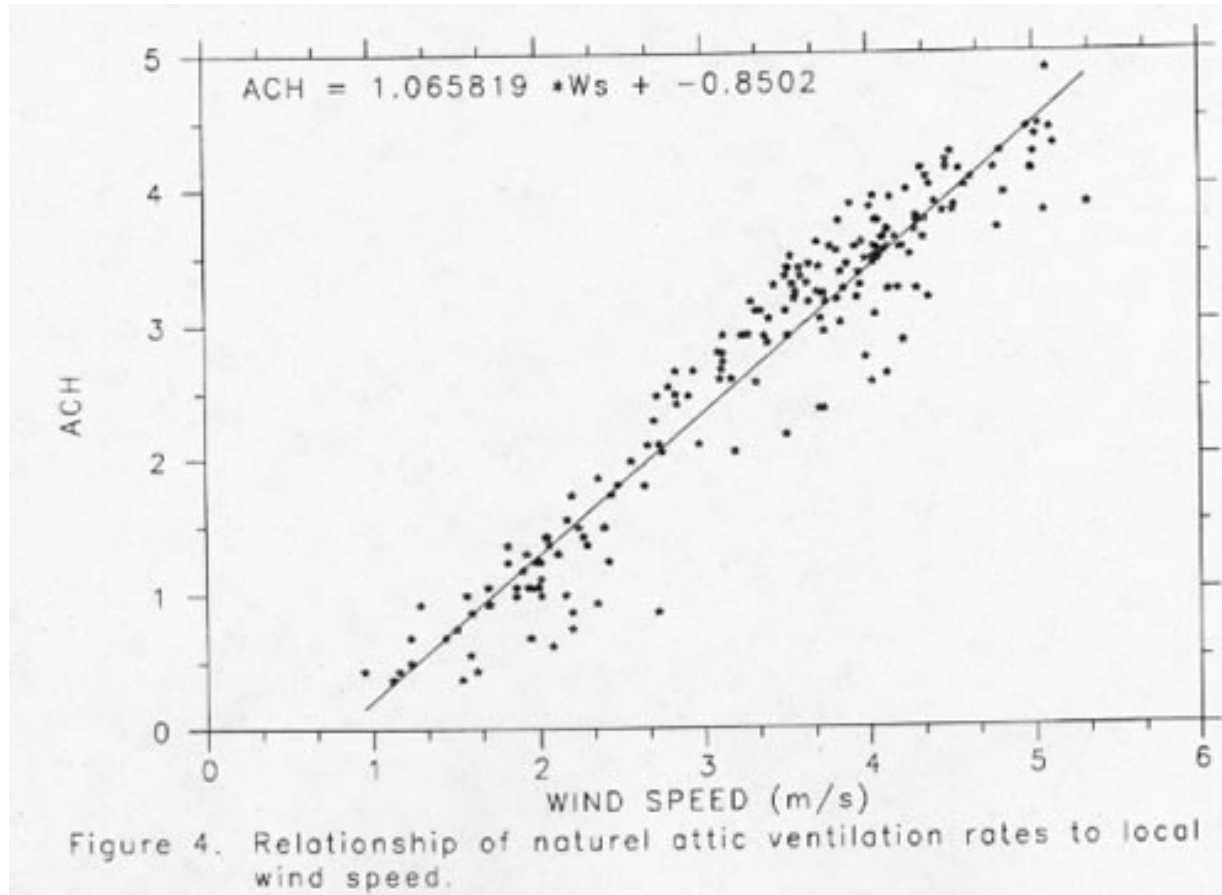
G είναι η αντίσταση του ανοίγματος και εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του

C_p είναι ο συντελεστής ανεμοπίεσης και εξαρτάται από το γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατασκευής

$$F = A v_v$$

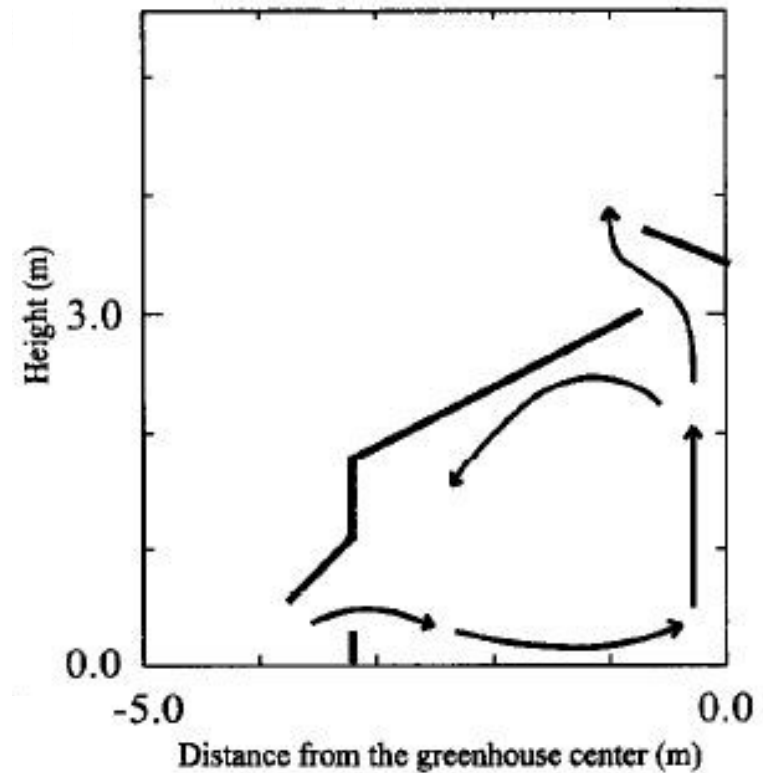
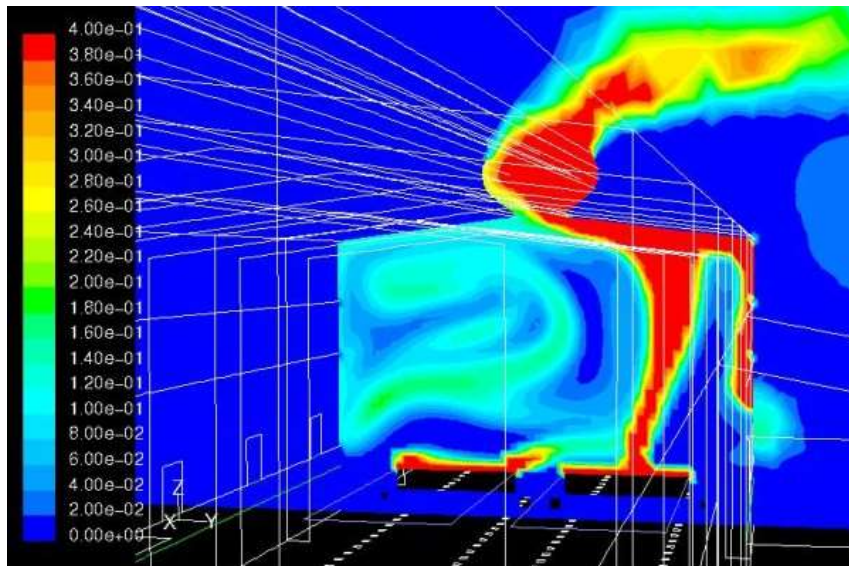
Παροχή ανοίγματος αερισμού, F ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

