Περιβαλλοντικές όψεις της διαχείρισης υδατικών πόρων – Θεσμικό πλαίσιο

Ανδρέας Ευστρατιάδης & Δημήτρης Κουτσογιάννης
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Τυπικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε συστήματα υδατικών πόρων

- Τροποποίηση της υδρολογικής δίαιτας σε κλίμακα λεκάνης απορροής (χρονική αναρρύθμιση απορροής, απολήψεις, διαταραχή των αλληλεπιδράσεων μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων νερών)
- Τοπική καταστροφή ενδιαιτημάτων (κατά την κατασκευή ή και τη λειτουργία των μεγάλων έργων αξιοποίησης), παρεμπόδιση ιχθυοπανίδας (φράγματα)
- Ποιοτική υποβάθμιση (ρύπανση) επιφανειακών και υπόγειων υδάτων
- Ρύπανση εδάφους
- Υφαλμύριση (παράκτιοι υδροφορείς)
- Καθιζήσεις εδαφών (υπεράντληση)
- Παρεμπόδιση στερεοαπορροής, λόγω της παρεμβολής φραγμάτων
- Ερημοποίηση, λόγω υπερεκμετάλλευσης των μη ανανεώσιμων πόρων

Παραδοσιακή θεώρηση → **Το περιβάλλον ως αποδέκτης των συνεπειών της διαχείρισης του νερού**

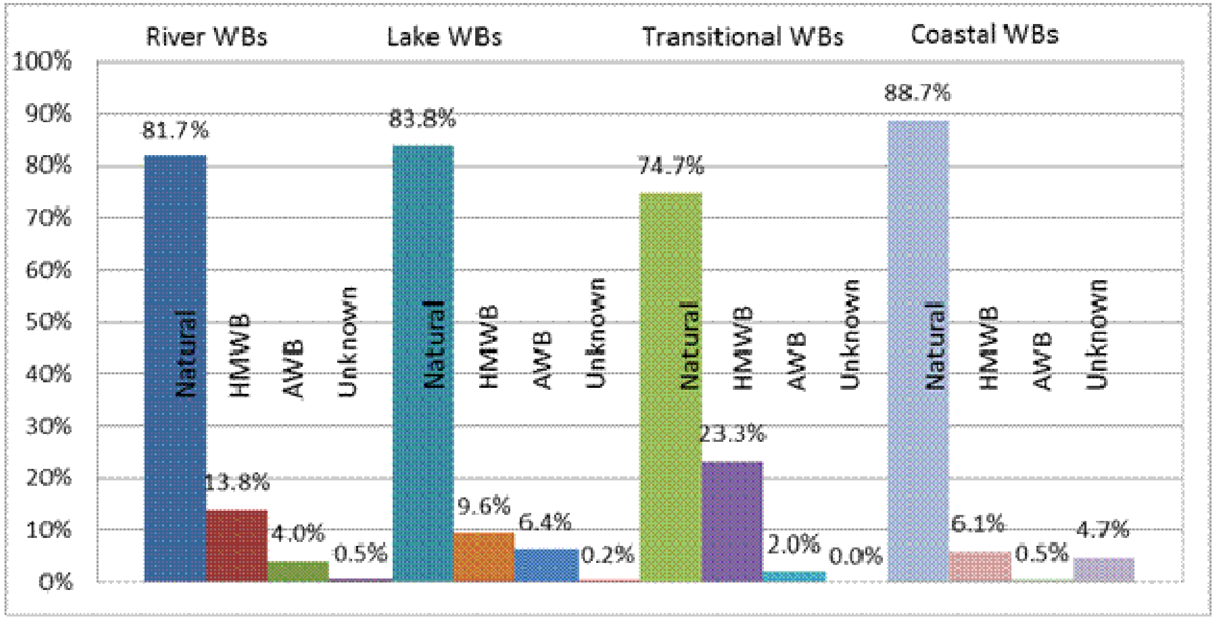
Σύγχρονη θεώρηση → **Το περιβάλλον ως ισότιμος χρήστης στη διαχείριση του νερού**

Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ

- **Βασικοί στόχοι** (μέχρι το 2015):
  - Διατήρηση ή αποκατάσταση *καλής οικολογικής κατάστασης* (Good Ecological Status) για όλα τα επιφανειακά και υπόγεια νερά.
  - Διατήρηση της κατάστασης των σωμάτων που ήδη χαρακτηρίζονται από *υψηλή οικολογική κατάσταση* (High Ecological Status).
  - Εξασφάλιση *καλών οικολογικών προοπτικών* (Good Ecological Potential) για τα ιδιαιτέρως τροποποιημένα (heavily modified) σώματα.
- **Βασικές αρχές**:
  - Αξιολόγηση οικολογικής κατάστασης με βάση βιολογικούς (πρωτεύον κριτήριο) και υδρομορφολογικούς δείκτες (δευτερεύον κριτήριο).
  - Κατάρτιση ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης σε επίπεδο περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού.
  - Πλήρης καταμερισμός και ανάκτηση του κόστους χρήσης του ύδατος, σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων και ο χρήστης πληρώνουν».
  - Ενεργός συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων (stakeholders) στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, μέσω δημόσιας διαβούλευσης.
  - Προτεραιότητα στον προληπτικό σχεδιασμό και τα μη κατασκευαστικά μέτρα, έναντι της κατασκευής νέων έργων.
  - Θεσμική κατοχύρωση περιβαλλοντικών όρων (και επισήμανση εξαιρέσεων).

Κατάταξη υδάτινων σωμάτων στην ΕΕ

- Ως προς το φυσικό καθεστώς:
  - Ποτάμια (river)
  - Λιμναία (lake)
  - Μεταβατικά (transitional)
  - Παράκτια (coastal)
- Ως προς το οικολογικό καθεστώς:
  - Φυσικά
  - Τεχνητά
  - Ιδιαιτέρως τροποποιημένα



Πηγή: WISE-WFD (http://forum.eionet.europa.eu/nrc-eionet-freshwater/library/public-section/2012-state-water-thematic-assessments/draft-hydromorphology-consultation/2.-heavily-modified-and-artificial-waters)

Η έννοια της οικολογικής παροχής

- Η οικολογική παροχή είναι βασική συνιστώσα των περιβαλλοντικών μέτρων που λαμβάνονται σε ιδιαιτέρως τροποποιημένα ποτάμια.
- Κατά κανόνα αναφέρεται στη διατήρηση μιας ελάχιστης ροής κατάντη φραγμάτων (σταθερής η εποχιακά μεταβαλλόμενης), με σκοπό την προστασία των κατάντη οικοσυστημάτων.
- Η υγεία και βιωσιμότητα των ποτάμιων οικοσυστημάτων εξαρτάται από το καθεστώς ροής, τα υδραυλικά (ταχύτητες ροής) και γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κύριας κοίτης και της παρόχθιας ζώνης, την πραγματοποίηση απολήψεων, την ύπαρξη φυσικών ή τεχνητών φραγμών στη συνέχεια του ποταμού, κτλ.
- Η οικολογική παροχή εισάγει επιπλέον περιορισμούς στη λειτουργία των ταμιευτήρων, είτε επειδή μειώνει το απολήψιμο δυναμικό τους (καθώς μέρος του αποθηκευμένου όγκου δεσμεύεται για περιβαλλοντική χρήση) είτε επειδή επιβάλλει διαφορετικό χρονοδιάγραμμα εκροών (π.χ. σε σχέση με τον προγραμματισμό της ενεργειακής παραγωγής σε Υ/Η ταμιευτήρες).
- Η υλοποίηση της οικολογικής παροχής περιλαμβάνει δύο στάδια:
  - την εκτίμηση των «θεωρητικών» αναγκών των οικοσυστημάτων που αναπτύσσονται κατά μήκος του ποταμού και στις εκβολές του, σε όρους ποσότητας, ποιότητας και χρονικής διαθεσιμότητας της ροής·
  - την προσαρμογή της λειτουργίας των φραγμάτων, ώστε να ικανοποιούνται οι εν λόγω ανάγκες, υπό τους υφιστάμενους τεχνικούς και διαχειριστικούς περιορισμούς (χρήσεις νερού).

