

4.4 Γήρανση σωλήνων

4.4.1 Εισαγωγή

- Εξετάσαμε ήδη (βλ. 2.1.7) το φαινόμενο, τις επιπτώσεις και τη λογιστική μέθοδο με την οποία το χειριζόμαστε.
- Διατυπώθηκε η σχέση (15) $k_{st} = k_{s0} + a \cdot t$, γραμμικής ως προς το χρόνο μεταβολής της αρχικής ισοδύναμης τραχύτητας.
- Επισημάνθηκε η δυνατότητα αξιοποίησης του Προβλήματος **Π4** (βλ. 2.3.6) για τον υπολογισμό της k_{st} .

4.4.2 Πρακτικές προσεγγίσεις σε συστήματα αγωγών

- Το φαινόμενο είναι δυνατό να το χειριστούμε **προληπτικώς**:
 - Εκτιμούμε - από την εμπειρία - το συντελεστή γήρανσης **a**
 - Χρησιμοποιούμε στο σχεδιασμό τις εκτιμώμενες ισοδύναμες τραχύτητες **k_{st}** , **αντί** για τις αντίστοιχες **k_{s0}** .
 - Δηλαδή υπερδιαστασιολογούμε τις διαμέτρους (ή σπανιότερα το ενεργειακό διαθέσιμο), ώστε **μετά από t** έτη λειτουργίας η διερχόμενη **<τότε>** παροχή να είναι **ίση** με την **αρχικώς απαιτούμενη** από τις προδιαγραφές του σχεδιασμού: **$Q_t = Q_0$**
 - Προβλέπουμε την τοποθέτηση **δικλείδας** (βλ. 4.2.5 - Σημείωση 1)
 - Η **δικλείδα** είναι αρχικώς **σχετικώς κλειστή**
 - Υπολογίζεται - προδιαγράφεται να **ανοίγει σταδιακώς**
 - Όστε σε **όλες** τις χρονικές **φάσεις** λειτουργίας να παροχετεύεται η **αρχικώς απαιτούμενη** από τις προδιαγραφές του σχεδιασμού **Q_0**
- Το φαινόμενο είναι δυνατό να το χειριστούμε με **επανορθωτικές** ενέργειες:
 - Διαπιστώνεται μετά από **t** έτη λειτουργίας, ότι η διερχόμενη **<τότε>** παροχή είναι **μικρότερη** από την **αρχικώς απαιτούμενη** από τις προδιαγραφές του σχεδιασμού: **$Q_t < Q_0$**
 - Υπολογίζουμε την **<παρούσα>** ισοδύναμη τραχύτητα και το συντελεστή γήρανσης **a**
 - Επεμβαίνουμε με αντικατάσταση (τμημάτων) σωλήνων ή τοποθέτηση παραλλήλων σωλήνων (βλ. Κεφάλαιο 5), (ή σπανιότερα με αύξηση του ενεργειακού διαθέσιμου).

4.4.3 Μέθοδοι υπολογισμού

- Προτείνονται δύο μέθοδοι, οι οποίες εφαρμόζονται αναλόγως με χαρακτηριστικά του συστήματος:

- Μέθοδος Α
 - ο Εφαρμόζεται όταν το σύστημα περιλαμβάνει σωλήνες **μεγάλου εύρους τιμών** ισοδύναμης τραχύτητας ή / και διαμέτρων
 - ο **Δεχόμεθα** ότι μετά τη γήρανση (και παρά τη μεταβολή της παροχής), οι **γραμμικές απώλειες** κάθε αγωγού παραμένουν **αμετάβλητες**
 - ο Δηλαδή: $h_{fit} = h_{fio}$
 - ο Υπολογίζουμε, μέσω του Προβλήματος **Λ14** τα k_{ist} και a_i **εκάστου** αγωγού
 - ο Δηλαδή ο **συντελεστής γήρανσης** προκύπτει **διαφορετικός** σε κάθε αγωγό
- Μέθοδος Β
 - ο Εφαρμόζεται όταν το σύστημα περιλαμβάνει σωλήνες **μικρού εύρους τιμών** ισοδύναμης τραχύτητας ή / και διαμέτρων
 - ο **Δεχόμεθα** ότι το **σύνολο των αγωγών** - ανεξαρτήτως πραγματικής ποιότητας και διαμέτρου ενός εκάστου - συμπεριφέρεται λογιστικά όπως η **ισοδύναμη διάμετρος** του συστήματος
 - ο Η **ισοδύναμη διάμετρος** είναι πλασματική - **ενιαία** διάμετρος με **ενιαία ισοδύναμη τραχύτητα**, η οποία **αντικαθιστά** λογιστικά τις **επί μέρους** - πραγματικές διαμέτρους με τις αντίστοιχες ισοδύναμες τραχύτητές τους
 - ο Υπολογίζουμε την **ισοδύναμη διάμετρο** $D_{ισδ}$ του συστήματος
 - ο Υπολογίζουμε, μέσω του Προβλήματος **Λ14** τα k_{ist} και a_i της **ισοδυνάμου διαμέτρου**
 - ο Δηλαδή ο **συντελεστής γήρανσης** προκύπτει **ενιαίος** για το **σύστημα**