Σχέση αερισμού με τη ταχύτητα του ανέμου



Parker et al (<http://www.fsec.ucf.edu/en/publications/html/fsec-pf-226-91/>)

Αερισμός λόγω διαφοράς θερμοκρασίας



Αερισμός σε συνθήκες άπνοιας

- Η πυκνότητα του αέρα μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία
- Ο ελαφρύς αέρας ανεβαίνει ενώ ο κρύος κατεβαίνει
- Όταν δεν υπάρχει άνεμος η κίνηση του αέρα οφείλεται σε διαφορές θερμοκρασίας

Αερισμός σε συνθήκες άπνοιας

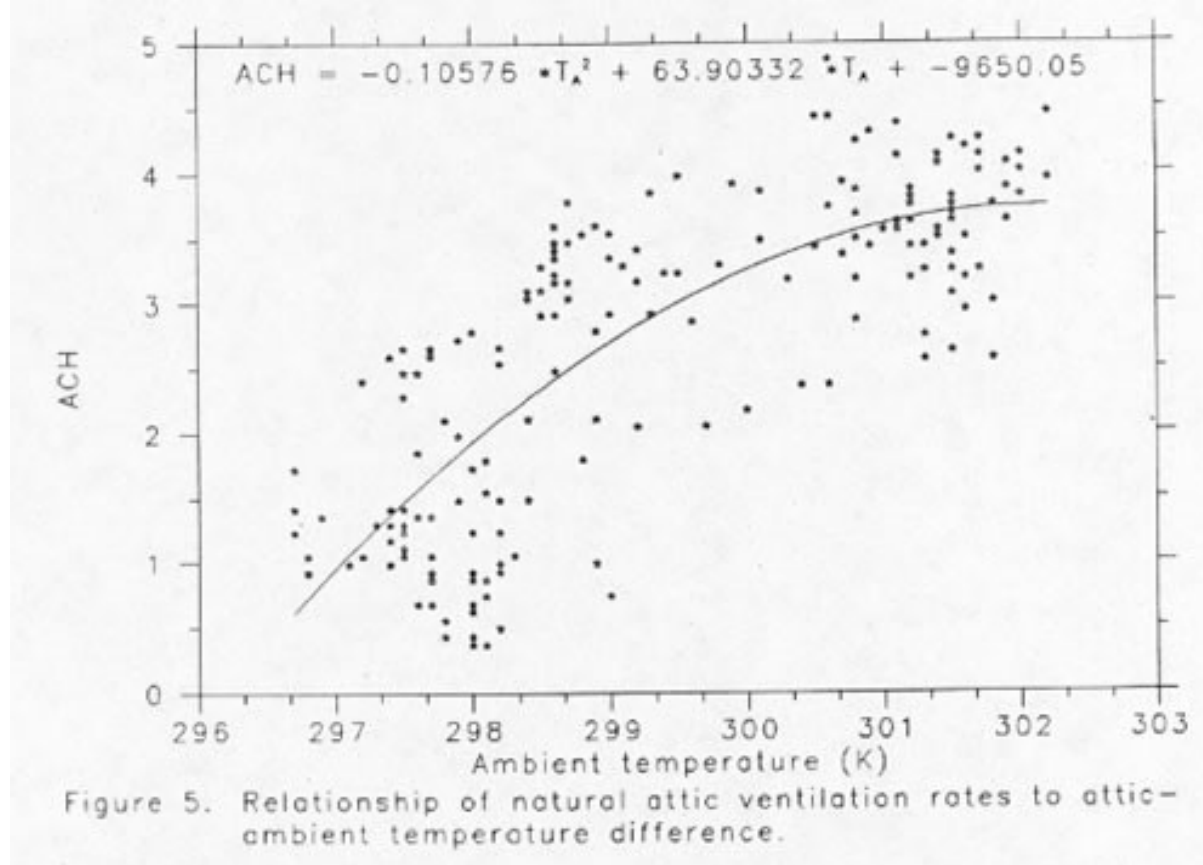
Από το νόμο των ιδανικών αερίων βρίσκεται ο συντελεστής θερμικής διαστολής, γ , του αέρα:

$$\gamma = \frac{1}{V} \left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right) \longrightarrow \gamma = \frac{1}{T}$$

Υπολογίζοντας τη μεταβολή της πυκνότητας στο νόμο του Bernoulli βρίσκουμε:

$$F_v = f A \sqrt{2gh \frac{(T_{in} - T_{out})}{T_{in}}}$$

Σχέση αερισμού με τη διαφορά θερμοκρασίας αέρα



Parker et al (<http://www.fsec.ucf.edu/en/publications/html/fsec-pf-226-91/>)