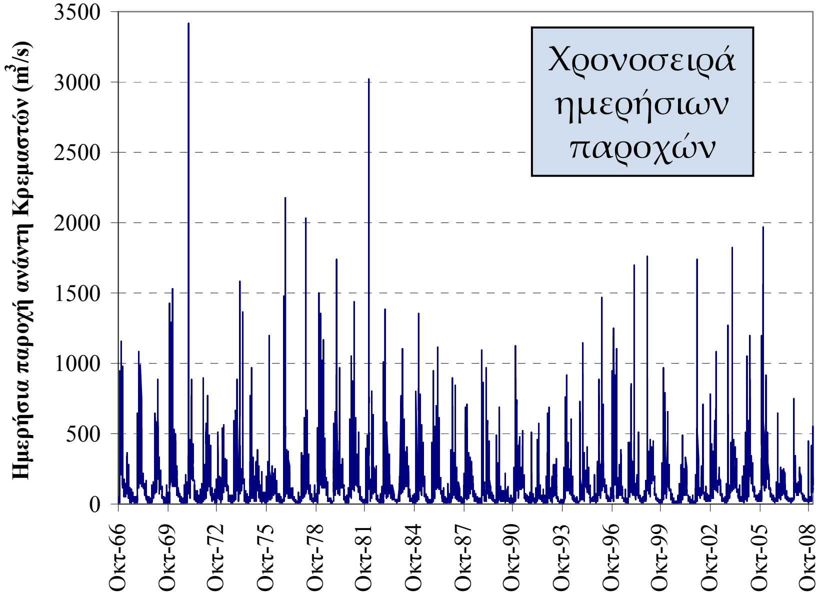
Εκτίμηση περιβαλλοντικών ροών

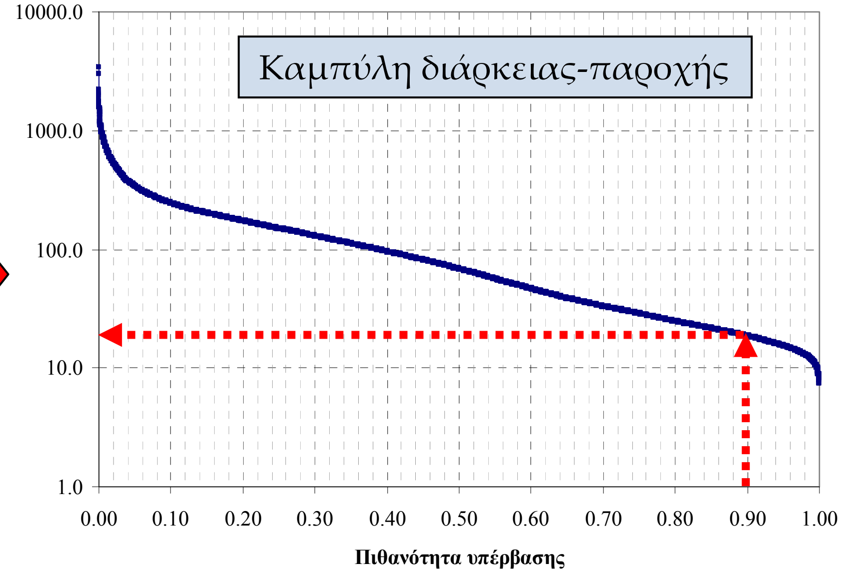
- Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών ροών (environmental flow assessment, EFA) αφορά στις θεωρητικές ανάγκες των οικοσυστημάτων, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη άλλοι περιορισμοί πέραν των φυσικών.
- Για τον λόγο αυτό, στις αναλύσεις θεωρούνται πάντοτε τα φυσικοποιημένα μεγέθη παροχών, τα οποία αναφέρονται στις συνθήκες ροής πριν την κατασκευή υδροληπτικών ή/και αναρρυθμιστικών έργων στη λεκάνη απορροής.
- Οι μέθοδοι εκτίμησης εντάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες:
  - **Υδρολογικές**: Χρησιμοποιούν υδρολογικά, και μόνο, δεδομένα (ήτοι χρονοσειρές παροχής, σε διάφορες χρονικές κλίμακες), με το σκεπτικό ότι η παροχή αποτελεί την ουσιώδη πληροφορία που επηρεάζει όλες τις ποτάμιες διεργασίες.
  - **Υδραυλικές**: Χρησιμοποιούν υδραυλικά, μορφολογικά και γεωμετρικά μεγέθη που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα των ενδιαιτημάτων και, συνακόλουθα, τη βιωσιμότητα των αντίστοιχων οικοσυστημάτων.
  - **Προσομοίωσης ενδιαιτημάτων**: Χρησιμοποιούν υδρολογικά, υδραυλικά και βιολογικά δεδομένα και μαθηματικά μοντέλα που αναπαριστούν λεπτομερώς τη συμπεριφορά επιλεγμένων ποτάμιων οργανισμών (συνήθως κάποιων ειδών ψαριών), για διάφορες συνθήκες ροής.
  - **Ολιστικές**: Συνδυάζουν πολλαπλές πηγές δεδομένων και τη γνώση από διαφορετικές επιστημονικές περιοχές, με σκοπό την κατάρτιση βιώσιμων διαχειριστικών πολιτικών.

