

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ



Υποστρώματα

Πορώδη υλικά που δεν προκαλούν φυτοτοξικότητα και χρησιμοποιούνται για να υποκαταστήσουν το έδαφος ως μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών.


Χημικά αδρανή υποστρώματα:

Δεν διαθέτουν ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Χημικά ενεργά υποστρώματα:

Έχουν σημαντική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Τα υποστρώματα υποκαθιστούν το έδαφος ως προς τις εξής λειτουργίες του:

1. Παροχή νερού στα φυτά
 2. Παροχή θρεπτικών στοιχείων στα φυτά
 3. Παροχή οξυγόνου στη ρίζα
 4. Στήριξη των φυτών
- 

Κυριότερα υποστρώματα για εκτός εδάφους καλλιέργειες

- Πετροβάμβακας
- Περλίτης
- Ελαφρόπετρα
- Ηφαιστειακά υλικά
- Διογκωμένη άργιλος
- Πολυουρεθάνη
- Άμμος
- Κόκος
- Πριονίδι, φλοιοί δένδρων, ίνες ξύλου

Διάφορα είδη υποστρωμάτων σε μορφή πλάκας



Συμπιεσμένος κόκκος



Καλλιέργεια μαρουλιού σε ελαφρόπετρα



Διογκωμένη άργιλος



Επιθυμητά χαρακτηριστικά υποστρωμάτων

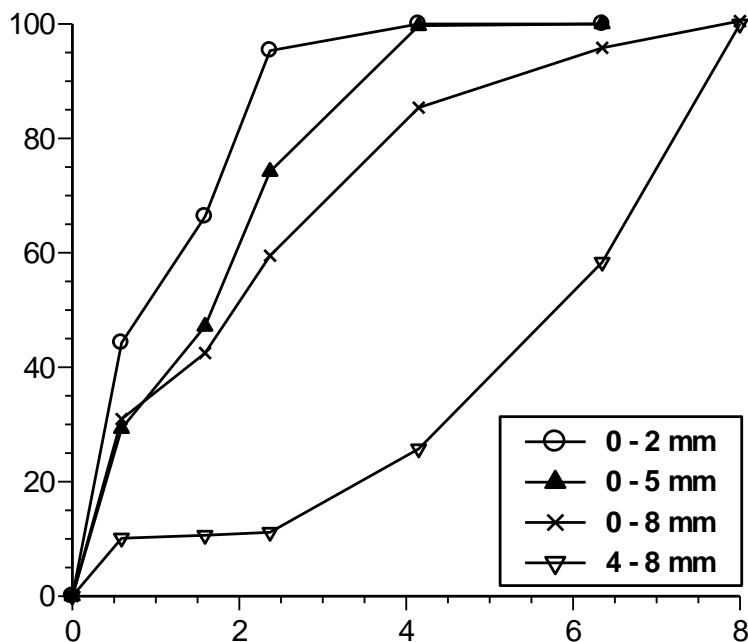
- Ικανοποιητική συγκράτηση υγρασίας
- Επαρκής αεροπερατότητα
- Σταθερή δομή
- Ομοιομορφία
- Απαλλαγμένο από παθογόνα και ζιζάνια
- Εύκολο στη χρήση
- Χαμηλό κόστος
- Φιλικό προς το περιβάλλον

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

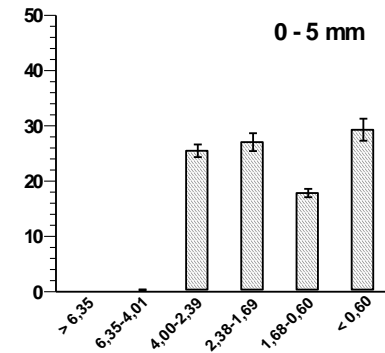
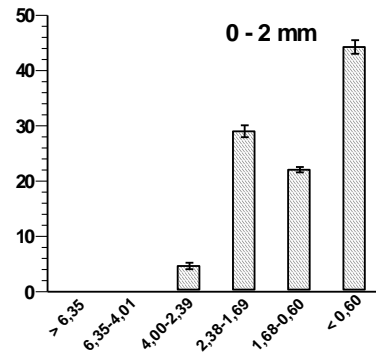
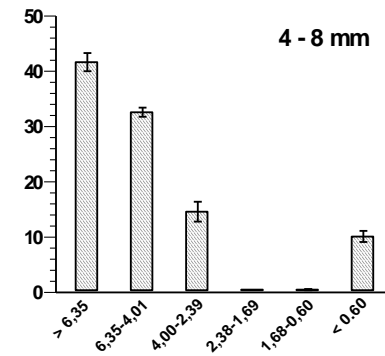
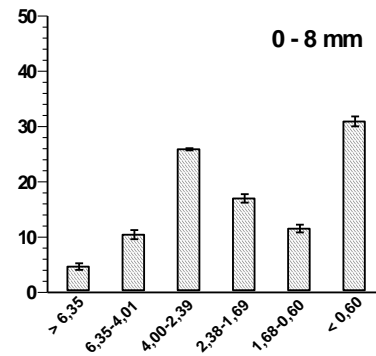


Κοκκομετρική κατανομή

Αθροιστική κατανομή



Κλασματική κατανομή



Total porosity (P)

The percent volume of substrate that is comprised of pores. It is calculated using the equation:

$$P = \frac{V_p}{V_s} 100$$

where:

V_p denotes the pore volume, and

V_s the total volume of the substrate

Bulk Density (D_s)

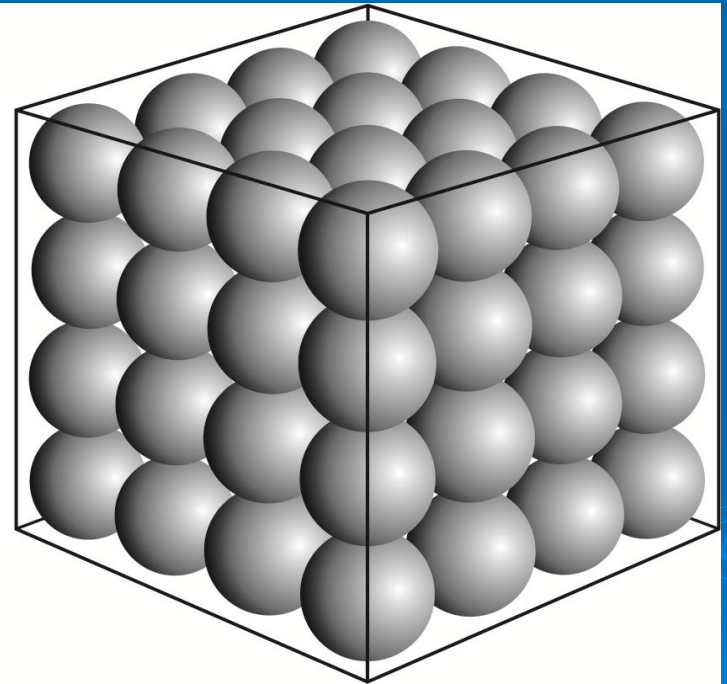
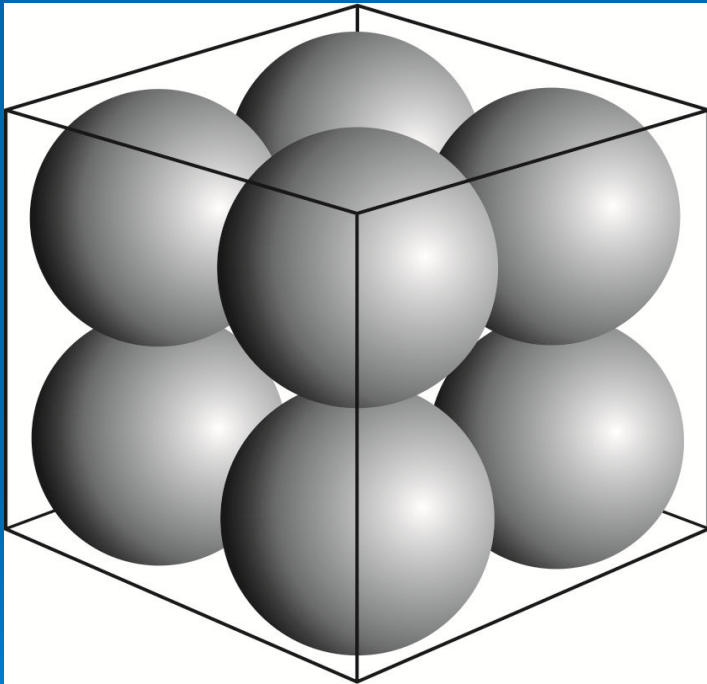
The ratio of the dry mass (W in kg) of a substrate to the total volume (V in L) of the substrate:

$$D_s = \frac{W_s}{V}$$

Bulk density of some commonly used substrates in soilless culture

Substrate	Bulk density (g cm⁻³)
Rockwool	0.07 - 0.10
Perlite	0.09 - 0.10
Pumice	0.40 - 0.80
Expanded clay	0.28 - 0.63
Tuff	0.80 - 1.50
Sand	1.48 - 1.80
Coir dust	0.04 - 0.08

Ειδική επιφάνεια υποστρώματος



Moisture content (or water content) on
a v/v basis (Θ)