Τύποι φυσικού αερισμού και μεταφορά θερμότητας με συναγωγή

Αερισμός λόγω ανέμου



Εξαναγκασμένη συναγωγή

Αερισμός λόγω θερμοκρασιακών διαφορών



Φυσική συναγωγή

Ομοιότητα ροών – Αδιάστατοι αριθμοί ομοιότητας

Εξαναγκασμένη συναγωγή

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

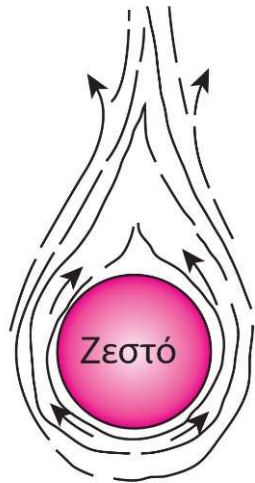
Αριθμός Reynolds

Φυσική συναγωγή

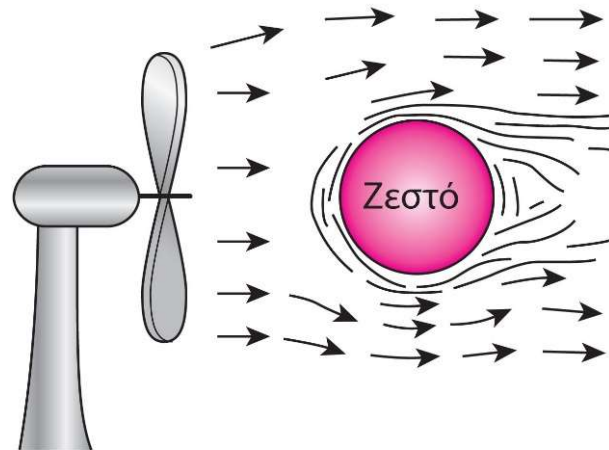
$$Gr = \frac{g\beta(T - T_{\infty})L^3}{\nu^2}$$

Αριθμός Grashof

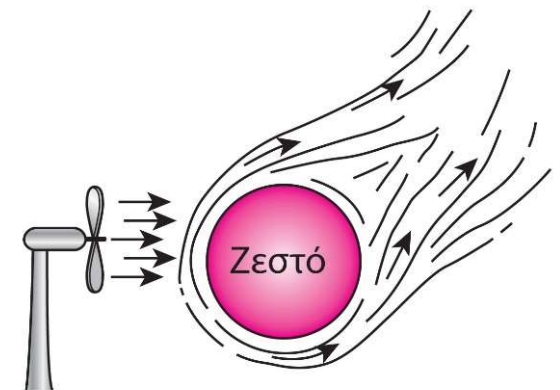
Τύποι φυσικού αερισμού



(α) Φυσική συναγωγή ($Gr_L / Re_L^2 \gg 1$)



(β) Εξαναγκασμένη συναγωγή ($Gr_L / Re_L^2 \ll 1$)



(γ) Μικτή συναγωγή ($Gr_L / Re_L^2 \approx 1$)

- Για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 2 m/s η επίδραση των θερμοκρασιακών διαφορών στη κίνηση του εσωτερικού αέρα είναι αμελητέα

Μεταφορά μάζας μέσω αερισμού

Ανάλογα με τον άνεμο κάποια ανοίγματα λειτουργούν ως είσοδοι και κάποια ως έξοδοι

Ισχύει:
$$F_v = \sum F_{in-i} = \sum F_{out-i}$$

(ασυμπίεστο ρευστό)

F_v ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) είναι η συνολική ροή αερισμού

Ο λόγος $T=V/F_v$ (s) λέγεται χρόνος ανανέωσης του εσωτερικού αέρα και είναι μέτρο της αποτελεσματικότητας του αερισμού (ισοδύναμο με το ρυθμό αερισμού) **(αντίστροφο του N)**

Μεταφορά αερίων μέσω αερισμού

Όταν η συγκέντρωση κάποιου αερίου (π.χ. υδρατμοί, CO₂) στο εσωτερικό είναι διαφορετική από αυτή στο εξωτερικό περιβάλλον, τα αέρια αυτά μεταφέρονται μέσω αερισμού σύμφωνα με τη παρακάτω σχέση

$$F_{\text{gas}} = (C_{\text{gas-in}} - C_{\text{gas-out}}) F_v$$

Μεταφορά υγρασίας μέσω αερισμού

Η ροή αερισμού μεταφέρει υγρασία

Ισχύει:
$$F_{wv} = (C_{wv-in} - C_{wv-out}) F_v$$

όπου

F_{wv} ($m^3 s^{-1}$) είναι η ροή υδρατμών

F_v ($m^3 s^{-1}$) είναι η ροή αέρα λόγω αερισμού

C_{in} (%) είναι η συγκέντρωση υδρατμών στο εσωτερικό

C_{out} (%) είναι η συγκέντρωση υδρατμών στο εξωτερικό

Μεταφορά θερμότητας μέσω αερισμού

Αν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού αέρα, η ροή αερισμού μεταφέρει και θερμότητα

Ισχύει:

$$Q_h = \rho c_{air} F_v (T_{in} - T_{out})$$

όπου

Q_h (J s^{-1}) είναι οι θερμικές απώλειες λόγω αερισμού

ρ (kg m^{-3}) είναι η πυκνότητα του αέρα

c_{air} ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$) είναι η ειδική θερμότητα του αέρα

