

# Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων

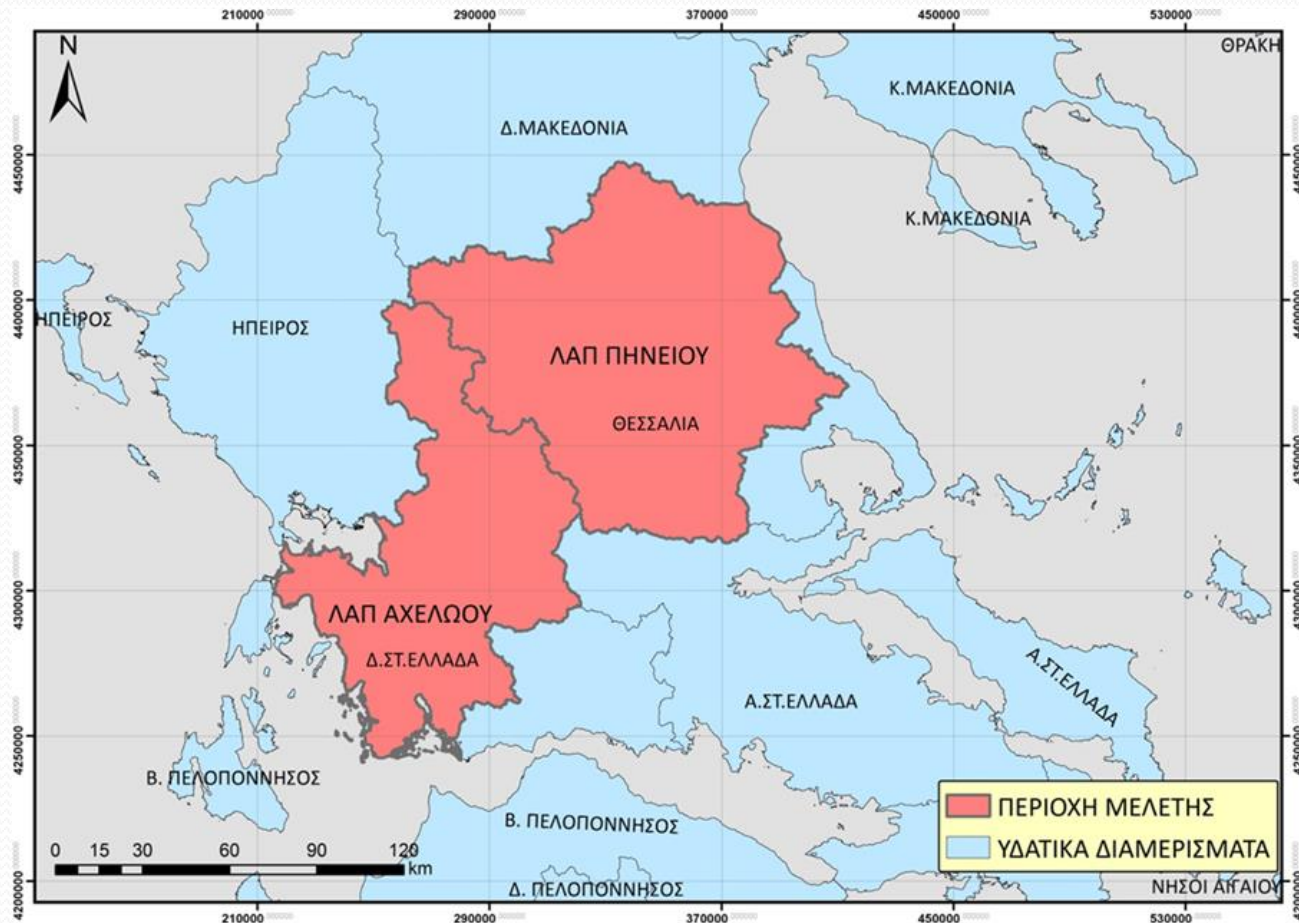
Η περίπτωση του συνδυασμένου υδροσυστήματος  
Αχελώου - Πηνειού

Διονύσης Νικολόπουλος & Ευστρατιάδης Ανδρέας  
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

# Η κλίμακα του υδροσυστήματος

☐ Συνδυασμένο υδροσύστημα : 17% του ελληνικού χώρου

- ΛΑΠ Αχελώου: 7531 km<sup>2</sup>
- ΛΑΠ Πηνειού: 11062 km<sup>2</sup>



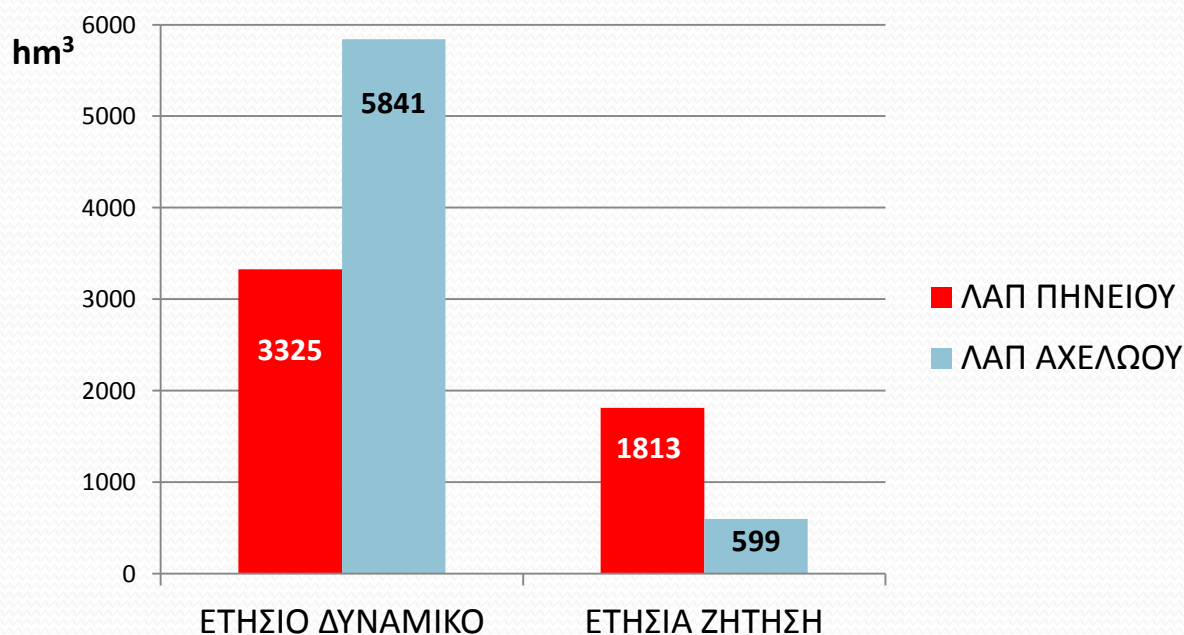
# Η κλίμακα του υδροσυστήματος

- ☐ Συνδυασμένο υδροσύστημα : 17% του ελληνικού χώρου
  - ΛΑΠ Αχελώου: 7531 km<sup>2</sup>
  - ΛΑΠ Πηνειού: 11062 km<sup>2</sup>



# Διαχειριστικό πρόβλημα

- Δύο υδροσυστήματα κρίσιμα για την εθνική οικονομία
  - **ΛΑΠ Αχελώου:** 40% εγκατεστημένης Υ/Η ισχύος, ετήσια παραγωγή 2900 GWh
  - **ΛΑΠ Πηνειού:** 4 500 000 στρέμματα καλλιεργειών, τα 2 500 000 αρδεύονται
- Ανισοκατανομή προσφοράς-ζήτησης νερού
  - **ΛΑΠ Αχελώου:** Πολύ πλούσια υδροφορία, σχετικά μικρές υδατικές ανάγκες
  - **ΛΑΠ Πηνειού:** Φτωχότερη υδρολογικά, έλλειψη σημαντικών έργων ταμίευσης, πολύ μεγάλες ζητήσεις, υπεράντληση υπόγειων υδροφορέων



# Εκτροπή Αχελώου

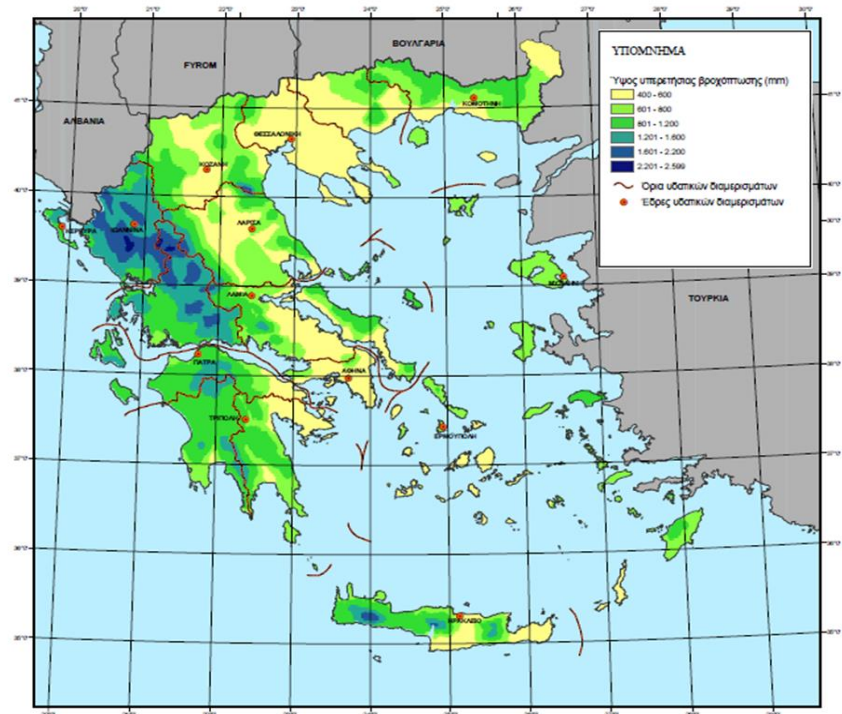
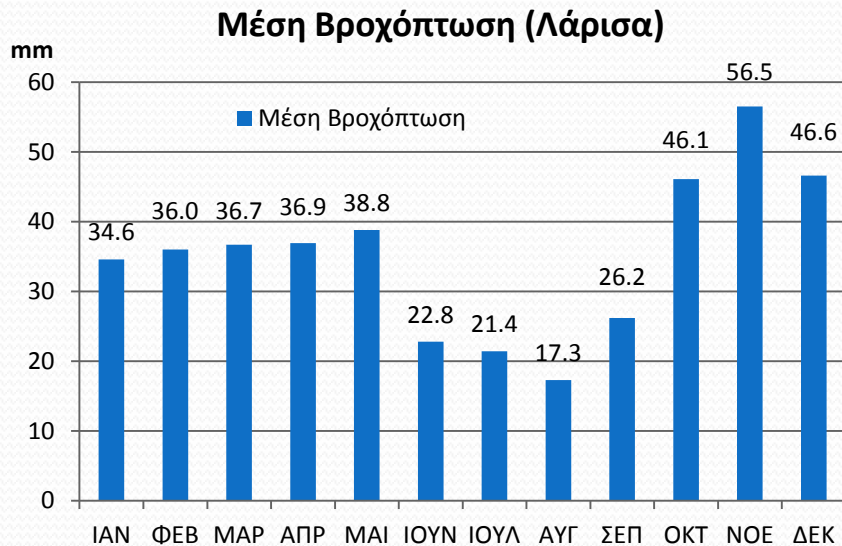
- ❑ Σύντομη αναδρομή
  - Σκέψεις για την εκτροπή νερού στη Θεσσαλία ξεκινούν από το 1925 και μπαίνουν σε εφαρμογή το 1953 παράλληλα με την εκτροπή του Μέγδοβα (Κουτσοκώστας)
  - Πρώτες μελέτες (1987) αφορούν ποσότητες 1100-1200 hm<sup>3</sup>, παρόλο που η Επιτροπή Υδραυλικών Έργων του ΤΕΕ το 1976 προτείνει την εκτροπή 600 hm<sup>3</sup>
  - Η ΜΠΕ του 1995 αφορά εκτρεπόμενη ποσότητα 600 hm<sup>3</sup> καθώς το ΣτΕ έκρινε παράνομη την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων
  - Πρόσφατα η συζήτηση περιστρεφόταν γύρω από μικρότερες ποσότητες, 110-250 hm<sup>3</sup> με πολλές διαδοχικές ακυρώσεις από το ΣτΕ
- ❑ Κύριες ενστάσεις
  - Η εκτροπή μπορεί να δώσει πραγματική λύση στο πρόβλημα της Θεσσαλικής πεδιάδας;
  - Μειώνεται η Υ/Η παραγωγή του υδροσυστήματος;
  - Περιβαλλοντικό κόστος στη ΛΑΠ Αχελώου;
- ❑ Ανάγκη διεξοδικής ανάλυσης του προβλήματος με προσομοίωση-βελτιστοποίηση

# ΛΑΠ Πηνειού – Aerial Image



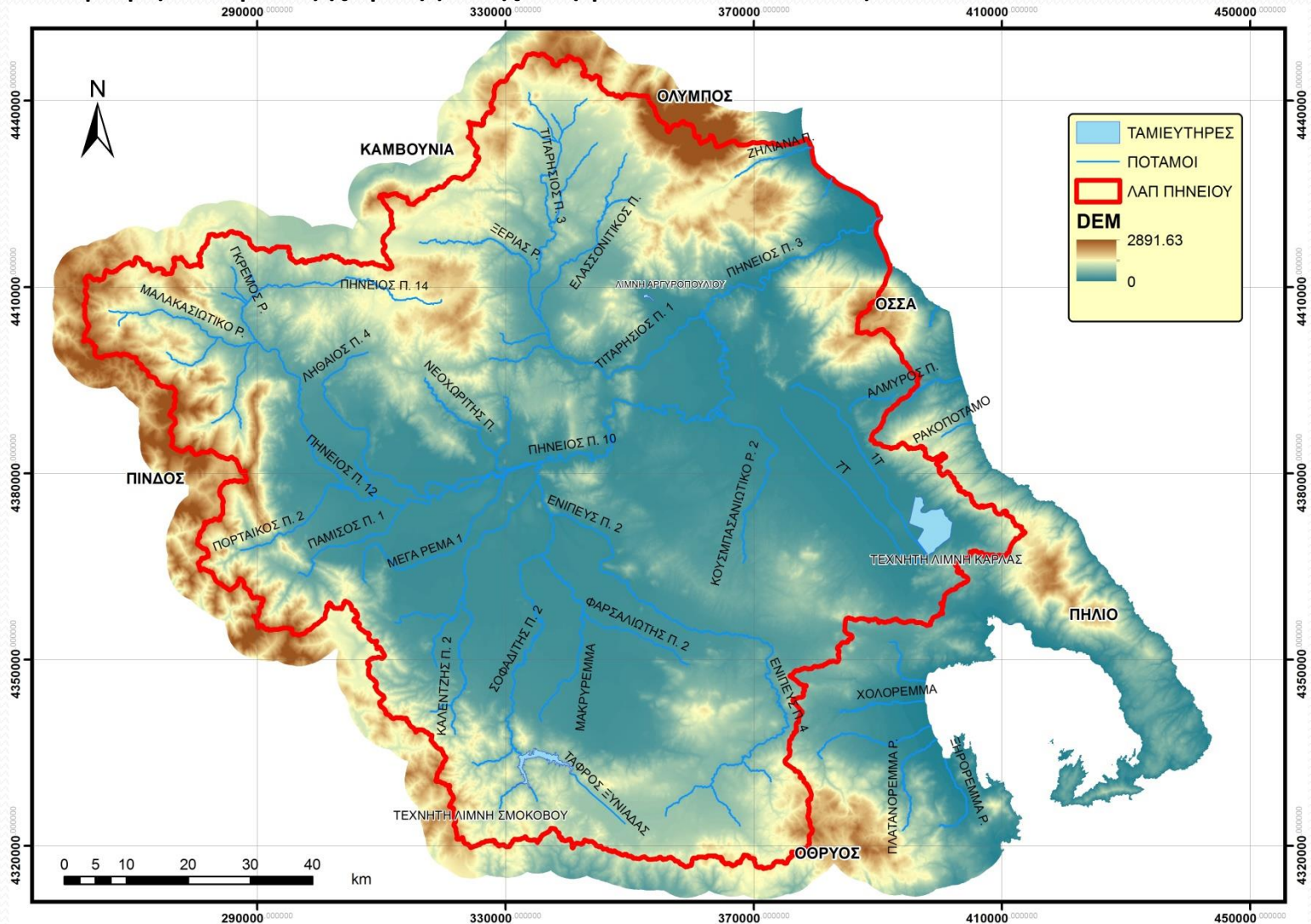
# Κλιματικά χαρακτηριστικά

- Μεταβολή από μεσογειακό κλίμα στην ανατολική παράκτια σε ηπειρωτικό στην κεντρική πεδινή και σε ορεινό στη δυτική ορεινή
- Ετήσια βροχόπτωση υψηλότερη στα δυτικό ορεινό τμήμα, μικραίνει στα πεδινά, εκ νέου αυξάνει στα ανατολικά ορεινά (Μουζάκι 1142 mm, Λάρισα 468, Τύρναβος 550 mm). Εποχικότητα βροχόπτωσης.
- Μέση θερμοκρασία 16-17°C. Εύρος 22°C, συχνοί παγετοί.



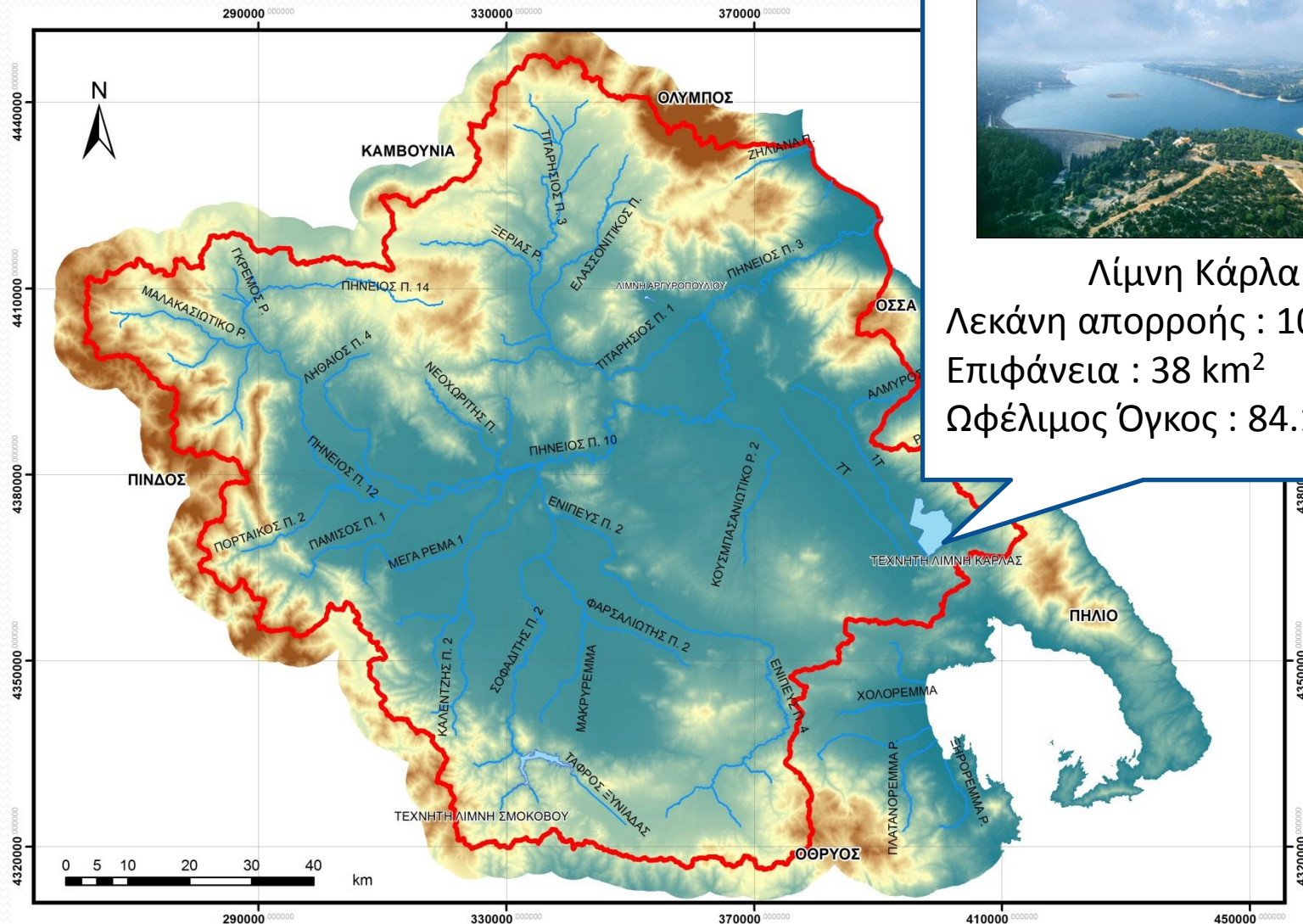
# ΛΑΠ Πηνειού - Γεωμορφολογία

Γεωμορφολογικός χάρτης – Σχέση με ΥΔ Θεσσαλίας





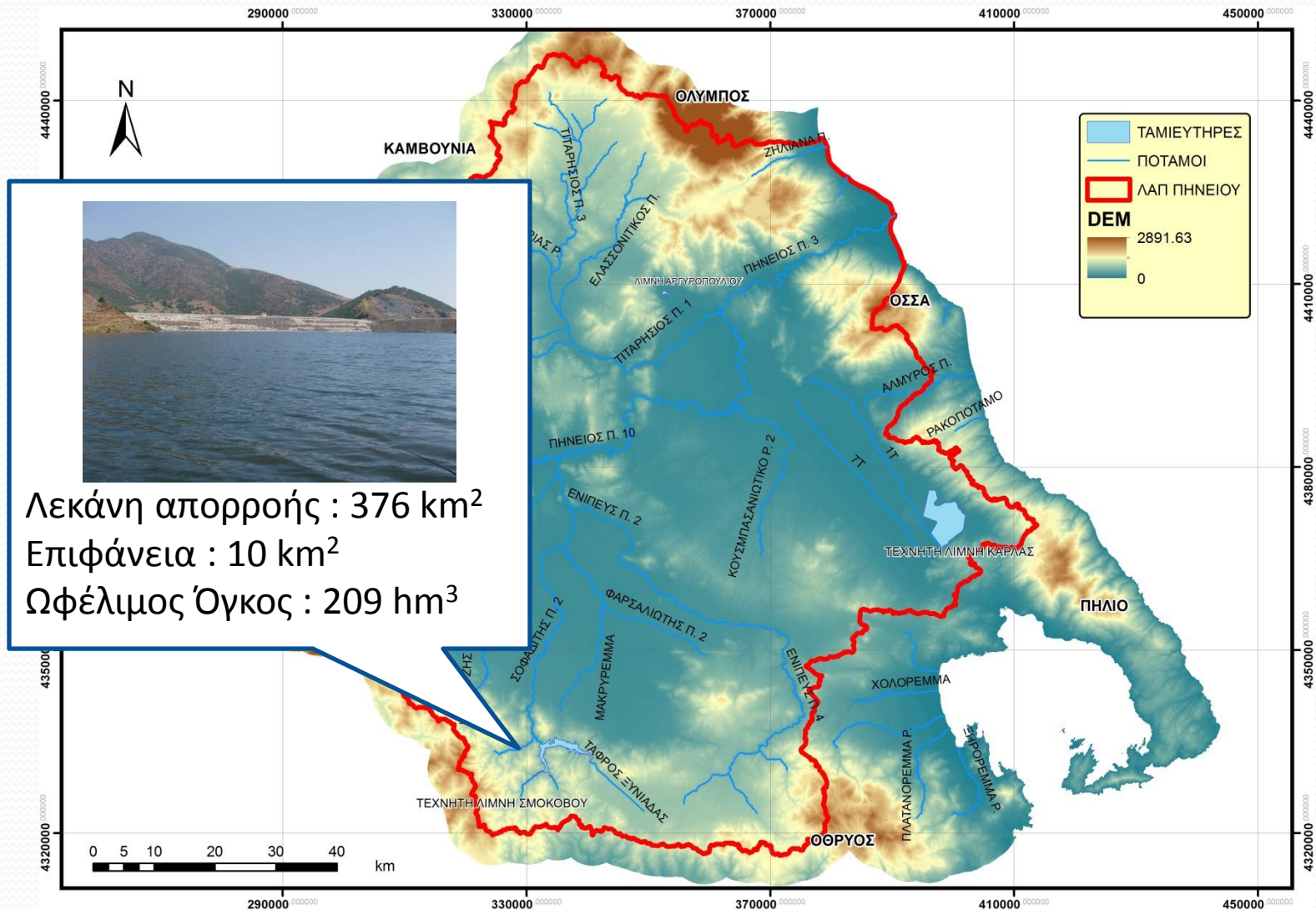
# ΛΑΠ Πηνειού – Υφιστάμενοι ταμιευτήρες



Λίμνη Κάρλα

Λεκάνη απορροής : 1050 km<sup>2</sup>  
Επιφάνεια : 38 km<sup>2</sup>  
Ωφέλιμος Όγκος : 84.1 hm<sup>3</sup>