**The percentage of water volume (V_w)
which is contained in a substrate to
total substrate volume (V_s):**

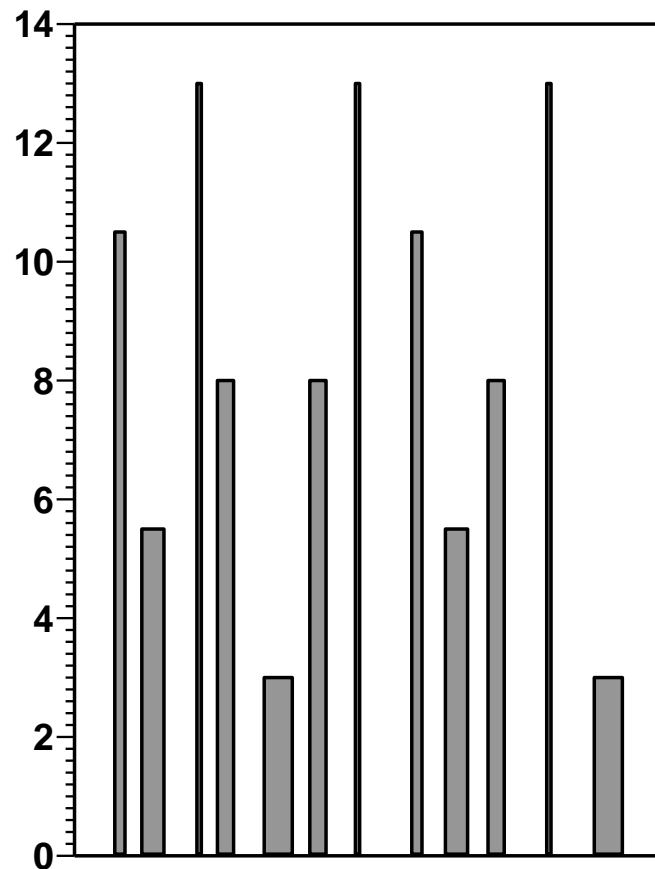
$$\Theta \equiv \frac{V_w}{V_s} 100$$

ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Καμπύλη ελευθέρωσης νερού


The background features several concentric circles representing water ripples, rendered in a lighter shade of blue than the background, located in the lower right and bottom center areas.

Ανύψωση νερού στο πορώδες του υποστρώματος



Water holding capacity
(Container capacity) (Θ_{cc})

The maximum water content that can be retained by a particular substrate which is allowed to drain after overnight staying at saturation.

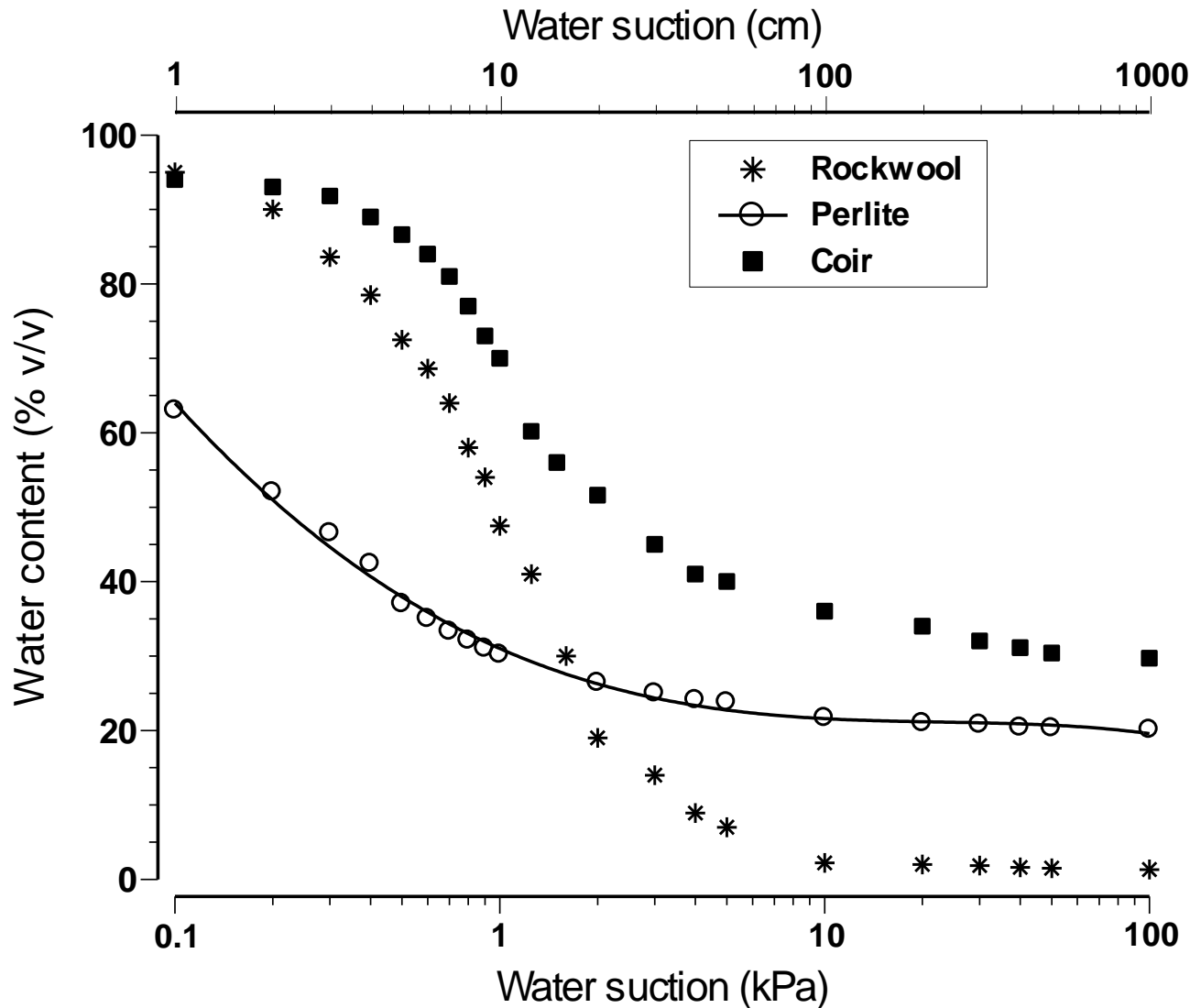
The background of the slide features a blue gradient with several faint, concentric white circles resembling water ripples, scattered across the lower half of the page.

Air space (A_s)

The percent volume of the substrate that is filled with air after the container has achieved container capacity. The air space indicates the air capacity of the substrate. Obviously the air space can be calculated using the equation:

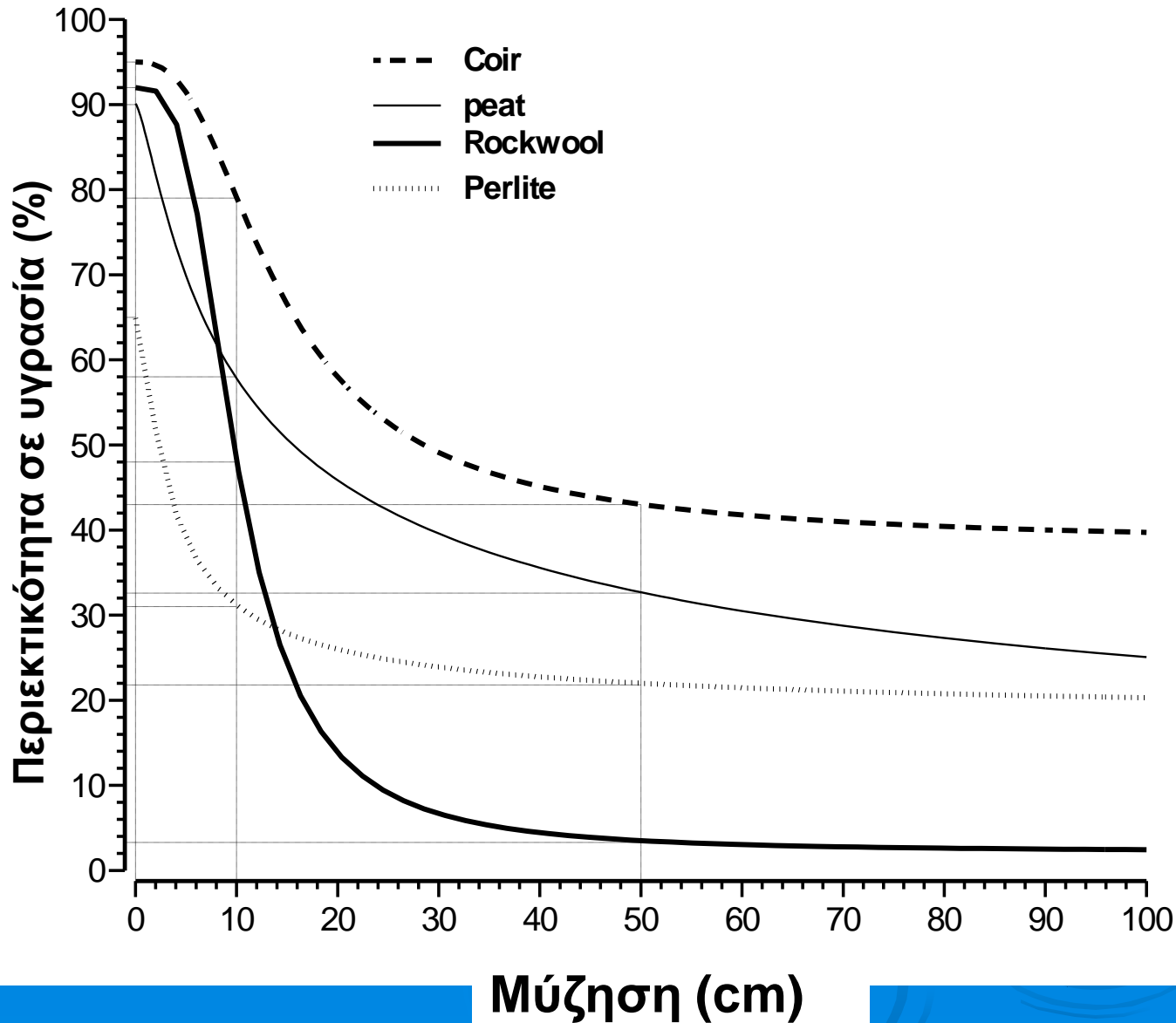
$$A_s = P - \theta_{cc}$$

Χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας (καμπύλες συγκράτησης νερού) ορισμένων υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες εκτός εδάφους



Περιεκτικότητα σε υγρασία ως συνάρτηση της μύζησης

Αξιολόγηση υποστρώματος ως προς την καλλιεργητική του συμπεριφορά με βάση την ΧΚΥ



Plant available water


- Easily Available Water (EAW): Difference of volumetric water content between 10 and 50 cm water suction (1 - 5 kPa).
- Water Buffering Capacity (WBC): Difference of volumetric water content between 50 and 100 cm water suction (5 – 10 kPa).
- Unavailable Water: Water held by a substrate at tensions higher than 10 kPa.

Αεροπερατότητα ή Χωρητικότητα αέρα



(Water Holding capacity) (θ_{cc})

The maximum water content that can be retained by a particular containerized substrate which is allowed to drain after saturation (Container capacity).

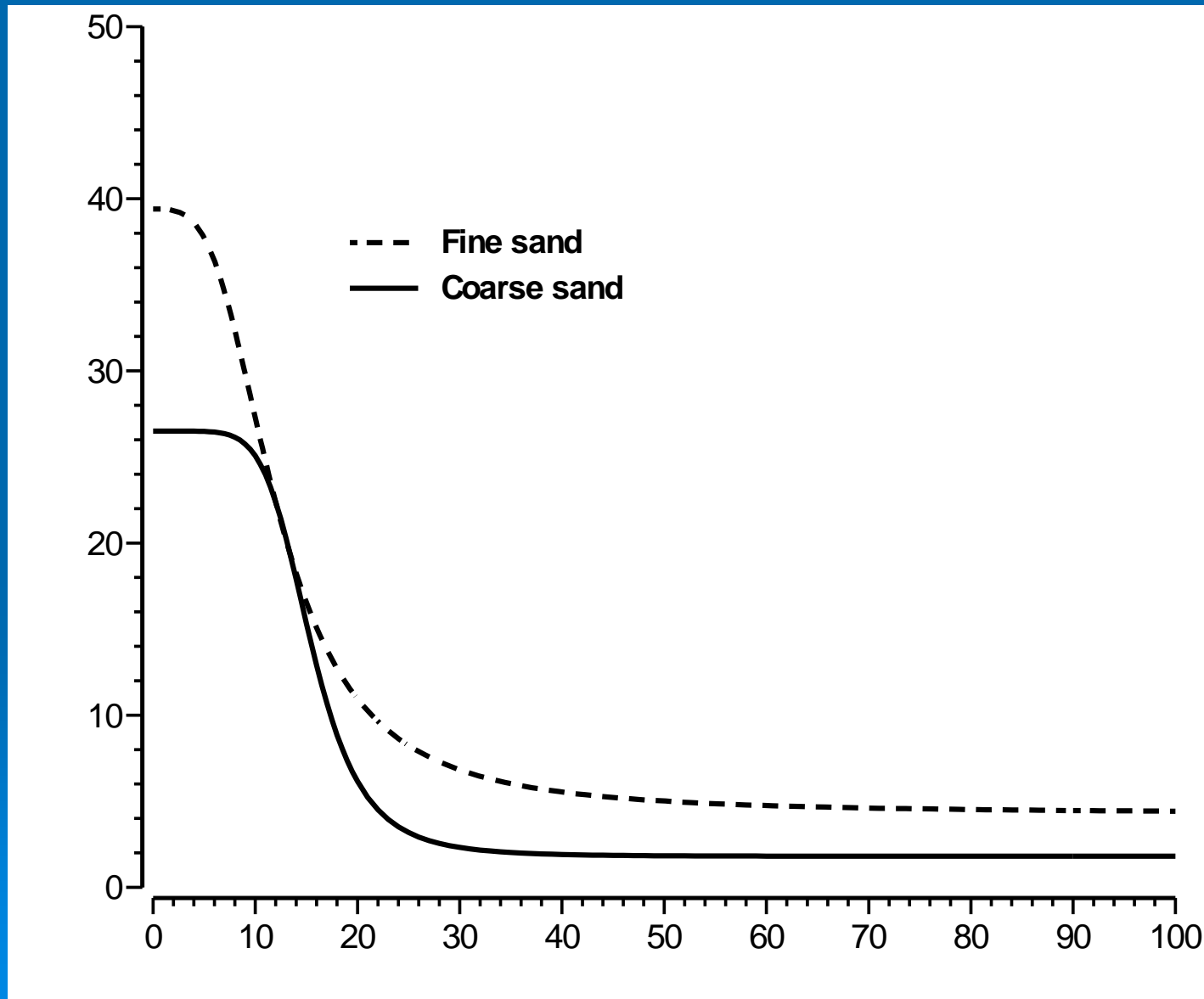
The background of the slide features several concentric, light blue circular ripples that resemble water droplets or raindrops, scattered across the lower half of the page.

Air Capacity (A_s)

The percent volume of the substrate that is filled with air after the container has achieved container capacity. The air space indicates the air capacity of the substrate. Obviously the air space can be calculated using the equation:

$$A_s = EPS - \theta_{cc}$$

Παράδειγμα υπολογισμού



Modeling moisture retention curves

➤ **Using mathematical models to describe water retention curves it is possible:**

- **to calculate the water and air content in containerized substrates at container capacity**
- **to assess the hydraulic conductivity of substrates under unsaturated conditions**

The model

The model (van Genuchten & Nielsen, 1985; Milks et al., 1989):

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / \left[1 + (ah)^n \right]^m$$

Where:

θ (%): volumetric moisture content of the substrate

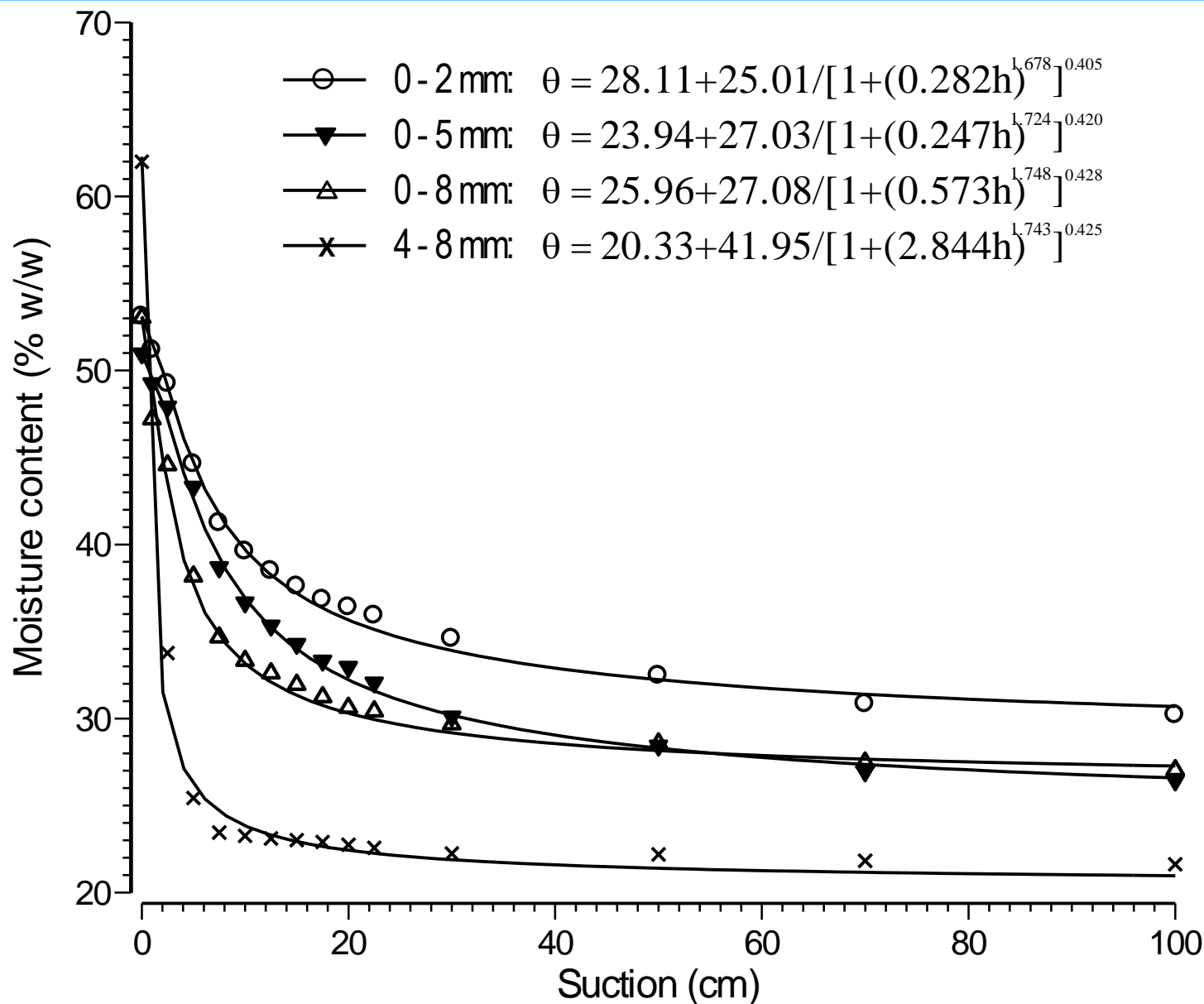
h (cm): moisture suction

θ (%): saturated and residual moisture content

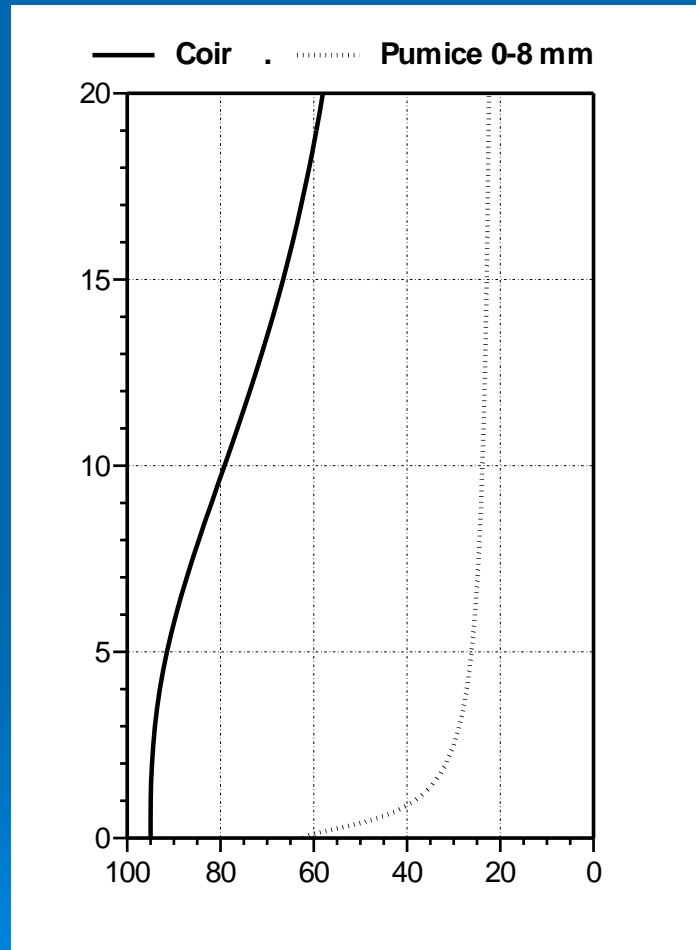
θ (%): saturated and residual moisture content

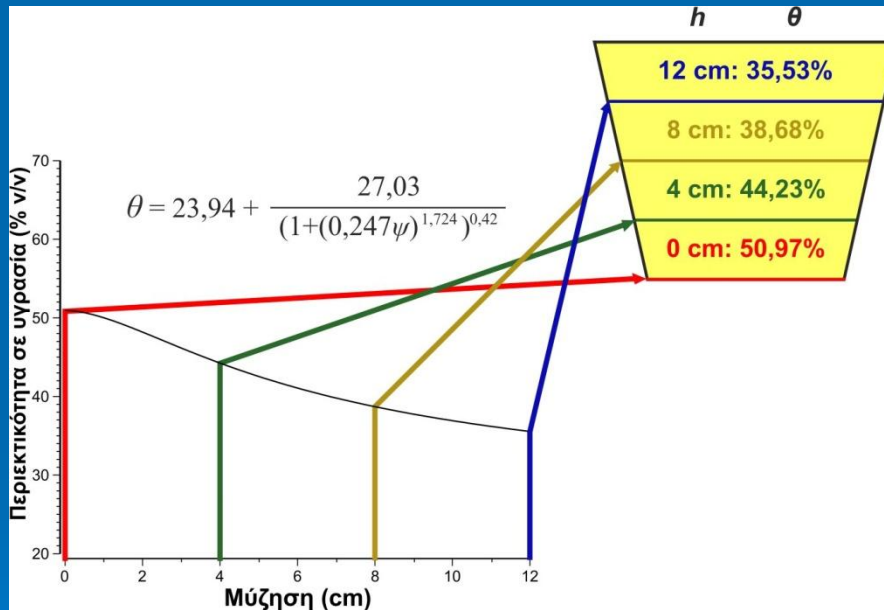
a, m, n : parameters depending on the physical characteristics of the substrate

Moisture retention curves of four different grades of pumice (Gizas and Savvas, 2007: HortSci. 42, 1274-1280)

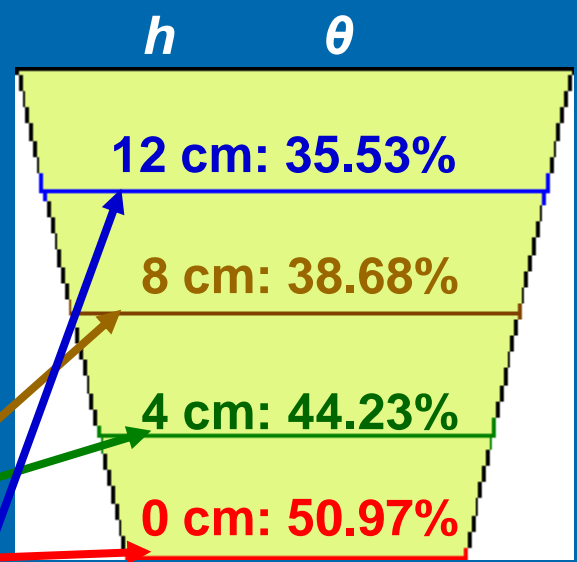
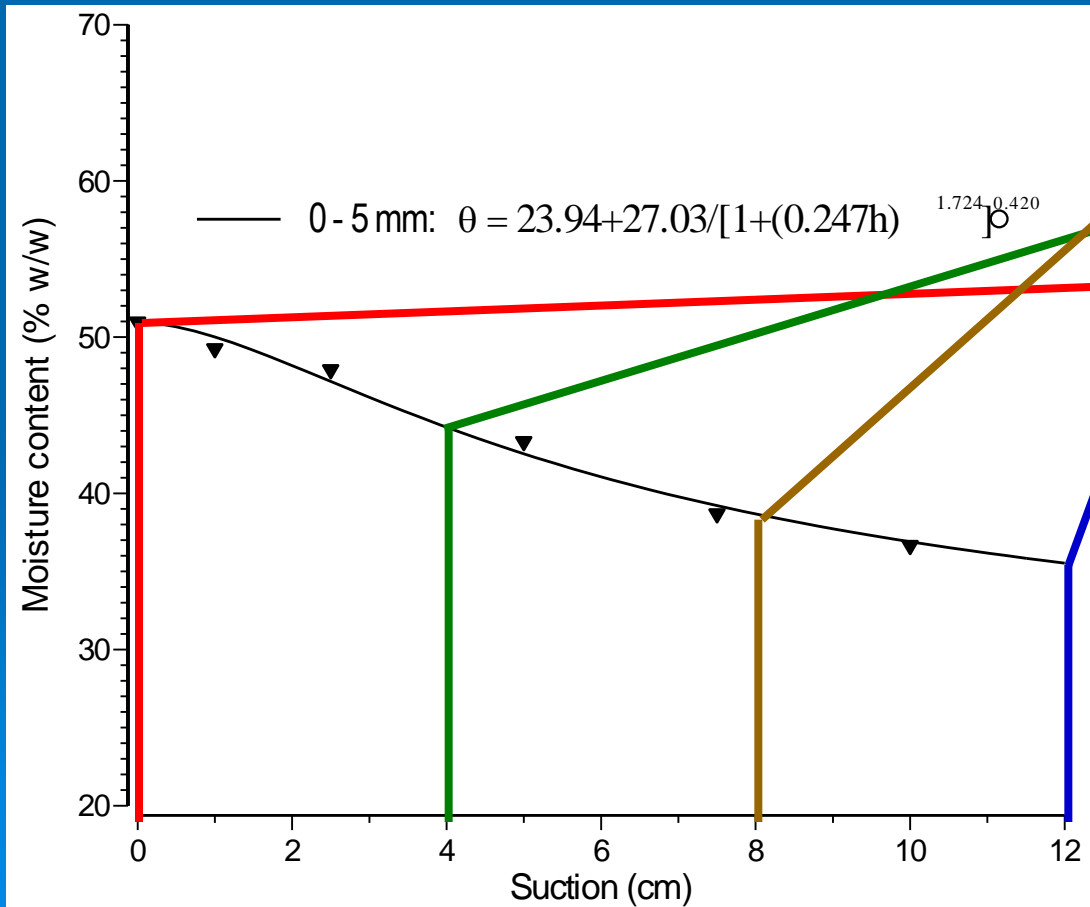