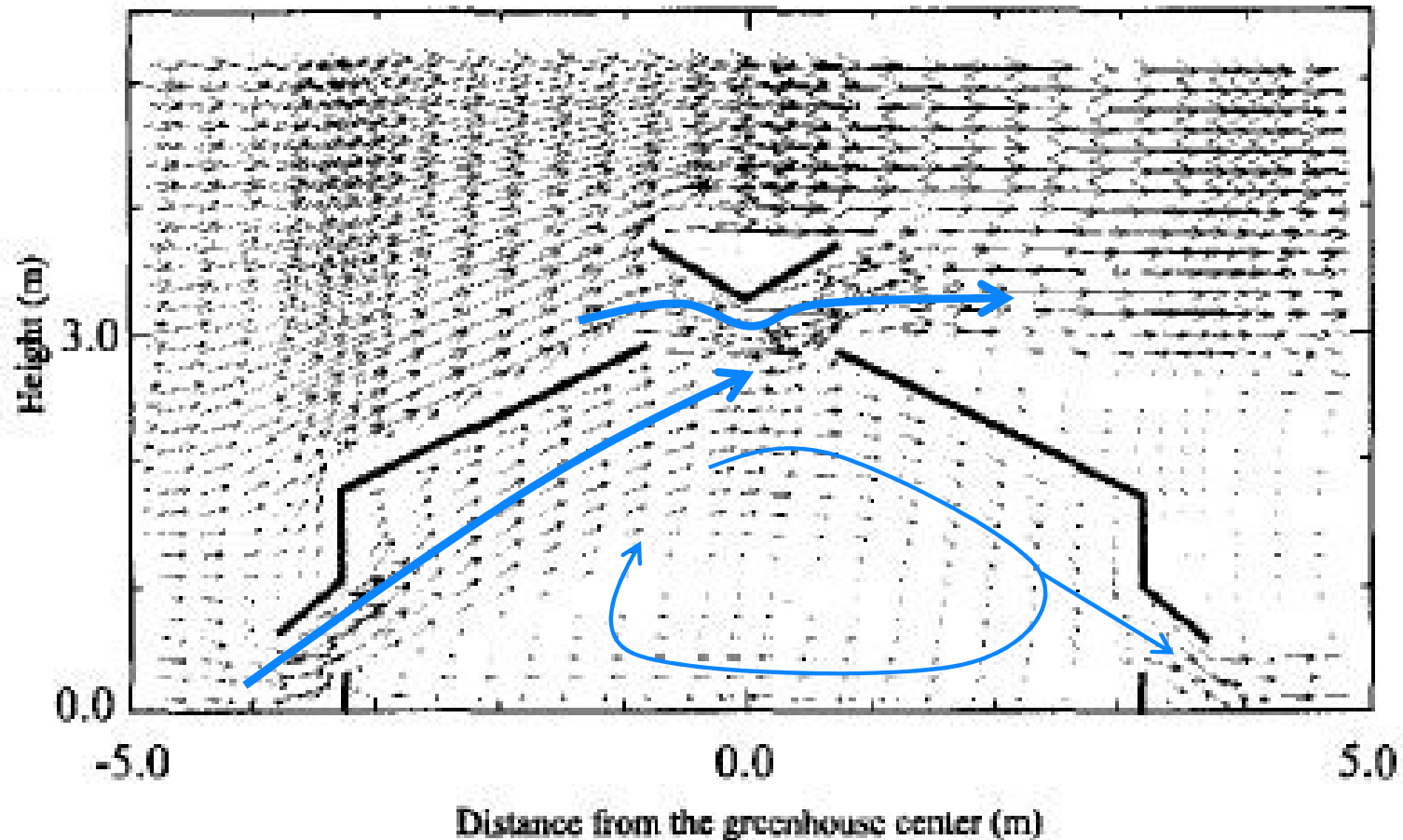
T_{in} (K) είναι η θερμοκρασία στο εσωτερικό

T_{out} (K) είναι η θερμοκρασία στο εξωτερικό

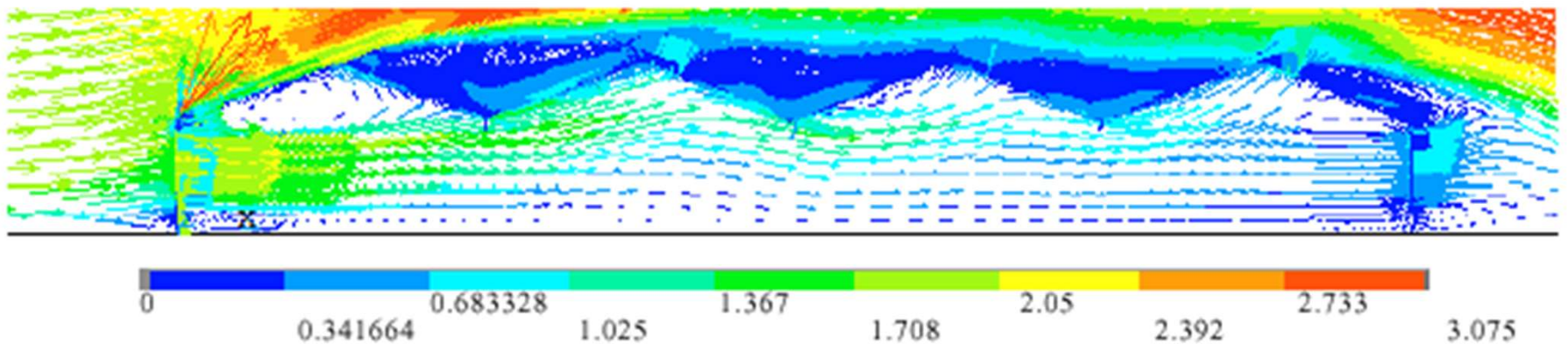
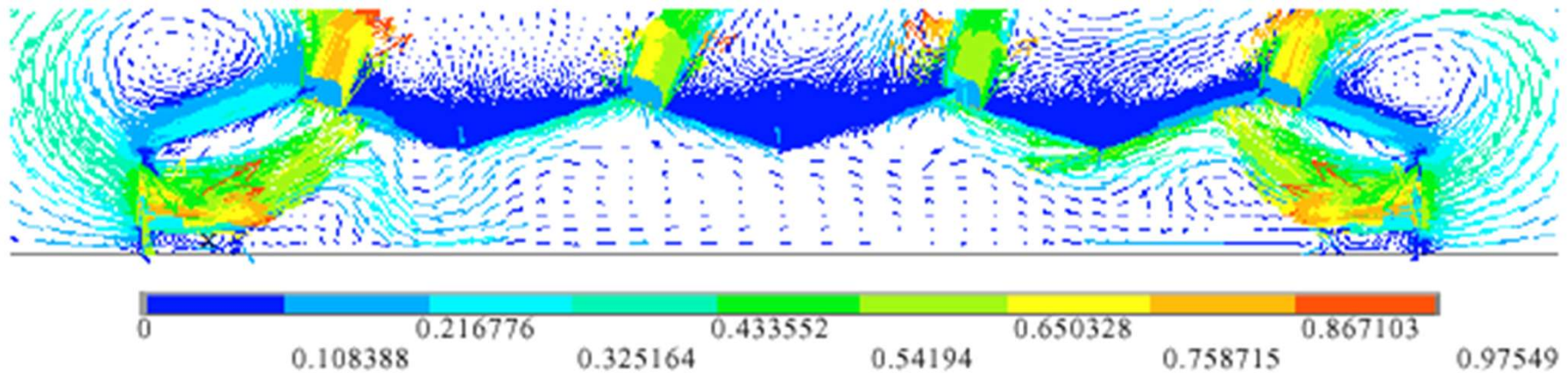
Ύψος θερμοκηπίου και αερισμός

1. Η δυναμική πίεση του ανέμου στα παράθυρα της οροφής αυξάνεται με το ύψος
2. Ο αερισμός λόγω θερμοκρασιακών διαφορών ενισχύεται όταν τα παράθυρα της οροφής βρίσκονται ψηλότερα (φαινόμενο καμινάδας)
3. Ο όγκος του θερμοκηπίου αυξάνεται με το ύψος του, οπότε ο χρόνος ανανέωσης του εσωτερικού αέρα αυξάνεται επίσης. Έτσι το θερμοκήπιο εμφανίζει μεγαλύτερη αδράνεια

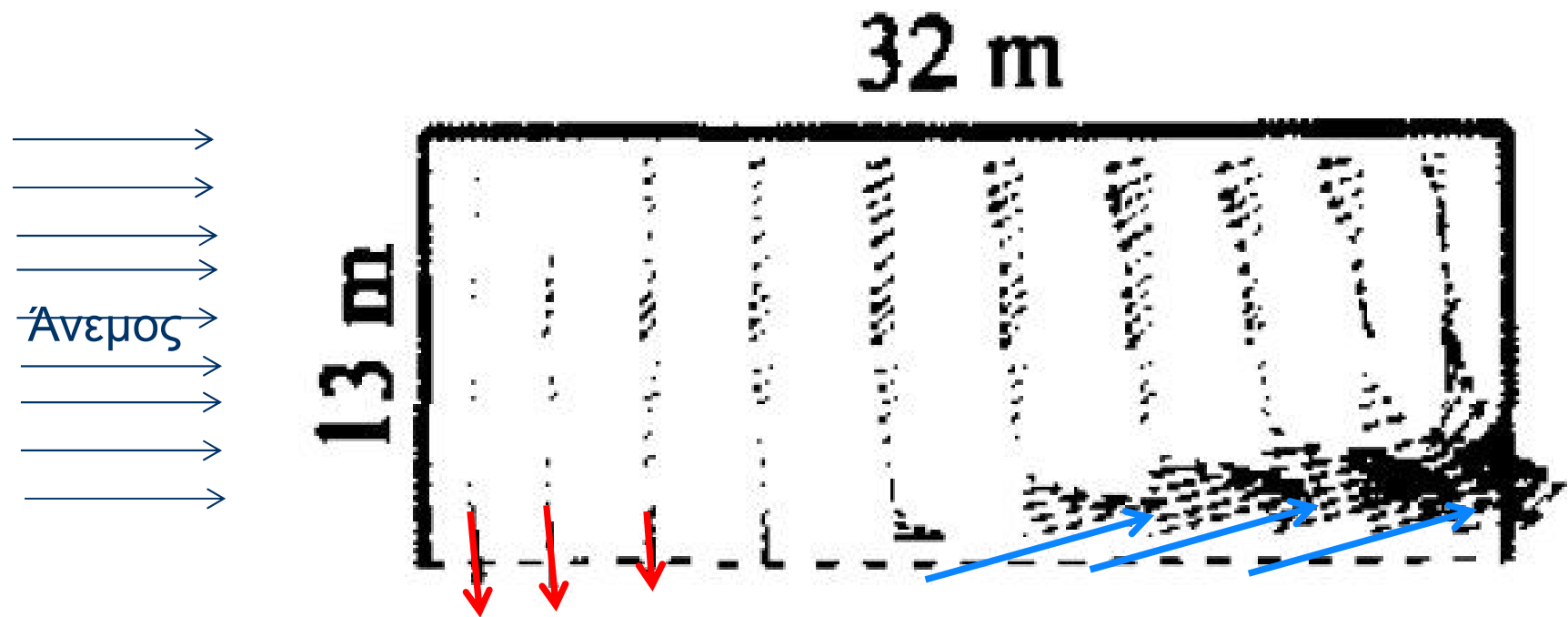
Χαρακτηριστικές περιπτώσεις φυσικού αερισμού σε θερμοκήπιο



Χαρακτηριστικές περιπτώσεις φυσικού αερισμού σε θερμοκήπιο



Χαρακτηριστικές περιπτώσεις φυσικού αερισμού σε θερμοκήπιο



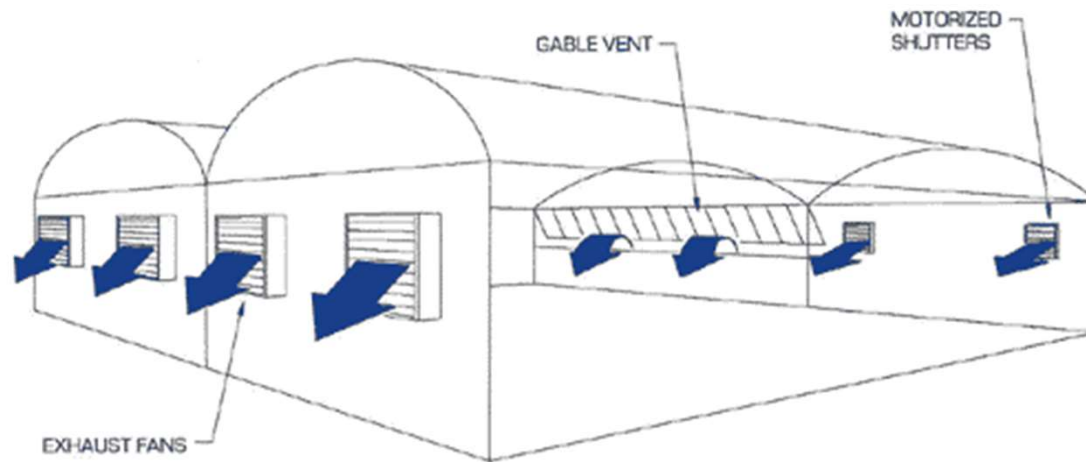
ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