# ΛΑΠ Πηνειού – Υφιστάμενοι ταμιευτήρες



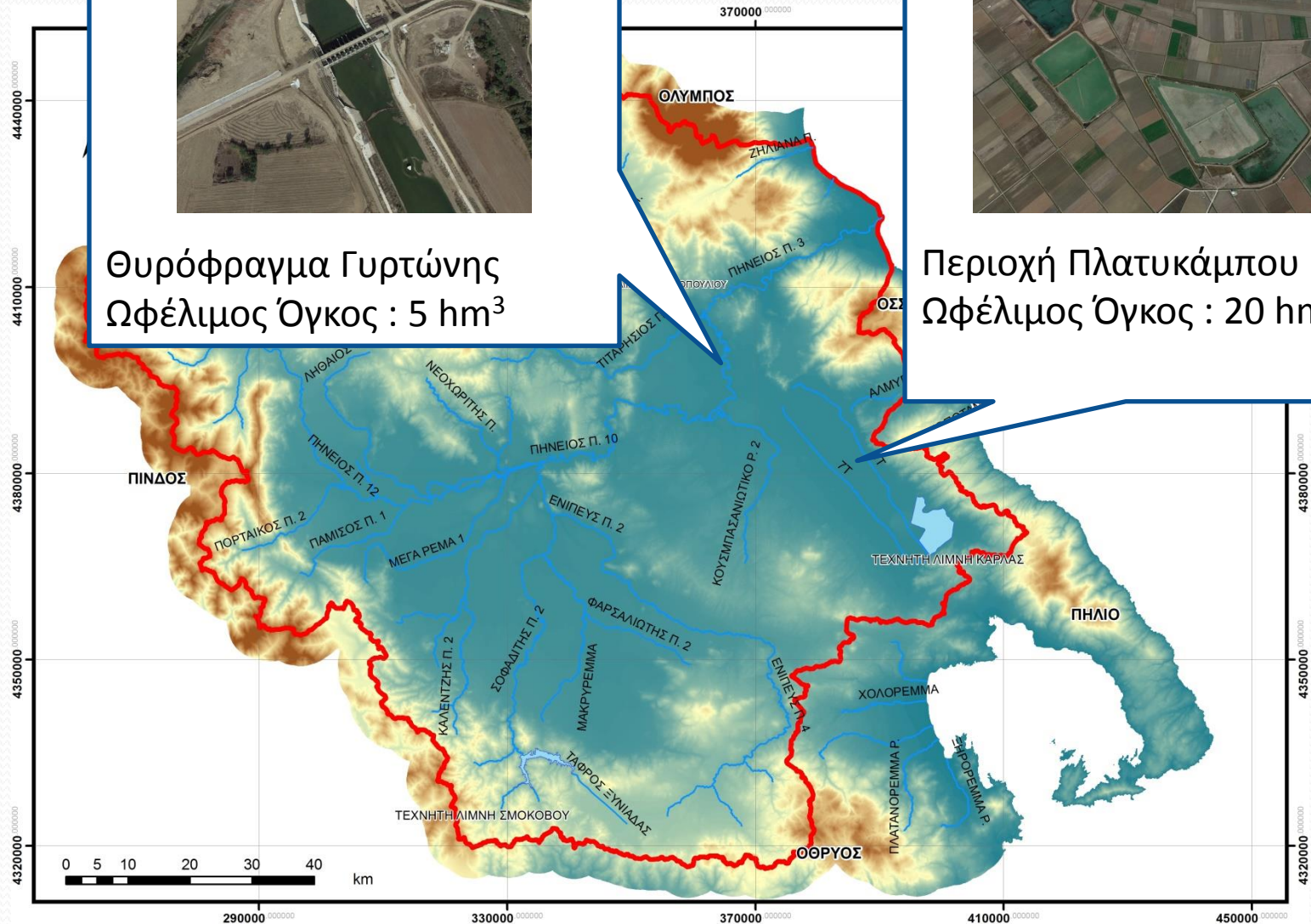
# ΛΑΠ Πηνειού – Υφιστάμενοι ταμιευτήρες



Θυρόφραγμα Γυρτώνης  
Ωφέλιμος Όγκος : 5 hm<sup>3</sup>

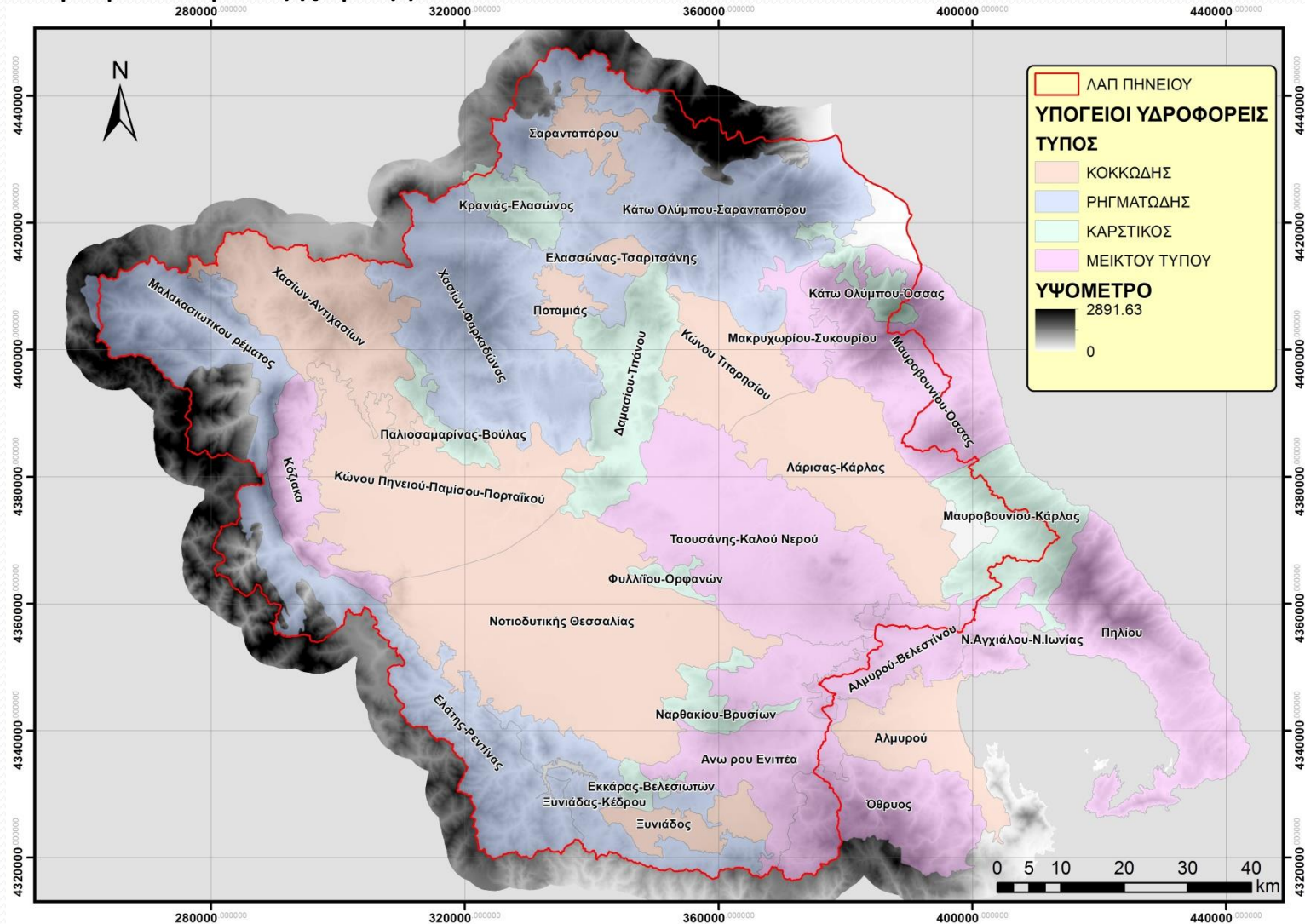


Περιοχή Πλατυκάμπου  
Ωφέλιμος Όγκος : 20 hm<sup>3</sup>



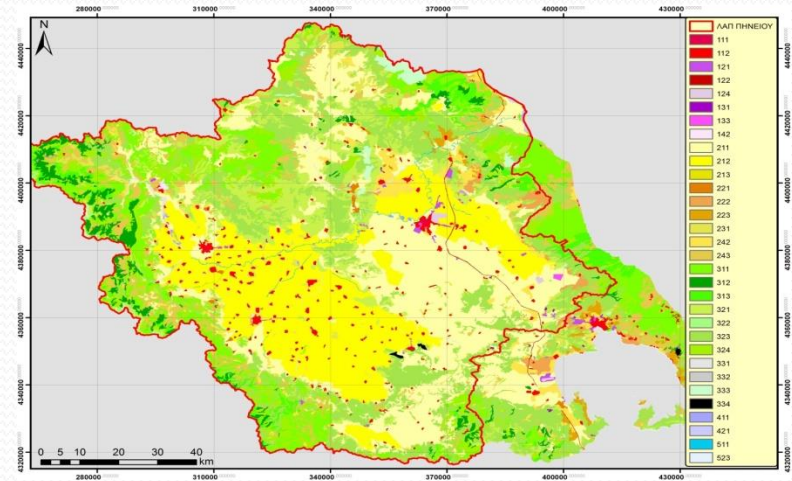
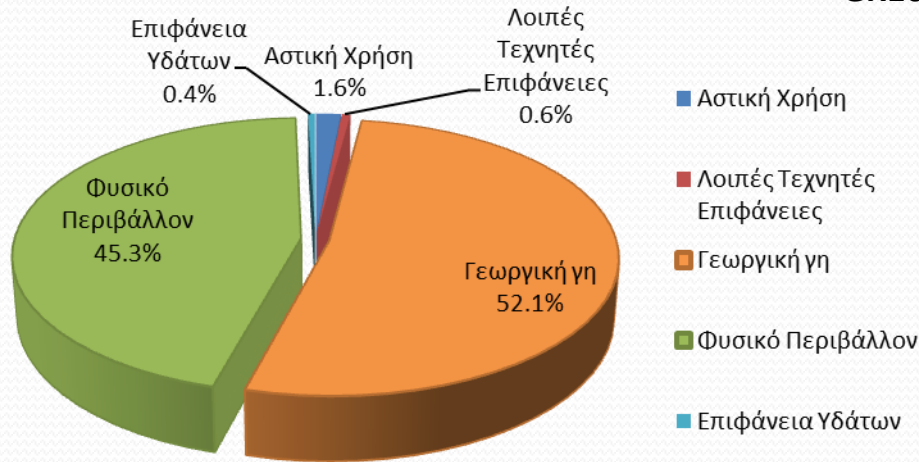
# ΛΑΠ Πηνειού – Υδρογεωλογία

## Υδρογεωλογικός χάρτης



# ΛΑΠ Πηνειού – Χρήσεις γης

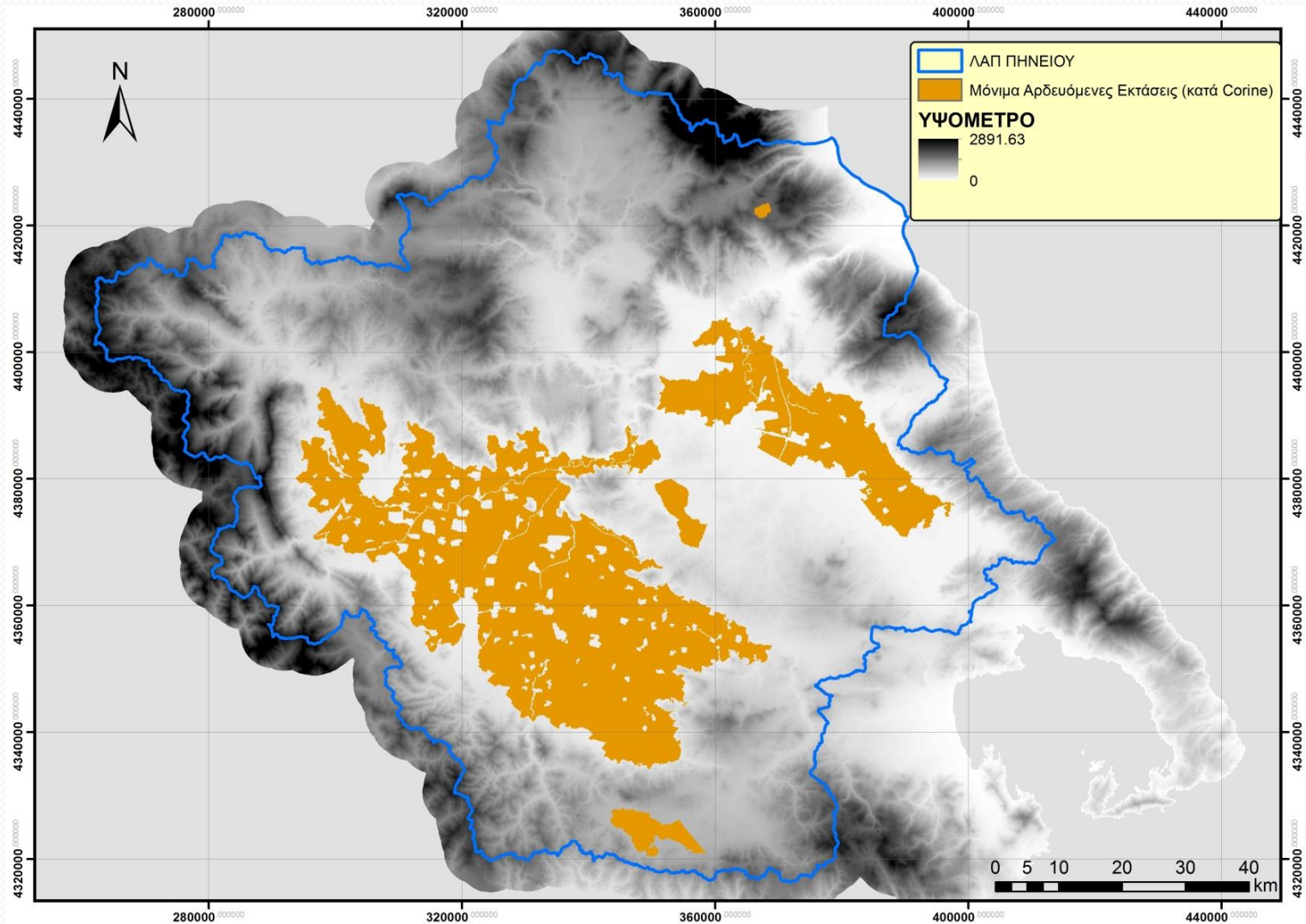
GR16 – CLC2000



- Κυριότερη χρήση γης στο ΥΔ08 η γεωργική: περίπου 5000000 στρέμματα εκ των οποίων αρδεύονται τα 2700000 στρ, με το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών να βρίσκεται στη ΛΑΠ Πηνειού (2360000 στρ).
- Μικρό ποσοστό είναι οργανωμένο σε συλλογικά αρδευτικά δίκτυα (ΤΟΕΒ): 707000 στρ στη ΛΑΠ Πηνειού (870000 σε όλο το ΥΔ08). Το 65% της έκτασης αυτών αρδεύεται από γεωτρήσεις.
- Πάνω από 30000 γεωτρήσεις οι περισσότερες ιδιωτικές, χωρίς άδεια.

# ΛΑΠ Πηνειού – Αρδευόμενες εκτάσεις

Αρδευόμενες εκτάσεις στη ΛΑΠ Πηνειού κατά CORINE 2000



# Πεδιάδα Θεσσαλίας – Γεωργικές εκτάσεις

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΥΝ. ΕΚΤΑΣΗ ΕΣΥΕ (στρεμ.)	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΥΑ
Βαμβάκι ποτιστικό	1 589 472	III
Σιτάρι σκληρό	1 465 542	0
Καλαμπόκι χωρίς συγκαλλιέργεια	251 644	V
Ελαιόδενδρα για βρώσιμες ελιές	227 449	I
Σιτάρι μαλακό	206 187	0
Κριθάρι	189 931	0
Λαχανοκομικά είδη	132 882	IV
Μηδική (πολυετές τριφύλλι)	128 145	VI
Ζαχαρότευτλα	116 050	IV
Αμυγδαλιές	84 061	0
<b>Σύνολο ΚΥΑ 0</b>	<b>2 330 659</b>	<b>0</b>
<b>Σύνολο ΚΥΑ I</b>	<b>228 236</b>	<b>I</b>
<b>Σύνολο ΚΥΑ II</b>	<b>48 102</b>	<b>II</b>
<b>Σύνολο ΚΥΑ III</b>	<b>1 607 771</b>	<b>III</b>
<b>Σύνολο ΚΥΑ IV</b>	<b>438 869</b>	<b>IV</b>
<b>Σύνολο ΚΥΑ V</b>	<b>261 951</b>	<b>V</b>
<b>Σύνολο ΚΥΑ VI</b>	<b>135 733</b>	<b>VI</b>
<b>Σύνολο ΚΥΑ VII</b>	<b>0</b>	<b>VII</b>
<b>Σύνολο ΚΥΑ VIII</b>	<b>50</b>	<b>VIII</b>

# Εκτίμηση αρδευτικού νερού

- Κατηγορία ΚΥΑ 0 : ξηρικές, δεν χρειάζονται άρδευση
- Κατηγορίες ΚΥΑ I-VIII: Διάκριση με βάση το φυτικό συντελεστή Κ

<b>Κατηγορία I</b> <b>K = 0,55</b>	<b>Κατηγορία II</b> <b>K = 0,60</b>	<b>Κατηγορία III</b> <b>K = 0,65</b>	<b>Κατηγορία IV</b> <b>K = 0,70</b>
Εσπεριδοειδή Ελιές	Σανός Ρόβι	Οπωροφόρα Ακρόδρυα Όσπρια Βαμβάκι Φράουλες Άνθη	Καπνά δυτ. τύπ. Κηπευτικά, σόργο Μποστανικά Πατάτες Ζαχαρότευτλα Ηλίανθος Αραχίδα
<b>Κατηγορία V</b> <b>K = 0,75</b>	<b>Κατηγορία VI</b> <b>K = 0,80</b>	<b>Κατηγορία VII</b> <b>K = 0,85</b>	<b>Κατηγορία VIII</b> <b>K = 1,20</b>
Καλαμπόκι  Γρασίδια Λεύκες	Τριφύλλι  Μηδική	Δεν εμφανίζεται στο ΥΔ08	Ρύζι



