



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



Διαχείριση και Προσομοίωση Υδροδοτικών Συστημάτων

Ενότητα 6: Νέοι Δείκτες Αξιολόγησης

Βασίλης Κανακούδης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγή στην έννοια των νέων δεικτών αξιολόγησης
- Παρουσίαση νέων δεικτών αξιολόγησης που αναπτύχθηκαν
- Εξοικίωση με τον υπολογισμό των νέων δεικτών



Περιεχόμενα ενότητας

Παρουσίαση των νέων δεικτών απόδοσης που αναπτυχθηκαν για την αντιμετώπιση προβλημάτων σε περιοχές που παρουσιάζουν προβλήματα έλλειψης νερού.

Παρουσίαση των εξισώσεων υπολογισμού τους και των απαραίτητων μεταβλητών για τον υπολογισμό τους.



Νέοι Δείκτες Απόδοσης

- Οι 170 δείκτες απόδοσης της IWA δεν καλύπτουν όλα τα θέματα που αντιμετωπίζει μία εταιρεία ύδρευσης
- Δημιουργήθηκαν νέοι δείκτες απόδοσης με στόχο να καλύψουν τοπικές ανάγκες των εταιρειών ύδρευσης της περιοχής της Μεσογείου (Kanakoudis et al., 2013):
 - κοινωνικές,
 - περιβαλλοντικές,
 - ανάγκες υγιεινής,
 - προβλήματα ποιότητας νερού,
 - συσχετισμός νερού – ενέργειας,
 - ενέργεια που χάνεται στις διαρροές.



Δημιουργία νέων δεικτών απόδοσης

- 42 καινούριοι δείκτες απόδοσης:
 - 11 προερχόμενοι από τους δείκτες της IWA έχοντας όμως διαφορετικό παρανομαστή
 - 31 νέοι δείκτες.
 - Υιοθετήθηκαν κάποιοι δείκτες που έχουν προταθεί από τους: Cabrera et al. 2010, Rizzo et al. 2007.
- Απαιτούνται:
 - 41 νέες μεταβλητές



11 δείκτες απόδοσης προερχόμενοι από τους υπάρχοντες I

Δείκτης Απόδοσης		Ερμηνεία	Τύπος	Μονάδες μέτρησης
Op45 (a-i)	Πραγματικές απώλειες ανά υλικό αγωγού	Πραγματικές απώλειες / μήκος αγωγών ίδιου υλικού	A19 / C32(a-i)	m ³ /km
Op46 (a-i)	Πραγματικές απώλειες ανά διάμετρο αγωγού	Πραγματικές απώλειες / μήκος αγωγών ίδιας διαμέτρου	A19 / C33(a-i)	m ³ /km
Op47 (a-i)	Πραγματικές απώλειες ανά υλικό & διάμετρο αγωγού	Πραγματικές απώλειες / μήκος αγωγών ίδιου υλικού και διαμέτρου	A19 / C34(a-i)	m ³ /km
Op51	Φαινόμενες απώλειες ανά δεξαμενή οροφής	Φαινόμενες απώλειες / αριθμό δεξαμενών στην οροφή	A18 / C26	m ³
Op52	Φαινόμενες απώλειες ανά όγκο δεξαμενής οροφής	(Φαινόμενες απώλειες / όγκο δεξαμενών στην οροφή)*100	(A18/C30)*100	%
Op53	Φαινόμενες απώλειες ανά υδρόμετρο	(Φαινόμενες απώλειες) / (αριθμό υδρομέτρων)	A18/E6	m ³ /υδρόμετρο
Op54	ALI	Φαινόμενες απώλειες / 5% πωλήσεων νερού	A18/(0,05*G3)	