- Εξοπλισμός για το δυναμικό αερισμό
- Κυκλοφορία και μίξη εσωτερικού αέρα

Εξοπλισμός για το δυναμικό αερισμό θερμοκηπίου

- Ανεμιστήρες απαγωγής αέρα
- Ανεμιστήρες μίξης
- Άλλα συστήματα μίξης

Συστήματα απαγωγής αέρα



Ανεμιστήρες
απαγωγής σε
πλευρικά
τοιχώματα

Οι ανεμιστήρες
τοποθετούνται
σε ύψος μεταξύ
1-2 m



Συστήματα μίξης



Επιτυγχάνεται με χρήση πολλών ανεμιστήρων που δημιουργούν ομοιόμορφη ομαλή ροή αέρα (χαμηλή ταχύτητα)

Η μίξη του εσωτερικού αέρα εξασφαλίζει ομογενή κατανομή θερμοκρασίας, υγρασίας και CO₂



The secret is to provide optimal cooling or heating in all parts of the house, without uneven temperatures, and without the risk of potentially fungus-harboring moisture droplets.

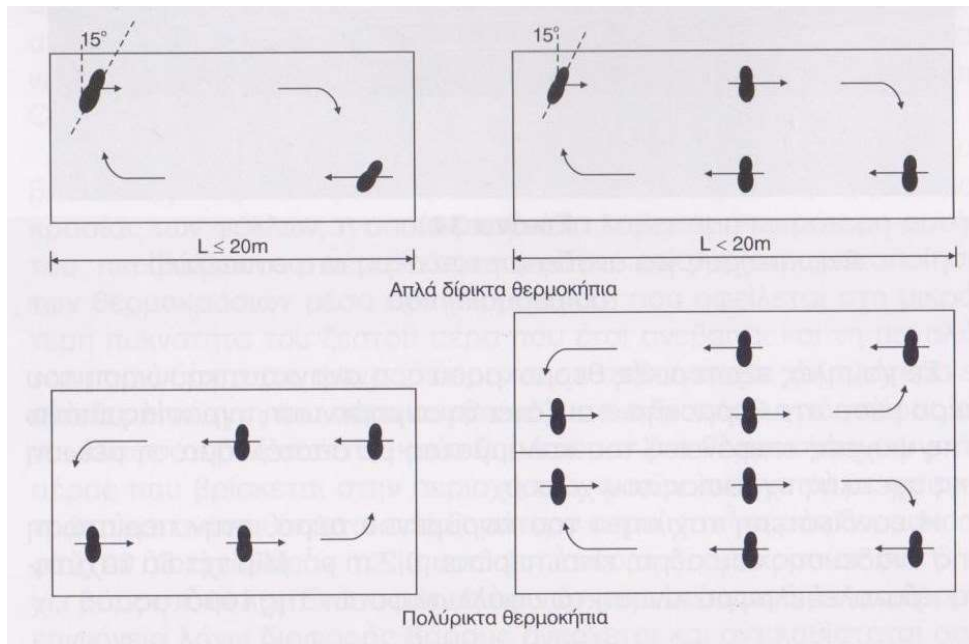
Συστήματα μίξης με διάτρητο σωλήνα



Διάτρητος σωλήνας χρησιμοποιείται συχνά για την ίση κατανομή αερισμού ή θέρμανσης στο θερμοκήπιο