# Εκτίμηση αρδευτικού νερού

Όρια χρήσης αρδευτικού νερού σε m<sup>3</sup>/στρέμμα/μήνα

K		Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
I	Min	58	80	91	104	96	71
	Max	69	96	110	124	115	88
	<b>M.O.</b>	<b>63.5</b>	<b>88</b>	<b>100.5</b>	<b>114</b>	<b>105.5</b>	<b>79.5</b>
II	Min	60	78	99	114	105	72
	Max	72	96	120	135	126	90
	<b>M.O.</b>	<b>66</b>	<b>87</b>	<b>109.5</b>	<b>124.5</b>	<b>115.5</b>	<b>81</b>
III	Min	65	85	107	123	114	78
	Max	78	104	130	146	136	98
	<b>M.O.</b>	<b>71.5</b>	<b>94.5</b>	<b>118.5</b>	<b>134.5</b>	<b>125</b>	<b>88</b>
IV	Min	70	91	115	133	122	84
	Max	84	112	140	157	147	105
	<b>M.O.</b>	<b>77</b>	<b>101.5</b>	<b>127.5</b>	<b>145</b>	<b>134.5</b>	<b>94.5</b>
V	Min	75	97	124	142	131	90
	Max	90	120	150	169	157	112
	<b>M.O.</b>	<b>82.5</b>	<b>108.5</b>	<b>137</b>	<b>155.5</b>	<b>144</b>	<b>101</b>
VI	Min	80	104	132	152	140	96
	Max	96	128	160	180	168	120
	<b>M.O.</b>	<b>88</b>	<b>116</b>	<b>146</b>	<b>166</b>	<b>154</b>	<b>108</b>
VII	Min	85	89	123	140	132	89
	Max	102	115	153	170	161	119
	<b>M.O.</b>	<b>93.5</b>	<b>102</b>	<b>138</b>	<b>155</b>	<b>146.5</b>	<b>104</b>
VIII	Min	120	156	198	228	210	144
	Max	144	192	240	270	252	180
	<b>M.O.</b>	<b>132</b>	<b>174</b>	<b>219</b>	<b>249</b>	<b>231</b>	<b>162</b>

# Εκτίμηση αρδευτικού νερού

Μήνας	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Ανατολική Πεδιάδα Μ.Ο (mm)	41.6	41.9	19.5	20.3	19.0	14.6
Ανατολική Πεδιάδα ενεργός βροχόπτωση (mm)	27.0	27.2	12.7	13.2	12.4	9.5
Δυτική Πεδιάδα Μ.Ο (mm)	62.3	48.5	22.1	15.7	20.6	19.9
Δυτική Πεδιάδα ενεργός βροχόπτωση (mm)	40.5	31.5	14.4	10.2	13.4	12.9

- Συντελεστής απόδοσης: 0.7125

Νομός	Έκταση (στρ)	Λεκάνη	Καθαρές ανάγκες (hm <sup>3</sup> )	Προσαυξημένες ανάγκες (hm <sup>3</sup> )	Ειδ. κατανάλωση (m <sup>3</sup> /στρ)
Φθιώτιδα	175 990	Δυτική	95.39	133.88	761
Καρδίτσα	730 667	Δυτική	384.47	539.61	739
Τρίκαλα	359 892	Δυτική	201.22	282.41	785
Γρεβενά	2 180	Δυτική	1.28	1.80	826
Λάρισα	1 117 611	Ανατολική	591.46	830.11	743
Μαγνησία	359 767	Ανατολική	170.05	238.66	663
Κοζάνη	2 955	Ανατολική	1.83	2.57	871
Πιερία	3 800	Ανατολική	2.12	2.97	781
<b>Σύνολο</b>	<b>2 752 862</b>		<b>1447.82</b>	<b>2032.02</b>	<b>738</b>

# Πραγματικά στοιχεία άρδευσης

Συντελεστής κατανομής αρδευτικού νερού κατά μέσο όρο

Μήνας	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
%	5.0	11.0	23.6	30.2	26.4	3.8

Συντελεστής κατανομής αρδευτικού νερού κατά μέσο όρο (στοιχεία 1995)

Νομός	Γεωργική γη (στρ.)	Γεωργική γη προς άρδευση (στρ.)	Αρδευθείσα γεωργική γη (στρ.)	Ποσοστό άρδευσης	Απολήψεις (hm <sup>3</sup> )	Ειδική κατανάλωση (m <sup>3</sup> /στρ)
<b>Φθιώτιδα</b>	99 000	89 000	80 000	0.90	32.00	400
<b>Καρδίτσα</b>	1 183 000	986 500	788 000	0.80	258.36	328
<b>Τρίκαλα</b>	673 100	462 500	270 000	0.58	102.75	381
<b>Λάρισα</b>	2 307 600	1 674 300	1 108 475	0.66	282.31	255
<b>Μαγνησία</b>	590 300	253 500	175 000	0.69	73.25	419
<b>Σύνολο</b>	<b>4 853 000</b>	<b>3 465 800</b>	<b>2 421 475</b>	<b>0.70</b>	<b>749.00</b>	<b>309</b>

- Το αρδευτικό έλλειμμα στη Θεσσαλία είναι μεγάλο, πολλές περιοχές υποαρδεύονται

## Λοιπές χρήσεις νερού (ΥΔ08)

- Υδρευση - Τουρισμός ΥΔ08:

Νομός	Μόνιμος Πληθυσμός 2001	Ημερήσια (m <sup>3</sup> /d)	Ετήσια (hm <sup>3</sup> /y)	Προσαύξηση με απώλειες (hm <sup>3</sup> /y)	Προσαύξηση για τουρισμό ((hm <sup>3</sup> /y)
Φθιώτιδος	13875	2358.75	0.86	1.21	0.031
Καρδίτσας	114557	19474.69	7.11	9.95	0.052
Λαρίσης	282156	47966.52	17.51	24.51	0.107
Μαγνησίας	189178	32160.26	11.74	16.43	0.216
Τρικάλων	130135	22123.47	8.08	11.30	0.107
Γρεβενών	2656	451.52	0.16	0.23	-
Κοζάνης	531	90.27	0.03	0.05	-
Πιερίας	6442	1095.14	0.40	0.56	-
<b>Σύνολο</b>	<b>739530</b>	<b>125720.62</b>	<b>45.89</b>	<b>64.24</b>	<b>0.519</b>

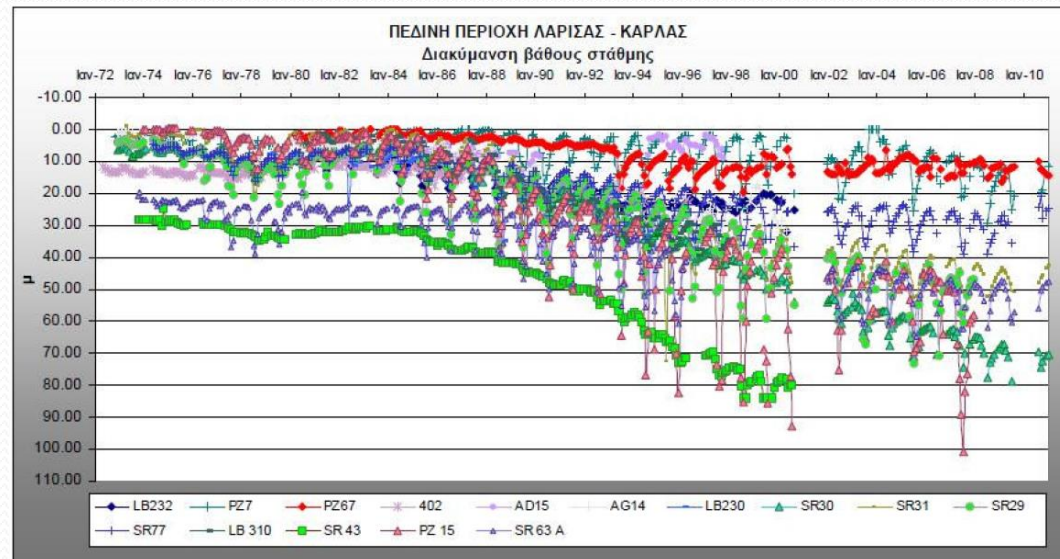
- Κτηνοτροφία ΥΔ08 (~83,7% στη ΛΑΠ Πηνειού)

Νομός	Σύνολο Ζώων	Κατηγορία	Ημερήσιες ανάγκες (l/d)	<b>Σύνολο: 12.8 hm<sup>3</sup>/y</b>
<b>Μαγνησίας</b>	513 297	Βοοειδή	80.0	
<b>Τρικάλων</b>	999 725	Προβατοειδή	8.0	
<b>Λαρίσης</b>	1 503 058	Αίγες	8.0	
<b>Καρδίτσας</b>	917 469	Χοίροι	80.0	
<b>Γρεβενών</b>	25 650	Ιπποειδή-Όνοι	36.0	
<b>Φθιώτιδας</b>	144 896	Κουνέλια	4.0	
<b>Σύνολο</b>	<b>4 104 095</b>	Πουλερικά	0.2	

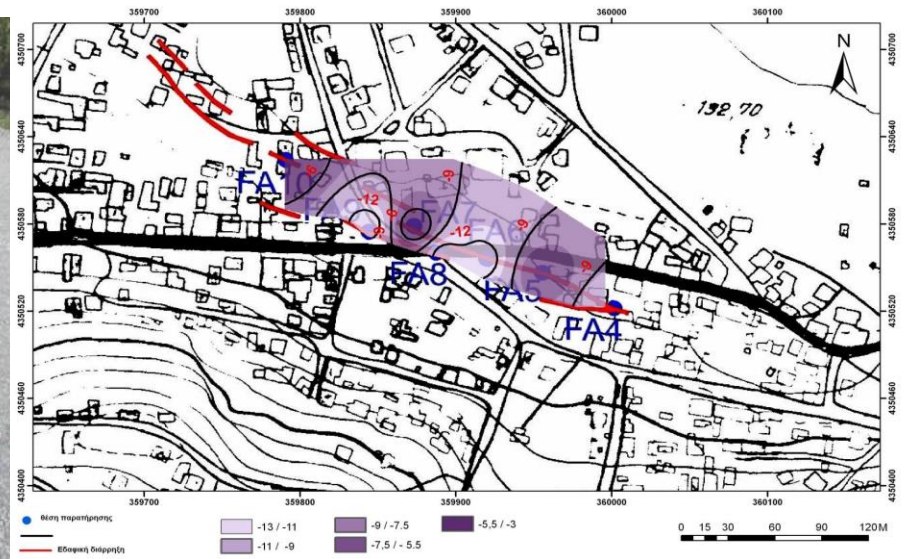
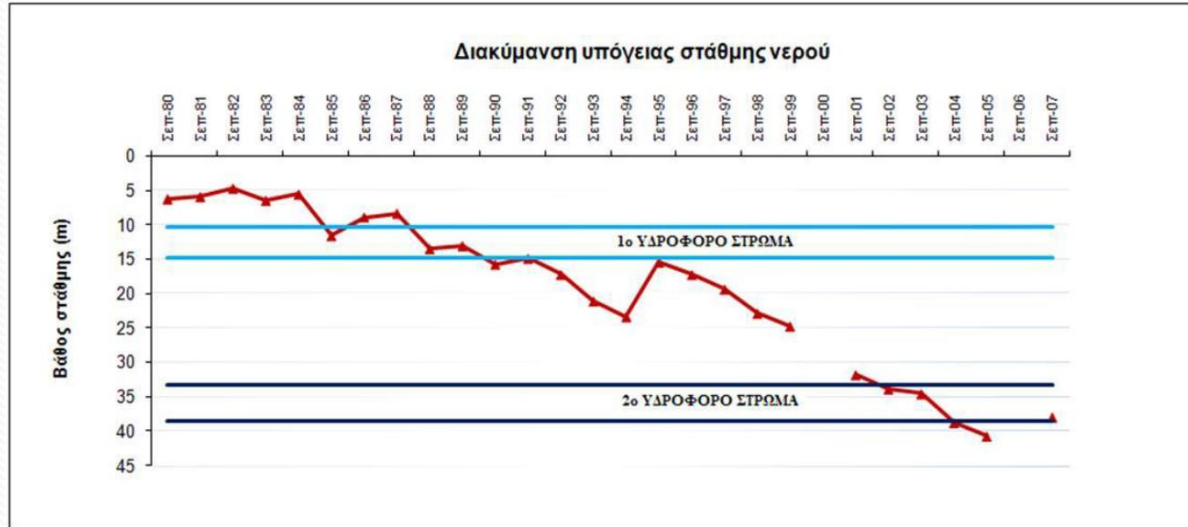
- Βιομηχανική χρήση ΥΔ08: 17.65 hm<sup>3</sup>/y (~63.3% στη ΛΑΠ Πηνειού)

# Σύνολο Ζήτησης – Προσφοράς νερού

- Ζήτηση νερού στη ΛΑΠ Πηνειού το 2007: 1813 hm<sup>3</sup>
  - Απολήψεις στη ΛΑΠ Πηνειού 2007: 1184 hm<sup>3</sup>
- } Έλλειμμα 629 hm<sup>3</sup> !
- Αντίστοιχα και στη ΛΑΠ Ρεμάτων Αλμυρού – Πηλίου, σε ζήτηση 258 hm<sup>3</sup> το έλλειμμα ήταν 140 hm<sup>3</sup> →συνολικό έλλειμμα διαμερίσματος 770 hm<sup>3</sup>
  - Μέση ετήσια απορροή ΛΑΠ Πηνειού: 3325 hm<sup>3</sup> (από τα 3540 του ΥΔ08 hm<sup>3</sup>)
  - Από την λεκάνη του Ταυρωπού εκτροπή 130 hm<sup>3</sup>
  - Δεν υπάρχουν πολλά σημαντικά έργα ταμίευσης
  - Υπεράντληση υπόγειων υδροφορέων (απόληψεις 759 hm<sup>3</sup> σε ετήσιες εισροές 1491 hm<sup>3</sup>
  - Σημαντικές πτώσεις στάθμης, καθιζήσεις

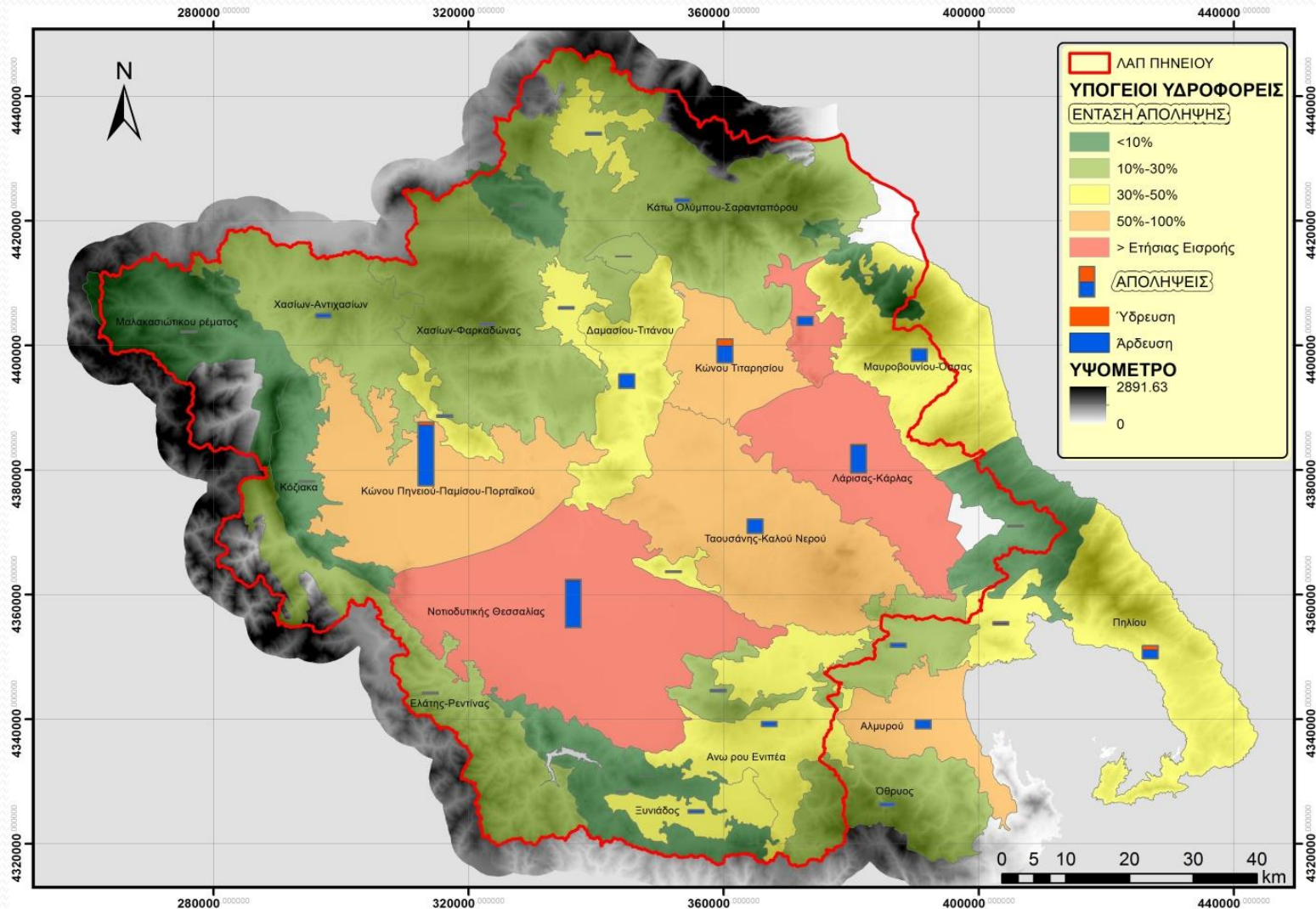


# Καθιζήσεις (Περιοχή Σταυρού Φαρσάλων)



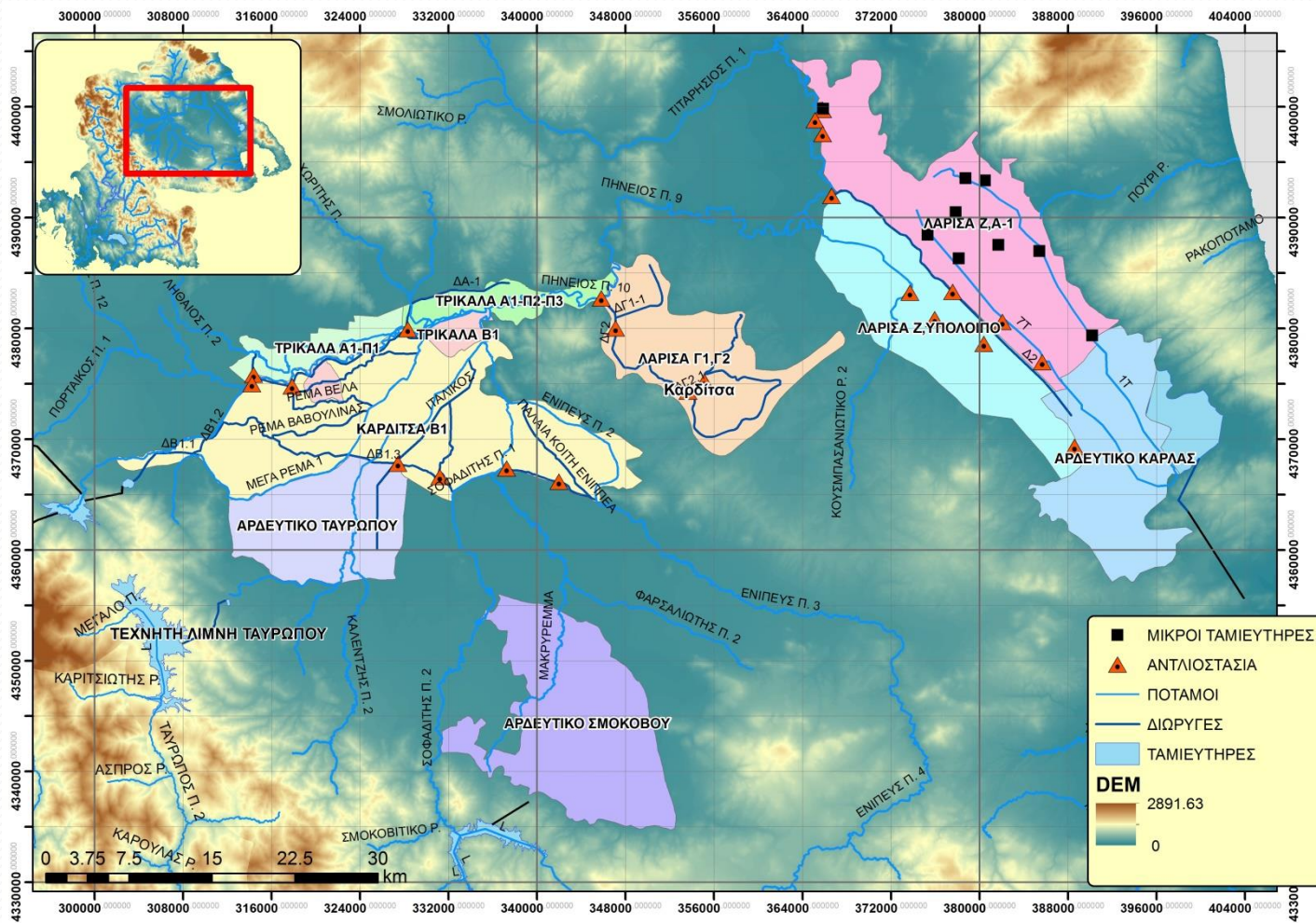
# ΛΑΠ Πηνειού – Υδρογεωλογία

Απολήψεις : 705 hm<sup>3</sup> άρδευση/54 hm<sup>3</sup> ύδρευση



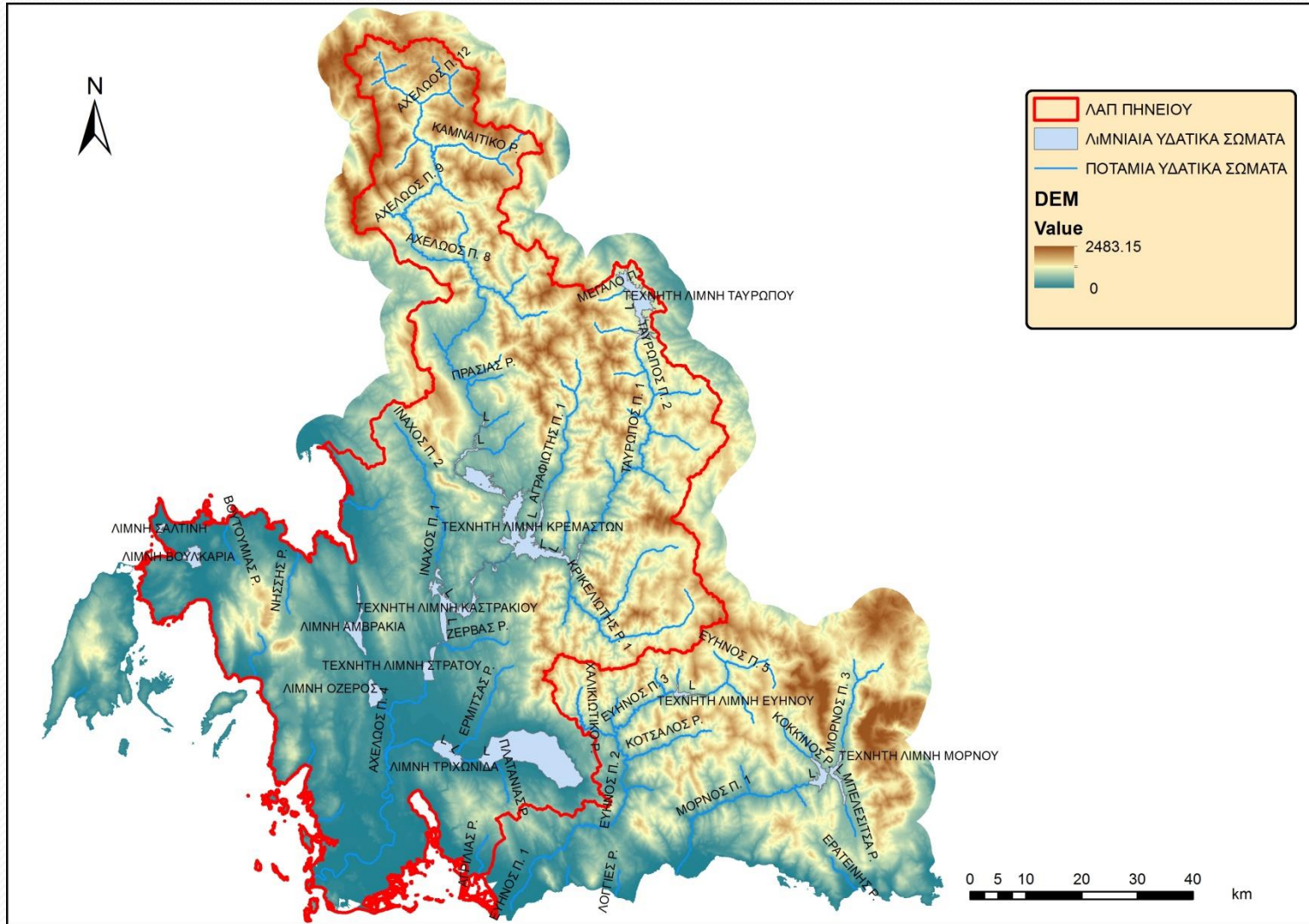
# ΛΑΠ Πηνειού – Καταμερισμός σε αρδευτικές ζώνες