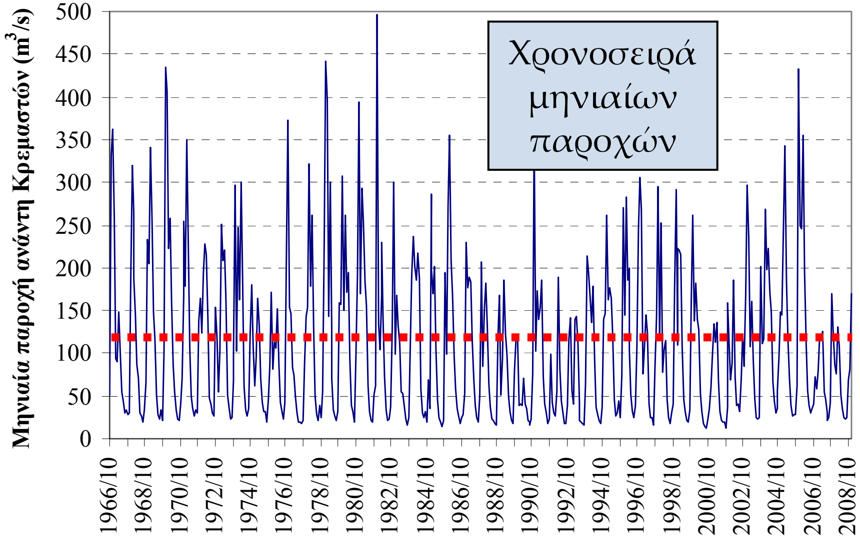
Απλές υδρολογικές μέθοδοι

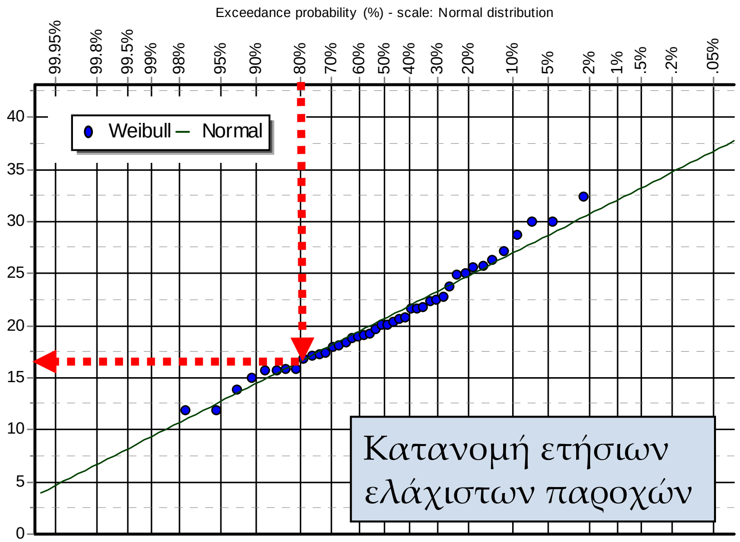
- Χρησιμοποιούνται τυπικοί στατιστικοί δείκτες, όπως ποσοστά της μέσης ετήσιας παροχής (MAF), πιθανότητες υπέρβασης ή χαρακτηριστικά ποσοστημόρια.
- Σύμφωνα με τη Γαλλική Αλιευτική Νομοθεσία (French Freshwater Fishing Law, 1984), η οικολογική παροχή ορίζεται ως το 2.5 και 10% της MAF, για υφιστάμενα και νέα σχήματα έργων, αντίστοιχα. Στην Ισπανία γενικά εφαρμόζεται το ποσοστό 10%, ενώ στην Πορτογαλία το εν λόγω ποσοστό κυμαίνεται από 2.5 έως 5%.
- Στην Ελλάδα συχνά θεωρείται η μέση παροχή του ξηρότερου μήνα ή η ελάχιστη παροχή μιας χαμηλής περιόδου επαναφοράς (π.χ. 5 ετών), που προκύπτει από την στατιστική ανάλυση μηνιαίων δειγμάτων παροχών.
- Ακριβέστερες εκτιμήσεις προκύπτουν από τη μελέτη της δίαιτας των παροχών στην ημερήσια κλίμακα, με χρήση καμπυλών διάρκειας-παροχών.
- Για την κατάρτιση των καμπυλών απαιτούνται συνεχή δεδομένα ημερήσιων παροχών για τουλάχιστον δέκα έτη. Για την εμπειρική κατασκευή των καμπυλών, αρκεί η ταξινόμηση της χρονοσειράς μέσων ημερήσιων παροχών σε φθίνουσα σειρά και η αντιστοίχιση μιας εμπειρικής πιθανότητας υπέρβασης (π.χ. κατά Weibull).
- Στη Μ. Βρετανία (και την Αυστραλία), ως οικολογική παροχή έχει θεσπιστεί η Q_{95}, που αντιστοιχεί στη ροή που είναι διαθέσιμη το 95% του χρόνου (Acreman *et al.*, 2008).
- Άλλες χώρες εφαρμόζουν πιο συντηρητικά όρια, π.χ. Q_{90} (Καναδάς, Βραζιλία), ενώ σε ορισμένες περιοχές τα όρια είναι πολύ πιο χαμηλά, όπως η παροχή της ξηρότερης μέρας του έτους.

Παράδειγμα εκτίμησης οικολογικής παροχής









Η μέθοδος Tennant

- Η μέθοδος Tennant ή Montana (Tennant, 1976) ορίζει κρίσιμα ποσοστά της μέσης ετήσιας παροχής για την υγρή και ξηρή περίοδο του έτους, που συνδέονται με την οικολογικές συνθήκες του ποταμού (βλ. πίνακα).
- Σε αντίθεση με τις εμπειρικές υδρολογικές προσεγγίσεις, τα εν λόγω ποσοστά έχουν προκύψει με βάση μακροχρόνιες παρατηρήσεις της δίαιτας των πληθυσμών ψαριών σε ποτάμια των ΗΠΑ, και της συσχέτισής τους με τις υδρολογικές συνθήκες.
- Η επίτευξη «καλών» οικολογικών συνθηκών επιτυγχάνεται με τη διατήρηση του 20% της μέσης ετήσιας παροχής κατά την ξηρή περίοδο και του 40% κατά την υγρή.
- Το 10% της μέσης ετήσιας παροχής σε όλη τη διάρκεια του έτους αντιστοιχεί σε «φτωχές» ή «ελάχιστα αποδεκτές» συνθήκες, ενώ κάτω από αυτό το όριο το ποτάμιο σύστημα θεωρείται ότι εισέρχεται σε συνθήκες σοβαρής υποβάθμισης.

Πίνακας: Κρίσιμες τιμές παροχής (ως ποσοστά της μέσης ετήσιας παροχής) και συσχέτισή τους με την κατάσταση των ενδιαιτημάτων, κατά Tennant (1976).

Περιγραφή συνθηκών	Ξηρή περίοδος	Υγρή περίοδος
Εξαιρετικές (outstanding)	40%	60%
Πολύ καλές (excellent)	30%	50%
Καλές (good)	20%	40%
Μέτριες, προς υποβάθμιση (fair or degrading)	10%	30%
Φτωχές ή οριακά αποδεκτές (poor or minimum)	10%	10%
Σοβαρή υποβάθμιση (severe degradation)	< 10%	< 10%

Σύνθετες υδρολογικές μέθοδοι

- **Basic Flow Method (BFM)**
  - Αναπτύχθηκε στην Ισπανία, αρχικά για τη λεκάνη απορροής του ποταμού Ebro, αλλά έχει εφαρμοστεί και σε άλλες περιοχές (Palau and Alcázar, 1996, 2012).
  - Ορίζει μια βασική ροή διατήρησης, η οποία προσαυξάνεται ανάλογα με τη μεταβλητότητα της απορροής κάθε μήνα.
  - Εκτός της οικολογικής παροχής, προσδιορίζει δύο ακόμη κρίσιμες ροές, ήτοι τη *ροή πλήρωσης* (bankfull flow), που αντιπροσωπεύει την κυρίαρχη παροχή σε συνθήκες δυναμικής ισορροπίας, και εκτιμάται ως η πλημμυρική παροχή περιόδου επαναφοράς $T = 1.58–2.33$ ετών, καθώς και τη *μέγιστη ροή* (maximum flow), που εκτιμάται ως η πλημμυρική παροχή 25 ετών.
- **Range of Variability Approach (RVA)**
  - Η πλέον πολύπλοκη από τις υδρολογικές προσεγγίσεις, η οποία χρησιμοποιεί 32 παραμέτρους (υδρολογικοί δείκτες) που σχετίζονται με τις αλλαγές στη ροή και επηρεάζουν την ποιότητα των οικοσυστημάτων (Richter *et al.*, 1996, 1997).
  - Οι εν λόγω δείκτες αναφέρονται σε στατιστικά χαρακτηριστικά της παροχής και σε διάφορα χρονικά μεγέθη, τόσο για τις χαμηλές όσο και τις υψηλές ροές.
  - Από την εφαρμογή της μεθόδου προκύπτει ένα *επιθυμητό εύρος παροχών* για κάθε μήνα του έτους (σε αντιδιαστολή με μια μοναδική τιμή οικολογικής ροής).
  - Αν δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία, το εύρος αυτό ορίζεται ως μία τυπική απόκλιση εκατέρωθεν της μέσης μηνιαίας παροχής.

Αναφορές – Βιβλιογραφία

- Acreman, M.C. and Dunbar, M.J., Defining environmental river flow requirements – a review, *Hydrology and Earth System Sciences*, 8, 861–876, 2004.
- Acreman, M.C., Dunbar, M.J., Hannaford, J., Mountford, O., Wood, P., Holmes, N., Cowx, I., Noble, R., Extence, C., Aldrick, J., King, J., Black, A. and Crookall, D., Developing environmental standards for abstractions from UK rivers to implement the EU Water Framework Directive, *Hydrological Sciences Journal*, 53(6), 1105–1120, 2008.
- Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy, *Official Journal of the European Communities*, L327, 2000.
- Efstratiadis, A., Tegos, A., Varveris, A. and Koutsoyiannis, D., Assessment of environmental flows under limited data availability – Case study to Acheloos River, Greece, *Hydrological Sciences Journal*, 2013 (in press).
- Gippel, C.J. and Stewardson, M.J., Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows, *Regulated Rivers: Research and Management*, 14, 53-67, 1998.
- Palau, A. and Alcázar, J., The Basic Flow: An alternative approach to calculate minimum environmental instream flows, *Proceedings of 2nd International Symposium on Habitats Hydraulics*. Ecohydraulics 2000, Quebec, Vol. A, 547-558, 1996.
- Palau, A. and Alcázar, J., The Basic Flow method for incorporating flow variability in environmental flows, *River Research and Applications*, 28, 93–102, 2012.
- Petts, G.E., Instream flow science for sustainable river management, *Journal of the American Water Resources Association*, 45(5), 1071–1086, 2009.
- Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., and Braun, D.P., A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems, *Conservation Biology*, 10, 1163–1174, 1996.
- Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Wigington, R. and Braun, D.P., How much water does a river need? *Freshwater Biology*, 37, 231–249, 1997.
- Smakhtin, V.U., Low flow hydrology: a review, *Journal of Hydrology*, 240, 147–186, 2001.
- Suen J.P. and Eheart, J.W., Reservoir management to balance ecosystem and human needs: incorporating the paradigm of the ecological flow regime, *Water Resources Research*, 42(3), W03417, 2006.
- Tennant D.L., Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources, *Fisheries*, 1(4), 6-10, 1976.
- Tharme R.E., A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers, *River Research and Applications*, 19, 397–441, 2003.