Πηγή: Kanakoudis et al., 2013



11 δείκτες απόδοσης προερχόμενοι από τους υπάρχοντες II

Δείκτης Απόδοσης		Ερμηνεία	Τύπος	Μονάδες μέτρησης
Op55 (a-i)	Απώλειες νερού ανά υδατικό πόρο	(Απώλειες νερού/νερό που αντλείται από υδατικούς πόρους)*100	{A15/(ΣA27(a-i))}*100	%
Op58	Μη Ανταποδοτικό νερό ανά σύνδεση	(NRW*1000) / (αριθμός συνδέσεων * περίοδος μελέτης)	(A21*1000)/C24/H1	lt/σύνδεση/ημέρα
Op59	Μη Ανταποδοτικό νερό ανά μήκος αγωγών	NRW / μήκος αγωγών	A21/C8	m ³ /km αγωγών/έτος
Op60 (a-i)	Αστοχίες αγωγών ανά τύπο αγωγού	[(Αριθμός αστοχιών αγωγών ίδιου υλικού κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης x 365) / περίοδος μελέτης] / μήκος αγωγών του ίδιου υλικού] x 100	[(D79(a-i)*365)/H1/C32(a-i)]	No./km/έτος

Πηγή: Kanakoudis et al., 2013



31 Νέοι δείκτες απόδοσης I

Δείκτης Απόδοσης		Ερμηνεία	Τύπος	Μονάδες μέτρησης
Fi48	MCD ανά πραγματικές απώλειες	$(MCD / \text{Πραγματικές Απώλειες}) * 100$	$(A25/A19) * 100$	%
Fi49	MCD ανά σύνδεση	MCD / αριθμός συνδέσεων / περίοδος μελέτης	A25/C24/H1	m ³ / σύνδεση/ημέρα
Fi50	Λογιστικό NRW ανά NRW	$(\text{Λογιστικό NRW} / \text{NRW}) * 100$	$(A26/A21) * 100$	%
Fi51	Κόστος ενέργειας ανά όγκο	Κόστος ενέργειας (€) / Εισερχόμενος όγκος στο σύστημα (m ³)	G11 / A3	€/m ³
Fi52	προθυμία πληρωμής (ευαισθησία του καταναλωτή σε θέματα έλλειψης νερού & ξηρασίας)	κόστος διαφύλαξης παροχής νερού/εξουσιοδοτημένη κατανάλωση στην περίοδο μελέτης	G59/A14	EUR/m ³
Op48	Πραγματικές απώλειες ανά ηλικία αγωγών	Πραγματικές απώλειες / μήκος αγωγών της ίδια ηλικίας	A19/C35(a-i)	m ³ /km
Op49	Πραγματικές απώλειες ανά συντελεστής τραχύτητας	Πραγματικές απώλειες / συντελεστή τραχύτητας	A19/C36(a-i)	
Op50	Πραγματικές απώλειες ανά πίεση λειτουργίας	Πραγματικές απώλειες / μέση πίεση λειτουργίας	A19/D34	m ³ /m
Op56	Απώλειες νερού ως % της χρήσης νερού (οικιακή, βιομηχανική, εμπορική)	$(\text{Απώλειες νερού} / \text{χρήση νερού}) * 100$	$(A15/E14(a-i)) * 100$	%



31 Νέοι δείκτες απόδοσης II

Δείκτης Απόδοσης		Ερμηνεία	Τύπος	Μονάδες μέτρησης
Op57	Απώλειες νερού ανά ύψος κτιρίων	Απώλειες νερού / μέσο ύψος κτιρίων	A15 / C27	m ³ /m
Op61	Ενέργεια διαρροών ή Απώλεια ενέργειας λόγω διαρροών (άθροισμα απωλειών ενέργειας σχετικών με διαρροές και την επιπρόσθετη ενέργεια που απαιτείται για να ξεπεραστούν)	Το άθροισμα απωλειών ενέργειας μέσω του διαρρέοντος νερού και την επιπρόσθετης ενέργειας που απαιτείται για να ξεπεραστεί η τριβή με την αυξημένη ροή που χρειάζεται για να ξεπεραστεί η διαρροή	(D77+D73-D74)/D78	
Op62	Standards compliance	(ενέργεια που παραδίδεται στους χρήστες / ελάχιστη απαιτούμενη χρήσιμη ενέργεια)*100	(D75/D76)*100	%
Op63	Ανθρακικό Αποτύπωμα ανά Εισερχόμενο Νερό	Το παραγόμενο ανθρακικό αποτύπωμα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παροχής νερού / SIV	D72 / A3	tns CO ₂ /m ³
Op64	Αντικατάσταση μετρητών	(Μετρητές παροχής που αντικαθίστανται/ συνολικός αριθμός μετρητών παροχής)*100	(D69/C10)*100	%