Ζώνες αρδεύσεων – ένταξη στο μοντέλο όσων έχουν τη δυνατότητα απολήψεων επιφανειακών νερών (1 525 000 στρέμματα)

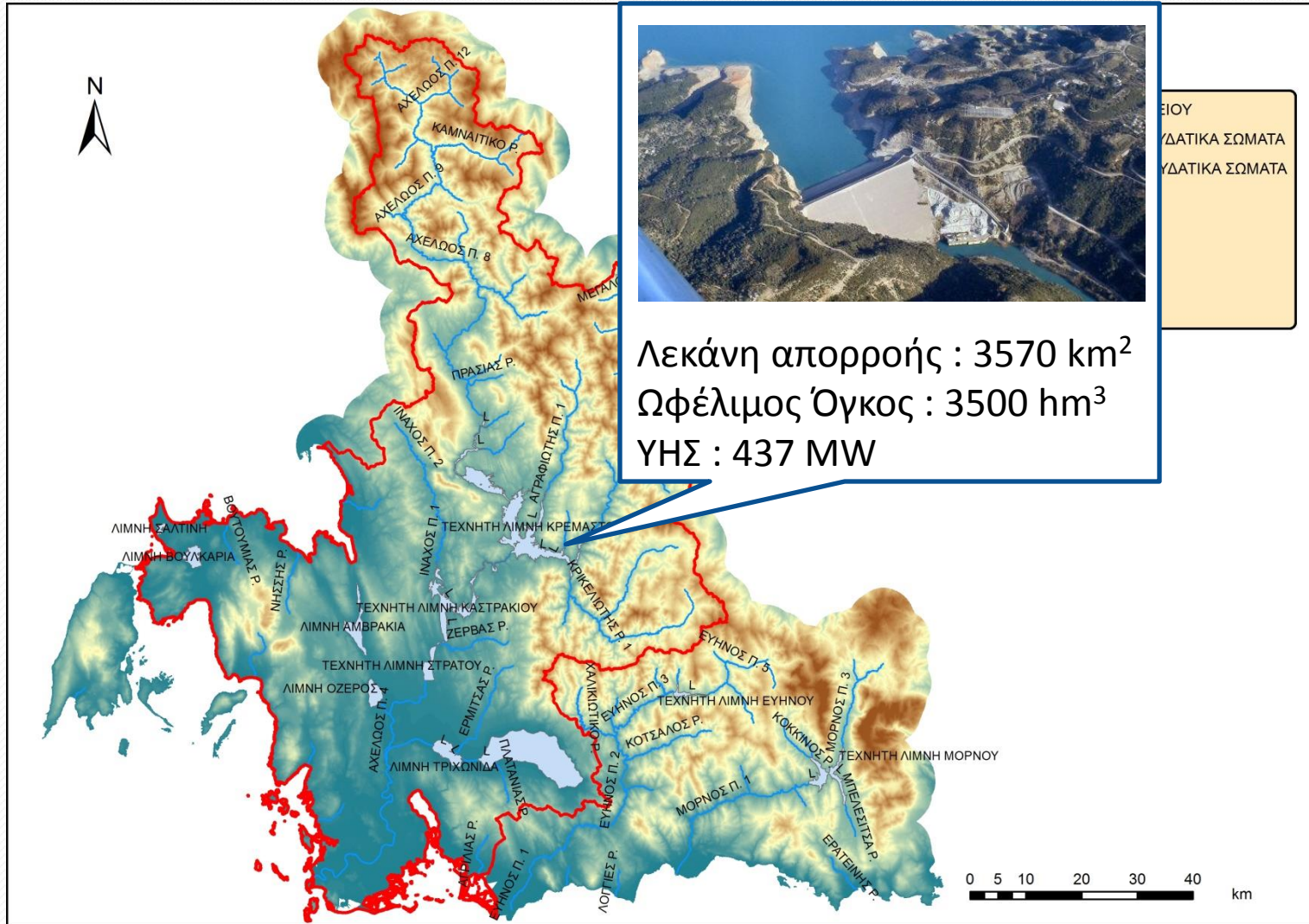




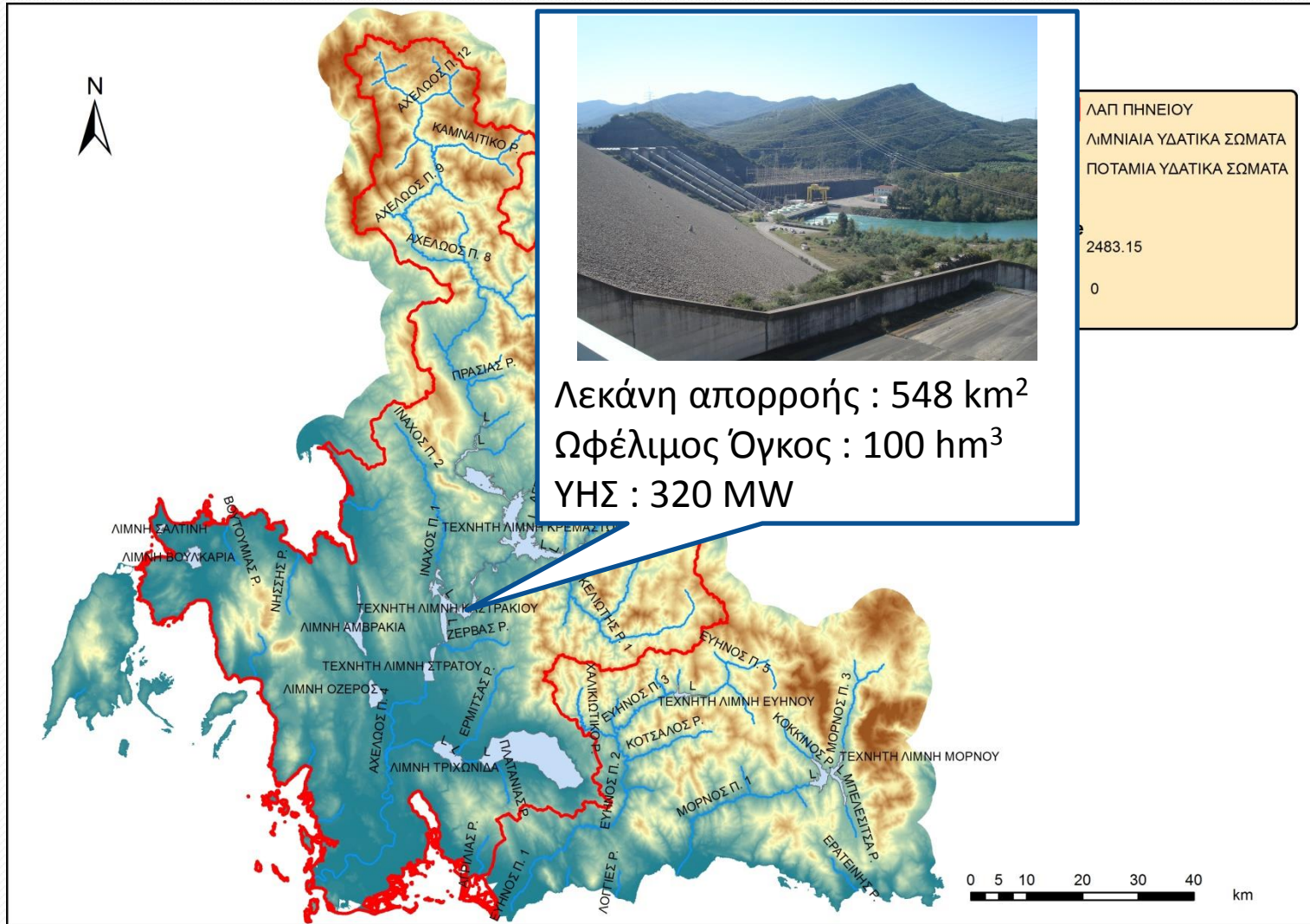
# ΛΑΠ Αχελώου – Γεωμορφολογία



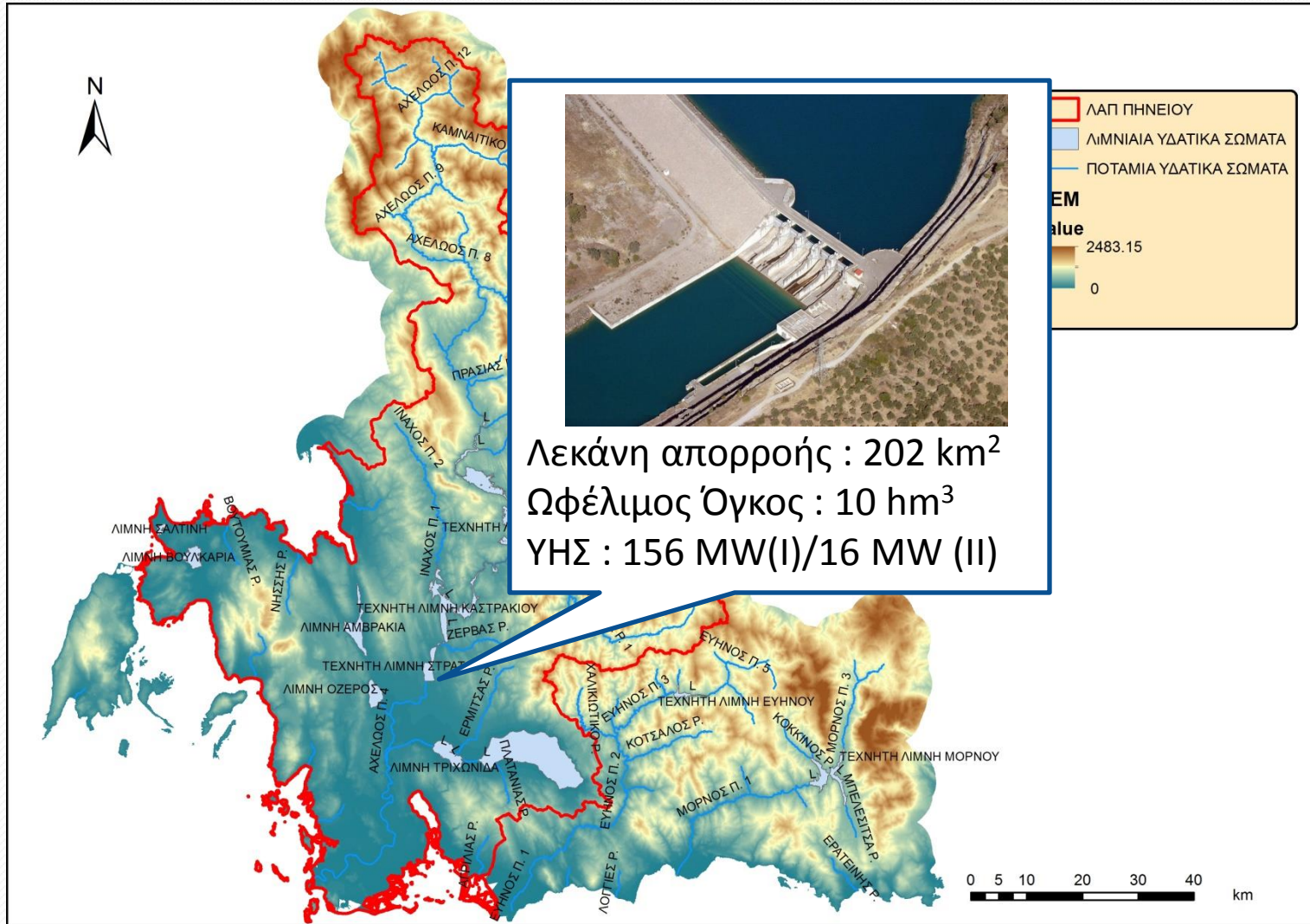
# ΛΑΠ Αχελώου – Υφιστάμενοι ταμιευτήρες



# ΛΑΠ Αχελώου – Υφιστάμενοι ταμιευτήρες



# ΛΑΠ Αχελώου – Υφιστάμενοι ταμιευτήρες



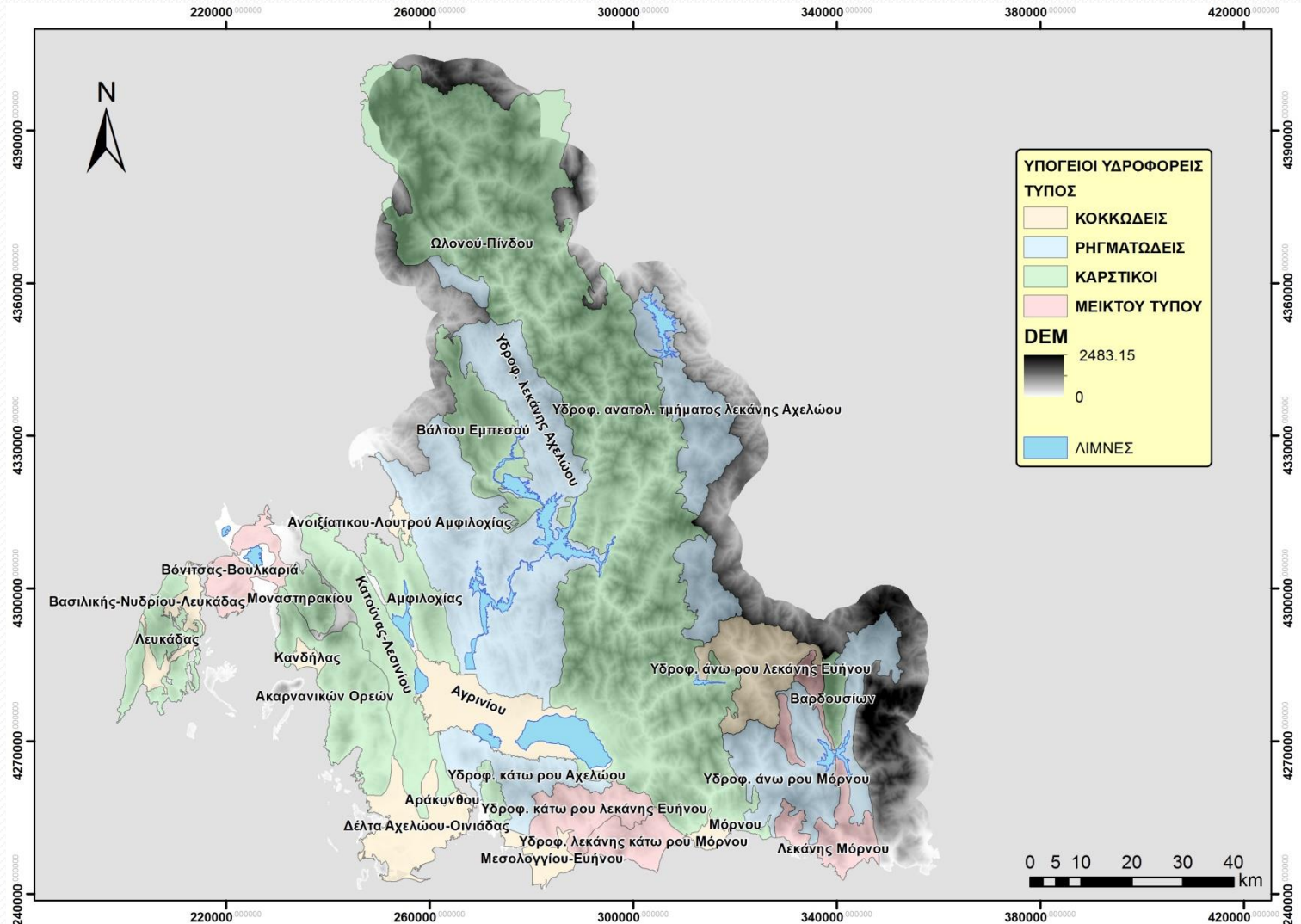
## ΛΑΠ Αχελώου – Υδροηλεκτρικά έργα

Ταμιευτήρας	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)	Μέση ετήσια καθαρή παραγωγή ενέργειας (GWh)
Κρεμαστών	437	1300
Καστρακίου	320	900
Στράτου Ι	150	578
Στράτου ΙΙ	6.6	16
<b>Σύνολο</b>	<b>913.6</b>	<b>2794</b>

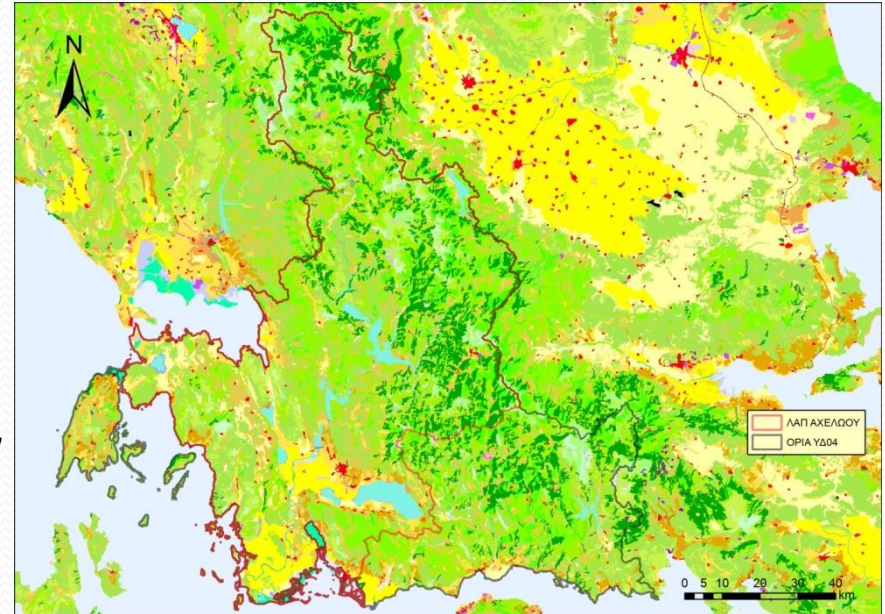
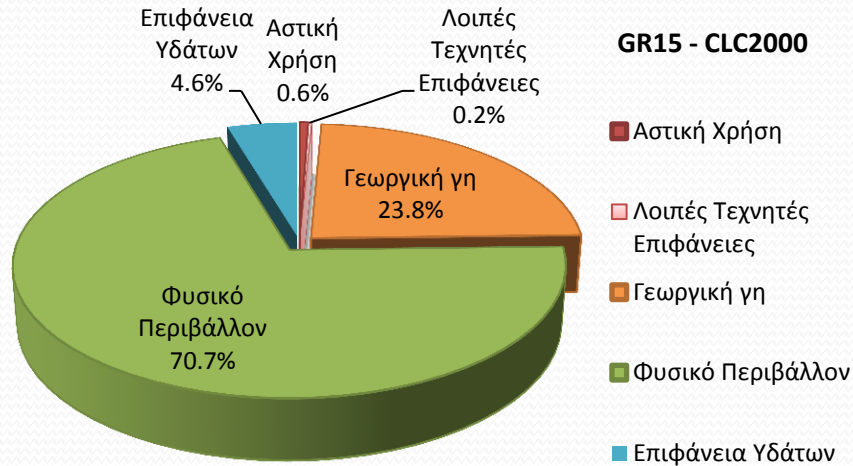
- Στον Αχελώο βρίσκεται το 7.2% της εγκατεστημένης ισχύος της ΔΕΗ και παράγεται το 5% της ετήσιας ενέργειας
- Η Μεσοχώρα (ισχύς 160 MW) ακόμα δεν έχει μπει στο σύστημα ενώ τα έργα έχουν ολοκληρωθεί εδώ και χρόνια