4.4.4 Υπολογισμός των συντελεστών γήρανσης - Πρόβλημα **Λ10**

Αξιοποίηση του Προβλήματος **Λ14**

- Εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ14** σε κάθε αγωγό χωριστά, λαμβάνοντας υπόψη τις αρχικές γραμμικές απώλειες κάθε αγωγού h_{fio} και την παρούσα παροχή Q_t
- Υπολογίζουμε για κάθε αγωγό χωριστά το συντελεστή γήρανσης:

$$a_i = \frac{(k_{sti} - k_{s0i})}{t} \quad (42)$$

- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q_t [m ³ /s]	D_i [m]	h_{fio} [m]	L_i [m]	v [m ² /s]	k_{sio} [mm]	C_i	k_{sit} [mm]	a_i

4.5 Ερωτήσεις κατανόησης και Εφαρμογές υπολογισμού

4.5.1 (μία μόνο απάντηση είναι ορθή)

	Το φαινόμενο της γήρανσης των σωλήνων:
	Είναι δυνατό να το χειριστούμε προληπτικώς
	Είναι δυνατό να το χειριστούμε με επανορθωτικές ενέργειες
	Δεχόμαστε ότι δεν εμφανίζεται σε υδραυλικώς λείους σωλήνες
✓	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Το φαινόμενο της γήρανσης των σωλήνων είναι δυνατό να το χειριστούμε προληπτικώς:
	Μόνο με πρόβλεψη στο σχεδιασμό χρήσης υδραυλικώς λείων σωλήνων
	Μόνο με πρόβλεψη στο σχεδιασμό εγκατάστασης αντλιών
✓	Με υπερδιαστασιολόγηση των διαμέτρων σχεδιασμού
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Το φαινόμενο της γήρανσης των σωλήνων είναι δυνατό να το χειριστούμε μεταξύ άλλων με τις παρακάτω επανορθωτικές ενέργειες:
✓	Αντικατάσταση τμημάτων των γηρασμένων σωλήνων
	Καθαρισμό των γηρασμένων σωλήνων
	Τοποθέτηση δικλείδων
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Σε απλά συστήματα σωλήνων:
	Είναι δυνατό να θεωρήσουμε ότι, η διερχόμενη παροχή σε κάθε σωλήνα δεν επηρεάζεται σημαντικώς από το φαινόμενο της γήρανσης
	Είναι δυνατό να θεωρήσουμε ότι, οι συντελεστές γήρανσης είναι ίδιοι σε κάθε σωλήνα
✓	Είναι δυνατό να θεωρήσουμε ότι, οι γραμμικές απώλειες σε κάθε σωλήνα δεν επηρεάζονται σημαντικώς από το φαινόμενο της γήρανσης
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Σε απλά συστήματα σωλήνων:
	Δεν εμφανίζεται το φαινόμενο της γήρανσης
	Το φαινόμενο της γήρανσης προλαμβάνεται με την τοποθέτηση δικλείδων
	Το φαινόμενο της γήρανσης θεωρείται αμελητέο, όταν αμελούνται οι τοπικές απώλειες
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
✓	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

4.5.2 Η εφαρμογή αξιοποιεί τα Προβλήματα **Λ9, Λ8** και (**Λ1** με Πίνακες)

Στο υδραγωγείο των εφαρμογών 4.3.1 έως 4.3.5 εκτιμάται – στη φάση σχεδιασμού – ότι ο συντελεστής γήρανσης για όλους τους αγωγούς θα είναι: $a_i = 0,025$ m.m/έτος. Προδιαγράφεται ότι, η παροχή νερού για την **Κατωτάτη Στάθμη** στη δεξαμενή **A** θα είναι εξασφαλισμένη: $Q_{30} = Q_0$: **125** lt /s για **30 έτη** από την κατασκευή - έναρξη λειτουργίας του υδραγωγείου.

Ζητείται λύση για την προληπτική αντιμετώπιση του φαινομένου της γήρανσης.

Υπολογίζουμε την εκτιμώμενη ισοδύναμη τραχύτητα (όλων των αγωγών) μετά από 30έτη: (15) $\rightarrow k_{s30} = 0,50 + 0,025 \cdot 30 = 1,25$ m.m

Προσοχή! Δεν είναι βέβαιο ότι ο συνδυασμός των διαμέτρων 300/250 θα μας καλύπτει και στην περίπτωση της εκτιμώμενης (αυξημένης) τραχύτητας $\bullet^*$.

Αξιοποιούμε τους Πίνακες , για να ελέγξουμε κατά πόσο η μεγαλύτερη διάμετρος μας καλύπτει, εάν προβλεφθεί για όλο το μήκος του συστήματος:
 $\rightarrow$ εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ1** (βλ. 2.3.8)

k_s [mm]	D [mm]	Q [m ³ /s]	J	L [m]	h_f [m]
1,25	300	0,125	0,0153960	2.080	32,02 < 43,10 ✓

Σημείωση 1: Εάν δεν αρκεί το ενεργειακό διαθέσιμο δοκιμάζουμε με την επόμενη διάμετρο *εμπορίου*. Εφόσον αυτή μας καλύπτει επιλέγουμε το αντίστοιχο ζεύγος. (δηλαδή <εδώ> θα επιλέγαμε 350/300)

Σημείωση 2: Εάν η τιμή της ισοδύναμης τραχύτητας είναι μεταξύ δύο Πινάκων, κάνουμε απλή γραμμική παρεμβολή μεταξύ των δύο τιμών της J . (Δεν απαιτείται *μεγάλη* ακρίβεια, έλεγχος επάρκειας κάνουμε...)

Αξιοποιούμε το Πρόβλημα **Λ9**

Q [m ³ /s]	D [m]	k_s [m]	v [m ² /s]	V [m/s]	R	f	J
0,125	0,300	0,00125	$1,1 \cdot 10^{-6}$	1,768	$4,823 \times 10^5$	0,0291	0,01545
	0,250			2,546	$5,787 \times 10^5$	0,0306	0,04047

(40) $\rightarrow L_1 = 1.641,75$ m και (41) $\rightarrow L_2 = 438,25$ m

$\rightarrow h_{f130} = 0,01545 \cdot 1641,75 = 25,35$ m και $h_{f230} = 0,04047 \cdot 438,25 = 17,75$ m

Αξιοποιούμε προφανώς και το Πρόβλημα **Λ8**

- Για παροχή Q_0 : **125** lt /s και $k_{i50} = 0,25$ m.m έχουμε ήδη υπολογίσει τα βασικά στοιχεία (βλ. 4.3.2). Με βάση τα νέα μήκη είναι:

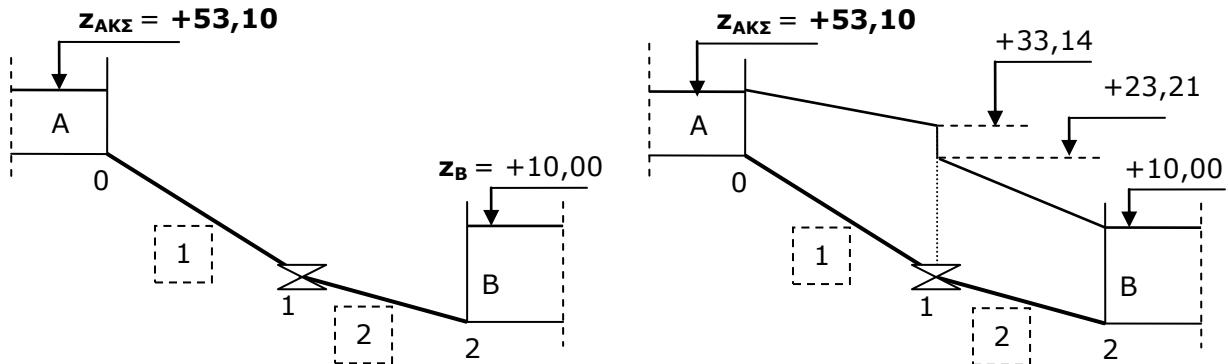
$$h_{f10} = \frac{1641,75}{1160,00} 14,10 = 19,96\text{m} \text{ και } h_{f20} = \frac{438,25}{920,00} 29,00 = 13,81\text{m}$$

$$\rightarrow \sum h_{f10} = 33,77\text{m} \rightarrow h_{T10} = (53,10 - 10,00) - 33,77 = 9,33\text{m}$$

(απαιτούμενες τοπικές απώλειες λόγω της δικλίδας στον κόμβο 1 στην αρχή)

$$\bullet \quad V_2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_2^2} = 2,546 \rightarrow \frac{V_2^2}{2 \cdot g} = 0,3305 \rightarrow k_{T10} = h_{T10} \frac{2 \cdot g}{V_2^2} = 28,229$$

Σημείωση 3: Ο συντελεστής απωλειών της δικλείδας θα μεταβάλλεται από **28,229** στην αρχή, έως **0** εις το πέρας της 30ετίας – η δικλείδα σταδιακώς θα ανοίγει! Ο ρυθμός της μεταβολής αυτής {άνοιγμα δικλείδας → μείωση συντελεστή} είναι δυνατό να *προδιαγραφεί* σε τακτά διαστήματα (π.χ. *ανά έτος*).



4.5.3 Η εφαρμογή αξιοποιεί το Πρόβλημα **Λ10**

Στο προηγούμενο υδραγωγείο τα προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση του φαινομένου της γήρανσης (βλ. 4.5.2) αστόχησαν:

Μετά την πάροδο 20ετίας από την κατασκευή και με τη δικλείδα πλήρως ανοιχτή, η παροχή νερού για την **Κατωτάτη Στάθμη** στη δεξαμενή **A** είναι: **$Q_{20} = 120$ lt /s.**

α) Να υπολογισθεί – απολογιστικώς – ο συντελεστής γήρανσης.

β) Να προταθούν και τεκμηριωθούν λύσεις διορθωτικών ενεργειών, ώστε με τη **λήξη της 30ετίας** να παροχετεύεται (για την **Κ.Σ.** στη δεξαμενή **A**), η **απαιτούμενη** – **συμβατική** παροχή: **$Q_{30} = Q_0 = 125$ lt /s.**

- Αρχικώς υπολογίζουμε το συντελεστή γήρανσης των αγωγών - **Λ10**

Q_t [m ³ /s]	D_i [m]	h_{fio} [m]	L_i [m]	v [m ² /s]	k_{sio} [mm]	C_i	k_{sit} [mm]	a_i
0,120	0,300	25,35	1.641,75	$1,1 \cdot 10^{-6}$	0,50	-2,2510	1,63	0,0566
	0,250	17,75	438,25		0,50	-2,1776	1,62	0,0562

Υπολογίζουμε απολογιστικώς την ισοδύναμη τραχύτητα (όλων των αγωγών) μετά από 30έτη:

$$(15) \rightarrow k_{s130} = 0,50 + 0,0566 \cdot 30 = 2,198 \text{ m.m}, k_{s230} = 0,50 + 0,0562 \cdot 30 = 2,186 \text{ m.m}$$

Σημείωση 1: Επειδή η τιμή της ισοδύναμης τραχύτητας είναι περίπου ίση σε όλους τους αγωγούς, θα δεχθούμε **ενιαία** τιμή στρογγυλεύοντας προς τα πάνω: **2,25 m.m**

Σημείωση 2: Σε αυτό το Κεφάλαιο θα εξετάσουμε λύσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν μόνο αντικατάσταση αγωγών. Εις το Κεφάλαιο **5** θα εξετάσουμε και πρόσθετες λύσεις.

Το σύστημά μας περιλαμβάνει διαμέτρους 300 και 250, ενδεικτικές λύσεις είναι:

- ο **A**: Αντικατάσταση τμήματος, ή ολόκληρου του αγωγού (2) Φ250 με *καινούργιο*, της ίδιας (αρχικής) ποιότητας, επίσης Φ250
- ο **B**: Αντικατάσταση τμήματος, ή ολόκληρου του αγωγού (2) Φ250 με *καινούργιο*, της ίδιας (αρχικής) ποιότητας, αλλά Φ300
- ο **Γ**: Αντικατάσταση τμήματος, ή ολόκληρου του αγωγού (2) Φ250 με *καινούργιο*, υδραυλικά λείο, επίσης Φ250
- ο **Δ**: Αντικατάσταση τμήματος, ή ολόκληρου του αγωγού (1) Φ300 με *καινούργιο*, της ίδιας (αρχικής) ποιότητας, επίσης Φ300
- ο Αντικατάσταση τμήματος, ή ολόκληρου του αγωγού (1) Φ300 με *καινούργιο*, υδραυλικά λείο, επίσης Φ300 κ.ο.κ.

Θα εξετάσουμε δειγματοληπτικώς κάποιες από τις ως άνω λύσεις, (**A** έως **Δ**) ελέγχοντας πρώτα τη δυνατότητα εφαρμογής τους $\bullet^*$ και λαμβάνοντας υπόψη ότι: Οι *παλαιοί* αγωγοί θα συνεχίσουν να γηράσκουν, οι *καινούργιοι* αγωγοί θα αρχίσουν να γηράσκουν $\bullet^*$, εκτός εάν είναι υδραυλικά λείοι $\bullet^*$.
Θα αξιοποιήσουμε εναλλακτικώς και τους Πίνακες!

- **A**: Αντικατάσταση τμήματος, ή ολόκληρου του αγωγού (2) Φ250 με *καινούργιο*, της ίδιας (αρχικής) ποιότητας, επίσης Φ250

- Αγωγός (1) *παλαιός*: → εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ1** (βλ. 2.3.8)

k_s [mm]	D [mm]	Q [m ³ /s]	J	L [m]	h_f [m]
2,25	300	0,125	0,0183883	1.641,75	30,19 < 43,10 ✓

- Αγωγός (2) *καινούργιος*: → εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ1** (βλ. 2.3.8)

k_s [mm]	D [mm]	Q [m ³ /s]	J	L [m]	h_f [m]
0,50	250	0,125	0,0313768	438,25	13,75 → 30,19+13,75= 43,94 > 43,10 ☹

Η λύση **A** είναι ανέφικτη!

- **B**: Αντικατάσταση τμήματος, ή ολόκληρου του αγωγού (2) Φ250 με *καινούργιο*, της ίδιας (αρχικής) ποιότητας, αλλά Φ300

- Αγωγός (1) *παλαιός*: → εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ1** (βλ. 2.3.8)
Ως λύση **A** → $h_{f1} = 30,19 < 43,10$ ✓

- Αγωγός (2) *καινούργιος*: → εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ1** (βλ. 2.3.8)

k_s [mm]	D [mm]	Q [m ³ /s]	J	L [m]	h_f [m]
0,50	300	0,125	0,0173541	438,25	7,61 → 30,19+7,61= 37,80 < 43,10 ✓

Η λύση **B** είναι εφικτή, θα εφαρμόσουμε παραλλαγή του Προβλήματος **Λ9** (βλ. 4.2.6 - Σημείωση 2) για τμήμα του (2), με $h_{f2} = 53,10 - 30,19 - 10,00 = 12,91$ m
→ $z_1 = 53,10 - 30,19 = +22,91$ m

Σημείωση 3: Φροντίζουμε να αξιοποιήσουμε ήδη υπολογισμένα στοιχεία!

Q [m ³ /s]	D [m]	k_s [m]	v [m ² /s]	V [m/s]	R	f	J
0,125	0,300	0,00050	1,1·10⁻⁶	βλ. 4.3.2			0,01215
	0,250	0,00225		2,546	5,787×10 ⁵	0,0368	0,04860

(40) → **L_{a2} = 230,20 m αντικατάσταση παλαιού Φ250 με καινούργιο Φ300**
h_{f2a} = 2,80 m → z₃ = 22,91-2,80 = +20,11 m

Σημείωση 4: Θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιήσουμε για τον υπολογισμό τους Πίνακες, ας τους χρησιμοποιήσουμε απλώς για επαλήθευση:

$$(0,0120889 \cdot 230,20) + (0,0485041 \cdot 208,05) = \mathbf{12,87 \approx 12,91 m} \checkmark$$

➤ **Γ**: Αντικατάσταση τμήματος, ή ολόκληρου του αγωγού (2) Φ250 με καινούργιο, υδραυλικά λείο, επίσης Φ250

• Αγωγός (1) παλαιός: → εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ1** (βλ. 2.3.8)
Ως λύση **A** → **h_{f1} = 30,19 < 43,10** ✓

• Αγωγός (2) καινούργιος: → εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ1** (βλ. 2.3.8)

k_s [mm]	D [mm]	Q [m ³ /s]	J	L [m]	h_f [m]
0	250	0,125	0,0169422	438,25	7,42 → 30,19+7,42 = 37,61 < 43,10 ✓

Η λύση **Γ** είναι επίσης εφικτή, θα εφαρμόσουμε παραλλαγή του Προβλήματος **Λ9** (βλ. 4.2.6 - Σημείωση 2) για τμήμα του (2), με **h_{f2} = 53,10-30,19-10,00 = 12,91 m**
→ z₁ = 53,10-30,19 = +22,91 m

Αξιοποιούμε <εδώ> τους Πίνακες:

k_s [mm]	D [mm]	Q [m ³ /s]	J
0	250	0,125	0,0169422
2,25			0,0485041

(40) → **L_{a2} = 264,50 m αντικατάσταση παλαιού Φ250 με καινούργιο – λείο Φ250**
h_{f2a} = 4,48 m → z₄ = 22,91-2,80 = +18,43m

Σημείωση 5: Οι λύσεις **B** και **Γ** είναι εφικτές και ενεργειακά ισοδύναμες.

Σε επόμενο επίπεδο πρέπει να συγκριθούν ως προς το κόστος:

[230,20 m].[τιμή Φ300 (0,5m.m)/m] v.s [264,50 m].[τιμή Φ250 (λείος)/m]

➤ **Δ**: Αντικατάσταση τμήματος, ή ολόκληρου του αγωγού (1) Φ300 με καινούργιο, της ίδιας (αρχικής) ποιότητας, επίσης Φ300

• Αγωγός (2) παλαιός: → εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ1** (βλ. 2.3.8)

k_s [mm]	D [mm]	Q [m ³ /s]	J	L [m]	h_f [m]
2,25	250	0,125	0,0485041	438,25	21,26 < 43,10 ✓

- Αγωγός (1) καινούργιος: → εφαρμόζουμε το Πρόβλημα **Λ1** (βλ. 2.3.8)

k_s [mm]	D [mm]	Q [m ³ /s]	J	L [m]	h_f [m]
0,50	300	0,125	0,0120889	1.641,75	19,85 → 19,85+21,26= 41,11 < 43,10 ✓

Η λύση **Δ** είναι επίσης εφικτή, θα εφαρμόσουμε παραλλαγή του Προβλήματος **Λ9** (βλ. 4.2.6 - Σημείωση 2) για τμήμα του (2), με $h_{f1} = 53,10 - 21,26 - 10,00 = \mathbf{21,84\ m}$
→ $z_1 = 53,10 - 21,84 = \mathbf{+31,26\ m}$

Αξιοποιούμε <εδώ> τους Πίνακες:

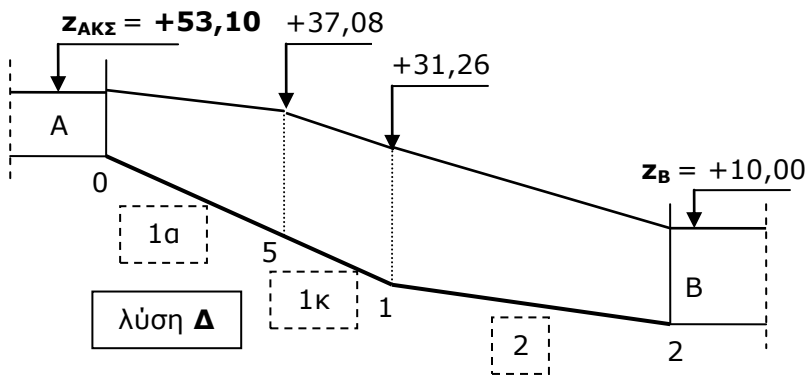
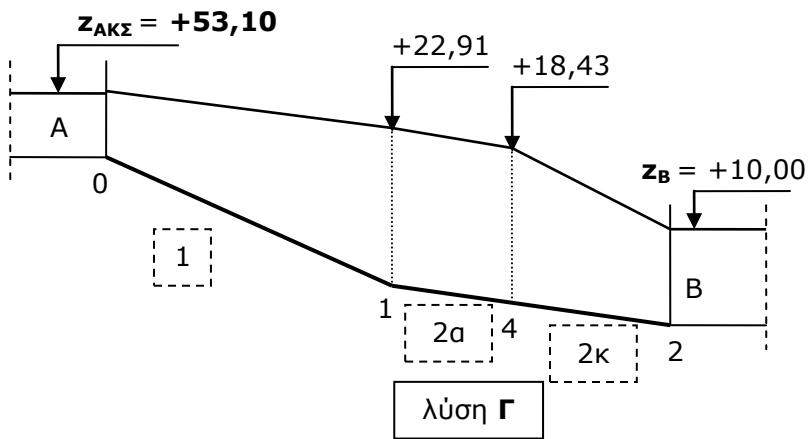
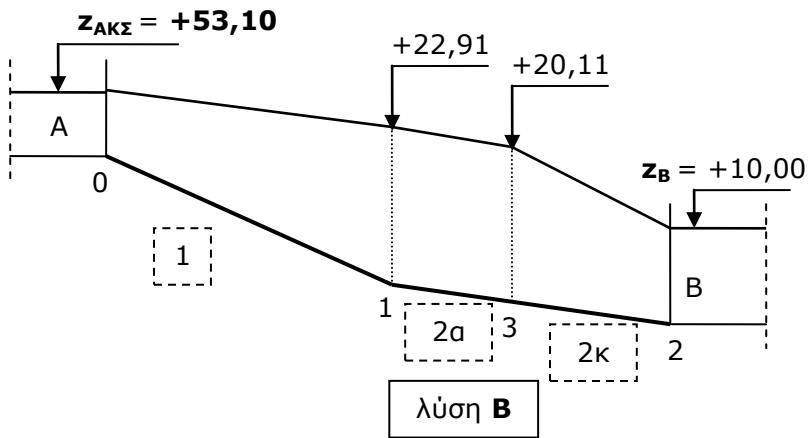
k_s [mm]	D [mm]	Q [m ³ /s]	J
0,50	300	0,125	0,0120889
2,25			0,0183883

(40) → $L_{a1} = \mathbf{1.325,35\ m}$ αντικατάσταση παλαιού Φ300 με καινούργιο Φ300
 $h_{f1a} = \mathbf{16,02\ m}$ → $z_5 = 53,1 - 16,02 = \mathbf{+37,08\ m}$

Σημείωση 6: Οι λύσεις **B** και **Δ** είναι εφικτές και ενεργειακώς ισοδύναμες.

<Εδώ> όμως η σύγκρισή τους ως προς το κόστος είναι άμεση:

- ο **B**: καινούργιος Φ300 – αντικατάσταση σε μήκος **230,20 m** ☺
- ο **Δ**: καινούργιος Φ300 – αντικατάσταση σε μήκος **1.325,35 m**



5. ΣΥΝΘΕΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΩΛΗΝΩΝ

Ορίζονται τα σύνθετα συστήματα σωλήνων και οι βασικές έννοιες και παραδοχές οι οποίες συνδέονται με την επίλυσή τους. Αναλύονται τα προβλήματα επίλυσης σωλήνων εν σειρά με μεταβλητή παροχή, σωλήνων σε παράλληλη διάταξη και δικτύων τα οποία περιλαμβάνουν υδραυλικές μηχανές: αντλίες ή στροβίλους. Επί πλέον εξετάζονται οι περιπτώσεις δικτύων, όπου η πίεση παίζει καθοριστικό ρόλο.

5.1 Γενικά

5.1.1 Εισαγωγή

Τα σύνθετα συστήματα σωλήνων ονομάζονται και **δίκτυα**.

- ο Εάν κάθε σημείο υδροδότησης υδροδοτείται με **μία** μόνο **διαδρομή** του νερού από κάθε σημείο υδροληψίας, το δίκτυο ονομάζεται **ακτινωτό**.
- ο Εάν κάθε σημείο υδροδότησης δύναται να υδροδοτηθεί μέσω **περισσοτέρων** από **μία διαδρομές** του νερού από ένα σημείο υδροληψίας, το δίκτυο ονομάζεται **κυκλοφοριακό**.

Σε κάθε δίκτυο, μεταξύ των σημείων υδροληψίας και **όλων** των σημείων υδροδότησης πρέπει να υπάρχει **ικανό ενεργειακό διαθέσιμο**, ώστε να μεταφέρεται η απαιτούμενη παροχή.

- ο Εάν τούτο υπάρχει λόγω των τοπογραφικών θέσεων, το δίκτυο **λειτουργεί με βαρύτητα**.
- ο Εάν όχι, πρέπει να **δοθεί** ή να **συμπληρωθεί** το **ενεργειακό διαθέσιμο** με τη βοήθεια **αντλίας**. Το δίκτυο (ή τμήματά του) **λειτουργεί με κατάθλιψη**.

5.1.2 Τυπικές μορφές

- ο **Σωλήνες εν σειρά** με **μεταβλητή παροχή**, δηλαδή δίκτυα τα οποία συνδέουν δύο δεξαμενές (ή μία δεξαμενή και μία εκροή στην ατμόσφαιρα), όπου **τουλάχιστον** σε **ένα κόμβο** υπάρχει **πλευρική παροχέτευση**: εκροή ή εισροή παροχής.
- ο **Σωλήνες σε παράλληλη διάταξη**, δηλαδή δίκτυα τα οποία περιλαμβάνουν **ένα τουλάχιστον βρόχο** και επιτρέπουν **περισσότερες από μία δυνατές διαδρομές** της ροής.
- ο **Δίκτυα** τα οποία **περιλαμβάνουν υδραυλικές μηχανές**:
 - **Αντλίες** οι οποίες **προσδίδουν** μηχανικό έργο (ενεργειακό διαθέσιμο) στο δίκτυο.
 - **Στροβίλους** οι οποίοι **αφαιρούν** μηχανικό έργο (ενεργειακό διαθέσιμο) **από** το δίκτυο.

Εις το παρόν κεφάλαιο θα χειρισθούμε επιπλέον **δίκτυα** όπου εμφανίζονται **προβλήματα** με **καθοριστικό ρόλο** της **πίεσης**.

5.2 Σωλήνες εν σειρά με μεταβλητή παροχή

5.2.1 Εισαγωγή

Αποτελεί κομβικό σημείο η κατανόηση ότι: Οι εκροές (από) / εισροές (στους) κόμβους **δεν** είναι εκροές (στην) / εισροές (από την) **ατμόσφαιρα**, αλλά **λογιστικές** μειώσεις / αυξήσεις της παροχής του δικτύου.

Τις εκροές / εισροές θα συμβολίζουμε <εδώ> με **αστερίσκο** και τον **αριθμό** του **κόμβου**: Q_i^* . Δίδονται συνήθως με απόλυτη αριθμητική τιμή ή ως ποσοστό της ανάπτυξης του κόμβου παροχής.

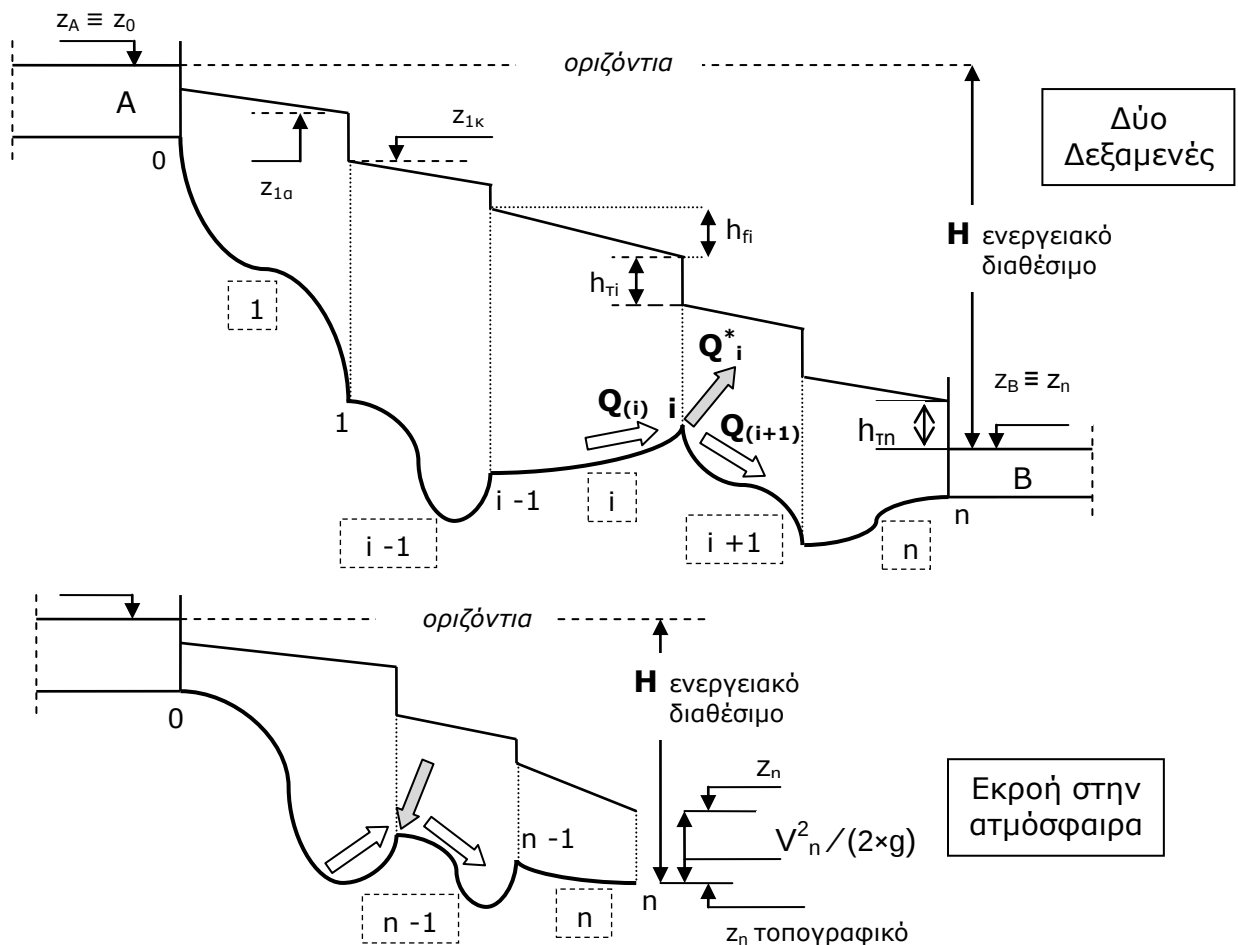
Σε κάθε κόμβο ισχύει η εξίσωση συνέχειας και λαμβάνουμε υπ' όψη τις σημειούμενες εισροές / εκροές κατά περίπτωση. Επομένως σε αντίθεση με τα απλά συστήματα η **παροχή** κάθε **αγωγού** είναι γενικώς **διαφορετική**.

Εις τον κόμβο i ισχύει: $\sum Q_i = 0$, άρα

εις τον επόμενο κατάντη αγωγό ($i+1$) θα είναι: $Q_{(i+1)} = Q_{(i)} \pm Q_i^*$ (43)

Προφανώς η σχέση (29): $H = \sum_{i=1}^{(n)} h_{fi} + \sum_{i=0}^n h_{Ti} + \frac{V_n^2}{2 \cdot g}$ ισχύει ως έχει!

5.2.2 Τυπικές μορφές Γραμμής Ενέργειας



5.2.3 Προβλήματα τα οποία αποτελούν *επέκταση* των τυπικών (βλ. **4.2**)

- Ένα υποσύνολο από τα προβλήματα υπολογισμών τα οποία ήδη χειριστήκαμε σε απλά συστήματα, ακολουθούν την **ίδια** ακριβώς **διαδικασία**, με απλή – **επιπλέον απαίτηση** τη χρήση της **σχέσης (43)**!
- Τα Προβλήματα αυτά είναι τα: **Л5, Л7, Л8, Л9** και **Л10**.
- Θα τα συμβολίζουμε αντιστοίχως ως: **Л5_б, Л7_б, Л8_б, Л9_б** και **Л10_б**.

Ως παράδειγμα ας εξετάσουμε το Πρόβλημα **Л5_б**

- Τα ζητούμενα είναι ακριβώς τα ίδια του **Л5**, αλλά η δεδομένη ενιαία παροχή **Q** αντικαθίσταται από:
 - Τη δεδομένη παροχή **Q₁** του πρώτου (ανάντη) αγωγού (1)
 - Η** τη δεδομένη παροχή **Q_n** του τελευταίου (κατάντη) αγωγού (n)
 - Και όλες** τις **εκροές / εισροές** εις τους κόμβους **Q^{*}_i**
- Προστίθεται επομένως ένα βήμα: Ο υπολογισμός όλων των διαφορετικών (γενικώς) παροχών **Q_i** σε κάθε αγωγό, με βάση την **Q₁** (ή την **Q_n**) και τις **Q^{*}_i**
- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q_i [m ³ /s]	D_i [m]	k_{si} [m]	L_i [m]	v [m ² /s]	V_i [m/s]	R_i	F_i	h_{fi} [m]
Σh_{fi}								

- Διάγραμμα ροής διαδικασίας:

