



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

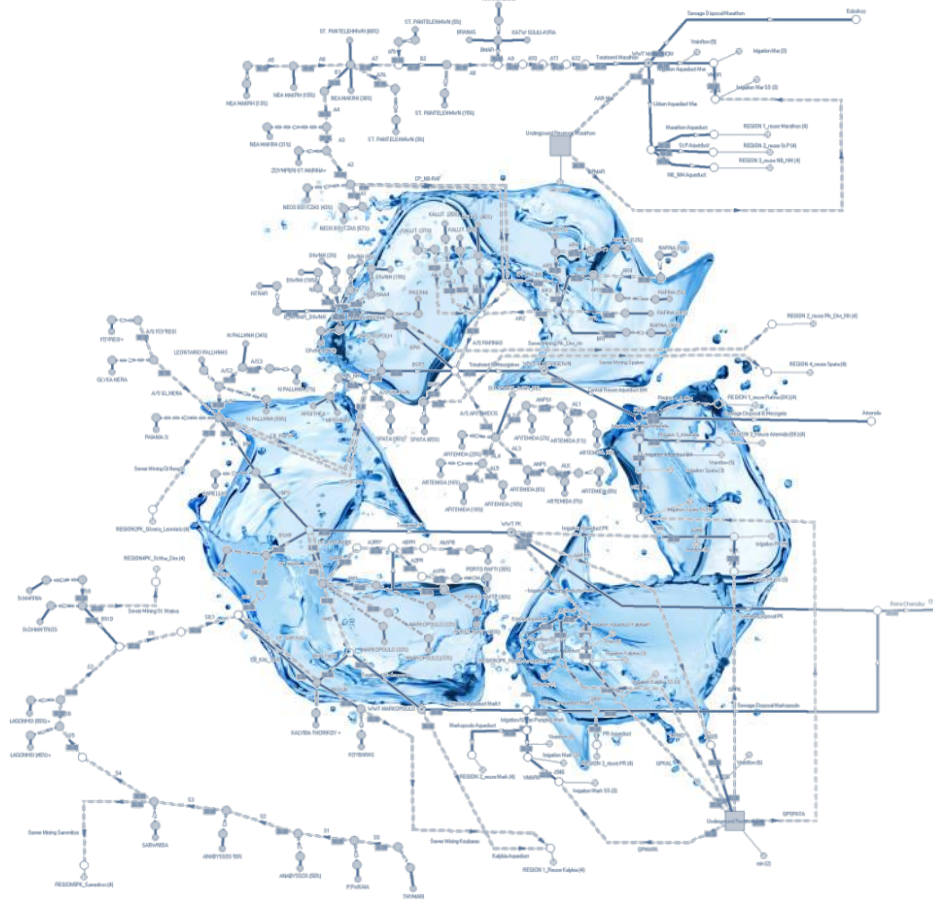
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

ΑΝ. ΑΤΤΙΚΗΣ

ΥΠΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ – ΣΕΝΑΡΙΩΝ & ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέποντες Καθηγητές:

κ. Μακρόπουλος Χρήστος

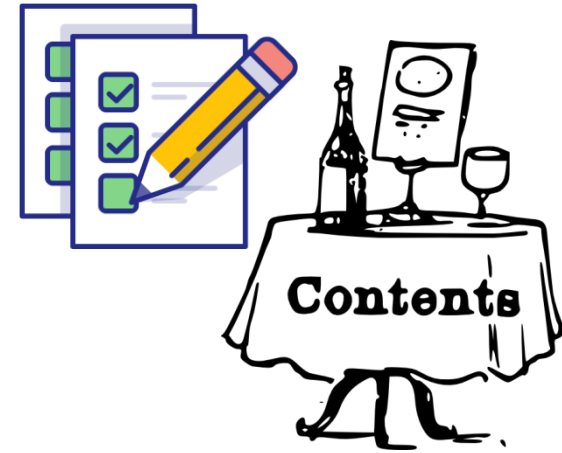
κ. Ευστρατιάδης Ανδρέας

Φοιτητής:

Κούντρας Κωνσταντίνος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

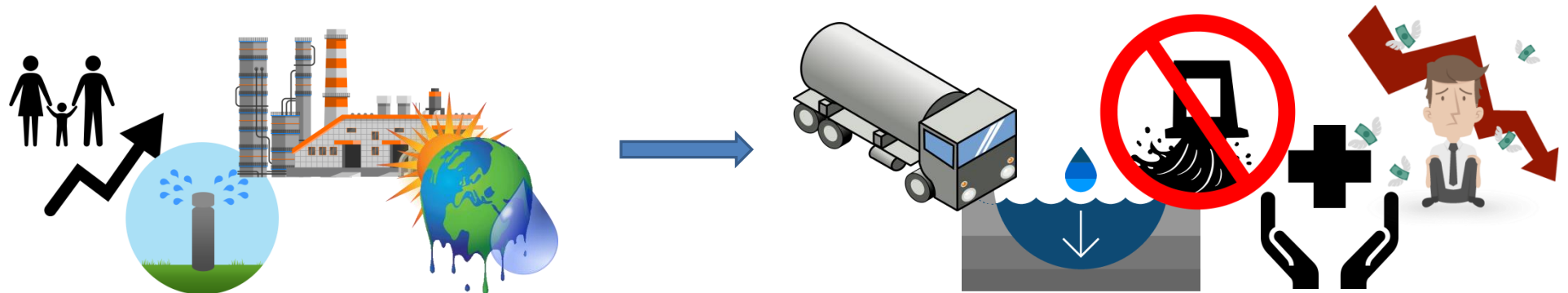
- ✓ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ - ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
- ✓ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
- ✓ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
- ✓ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ
- ✓ ΣΕΝΑΡΙΑ - ΠΙΕΣΕΙΣ
- ✓ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
- ✓ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ - ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το Πρόβλημα:

- ✓ Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί αύξηση του πληθυσμού της Ανατολικής Αττικής και μετακίνηση μόνιμου πληθυσμού προς την περιοχή, σε αναζήτηση καλύτερης ποιότητας ζωής. Στην μετακίνηση πληθυσμού έχει συμβάλει και η αύξηση δραστηριοτήτων λόγω της λειτουργίας του Αεροδρομίου «Ελ. Βενιζέλος».
- ✓ Τα έργα υποδομής δεν ανταποκρίνονται σε αυτή την αύξηση. Πολλές περιοχές της Αν. Αττικής και ιδίως αυτή των Β. Μεσογείων δεν διαθέτουν δίκτυο αποχέτευσης ακαθάρτων και το σύνολο των οικισμών αποχετεύεται σήμερα με βόθρους ως επί το πλείστον απορροφητικούς ή στεγανούς αμφιβόλου στεγανότητας.
- ✓ Αυτή η κατάσταση έχει υποβάλει αυτήν την περιοχή σε ένα πλαίσιο αυξανόμενης κοινωνικής και οικονομικής σύγκρουσης που απαιτεί μετασχηματιστικές λύσεις προσαρμογής για την αύξηση της ανθεκτικότητας (resilience) της κοινότητας. Τέτοιου είδους προβλήματα όμως συνεπάγονται και ανάλογες ευκαιρίες.

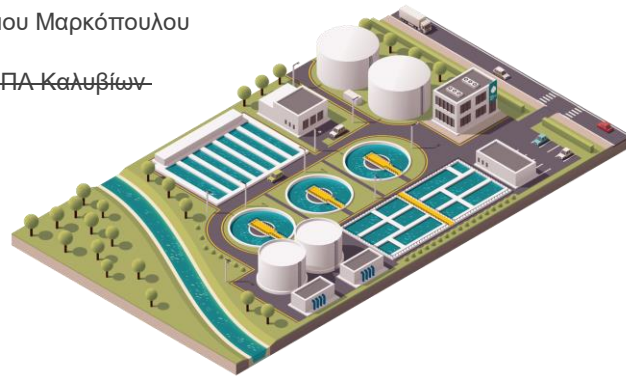


ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ - ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Ευκαιρία:

- ✓ Με την υπ' αριθ. 18989/29-7-2016 Απόφαση ΔΣ της Ε.ΥΔ.Α.Π. Α.Ε., εγκρίθηκε ο ανασχεδιασμός των έργων αποχέτευσης στην Ανατολική Αττική, που περιλαμβάνει τις περιοχές που θα εξυπηρετούνται από τα εξής Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων:

- Κ.Ε.Λ. Δήμου Μαραθώνα
- Κ.Ε.Λ. Δήμων Ραφήνας - Πικερμίου και Σπάτων – Αρτέμιδος
- Κ.Ε.Λ. Παιανίας – Κορωπίου
- Κ.Ε.Λ. Δήμου Μαρκόπουλου
- Κ.Ε.Λ. ΒΙΟΠΑ Καλυβίων



- ✓ Η Ε.ΥΔ.Α.Π. Α.Ε. στο πλαίσιο της υλοποίησης των Κ.Ε.Λ. Ανατολικής Αττικής έχει εντάξει στον σχεδιασμό της και την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων εκροών των ΚΕΛ Ανατολικής Αττικής.
- ✓ Τα προγραμματιζόμενα έργα αποχέτευσης, επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων της Αν. Αττικής αποτελούν έργα αναβάθμισης της εξυπηρετούμενης περιοχής και προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος



ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ - ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

- ✓ Η παρούσα εργασία αφορά στην διερεύνηση των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης του επεξεργασμένου ύδατος των προτεινόμενων Κέντρων Επεξεργασίας Λυμάτων στους δεδομένους υπό εξυπηρέτηση Δήμους (για απεριόριστη άρδευση, τροφοδότηση ή εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα και αστική - περιαστική χρήση των εκρών).
- ✓ Ειδικότερα επιδιώκεται ο καθορισμός ενός γενικού σχεδίου επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στην Ανατολική Αττική και η μετάφραση του, με τη χρήση του λογισμικού ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ, σε ένα ολοκληρωμένο εννοιολογικό μοντέλο προσομοίωσης.
- ✓ Η έρευνα θα περιλαμβάνει δύο αλληλένδετες δραστηριότητες:
 - (i) την ανάπτυξη ενός «βασικού σχεδίου» για το επαναχρησιμοποιούμενο νερό στην περιοχή (ως βάση για την ανάπτυξη σεναρίου ζητήσεων)
 - (ii) την ανάπτυξη του αντίστοιχου συζευγμένου μοντέλου προσομοίωσης νερού-ενέργειας για το σύστημα αποχέτευσης, για τη διασφάλιση της βέλτιστης ικανοποίησης των απαιτήσεων σε συνθήκες αβεβαιότητας.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ



- ✓ Βασικός άξονας της εργασίας είναι το ήδη υπάρχον masterplan - «Γενικό Σχέδιο Επαναχρησιμοποίησης των Επεξεργασμένων Εκροών των Κέντρων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ) Ανατολικής Αττικής» (ΕΥΔΑΠ Α.Ε.)
- ✓ Τα σχετικά δεδομένα λήφθηκαν:
 - i. τεχνικές μελέτες και προμελέτες (ολοκληρωμένες και τρέχουσες)
 - ii. σχέδια
 - iii. αναθέσεις εργολαβίας.
 - iv. πρόσθετα ανοιχτά σύνολα δεδομένων (υδρολογία, υδρογεωλογία, μετρήσεις πεδίου, προβλέψεις, αντλήσεις, αγροτικές ανάγκες σε νερό, βιομηχανικές ανάγκες σε νερό κ.λπ.),
 - v. συνθετικά στοχαστικά δεδομένα
- ✓ Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί πως το εν λόγω μοντέλο που αναπτύσσεται δεν έχει σχεδιαστεί εξολοκλήρου βάσει των μελετών και παραδοχών της ΕΥΔΑΠ και έγιναν απλοποιητικές παραδοχές, όπου αυτό κατέστη απαραίτητο.

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Επαναχρησιμοποίηση και χρονικός ορίζοντας:

- ❖ Γίνεται παραδοχή πλήρως ανεπτυγμένων μονάδων ΚΕΛ (τριτοβάθμια επεξεργασία), κρίσιμο παράγοντα αποτελεί η ποσότητα νερού και δεν γίνεται λόγος για ποιοτικούς όρους.
- ❖ Εξετάστηκαν οι εξής λύσεις επαναχρησιμοποίησης:
 - i. Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση.
 - ii. Επαναχρησιμοποίηση για αστική και περιαστική χρήση.
 - iii. Αξιοποίηση των εκροών για εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα.
 - iv. Αξιοποίηση για βιομηχανική χρήση.
 - v. Διάθεση σε υδατορέματα.
 - vi. Διάθεση στη θάλασσα με υποθαλάσσιο αγωγό.
- ❖ Το μοντέλο θα είναι μακροπρόθεσμο με μηνιαίο βήμα.

Forecast Type	Forecast Horizon	Applications
Long Term	Decades	Sizing system capacity, raw water supply
Medium Term	Years to a decade	Sizing, staging treatment and distribution system improvements
Short Term	Years	Setting water rates, revenue forecasting, program tracking and evaluation
Very Short Term	Hours, days, weeks	Optimizing, managing system operations, pumping

Τύποι προβολής χρήσης νερού (Billings and Jones 2008)

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός και παροχή λυμάτων:

- ❖ Δεν υπάρχουν επαρκή και αξιόπιστα στοιχεία από μετρήσεις σε υφιστάμενους αγωγούς ακαθάρτων, οι εκτιμήσεις των παροχών ακαθάρτων βασίζονται πάνω στις αντίστοιχες παροχές ύδρευσης, αφού αφαιρεθούν οι ποσότητες που δεν καταλήγουν στους υπονόμους.
- ❖ Είναι προφανές πως βάσει ενός μοντέλου προσομοίωσης μηνιαίου βήματος πρέπει να προβλεφτούν τόσο υπερετήσεις μεταβολές λόγω εξέλιξης του πληθυσμού, όσο και διακυμάνσεις εποχικές εντός του έτους.
- ❖ Για κάθε δήμο/περιοχή έγινε ξεχωριστή ανάλυση. Χρησιμοποιήθηκαν 6 μέθοδοι προβλέψεις για τον προσδιορισμό του μελλοντικού πληθυσμού.
 - i. 3 – data extrapolation methods (ιστορικά δεδομένα, Regression models)
 - ii. 2 – share methods (Constant Share, Shift Share model)
 - iii. Παραδοχή σταθερού πληθυσμού (constant population)

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



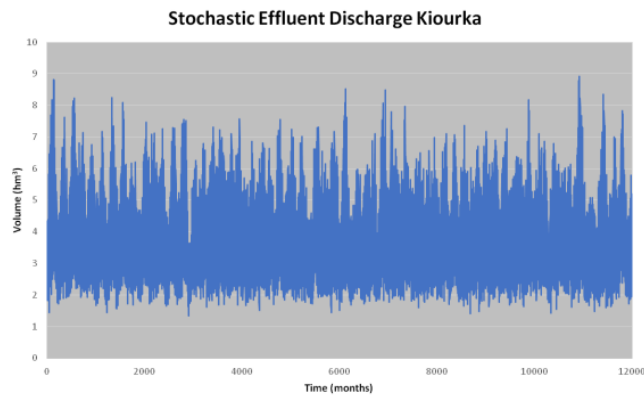
Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός και παροχή λυμάτων:

- ❖ Για την εκτίμηση των εποχικών διακυμάνσεων, κρίθηκε αναγκαία η αξιοποίηση χρονοσειράς κατανάλωσης νερού από τη Μονάδα Επεξεργασίας Νερού (ΜΕΝ) Κιούρκων.
- ❖ Από την δεδομένη χρονοσειρά παράχθηκε στοχαστική χιλίων (1000) ετών με μηνιαίο βήμα με χρήση του πακέτου γλώσσας προγραμματισμού R anySim. Η χρονοσειρά θεωρήθηκε αντιπροσωπευτική ως προς την συμπεριφορά του μέσου καταναλωτή στους οικισμούς της Αν. Αττικής. (προσδιορισμός συντελεστή μηνιαίας αιχμής λ_H)
- ❖ Η απορροή λυμάτων στο δίκτυο εκτιμάται σε 70% τους μήνες της θερινής περιόδου (Ιούνιο έως και Σεπτέμβριο) και τους υπόλοιπους μήνες στην αποχέτευση καταλήγει, αντίστοιχα, ποσοστό 80%
- ❖ Να επισημανθεί πως η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται συντηρητική μπροστά στις εκτιμήσεις της ΕΥΔΑΠ για τον μελλοντικά εξυπηρετούμενο πληθυσμό.
 - i. Projection: 2070 → 150% του σημερινού πληθυσμού
 - ii. ΕΥΔΑΠ: 2060 → 220% του σημερινού πληθυσμού

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

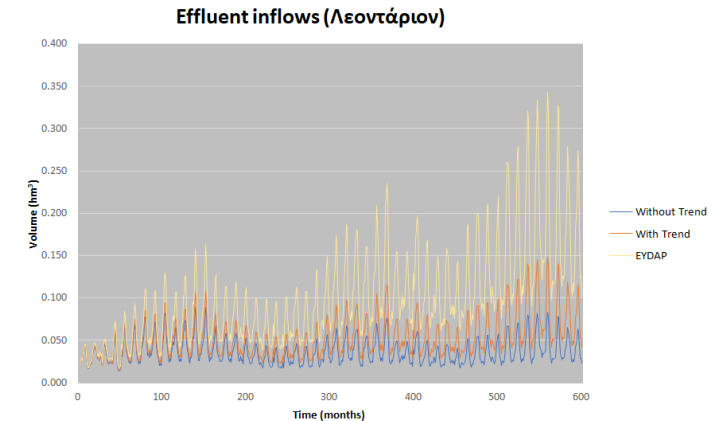
Παροχή Λυμάτων:

- ❖ Τέλος λαμβάνοντας το χαρακτηριστικό τουριστικό/παραθεριστικό στοιχείο που διέπει κάποιους από τους παραθαλάσσιους οικισμούς δόθηκε μία προσαύξηση λυμάτων τους θερινούς μήνες (seasonality factors)
- ❖ Επισημαίνεται η σημασία της εισόδου των λυμάτων στο μοντέλο ως καθοριστική για τα μετέπειτα αποτελέσματα.
- ❖ Είναι προφανές και πρέπει να τονιστεί ότι οι ποσότητες αυτές δεν είναι εξασφαλισμένες και εξαρτώνται από την ολοκλήρωση του έργου, την αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού και τις συνδέσεις στο δίκτυο αποχέτευσης.



	Kiorka Discharge (hm ³)
Average	3.58
STDEV	1.27

Στατιστικά χαρακτηριστικά συνθετικής χρονοσειράς παροχής λυμάτων MEN Κιούρκων



Παράδειγμα υπερετήσιας μεταβολής παροχής λυμάτων για τον οικισμό Λεοντάριον

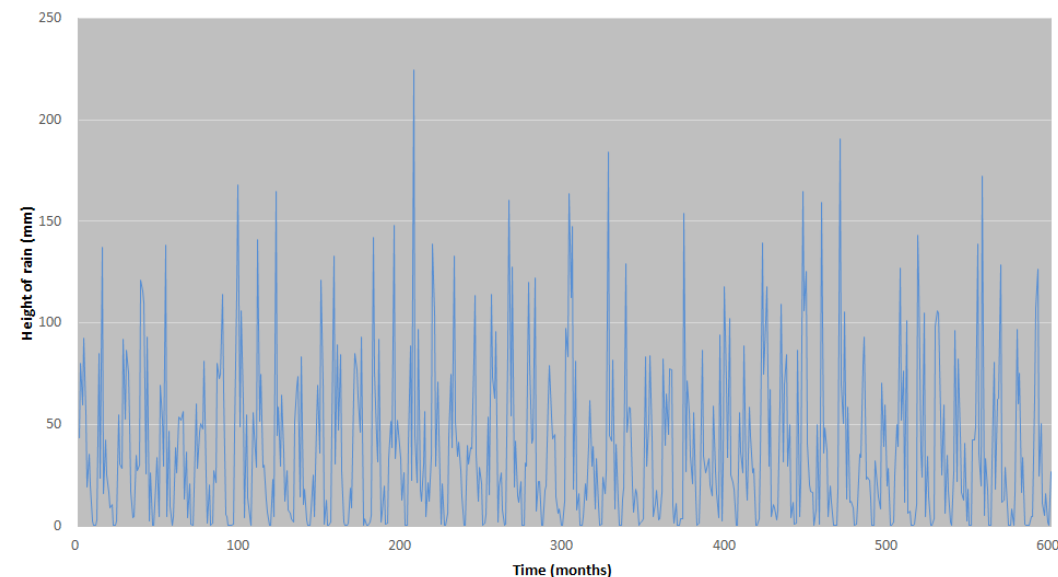
ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Βροχόπτωση:

- Δεδομένα από δεκατρείς (13) βροχομετρικούς σταθμούς στην Αν. Αττική (από 10/2007 έως 08/2021).
- Τυχούσες ελλείψεις βροχομετρικών δεδομένων συμπληρώθηκαν με απλούς μέσους όρους.
- Δημιουργία στοχαστικής χρονοσειράς βροχόπτωσης χιλίων (1000) ετών. Κυλιόμενα ανά 50-ετία λήφθηκε η πιο ξηρή, προς προσδιορισμό των στοχαστικών αρδευτικών αναγκών.
- Η χρονοσειρά βροχόπτωσης θεωρήθηκε κοινή σε όλη την επικράτεια της Αν. Αττικής.

Synthetic Rain East Attica



Ξηρότητα 50-ετία βάσει στατιστικής ανάλυσης

	Average Monthly Rain (mm)	STDEV (mm)	Max Rain (mm)
Dry (50 years)	37.9	39.9	224.4
Stochastic (1000 years)	39.5	42.2	353.8

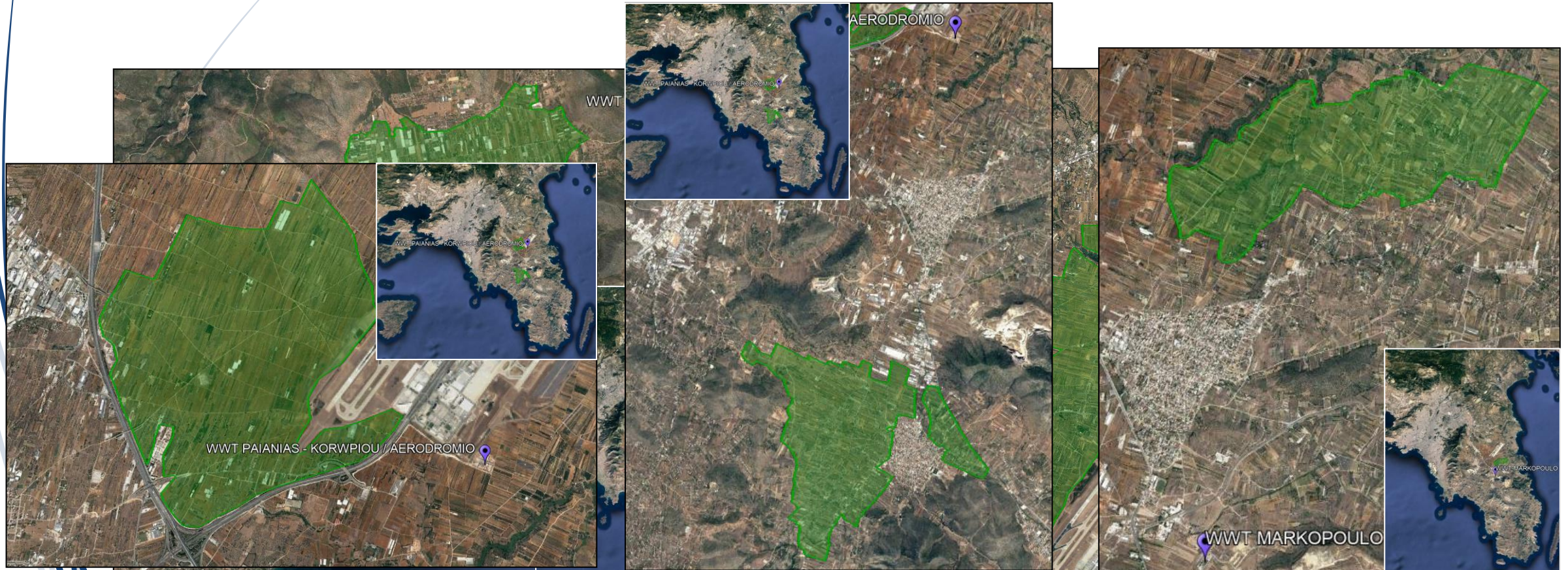
Μετεωρολογικοί σταθμοί Αν. Αττικής

Σύγκριση στατιστικών χαρακτηριστικών τελικής χρονοσειράς βροχόπτωσης με αυτά της αρχικής στοχαστικής

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Άρδευση:



Προτεινόμενη περίμετρος έργων άρδευσης παραρτημάτων Κορυφιάς - Μαραθώνα (1η γραμμή)

Προτεινόμενη περίμετρος έργων άρδευσης παραρτημάτων Καλυβίων - Κουβαρά (2η γραμμή)

Προτεινόμενη περίμετρος έργων άρδευσης παραρτημάτων Β. Μεσογείων - Σπάτων - Λαύρας - Μαρκόπουλου



Άρδευση:

- ❖ Βρέθηκε η αποτελεσματική βροχόπτωση και τελικά με δεδομένο τις αρδευθείσες, προταθείσες από την ΕΥΔΑΠ, εκτάσεις γης, ο απαιτούμενος όγκος νερού για άρδευση με την εμπειρική μέθοδο Blaney – Criddle:

$$P_{eff} = \frac{P_{tot}(125 - 0.2P_{tot})}{125}, P_{tot} < 250 \text{ mm} \quad P_{eff} = 125 + 0.1P_{tot}, P_{tot} > 250 \text{ mm} \quad ET = K \cdot F = \left[\frac{(1.8T + 32)P}{3.94} \right]$$

- ❖ Ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης η οποία εφαρμόζεται, ισχύουν διάφοροι βαθμοί απόδοσης των αρδεύσεων. Ο βαθμός απόδοσης για άρδευση με σταγόνες (η οποία προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί στην περιοχή) είναι 90%. Οι απώλειες νερού κατά τη μεταφορά του με κλειστούς αγωγούς εκτιμώνται σε 5%. Ο βαθμός απόδοσης της μεθόδου άρδευσης και οι απώλειες μεταφοράς λαμβάνονται υπόψη από κοινού διαιρώντας τις απαιτήσεις σε νερό με την αντίστοιχη απόδοση/απώλεια.

Month	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
max Rain (mm)	132.9	147.2	172.5	100.8	58.8	30.4	56.3	7.6	94.0	98.1	190.3	224.4
avg Rain (mm)	65.9	58.3	55.7	28.6	18.2	14.5	2.5	1.0	21.0	37.0	64.8	86.6
avg Eff. Rain (mm)	57.7	51.0	48.6	26.2	17.3	14.1	2.4	1.0	19.6	33.4	54.2	70.7

Μέγιστη και μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης Av. Αττικής

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Άρδευση:

- ❖ Από τα αρχικά Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) λήφθηκαν τα ποσοστά των ειδών καλλιέργειας ανά δημοτική ενότητα.
- ❖ Τα είδη χωρίστηκαν στις ανάλογες κατηγορίες καλλιεργειών βάσει του φυτικού συντελεστή υδατοκατανάλωσης K .
- ❖ Εφαρμόστηκαν τα ανώτατα και κατώτατα όρια άρδευσης βάσει της ανάλογης νομοθεσίας ανηγμένα στις εμφανιζόμενες καλλιέργειες.

ΑΡΔΕΥΣΙΜΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	Είδος Καλλιέργειας		
	K(i)	K(iii)	K(iv)
ΜΑΡΑΘΩΝΑ	2%	0%	98%
ΣΠΑΤΩΝ-ΛΟΥΤΣΑΣ	0%	97%	3%
ΠΑΙΑΝΙΑΣ - ΚΟΡΩΠΙΟΥ (1η)	11%	50%	39%
ΚΑΛΥΒΙΑ - ΚΟΥΒΑΡΑΣ (2η)	35%	27%	38%
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ	65%	23%	12%

Κατάταξη καλλιεργειών σε είδη Φυτικού συντελεστή υδατοκατανάλωσης ανά περιοχή

Μήνες	Καλλιέργειες Κατηγορίας I Φυτικός συντελεστής $K = 0,55$	Καλλιέργειες Κατηγορίας III Φυτικός συντελεστής $K = 0,65$	Καλλιέργειες Κατηγορίας IV Φυτικός συντελεστής $K = 0,70$
Απρίλιος	63 - 74	75 - 88	80 - 94
Μάιος	85 - 102	101 - 120	108 - 129
Ιούνιος	96 - 115	114 - 136	122 - 147
Ιούλιος	104 - 124	123 - 146	133 - 157
Αύγουστος	99 - 118	117 - 140	126 - 150
Σεπτέμβριος	77 - 93	91 - 110	98 - 119

Ανώτατα και κατώτατα όρια αναγκαίων ποσοτήτων νερού άρδευσης ανά μήνα για το Υδατικό διαμέρισμα Αττικής (σε $m^3/στρ$) (ΦΕΚ Β' 428/1989).

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

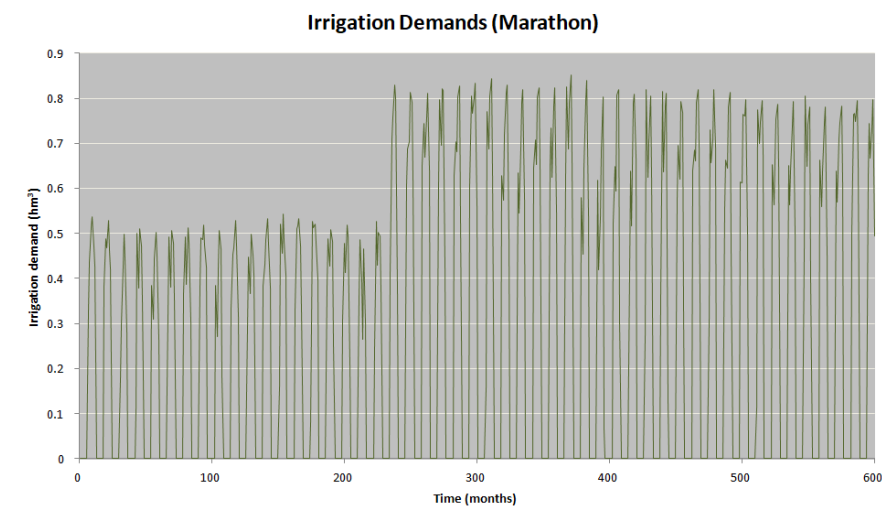


Άρδευση:

- ❖ Ακολουθείται επίσης η ίδια, με την προτεινόμενη, στρατηγική ανάπτυξης του αρδευτικού δικτύου σε δύο φάσεις (Α και Β). Στο πέρας της Α φάσης (20 έτη) προβλέπεται επέκταση των αρδευτικών δικτύων (Β φάση έργων), λόγω της αυξημένης παροχетеυτικότητας λυμάτων με την ανάπτυξη του πληθυσμού.