# ΛΑΠ Αχελώου – Υδρογεωλογία

Απολήψεις : 96.5 hm<sup>3</sup> άρδευση/23.2 hm<sup>3</sup> ύδρευση



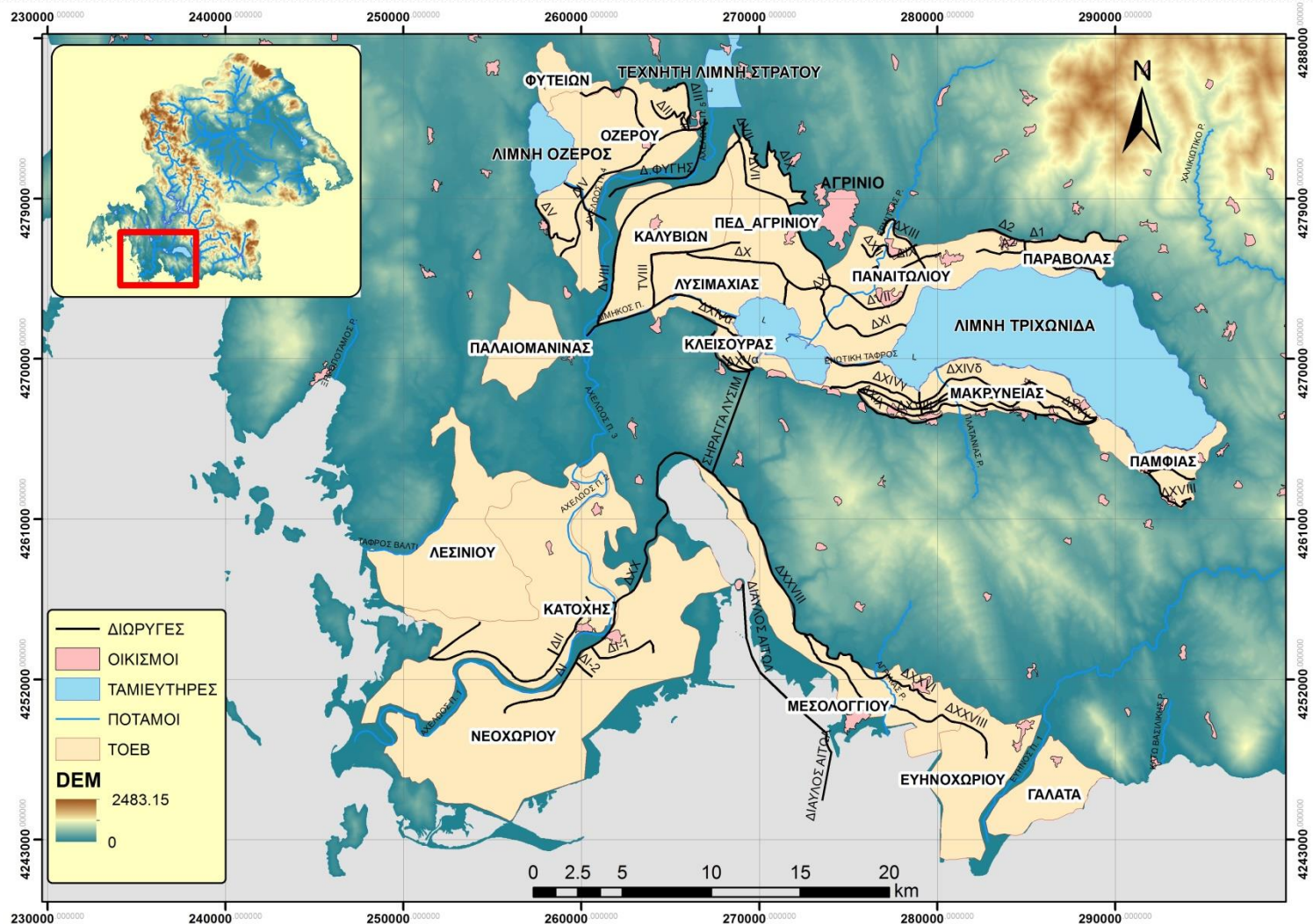
# Χρήσεις γης (Corine 2000)



- Πολύ μικρότερες αρδευτικές ανάγκες
- Οργάνωση σε ΤΟΕΒ όλων σχεδόν των αρδευόμενων εκτάσεων

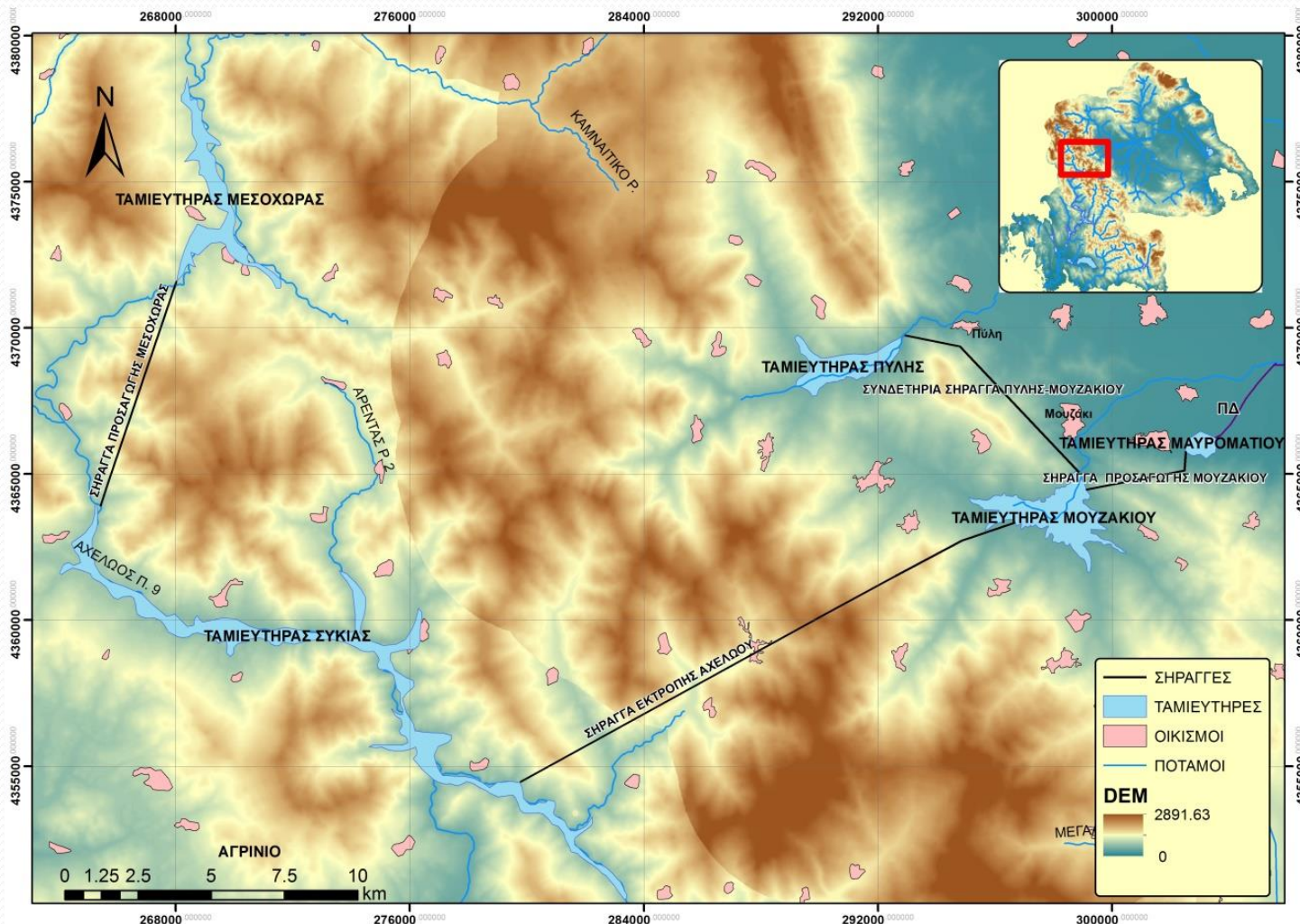
# ΛΑΠ Αχελώου – Ζώνες αρδεύσεων

Οργάνωση σε ΤΟΕΒ, άρδευση από επιφανειακά νερά

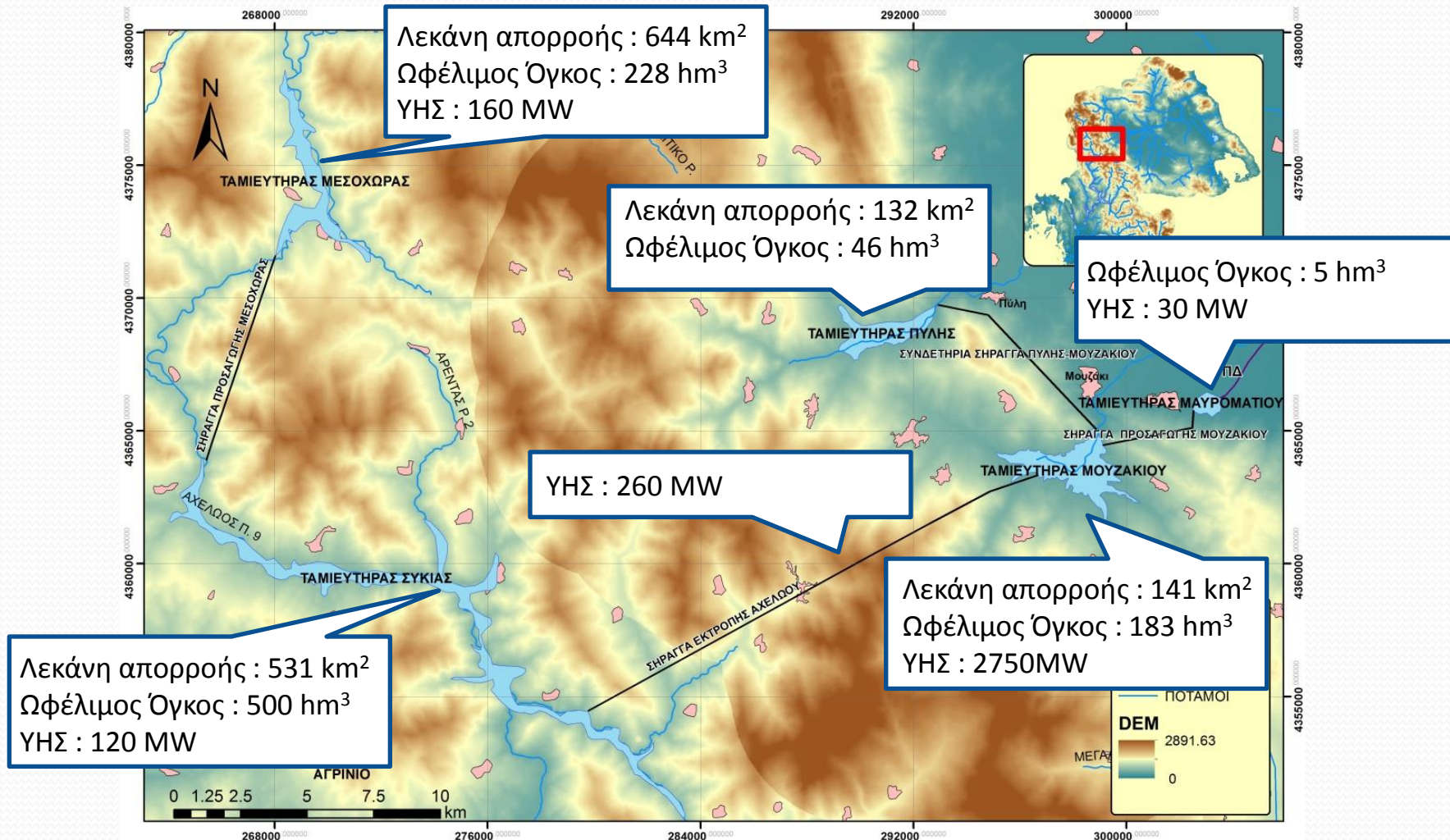




# Έργα εκτροπής



# Έργα εκτροπής



## Εκτίμηση υδατικών αναγκών μοντέλου

- ❖ Αρδευτική ζήτηση με δυνατότητα ικανοποίησης από επιφανειακά νερά :
  - Θεωρητικές ανάγκες κατά ΚΥΑ Φ.16/6631/2.6.1989, με χρήση φυτικών συντελεστών
  - Πραγματικές ανάγκες, με προσθήκη (μεγάλων γενικώς) απωλειών από δίκτυα και μεθόδους άρδευσης, και αφαίρεση ενεργού βροχόπτωσης
  - Τυπικό στρέμμα: **~700 m<sup>3</sup>/αρδευτική περίοδο** και στις δύο λεκάνες
  - Συνολική αρδευόμενη έκταση στο μοντέλο 1 525 000 στρέμματα στη ΛΑΠ Πηνειού και στη ΛΑΠ Αχελώου 302 000 στρέμματα
  - Ετήσια ζήτηση: **1343 hm<sup>3</sup>**
  - Εκτός μοντέλου στη ΛΑΠ Πηνειού (μόνο γεωτρήσεις) ~600 000 στρέμματα/416 hm<sup>3</sup>
  - Μηνιαία κατανομή αρδευτικής ζήτησης με τυπικά ποσοστά :

Πίνακας 2.12: Ποσοστιαία μηνιαία κατανομή ετήσιας ζήτησης αρδευτικού νερού.

Μήνας	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
%	5.0	11.0	23.6	30.2	26.4	3.8

# Εκτίμηση υδατικών αναγκών μοντέλου

## ❖ Υδρευτική ζήτηση από επιφανειακά νερά :

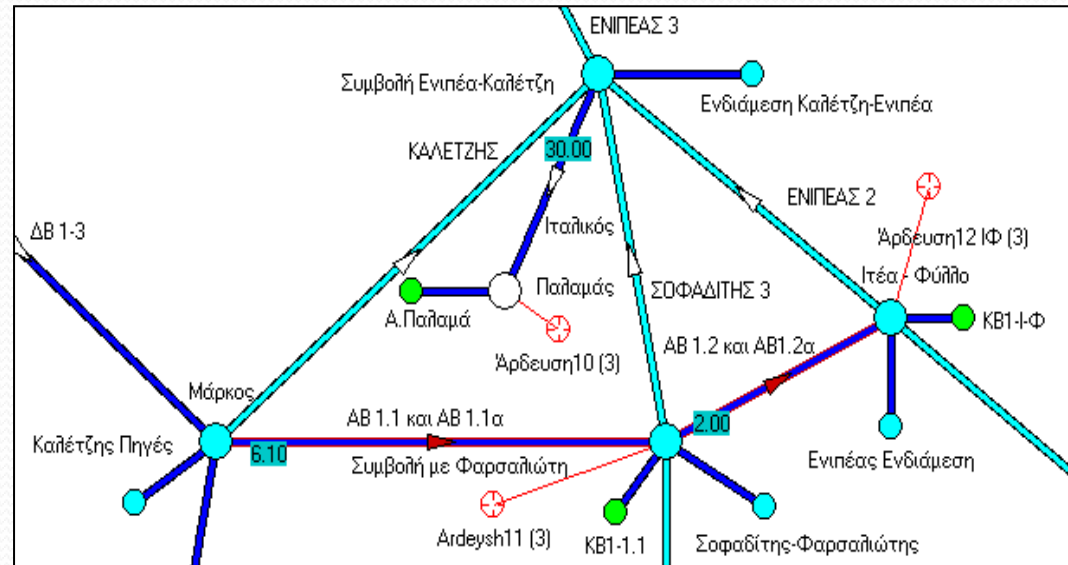
- Ετήσια ζήτηση: **36.5 hm<sup>3</sup>** (μικρές απολήψεις γενικά από ταμιευτήρες)
- Καρδίτσα 24 hm<sup>3</sup> (Πλαστήρας ), Ανατολικοί οικισμοί Καρδίτσας 5.1 hm<sup>3</sup> (Σμόκοβο), Αγρίνιο 7.4 hm<sup>3</sup> (Καστράκι)

## ❖ Περιβαλλοντικοί περιορισμοί

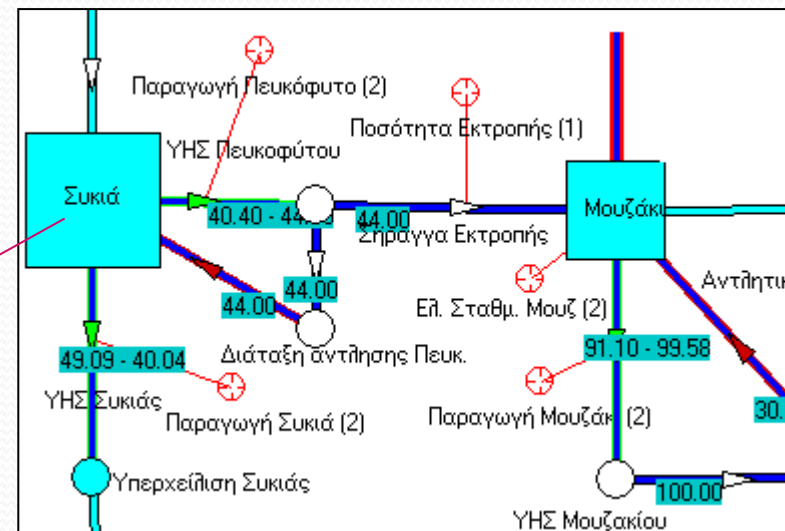
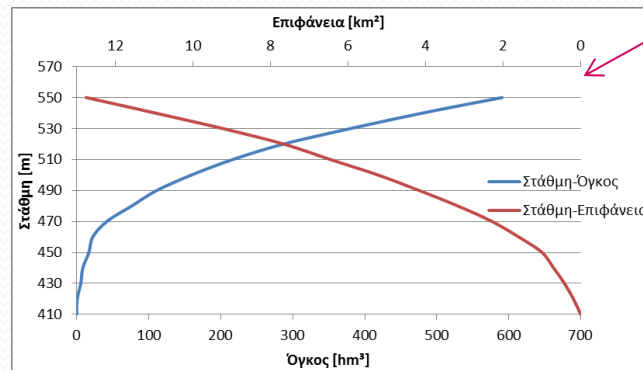
- Ετήσια ζήτηση για οικολογική παροχή ποταμών: **1348 hm<sup>3</sup>**
  - Αχελώος: **798 hm<sup>3</sup>**, με μηνιαία διακύμανση για την διατήρηση των χαρακτηριστικών εποχικότητας της φυσικής παροχής του ποταμού , διατήρηση μεγάλων παροχών και στα ανάντη φράγματα Μεσοχώρας/Συκιάς
  - Πηνειός: εξασφάλιση παροχής τουλάχιστον **10 m<sup>3</sup>/s** το καλοκαίρι
  - Μικρότερες παροχές στους Πάμισο, Πορταϊκό, Σοφαδίτη, Ελλασονίτικο
- Διατήρηση ελάχιστου αποθέματος **160 hm<sup>3</sup>** στον ταμιευτήρα Πλαστήρα (καλαισθησία λίμνης - τουριστικές χρήσεις)
- Εμπλουτισμός λίμνης Τριχωνίδας με **47 hm<sup>3</sup>** ετησίως, το μεγαλύτερο ποσοστό καταλήγει για άρδευση στον Κάτω Αχελώο.