Μεταβολή περιεκτικότητας νερού κατά ύψος

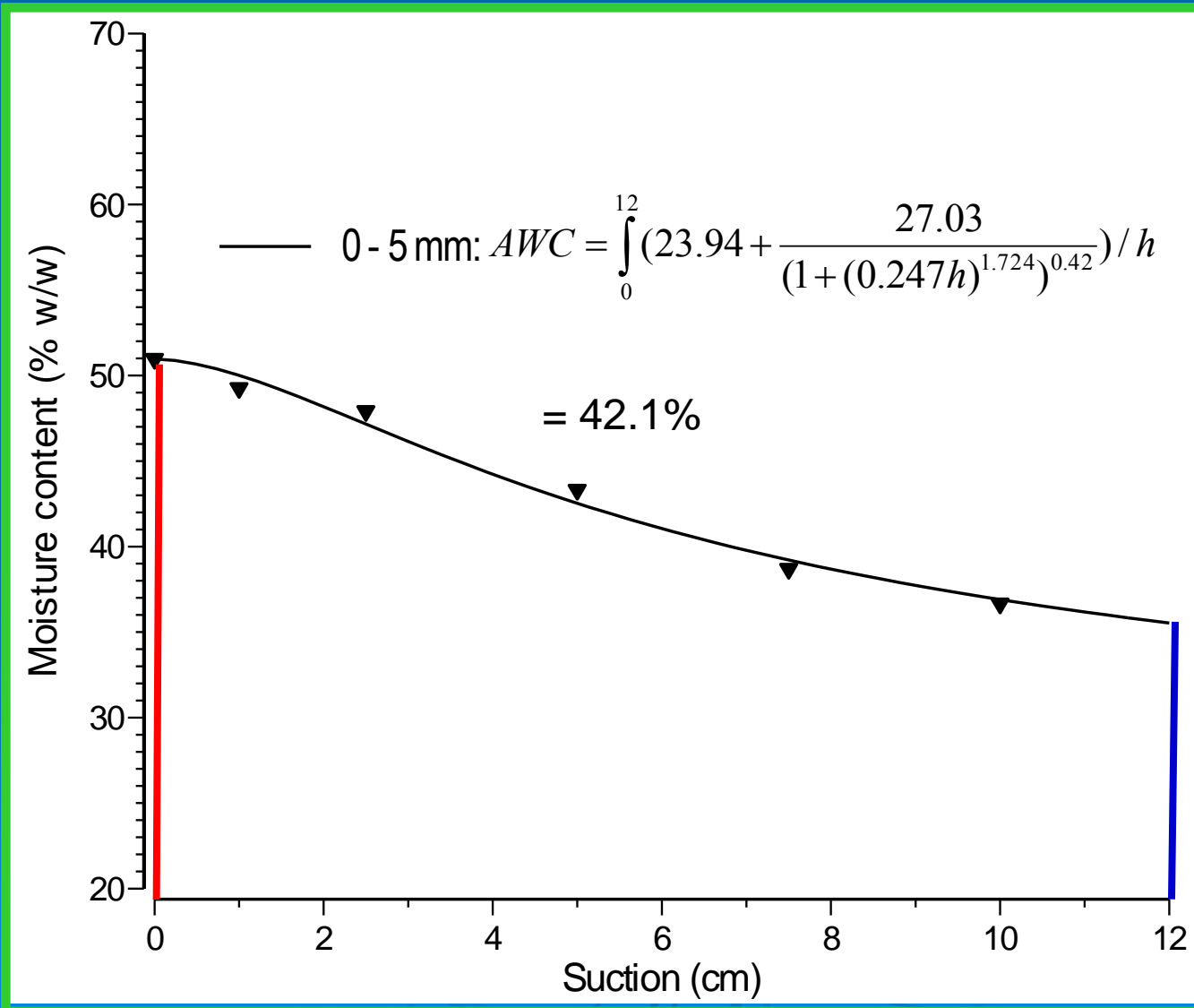


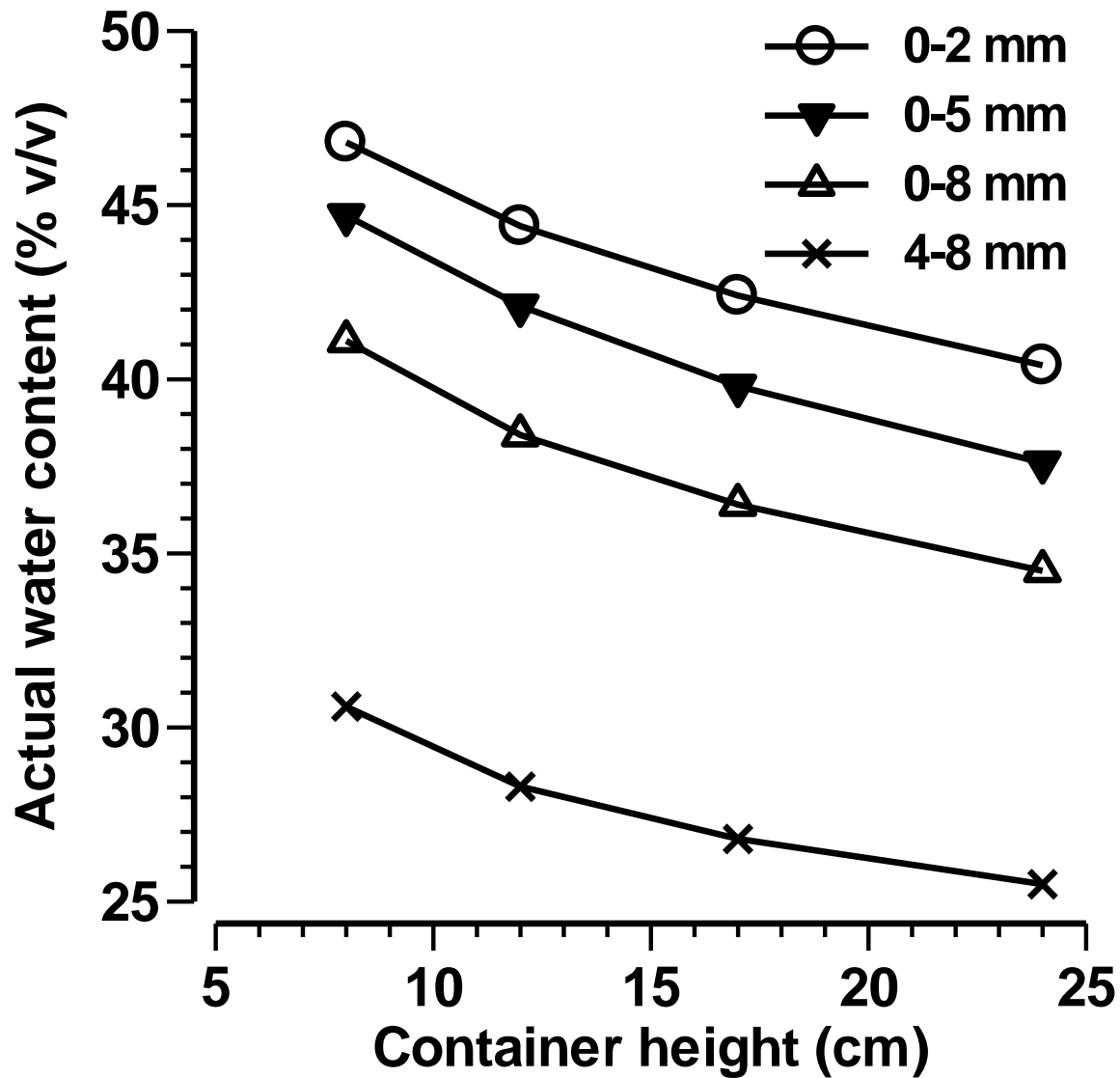


The water content of a containerized substrate at container capacity depends on the height of the substrate:



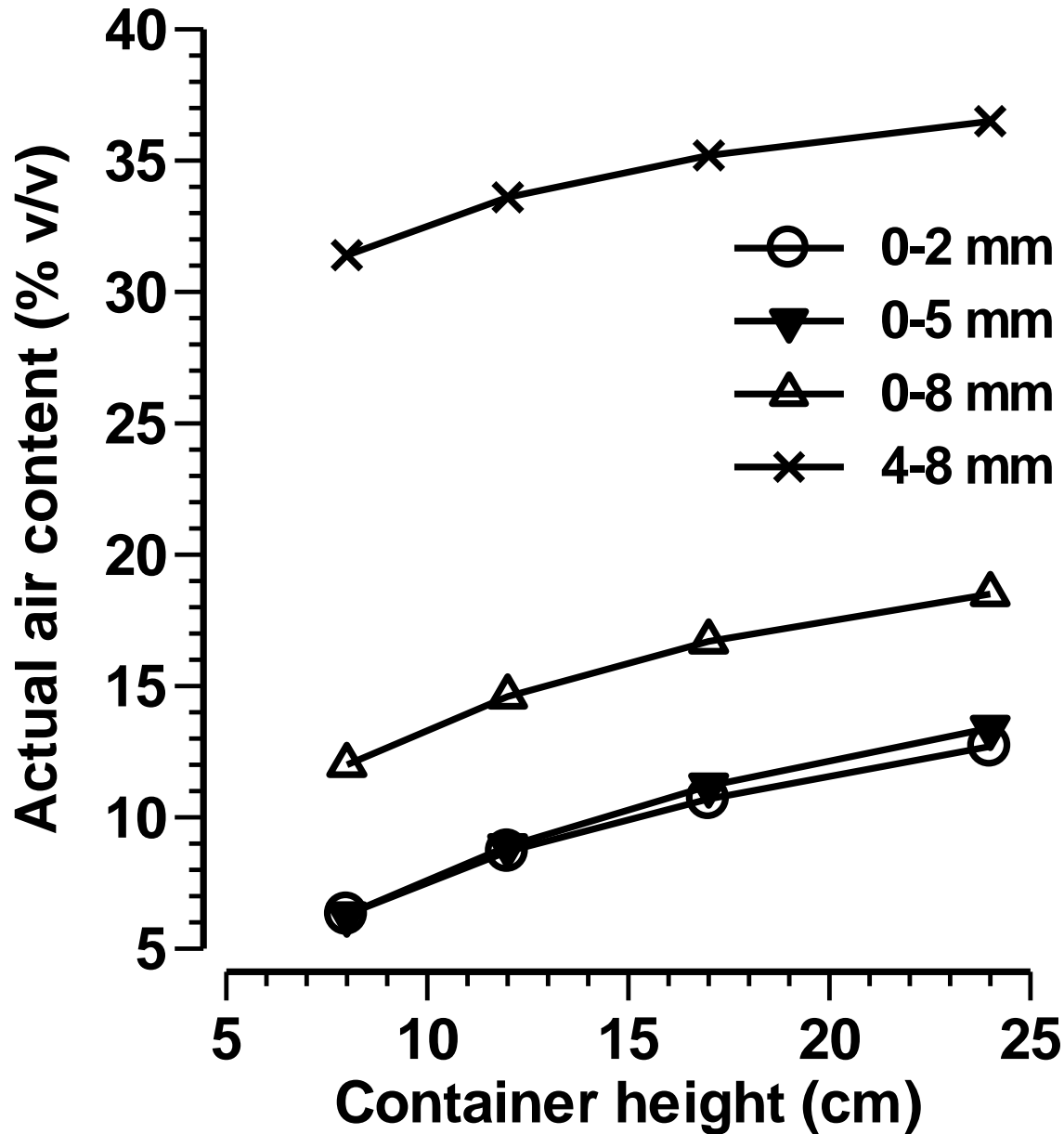
$$AWC = \int_0^h (\theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + (ah)^n]^m) / h$$





Water content at container capacity in relation to the height of the container and the particle size of pumice*

*Placed in containers with constant cross-section area with height



Air content at container capacity in relation to the height of the container and the particle size of pumice*

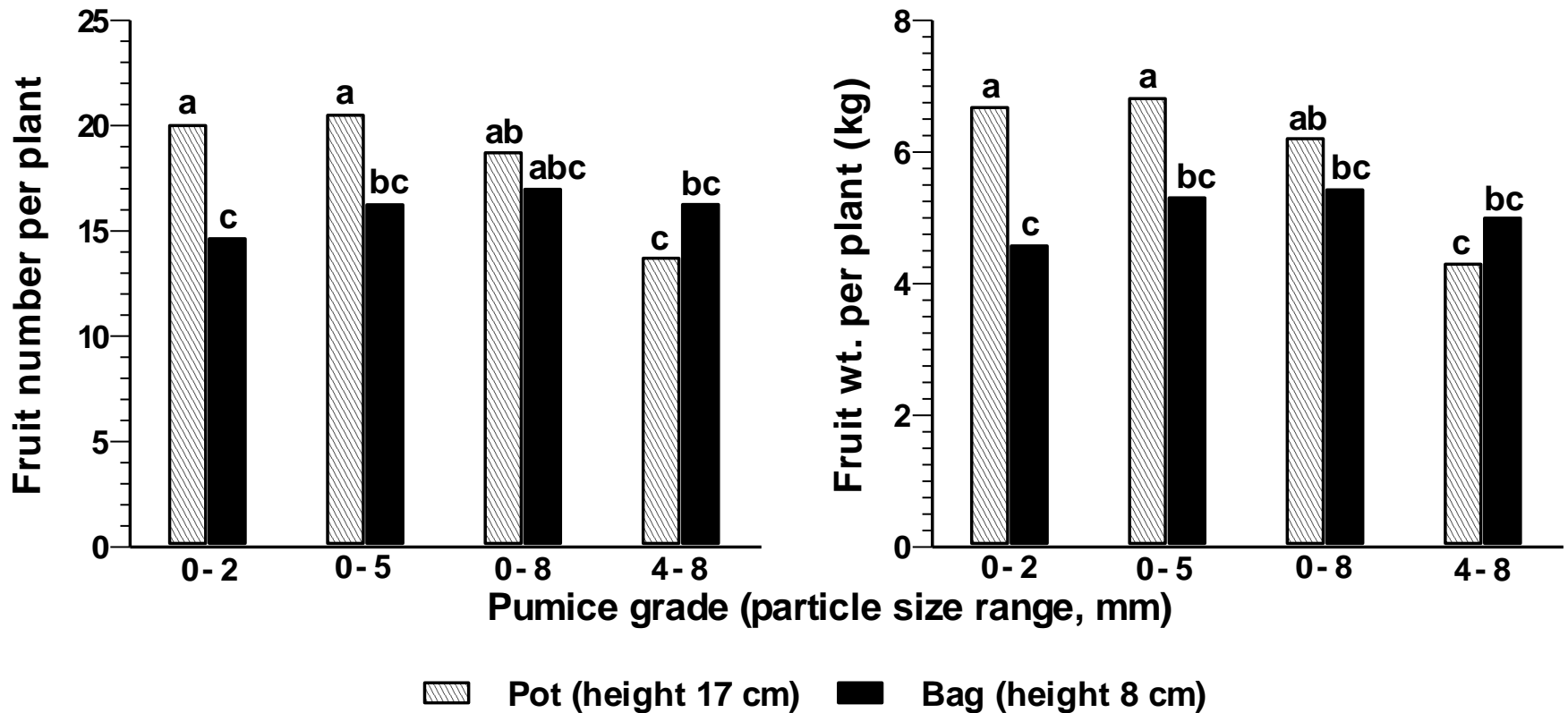
*Placed in containers with constant cross-section area with height

Effects of particle size of pumice and height of the substrate in the container on the fruit yield of cucumber

Height of substrate:

Bag: 8 cm

Pot: 18 cm



$$K = q \frac{l}{\Delta h}$$

Hydraulic Conductivity

Darcy Low

$$q = K \frac{\Delta h}{l}$$

q : Flow rate (cm min⁻¹)

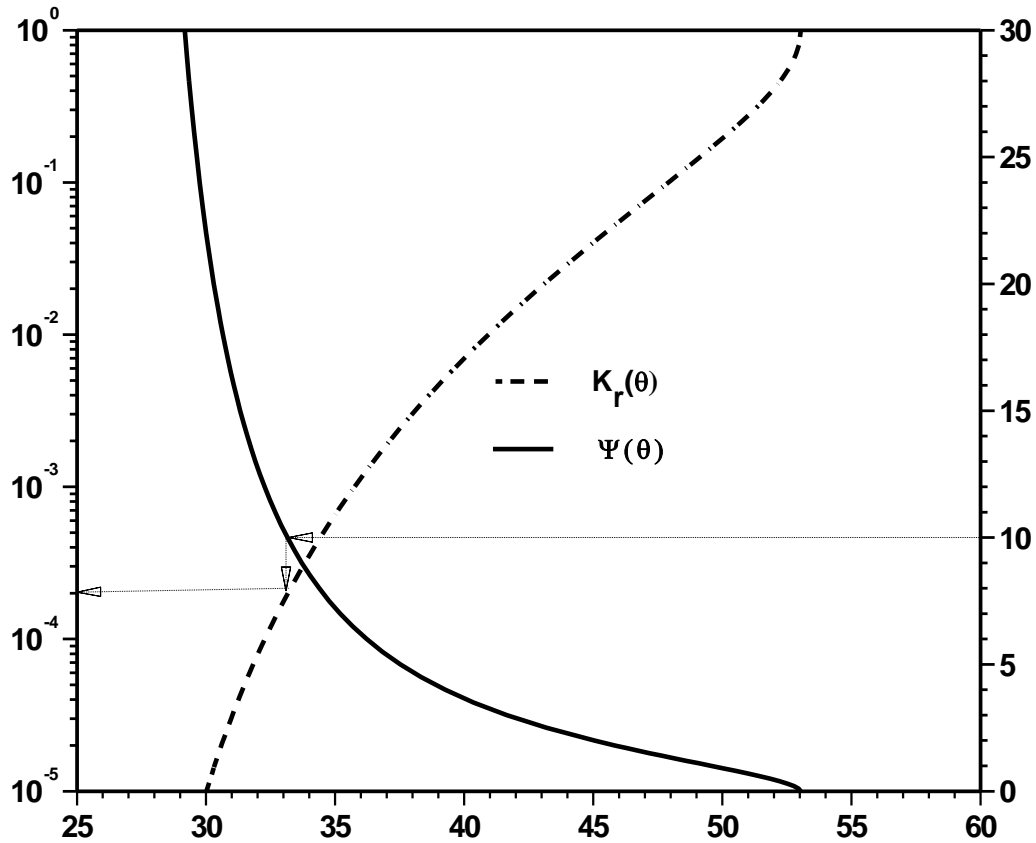
K : Hydraulic conductivity (cm min⁻¹)

h : Pressure head (cm)

l : Distance of water movement (cm)

$$K = q \frac{l}{\Delta h}$$

Hydraulic conductivity



Χημικές ιδιότητες ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

1. Χημική σύνθεση
 2. Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων
 3. pH
- 
- The background of the slide features several concentric, light blue circular ripples that resemble water droplets or raindrops, scattered across the lower half of the page.

Χημική σύνθεση πετροβάμβακα προερχόμενου από δύο διαφορετικούς κατασκευαστές (% w/w)

Συστατικό	Grodan®	Salit® (Israel)
SiO ₂	47	38
CaO	16	21
Fe ₂ O ₃	8	13
Al ₂ O ₃	14	14
MgO	10	9
Na ₂ O	2	3.5
K ₂ O	1	1
MnO	1	-----
TiO ₂	1	-----

Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων διαφόρων υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες εκτός εδάφους

Υπόστρωμα	Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ($\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$)
Πετροβάμβακας	0 – 5
Περλίτης	0 – 15
Ελαφρόπετρα	25 – 40
Διογκωμένη άργιλος	0 – 5
Tuff	100 – 600
Άμμος	0 – 30
Κόκκος	320 – 950

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ



Πετροβάμβακας

- **Ανόργανο ινώδες υλικό**
- **Παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται από:**
 - 60% διαβάση,
 - 20% ασβεστόλιθο,
 - 20% άνθρακα.
- **Το μείγμα αυτό θερμαίνεται στους 1600 °C.**
- **Παραγωγή λεπτών βελονών:**
 - πάχους 6-8 μικρών (μ), (0,005 mm)
 - μήκος 3 mm.
- **Συγκόλληση σε χαλαρή πλέξη με μια συνδετική ρητίνη (βακελίτης)**

Πετροβάμβακας

- 92-96 % πορώδες,
- Ειδικό βάρος 60-100 Kg/m³
- Μπορεί να λάβει οποιοδήποτε σχήμα
- Για χρήση στη γεωργία σαν υπόστρωμα καλλιέργειας συνήθως χρησιμοποιούνται:
 - κύβοι (για προβλάστηση & παραγωγή σποροφύτων
 - ορθογώνιες πλάκες (για καλλιέργεια παραγωγικών φυτών).

Ιδιότητες πετροβάμβακα

- Υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού
- Πολύ καλή αεροπερατότητα
- Το νερό που συγκρατεί ο πετροβάμβακας είναι σχεδόν στο σύνολό του εύκολα διαθέσιμο για τα φυτά,
- Χημικά αδρανές υπόστρωμα
- Πλήρης απουσία παθογόνων, ζωικών εχθρών και ζιζανίων
- Εύκολος στην χρήση του

Μορφές πετροβάμβακα στο εμπόριο

- Για γεωργική χρήση ο πετροβάμβακας διατίθεται σε μορφή πλακών,
- Διαστάσεις ανάλογες με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους.
- Συνήθως για τα λαχανικά χρησιμοποιούνται πλάκες διαστάσεων 7,5X15X100 cm
- Οι μεγάλοι ειδικού βάρους πετροβάμβακες (περίπου 120 g/l) έχουν μεγάλη διάρκεια χρήσης και είναι κατάλληλοι:
 - για 5-6 καλλιέργειες μικρής διάρκειας (των 4-5 μηνών)
 - ή τρεις καλλιέργειες μεγάλης διάρκειας (8-10 μηνών).

Εγκατάσταση καλλιέργειας σε πετροβάμβακα

- Σπορά είτε σε μικρούς κύβους προβλάστησης ή απευθείας σε κύβους ανάπτυξης σποροφύτων
- Οι κύβοι πρέπει πριν την σπορά να έχουν ποτισθεί με θρεπτικό διάλυμα.
- Το ακριβές μέγεθος των κύβων εξαρτάται από το είδος του φυτού και από τον χρόνο που τα φυτά θα μείνουν στο σπορείο μέχρι την μεταφύτευση
- Μικρότερος χρόνος και επομένως μικρότερο μέγεθος κύβων το καλοκαίρι και μεγαλύτερο τον χειμώνα

Εγκατάσταση καλλιέργειας σε πετροβάμβακα

- Οι σπόροι τοποθετούνται μέσα σε μία μικρή οπή
- Μετά οι σπόροι καλύπτονται από πάνω είτε με περλίτη είτε με βερμικουλίτη ή με μικρά τεμάχια (νιφάδες) πετροβάμβακα
- Οι κύβοι αφήνονται να βλαστήσουν στην συνιστώμενη για το κάθε καλλιεργούμενο είδος θερμοκρασία.
- Βάθος σποράς όπως και στις καλλιέργειες στο έδαφος

Τεχνική καλλιέργειας σε πετροβάμβακα: Περιποιήσεις στο σπορείο

- Όταν φυτρώσουν τα φυτά, ποτίζονται τακτικά με θρεπτικό διάλυμα.
- Πότισμά ή με ποτιστήρι ή μικροκαταιονιστήρες που φέρονται πάνω σε κινούμενη ράβδο.
- Η μεταφύτευση γίνεται μόλις νεαρά, λευκά, ριζικά τριχίδια αρχίσουν να εξέρχεται και να φαίνονται στην κάτω επιφάνειά του κύβου.

Προετοιμασία θερμοκηπίου

- Κάλυψη του εδάφους με πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου
- Εγκατάσταση του συστήματος άρδευσης
- Οι κύβοι τοποθετούνται ή μέσα σε κανάλια ή πάνω σε πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης
- Τοποθέτηση πλακών πετροβάμβακα σε γραμμές που αντιστοιχούν στις γραμμές φύτευσης,

Προετοιμασία θερμοκηπίου

- Οι διαστάσεις και οι αποστάσεις μεταξύ των πλακών πετροβάμβακα εξαρτώνται από το καλλιεργούμενο φυτικό είδος.
- Καρποδοτικά λαχανικά (τομάτα, αγγούρι, κ.λπ.): 2-4 φυτά ανά πλάκα υποστρώματος μήκους 0,9-1 m.
- Φασόλι - φυλλώδη λαχανικά (π.χ. μαρούλι): 10-20 φυτά ανά m².

Εγκατάσταση καλλιέργειας

- Άνοιγμα οπών στην πάνω επιφάνεια του πλαστικού περιτυλίγματος των πλακών πετροβάμβακα στα σημεία που θα τοποθετηθούν τα φυτά.
- Οι σταλάκτες στερεώνονται με ειδικές πλαστικές καρφίτσες πάνω στο υπόστρωμα (στα ανοίγματα που πρόκειται να υποδεχθούν τα φυτά).
- Τίθεται σε λειτουργία η εγκατάσταση παρασκευής και το σύστημα παροχής του διαλύματος και το υπόστρωμα διαβρέχεται με θρεπτικό διάλυμα μέχρι να κορεσθεί πλήρως ολόκληρος ο όγκος του.

Καλλιέργεια τομάτας σε πετροβάμβακα



Περλίτης

- Πορώδεις κόκκοι διαμέτρου 0.5-2.5 mm χωρίς ανταλλακτική ικανότητα.
- Παράγεται με θερμική επεξεργασία ορυκτού περλίτη (ηφαιστιογενές πέτρωμα) στους 900-1000 °C
- Ανάμειξη με αέρα και διόγκωση 4-20 φορές (δημιουργία αφρώδους μάζας)
- Ψεκασμός σε χώρο όπου υφίσταται απότομη ψύξη
- Σχηματισμός πορωδών κόκκων λόγο παγίδευσης αέρα στη μάζα τους

Χημική σύνθεση περλίτη (% w/w)

Συστατικό	Περιεκτικότητα
SiO_2	73,06
Al_2O_3	15,30
Fe_2O_3	1,05
CaO	0,80
MgO	0,05
Na_2O	3,65
K_2O	4,50

Perlite placed into pots



Perlite: Characteristics

- ❑ Most common perlite grades (particle diameter): 0.5 – 2.5 and 1.5 - 3.0 mm.
- ❑ Bulk density: 0.08 - 0.1 g cm⁻³,
- ❑ Total porosity: ca. 0.65
- ❑ Perlite is neutral with a pH of 7.0 to 7.5,
- ❑ Perlite is considered a chemically inert medium.
- ❑ At low pH there is a risk of toxic Al release.

Καλλιέργεια τομάτας σε σάκκους με περλίτη



Ελαφρόπετρα

- Η ελαφρόπετρα είναι το κοινό όνομα του ορυκτού κιζιρίτης.
- Πρόκειται για ένα αργιλλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο δεν έχει την συμπαγή υφή άλλων πετρωμάτων αλλά φέρει εκτεταμένο πορώδες σε όλη του τη μάζα.
- Η ύπαρξη ενός τόσο εκτεταμένου πορώδους καθιστά την ελαφρόπετρα ένα πέτρωμα με χαμηλό ειδικό βάρος.

Ελαφρόπετρα

- Ο σχηματισμός των πόρων στην ελαφρόπετρα οφείλεται στην διαφυγή ηφαιστρειακών αερίων μέσα από την μάζα της κατά τον χρόνο που ελάμβανε χώρα η ψύξη της λάβας.
- Στην φύση η ελαφρόπετρα συναντάται σε μορφή τεμαχίων.
- Στην Ελλάδα υπάρχουν εκτεταμένα κοιτάσματα ελαφρόπετρας στα νησιά του Αιγαίου (Κυκλάδες, Δωδεκάνησα) από τα οποία τα σημαντικότερα βρίσκονται στην Νίσυρο.

Characteristics related to air and water availability of four types of pumice differing in the particle size range

Particle size range (mm)	BD (g cm ⁻³)	EPS (% v/v)	AFP (%v/v)	WHC (%v/v)	EAW (% v/v)	WBC (% v/v)	UW (% v/v)
0-2	0.952	53.1	13.5	39.60	7.14	2.27	30.19
0-5	0.938	51	14.3	36.70	8.23	2	26.47
0-8	0.829	53	19.7	33.30	4.76	1.54	27.00
4 - 8	0.62	62	38.7	23.30	1.07	0.57	21.66

Chemical properties of pumice

- Pumice has negligible cation exchange capacity
- The surface charge of pumice is low, derived mainly from impurities of carbonates and metal content.
- The material is stable at low pH.
- New pumice may contain Na at high concentrations, originating from mining and transport operations.

Chemical composition of pumice

Material	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O
%	70-75	12-14	1-3	0.1-0.6	0.8-2.0	3-6	4-5

Ελαφρόπετρα

➤ Πλεονεκτήματα

- Χημικά αδρανές υλικό
- Πολύ χαμηλή τιμή
- Πολύ καλή καλλιεργητική συμπεριφορά

➤ Μειονεκτήματα

- Δεν διατίθεται συσκευασμένη & τυποποιημένη
- Μερικές φορές μπορεί να περιέχει NaCl

Καλλιέργεια τομάτας σε κανάλια γεμισμένα με ελαφρόπετρα



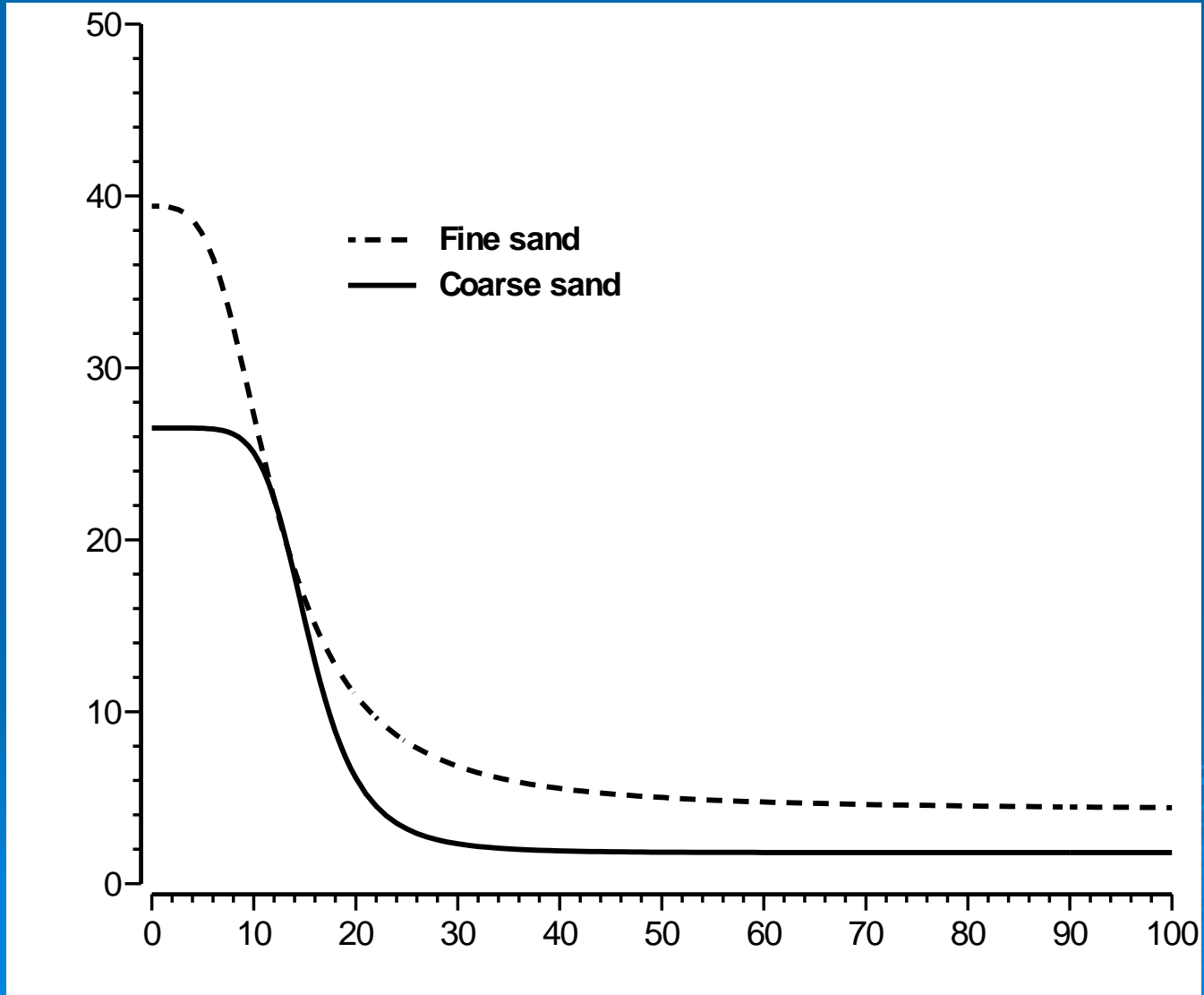
Άμμος

- Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και μηδενική πρακτικά ανταλλακτική ικανότητα.
- Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκκους ή σε υδρορροές, σε ποσότητα 6-15 λίτρα ανά φυτό.

Άμμος

- Εναλλακτικά, η άμμος μπορεί να διασκορπισθεί σε ολόκληρη την καλλιεργούμενη επιφάνεια του θερμοκηπίου, αν υπάρχει σε αφθονία στην περιοχή που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια.
- Σε αυτή την περίπτωση, το έδαφος του θερμοκηπίου ισοπεδώνεται και καλύπτεται με πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου εφοδιασμένο με ανοίγματα αποστράγγισης, ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη του την επιφάνεια,
- Πάνω στο πλαστικό φύλλο απλώνεται η άμμος σε ένα στρώμα πάχους περίπου 5-10 cm.

ΧΚΥ Άμμου



Άμμος

➤ Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος
- Εντοπιότητα
- Χημικά αδρανές υλικό

➤ Μειονεκτήματα

- Απαιτεί συχνές αρδεύσεις
- Η μαζική εξόρυξη αλλοιώνει το φυσικό περιβάλλον
- Η λεπτή άμμος έχει μειωμένη αεροπερατότητα

Πολυουρεθάνη

- Σφουγγάρι πολυουρεθάνης σε πλάκες
- Υλικό επαναλαμβανόμενης χρήσης (μέχρι 10-15 έτη)
- Σχετικά υψηλό κόστος
- Πρόβλημα η απόρριψή του στο περιβάλλον μετά την χρήση του

Οργανικά υποστρώματα

- Τύρφη
- Πριονίδι
- Φλοιός πεύκου
- Κόκκος (φλοιός ινδικής καρύδας)

Peat

Peat is formed as a result of the partial decomposition of plants

This process occurs in poorly drained areas (peat bogs), where low nutrient levels and low pH prevail

Under these conditions lignin and sphagnol (the lignin-like substance of mosses) cannot be decomposed, thus the main structure of peat-forming plants remain unaltered

Types of peat according to the plant origin

Sphagnum peat moss

Hypnum peat moss (Hypanaceae)

Reed and sedge peat

Peat humus

Types of peat according to the degree of decomposition

Class	Degree of Decomposition
Light peat	H1-H3
Dark peat	H4-H6
Black peat	H7-H10

Καλλιέργεια αγγουριού σε σάκους με τύρφη



Καλλιέργειες σε κόκο