Πηγή: Kanakoudis et al., 2013



31 Νέοι δείκτες απόδοσης III

Δείκτης Απόδοσης		Ερμηνεία	Τύπος	Μονάδες μέτρησης
Op65	Εκτίμηση των αστοχιών σύμφωνα με τον τύπο του υλικού και των fittings στους αγωγούς και τις συνδέσεις των καταναλωτών	Ρυθμοί αστοχιών (για κάθε τύπο αστοχίας) σε αριθμό αστοχιών/συνολικός αριθμός συσκευών	D80(a-i) / C31	
Op66	Ελαστικότητα των απωλειών σε σχέση με την πίεση λειτουργίας	Ποσοστιαία μεταβολή των απωλειών / ποσοστιαία μεταβολή πίεσης	$(\Delta A19/A19)/(\Delta D34/D34)$	m ³ /m
Op67	Ελαστικότητα του ρυθμού εμφάνισης αστοχιών αγωγών και συνδέσεων που σχετίζονται με την πίεση λειτουργίας	Ποσοστιαία μεταβολή αστοχιών αγωγών και συνδέσεων / ποσοστιαία μεταβολή πίεσης	$[\Delta(D28+D29)/(D28+D29)]/(\Delta D34/D34)$	αστοχίες/m
Op68	Αριθμός ημερών που απαιτούνται για την επισκευή γεγονότων διαρροών	Συνολικός αριθμός ημερών που απαιτούνται για την επισκευή γεγονότων διαρροών / συνολικό αριθμό επισκευών	D70 / D71	ημέρες/επιδιόρθωση
Ph16	Κάτοικοι ανά υδρόμετρο	Αριθμός κατοίκων /αριθμός υδρομέτρων	E5/E6	Inh/wm
Ph17	Ενέργεια ανά όγκο	Χρησιμοποιούμενη ενέργεια (KWh) / Εισερχόμενο νερό (m ³)	D68 / A3	KWh/m ³

Πηγή: Kanakoudis et al., 2013



31 Νέοι δείκτες απόδοσης IV

Δείκτης Απόδοσης		Ερμηνεία	Τύπος	Μονάδες μέτρησης
Ph18	Αναλογία οικιακών υδρομέτρων ηλικίας μικρότερης από 5 χρόνια	(οικιακά υδρόμετρα ηλικίας μικρότερης από 5 χρόνια / συνολικό αριθμό υδρομέτρων)*100	(C28/E6)*100	%
Ph19	Αναλογία οικιακών υδρομέτρων ηλικίας από 5 έως 10 χρόνια	(οικιακά υδρόμετρα ηλικίας 5 -10 ετών / συνολικός αριθμός υδρομέτρων)*100	(C29/E6)*100	%
Ph20	Αναλογία οικιακών υδρομέτρων ηλικίας μεγαλύτερης από 10 χρόνια	(οικιακά υδρόμετρα ηλικίας μεγαλύτερης από 10 ετών / συνολικός αριθμός υδρομέτρων)*100	(C37/E6)*100	%
QS35	Μέγεθος οικιακής κατανάλωσης	(Οικιακή καταάλωση / συνολική κατανάλωση)*100	(E12/A14)*100	%
QS36	Μέγεθος εμπορικής κατανάλωσης	(Εμπορική κατανάλωση / συνολική κατανάλωση)*100	(E13/A14)*100	%
QS37	Αναλογία παραπόνων για χαμηλή πίεση	(Αριθμός παραπόνων για χαμηλή πίεση / συνολικός αριθμός παραπόνων)*100	(F27/F15)*100	%
QS38	Παράπονα σχετικά με χαμηλή πίεση ανά υδρόμετρο	Αριθμός παραπόνων για χαμηλή πίεση / Αριθμός υδρομέτρων	F16/E6	

Πηγή: Kanakoudis et al., 2013



31 Νέοι δείκτες απόδοσης V

Δείκτης Απόδοσης		Ερμηνεία	Τύπος	Μονάδες μέτρησης
QS39	Βαθμός ικανοποίησης των καταναλωτών	(ικανοποιημένοι πελάτες / συνολικός εξυπηρετούμενος πληθυσμός)*100	$(F24/F1)*100$	%
QS40	Βαθμός ικανοποίησης για το νερό βρύσης	(ικανοποιημένοι πελάτες που πίνουν νερό βρύσης / συνολικός εξυπηρετούμενος πληθυσμός)*100	$(F25/F1)*100$	%
QS41	Βαθμός ικανοποίησης για τη γεύση του νερού	(πελάτες που επηρεάζονται από τη γεύση και τη χλωρίωση του νερού / συνολικός εξυπηρετούμενος πληθυσμός)*100	$(F26/F1)*100$	%
QS42	Βαθμός εκτίμησης των υπαλλήλων σχετικά με την ικανοποίηση των πελατών	(Αριθμός υπαλλήλων που θεωρούν ότι οι πελάτες είναι ικανοποιημένοι / συνολικός αριθμός υπαλλήλων)*100	$(F28/B1)*100$	%

Πηγή: Kanakoudis et al., 2013



Απαιτούμενες Μεταβλητές I

Αριθμός	Μεταβλητή	Μονάδες μέτρησης	
1	A23	Νερό που πωλείται αλλά δεν αποδίδει έσοδα (πωλείται αλλά δεν εισπράττεται)	m ³
1	A24	Νερό που πωλείται και αποδίδει έσοδα (εισπράττεται)	m ³
1	A25	Διαφορά Παγίου (MCD)	m ³
1	A26	Λογιστικό NRW	m ³
1-i	A27(a-i)	Απόληψη νερού από τον ίδιο υδατικό πόρο	m ³
1	C26	Αριθμός δεξαμενών οροφής	no.
1	C27	Μέσο ύψος κτιρίων	m
1	C28	Οικιακοί υδρομετρητές ηλικίας μικρότερης από 5 χρόνια	no.
1	C29	Οικιακοί υδρομετρητές ηλικίας από 5 έως 10 χρόνια	no.
1	C30	Όγκος δεξαμενών οροφής	m ³
1	C31	Συνολικός αριθμός συσκευών	no.
1-i	C32(a-i)	Μήκος αγωγών ίδιου υλικού	Km
1-i	C33(a-i)	Μήκος αγωγών ίδιας διαμέτρου	Km
1-i	C34(a-i)	Μήκος αγωγών ίδιου υλικού και ίδιας διαμέτρου	Km

Πηγή: Kanakoudis et al., 2013



Απαιτούμενες Μεταβλητές II

Αριθμός	Μεταβλητή	Μονάδες μέτρησης
1-i	C35(a-i) Μήκος αγωγών ίδιας ηλικίας	Km
1-i	C36(a-i) Συντελεστής τραχύτητας	
1	C37 Οικιακοί υδρομετρητές ηλικίας μεγαλύτερης από 10 χρόνια	No.
1	D66 Ελάχιστη πίεση λειτουργίας	m
1	D67 Μέγιστη πίεση λειτουργίας	m
1	D68 Χρησιμοποιούμενη ενέργεια	KWh
1	D69 Μετρητές παροχής που αντικαταστάθηκαν	no.
1	D70 Χρόνος απόκρισης για επισκευή γεγονότων διαρροών	hours
1	D71 Συνολικός αριθμός επισκευών που πραγματοποιήθηκαν	no.
1	D72 Ανθρακικό αποτύπωμα που παράχθηκε στην διαδικασία παροχής νερού	tons of CO ₂
1	D73 Πραγματική ενέργεια που διαχέεται στις απώλειες τριβής	KWh
1	D74 Αξία των απωλειών τριβής σε ένα δίκτυο χωρίς διαρροές	KWh
1	D75 Ενέργεια που μεταφέρεται στους χρήστες	KWh
1	D76 Ελάχιστη απαιτούμενη χρήσιμη ενέργεια	KWh
1	D77 Ενέργεια που φεύγει μέσω των διαρροών	KWh
1	D78 Εισερχόμενη ενέργεια που παρέχεται από τις δεξαμενές	KWh

Πηγή: Kanakoudis et al., 2013



Απαιτούμενες Μεταβλητές III

Αριθμός	Μεταβλητή	Μονάδες μέτρησης	
1-i	D79(a-i)	Αριθμός αστοχιών των αγωγών του ίδιου υλικού	no.
1-i	D80(a-i)	Αριθμός του ίδιου τύπου αστοχιών στους αγωγούς και τις συνδέσεις	no.
1	E12	Οικιακή κατανάλωση	m ³
1	E13	Εμπορική κατανάλωση	m ³
1-i	E14(a-i)	Χρήση νερού (οικιακή, εμπορική, βιομηχανική)	m ³
1	F24	Αριθμός ικανοποιημένων πελατών	no.
1	F25	Αριθμός ικανοποιημένων πελατών που πίνουν νερό βρύσης	no.
1	F26	Αριθμός πελατών που επηρεάζονται από την γεύση και τη χλωρίωση του πόσιμου νερού	no.
1	F27	Αριθμός παραπόνων σχετικών με χαμηλή πίεση	no.
1	F28	Αριθμός των υπαλλήλων που θεωρούν ότι οι πελάτες είναι ικανοποιημένοι	no.
1	G59	Κόστος για την διασφάλιση παροχής νερού	€

Πηγή: Kanakoudis et al., 2013



Κάποιοι επιπλέον δείκτες απόδοσης:

LOS_{NRW}

- Ο αδιάστατος δείκτης LOS_{NRW} δηλώνει πόσες φορές περισσότερο είναι το μη ανταποδοτικό νερό από το ελάχιστο:

$$\text{LOS}_{\text{NRW}} = \text{NRW}_C / \text{NRW}_M$$

Όπου:

- NRW_C είναι η τρέχουσα τιμή του Μη Ανταποδοτικού Νερού σε $\text{m}^3/\text{χρονική μονάδα}$ και
- NRW_M είναι η ελάχιστη τεχνικά επιτεύξιμη τιμή του Μη Ανταποδοτικού Νερού σε $\text{m}^3/\text{χρονική μονάδα}$. Αυτή η τιμή του Μη Ανταποδοτικού Νερού επιτυγχάνεται όταν: (α) οι πραγματικές απώλειες λάβουν την βέλτιστη τεχνικά επιτεύξιμη τιμή τους UARL_{opt} , (β) οι φαινόμενες απώλειες λάβουν την αποδεκτή τιμή του 2% του εισερχόμενου νερού στο σύστημα (Charalambous and Hamilton, 2012) και (γ) η μη τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση λάβει την ελάχιστη τιμή με βάση την πολιτική της εταιρείας ύδρευσης (συνήθως δεν ξεπερνά το 1% του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο).



Κάποιοι επιπλέον δείκτες απόδοσης:

$$NRW_M$$

- Έτσι το NRW_M μπορεί να εκφραστεί:

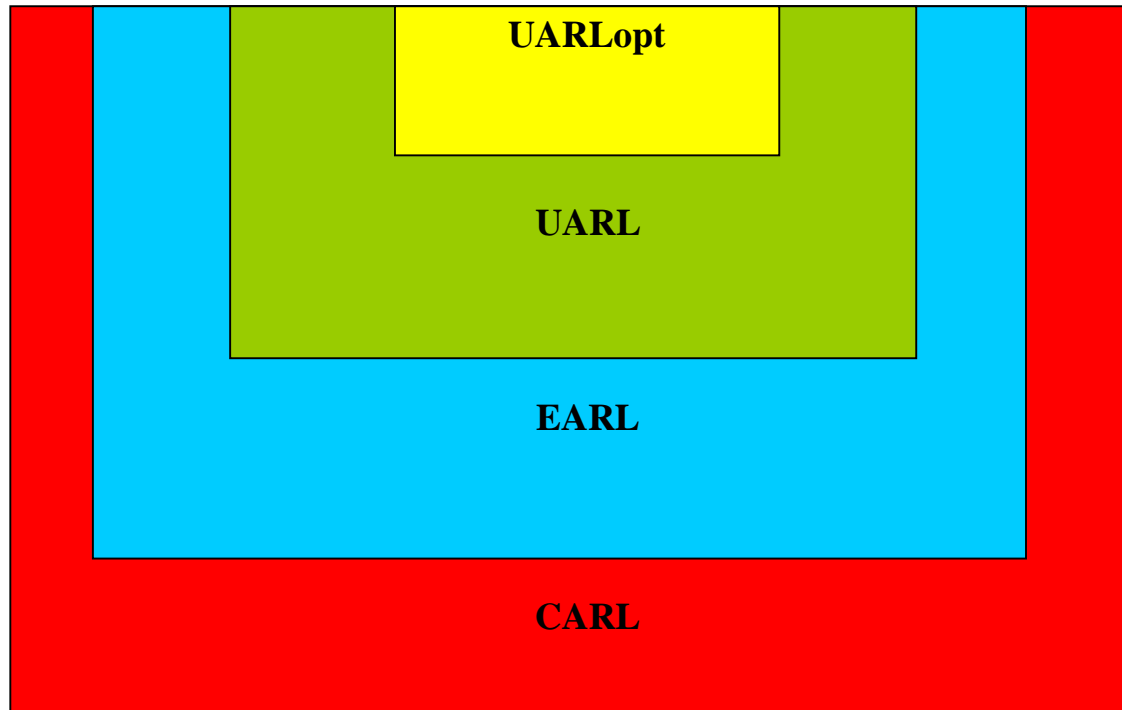
$$NRW_M = UARL_{opt} + 2\% \times SIV + UnAC_M$$

Όπου

- $UARL_{opt}$ είναι η βέλτιστη τιμή των αναπόφευκτων πραγματικών απωλειών που επιτυγχάνεται όταν η πίεση λειτουργίας λάβει την ελάχιστη δυνατή τιμή της,
- SIV είναι ο εισερχόμενος όγκος νερού στο σύστημα,
- $UnAC_M$ είναι η ελάχιστη τιμή της μη τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης.



CARL, EARL, UARL



Κάποιοι επιπλέον δείκτες απόδοσης:

$$ILI_{MAL}$$

- Ο δείκτης ILI_{MAL} εκτιμά το μέγεθος των πραγματικών απωλειών σε σχέση με τις βέλτιστες τεχνικά επιτεύξιμες αναπόφευκτες πραγματικές απώλειες.

$$ILI_{MAL} = CARL / UARL_{opt}$$

Όπου

- ILI_{MAL} είναι ο αδιάστατος δείκτης ILI_{malus} ,
- $CARL$ είναι οι τρέχουσες πραγματικές απώλειες του δικτύου και
- $UARL_{opt}$ είναι οι βέλτιστες αναπόφευκτες απώλειες.
- Στόχος αυτού του δείκτη είναι να δείξει το μέγεθος των πραγματικών απωλειών σε σχέση με το βέλτιστο σημείο τους. Είναι προφανές ότι ο δείκτης ILI παίρνει μικρότερες τιμές από τον ILI_{MAL} .



Βιβλιογραφία

- Cabrera, E.M., Pardo, M.A., Cobacho, R., & Cabrera, E.Jr. (2010). Energy Audit of Water Networks. *Water Resources Planning & Management*, 136(6), 669-677.
- Charalambous, B., & Hamilton, S. (2012). *Water Balance – The Next Stage*. Proceedings of the WATERLOSS 2012 Conference, Manila, Philippines.
- Kanakoudis, V., Tsitsifli, S., Samaras, P., Zouboulis, A., and Banovec, P. (2013). A new set of water losses related Performance Indicators focused on areas facing water scarcity conditions. *Desalination & Water Treatment*, 51(13-15), 2994-3010.



Τέλος Ενότητας

Νέοι Δείκτες Αξιολόγησης

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βασίλης Κανακούδης 2015. Βασίλης Κανακούδης. «Διαχείριση και Προσομοίωση Υδροδοτικών Συστημάτων. Νέοι Δείκτες Αξιολόγησης». Έκδοση: 1.0. Βόλος 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.uth.gr/eclass/courses/MHXC131/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