# Διαδικασία σχηματοποίησης

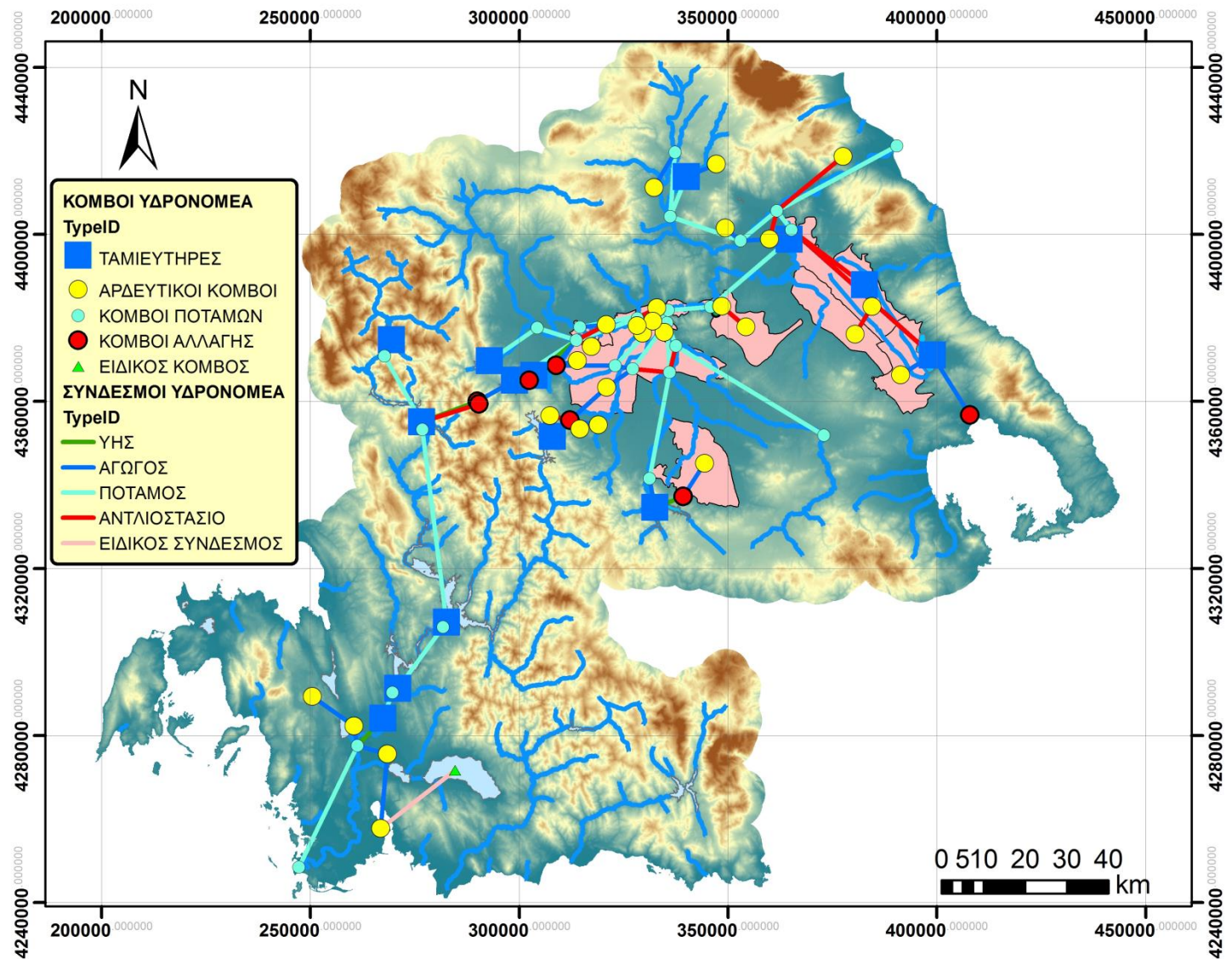
**Αρδευτικοί κόμβοι:** αρδευόμενη έκταση, θέσεις απόληξης, παροχετευτικότητες αγωγών και γεωτρήσεων, χρονοσειρές απορροής κόμβων ποταμών



**Ταμιευτήρες:** Χαρακτηριστικά ταμιευτήρων, αγωγών πτώσης και ΥΗΣ, χρονοσειρές απορροής, βροχόπτωσης και εξάτμισης

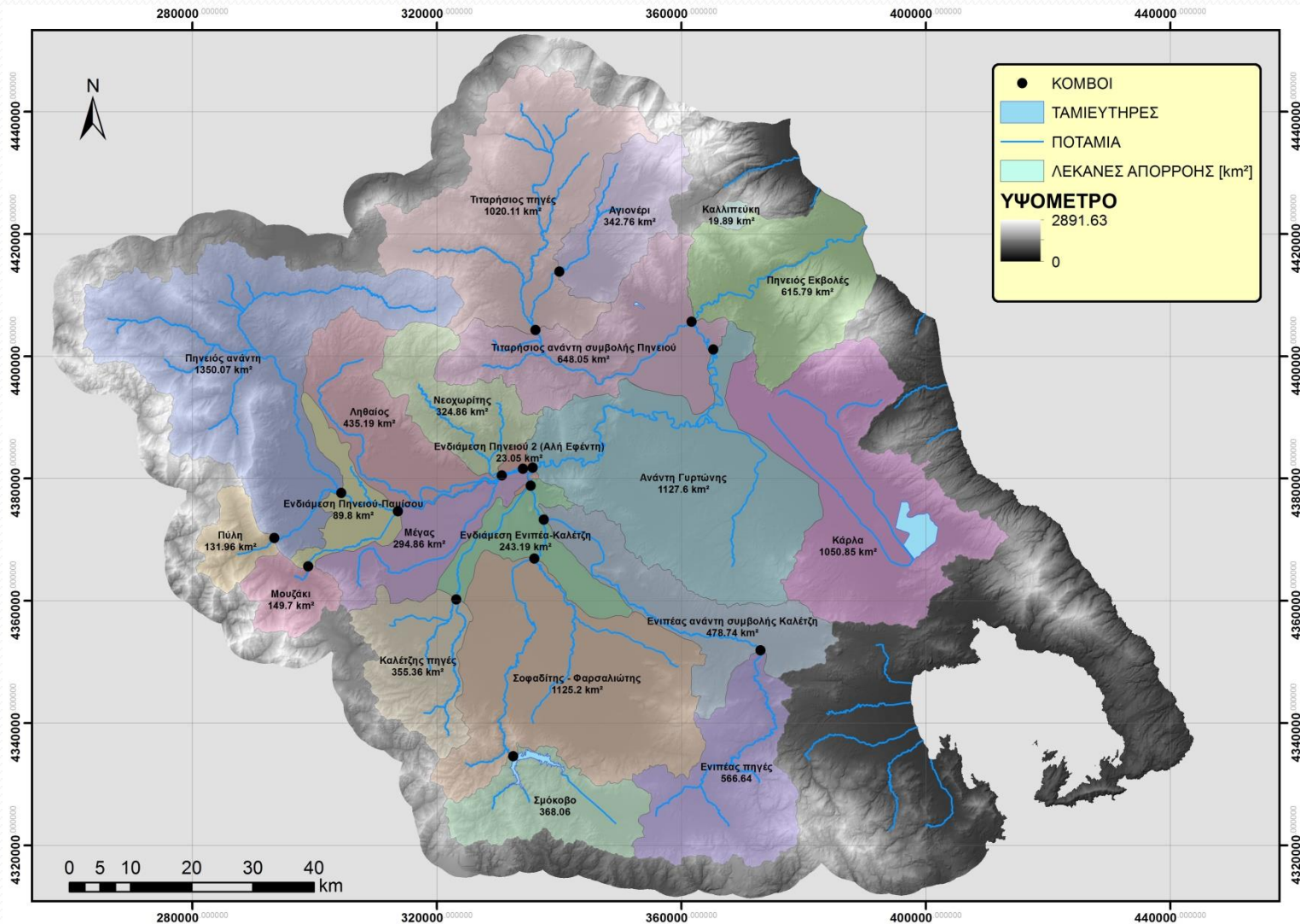


# Απεικόνιση μοντέλου υδροσυστήματος σε ΣΓΠ



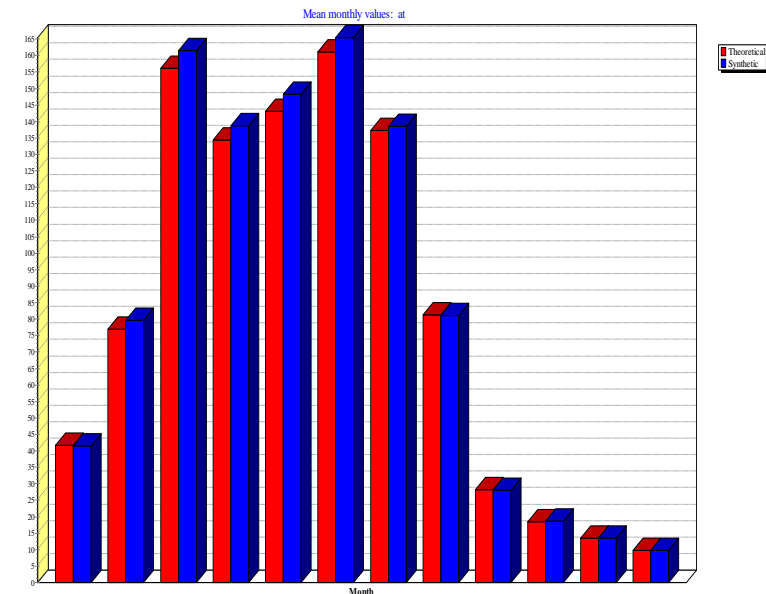
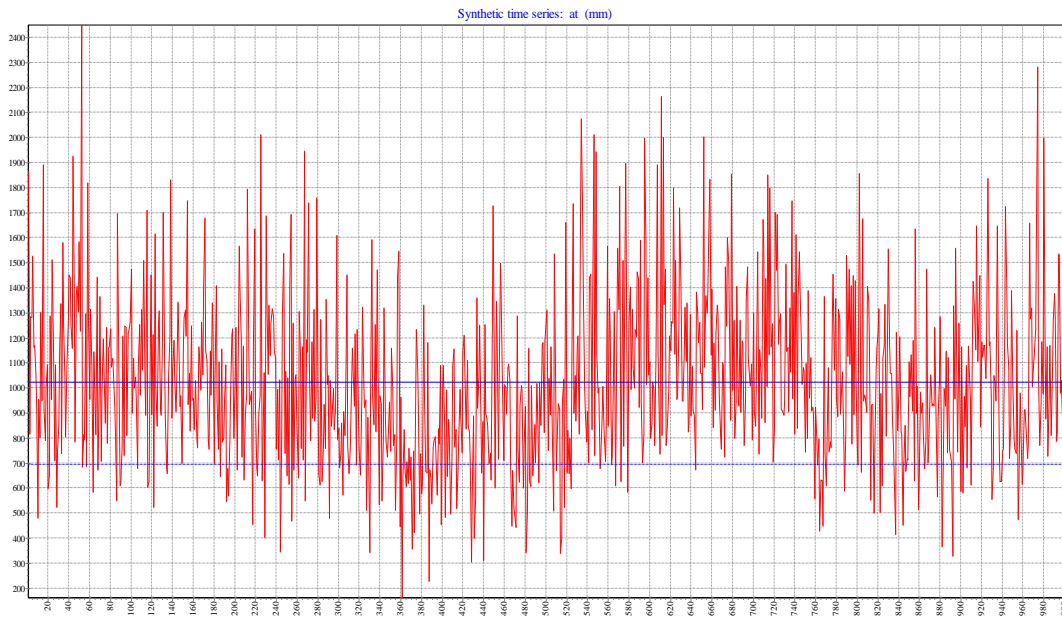
# Καθορισμός λεκανών απορροής

- Καθορισμός μόνο στη ΛΑΠ Πηνειού, στη ΛΑΠ Αχελώου πλήρως ρυθμισμένη η ροή (φράγματα μέσου ρου).



# Υδρολογικές μεταβλητές

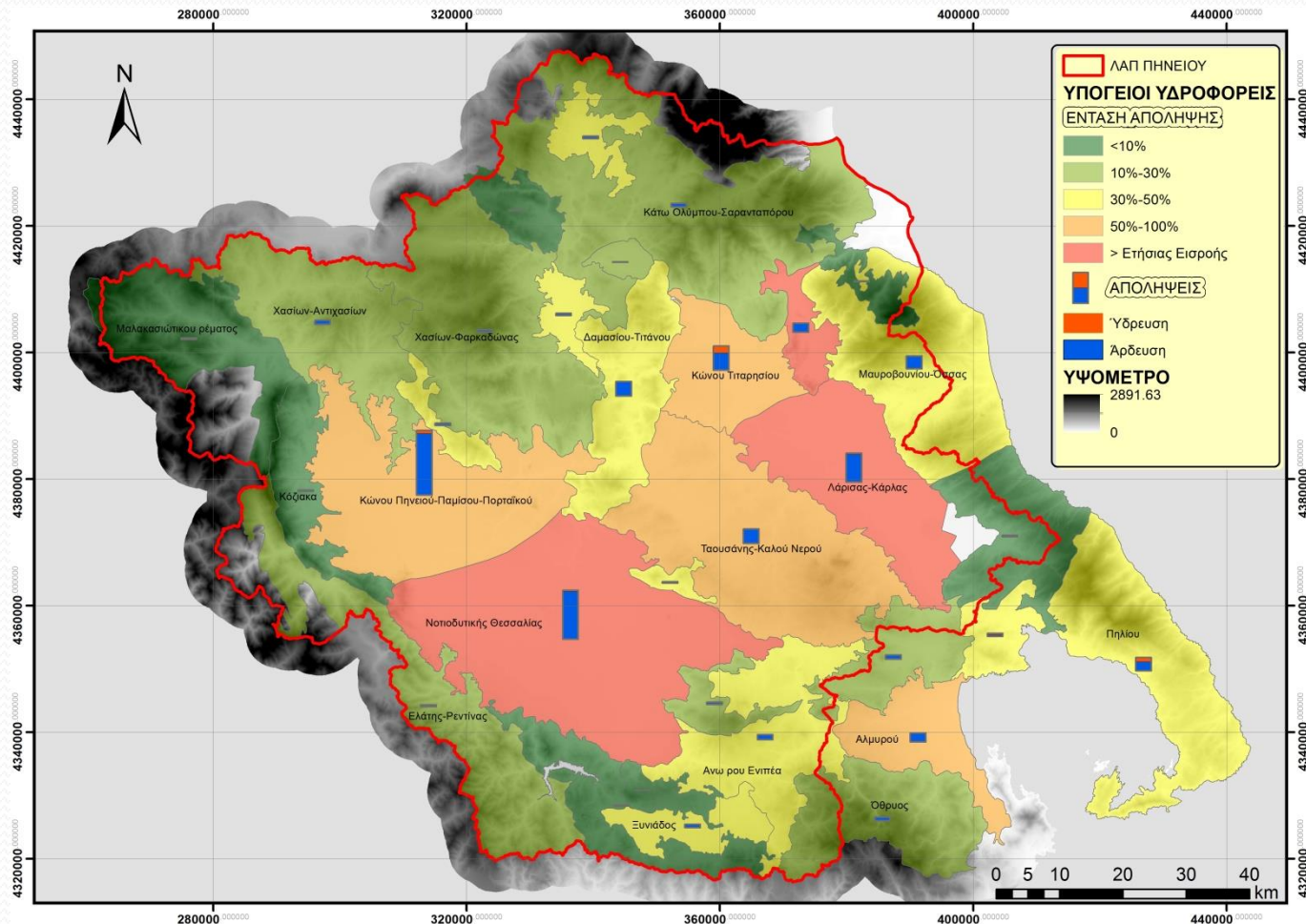
- Συλλογή ιστορικών δειγμάτων βροχόπτωσης και απορροής διαφόρων σταθμών με εγγύτητα στις λεκάνες του μοντέλου – καταρτίστηκαν 26 δείγματα διαφορετικού μήκους, μικρά, ανεπαρκή, όχι πάντα αξιόπιστα (συμπληρώσεις)
- Κατασκευή αντίστοιχων συνθετικών χρονοσειρών (1000 ετών) με το λογισμικό Κασταλία με διατήρηση της ετεροσυσχέτισης τους και των στατιστικών χαρακτηριστικών τους.
- Αναγωγή των συνθετικών δεδομένων στις λεκάνες του μοντέλου (παραδοχές)
- Για την εξάτμιση από επιφάνεια ταμιευτήρων χρησιμοποιήθηκε μια ημιεμπειρική παραμετρική μέθοδος, με είσοδο τη θερμοκρασία (αναγωγή στη στάθμη των ταμιευτήρων)





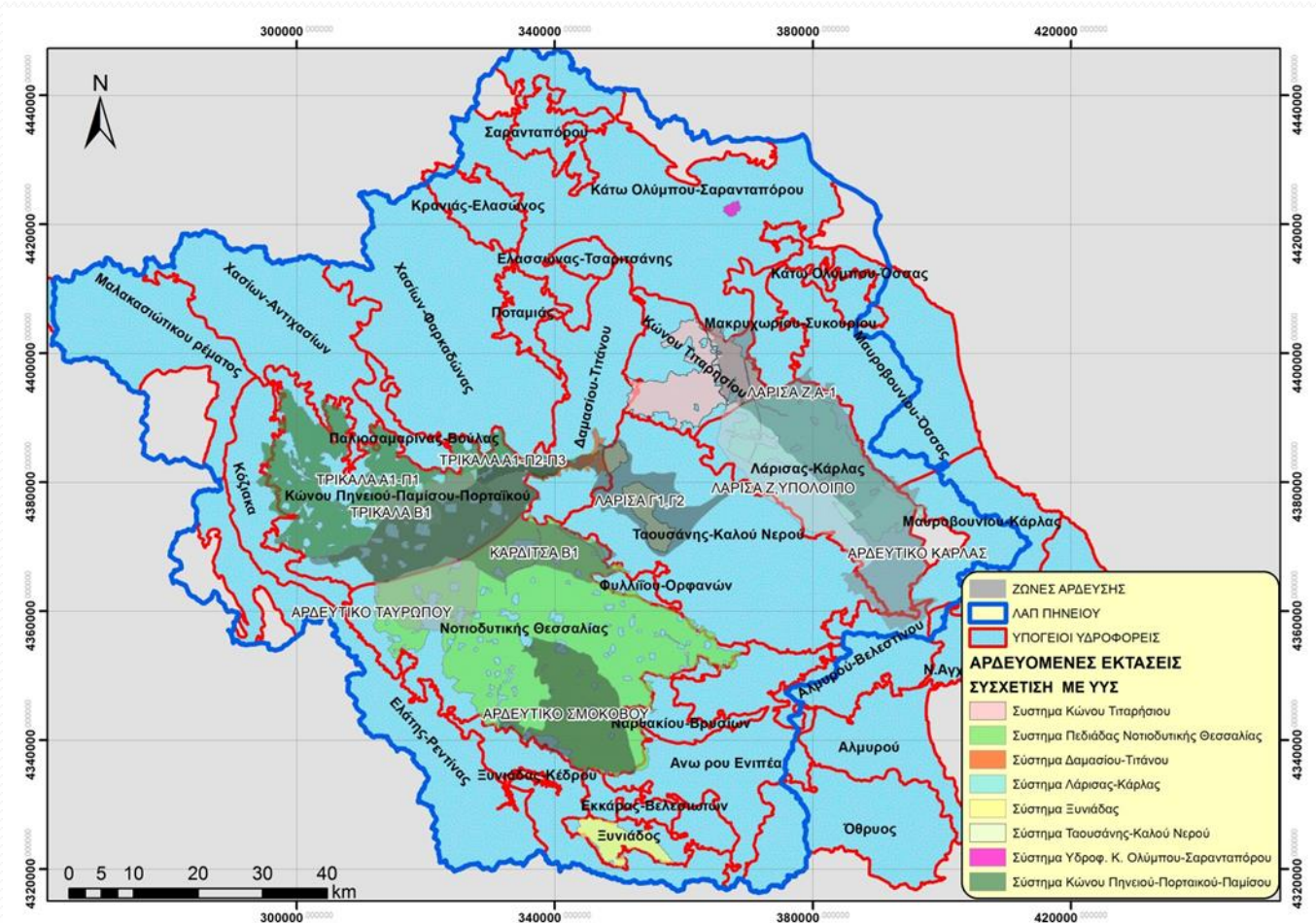
# Σχηματοποίηση γεωτρήσεων (1)

- Γνωστά όρια υπόγειων υδροφορέων και εκτιμήσεις απολήψεων
- Ετήσιες αρδευτικές απολήψεις **705 hm<sup>3</sup>**, κυρίως στη Δυτική και Ανατολική Πεδιάδα

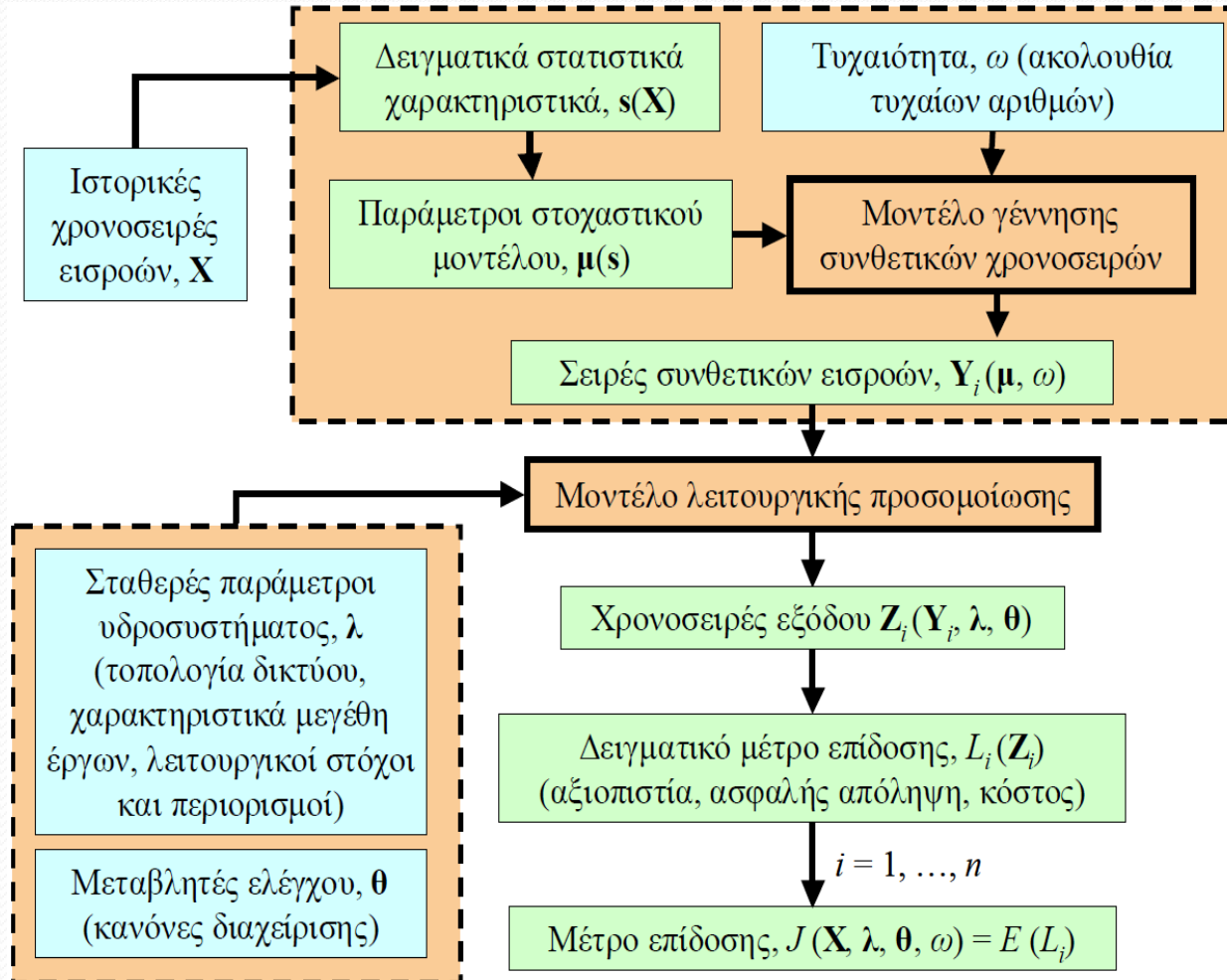


## Σχηματοποίηση γεωτρήσεων (2)

- ❑ Αναγωγή των απολήψεων στις αρδεύσιμες εκτάσεις και έπειτα στις αρδευτικές ζώνες
- ❑ Εκτίμηση δυναμικότητας ως το 30% των απολήψεων σε κάθε αρδευτικό κόμβο