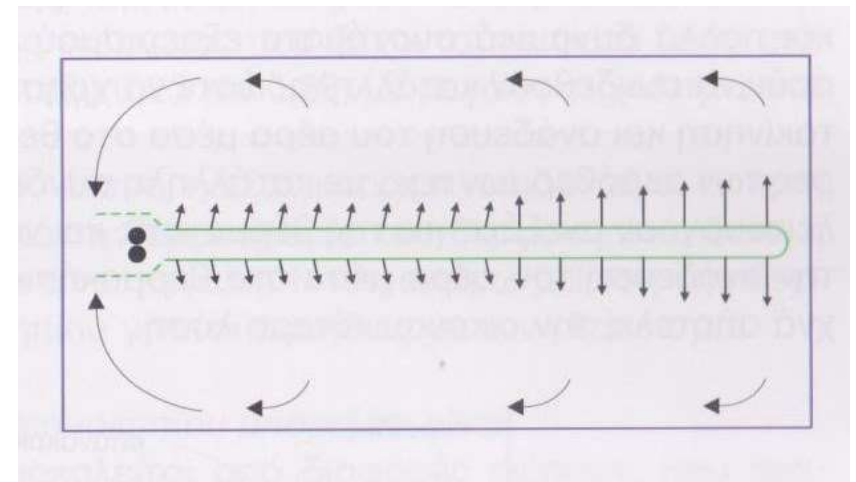


Συστήματα μίξης – διαγράμματα κυκλοφορίας αέρα

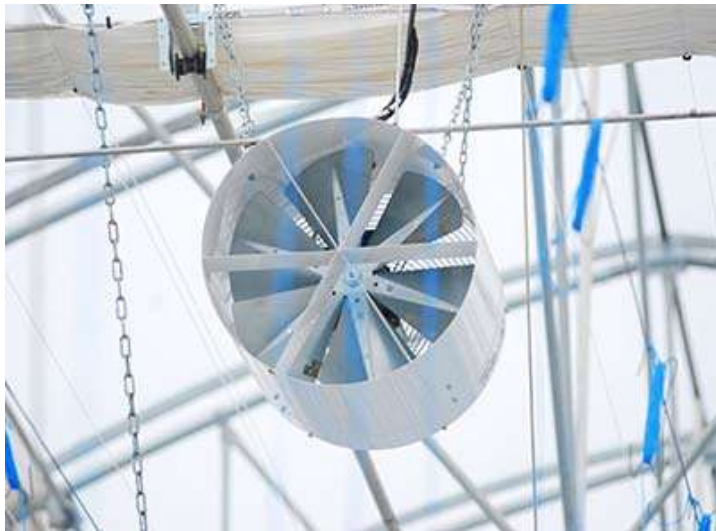


Μίξη με ανεμιστήρες

Μίξη με διάτρητο σωλήνα



Τύποι ανεμιστήρων που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια

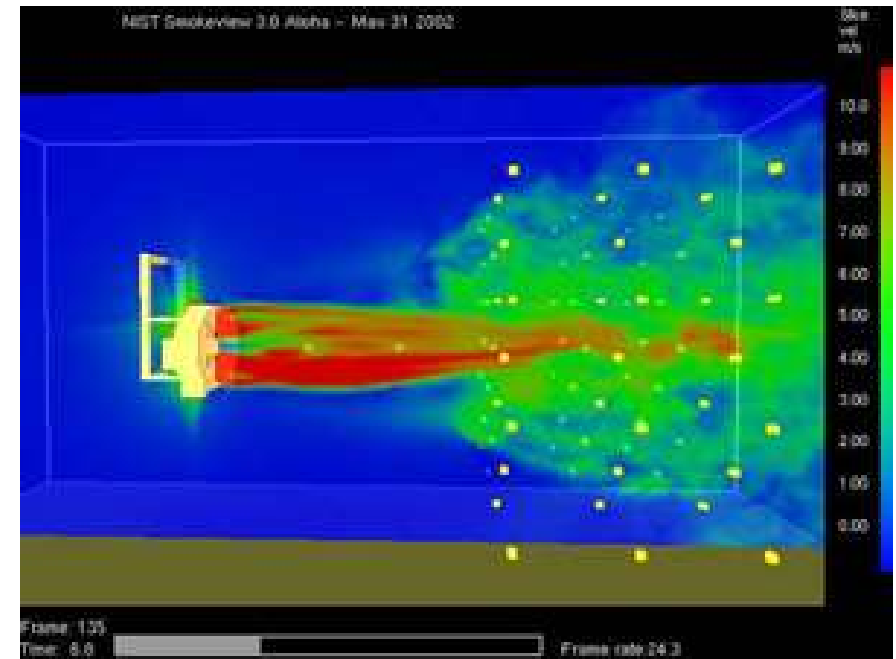


Ανεμιστήρας μίξης εσωτερικού αέρα

Ανεμιστήρες για πλευρικά τοιχώματα



Ροή αέρα πίσω από ανεμιστήρα



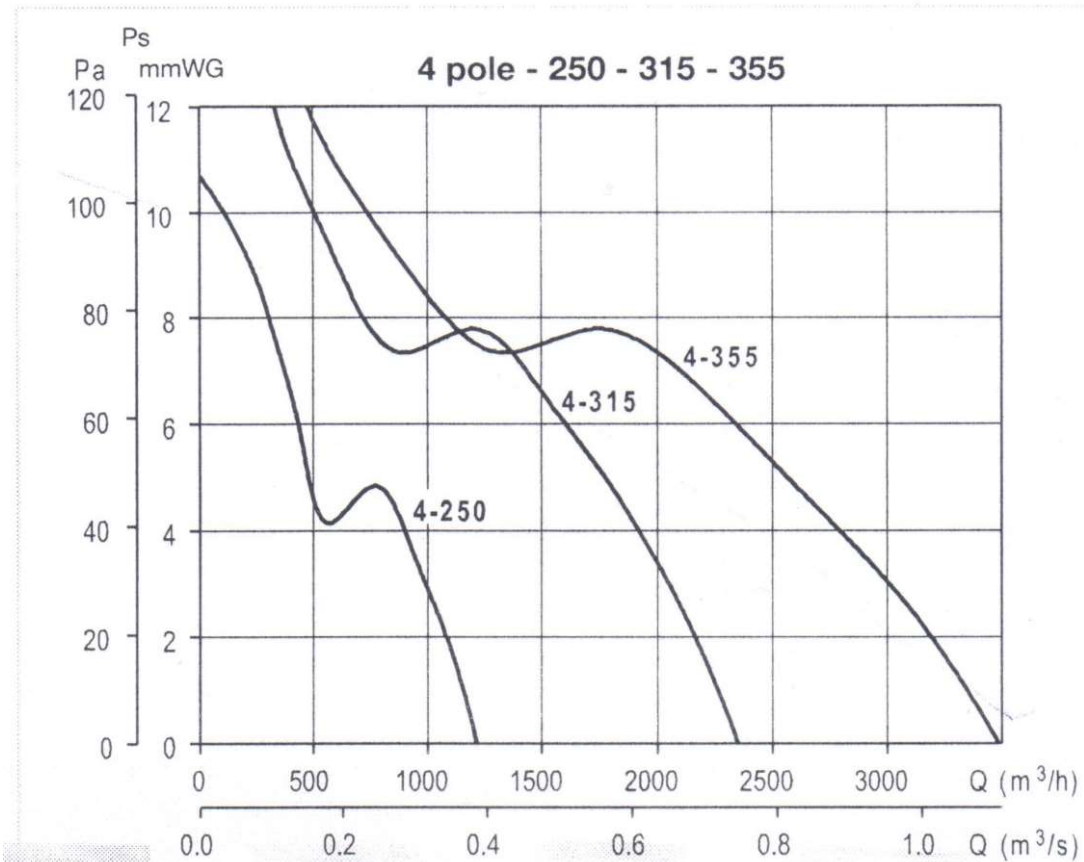
Χαρακτηριστικά ανεμιστήρων

- Παροχή ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)
- Κατανάλωση (ισχύς) (W)
- Όρια λειτουργίας (θερμοκρασία – υγρασία)

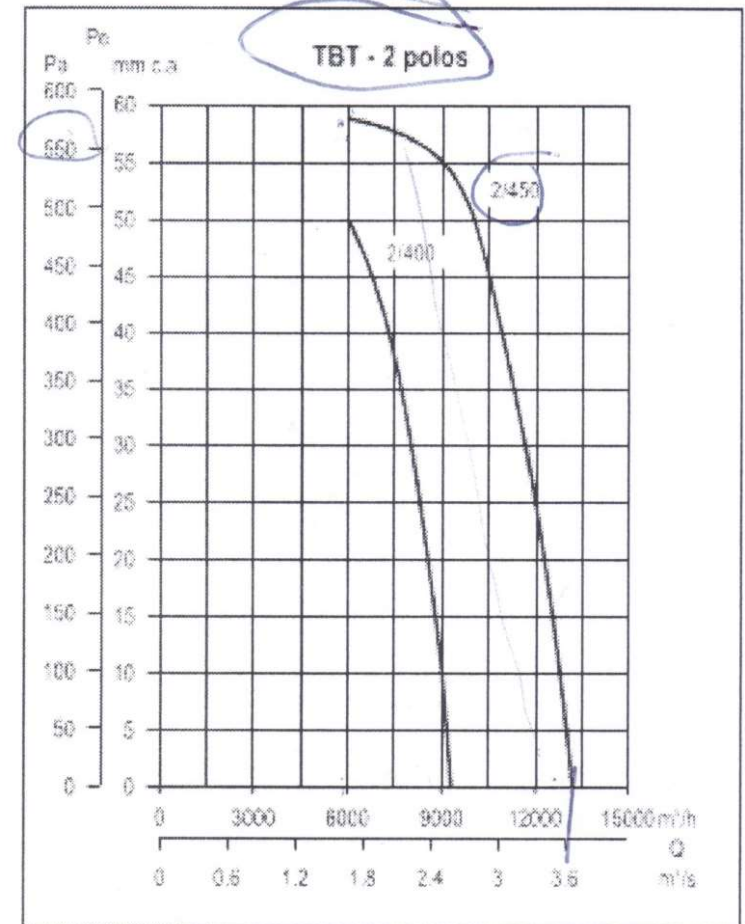
Technical data

Voltage	230V
Phase	1 \sim
Frequency	50 Hz
Power consumption	420 W
Nominal current	1.9 A
Speed	2850 RPM
Min. ambient temperature	-13 °F
Max. ambient temperature	104 °F
Insulation Class	CLF
IP Class	IP55
Weight	26.4 lbs
Packing dimensions	12.4 x 18.1 x 18.1 inch

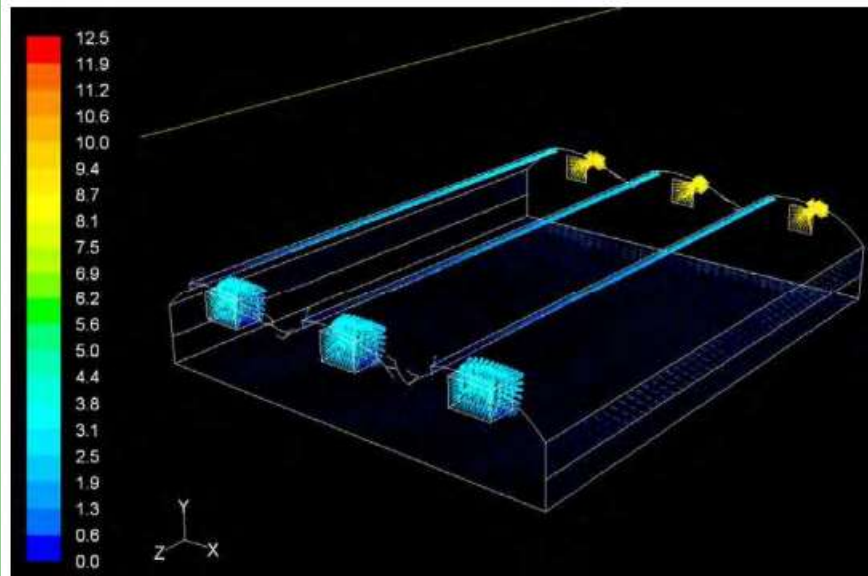
Πίεση και παροχή – χαρακτηριστικές καμπύλες



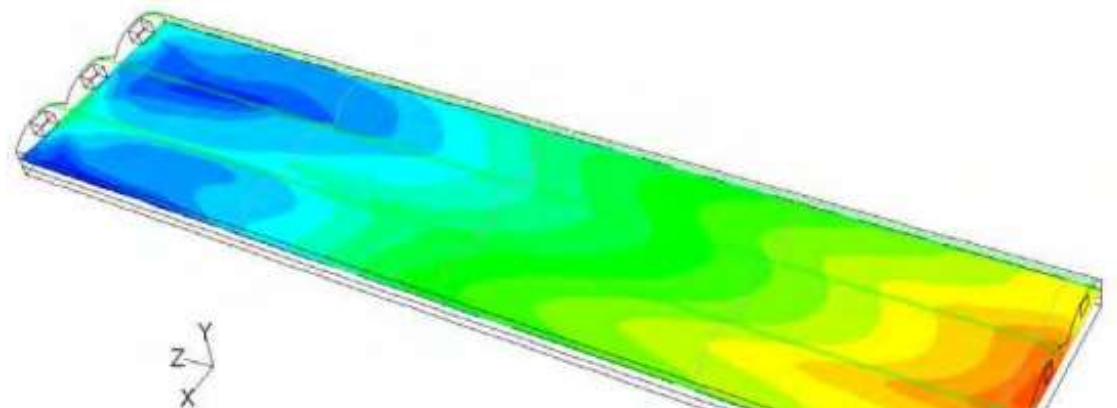
ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΒΤ



Ροή αερισμού σε θερμοκήπιο με δυναμικό αερισμό



Κατανομή ταχυτήτων του αέρα στις εισόδους και εξόδους σε ένα τρίκλιτο τοξωτό θερμοκήπιο με δυναμικό αερισμό



Κατανομή θερμοκρασίας σε ένα τρίκλιτο τοξωτό θερμοκήπιο με δυναμικό αερισμό