Αрд. Ανάγκες (m ³ /στρ)	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
ΜΑΡΑΘΩΝΑ	0.0	0.0	0.0	81.9	106.4	103.5	119.3	119.7	79.8	0.0	0.0	0.0
ΣΠΑΤΩΝ-ΛΟΥΤΣΑΣ	0.0	0.0	0.0	71.0	98.0	95.7	111.4	111.8	73.1	0.0	0.0	0.0
ΠΑΙΑΝΙΑΣ - ΚΟΡΩΠΙΟΥ (1η)	0.0	0.0	0.0	71.9	99.3	96.9	112.6	113.0	74.1	0.0	0.0	0.0
ΚΑΛΥΒΙΑ - ΚΟΥΒΑΡΑΣ (2η)	0.0	0.0	0.0	68.1	94.8	92.7	108.3	108.8	70.5	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ	0.0	0.0	0.0	61.7	87.0	85.3	100.8	101.3	64.3	0.0	0.0	0.0

Μ.Ο. 50-ετίας αρδευτικών αναγκών ανά στρέμμα κατά την αρδευτική περίοδο



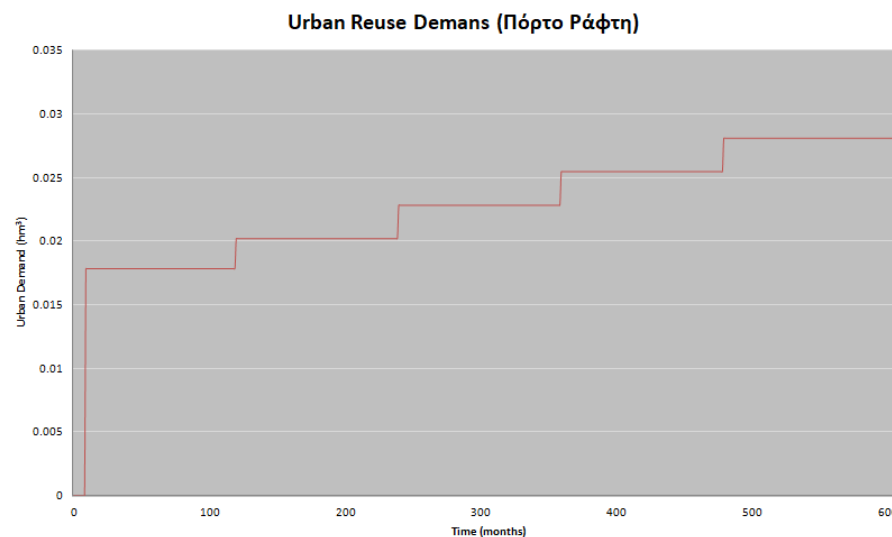
Παράδειγμα στρατηγικής άρδευσης Μαραθώνα σε δύο φάσεις (Α,Β)

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Αστική - Περιαστική Χρήση:

- ❖ Ακολουθείται μία διαφορετική προσέγγιση από αυτή της ΕΥΔΑΠ Α.Ε. - (Πρόταση δικτύου μόνο σε Αρτέμιδα και Ραφήνα, και υπολογισμός της βάσει στρεμμάτων).
- ❖ Προτείνεται και προβλέπεται Αστική - Περιαστική χρήση σε όλες τις περιοχές (άρδευση αστικού-περιαστικού πρασίνου, πλύσιμο δρόμων, πεζοδρομίων, πλατειών, πάρκα, αμαξοστάσια, πυρόσβεση) – αυτές εξυπηρετούνται είτε απευθείας μέσω εσωτερικού δικτύου είτε από τοπικές μονάδες sewer mining.
- ❖ Οι ανάγκες ομαδοποιήθηκαν προς απλοποίηση του τελικού γράφου – μοντέλου και εκτιμήθηκαν βάσει της εμπειρικής τιμής 50 L/(d κατ).
- ❖ Για να είναι πιο ρεαλιστική η παραδοχή της χρονοσειράς θεωρήθηκε βαθμιδωτή ,με υστέρηση 10-ετίας ως προς την πληθυσμιακή ανάπτυξη.



Χρονοσειρά υπερετήσιας αύξησης αναγκών για αστική – περιαστική χρήση στον οικισμό Πόρτο Ράφτη .

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Βιομηχανία:

- ❑ Η ΕΥΔΑΠ αναφέρει ρητά πως ευκαιρία επαναχρησιμοποίησης για βιομηχανική-βιοτεχνική χρήση εμφανίζεται μόνο στις ΒΙΟΠΑ – ΒΙΟΠΕ Παιανίας Κορωπίου (ακολουθείται η συγκεκριμένη στρατηγική).
- ❑ Από πρώτη αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ (2015-2021) έχουμε για το ΥΔ06 Αττικής το σύνολο των μεγάλων βιομηχανιών, την έδρα τους, καθώς επίσης και τη συνολική τους κατανάλωση σε καθαρό και υπόγειο νερό.
- ❑ Μη λαμβάνοντας υπόψη το είδος (παραδοχή ομοιόμορφης κατανομής στο χώρο) εκτιμάται πως περίπου 20% της βιομηχανικής – βιοτεχνικής δύναμης της Αττικής, άρα και της κατανάλωσης νερού βρίσκεται στην εν λόγω περιοχή.
- ❑ Η κατανάλωση για βιομηχανία εκτιμάται σε $0.31 \text{ hm}^3/\text{month}$ και γίνεται η παραδοχή πως είναι σταθερή στο χρόνο.

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Εμπλουτισμός Υπόγειου Υδροφορέα - Ταμιευτήρα:

- ✓ Η ΕΥΔΑΠ προτείνει Artificial Aquifer Recharge (AAR) μόνο στην περιοχή των Μεσόγειων (σε τρεις ζώνες). Στο συγκεκριμένο μοντέλο γίνεται παραδοχή συμμετόχης και της υπόγειας υδροφορίας στην περιοχή του Μαραθώνα.
- ✓ Το εκτιμώμενο μέγεθος σημαντικός παράγοντας ως προς την ευαισθησία του μοντέλου.
- ✓ Τα κύρια συστήματα που συναντώνται είναι:
 1. ΥΥΣ Β. Μεσόγειας
 2. ΥΥΣ Υμηττού
 3. ΥΥΣ Λαυρεωτικής
 4. ΥΥΣ Μαραθώνα (α)
 5. ΥΥΣ Μαραθώνα (β)

} Βιομηχανία, αρδεύσεις ΚΕΛ Β.Μεσογείων, Παιανίας – Κορωπίου και Μαρκόπουλου

} Αρδεύσεις ΚΕΛ Μαραθώνα
- ✓ Η Ειδική Γραμματεία Υδάτων χαρακτηρίζει όλα τα συστήματα πως βρίσκονται σε «καλή ποσοτική κατάσταση» πλην του ΥΥΣ Μαραθώνα (β).

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Εμπλουτισμός Υπόγειου Υδροφόρου - Ταμιευτήρα:

□ Εφαρμογή της μεθόδου διακύμανσης του υδροφόρου ορίζοντα (κατά Healy 2010) είναι ικανή για να προσδώσει μία καλή και ρεαλιστική προσέγγιση στο ζητούμενο.

- i. Απλή – μικρός υπολογιστικός φόρτος
- ii. Συνεργάσιμη με πρόγραμμα προσομοίωσης
- iii. Ευρέως χρησιμοποιούμενη

□ Τυπολόγιο:

$$R = S_y \cdot \frac{dh}{dt} = S_y \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

R = ρυθμός επαναφόρτισης (LT^{-1})

S_y = ειδική απόδοση, (M^3L^{-3})

Δh = Δh = άνοδος του υδροφόρου ορίζοντα, (L)

Δt = Δt = χρόνος εντός του οποίου λαμβάνει χώρα η άνοδος dh , (T)

$$S = S_y + S_s \cdot b$$

$$S_y \gg S_s \cdot b$$

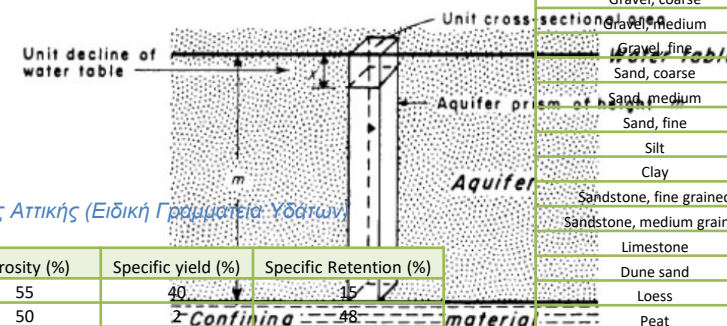
$$S \cong S_y$$

□ Υποθέσεις:

- a. Η άνοδος της στάθμης των υπόγειων υδάτων σε μη περιορισμένο υδροφόρο ορίζοντα γίνεται μόνο λόγω του νερού αναπλήρωσης που φτάνει στον υδροφόρο ορίζοντα
- b. Δεν γίνονται υποθέσεις για την υστέρηση και το μηχανισμό με τον οποίο το νερό φτάνει στα υπόγεια ύδατα
- c. Η Water Table Fluctuation (WTF) μέθοδος εκτελείται βασικά με την εκτίμηση της ειδικής απόδοσης S_y (specific yield) για μια περιοχή διακύμανσης της στάθμης των υπόγειων υδάτων (Healy 2010).



Υδρολιθολογικός χάρτης Αττικής (Ειδική Γραμμοτέια Υδάτων)



Material	Porosity (%)	Specific yield (%)	Specific Retention (%)
Soil	55	40	15
Clay	50	2	48
Sand	25	22	3
Gravel	20	19	1
Limestone	11	18	20
Sandstone (unconsolidated)	11	6	5
Granite	0.1	0.09	0.01
Basalt (young)	11	8	3

Τιμές ειδικής απόδοσης S_y (Heath, 1983)

Material	Specific yield (%)
Gravel, coarse	21
Gravel, medium	24
Gravel, fine	28
Sand, coarse	30
Sand, medium	32
Sand, fine	33
Silt	20
Clay	6
Sandstone, fine grained	21
Sandstone, medium grained	27
Limestone	14
Dune sand	38
Loess	18
Peat	44
Schist	26
Siltstone	12
Till, predominantly silt	6
Till, predominantly sand	16
Till, predominantly gravel	16
Tuff	21

Τιμές ειδικής απόδοσης S_y (Morris and Johnson 1967)

Αποθηκευτικότητα Φρεάτιας Υδροφόρου (1962, Harris κ.α.)

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

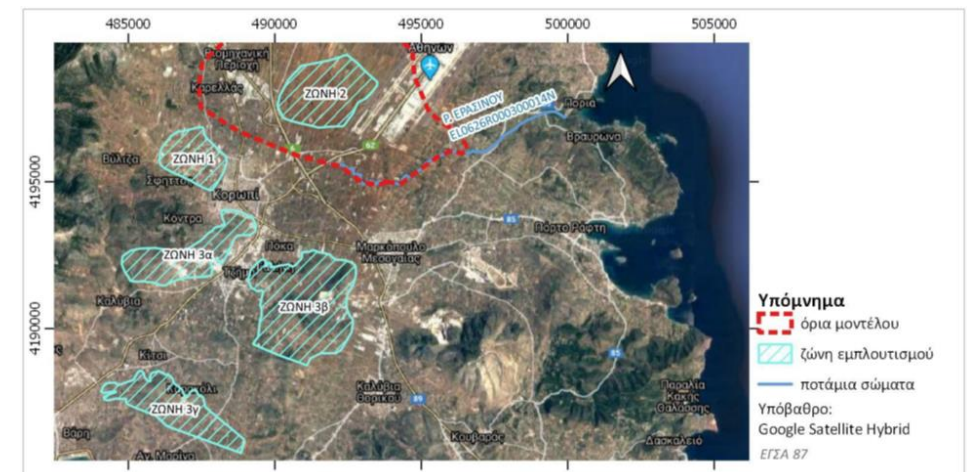


Εμπλουτισμός Υπόγειου Υδροφορέα - Ταμιευτήρα:

- ✓ Θεωρήσεις:
 - ✓ Δύο (τοy) υπόγειοι ταμιευτήρες (υδροφορείς-closed boxes) από όπου τραβάμε και δίνουμε νερό.
 - ✓ Το ισοζύγιο της φυσικής εισροής (βροχόπτωση, επικοινωνία με άλλα ΥΥΣ) και απορροής τους είναι μηδενικό. Συνεπώς βρίσκονται σε φυσική ισορροπία και μόνη πηγή διατάραξης της οι ανθρώπινες απολήψεις προς κάλυψη των ανάλογων αναγκών.
 - ✓ Χαρακτηριστικά επιφάνειας και specific yield σταθερά καθόλη την έκταση και ύψος τους.
 - Ταμιευτήρας-ΥΥΣ Παιανίας - Κορωπίου: 19.6 km² και Sy(Παιανίας-Κορωπίου)=0.2
 - Ταμιευτήρας-ΥΥΣ Μαραθώνα: 20km² και Sy(Μαραθώνα)=0.22

✓ Τελικά:

$$S_y = \frac{V_{drained/added}}{A\Delta h} \leftrightarrow A_{drained/added} = A \cdot S_y$$

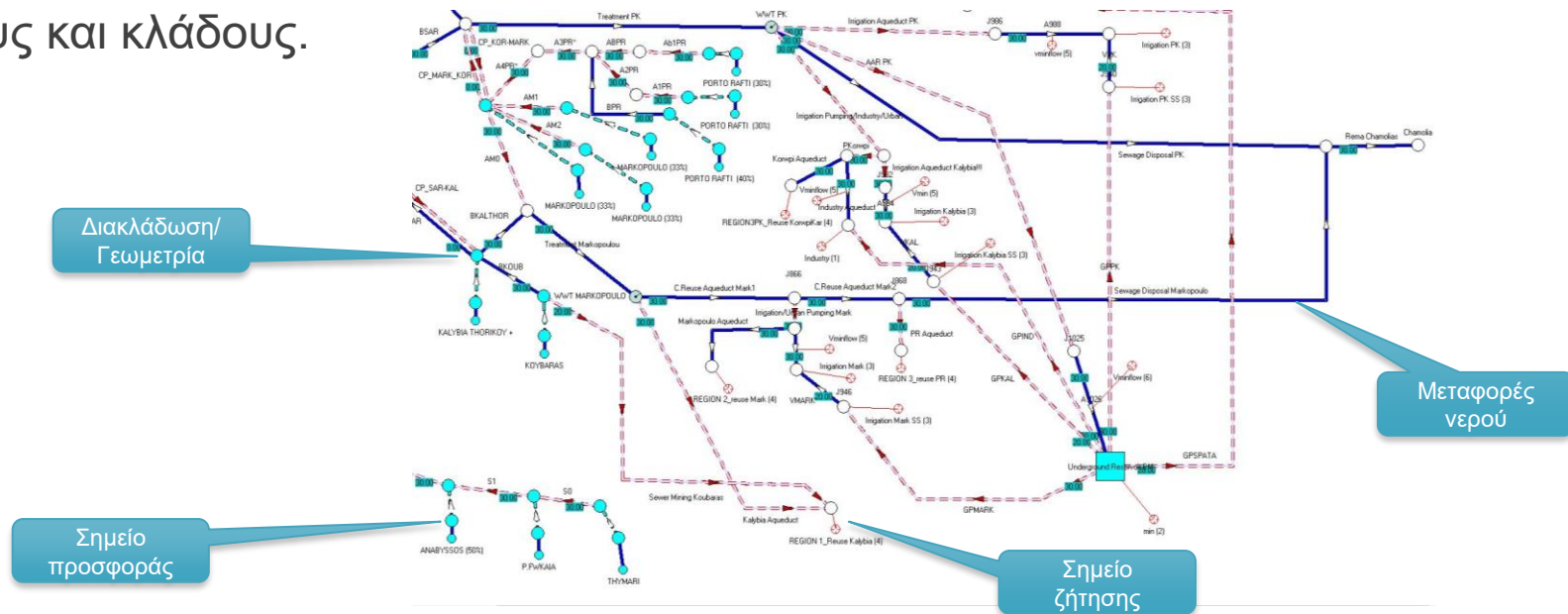


Προτεινόμενες από την ΕΥΔΑΠ Α.Ε. Ζώνες εφαρμογής Τεχνητού εμπλουτισμού με εκροές του ΚΕΛ Παιανίας – Κορωπίου (Πηγή: ΕΥΔΑΠ Α.Ε)

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ

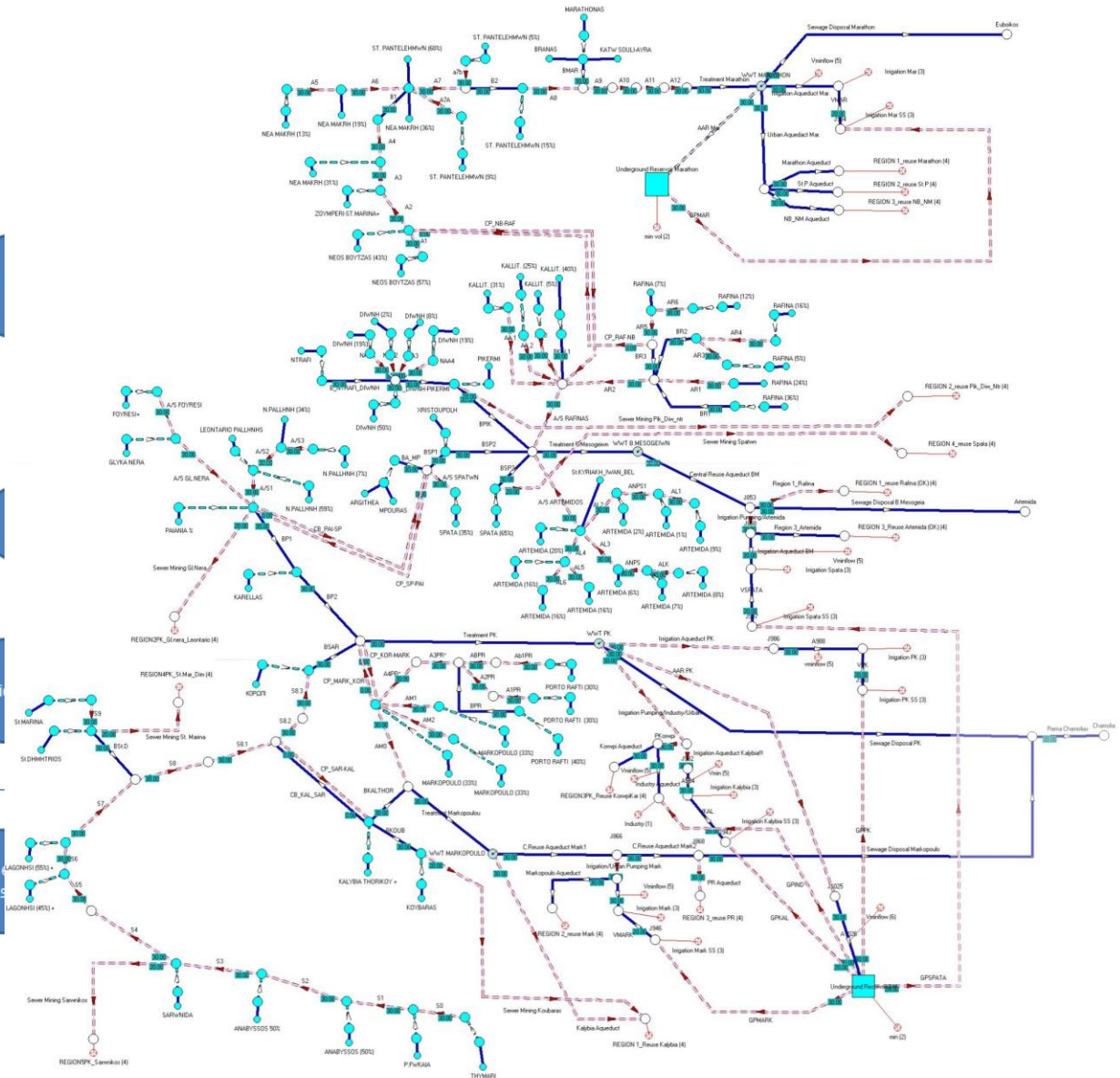
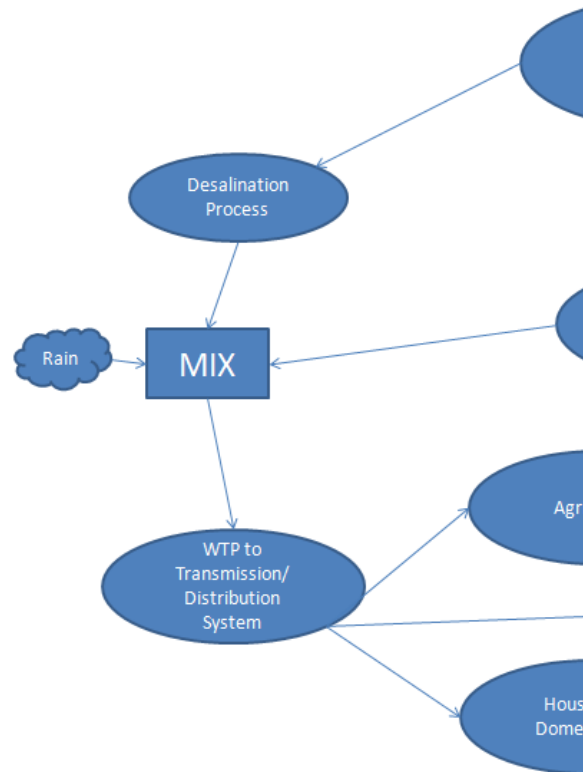
Το πρόγραμμα:

- Οι αναλύσεις βασίζονται στις προχωρημένες τεχνικές στοχαστικής προσομοίωσης από τα σχετικά υπολογιστικά εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί από το ΕΜΠ. Ειδικότερα, χρησιμοποιείται η πλέον πρόσφατη έκδοση του λογισμικού Υδρονομέας
- Γενικά, στο μοντέλο του Υδρονομέα ένα υδροσύστημα αναπαρίσταται ως ένα εννοιολογικό δίκτυο αποτελούμενο από κόμβους και κλάδους.



ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ

Σχηματοποίηση του δικτύου:



ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ



Γενικές παραδοχές επί του προγράμματος:

- Περιοχές παραλήφθηκαν σε συνεργασία με ΕΥΔΑΠ
- Παραδοχές για τους κλάδους (παροχетеυτικότητα και απώλειες)
- Παραδοχές για κόμβους (ομαδοποίηση, συμπύκνωση)
- Παραδοχές για τα αντλητικά συστήματα
- Οι δεξαμενές/φρεάτια μοιρασμού
- Το κόστος των WWT και των Sewer mining.
- Υπήρξε επιπρόσθετος σχεδιασμός δικτύου, συνδέσεων και υποδομών

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ

Στόχοι:

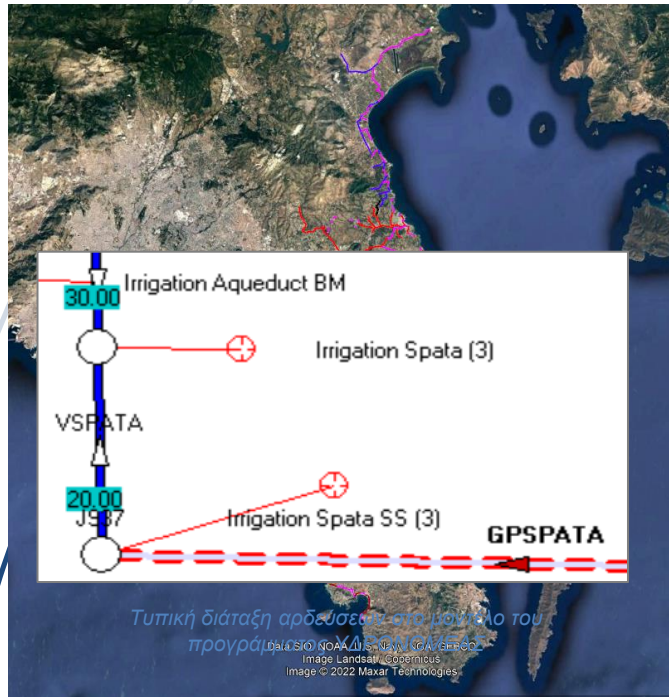
- ❖ Οι απαιτήσεις σε νερό τίθενται στο μοντέλο υπό την μορφή ιεραρχημένων στόχων. Έτσι έχουμε κατά προτεραιότητα:
 - i. Κάλυψη της ανάγκης για επαναχρησιμοποίηση σε βιομηχανία (συγκεντρωμένη σε ένα κόμβο).
 - ii. Τήρηση των ορίων ελάχιστου όγκου για τους υπόγειους ταμιευτήρες.
 - a) Παιανία - Κορωπί: σταθερό κατώτατο όριο/ διακύμανση 0.2 m
 - b) Μαραθώνα: αύξηση της στάθμης κατά 5 m στο πέρας των 50 ετών/ διακύμανση 0.45 m
 - iii. Ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών.
 - iv. Ικανοποίηση των αναγκών σε αστική – περιαστική χρήση
- ❖ Ως αποτέλεσμα της παραπάνω ιεράρχησης, το πρόγραμμα επιλύει το μοντέλο - γράφο στο σύνολό του, υπό την μορφή πινάκων, και βρίσκει τις βέλτιστες ενεργειακά διαδρομές για την ικανοποίηση της πλειονότητας των στόχων, υπό ένα “sustainable” καθεστώς ως προς την διατήρηση και αποθήκευση υδατικών πόρων.



ΣΕΝΑΡΙΑ - ΠΙΕΣΕΙΣ



Εξετάσθηκαν:



Κεντρικοί αποχετευτικοί αγωγοί, καταθλιπτικοί αγωγοί και πιθανές διασυνδέσεις

Συνδεσιμότητα

Τέσσερα (4) σενάρια συνδεσιμότητας:

- Stand Alone
- Connected
- Stand Alone + Sewer Mining
- Connected + Sewer Mining

Ανάγκες

Έξι (6) σενάρια πίεσης αρδευτικών αναγκών:

60-80-100-120-140-200% της προτεινόμενης από την ΕΥΔΑΠ Α.Ε. άρδευσης

Κοινωνική Αποδοχή

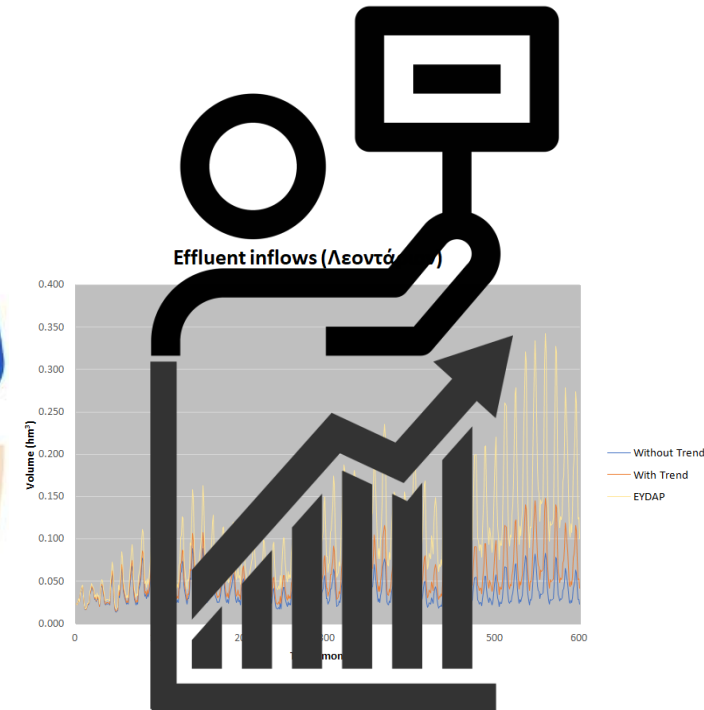
Έξι (6) σενάρια πίεσης αρδευτικών αναγκών:

50-50% έως και πλήρη αποδοχή 100-0%

Εκτίμηση Παροχής

Δύο (2) σενάρια εκτιμηθείσας παροχής:

Conservative Projection
EYDAP Projection

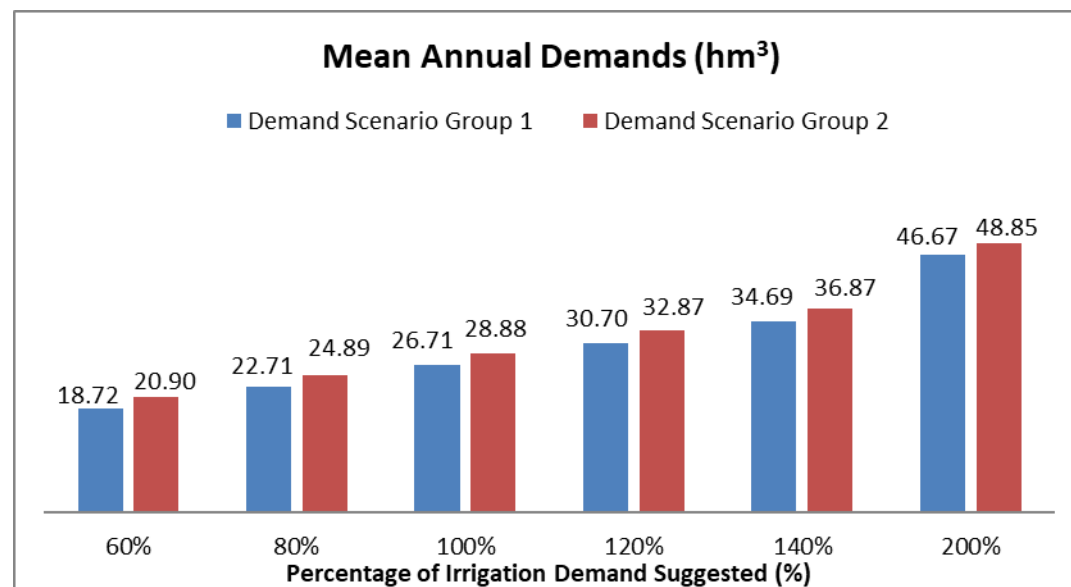


Παράδειγμα υπερετήσιας μεταβολής παροχής λυμάτων για τον οικισμό Λεοντάριον

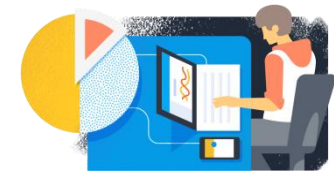
ΣΕΝΑΡΙΑ - ΠΙΕΣΕΙΣ

ΑΣΤΙΚΗ-ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΗ	ALL	Sewer Mining	Without	ΑΡΔΕΥΣΗ	PK	KAL	MARK	SPAT	MAR	SUM	mean annual vol (hm ³)	BIΟΜΗΧΑΝΙΑ	
hm ³				%								m ³ /y tot	33000000.00
REGIONMARK	45.89	21.03	45.89	60%	126.35	126.8838	57.279	185.6478	102.7614	598.92	11.98	m ³ /y waste	18454000.00
REGIONPK	100.21	74.43	25.78	80%	168.46	169.1784	76.372	247.5304	137.0152	798.56	15.97	p%	0.20
REGIONNR	80.17	34.34	45.83	100%	210.58	211.473	95.465	309.413	171.269	998.20	19.96	MESOGΕΙΑ	3690800.00
REGIONMAR	35.06	22.06	35.06	120%	252.69	253.7676	114.558	371.2956	205.5228	1197.84	23.96	hm ³ /m	0.31
TOTAL DEMAND	261.33		152.56	140%	294.81	296.0622	133.651	433.1782	239.7766	1397.48	27.95	Mean Annual	3.69
MEAN ANNUAL volume (hm ³)	5.23		3.05	200%	421.154	422.946	190.93	618.826	342.538	1996.39	39.93		

✓ Δύο «συστάδες» σεναρίων



Μέσες ετήσιες ανάγκες επεξεργασμένων λυμάτων υπό σεναριακό καθεστώς διαφορετικών πιέσεων και λειτουργίας ή μη μονάδων Sewer mining



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

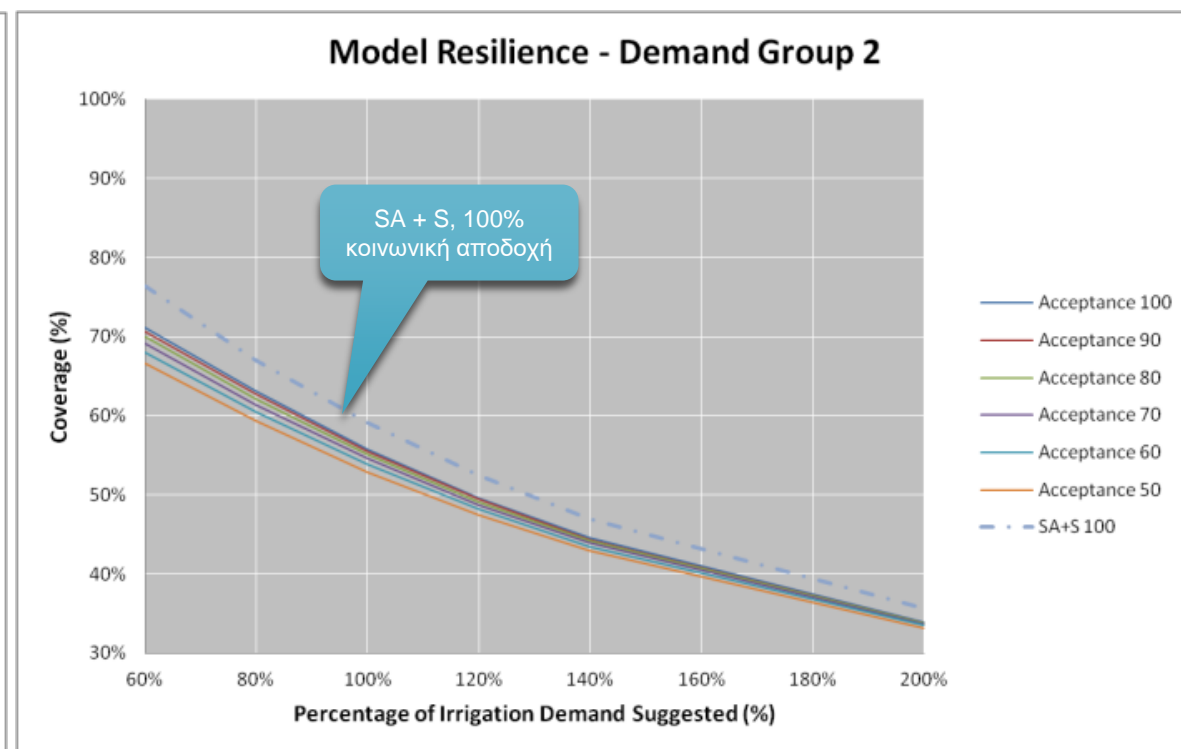
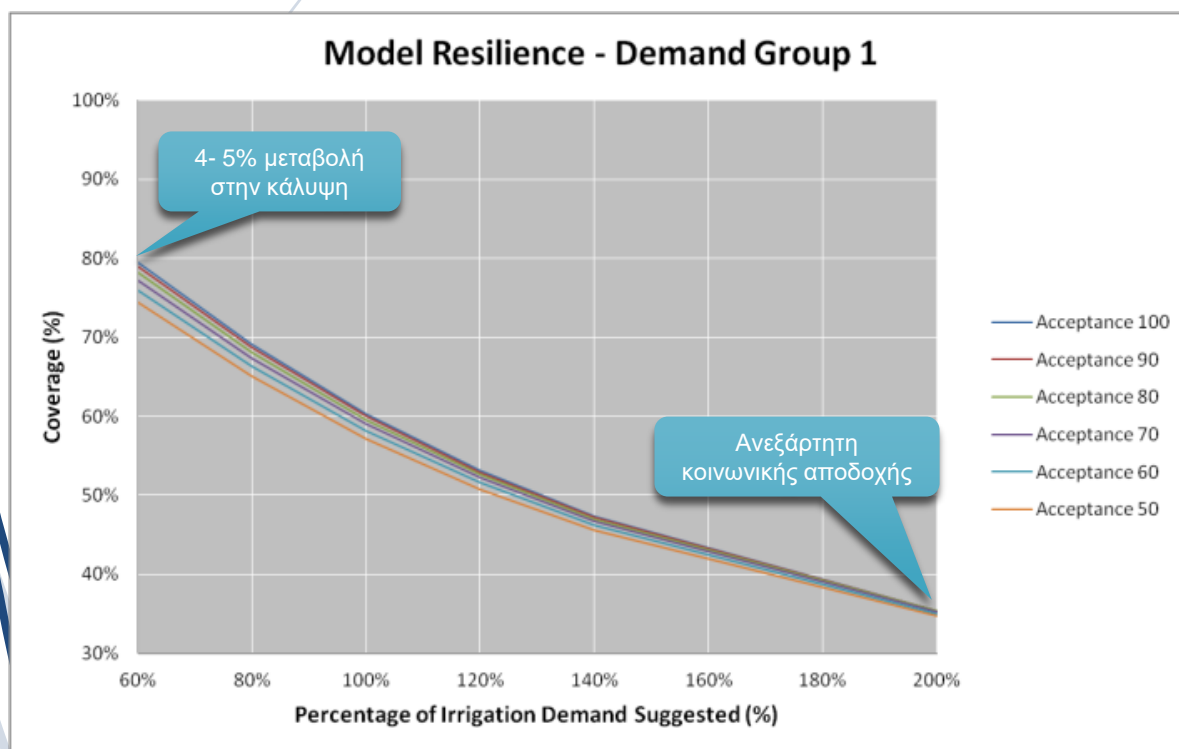
Γενικά:

- ✓ Θα συγκεντρωθούν τα κυριότερα από τα αποτελέσματα της μελέτης.
- ✓ Τα αποτελέσματα που θα παρουσιαστούν αφορούν:
 - i. την κάλυψη των αναγκών για ανακτημένο νερό.
$$Coverage = 1 - \frac{Deficit}{Demand}$$
 - ii. την ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος (σε μονάδα GWh) και τέλος,
 - iii. τον επιμερισμό των ενεργειακών καταναλώσεων στις δεδομένες χρήσεις.
- ✓ Όλα τα αποτελέσματα αναφέρονται σε μέσες τιμές 50-ετίας και υπολογίζονται βάσει του σεναριακού καθεστώτος.



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

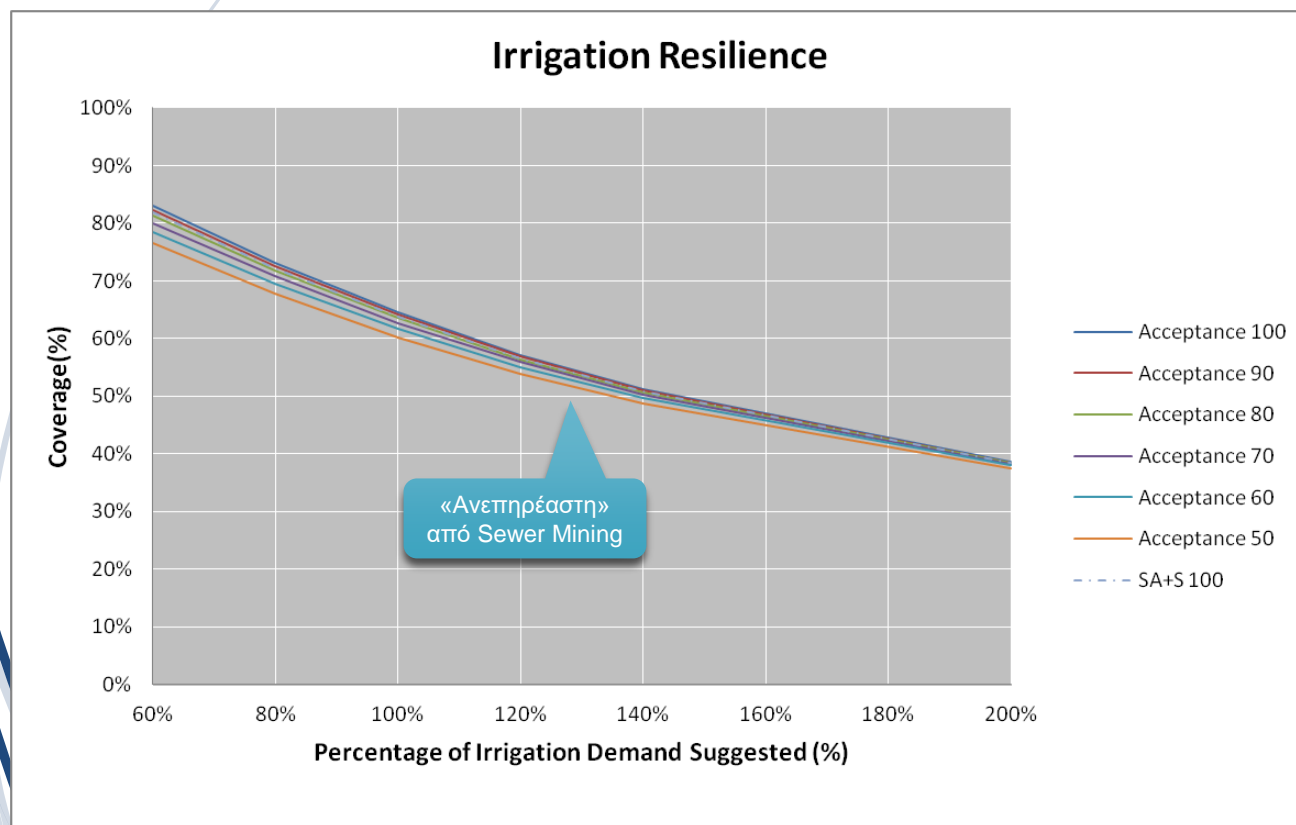
Ομάδα Σεναρίων Α - Συντηρητική Προβολή (Conservative Projection):



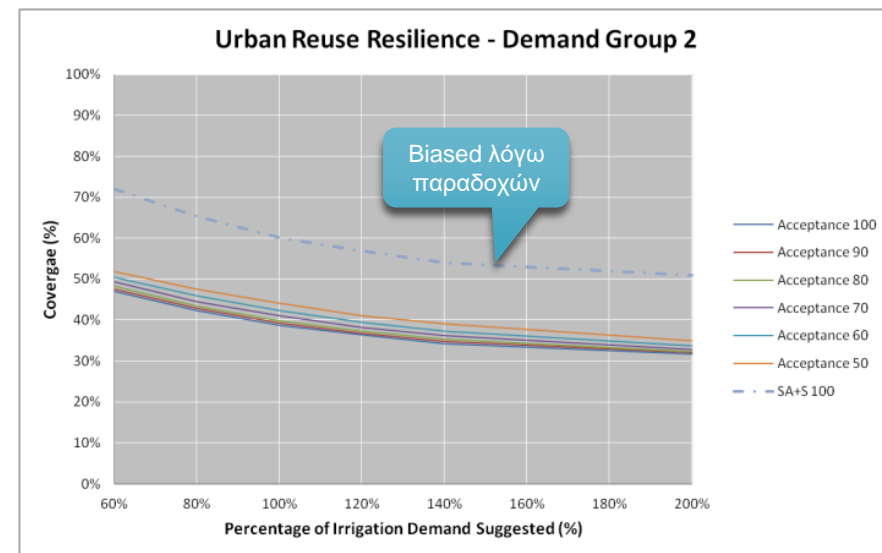
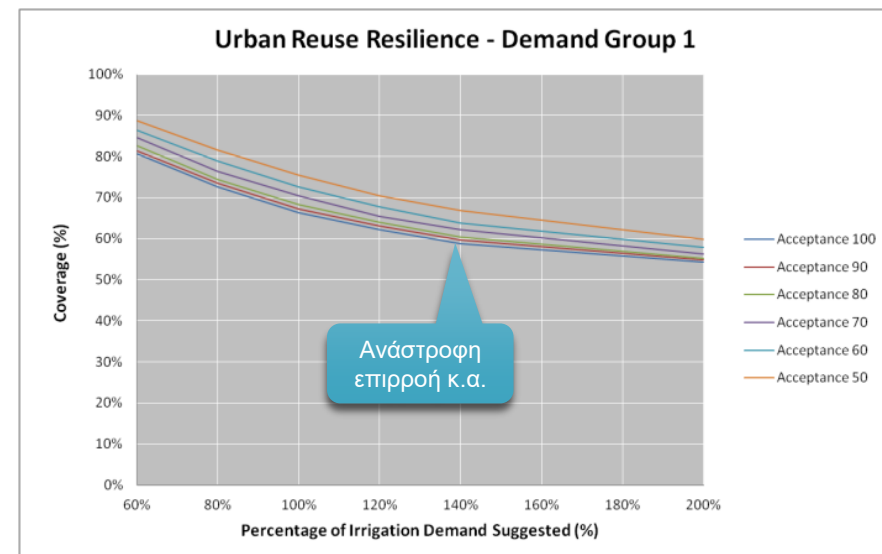


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ομάδα Σεναρίων Α - Συντηρητική Προβολή:



Ανθεκτικότητα (Resilience) Αρδευτικής κάλυψης – Α

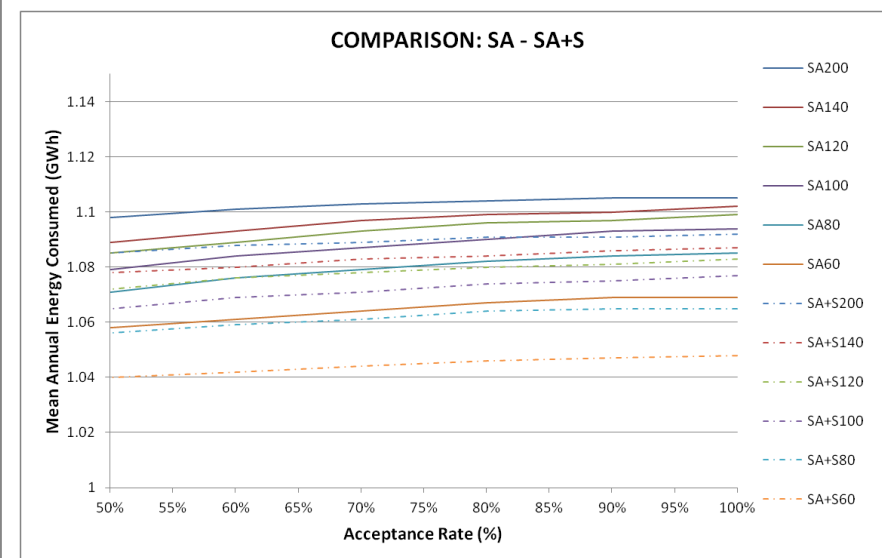
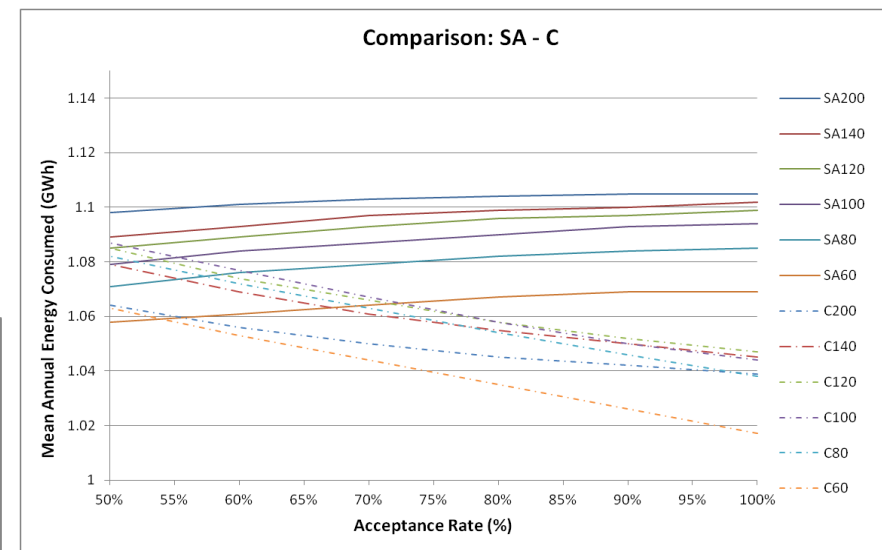
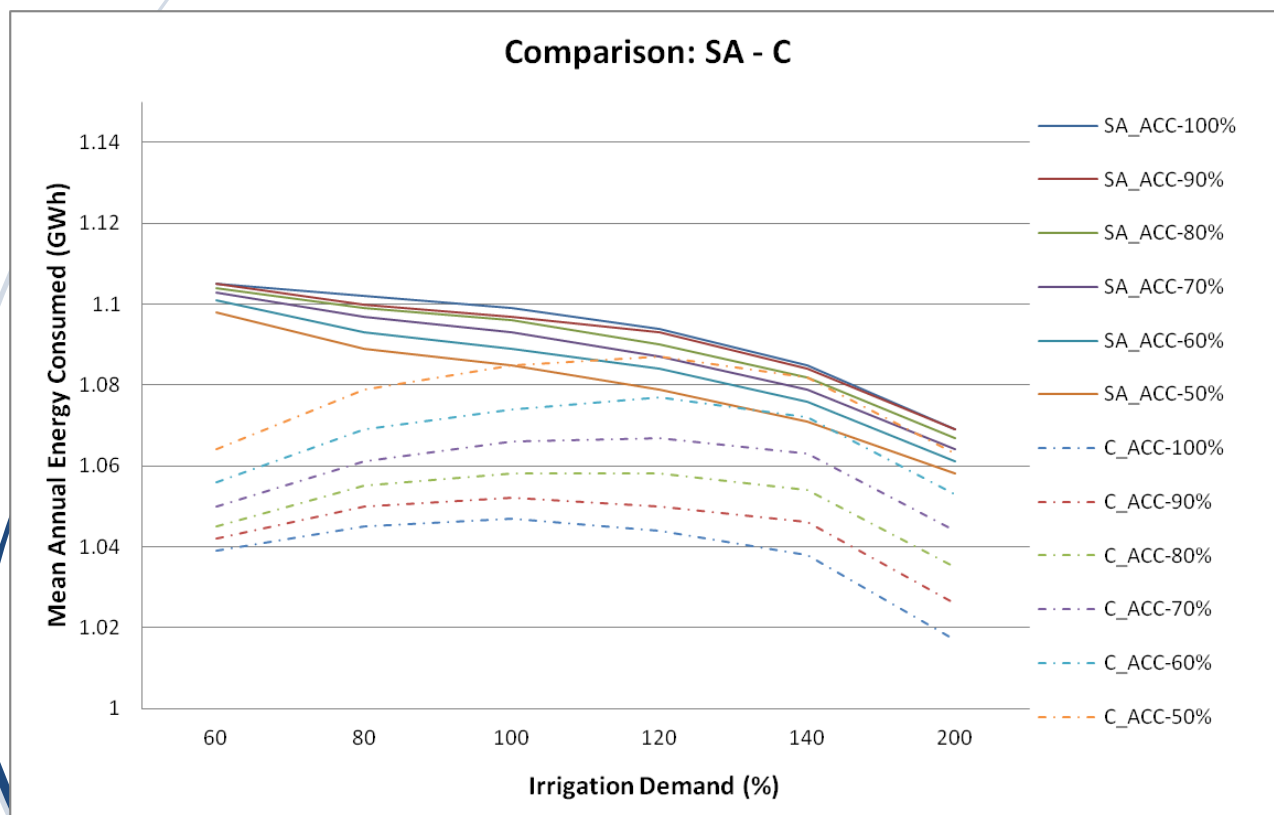


Ανθεκτικότητα (Resilience) Αστικής περιαιστικής κάλυψης – Α



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

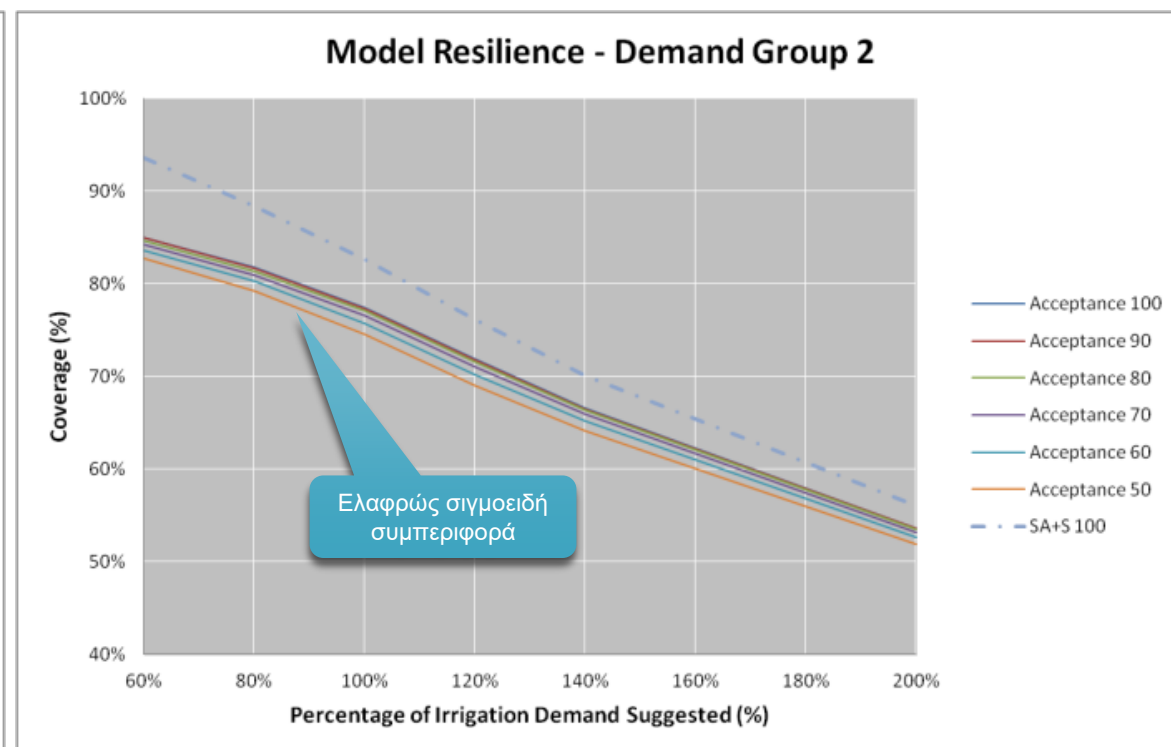
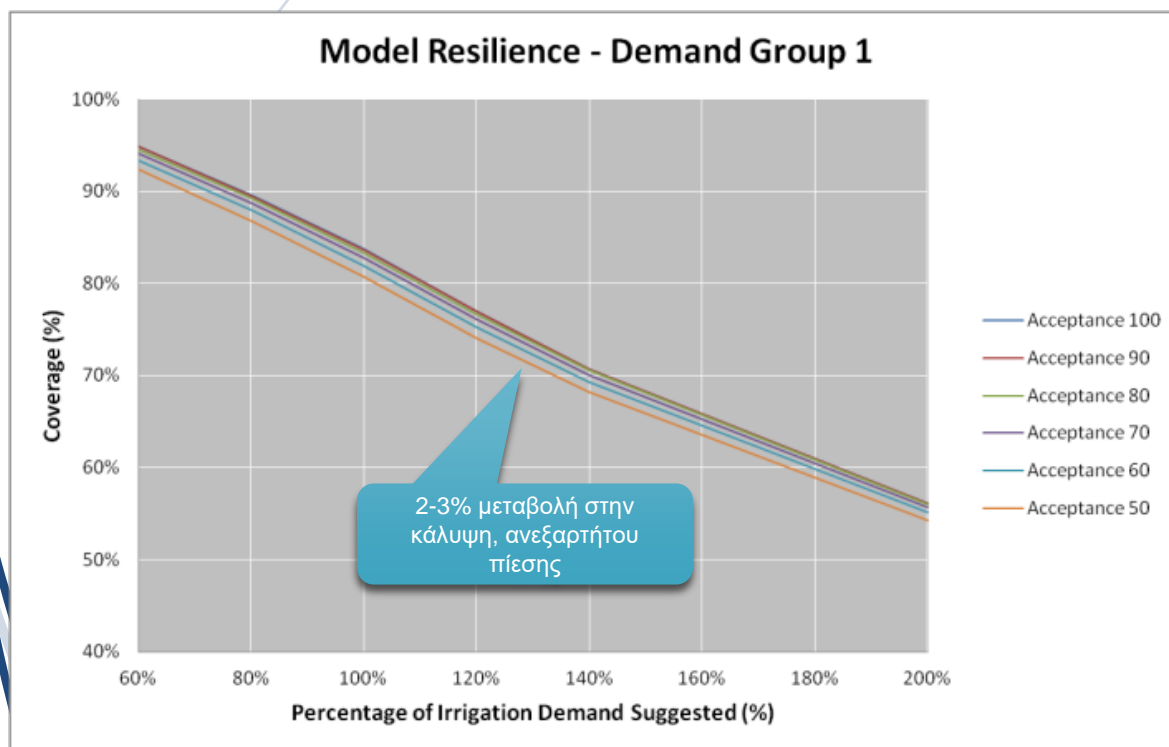
Ομάδα Σεναρίων Α - Συντηρητική Προβολή:





ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ομάδα Σεναρίων Β – Προβολή ΕΥΔΑΠ:

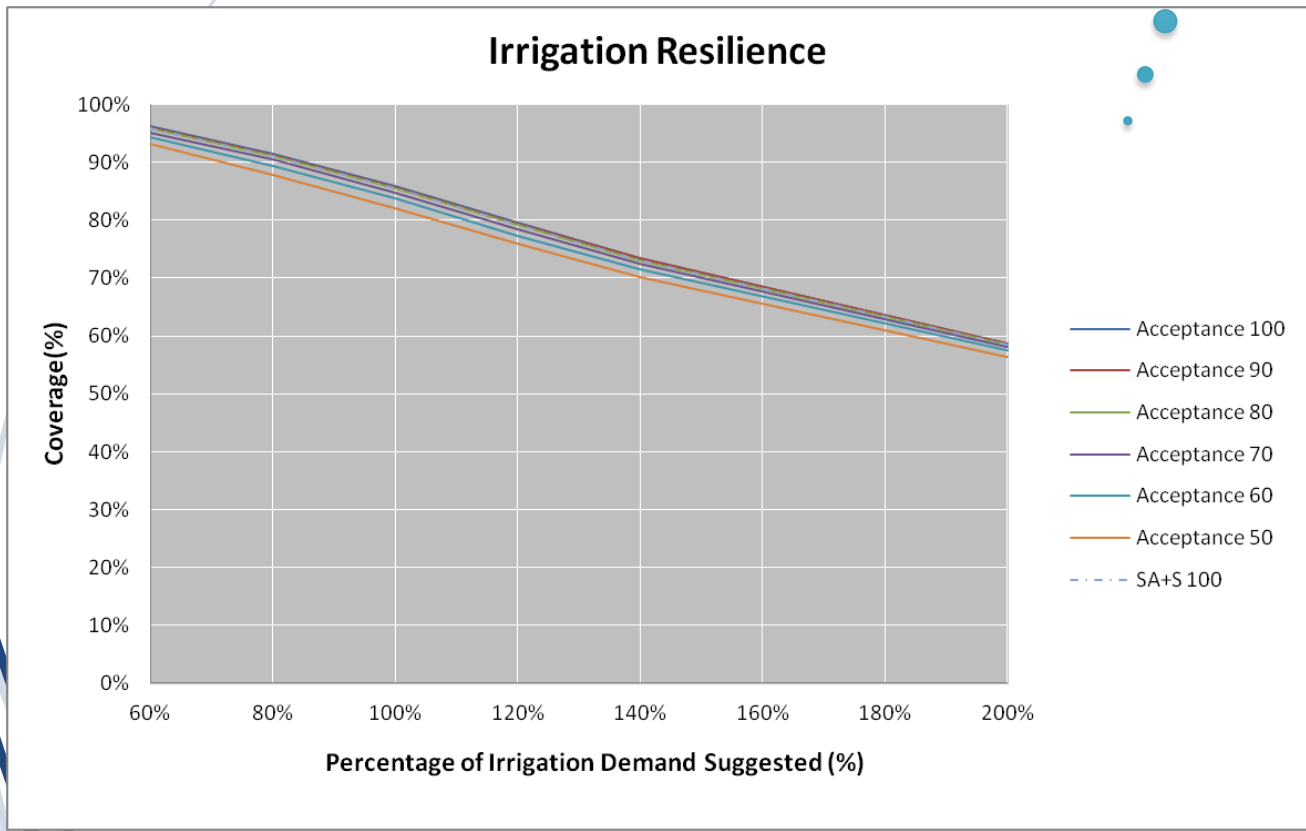




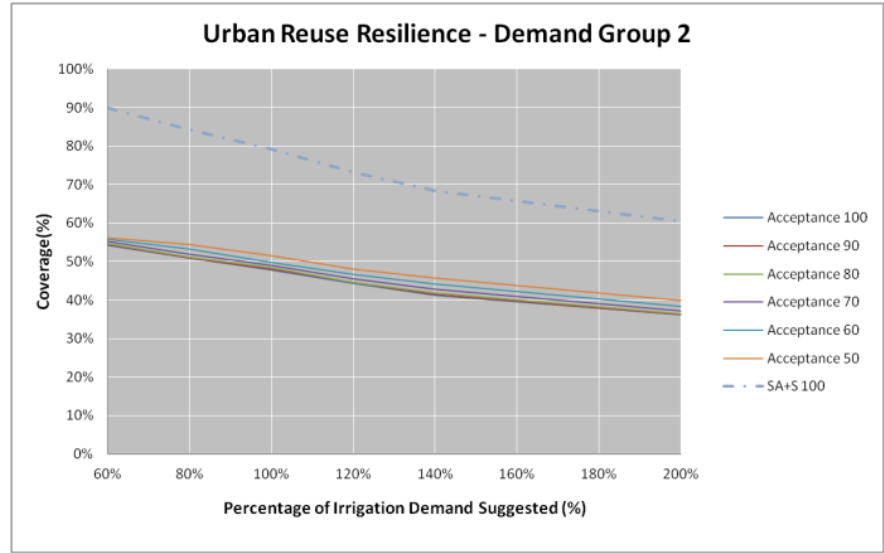
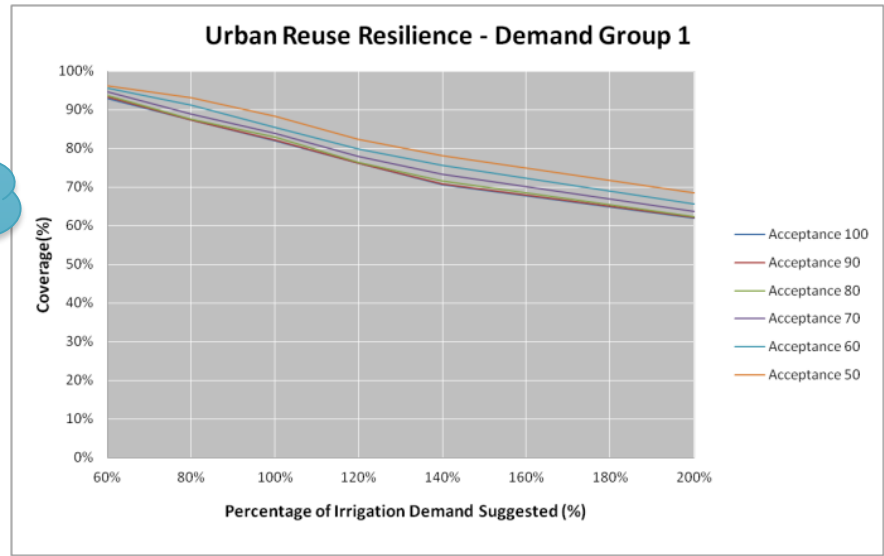
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ομάδα Σεναρίων Β – Προβολή ΕΥΔΑΠ:

Μεγαλύτερη κάλυψη



Ανθεκτικότητα (Resilience) Αρδευτικής κάλυψης – Β



Ανθεκτικότητα (Resilience) Αστικής περιαιστικής κάλυψης – Β

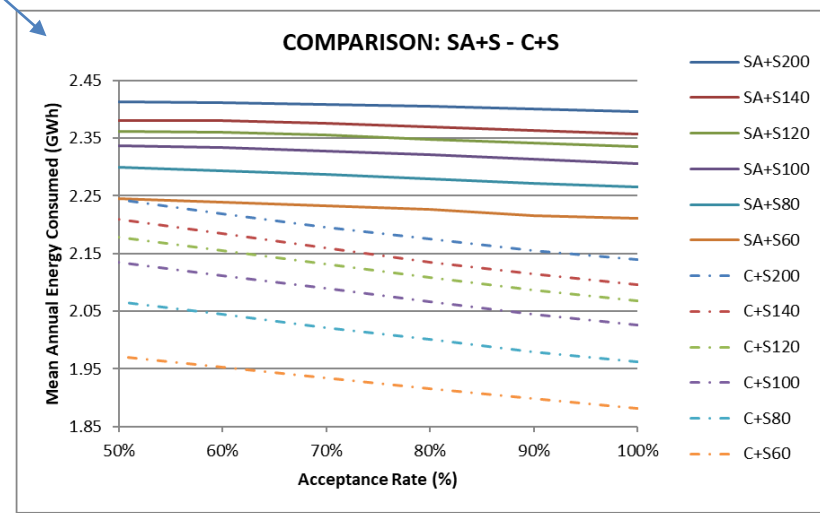
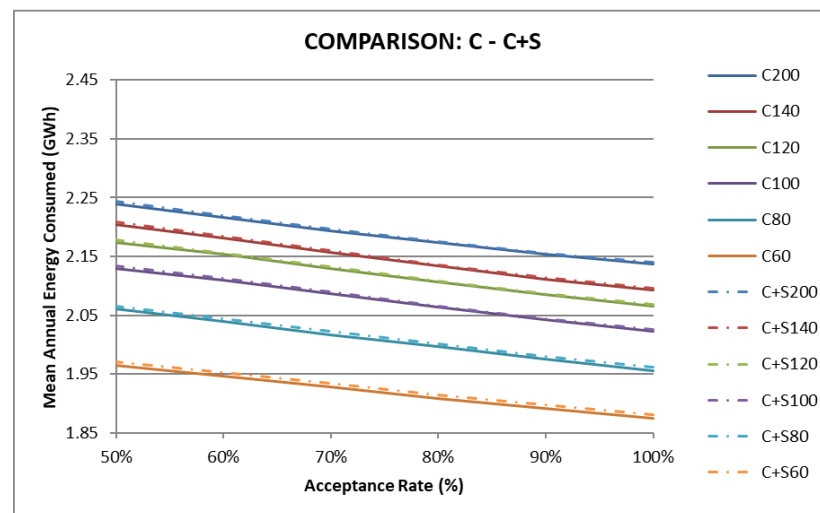
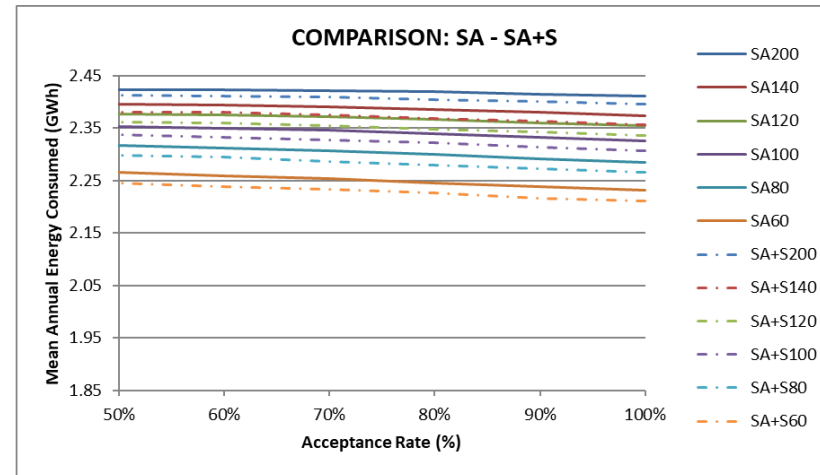
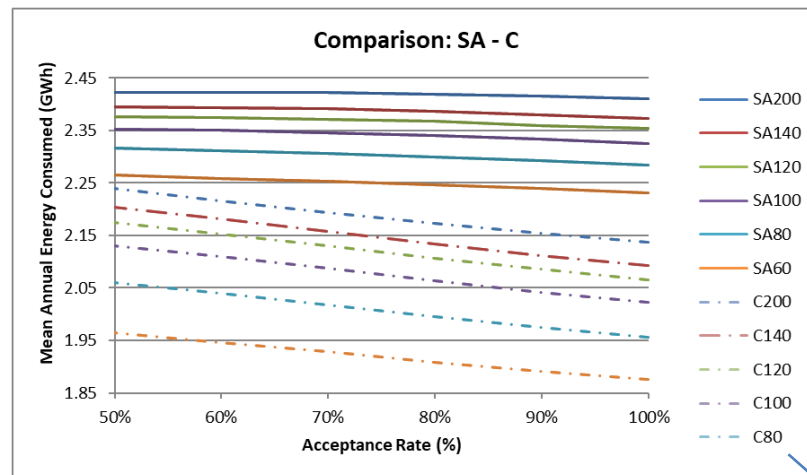


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ομάδα Σεναρίων Β – Προβολή ΕΥΔΑΠ:

Μέσες ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας και Σύγκριση Διατάξεων

Connected, σημαντικά ενεργειακά πλεονεκτήματα, σε αντίθεση με Sewer Mining



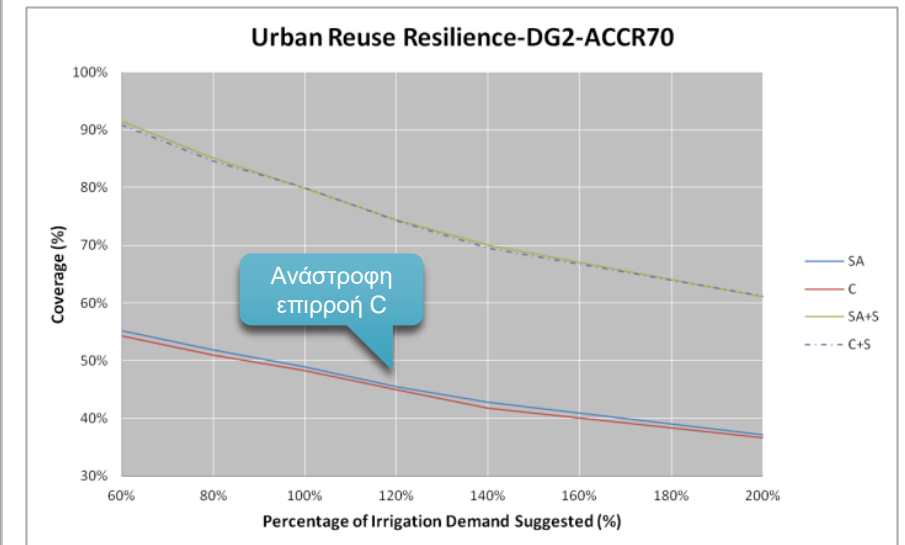
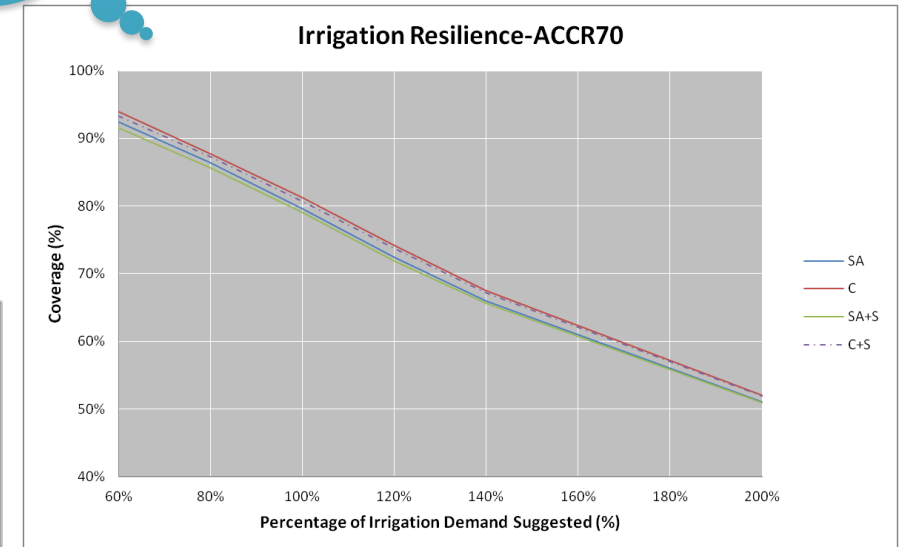
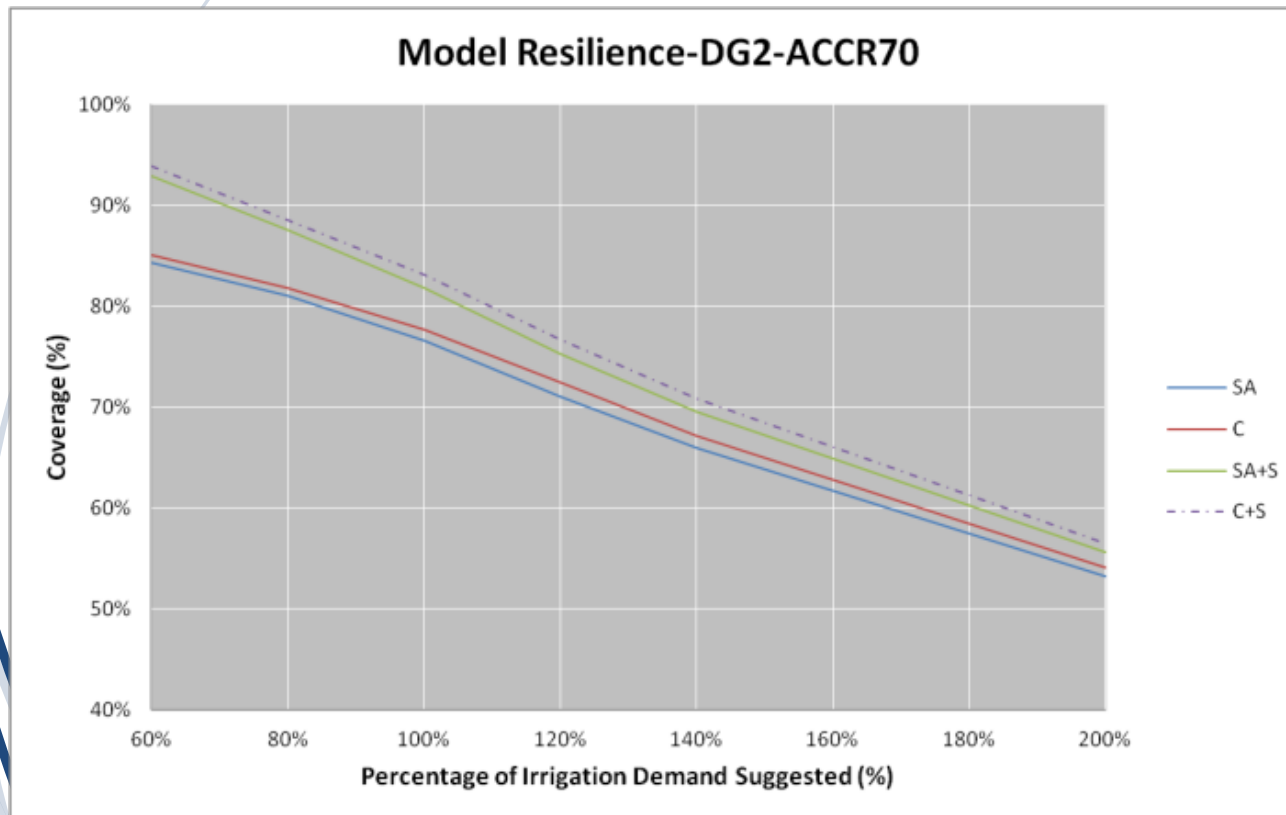
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Sewer Mining,
πλεονεκτήματα
ανθεκτικότητας, σε
αντίθεση με Connections



Ομάδα Σεναρίων Β – Προβολή ΕΥΔΑΠ:

Σύγκριση Διατάξεων για ένα πιθανό σενάριο κοινωνικής αποδοχής 70-30% - DG2:



Σύγκριση διατάξεων σε κάλυψη αρδευτικών και αστικών – περιαιστικών αναγκών, ολικού συστήματος (Σενάριο Κοινωνικής αποδοχής 70-30%_DemandGroup2)



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

EYDAP's Projection:

- Για το ίδιο σενάριο κοινωνικής αποδοχής 70-30%, δημιουργήθηκαν ειδικά διαμορφωμένα λογιστικά φύλλα (spreadsheet):

Με τα συγκεκριμένα λογιστικά φύλλα ο διαχειριστής, ήτοι ΕΥΔΑΠ Α.Ε., μπορεί να λάβει ένα πλήθος πληροφοριών για το πώς οι αποφάσεις επηρεάζουν την τελική κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης στα επιμέρους συστατικά του συστήματος τόσο ανάντη, όσο και κατόντη της επεξεργασίας:

- Επιρροή αύξησης αναγκών άρδευσης
- Επιρροή συνδεσιμότητας
- Επιρροή μονάδων Sewer mining



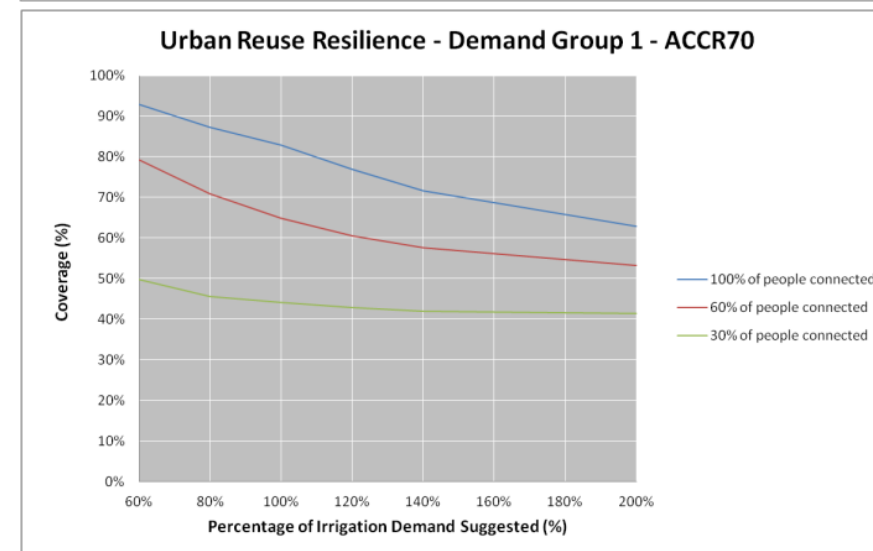
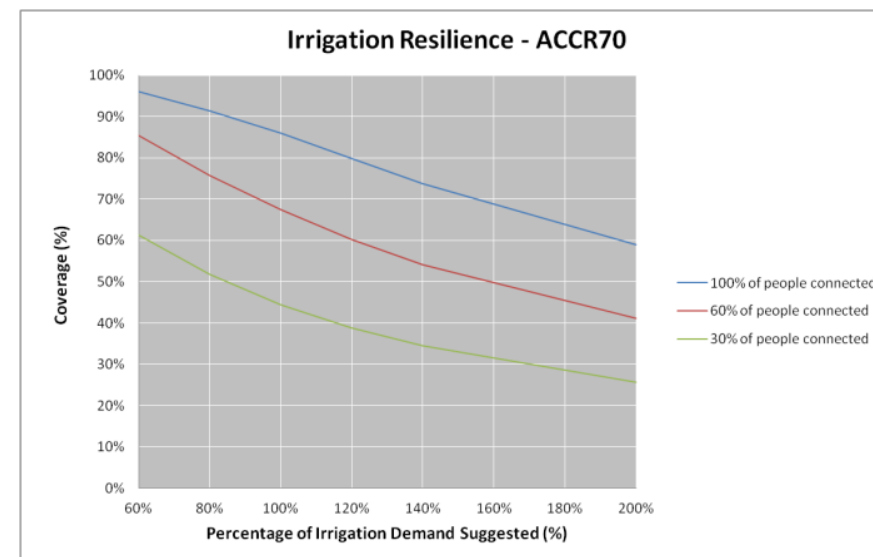
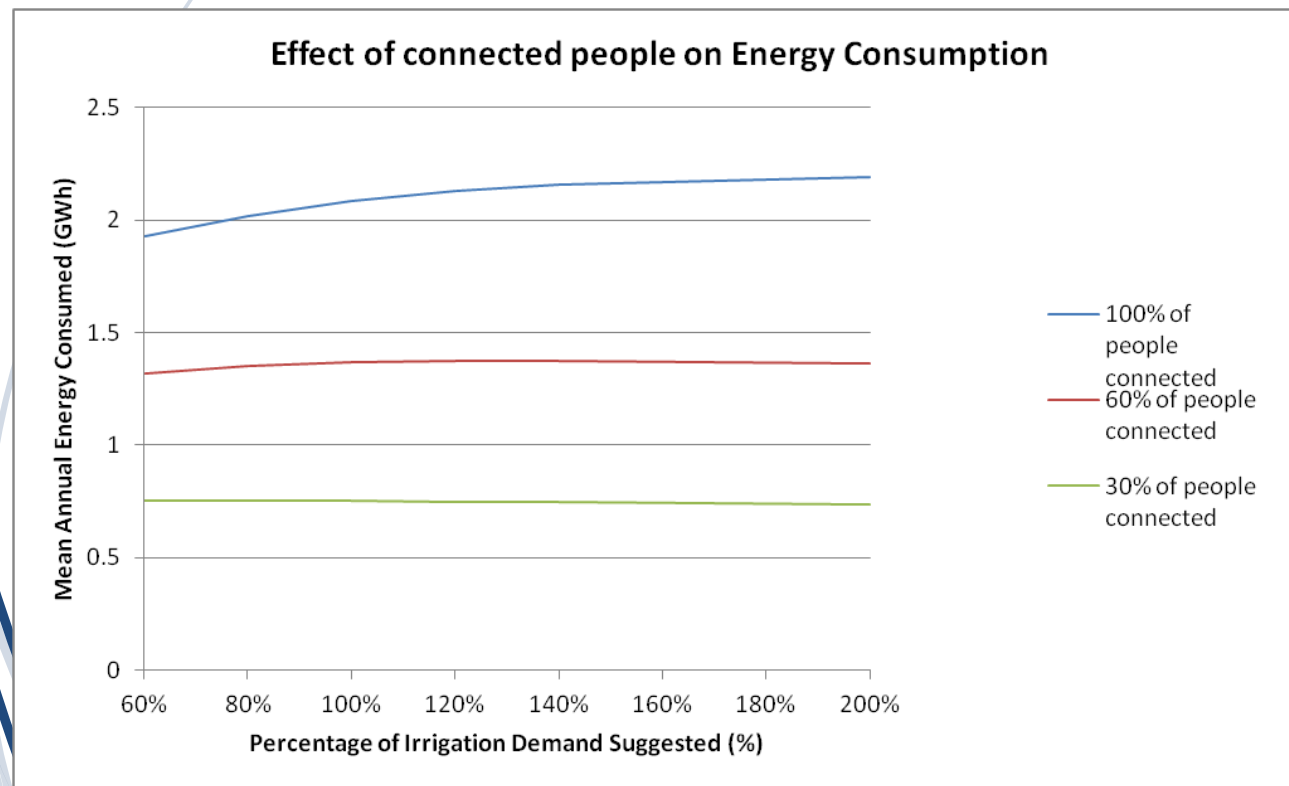
Πρότυπο επισκόπησης αποτελεσμάτων, λογιστικών φύλλων (spreadsheet)



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ομάδα Σεναρίων Β – Προβολή ΕΥΔΑΠ:

Επιρροή κοινωνικής αποδοχής για σύνδεση, σενάριο Connected_70-30%_DG1:

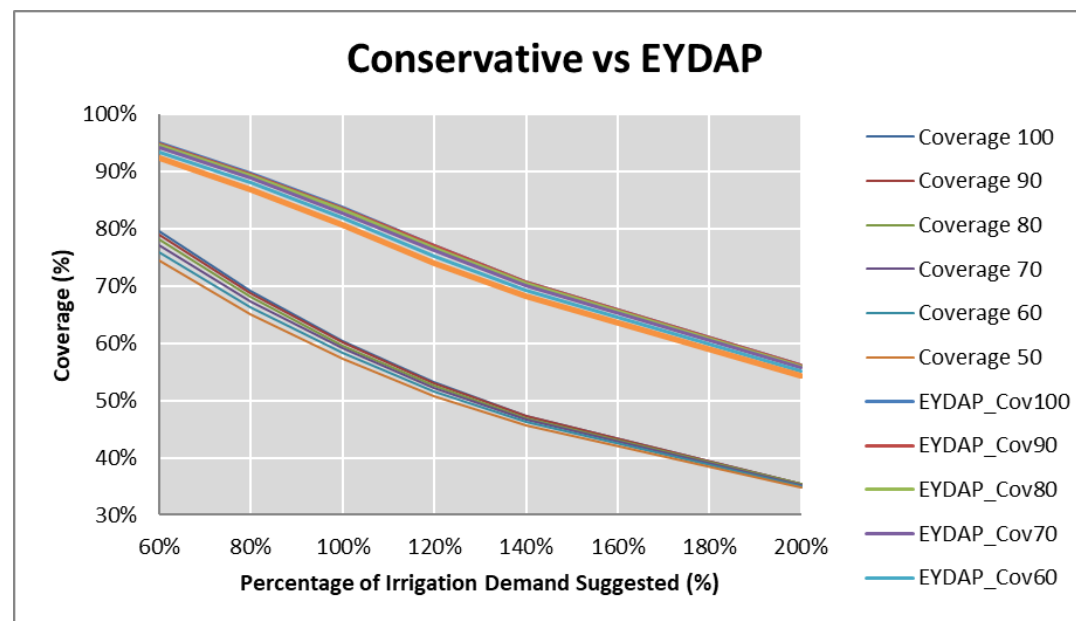


Σύγκριση διατάξεων σε κάλυψη αρδευτικών και αστικών – περιαιστικών αναγκών, ολικού συστήματος (Σενάριο Κοινωνικής αποδοχής 70-30%_DemandGroup2)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανθεκτικότητα:

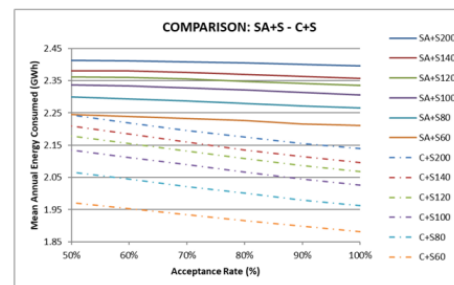
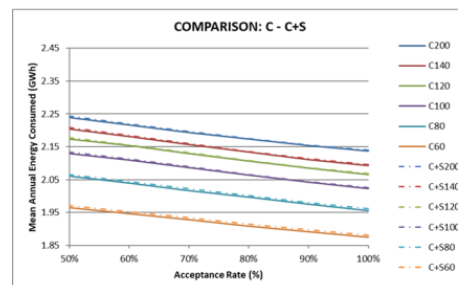
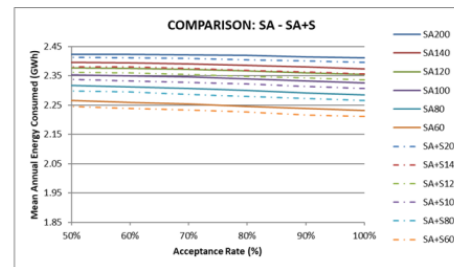
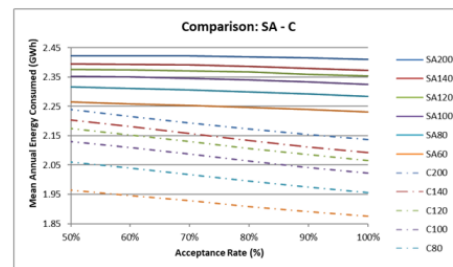
- ❑ Βασική επιρροή αποτελεί η αρχική υπόθεση για την εξέλιξη του πληθυσμού και συνεπώς της παροχής επεξεργασμένων λυμάτων (είσοδος – πόρος στο μοντέλο).
- ❑ Η καμπυλότητα (άνω - κάτω) του διαγράμματος κάλυψης αναγκών ορίζει τον τρόπο αστοχίας του συστήματος. Είναι απόρροια της μεταβολής της εισόδου του μοντέλου (πόρος λύματα) και της μεταβολής των αναγκών συναρτήσει του χρόνου.
- ❑ Η κοινωνική αποδοχή επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο σε περίσσεια λυμάτων.
- ❑ Το Connected σύστημα παρουσιάζει ελαφρώς καλύτερη συμπεριφορά (1-2%), ενώ τα Sewer Mining έχουν μεγάλη επιρροή βάσει παραδοχών (biased).



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ενέργεια:

- ❖ Βασική επιρροή η αρχική υπόθεση για την εξέλιξη του πληθυσμού και συνεπώς της παροχής επεξεργασμένων λυμάτων (είσοδος – πόρος στο μοντέλο).
- ❖ Το ενεργειακό κόστος ανάντη της επεξεργασίας μπορεί να βελτιωθεί με την κατάλληλη συνδεσμολογία.
- ❖ Το ενεργειακό κόστος κατόντη της επεξεργασίας είναι demand driven (εξαρτάται από τις θεωρούμενες ανάγκες νερού) . Στο connected σύστημα μέρος της επιρροής μετακυλιέται στην «ανάντη» ενεργειακή κατανάλωση.
- ❖ Τα sewer mining αποφορτίζουν το βασικό δίκτυο και τις ΚΕΛ. Συνεπώς μπορεί να διαφοροποιηθεί η τελική διαστασιολόγηση αντλιοστασίων, ΚΕΛ και ΚΑΑ.
- ❖ Η κρίσιμη αποδοχή στη χρήση του επεξεργασμένου νερού επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό το κόστος λειτουργίας (από ότι την απόδοση του συστήματος).
- ❖ Οι συνδέσεις Κορωπί προς Μαρκόπουλο και Παιανία προς Σπάτα παρουσιάζουν αδράνεια και μπορούν να αφαιρεθούν από το μοντέλο χωρίς αλλαγή των αποτελεσμάτων.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ερωτήματα:

Ο διαχειριστής μπορεί να απαντήσει ένα σύνολο ερωτημάτων:



A/A	Τα ερωτήματα που απαντά η παρούσα εργασία, μεταξύ άλλων είναι τα κάτωθι:
1	Ποια είναι η μέγιστη αξιοπιστία – κάλυψη, που μπορεί να επιτευχθεί για δεδομένες ανάγκες επεξεργασμένων λυμάτων στην Αν. Αττική, και για ποια κατανάλωση ενέργειας (για αντλήσεις);
2	Ποια είναι η μέγιστη ζήτηση που μπορεί να ικανοποιήσει το υδροδοτικό σύστημα, για δεδομένη αξιοπιστία, και για ποια κατανάλωση ενέργειας;
3	Ποια από τα νέα έργα και επεμβάσεις – συνδέσεων και μονάδων Sewer mining, που έχουν υποτεθεί βελτιώνουν περισσότερο την επίδοση του υδροσυστήματος; Πώς αυτά επιδρούν μεμονωμένα και συνδυαστικά;
4	Δεδομένης μίας επιθυμητής ενεργειακής κατανάλωσης, τι ανάγκες - ζητήσεις μπορούν να καλυφθούν και ποιο είναι το επίπεδο αξιοπιστίας που της αναλογεί;
5	Πως η κοινωνική αποδοχή του ανακτημένου ύδατος επηρεάζει τόσο σε όρους ενέργειας όσο και σε όρους αξιοπιστίας – κάλυψης;
6	Πως επιμερίζεται η συνολική κατανάλωση ενέργειας για τις διάφορες ανάγκες, τόσο ανάντη όσο και κατόντη της επεξεργασίας;
7	Ποια δίκτυα και ΚΕΛ δέχονται τα πλέον μεγαλύτερα φορτία;

ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

Ευχαριστώ πολύ για την
προσοχή σας!