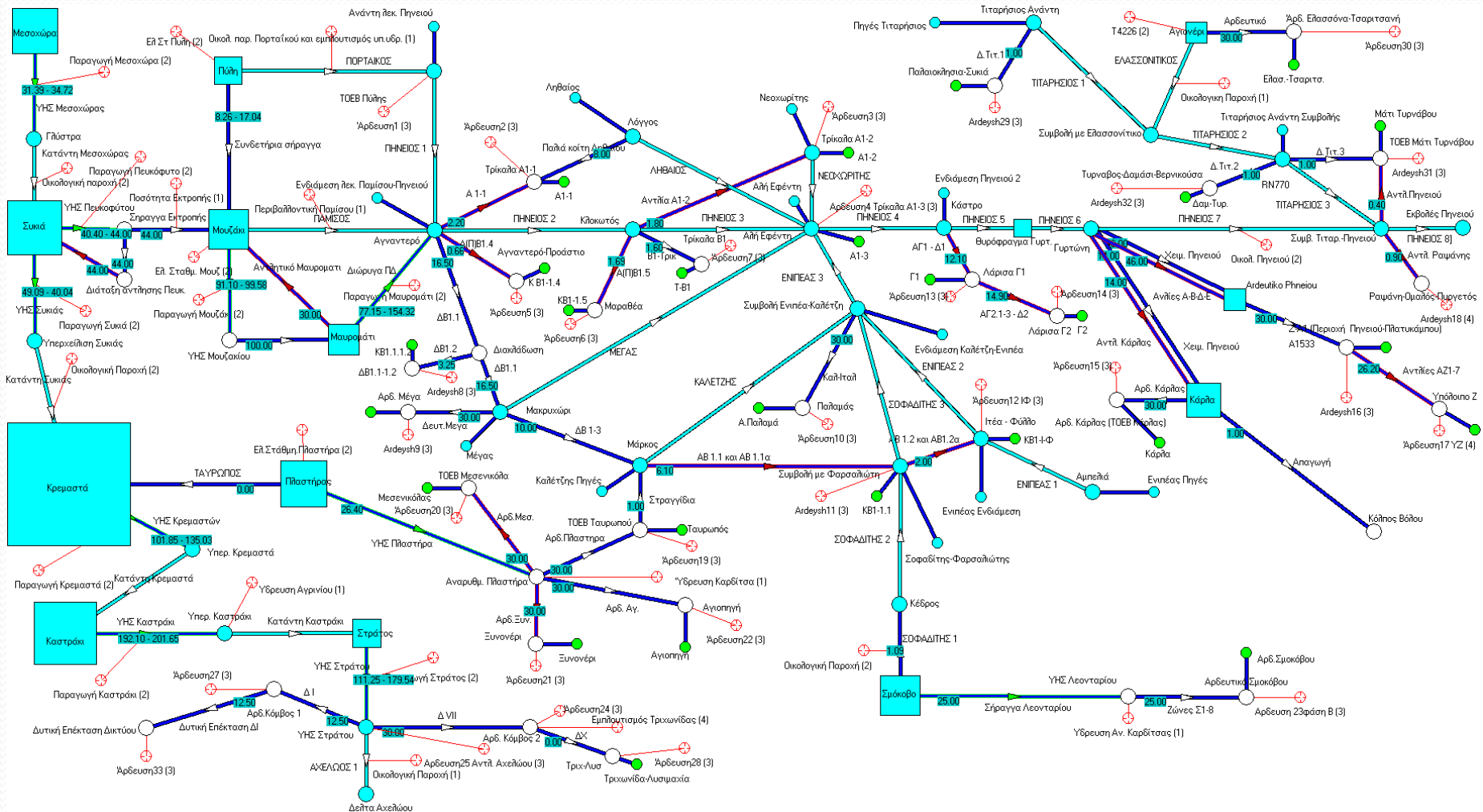


# Στοχαστική Προσομοίωση στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ



# Απεικόνιση μοντέλου στον Υδρονομέα

Συνιστώσες μοντέλου: 14 ταμειευτήρες, 32 αρδευτικοί κόμβοι, 14 κόμβοι εισροής, 57 στόχοι (35 αρδευτικοί, 3 υδρευτικοί, 9 περιβαλλοντικοί, 10 ενεργειακοί)



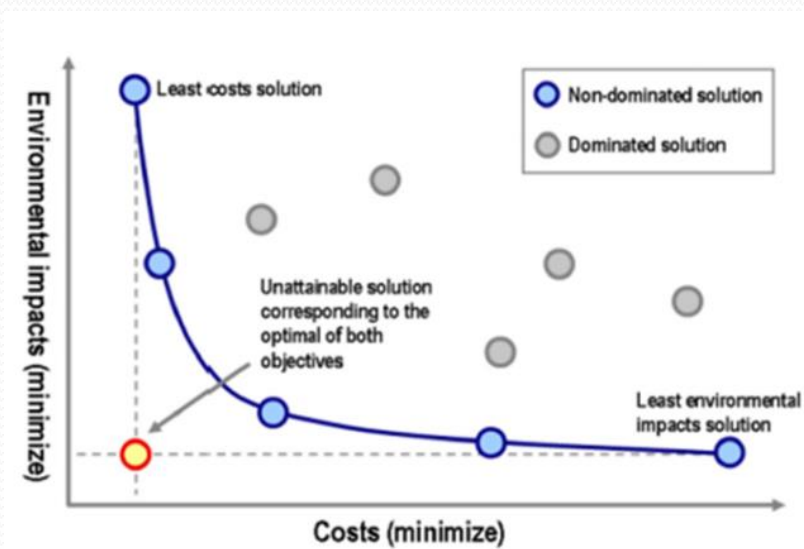
# Διαχειριστικά σενάρια-βελτιστοποίηση

- Διατύπωση προβλήματος βελτιστοποίησης:
  - Μεταβλητές ελέγχου: στόχοι παραγωγής πρωτεύουσας ενέργειας ΥΗΣ (σταθεροί)
  - Κριτήρια επίδοσης:
    - ❖ Παραγόμενη πρωτεύουσα ενέργεια (επίπεδο αξιοπιστίας 99%)
    - ❖ Μέση ετήσια αστοχία επιλεγμένων αρδευτικών στόχων
    - ❖ Μέσο ετήσιο αρδευτικό έλλειμμα
  - Στοχική συνάρτηση:
    - ❖ Στάθμιση κριτηριών, με βάρη ανάλογα της τάξης μεγέθους

Μέτωπα Pareto

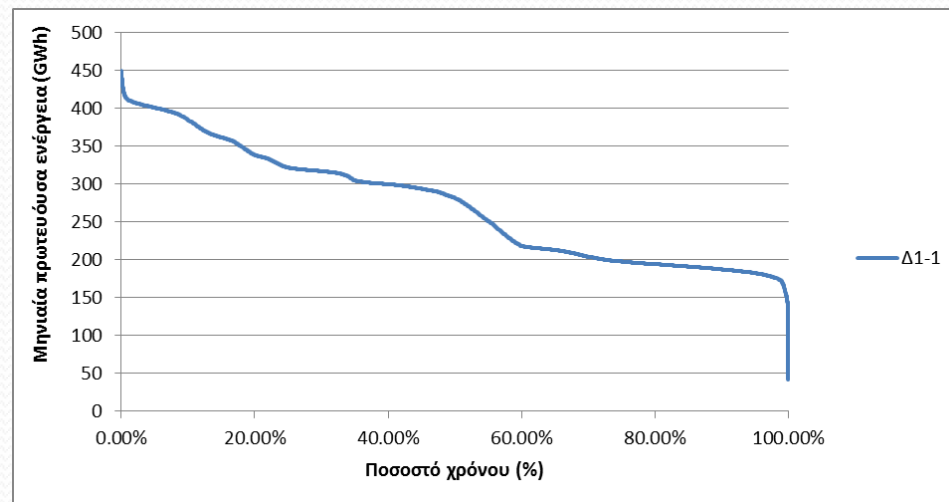
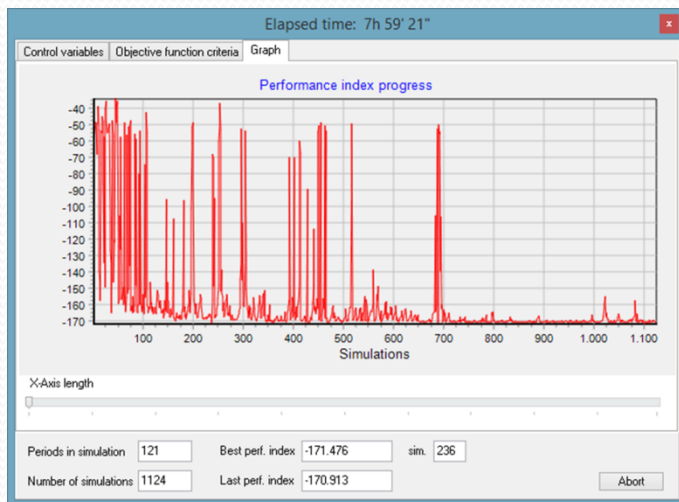
- Βασικές διατάξεις συστήματος που εξετάστηκαν:

- ❑ Πλήρες σχήμα έργων με εκτροπή 250 hm<sup>3</sup> (Δ1 – βασικό σενάριο αναφοράς)
- ❑ Πλήρες σχήμα έργων με εκτροπή 600 hm<sup>3</sup> (Δ2)
- ❑ Πλήρες σχήμα έργων, χωρίς εκτροπή (Δ3)
- ❑ Πλήρες σχήμα έργων, χωρίς αντλησιοταμίευση (Δ4)
- ❑ Σενάρια μειωμένης κατανάλωσης με και χωρίς εκτροπή (Δ5)



# Διάταξη Δ1 – Σενάριο Δ1-1

- Διερεύνηση σεναρίων με διαφορετικούς συνδυασμούς κριτηρίων :
  - ❖ Δ1-1 :Σενάριο βελτιστοποίησης ως προς την παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας



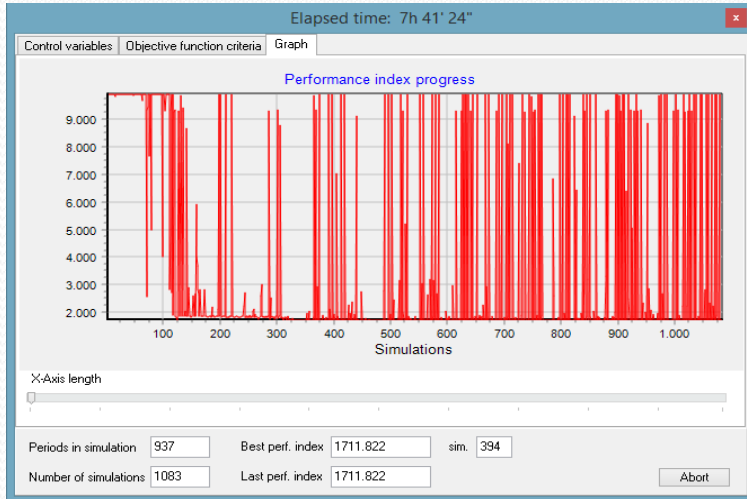
## Αστοχίες

Υδρευση	Περιβαλλοντικά	Άρδευση	Έλλειμμα Άρδευσης
0.0793	0.2064	0.146148	89.937

Ενεργειακό Ισοζύγιο	ΜΟ Μήνα	ΜΟ Έτους
Συνολική παραγωγή ενέργειας (GWh)	271.457	3257.484
Συν. Παραγωγή με αξιοπιστία 99% (GWh)	171.31	2055.72
Κατανάλωση αντλιών (GWh)	46.186	554.232
Κατανάλωση γεωτρήσεων (GWh)	44.784	537.408
Απώλιση από γεωτρήσεις (hm <sup>3</sup> )	18.02	216.24

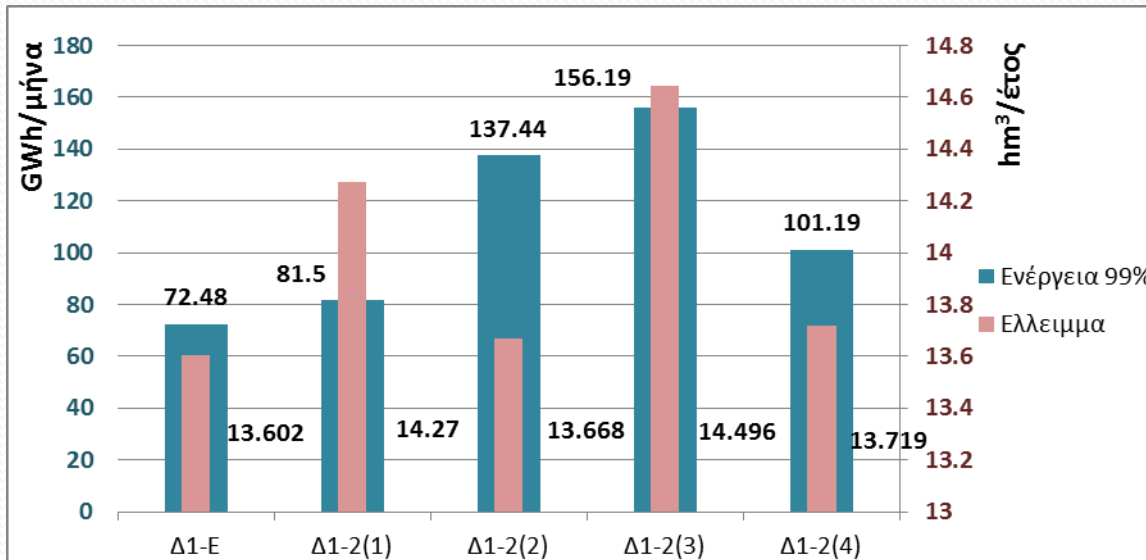
# Διάταξη Δ1 – Σενάρια Δ1-2 και Δ1-E

❖ Δ1-2 :Σενάριο βελτιστοποίησης ως προς την μέση ετήσια αστοχία των αρδευτικών στόχων:



- Η ύπαρξη πολλών τοπικών ακροτάτων οδηγεί σε δοκιμές υποσεναρίων βελτιστοποίησης Δ1-2(2), Δ1-2(3), Δ1-2(4) διαφορετικού εύρους στον χώρο των μεταβλητών ελέγχου.
- Λύσεις με ίδια επίδοση ως προς την αστοχία, διαφορετική επίδοση σε άλλα μεγέθη.

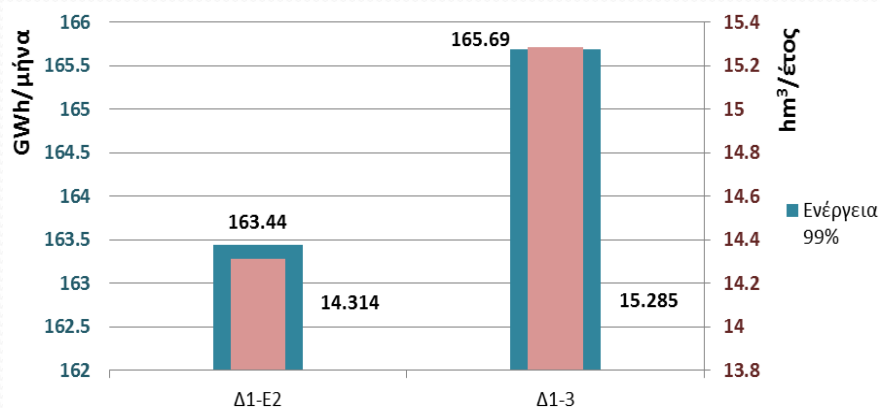
Εισαγωγή κριτηρίου ελλείμματος και Δ1-E σεναρίου



Αξιολόγηση ως προς συνδυασμό κριτηρίων ενέργεια-έλλειμμα

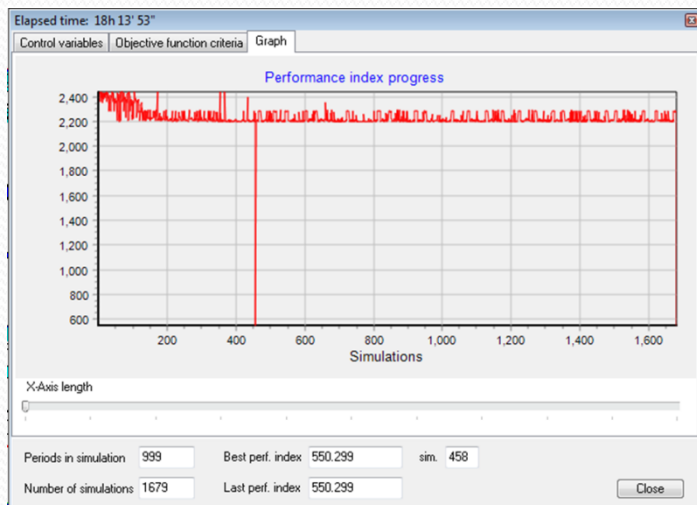
## Διάταξη Δ1 – Σενάρια Δ1-3, Δ1-E2, Δ1-4

- ❖ Δ1-3, Δ1-E2: Σενάρια βελτιστοποίησης με ίδια βαρύτητα στα κριτήρια ενέργειας και αστοχίας/ελλείμματος αντίστοιχα



Δ1-E2 μικρότερη αστοχία, άρα Ενδιάμεσα σημεία των μετώπων Pareto

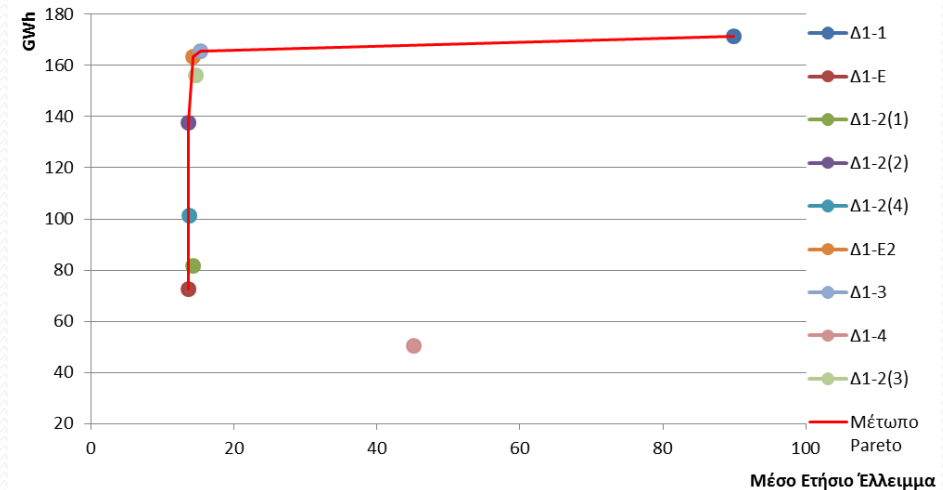
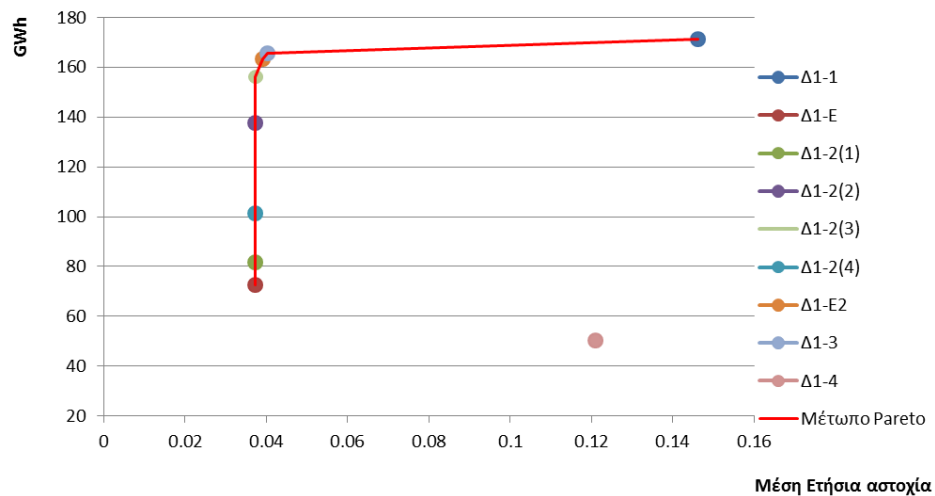
- ❖ Δ1-4: Σενάριο με μεγαλύτερη βαρύτητα στην παραγωγή ενέργειας από ότι στην αστοχία



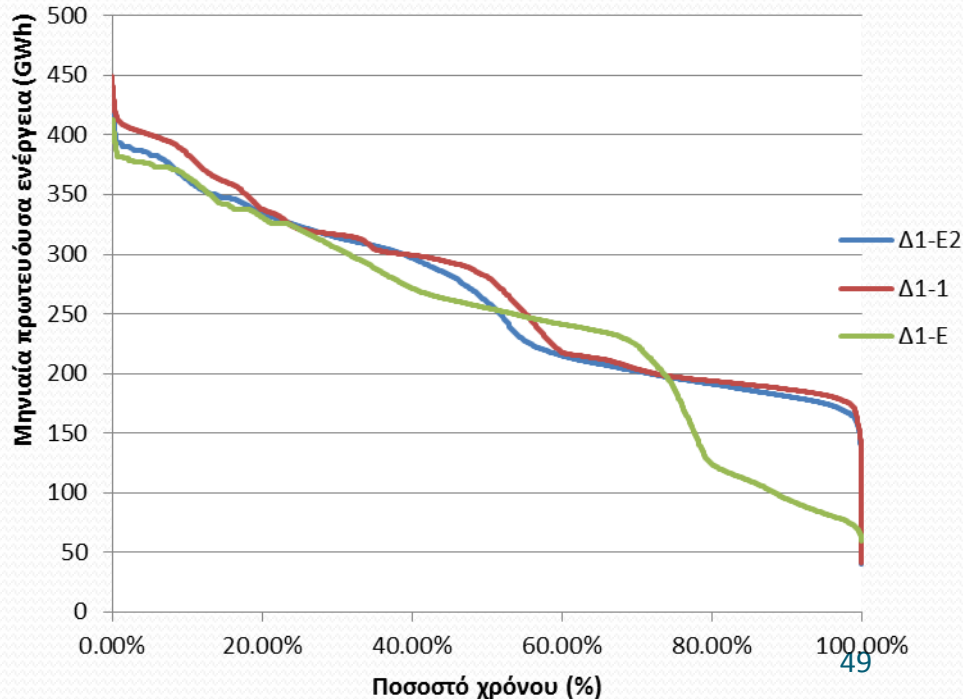
- Μοναδικό ολικό ακρότατο, ταλάντωση γύρω από άλλα τοπικά με ίδια απόδοση
- Μη εύρωστη λύση (πιθανόν)
- Κακός συνδυασμός αποτελεσμάτων ως προς όλα τα κριτήρια



# Διάταξη Δ1 – Μέτωπα Pareto

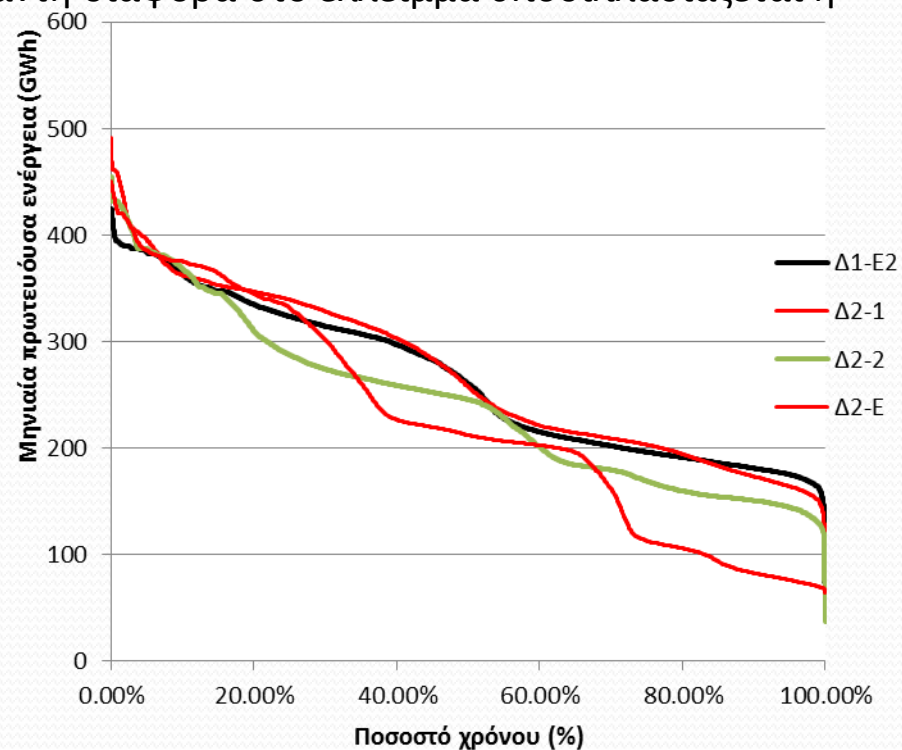
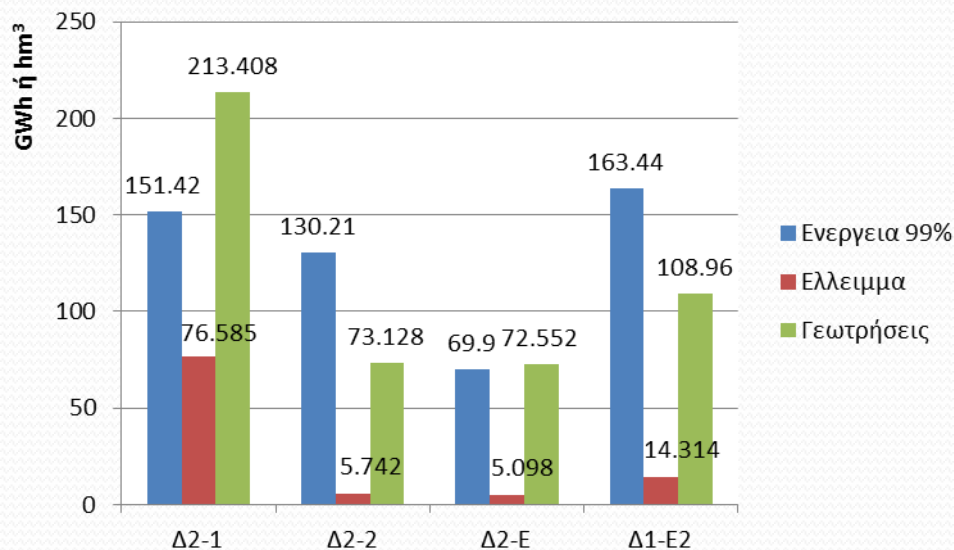


- Καλές λύσεις όσες ανήκουν και στα δύο Pareto (επιφάνεια στην πραγματικότητα)
- Καλύτερη συμβιβαστική λύση στο σημείο αλλαγής κλίσης. Για την απόφαση μεταξύ Δ1-E2 και Δ1-3 εισάγεται πρόσθετη πληροφορία η απόληψη από γεωτρήσεις.
- Καλύτερη λύση προκρίνεται η Δ1-E2 (109 hm<sup>3</sup> έναντι 112 hm<sup>3</sup> του Δ1-3)



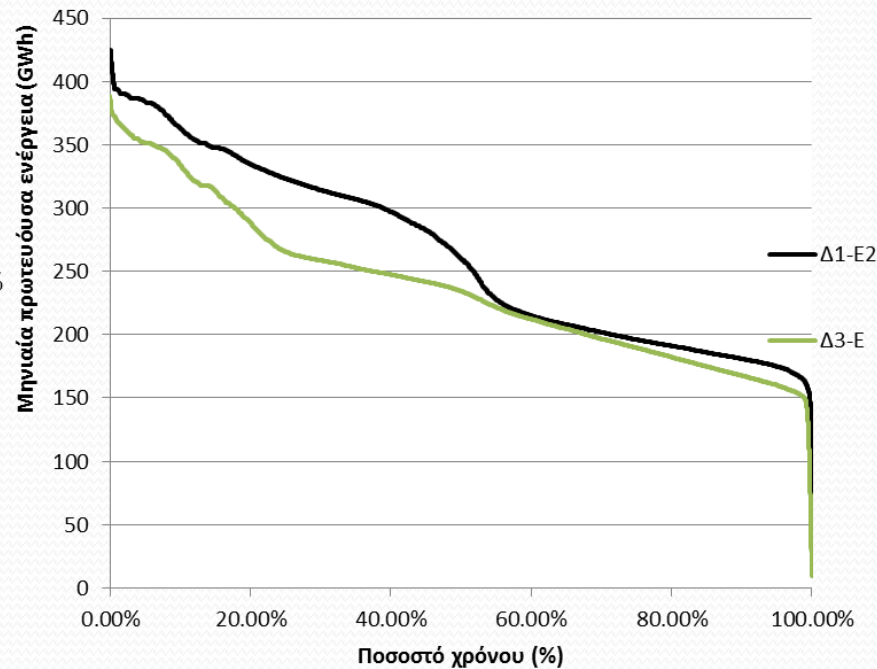
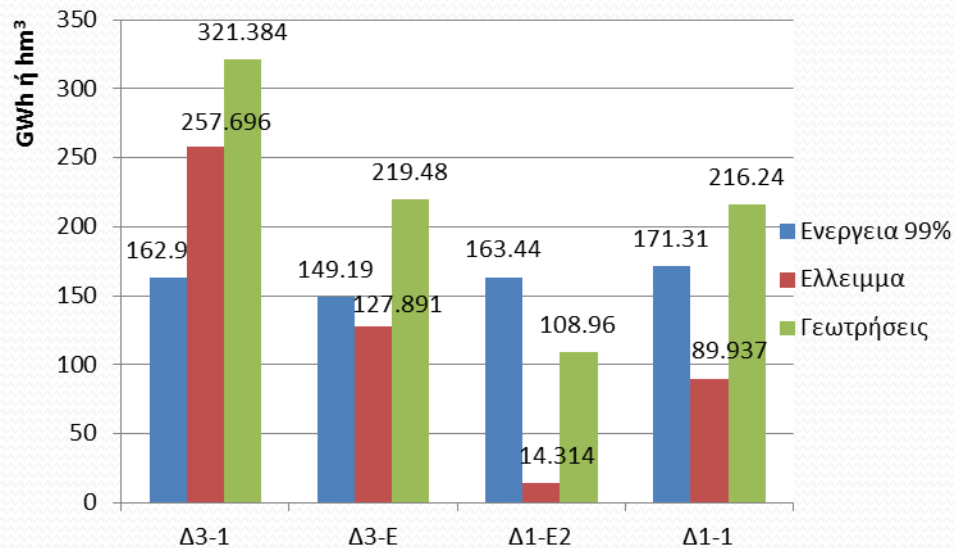
## Διάταξη Δ2 – Εκτροπή 600 hm<sup>3</sup>

- Διερεύνηση άνω και κάτω ορίων ως προς τα τρία κριτήρια, σύγκριση με τη Δ1 (250 hm<sup>3</sup>)
  - ❖ Δ2-1: Διερεύνηση ως προς την παραγωγή ενέργειας: Δεν επιτυγχάνεται ο στόχος εκτροπής 600hm<sup>3</sup> ετησίως (501.18 hm<sup>3</sup>). Χειρότερα αποτελέσματα ως προς το Δ1-E2.
  - ❖ Δ2-2: Διερεύνηση με βάση την αστοχία: Αστοχία μόλις 1.88% -επιτυγχάνεται αμελητέο έλλειμμα, μικρές απολήψεις από υδροφόρο ορίζοντα
  - ❖ Δ2-E:Διερεύνηση με βάση το έλλειμμα: Για ασήμαντη διαφορά στο έλλειμμα υποδιπλασιάζεται η πρωτεύουσα ενέργεια



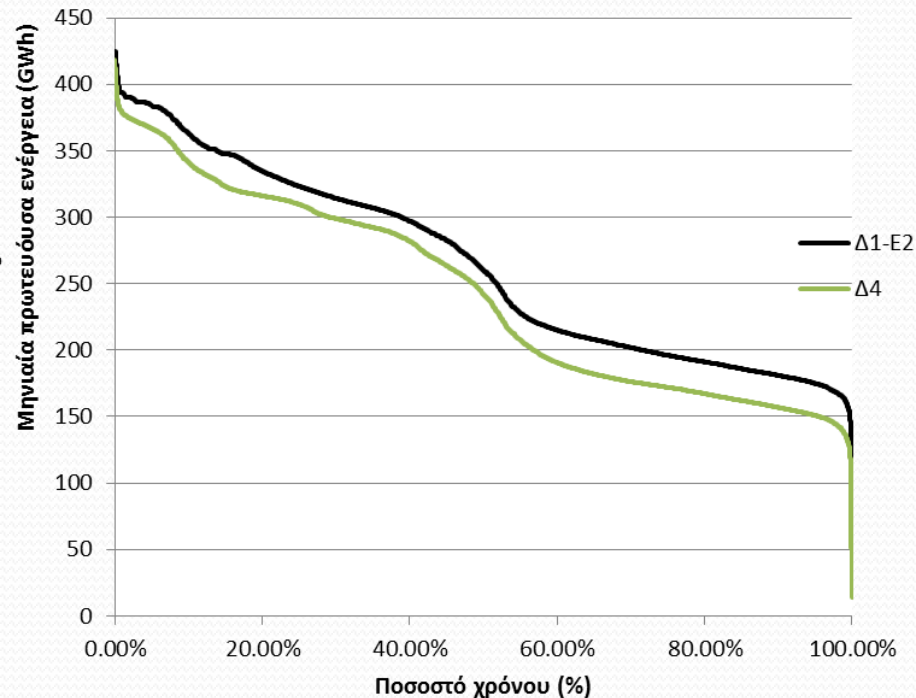
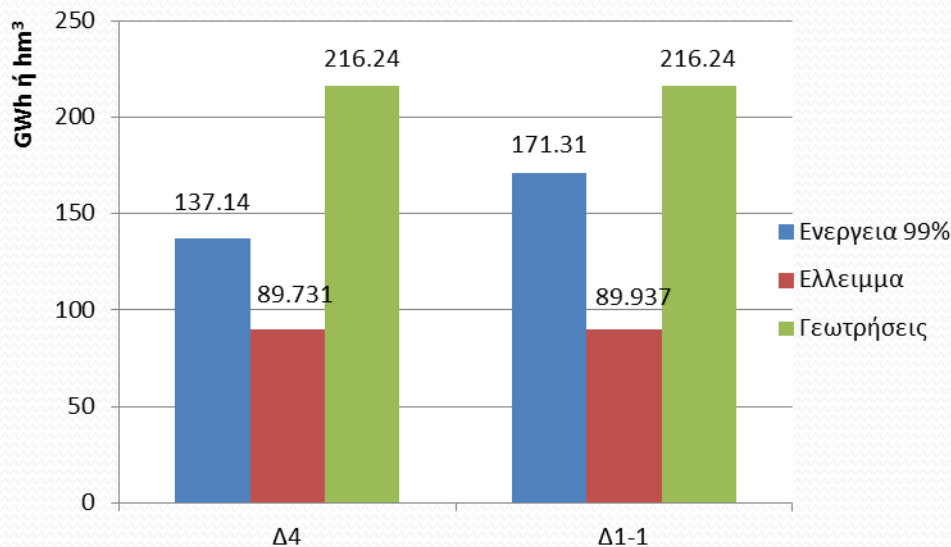
## Διάταξη Δ3 – Χωρίς εκτροπή

- Διερεύνηση ως προς τα κριτήρια ενέργειας (Δ3-1) και ελλείμματος (Δ3-E), σύγκριση με τη Δ1 (250 hm<sup>3</sup>)
  - ❖ Δ3-1: Τα έργα Πύλη-Μουζάκι λειτουργούν ενεργειακά-Διερεύνηση με βάση την ενέργεια. Πρακτικά ίδια παραγωγή ενέργειας με το Δ1-E2. Σημαντική υπεροχή της διάταξης εκτροπής.
  - ❖ Δ3-E: Τα έργα Πύλη-Μουζάκι δεν λειτουργούν ενεργειακά-Διερεύνηση με βάση το έλλειμμα. Ουσιαστικά η πιθανή κατάσταση χωρίς την εκτροπή του Αχελώου προς Θεσσαλία.



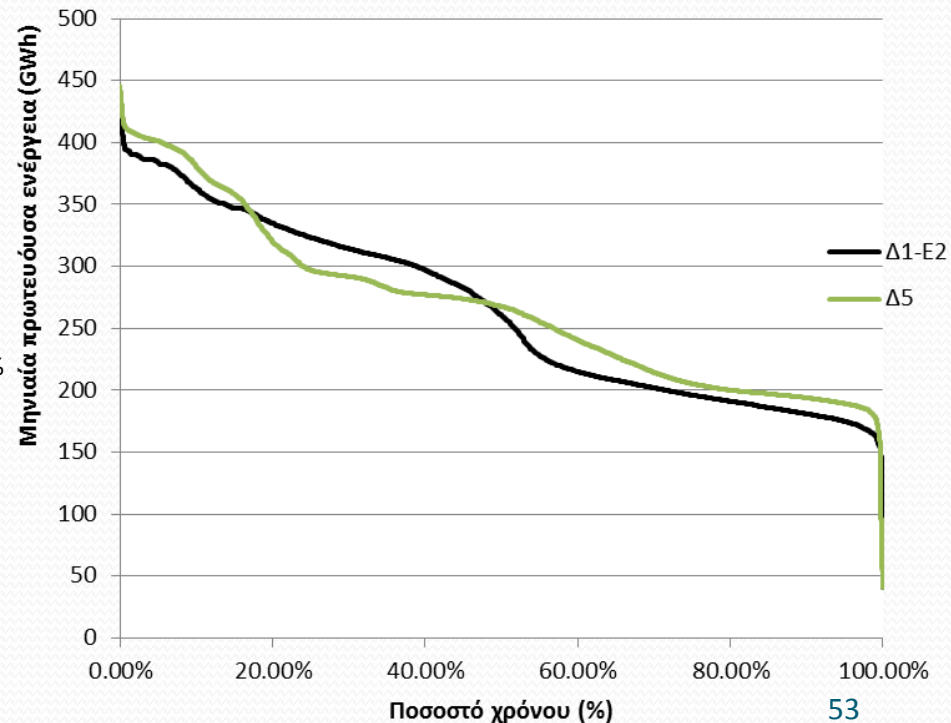
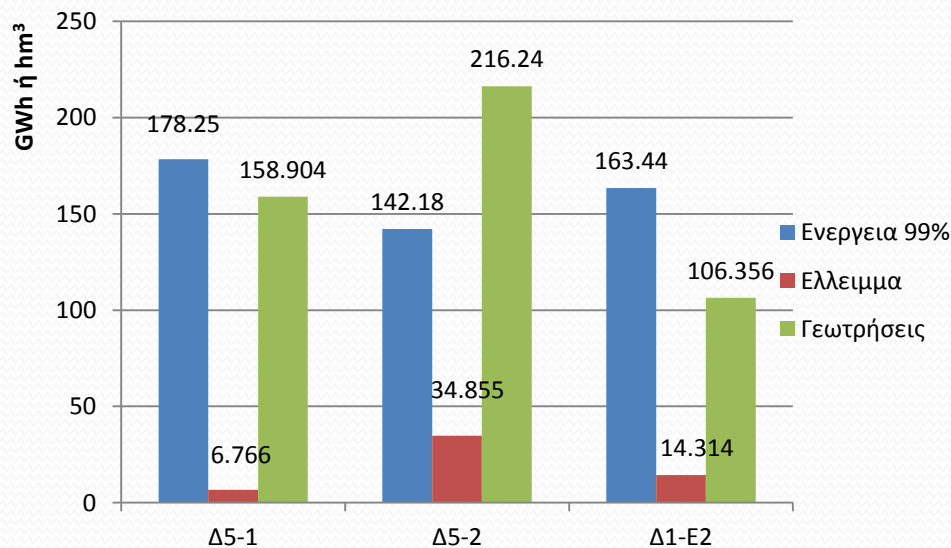
## Διάταξη Δ4 – Εκτροπή χωρίς αντλησιοταμίευση

- Διερεύνηση ως προς το κριτήριο ενέργειας μόνο. Σύγκριση με το Δ1-1. Διερευνάται η σκοπιμότητα της αντλητικής διάταξης του ΥΗΣ Πευκοφύτου.
- Η αντιστρεπτή λειτουργία προσφέρει κατά μέσο όρο 34.17 GWh επιπλέον μηνιαία πρωτεύουσα ενέργεια. Σύγκριση με μέση μηνιαία παραγωγή Μεσοχώρας: 26.9 GWh.
- Σε σύγκριση με τη καλύτερη συμβιβαστική λύση Δ1-E2, παράγονται επιπλέον 26.3 GWh.



# Διάταξη Δ5 – Σενάρια μειωμένης κατανάλωσης

- Διερευνάται αν με επίτευξη μειωμένης κατανάλωσης ( $550 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$ ) μπορεί να λειτουργήσουν με ενεργειακό πρόσημο τα έργα.
  - ❖ Δ5-1: Σενάριο με εκτροπή, με εξορθολογισμό χρήσεων και στις δύο λεκάνες. Έλλειμμα ελάχιστο με έργα Πύλης-Μουζακίου να λειτουργούν ενεργειακά, αύξηση παραγόμενης πρωτεύουσας ενέργειας κατά 14.81 GWh σε σχέση με καλύτερη συμβιβαστική λύση.
  - ❖ Δ5-2: Σενάριο χωρίς εκτροπή, με μειωμένη κατανάλωση μόνο στη Θεσσαλία. Μειώνεται σημαντικά το έλλειμμα.



## Συμπεράσματα

- Δεν έχει σημασία μόνο η ποσότητα της εκτροπής, καθώς το σύστημα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο και ως προς την εφαρμοζόμενη διαχειριστική πολιτική, λόγω της εγγενούς πολυπλοκότητάς του.
- Χαρακτηριστικά παραδείγματα:
  - Ισχυρή ευαισθησία πολιτικών διαχείρισης έναντι κριτηρίων ενέργειας και ελλείμματος
  - Εκτροπή 600 hm<sup>3</sup> με αποκλειστικό κριτήριο την ενεργειακή απόδοση μη αποδεκτή
- Η εκτροπή έχει σημαντική θετική επιρροή στην παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας, εφόσον συνδυάζεται με αντλησιοταμίευση, το οποίο παρέχει, επιπλέον, πρόσφορο έδαφος για την εκμετάλλευση της πλεονάζουσας ενέργειας από ΑΠΕ.
- Ακόμα και αν δεν υλοποιηθεί η εκτροπή, η κατασκευή των έργων Πύλης και Μουζακίου κρίνεται αναγκαία καθώς συμβάλλει σε σημαντική μείωση του ελλείμματος στη Θεσσαλία.
- Στη διάταξη χωρίς εκτροπή οι απολήψεις από τις γεωτρήσεις παραμένουν πολύ υψηλές, ακόμα και με την υπόθεση μείωσης της αρδευτικής ζήτησης, ενώ, αντίθετα, ακόμη και η μικρή εκτροπή των 250 hm<sup>3</sup> ανακουφίζει τους υδροφορείς.
- Η εκτροπή δεν λύνει πλήρως το πρόβλημα των ελλειμμάτων στη Θεσσαλία, καθώς παραμένουν σημαντικές εκτάσεις (800 000 στρέμματα) που αρδεύονται μόνο από γεωτρήσεις.
- Οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί ικανοποιούνται επαρκώς (μέσο ετήσιο έλλειμμα <1%).
- Από τις αναλύσεις θεωρούμε πλέον πρόσφορο το σενάριο Δ1-E2 (πλήρες σχήμα έργων, με εκτροπή 250 hm<sup>3</sup>), που εξασφαλίζει ετήσια πρωτεύουσα ενέργεια 1960 GWh, με πολύ μικρή πιθανότητα αρδευτικών αστοχιών (4% σε ετήσια βάση).



Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας