



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ

«Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων»

## *Αξιοποίηση και Διαχείριση Διακρατικών Υπόγειων Υδροφορέων*

**Καραγεωργόπουλος Α. Απόστολος**

**Επιβλέπων: Ι. Κουμαντάκης,**

**Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ**

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ»**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2017**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία προέκυψε μετά από προτροπή και συζήτηση με τον Ομότιμο καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου του τομέα Γεωλογικών Επιστημών της Σχολής Μηχανολόγων Μεταλλείων και Μεταλλουργών κ. Κουμαντάκη Ιωάννη. Η παρούσα διπλωματική με τίτλο:

### **«Αξιοποίηση και Διαχείριση Διακρατικών Υπόγειων Υδροφορέων»**

μου ανατέθηκε από τον Ομότιμο καθηγητή κ. Κουμαντάκη Ιωάννη, ο οποίος και ήταν ο επιβλέπων καθηγητής.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση και περάτωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Οφείλω αρχικά να ευχαριστήσω προσωπικά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κουμαντάκη Ιωάννη για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς και για τη συνεργασία, την υποστήριξη και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της, οδηγώντας με επιτυχώς στην ολοκλήρωσή της. Είναι αδύνατον να μην αναφερθώ επίσης στις καίριες και στοχευμένες παρατηρήσεις και διορθωτικές προτάσεις του στα κείμενα και στη διάρθρωση της ύλης.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Ζητώ επίσης την κατανόηση της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής για ενδεχόμενα λάθη, ανεπιτυχή μεταφορά αγγλικών όρων στην Ελληνική γλώσσα και τη μερική ή καθόλου κάλυψη ορισμένων θεμάτων της αξιοποίησης και διαχείρισης των διακρατικών υπόγειων υδροφορέων. Τα τελευταία συνδέονται με την περιορισμένη βιβλιογραφία στον Ελλαδικό χώρο εξαιτίας της σχετικά πρόσφατης ανάπτυξης της έρευνας και των τεχνολογικών εφαρμογών της διαχείρισης των διακρατικών υπόγειων υδάτων.

**Οκτώβριος 2017**

**Καραγεωργόπουλος  
Απόστολος**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	VI
ABSTRACT .....	VII
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
1.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	8
1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	10
1.3 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	11
2. ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	12
2.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ .....	12
2.2 ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟΙ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ.....	15
2.3 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ.....	20
2.4 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ.....	30
2.5 ΧΑΡΤΕΣ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ .....	36
3. ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ.....	42
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	42
3.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ.....	42
3.3 ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟΙ ΤΥΠΟΙ.....	44
4. Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	57
4.1 ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΕΣ ΣΥΜΦΩΝΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΕΘΝΗ ΥΔΑΤΑ.....	57
4.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	60
4.3 ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΕΘΝΩΝ .....	60
4.4 ΟΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΙΚΑΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ .....	64
4.5 Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2000/ 60.....	65
4.5.1. ΕΝΤΑΞΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ .....	66
5. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ.....	67
5.1 Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	67

5.1.1	ΑΠΕΙΛΟΥΜΕΝΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ.....	69
5.1.2	ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ .....	71
5.1.3	Η ΣΥΧΝΑ ΑΓΝΩΣΤΗ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ .....	73
5.2	ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ .....	74
5.2.1	«ΑΟΡΑΤΟΙ» ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΠΟΥ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΟΥΝ ΜΕ ΤΟ ΥΠΕΔΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	74
5.2.2	ΣΥΝΘΕΤΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΠΛΟΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ .....	75
5.2.3	Η ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ .....	77
5.2.4	Η ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΕΚΕΙΝΩΝ ΜΕ «ΟΡΥΚΤΟ» ΝΕΡΟ . .....	78
5.2.5	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ .....	79
5.3	Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ.....	80
5.4	ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ.....	83
5.4.1	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ .....	84
5.4.2	ΝΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ Διεθνή νομικά εργαλεία .....	90
5.4.3	ΘΕΣΜΙΚΑ, ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ .....	92
5.4.4	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΟΝΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ.....	94
5.4.5	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΡΤΑΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ .....	95
5.4.6	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	96
5.5	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	97
5.5.1	ΣΕ ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ .....	98
5.5.2	ΣΕ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ Προκαταρκτικές τεχνικές επαφές.....	103
5.5.3	ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ..110	
5.5.4	Η ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΝΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ .....	111
6.	ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	117

6.1	ΕΛΛΑΔΑ .....	117
6.1.1	Ο ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΔΟΪΡΑΝΗΣ.....	117
6.1.2	Ο ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ ΣΤΑΜΒΟΛΟ- ΟΡΕΣΤΙΑΔΑΣ.....	137
6.2	ΑΦΡΙΚΗ.....	155
6.2.1	ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ NUBIAN SANDSTONE .....	155
6.3	ΑΜΕΡΙΚΗ.....	173
6.3.1	ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ HIGH PLAINS .....	173
7.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	198
8.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	202
9.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	221

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η αναζήτηση, η καταγραφή, η ανάλυση και η αξιολόγηση της υπάρχουσας διαθέσιμης βιβλιογραφίας που αφορά τη διαχείριση και την αξιοποίηση των διακρατικών υπόγειων υδροφορέων και ταυτόχρονα η εμπάθυνση της γνώσης των υπόγειων υδάτινων συστημάτων, η αξιολόγηση των διαθέσιμων δεδομένων και η προσπάθεια εφαρμογής μίας συνεργατικής, δίκαιης και βιώσιμης διαχείρισης αυτών των πόρων.

Αρχικά γίνεται μία πρώτη εισαγωγή για τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς με μία σύντομη περιγραφή των χαρακτηριστικών τους, αναφέρονται και σχολιάζονται περιληπτικά ορισμένοι διεθνείς οργανισμοί και συνεργασίες αυτών για τα υπόγεια ύδατα και τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς και τέλος παρουσιάζονται μερικά ερευνητικά προγράμματα και έργα που εφαρμόζονται και υλοποιούνται αυτή τη στιγμή στον κόσμο. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η τυπολογία των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων και η περιγραφή των υδρογεωλογικών και διασυνοριακών τύπων τους.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται μία περιγραφή επάνω στα κυριότερα θέματα και ζητήματα που διακυβεύονται όσον αφορά τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς και της ανάγκης για μία πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση βασισμένη στις αρχές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων. Στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά σε ορισμένα υπάρχοντα εργαλεία τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της γνώσης και της διαχείρισης αυτών των πολύτιμων πόρων. Τέλος, εξετάζεται και προτείνεται μία προοδευτική και πολυεπίπεδη προσέγγιση για την εφαρμογή της συνεργατικής, δίκαιης και βιώσιμης διαχείρισης των διασυνοριακών συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων. Επίσης, εξετάζονται ενδεχόμενοι μηχανισμοί για τη δημιουργία και τη βιώσιμη λειτουργία μίας κατάλληλης θεσμικής δομής για τη διαχείριση αυτών των κοινών υπόγειων υδάτινων πόρων.

Ακολούθως, η εργασία επικεντρώνεται σε ενδεικτικές μελέτες περίπτωσης που αφορούν διακρατικούς υπόγειους υδροφορείς στην περιοχή της Ελλάδας, την Αφρική και την Αμερική.

Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με μία σύνοψη των κυριότερων συμπερασμάτων και τη διατύπωση ορισμένων προτάσεων στην κατεύθυνση της ορθολογικής και δίκαιης διαχείρισης των διακρατικών υπόγειων υδροφορέων και των συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων.

## **ABSTRACT**

The purpose of this master thesis was to search, record, analyze and evaluate the existing available literature on the management and exploitation of transboundary groundwater aquifers and, at the same time, the deepening of knowledge of such groundwater systems, to evaluate the available data and to implement a cooperative, equitable and sustainable management of these resources.

Initially, a first introduction is made for transboundary underground aquifers with a brief description of their characteristics, a number of international organizations and their cooperation on groundwater and transboundary groundwater are summarized and commented on and finally some research programs and projects that are currently being implemented and materialized in the world. The typology of transboundary underground aquifers and the description of their hydrogeological and transboundary types are presented below.

Chapter 5 gives a description of the main issues at stake regarding transboundary aquifers and the need for a more integrated and comprehensive approach based on Integrated Water Resources Management (IWRM) principles. An extensive reference is then made to some existing tools that can help in improving the knowledge and management of these precious resources. Finally, a progressive, multi-pronged approach for the implementation of collaborative, equitable and sustainable management of transboundary aquifer systems is being considered and proposed. Consideration is also given to potential mechanisms for the creation and sustainable operation of an appropriate institutional structure for the management of these shared groundwater resources.

Subsequently, the work focuses on indicative case studies on transboundary groundwater in the region of Greece, Africa and America.

This work concludes with a summary of the main conclusions and the formulation of some proposals in the direction of the rational and equitable management of transboundary groundwater aquifers and groundwater aquifer systems.

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ****1.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Τα διασυνοριακά συστήματα υπόγειων υδροφορέων αποτελούν σημαντικές πηγές γλυκού νερού σε πολλές περιοχές του κόσμου, ιδιαίτερα κάτω από άνυδρες, ξηρές και ημι-άνυδρες κλιματικές συνθήκες. Η διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδάτινων πόρων πρέπει να βασίζεται σε αξιόπιστες και βάσιμες επιστημονικές γνώσεις και πληροφορίες και να αποφεύγονται πιθανές συγκρούσεις και διαμάχες μεταξύ των γειτονικών χωρών.

Σε παγκόσμια κλίμακα, η σπουδαιότητα των γλυκών υπόγειων υδάτινων πόρων είναι εμφανώς σημαντική. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Γεωλογικού Ινστιτούτου των Η.Π.Α., το 99% του διαθέσιμου γλυκού νερού στον πλανήτη είναι αποθηκευμένο στο έδαφος. Περίπου το 69% είναι αποθηκευμένο στους παγετώνες (παγόβουνα) και στους μόνιμους όγκους χιονιού και είναι πρακτικά απρόσιτο για ανθρώπινη χρήση. Είναι πολύ ενδιαφέρον να τονιστεί ότι ενώ τα ποτάμια και οι λίμνες κατέχουν μόλις το 0,3% του συνολικού ποσού του διαθέσιμου γλυκού νερού, τα γλυκά υπόγεια νερά αντιπροσωπεύουν περίπου το 97% του παγκόσμιου γλυκού νερού, με το υπόλοιπο να αποθηκεύεται ως εδαφική υγρασία. Αυτά τα υπόγεια ύδατα βρίσκονται σε βάθη έως και 4.000 μέτρα και το μισό αυτού του ποσού είναι τεχνικά διαθέσιμο σε βάθη μικρότερα των 800 μέτρων.

Σύμφωνα με την τελευταία Παγκόσμια Έκθεση Υδατικής Αξιοποίησης του ΟΗΕ (WWDR, 2003) η διασυνοριακή ποτάμια υδατική ροή εκτιμάται ως 42.800 km<sup>3</sup>, ενώ οι διασυνοριακοί γλυκοί υπόγειοι υδατικοί πόροι προσφέρουν πολύ υψηλότερες ποσότητες (όγκους) υψηλής ποιότητας νερού οι οποίοι εκτιμώνται ως 23.400.000 km<sup>3</sup>. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών, περισσότερες από 200 διεθνείς συνθήκες για τα διασυνοριακά υδατορέματα έχουν συμφωνηθεί και σε αρκετές λεκάνες απορροής οι διεθνείς επιτροπές νερού εφαρμόζουν αποτελεσματικά τις αρχές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων (IWRM). Το ίδιο ωστόσο δεν ισχύει για τους διασυνοριακούς υπόγειους υδατικούς πόρους, όπου υπάρχει σημαντική έλλειψη διεθνών συμβάσεων καθώς και διμερών συμφωνιών.

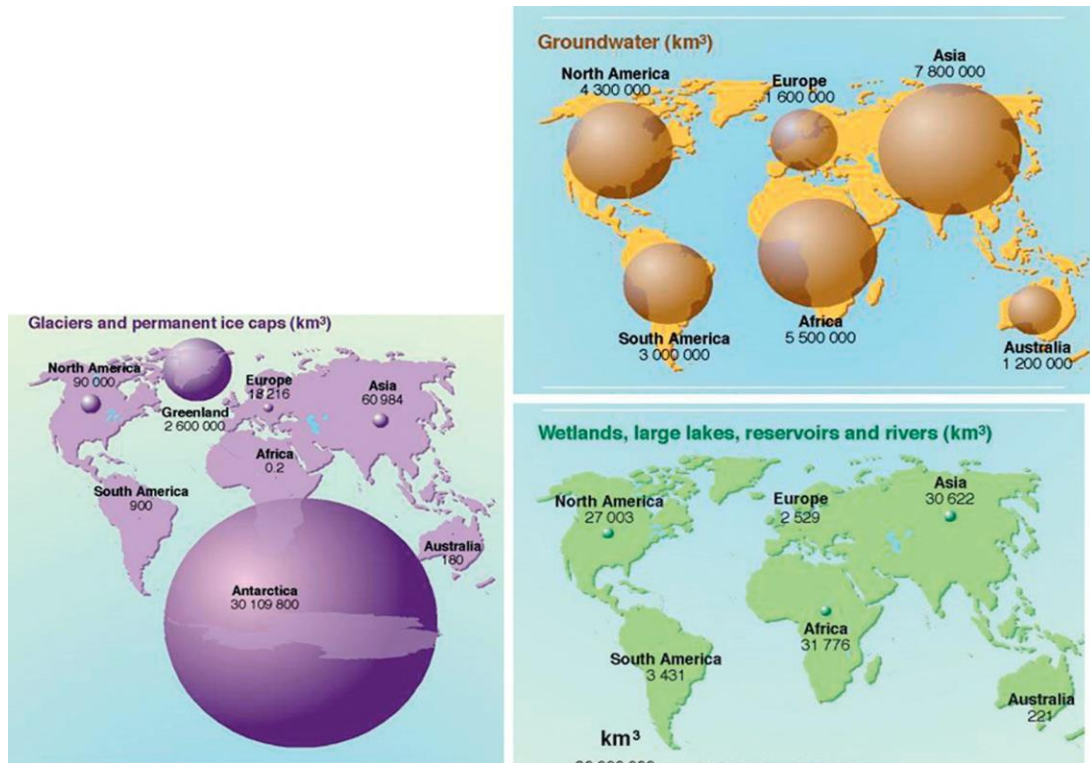
Από τις παραπάνω εκτιμήσεις και μελέτες, μπορεί να δει κανείς ότι ενώ οι διασυνοριακοί υπόγειοι υδατικοί πόροι είναι τρεις φορές μεγαλύτεροι σε όγκο σε



σχέση με τα διασυνοριακά κοινόχρηστα επιφανειακά ύδατα, πρέπει να γίνουν τεράστιες προσπάθειες με σκοπό να βελτιωθεί η υφιστάμενη κατάσταση και να επιτευχθεί η αειφορία και η βιωσιμότητα στη διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδατικών πόρων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν υπάρχουν τα κατάλληλα μέσα και εργαλεία διαχείρισης για τα συστήματα των υπόγειων υδροφορέων, ή εάν υπάρχουν, η αποτελεσματική εφαρμογή τους είναι δύσκολη εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων, στοιχείων και γνώσεων, ή ακόμη και αρμοδιοτήτων και ικανοτήτων. Αυτή η έλλειψη κατανόησης αντικατοπτρίζεται και στο νομικό πλαίσιο και το καθεστώς που διέπουν τα υπόγεια νερά, τα οποία συχνά παραμένουν ανεπαρκώς καθορισμένα τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Περίπου το 75% των κατοίκων των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξαρτώνται από τα υπόγεια ύδατα των υδροφόρων οριζόντων για την υδατική παροχή τους. Πολλοί από αυτούς τους υπόγειους υδροφορείς είναι διεθνώς κοινόχρηστοι. Η δημόσια παροχή νερού απαιτεί έναν αξιόπιστο πόρο, που σημαίνει ότι η ποιότητα, καθώς και η ποσότητα, θα πρέπει να εξασφαλίζεται στις συγκεκριμένες περιοχές. Χαμηλότερα επίπεδα των υπόγειων υδάτων και αλλαγές στην ποιότητά τους εξαιτίας της ανθρωπογενούς μόλυνσης προκαλούν απώλεια της ποικιλομορφίας των οικοσυστημάτων και χειροτέρευση (επιδείνωση) των φυσικών αποθεμάτων.

Η προστασία των υπόγειων υδάτινων πόρων μπορεί να βασίζεται σε διαφορετικές μεθοδολογίες που αφορούν είτε εμπειρικές είτε εξελιγμένες και πολύπαιρες μεθόδους. Η βελτιωμένη διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφόρων συστημάτων θα πρέπει πρώτα από όλα να βασίζεται σε μία καλύτερη επιστημονική κατανόηση αυτών των συστημάτων και των δυνατοτήτων τους. Ακολούθως, θα πρέπει να συσταθεί και να εγκαθιδρυθεί η παρακολούθηση και η ορθολογική διαχείριση των κοινόχρηστων υδάτινων πόρων, το οποίο είναι πολύ δύσκολο στην περίπτωση των διασυνοριακών πόρων. Ορισμένες χώρες, προκειμένου να εξασφαλίσουν την ανάπτυξή τους και τη διασφάλιση των αναγκών των μελλοντικών γενεών, δε θα έχουν άλλη καλύτερη αποτελεσματική επιλογή από τη συνεργασία και την από κοινού εφαρμογή και υλοποίηση των κατάλληλων εργαλείων και μηχανισμών, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η δίκαιη και ταυτόχρονα βιώσιμη εκμετάλλευση των κοινόχρηστων υπόγειων υδατικών τους πόρων.



Εικ. 1 Παγκόσμιοι όγκοι γλυκού νερού στον πλανήτη (Πηγή: UNEP)

## 1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα εργασία στοχεύει στην αναζήτηση, καταγραφή, ανάλυση και αξιολόγηση της υπάρχουσας διαθέσιμης βιβλιογραφίας που αφορά τη διαχείριση και την αξιοποίηση των διακρατικών υπόγειων υδροφορέων.

Επομένως, επιδίωξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εμβάθυνση της γνώσης των υπόγειων υδάτινων συστημάτων, η αξιολόγηση των διαθέσιμων δεδομένων και η προσπάθεια εφαρμογής μίας συνεργατικής, δίκαιης και βιώσιμης διαχείρισης αυτών των πόρων.

Είναι επομένως σαφές ότι το οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό διακύβευμα της από κοινού συλλογικής διαχείρισης των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων είναι πολύ σημαντικό και μεγάλης σπουδαιότητας και αυξάνεται περαιτέρω στην περίπτωση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφόρων συστημάτων, όπου οι κρίσεις και οι διενέξεις μπορεί να προμηγύνονται ανά πάσα στιγμή μεταξύ των εμπλεκόμενων χωρών.

Τέλος, εξετάζει και προτείνει με βάση την υπάρχουσα κατάσταση μία προοδευτική και πολυεπίπεδη προσέγγιση για την εφαρμογή της συνεργατικής, δίκαιης και βιώσιμης διαχείρισης των διασυνοριακών συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων. Επίσης, εξετάζονται οι ενδεχόμενοι μηχανισμοί για τη δημιουργία και τη βιώσιμη

λειτουργία μίας κατάλληλης θεσμικής δομής για τη διαχείριση αυτών των κοινών υπόγειων υδάτινων πόρων.

### 1.3 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία περιλαμβάνει εκτός από την παρούσα εισαγωγή (Κεφάλαιο 1), έξι Κεφάλαια:

- Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία πρώτη εισαγωγή για τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς με μία σύντομη περιγραφή των χαρακτηριστικών τους, αναφέρονται και σχολιάζονται περιληπτικά αλλά με στοχευμένο νόημα ενδεικτικά ορισμένοι διεθνείς οργανισμοί και συνεργασίες αυτών για τα υπόγεια ύδατα και τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς, παρουσιάζονται μερικά ερευνητικά προγράμματα και έργα που εφαρμόζονται, υλοποιούνται και τρέχουν αυτή τη στιγμή στον κόσμο και τέλος παρατίθενται χάρτες σχετικοί με τους υπόγειους και διασυνοριακούς υδατικούς πόρους του κόσμου.
- Στο Κεφάλαιο 3 ακολουθεί η τυπολογία των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων και η περιγραφή των υδρογεωλογικών και διασυνοριακών τύπων τους.
- Στο Κεφάλαιο 4 εξετάζεται και αξιολογείται η νομοθεσία των διακρατικών υδάτων, τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων.
- Στο Κεφάλαιο 5 αναλύεται η ολοκληρωμένη διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων με εστίαση κυρίως στις ιδιαιτερότητες των υπόγειων υδάτων και των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων, της ανάγκης για ολοκληρωμένη διαχείριση, στα διαθέσιμα υφιστάμενα εργαλεία για την κατανόηση και τη διαχείρισή τους και στη μεθοδολογική προσέγγιση και τους προτεινόμενους μηχανισμούς για την από κοινού διαχείρισή τους.
- Στο Κεφάλαιο 6 ερευνώνται και σχολιάζονται μελέτες περίπτωσης που αφορούν διακρατικούς υπόγειους υδροφορείς στην περιοχή της Ελλάδας, την Αφρική και την Αμερική.
- Στο Κεφάλαιο 7 συνοψίζονται τα κύρια συμπεράσματα και διατυπώνονται ορισμένες προτάσεις, ενδεχόμενες προσεγγίσεις και μηχανισμοί που πρέπει να προσαρμοστούν σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση μελέτης.

## ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

**2.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ**

Τα υπόγεια ύδατα αποτελούν ένα τεράστιο αχανή πόρο και η ύπαρξή τους, καθώς και η ροή και ο αποθηκευτικός τους χώρος εξαρτώνται από το κλίμα και τις επικρατούσες υδρογεωλογικές συνθήκες. Τα υπόγεια ύδατα δημιουργούν και σχηματίζουν υπόγειους υδροφορείς και συστήματα υπόγειων υδροφορέων σε μεταφερόμενους μη ενοποιημένους (συγχωνευμένους) άμμους και χαλίκια, ψαμμίτες και ασβεστόλιθους καθώς επίσης και σε σπασμένα και ρωγματομένα (θραυσμένα) ηφαιστειακά και κρυσταλλικά πετρώματα. Στο σύνολο των άρθρων σχετικά με το δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων που εκπονήθηκαν από την Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου των Ηνωμένων Εθνών, με την επιστημονική υποστήριξη του Διεθνούς Υδρολογικού Προγράμματος (IHP) της UNESCO (UNILC αναφορά 2008) ορίζεται ως υπόγειος υδροφορέας *«ένας διαπερατός γεωλογικός σχηματισμός που φέρει και παράγει νερό που υπόκειται κάτω από ένα λιγότερο διαπερατό στρώμα και το νερό που περιέχεται στην κορεσμένη ζώνη του σχηματισμού»* και ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων ορίζεται ως *«ένα σύνολο από δύο ή περισσότερους υπόγειους υδροφορείς που συνδέονται υδραυλικά»*. Ένας άλλος χρήσιμος ορισμός δίνεται από το γλωσσάρι της UNESCO- WMO (1992), όπου ως υπόγειος υδροφορέας ορίζεται *«ένας διαπερατός σχηματισμός που φέρει και παράγει νερό ικανός να παράξει και να αποφέρει εκμεταλλεύσιμες ποσότητες νερού»*.

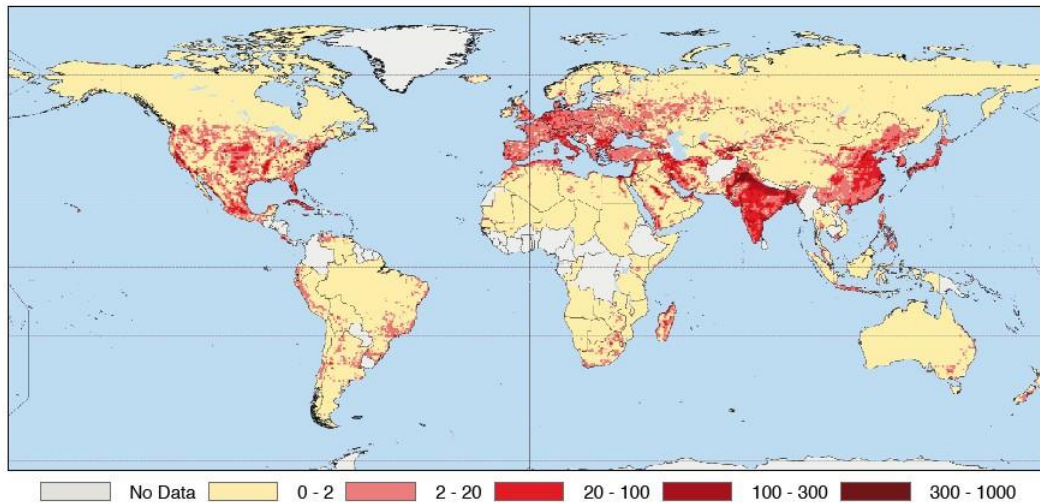
Τα υπόγεια ύδατα υπάρχουν και κατά περίπτωση προκύπτουν εντός του ευρύτερου πλαισίου του παγκόσμιου υδρολογικού συστήματος και παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στις περίπλοκες φυσικές αλληλεπιδράσεις στα πλαίσια του παγκόσμιου περιβάλλοντος. Τα υπόγεια ύδατα αποτελούν μία θεμελιώδη και βασική συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου. Στη φύση, τα υπόγεια ύδατα ωθούν και κινούν πολλές γεωλογικές και βιογεωχημικές διεργασίες και αποτελούν βασικό γεωτεχνικό παράγοντα, που ρυθμίζουν τη συμπεριφορά του εδάφους και των πετρωμάτων. Διατηρούν επίσης μεγάλης και κρίσιμης σημασίας οικολογικές λειτουργίες, διατηρώντας τις εκφορτίσεις των πηγών, τη ροή των ποταμών, τις λίμνες και τους υγροβιότοπους. Η χρήση των υπόγειων υδάτων αυξήθηκε σημαντικά τις τελευταίες

δεκαετίες εξαιτίας της εκτενούς και ευρείας εμφάνισής τους, ως επί το πλείστον εξαιτίας της καλής ποιότητας, της αξιοπιστίας κατά τη διάρκεια της ξηρασίας και άλλων φυσικών καταστροφών και γενικά του μέτριου κόστους ανάπτυξης. Τα υπόγεια ύδατα αντιπροσωπεύουν το 97% των πόρων του γλυκού νερού παγκοσμίως και αποτελούν την κύρια πηγή πόσιμου νερού για περισσότερο από το ένα τρίτο του παγκόσμιου πληθυσμού. Οι παγκόσμιες αποσύρσεις (αναλήψεις) των υπόγειων υδατικών πόρων εκτιμώνται κατά μέσο όρο από 600 έως 800 km<sup>3</sup> ετησίως (800 km<sup>3</sup>/year από τους J.Margat, BRGM-UNESCO 2008, 1000 km<sup>3</sup>/year από τον Tushar Shah, IWMI 2004 και 600 – 700 km<sup>3</sup>/year από τους Zektser and Everett, UNESCO 2004). Αυτά καθ' αυτά τα υπόγεια ύδατα αποτελούν την περισσότερο εξαγώγιμη πρώτη ύλη της υπόγειας επιφάνειας όλου του κόσμου. Στις αγροτικές περιοχές των αναπτυσσόμενων χωρών και των νησιών, καθώς και στις άνυδρες και ημι- άνυδρες περιοχές, τα υπόγεια ύδατα είναι η σημαντικότερη και ασφαλέστερη πηγή πόσιμου νερού. Η γεωργία και ιδιαίτερα τα συστήματα άρδευσης σε πολλά μέρη του κόσμου εξαρτώνται από τους πόρους των υπόγειων υδάτων.

Οι υπόγειοι υδάτινοι πόροι είναι κατά κύριο λόγο ανανεώσιμοι και η περίοδος της ανανέωσης κυμαίνεται από ημέρες και εβδομάδες (σε καρστικά πετρώματα) έως χρόνια ή χιλιάδες χρόνια σε ιζηματογενείς λεκάνες. Ωστόσο, εάν η τρέχουσα (τωρινή) αναπλήρωση είναι πολύ περιορισμένη σε σχέση με την αποθηκευτική ικανότητα, οι πόροι των υπόγειων υδάτων μπορούν να θεωρηθούν ως μη ανανεώσιμοι. Σε περιπτώσεις όπου η ανανέωση των υπόγειων υδάτων σχετίζεται με παρελθοντικές γεωλογικές περιόδους χιλιετιών (π.χ. Πλειστόκαινο), τα υπόγεια ύδατα που έχουν αποθηκευτεί από τότε, ονομάζονται ορυκτά (fossil groundwater) (Foster and Loucks, UNESCO-World Bank, 2006).

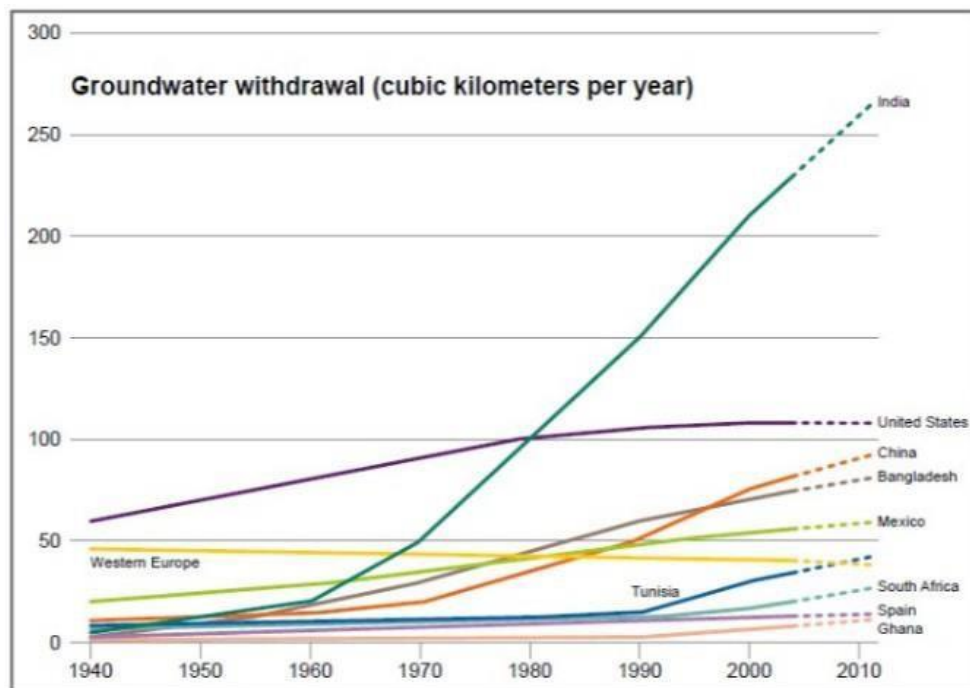
Η ανεξέλεγκτη άντληση και η ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων αντικατοπτρίζονται στην υποβάθμιση των πόρων των υπόγειων υδάτων τόσο από άποψη ποσότητας όσο και ποιότητας. Η υπερβολική άντληση των υπόγειων υδάτων επηρεάζει τον αποθηκευτικό χώρο των υπόγειων υδάτων (π.χ. πτώση και μείωση των πιεζομετρικών επιπέδων), τις εκφορτίσεις των πηγών, τη βασική ροή (σε ποτάμια και υγράτοπους), τη βλάστηση, την παραγωγικότητα των καλλιεργειών, τη διεπαφή (σημείο επαφής και σύνδεσης) των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων και μπορεί να προκαλέσει καθιζήσεις. Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων μπορεί να επηρεαστεί από την απόρριψη των ρύπων, από τις πηγές σημειακής και διάχυτης ρύπανσης, την εισβολή αλμυρού (θαλασσινού) νερού σε παράκτιους υπόγειους υδροφορείς, την

καθοδική και ανοδική εισροή χαμηλής ποιότητας ύδατος στους εκμεταλλεύσιμους υπόγειους υδροφορείς ή με την αρδευτική ροή επιστροφής. Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων μπορεί επίσης να επηρεαστεί από φυσικούς κινδύνους. Οι παράκτιοι υπόγειοι υδροφορείς είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στις πλημμύρες, στα τσουνάμι και στους τυφώνες.



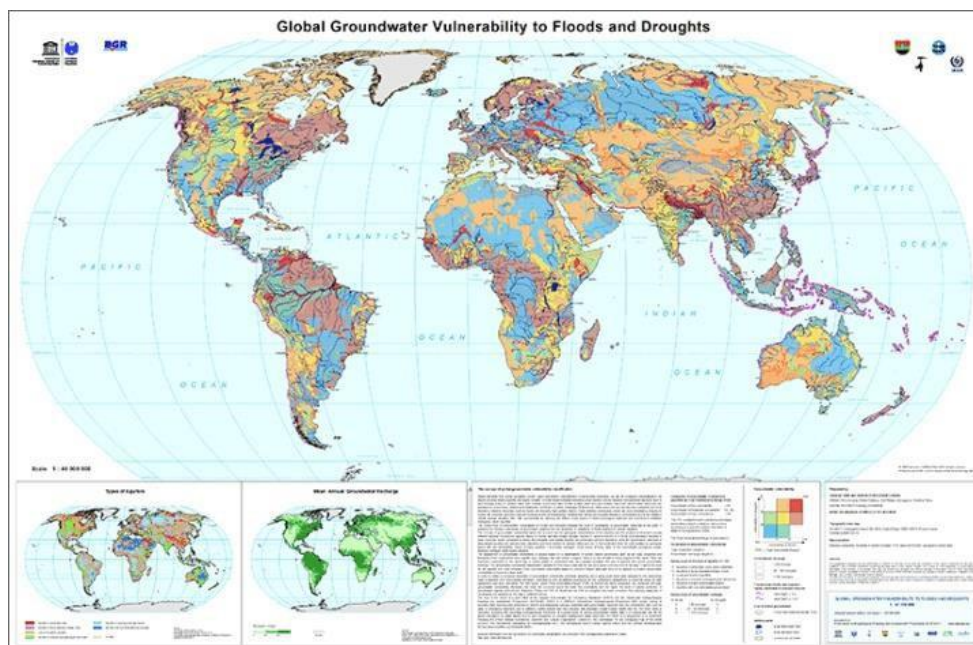
Source: Wada et al. 2010. ©2010 American Geophysical Union. Reproduced by permission of the American Geophysical Union.

**Εικ. 2.1 Ένταση της άντλησης των υπόγειων υδάτων κατά το έτος 2010 σε mm/year (Πηγή: Wada et al. 2010. © 2010 American Geophysical Union)**



**Εικ. 2.2 Υπόγεια υδατική ανάληψη για επιλεγμένες χώρες (Πηγή: Shah, Burke, and Villholth, 2007)**

Η ευπάθεια (τρωτότητα) των υπόγειων υδάτων όσον αφορά την ελάττωση, την εξάντληση και τη ρύπανση, αναγνωρίζεται ως ένα σοβαρό κοινωνικό, οικονομικό και οικολογικό πρόβλημα το οποίο στην περίπτωση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων μπορεί να προκαλέσει διεθνείς συγκρούσεις και διαμάχες.



**Ευκ. 2.3 Παγκόσμια τρωτότητα των υπόγειων υδάτων σε πλημμύρες και ξηρασίες (Πηγή: <https://ggis.un-igrac.org/ggis-viewer/viewer/exploreall/public/default>)**

Η παγκόσμια «απώλεια αποθηκευτικού χώρου των υπόγειων υδροφορέων» σε συνδυασμό με τους κινδύνους που αφορούν τις λειτουργίες των υπόγειων υδροφορέων και τα εξαρτώμενα σε αυτούς οικοσυστήματα, χρειάζεται επείγουσα ποσοτικοποίηση. Εξαιτίας των οικονομικών απωλειών, που μεταφράζονται μέσω περιβαλλοντικών και βιοτικών ζημιών, θα είναι δύσκολο να διατηρηθούν και να αναστραφούν. Η μείωση της ανθεκτικότητας των οικοσυστημάτων που συνδέονται στενά με τους υπόγειους υδροφορείς και τα υπόγεια ύδατα στις χώρες με χαμηλό εισόδημα μπορεί να φτάσει σε ένα «σημείο ανατροπής» πέρα από το οποίο αυτά δε μπορούν να επαναφερθούν στην αρχική τους κατάσταση. Οι πόροι των υπόγειων υδροφορέων πρέπει να θεωρηθούν ως ένα αναμφισβήτητο στοιχείο των οικοσυστημάτων.

## **2.2 ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟΙ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ**

Μέχρι το 2002 δεν υπήρχαν περιφερειακές, τοπικές ή παγκόσμιες συνολικές εκτιμήσεις για τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς. Το διακυβερνητικό συμβούλιο του Διεθνούς Υδρολογικού Προγράμματος της UNESCO (IHP, International Hydrological Programme) ανταποκρίθηκε σε αυτό το κενό γνώσης κατά



τη δέκατη τέταρτη σύνοδό του (23-25 Ιουνίου 2000) και ενέκρινε ψήφισμα για να ξεκινήσει ένα παγκόσμιο έργο απογραφής και αξιολόγησης (UNESCO ISARM). Οι στόχοι του προγράμματος της UNESCO για τη Διαχείριση των Πόρων των Διεθνών Κοινόχρηστων Υπόγειων Υδροφορέων (ISARM, International Shared Aquifer Resources Management) είναι να εντοπίσουν τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς σε κάθε ήπειρο, να στηρίζουν τις χώρες στην αξιολόγηση αυτών των υπόγειων υδροφορέων και να διατυπώσουν συστάσεις σχετικά με τη διαχείρισή τους. Η διαχείριση των πόρων των διεθνών κοινόχρηστων υπόγειων υδροφορέων (ISARM) αποτελεί ένα διεπιστημονικό πρόγραμμα με πέντε κεντρικούς τομείς (περιοχές εστίασης). Οι μελέτες του προγράμματος ISARM εξετάζουν τις επιστημονικά-υδρογεωλογικές, κοινωνικοοικονομικές, περιβαλλοντικές, νομικές και θεσμικές πτυχές που σχετίζονται με τη διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων (Puri, UNESCO 2001).

Το πρόγραμμα διαχείρισης των πόρων των διεθνών κοινόχρηστων υπόγειων υδροφορέων της UNESCO λειτουργεί ως απάντηση και ενδεχομένως ως αντίλογος στις ανάγκες των κρατών μελών και σε στενό συντονισμό με διάφορους διακυβερνητικούς, κυβερνητικούς και διεθνείς εταίρους. Ο αριθμός των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων που καταγράφηκαν από το 2002 είναι συγκρίσιμος σε μεγάλο βαθμό με τον αριθμό των διεθνών υδάτινων λεκανών που αριθμούν τις 263 στο σύνολο (Wolf, 2002), παρόλο που ο αριθμός αυτός θα αυξηθεί τα επόμενα χρόνια εξαιτίας των λεπτομερέστερων ερευνών που θα διεξαχθούν (IHP VII ISARM 2008-2013) στην Ασία και την Αφρική. Μέχρι στιγμής, εντοπίστηκαν 68 διασυνοριακοί υπόγειοι υδροφορείς στην Αμερική (29 στη Νότια Αμερική, 18 στην Κεντρική Αμερική, 17 στη Βόρεια Αμερική και 4 στην Καραϊβική), 89 στην Ευρώπη, 65 στην Νοτιοανατολική Ευρώπη και 39 στην Αφρική. Η καταγραφή του προγράμματος διαχείρισης των πόρων των διεθνών κοινόχρηστων υπόγειων υδροφορέων (ISARM) της Ασίας βρίσκεται αυτή τη στιγμή στην αρχική του φάση και έχουν μέχρι στιγμής εντοπιστεί στην Ασία 12 διασυνοριακοί υπόγειοι υδροφορείς. Συνολικά, η παγκόσμια απογραφή των υπόγειων υδροφορέων έχει συγκεντρώσει και συλλέξει στοιχεία για σχεδόν 270 διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς.

Η προκαταρκτική μελέτη καθώς και η αξιολόγηση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων δεν έχει ακόμη πραγματοποιηθεί παντού με ομοιόμορφη ένταση και όχι πάντα σύμφωνα με την ίδια μεθοδολογική προσέγγιση. Προβλέπεται ότι το



Παγκόσμιο Σύστημα Πληροφοριών των Υπόγειων Υδάτων (GGIS; at [www.igrac.nl](http://www.igrac.nl)) που δημιουργήθηκε από τις UNESCO/WMO (World Meteorological Organization) και το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτινων Πόρων (IGRAC, International Groundwater Resources Assessment Centre) θα πρέπει να συλλέγει και να συγκεντρώνει τα απαραίτητα δεδομένα έτσι ώστε να παρέχει λεπτομερέστερες πρόσθετες πληροφορίες. Το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Υδρογεωλογικής Χαρτογράφησης και Αξιολόγησης (WHYMAP, World-wide Hydrogeological Mapping and Assessment Programme), υπό την ηγεσία της UNESCO και της BGR, παρέχει ουσιαστική συμβολή με το πρόγραμμα χαρτογράφησης του παρουσιάζοντας μία επισκόπηση των παγκόσμιων πόρων των υπόγειων υδάτων και επομένως μία απεικόνιση των περισσότερων από τα καταγραφημένα διασυννοριακά συστήματα υπόγειων υδροφορέων.

Οι καταγραφές, οι χάρτες και τα σύνολα των δεδομένων του προγράμματος διαχείρισης των πόρων των διεθνών κοινόχρηστων υδροφορέων (ISARM) που συντάχθηκαν και συλλέχθηκαν δείχνουν ότι οι διασυννοριακοί υπόγειοι υδροφορείς εκτείνονται ευρέως σε όλη την υδρόγειο, ενώ κάποιοι από αυτούς εκτείνονται σε αποστάσεις αρκετών εκατοντάδων χιλιομέτρων (J.Margat, 2008). Αυτά τα συστήματα διαδραματίζουν ένα καθοριστικό ρόλο στη στήριξη των μέσων διαβίωσης (βιοπορισμού) με την παροχή πόσιμου ύδατος, νερού για άρδευση, χερσαίων και παράκτιων οικοσυστημάτων και για την κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη πολλών περιοχών του κόσμου. Οι διασυννοριακοί υπόγειοι υδροφορείς καλύπτουν σημαντικό ποσοστό (>15%) της συνολικής επιφάνειας της γης. Μία προσωρινή κατανομή κατά ήπειρο του ποσοστού της έκτασης της γης που καλύπτεται από διασυννοριακά συστήματα υπόγειων υδροφορέων έχει ως εξής: Βόρεια Αμερική: λιγότερο από 10%, Νότια και Κεντρική Αμερική: 25%, Ευρώπη: 10%, Αφρική: 30%, Ασία: 6% και Αυστραλία/ Ωκεανία: 0%.

Η κάλυψη των διασυννοριακών υπόγειων υδροφορέων αντιπροσωπεύει κατά μέσο όρο το 40% της υποεπιφάνειας της γης στη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική. Στις άγονες ζώνες, οι διασυννοριακοί υπόγειοι υδροφορείς μπορούν να διαδραματίσουν και να παίξουν ένα στρατηγικό ρόλο όσον αφορά τη στήριξη των εύθραυστων οικοσυστημάτων και την παροχή πόσιμου νερού. Σε ορισμένες από αυτές τις άγονες ζώνες, η Παγκόσμια Περιβαλλοντική Διευκόλυνση για τα Διεθνή Ύδατα (GEF IW, Global Environmental Facility International Waters) ξεκίνησε πρόσφατα μελέτες των διασυννοριακών υπόγειων υδροφορέων (π.χ. Iullemeden Aquifer System, Nubian

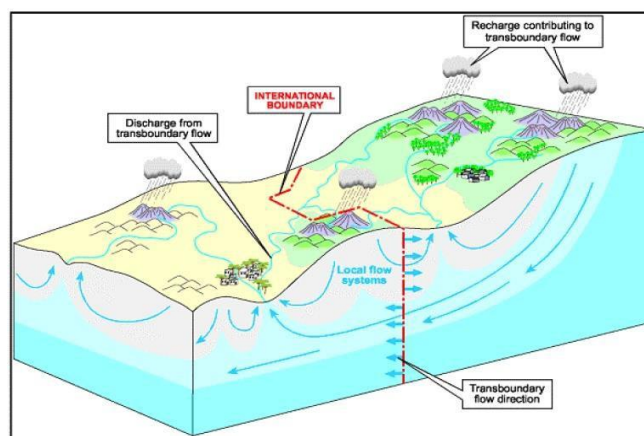
Sandstone Aquifer System). Επιπλέον, ορισμένα προγράμματα και έργα βρίσκονται σε εξέλιξη σε διαφορετικές τοποθεσίες σε ολόκληρο τον κόσμο, όπως το πρόγραμμα του υπόγειου υδροφορέα Guarani, το σύστημα υπόγειων υδάτων Heilongjiang-Amur και άλλα. Οι πληροφορίες για κάθε έναν από αυτούς τους υπόγειους υδροφορείς δεν έχουν καταγραφεί και αποτιμηθεί πλήρως, αλλά είναι δεδομένο πως μπορούν να προσθέσουν περισσότερες λεπτομέρειες στις αναφερόμενες παγκόσμιες και περιφερειακές ή τοπικές πηγές πληροφοριών.

Οι επιστημονικές αρχές που σχετίζονται με την ορθολογική διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων είναι γνωστές και κατανοητές από τους ειδικούς των υπόγειων υδάτων. Αυτές περιλαμβάνουν την εκτίμηση ολόκληρου του συστήματος, δηλαδή από τις πηγές επαναφόρτισης στις περιοχές εκφόρτισης, καθώς επίσης και τα ζητήματα ποσότητας και ποιότητας κατά μήκος της διαδρομής της ροής. Συχνά το σύστημα περιγράφεται με τη χρήση εννοιολογικών μοντέλων μέσω των οποίων οι ειδικοί των υπόγειων υδάτων πέρα από τα εθνικά σύνορα μπορούν να επικοινωνούν σε ικανοποιητικό βαθμό. Ωστόσο, η βιώσιμη διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων ξεπερνάει σημαντικά την ανάπτυξη των συνεκτικών εννοιολογικών μοντέλων. Χρειάζεται επιπλέον εναρμόνιση της νομοθεσίας, των θεσμικών δομών και της συνοχής των κοινωνικοοικονομικών οδηγιών, καθώς και της συνεκτικής εφαρμογής των κριτηρίων περιβαλλοντικής προστασίας.

Το 2002 δεν υπήρχε ακόμη κανένα νομικό πλαίσιο και μέσο που να μπορεί να ασχοληθεί διεξοδικά με τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς, αντιμετωπίζοντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους σε παγκόσμιο επίπεδο. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το κενό, η Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου των Ηνωμένων Εθνών (UNILC, UN International Law Commission), η οποία είναι επιφορτισμένη με την κωδικοποίηση και τη σταδιακή και προοδευτική ανάπτυξη του διεθνούς δικαίου, έχει συμπεριλάβει στο πρόγραμμα των εργασιών της το θέμα (ζήτημα) των Κοινόχρηστων Φυσικών Πόρων, χωρισμένο σε τρία υπο-θέματα: διασυνοριακά υπόγεια ύδατα, πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Η Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου των Ηνωμένων Εθνών (UNILC, UN International Law Commission) αποφάσισε να ξεκινήσει από το θέμα των διασυνοριακών υπόγειων υδάτων. Από το 2003 το Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα της UNESCO και η Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου των Ηνωμένων Εθνών (UNILC, UN International Law Commission) συνεργάστηκαν με σκοπό την προετοιμασία ενός διεθνούς νομικού μέσου για τη διαχείριση και τη χρήση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων, το

οποίο οδήγησε σε ένα πλήρες σύνολο άρθρων σχετικά με το νόμο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων (έκθεση της Επιτροπής Διεθνούς Δικαίου των Ηνωμένων Εθνών, Ιούλιος 2008) που παρουσιάστηκε τον Οκτώβριο του 2008 στη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών. Η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών ενέκρινε το ψήφισμα για το δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων στις 11 Δεκεμβρίου του 2008. Αυτό επιτρέπει την αναμονή μίας αυξημένης εξέτασης των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων από τα κράτη μέλη και την καλύτερη και βελτιωμένη αναγνώριση σε περιφερειακό και διεθνές επίπεδο. Τα άρθρα αποτελούν ένα ορόσημο όσον αφορά τη διεθνή αναγνώριση της κρίσιμης λειτουργίας των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Τα άρθρα παρέχουν σαφή καθοδήγηση και μία αναφορά στα κράτη μέλη και στους εθνικούς περιφερειακούς και διεθνείς οργανισμούς σχετικά με τη χρήση και τη διαχείριση των κοινόχρηστων πόρων των υπόγειων υδροφορέων. Τα άρθρα ορίζουν ως ένα διασυνοριακό υπόγειο υδροφόρα «έναν υπόγειο υδροφόρα ή και ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων που υπάρχει σε περισσότερα από ένα κράτη» (UNILC, 2008). Οι διασυνοριακοί υπόγειοι υδροφορείς μπορούν να λάβουν την πλειοψηφία της επανατροφοδοσίας τους σε μία χώρα ενώ το μεγαλύτερο μέρος της εκφόρτισής τους μπορεί να συμβεί σε άλλη χώρα ή χώρες (εικ. 2.4). Τα άρθρα προτείνουν τη δημιουργία ενός εννοιολογικού μοντέλου ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων ως ένα σημαντικό αρχικό στάδιο στον καθορισμό της συμπεριφοράς των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων, έτσι ώστε να αποτελούν τη βάση για τον καθορισμό περαιτέρω απαιτήσεων δεδομένων που χρειάζονται για την αξιολόγηση των πόρων των υπόγειων υδάτων από την άποψη της ποιότητας και της ποσότητας και την αξιολόγηση της ευπάθειάς τους.



**Εικ. 2.4 Σχηματική απεικόνιση ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα (Πηγή: UNESCO ISARM Framework Document, Puri ed., UNESCO 2001)**

## 2.3 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ

Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων  
(IGRAC, International Groundwater Resources Assessment Centre)



Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC, International Groundwater Resources Assessment Centre) διευκολύνει και προωθεί τη διεθνή ανταλλαγή πληροφοριών και γνώσεων που απαιτούνται για την αειφόρο ανάπτυξη και τη διαχείριση των υπόγειων υδάτων παγκοσμίως. Από το 2003, το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) παρέχει μία ανεξάρτητη υποστήριξη περιεχομένων και διαδικασιών ή μεθόδων, εστιάζοντας περισσότερο και με ιδιαίτερη έμφαση στη διασυνοριακή αξιολόγηση των υπόγειων υδροφορέων καθώς επίσης και στην παρακολούθηση των υπόγειων υδάτων.

### Αποστολές και στόχοι

Η αποστολή του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) είναι να συμβάλλει στην παγκόσμια διαθεσιμότητα σχετικών πληροφοριών και γνώσεων σχετικά με τους υπόγειους υδάτινους πόρους του κόσμου, με ιδιαίτερη έμφαση στις αναπτυσσόμενες χώρες, προκειμένου να υποστηριχθεί η βιώσιμη αξιοποίηση, εκμετάλλευση και διαχείριση των πόρων των υπόγειων υδάτων, να προωθηθεί ο ρόλος των υπόγειων υδάτων στον ολοκληρωμένο σχεδιασμό των υδάτινων πόρων και στην αποσαφήνιση και τον καθορισμό των επιπτώσεων και των επιδράσεων των υπόγειων υδάτων στα οικοσυστήματα της γης.

Στο πλαίσιο του γενικού στόχου και σκοπού, «*προώθησης της βιώσιμης χρήσης και διαχείρισης των υπόγειων υδάτινων πόρων μέσω της παγκόσμιας ανταλλαγής γνώσεων*», το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) αναπτύσσει ένα παγκόσμιο σύστημα πληροφόρησης, διεξάγοντας την αξιολόγηση των υπόγειων υδάτων σε διασυνοριακό και παγκόσμιο επίπεδο, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο στην καλύτερη παρακολούθηση των υπόγειων υδάτινων πόρων και στη στήριξη της ενημερωμένης διαχείρισης της γνώσης και της διακυβέρνησης.

## Οργανισμός

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) είναι το Παγκόσμιο Κέντρο των Υπόγειων Υδάτων της UNESCO, λειτουργεί επίσης υπό την αιγίδα του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO, World Meteorological Organization), είναι ένας συνεταιρικός εταίρος της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (IAH, International Association of Hydrogeologists) και υποστηρίζεται οικονομικά (χρηματοδοτείται) από την Κυβέρνηση των Κάτω Χωρών. Η υπηρεσία και το γραφείο του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) βρίσκεται στο Delft της Ολλανδίας.

Η ιστορία του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) ξεκίνησε το 1999 όταν η UNESCO και ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) ανέλαβαν την πρωτοβουλία να δημιουργήσουν ένα διεθνές κέντρο αξιολόγησης των υπόγειων υδάτινων πόρων. Το 2000, η Κυβέρνηση των Κάτω Χωρών εξέφρασε ενδιαφέρον για τη φιλοξενία του κέντρου και το IGRAC ξεκίνησε το Μάρτιο του 2003, κατά τη διάρκεια του τρίτου Παγκόσμιου Φόρουμ για το Νερό στο Κιότο. Αρχικά, το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) φιλοξενήθηκε από τον Ολλανδικό Οργανισμό για την Εφαρμοσμένη Επιστημονική Έρευνα (TNO) και χρηματοδοτήθηκε από την Κυβέρνηση των Κάτω Χωρών μέσω του Προγράμματος Partners for Water.

Τον Ιανουάριο του 2001, η Κυβέρνηση της Ολλανδίας επιβεβαίωσε την δέσμευσή της στο Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) και τον Ιούνιο του 2001 το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) καταχωρήθηκε ως νομικά ανεξάρτητο ίδρυμα. Όντας ένας ανεξάρτητος οργανισμός, διευκόλυνε την αναγνώριση του IGRAC ως κέντρου της UNESCO. Η συμφωνία μεταξύ της UNESCO και του Βασιλείου των Κάτω Χωρών σχετικά με το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) υπεγράφη το Νοέμβριο του 2011. Όχι πολύ αργότερα, τον Οκτώβριο του 2012, ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (World Meteorological Organization, WMO) και το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) υπέγραψαν μνημόνιο συμφωνίας για συνεργασία υπό την αιγίδα του.

## ΘΕΣΜΙΚΟΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΚΑΙ ΕΤΑΙΡΟΙ

**Εκπαιδευτικός, Επιστημονικός και Πολιτιστικός Οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών- Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα (UNESCO, United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization)- (IHP, International Hydrological Programme)**



Το Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα (IHP) είναι το μοναδικό διακυβερνητικό πρόγραμμα του συστήματος του Ηνωμένων Εθνών που ασχολείται με την έρευνα στον τομέα του νερού, τη διαχείριση των υδάτινων πόρων καθώς και την εκπαίδευση και την ανάπτυξη ικανοτήτων.

Από την ίδρυσή του το 1975, το Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα (IHP) εξελίχθηκε από ένα διεθνώς συντονισμένο και ισότιμο πρόγραμμα υδρολογικής έρευνας σε ένα περιεκτικό και ολοκληρωμένο πρόγραμμα, έχοντας ως στόχο τη διευκόλυνση της εκπαίδευσης και της ανάπτυξης ικανοτήτων, καθώς και την ενίσχυση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων και της διακυβέρνησης.

### **IGRAC και UNESCO**

Ήδη το 1999, η UNESCO και ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) ανέλαβαν πρωτοβουλία για τη δημιουργία ενός διεθνούς κέντρου υπόγειων υδάτων. Με την υποστήριξη της Κυβέρνησης των Κάτω Χωρών, η πρωτοβουλία αυτή οδήγησε στην έναρξη της λειτουργίας του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) το 2003. Τον Ιανουάριο του 2011, η Κυβέρνηση των Κάτω Χωρών επιβεβαίωσε τη δέσμευσή της στο Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) και τη συμφωνία μεταξύ της UNESCO και του Βασιλείου των Κάτω Χωρών σχετικά με τη δημιουργία και τη λειτουργία του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) ως κέντρου κατηγορίας 2 της UNESCO. Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) και η UNESCO συνεργάζονται στενά και έχουν ξεκινήσει πολλές κοινές δραστηριότητες που αφορούν τα υπόγεια ύδατα.

## **Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO, World Meteorological Organization)**



Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) είναι μία εξειδικευμένη υπηρεσία των Ηνωμένων Εθνών. Αποτελεί την επίσημη και έγκυρη φωνή του συστήματος των Ηνωμένων Εθνών για την κατάσταση και τη συμπεριφορά της γήινης ατμόσφαιρας, την αλληλεπίδρασή της με τους ωκεανούς, το κλίμα που παράγει και την προκύπτουσα κατανομή των υδάτινων πόρων.

Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) έχει την ιδιότητα μέλους σε 191 κράτη μέλη και περιοχές (επικράτειες) (από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2013). Προέρχεται από το Διεθνή Μετεωρολογικό Οργανισμό (IMO, International Meteorological Organization), που ιδρύθηκε το 1873. Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) ιδρύθηκε το 1950 και έγινε η εξειδικευμένη υπηρεσία των Ηνωμένων Εθνών το 1951 για τη Μετεωρολογία (καιρός και κλίμα), την λειτουργική υδρολογία και τις συναφείς γεωφυσικές επιστήμες.

### **IGRAC και WMO**

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) λειτουργεί υπό την αιγίδα του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO) και της UNESCO. Ήδη το 1999, η UNESCO και ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) ανέλαβαν πρωτοβουλία για τη δημιουργία ενός διεθνούς κέντρου υπόγειων υδάτων. Με την υποστήριξη της Κυβέρνησης των Κάτω Χωρών, αυτή η πρωτοβουλία οδήγησε στην έναρξη του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) το 2003.

### **Κυβέρνηση των Κάτω Χωρών (Government of the Netherlands)**



Η Ολλανδική Κυβέρνηση έχει παίξει έναν καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία και την ίδρυση του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) και έχει υποστηρίξει το Κέντρο ανέκαθεν. Το 1999, η UNESCO και ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) ανέλαβαν πρωτοβουλία για τη δημιουργία ενός διεθνούς κέντρου υπόγειων υδάτων. Με την υποστήριξη της Κυβέρνησης των Κάτω

Χωρών, αυτή η πρωτοβουλία οδήγησε στην έναρξη του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) το 2003.

Τον Ιανουάριο του 2011, η Κυβέρνηση των Κάτω Χωρών επιβεβαίωσε τη δέσμευσή της στο Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) και υπέγραψε συμφωνία με την UNESCO για την ίδρυση του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) ως κέντρου κατηγορίας 2 της UNESCO.

Συγκεκριμένα, το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) συνεργάζεται στενά με το Υπουργείο Υποδομών και Περιβάλλοντος, το οποίο δεσμεύεται να βελτιώσει την ποιότητα ζωής, την πρόσβαση και την κινητικότητα σε ένα καθαρό, ασφαλές και βιώσιμο περιβάλλον. Το Υπουργείο προσπαθεί να δημιουργήσει ένα αποτελεσματικό δίκτυο δρόμων, σιδηροδρόμων, πλωτών (θαλάσσιων) γραμμών και αεροπορικών γραμμών, αποτελεσματική διαχείριση των υδάτων για την προστασία από τις πλημμύρες και βελτιωμένη ποιότητα νερού και αέρα.

#### **Διεθνής Ένωση Υδρογεωλόγων (IAH, International Association of Hydrogeologists)**



Η Διεθνής Ένωση Υδρογεωλόγων (IAH/ AIH) είναι ένας επιστημονικός και εκπαιδευτικός φιλανθρωπικός οργανισμός για επιστήμονες, μηχανικούς, διαχειριστές νερού και άλλους επαγγελματίες που εργάζονται στους τομείς σχεδιασμού υπόγειων υδάτινων πόρων, διαχείρισης και προστασίας. Ιδρύθηκε το 1956 και έχει φτάσει σε μία παγκόσμια συμμετοχή μελών περισσότερων από 4000 ατόμων.

#### **IGRAC και IAH**

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) και η Διεθνής Ένωση Υδρογεωλόγων (IAH) συνεργάζονται στενά επί σειρά ετών (όπως για την πρωτοβουλία ISARM, Internationally Shared Aquifer Resources Management) και επισημοποίησαν αυτή τη συνεργασία υπογράφοντας μνημόνιο συμφωνίας το 2012.



## ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ

### **Παγκόσμια Διευκόλυνση Περιβάλλοντος (GEF, Global Environment Facility)**



Η Παγκόσμια Διευκόλυνση Περιβάλλοντος (GEF) είναι ένας δημόσιος εταιρικός φορέας υλοποίησης έργων για τη βελτίωση του παγκόσμιου περιβάλλοντος για διεθνή συνεργασία, όπου 183 χώρες εργάζονται από κοινού με διεθνείς οργανισμούς και θεσμούς, οργανώσεις της κοινωνίας των πολιτών και του ιδιωτικού τομέα, για την αντιμετώπιση παγκόσμιων περιβαλλοντικών ζητημάτων και θεμάτων.

Από το 1991, η Παγκόσμια Διευκόλυνση Περιβάλλοντος (GEF) παρείχε επιχορηγήσεις ύψους 13,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων και έχει χρηματοδοτήσει 65 δισεκατομμύρια δολάρια σε συγχρηματοδότηση για 3.900 έργα σε περισσότερες από 165 αναπτυσσόμενες χώρες. Για 23 χρόνια, τόσο οι αναπτυγμένες όσο και οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν παράσχει τους πόρους αυτούς για τη στήριξη των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη βιοπικιοικιότητα, την κλιματική αλλαγή, τα διεθνή ύδατα, την υποβάθμιση της γης, τις χημικές ουσίες και τα απόβλητα στο πλαίσιο των αναπτυξιακών έργων και προγραμμάτων.

### **IGRAC και GEF**

Τα τελευταία χρόνια το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) συμμετείχε σε αρκετά έργα που χρηματοδοτήθηκαν από την Παγκόσμια Διευκόλυνση Περιβάλλοντος (GEF). TWAP, DIKTAS και IW: LEARN.

### **Διεθνές Δίκτυο Κέντρων Υδάτων- Περιβάλλοντος για τα Βαλκάνια (INWEB, International Network of Water-Environment Centres for the Balkans)**



Το Διεθνές Δίκτυο Κέντρων Υδάτων- Περιβάλλοντος για τα Βαλκάνια (INWEB) ξεκίνησε ως μη κυβερνητική ένωση που λειτουργεί ως δίκτυο πολλών δικτύων, όπου καθένα από τα δέκα κράτη μέλη των Βαλκανίων έχει ένα σημείο αναφοράς για τα μέλη της δικής του χώρας.

Επικεντρωμένο στα διασυνοριακά ύδατα, αποσκοπεί στη διασφάλιση της καλύτερης ποιότητας πληροφοριών σχετικά με τα προβλήματα που αφορούν το νερό στη Νοτιοανατολική Ευρώπη, στην επίλυση των συγκρούσεων και των διενέξεων σε

κοινόχρηστες λεκάνες απορροής (επιφανειακές και υπόγειες) και στην ανάπτυξη μίας κοινής προσέγγισης για τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτων. Το 2003, διορίστηκε ως Πρόεδρος της UNESCO για την «*αιεφόρο διαχείριση των υδάτων και την επίλυση των συγκρούσεων*».

### **IGRAC και INWEB**

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) και το Διεθνές Δίκτυο Κέντρων Υδάτων- Περιβάλλοντος για τα Βαλκάνια (INWEB) συμμετείχαν από κοινού στην πρωτοβουλία της Διαχείρισης των Διεθνών Κοινόχρηστων Πόρων των Υπόγειων Υδροφορέων (ISARM, Internationally Shared Aquifer Resources Management).

### **Εθνική Ένωση Υπόγειων Υδάτων (NGWA, National Groundwater Association)**



Η Εθνική Ένωση Υπόγειων Υδάτων (NGWA) είναι μία κοινότητα επαγγελματιών και ειδικών πάνω στα υπόγεια ύδατα που εργάζονται από κοινού με σκοπό να προωθήσουν τη γνώση των υπόγειων υδάτων και την επιτυχία των μελών τους μέσω της εκπαίδευσης και της κοινωνικής δραστηριότητας, της υποστήριξης, της προάσπισης, της προώθησης, της συνεργασίας και της ανταλλαγής πληροφοριών και τέλος της ενίσχυσης των επαγγελματικών πρακτικών.

### **IGRAC και NGWA**

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) και η Εθνική Ένωση Υπόγειων Υδάτων (NGWA) συνεργάζονται από κοινού ως συνέταιροι και συμμετέχοι στο πλαίσιο του έργου GRIPP.

### **Πρόγραμμα Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNDP, United Nations Development Programme)**



Το Πρόγραμμα Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNDP) λειτουργεί σε περισσότερες από 170 χώρες και περιοχές, συμβάλλοντας στην εξάλειψη της φτώχειας και στη μείωση των ανισοτήτων και του αποκλεισμού.

Το Πρόγραμμα Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNDP) βοηθάει τις χώρες να αναπτύξουν πολιτικές, ηγετικές ικανότητες, συνεταιρικές και συναδελφικές ικανότητες, θεσμικές ικανότητες και την ενίσχυση της δύναμης και του σθένους προκειμένου να διατηρηθούν τα αναπτυξιακά αποτελέσματα.

## **IGRAC και UNDP**

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) και το Πρόγραμμα Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNDP) είναι μελετητικοί και εργασιακοί συνέταιροι και συμμετέχοντες σε πολλά έργα και μελέτες που σχετίζονται με τα υπόγεια ύδατα, όπως για παράδειγμα το DIKTAS, για το οποίο το Πρόγραμμα Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNDP) αποτελεί τον οργανισμό εφαρμογής και υλοποίησης, ενώ το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) συμμετέχει στην εκτέλεση του έργου.

## **Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE, United Nations Economic Commission for Europe)**



Η Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE) ιδρύθηκε το 1947 από το Οικονομικό και Κοινωνικό Συμβούλιο του ΟΗΕ (ECOSOC). Αποτελεί μία από τις πέντε περιφερειακές επιτροπές των Ηνωμένων Εθνών. Ο κύριος στόχος της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE) είναι η προώθηση της πανευρωπαϊκής οικονομικής ενοποίησης και ολοκλήρωσης. Για να γίνει αυτό, συγκεντρώνει 56 χώρες που βρίσκονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση, εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης χώρες της Δυτικής και Ανατολικής Ευρώπης, της Νοτιοανατολικής Ευρώπης και της Κοινοπολιτείας των Ανεξάρτητων Κρατών (CIS, Commonwealth of Independent States) και της Βόρειας Αμερικής.

Όλες αυτές οι χώρες συζητούν και συνεργάζονται υπό την αιγίδα της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE) πάνω σε οικονομικά και τομεακά θέματα. Με αυτό τον τρόπο λοιπόν, όλα τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη των Ηνωμένων Εθνών μπορούν να συμμετάσχουν στα έργα της UNECE. Πάνω από 70 διεθνείς επαγγελματικοί οργανισμοί και άλλοι μη κυβερνητικοί οργανισμοί συμμετέχουν στις δραστηριότητες της UNECE.

## **IGRAC και UNECE**

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) συνέβαλλε και συντέλεσε προηγουμένως στην 1<sup>η</sup> Αξιολόγηση το 2007 και στη συνέχεια παρείχε όλη τη διασυνοριακή χαρτογράφηση για τη 2<sup>η</sup> Αξιολόγηση, η οποία δημοσιεύτηκε το φθινόπωρο του 2011. Η 2<sup>η</sup> αξιολόγηση παρέχει μία συνολική εικόνα της κατάστασης των υπόγειων υδάτων, καλύπτοντας περισσότερους από 140 διασυνοριακούς ποταμούς, 25 διασυνοριακές λίμνες, περίπου 200 διασυνοριακά υπόγεια ύδατα και 25 περιοχές Ramsar ή άλλους υγροβιότοπους διασυνοριακής σημασίας και σπουδαιότητας.

## **Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP, United Nations Environment Programme)**



Το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP) αποτελεί την κορυφαία παγκόσμια περιβαλλοντική αρχή (εξουσία) που καθορίζει την παγκόσμια περιβαλλοντική ατζέντα, προωθεί και προάγει τη συνεκτική εφαρμογή της περιβαλλοντικής διάστασης της βιώσιμης ανάπτυξης στο πλαίσιο του συστήματος των Ηνωμένων Εθνών και αποτελεί παράδειγμα ενός αξιόπιστου και επίσημου υποστηρικτή του παγκόσμιου περιβάλλοντος.

Οι εργασίες του Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP) περιλαμβάνουν:

- ✓ Την αξιολόγηση και αποτίμηση των παγκόσμιων, περιφερειακών, τοπικών και εθνικών περιβαλλοντικών συνθηκών και τάσεων
- ✓ Την ανάπτυξη διεθνών και εθνικών περιβαλλοντικών μέσων
- ✓ Την ενίσχυση των ιδρυμάτων και των θεσμών για την συνετή και ορθή διαχείριση του περιβάλλοντος.

## **IGRAC και UNEP**

Το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP) είναι ο οργανισμός υλοποίησης του έργου TWAP, το οποίο αποτελείται από πέντε ανεξάρτητους δείκτες βάσει αξιολογήσεων και των σχέσεων μεταξύ τους,

συμπεριλαμβανομένων των κοινωνικοοικονομικών και των διακυβερνητικών τους σχετικών και συναφών χαρακτηριστικών. Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) συμμετέχει στη κομμάτι των υπόγειων υδάτων αυτού του έργου.

**Διεθνές Ινστιτούτο Διαχείρισης των Υδάτων  
(IWMI, International Water Management Institute)**



Το Διεθνές Ινστιτούτο Διαχείρισης των Υδάτων (IWMI) είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός επιστημονικής έρευνας που επικεντρώνεται στην αειφόρο χρήση των υδάτινων και χερσαίων πόρων στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έχει έδρα το Colombo, της Σρι Λάνκα, με περιφερειακά γραφεία σε ολόκληρη την Ασία και την Αφρική.

Το Διεθνές Ινστιτούτο Διαχείρισης των Υδάτων (IWMI) συνεργάζεται με τις κυβερνήσεις, της κοινωνία των πολιτών και τον ιδιωτικό τομέα για την ανάπτυξη διευρυμένων και επεκτάσιμων λύσεων διαχείρισης των υδάτων που προορίζονται για τον αγροτικό τομέα που έχουν πραγματική επίδραση στη μείωση της φτώχειας, στην ασφάλεια των τροφίμων και στην υγεία των οικοσυστημάτων. Το Διεθνές Ινστιτούτο Διαχείρισης των Υδάτων (IWMI) είναι μέλος της Συμβουλευτικής Ομάδας της Διεθνούς Αγροτικής Έρευνας (CGIAR, Consultative Group for International Agricultural Research).

### **IGRAC και IWMI**

Το Διεθνές Ινστιτούτο Διαχείρισης των Υδάτων (IWMI) και το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) εμπλέκονται και συμμετέχουν από κοινού στα έργα RAMOTSWA και GroFutures που εξακολουθούν να τρέχουν (εκτελούνται). Ως συνεισφορά και συμβολή στο έργο αυτό, το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) βελτιώνει το σοβαρό παιχνίδι στρατηγικής των υπόγειων υδάτων, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στο έργο ως εργαλείο αύξησης της επίγνωσης και της συναίσθησης μεταξύ των ενδιαφερομένων. Προηγουμένως, οι δύο οργανισμοί συνεργάστηκαν ήδη, αναπτύσσοντας παράλληλα το εγχειρίδιο εκπαίδευσης σχετικά με την «Ολοκλήρωση της διαχείρισης των υπόγειων υδάτων σε διασυνοριακούς οργανισμούς λεκανών απορροής στην Αφρική».

## 2.4 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ

### Πρόγραμμα Αξιολόγησης των Διασυνοριακών Υδάτων (TWAP, Transboundary Waters Assessment Program)



Το Πρόγραμμα Αξιολόγησης των Διασυνοριακών Υδάτων (TWAP) είναι ένα έργο το οποίο χρηματοδοτείται από την Παγκόσμια Διευκόλυνση Περιβάλλοντος (GEF) και στοχεύει στην εκτέλεση και τη διεξαγωγή της πρώτης παγκόσμιας αξιολόγησης σε επίπεδο βάσης σημείου αναφοράς, των διασυνοριακών υδάτινων συστημάτων. Η αξιολόγηση ολοκληρώθηκε σε πέντε επιμέρους συνιστώσες (μέρη) και συγκεκριμένα σε λεκάνες απορροής των ποταμών, σε μεγάλα θαλάσσια οικοσυστήματα, σε ανοιχτούς ωκεανούς και σε διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς και υπόγεια υδατικά συστήματα. Το τελευταίο είναι το συστατικό (στοιχείο) που συνθέτει, που συγκροτεί και που αποτελεί το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) που συμμετείχε ως συνέταιρος και συμμετοχος του έργου, συνδιοργανώνοντας τοπικές και περιφερειακές συσκέψεις και συνεδριάσεις και αναπτύσσοντας ένα Πρόγραμμα Αξιολόγησης των Διασυνοριακών Υδάτων (TWAP) πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης που περιέχει όλα τα δεδομένα συλλογής των υπόγειων υδάτων.

#### Ο ρόλος του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC)

Μαζί με τον Εκπαιδευτικό, Επιστημονικό και Πολιτιστικό Οργανισμό των Ηνωμένων Εθνών και το Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα (UNESCO- IHP), το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) έχει την ευθύνη για την εκτέλεση της συνιστώσας των υπόγειων υδάτων του έργου, αξιολογώντας 199 διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς και 43 μικρά νησιωτικά αναπτυσσόμενα κράτη. Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) έχει μεριμνήσει και παράλληλα φροντίσει για τη διαχείριση των δεδομένων και των πληροφοριών της συνιστώσας των υπόγειων υδάτων. Άλλες παρεχόμενες υπηρεσίες περιλαμβάνουν:

- ✓ Τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη προδιαγραφών λογισμικού για το Πρόγραμμα Αξιολόγησης των Διασυνοριακών Υδάτων (TWAP) πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης (IMS)

- ✓ Τη συνδιοργάνωση και την παρουσίαση σε τοπικά και περιφερειακά εργαστήρια και σεμινάρια στη Νότια Αμερική, την Αφρική, την Ευρώπη και την Ασία
- ✓ Τη συμμετοχή στις διατομεακές ομάδες εργασίας για τη διακυβέρνηση και τη διαχείριση δεδομένων και πληροφοριών.

### **Στόχοι του έργου**

1. Η διεξαγωγή μίας συνολικής παγκόσμιας αξιολόγησης των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων και των συστημάτων υπόγειων υδάτων των μικρών νησιωτικών αναπτυσσόμενων κρατών, μέσω μίας επίσημης κοινοπραξίας των εταίρων και των συμμετεχόντων
2. Η στήριξη εμπεριστατωμένων (έχοντας γνώση όλων των παραμέτρων) επενδύσεων από την Παγκόσμια Διευκόλυνση Περιβάλλοντος (GEF) και άλλους διεθνείς οργανισμούς
3. Η συνεχής και διαρκής προσπάθεια και δραστηριότητα μέσα από μία περιοδική διαδικασία σε συνεργασία με βασικά ιδρύματα και θεσμούς που αποσκοπούν στην ενσωμάτωση των διασυνοριακών εκτιμήσεων και μελετών σε ένα τακτικό πρόγραμμα αξιολόγησης.

### **Προστασία και Βιώσιμη Χρήση του Δειναρικού Καρστικού Συστήματος Υπόγειων Υδροφορέων (DIKTAS, Protection and Sustainable Use of the Dinaric Karst Aquifer System)**



Το έργο του Δειναρικού Καρστικού Συστήματος Υπόγειων Υδροφορέων (DIKTAS) είναι το πρώτο που επιχειρήσε (προσπάθησε) παγκοσμίως να εισαγάγει τις αρχές της αειφόρου και βιώσιμης ολοκληρωμένης διαχείρισης σε έναν διασυνοριακό καρστικό υπόγειο υδροφορέα που περιέχει γλυκό νερό, του μεγέθους του Δειναρικού Καρστικού Συστήματος. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το έργο στοχεύει στην εστίαση της προσοχής της διεθνούς κοινότητας στους τεράστιους σε μέγεθος αλλά ευάλωτους (τρωτούς) υδάτινους πόρους που περιέχονται στους καρστικούς υπόγειους υδροφορείς (ανθρακικοί πέτρινοι σχηματισμοί), οι οποίοι είναι ευρέως διαδεδομένοι σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά ελάχιστα κατανοητοί. Το Δειναρικό Καρστικό Σύστημα Υπόγειων



Υδροφορέων, το οποίο είναι κοινόχρηστο και μοιράζεται από αρκετές χώρες και όντας ένα από τα μεγαλύτερα στον κόσμο, έχει αναγνωριστεί και θεωρηθεί ως μία ιδανική ευκαιρία για την εφαρμογή νέων και ολοκληρωμένων προσεγγίσεων διαχείρισης σε αυτούς τους μοναδικούς πόρους γλυκού νερού και τα οικοσυστήματα.

### **Ο ρόλος του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC)**

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) παρέχει τη διαχείριση του έργου και συμβάλλει σε διάφορες δραστηριότητες περιεχομένου όπως:

- Εισαγωγή στην Διαγνωστική Διασυνοριακή Ανάλυση
- Υποστήριξη του Στρατηγικού Σχεδίου Δράσης (SAP, Strategic Action Plan)

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) διοργάνωσε το συνέδριο (διάσκεψη) DIKTAS «*Κάρστ χωρίς σύνορα*», περιηγήσεις μελέτης DIKTAS, διεθνή μαθήματα και σεμινάρια πεδίου.

### **Στόχοι του έργου**

1. Διευκόλυνση της δίκαιης και βιώσιμης χρήσης και διαχείρισης των διασυνοριακών υδάτινων πόρων του Δειναρικού Καρστικού Συστήματος Υπόγειων Υδροφορέων (DIKTAS)
2. Προστασία από τους φυσικούς και τους ανθρωπογενείς κινδύνους, συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής αλλαγής, τα μοναδικά υπόγεια υδατικά εξαρτώμενα οικοσυστήματα που χαρακτηρίζουν την περιοχή του Δειναρικού Κάρστ της Βαλκανικής Χερσονήσου.

**Διεθνής Ανταλλαγή Γνώσεων για το Νερό και Δίκτυο Πόρων (IW: LEARN, International Water Learning Exchange and Resource Network)**



Το χρηματοδοτούμενο από την Παγκόσμια Διευκόλυνση Περιβάλλοντος (GEF) πρόγραμμα Διεθνής Ανταλλαγή Γνώσεων για το Νερό και Δίκτυο Πόρων (IW: LEARN) προωθεί την ανταλλαγή εμπειριών και τη μάθηση μεταξύ των έργων της Παγκόσμιας Διευκόλυνσης Περιβάλλοντος (GEF) των Διεθνών Υδάτων, των



αξιοματούχων των χωρών, των επικείμενων και επερχόμενων υπηρεσιών ή οργανισμών και άλλων συνεταιίρων. Ο γενικός στόχος του είναι να ενισχύσει τη διασυνοριακή διαχείριση των υδάτων σε όλο τον κόσμο, συλλέγοντας και ανταλλάσσοντας βέλτιστες πρακτικές, μαθήματα και καινοτόμες λύσεις σε κοινά προβλήματα. Η Διεθνής Ανταλλαγή Γνώσεων για το Νερό και Δίκτυο Πόρων (IW: LEARN) στοχεύει επίσης στην ενίσχυση του συνόλου του χαρτοφυλακίου των διεθνών υδάτων μέσω της προώθησης του διαλόγου, της ανταλλαγής γνώσεων και της αναπαραγωγής μεταξύ των έργων.

### **Ο ρόλος του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC)**

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) συνέβαλε στο περιεχόμενο του έργου και είχε ηγετικό ρόλο στις διαδικτυακές δραστηριότητες ανταλλαγής γνώσεων, όπως τα webinars και μίας διαδικτυακής συζήτησης (φόρουμ). Εκτός από αυτό, το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) συμμετείχε στην οργάνωση των διαλόγων ενοποίησης και ενσωμάτωσης που πραγματοποιήθηκαν στο Cape Town, την Αθήνα και το Μπουένος Άιρες.

### **Πρωτοβουλία Λύσεων των Υπόγειων Υδάτων για Πολιτική και Εφαρμογή (GRIPP, Groundwater Solutions Initiative for Policy and Practice)**



Η Πρωτοβουλία Λύσεων των Υπόγειων Υδάτων για Πολιτική και Εφαρμογή (GRIPP) είναι μία ανεξάρτητη ανοιχτή παγκόσμια κοινοπραξία εταιρών που έχει συσταθεί για να ενώσει, να ενισχύσει, να επεκτείνει και να συνδέσει τα υπόγεια ύδατα με τα σχετικά και συναφή έργα και πρωτοβουλίες.

Η Πρωτοβουλία Λύσεων των Υπόγειων Υδάτων για Πολιτική και Εφαρμογή (GRIPP) έχει σχεδιαστεί για να αναπτύξει από κοινού λύσεις στις προκλήσεις της υπερανάληψης των υπόγειων υδάτων και της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού. Επικεντρώνεται στις εξαρτώμενες από τα υπόγεια ύδατα περιοχές παραγωγής τροφίμων παγκοσμίως, ιδίως στις χώρες με χαμηλό εισόδημα και στις αναδυόμενες οικονομίες, όπου υποστηρίζει το νερό και την ασφάλεια των τροφίμων. Μέσω δυναμικών συνεργασιών, η Πρωτοβουλία Λύσεων των Υπόγειων Υδάτων για Πολιτική

και Εφαρμογή (GRIPP) προωθεί και προσαρμόζει τις δοκιμασμένες τεχνολογίες και τις καινοτόμες πολιτικές και θεσμικές προσεγγίσεις, προκειμένου να επιτύχει τους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης (SDGs, Sustainable Development Goals) σχετικά με την ανθεκτικότητα του κλίματος, την ασφάλεια των τροφίμων, των βιοτικών πόρων (μέσων επιβίωσης) και της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων.

### **Ο ρόλος του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) στην Πρωτοβουλία Λύσεων των Υπόγειων Υδάτων για Πολιτική και Εφαρμογή (GRIPP)**

Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) συμμετέχει στην πρωτοβουλία της Πρωτοβουλίας Λύσεων των Υπόγειων Υδάτων για Πολιτική και Εφαρμογή (GRIPP) ως ένας από τους κύριους στρατηγικούς εταίρους και υποστηρίζει το όραμα της GRIPP για την επίλυση των θεμάτων σχετικά με τα υπόγεια ύδατα με την ανταλλαγή γνώσεων και την εκπαίδευση.

### **Διαχείριση Διεθνών Πόρων των Κοινόχρηστων Υπόγειων Υδροφορέων (ISARM, Internationally Shared Aquifer Resources Management)**



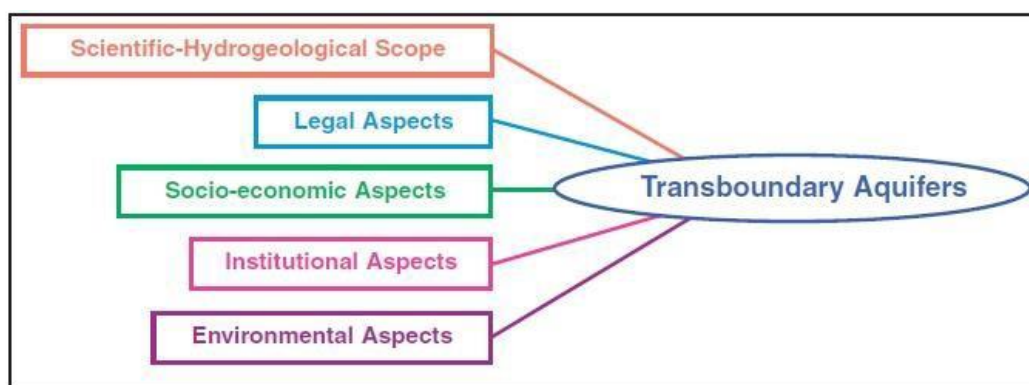
Η παγκόσμια πρωτοβουλία για τη Διαχείριση των Διεθνών Πόρων των Κοινόχρηστων Υπόγειων Υδροφορέων (ISARM) είναι μία προσπάθεια πολυεθνικών οργανισμών του Πολιτιστικού Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών (UNESCO) και της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (IAH) που στοχεύει στη βελτίωση της κατανόησης των επιστημονικών, κοινωνικοοικονομικών, νομικών, θεσμικών και περιβαλλοντικών θεμάτων που σχετίζονται με τη διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων.

Το ζήτημα των κοινόχρηστων διεθνών υδάτων είναι τόσο παλιό όσο και τα εθνικά σύνορα που καθιστούν αυτά τα υπόγεια ύδατα διεθνή. Κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα, σημειώθηκε σημαντική πρόοδος στη ρύθμιση και τον κανονισμό της από κοινού διαχείρισης των επιφανειακών υδάτων (υδατορεμάτων). Έχουν συσταθεί πολλές διεθνείς επιτροπές ποταμών, λιμνών ή λεκανών απορροής και έχουν υπογραφεί οι νομικές συνθήκες. Παρόλο που ορισμένες από αυτές τις δραστηριότητες αντιμετωπίζονται ως «μία συνιστώσα των υπόγειων υδάτων», σημαντικές ισάξιες προσπάθειες που σχετίζονται με τα αόρατα υπόγεια ύδατα ξεκίνησαν πριν από μερικά

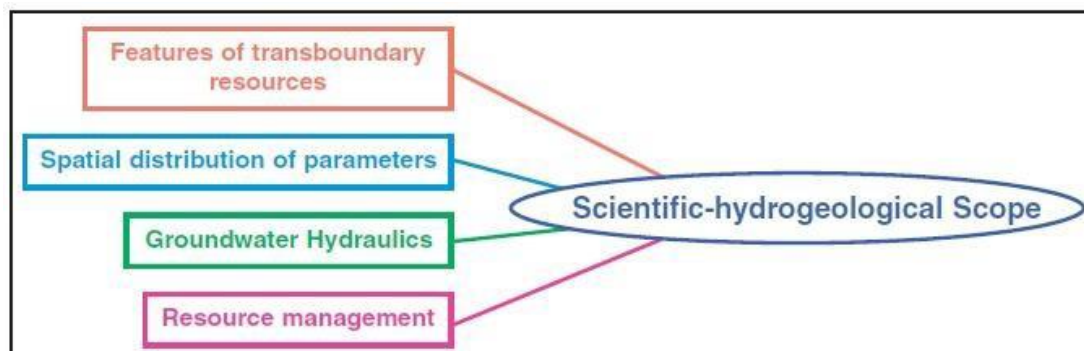
χρόνια με το πρόγραμμα της Διαχείρισης των Διεθνών Πόρων των Κοινόχρηστων Υπόγειων Υδροφορέων (ISARM).

Από την έναρξή του το 2002, η Διαχείριση των Διεθνών Πόρων των Κοινόχρηστων Υπόγειων Υδροφορέων (ISARM) ξεκίνησε και δρομολόγησε μία σειρά παγκόσμιων και περιφερειακών πρωτοβουλιών. Αυτές έχουν σχεδιαστεί για να προσδιορίσουν, να οριοθετήσουν και να αναλύσουν τα διασυνοριακά συστήματα των υπόγειων υδροφορέων και να ενθαρρύνουν τα παράκτια κράτη να συνεργαστούν για την αμοιβαία επωφελή και βιώσιμη ανάπτυξη των υπόγειων υδροφορέων. Τέλος, το πρόγραμμα υποστηρίζει τη συνεργασία μεταξύ των χωρών, έτσι ώστε να αναπτύξουν τις επιστημονικές τους γνώσεις και να εξαλείψουν πιθανές συγκρούσεις, ιδίως όπου οι εννοιολογικές διαφορές μπορεί να δημιουργήσουν εντάσεις. Έχει ως στόχο να εξασκήσει, να εκπαιδεύσει, να ενημερώσει και να παρέχει δεδομένα για τις πολιτικές και τη λήψη αποφάσεων, βασισμένες στην καλή τεχνική και επιστημονική κατανόηση.

Η πύλη ISARM (εξωτερική σύνδεση) αναπτύσσεται και υποστηρίζεται από το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC).



Εικ. 2.5 Περιοχές εστίασης του προγράμματος ISARM (Πηγή: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001243/124386e.pdf>)



Εικ. 2.6 Πεδίο εφαρμογής της επιστημονικής και υδρογεωλογικής εστίασης του προγράμματος ISARM (Πηγή:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001243/124386e.pdf>)

## 2.5 ΧΑΡΤΕΣ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

Τα στοιχεία και οι θεματικοί χάρτες που παρουσιάζονται παρακάτω, πάρθηκαν από τα αποτελέσματα των μελετών που πραγματοποίησε το Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα (IHP) της UNESCO κατά τη διάρκεια της 6<sup>ης</sup> φάσης του. Αυτό περιλαμβάνει τα σύνολα δεδομένων της Διαχείρισης των Διεθνών Πόρων των Κοινόχρηστων Υπόγειων Υδροφορέων (ISARM), του Παγκόσμιου Προγράμματος Υδρογεωλογικής Χαρτογράφησης και Αξιολόγησης (WHYMAP) και του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC), καθώς και της δημοσίευσης των δεικτών βιωσιμότητας των πόρων των υπόγειων υδάτων (UNESCO IHP-VI, Series on Groundwater No 14, 2007).

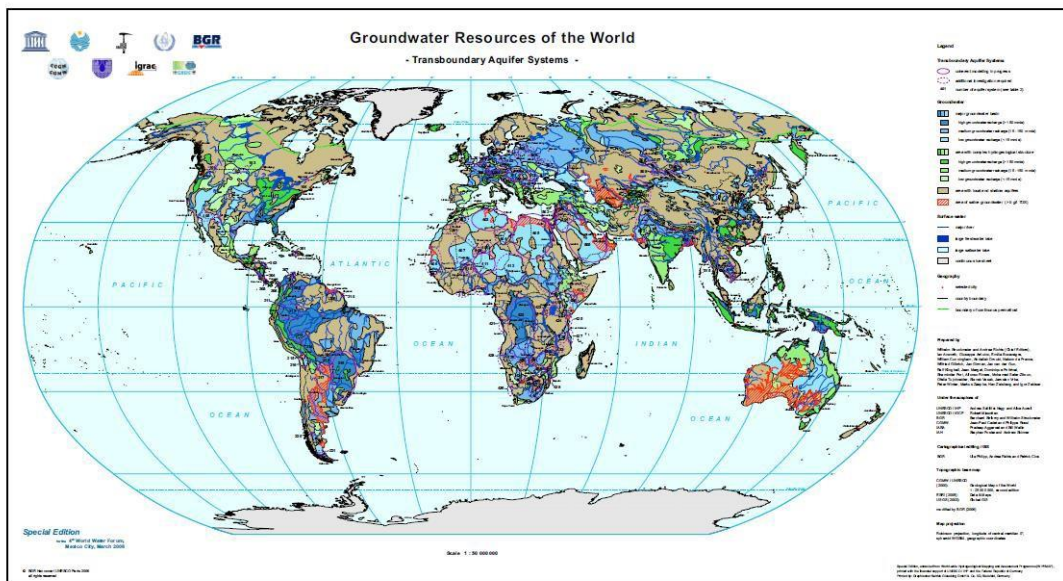
Η ανάλυση των διαθέσιμων συνόλων δεδομένων σχετικά με τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς χρησιμοποίησε τις ακόλουθες πηγές δεδομένων σχετικά με τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς που θεσμοποιούνται και οργανώνονται σε παγκόσμιο και περιφερειακό επίπεδο:

1. Το έργο για τη Διαχείριση των Διεθνών Πόρων των Κοινόχρηστων Υπόγειων Υδροφορέων (ISARM), Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα (IHP) της UNESCO: περισσότεροι από 270 διασυνοριακοί υπόγειοι υδροφορείς έχουν εντοπιστεί μέχρι στιγμής. Οι προσεγγίσεις οι οποίες ακολουθούνται περιλαμβάνουν πολλές ομοιότητες, αλλά υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο βαθμό συγκέντρωσης (αθροίσματος) των υποεπιφανειακών υδρογεωλογικών μονάδων στα συστήματα των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων.
2. Το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Υδρογεωλογικής Χαρτογράφησης και Αξιολόγησης (WHYMAP, World-wide Hydrogeological Mapping and Assessment Programme) της UNESCO (2006, ειδική έκδοση για τα διασυνοριακά συστήματα υπόγειων υδροφορέων) παρέχει μία συνολική παγκόσμια εικόνα για την τοποθεσία, τα χαρακτηριστικά και την πλευρική έκταση 98 κύριων (βασικών) διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων ή ομάδων υπόγειων υδροφορέων. Άλλοι περιφερειακοί και τοπικοί χάρτες, καθώς επίσης και βάσεις δεδομένων του Διεθνούς Υδρολογικού Προγράμματος (IHP) της UNESCO συμπληρώνουν τους συνοπτικούς παγκόσμιους χάρτες του Παγκόσμιου Προγράμματος Υδρογεωλογικής Χαρτογράφησης και Αξιολόγησης (WHYMAP) με

λεπτομερέστερες πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων χαρτών, που οργανώνονται σε περιφερειακό επίπεδο. Ο χάρτης των υπόγειων υδάτινων πόρων του WHYMAP (2008) δείχνει επίσης τη μέση ετήσια επαναφόρτιση με βάση το παγκόσμιο μοντέλο της παγκόσμιας αξιολόγησης και πρόγνωσης του νερού (WaterGAP, Water Global Assessment and Prognosis) (Doell & Fiedler, 2008). Επιπλέον, εμφανίζονται σημαντικά κέντρα μη βιώσιμης υπόγειας υδατικής άντλησης (αφαίρεσης) ή υπόγειας υδατικής εξόρυξης, καθώς και τα υποτιθέμενα οικοσυστήματα που εξαρτώνται από τα υπόγεια ύδατα.

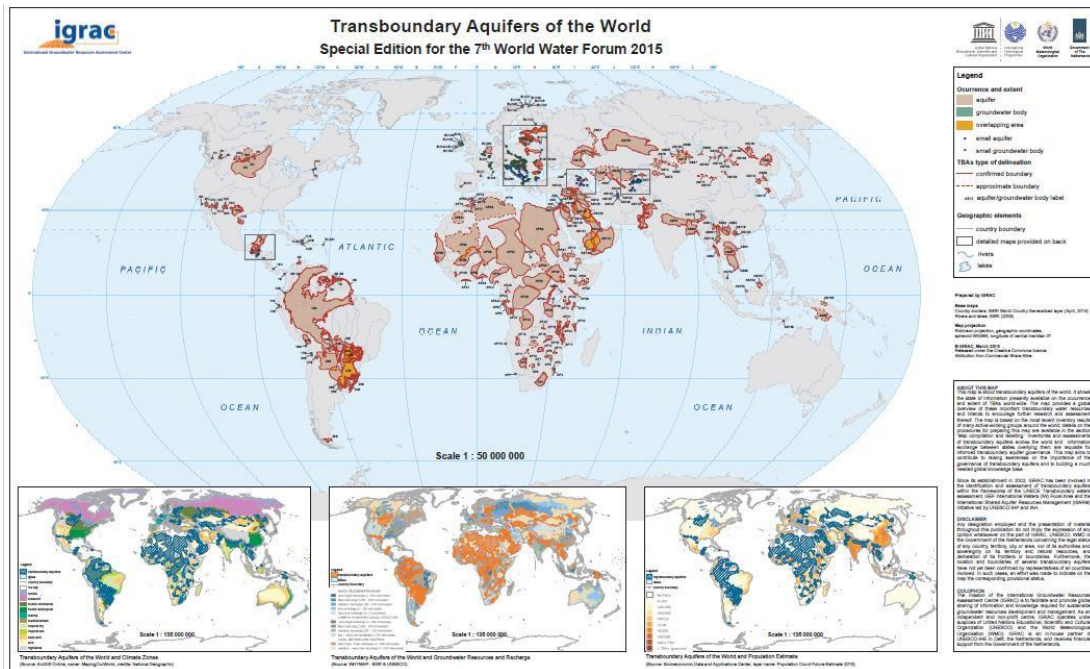
3. Το σύστημα πληροφοριών AQUASTAT της Διεθνούς Οργάνωσης Τροφίμων και Γεωργίας (FAO, Food and Agriculture Organization) για το νερό και τη γεωργία και ο άτλας της Διεθνούς Οργάνωσης Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) για τους υδάτινους πόρους που χρησιμοποιούνται για άρδευση στη λεκάνη απορροής ποταμών και οι κλίμακες των χωρών παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την ανάπτυξη δεικτών άντλησης των πόρων των υπόγειων υδάτων.
4. Το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) (UNESCO-WMO, World Meteorological Organization, κέντρο υπόγειων υδάτων) έχει δημιουργήσει και κατασκευάσει παγκόσμιους χάρτες δεικτών για τα υπόγεια ύδατα (άντληση των υπόγειων υδάτων ως ποσοστό της μέσης επαναφόρτισης των υπόγειων υδάτων, συνολικοί εκμεταλλεύσιμοι μη ανανεώσιμοι υπόγειοι υδάτινοι πόροι/ ετήσια άντληση σε μη ανανεώσιμους υπόγειους υδάτινους πόρους, εξάρτηση των αγροτικού πληθυσμού από τα υπόγεια ύδατα) για το έργο του Παγκόσμιου Προγράμματος Αξιολόγησης του Νερού των Ηνωμένων Εθνών (UNWWAP, World Water Assessment Programme) και του Διεθνούς Υδρολογικού Προγράμματος (IHP) της UNESCO στην ανάπτυξη δεικτών βιωσιμότητας των υπόγειων υδάτινων πόρων. Επιπλέον, το Παγκόσμιο Σύστημα Πληροφοριών για τα Υπόγεια Ύδατα (GGIS, Global Groundwater Information System) του Διεθνούς Κέντρου Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων (IGRAC) περιλαμβάνει παγκόσμια κάλυψη πολλών μεταβλητών και δεικτών δυνητικής (ενδεχόμενης) σχέσης και σύνδεσης για την GBI.

5. Πολλά χρήσιμα παγκόσμια σύνολα δεδομένων σχετικά με τα υπόγεια ύδατα και τους χάρτες διατίθενται στο πρόσφατα δημοσιευμένο βιβλίο “*Les eaux souterraines dans le monde*” (Margat, UNESCO-BRGM, Bureau de Recherches Géologiques et Minières 2008).
6. Σε πολλές χώρες δημοσιεύονται υδρογεωλογικοί χάρτες, καθώς και χάρτες τρωτότητας παρουσιάζοντας μία γενική συνολική εικόνα των υπόγειων υδροφορέων σε περιοχές κοντά στα σύνορα των παράκτιων χωρών.
7. Τα δεδομένα των υπόγειων υδάτων που συλλέγονται από διάφορα δορυφορικά προγράμματα τηλεπισκόπησης (π.χ. GRACE, ESA) είναι συνεκτικά χωρικά και χρονικά και μπορούν να παράσχουν συνεπή και πολιτική άποψη χωρίς σύνορα, αρκετών στοιχείων των υπόγειων υδάτων που είναι χρήσιμα για τη διαμόρφωση και το σχηματισμό των δεικτών των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων.

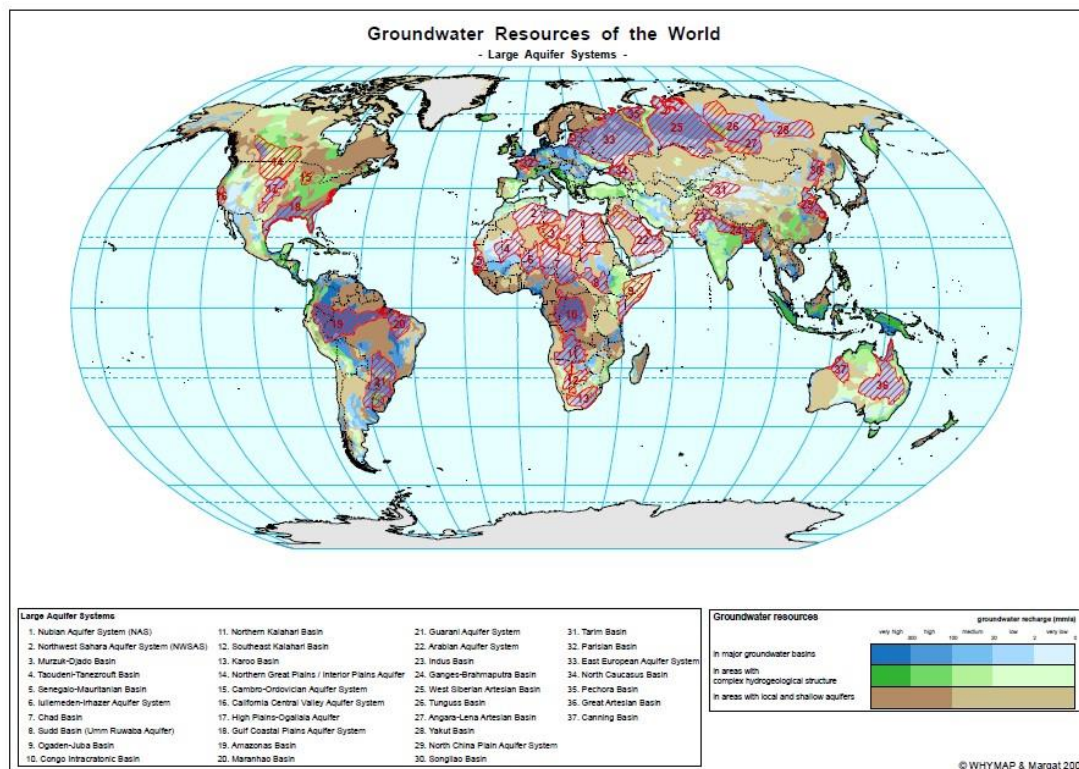


**Εικ. 2.7 Υπόγειοι υδατικοί πόροι του κόσμου- Διασυνοριακά συστήματα υπόγειων υδροφορέων- (Πηγή: WHYMAP και Margat, 2008)**

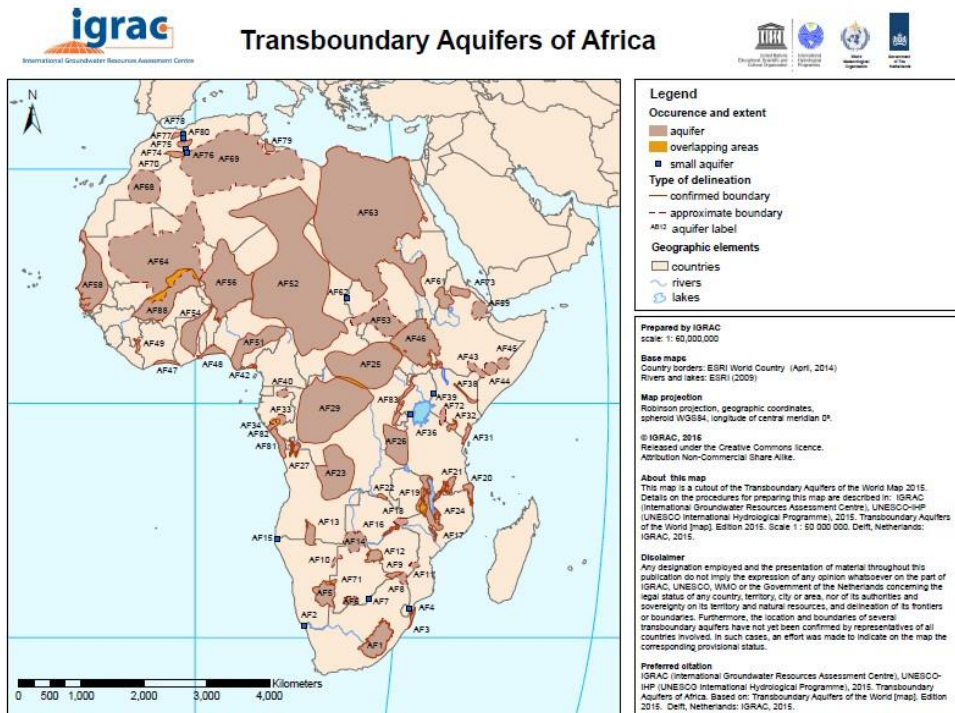




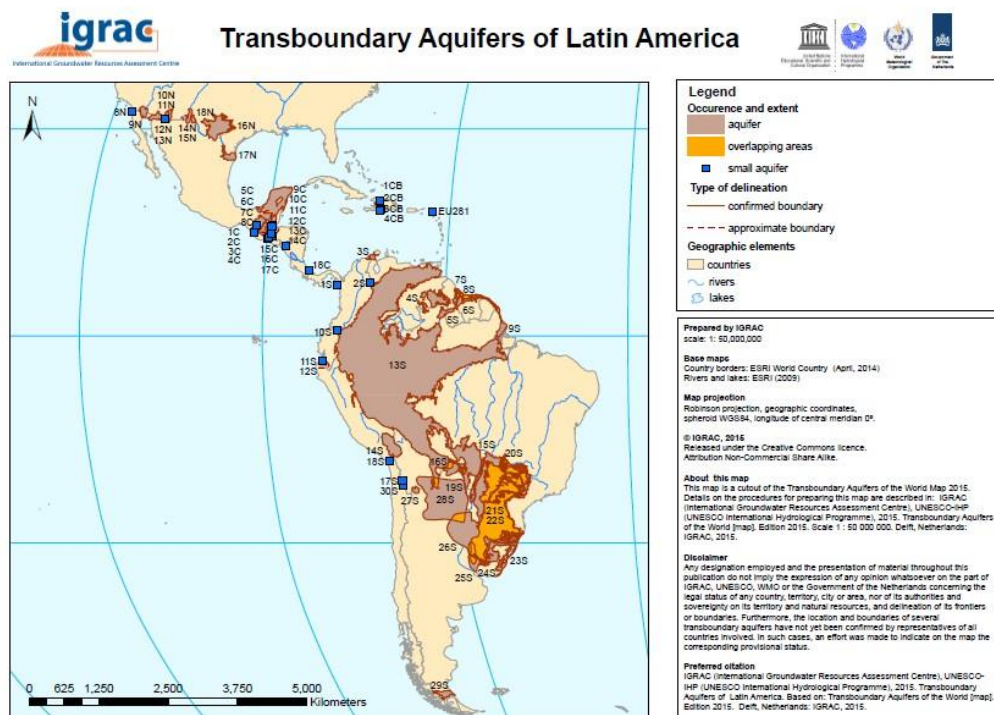
**Εικ. 2.8 Διασυνοριακοί υπόγειοι υδροφορείς του κόσμου, Χάρτης 2015 (Πηγή: WHYMAP και IGRAC, 2015)**



**Εικ. 2.9 Υπόγειοι υδατικοί πόροι του κόσμου –Μεγάλα υπόγεια υδροφόρα συστήματα- (Πηγή: WHYMAP και Margat, 2008)**

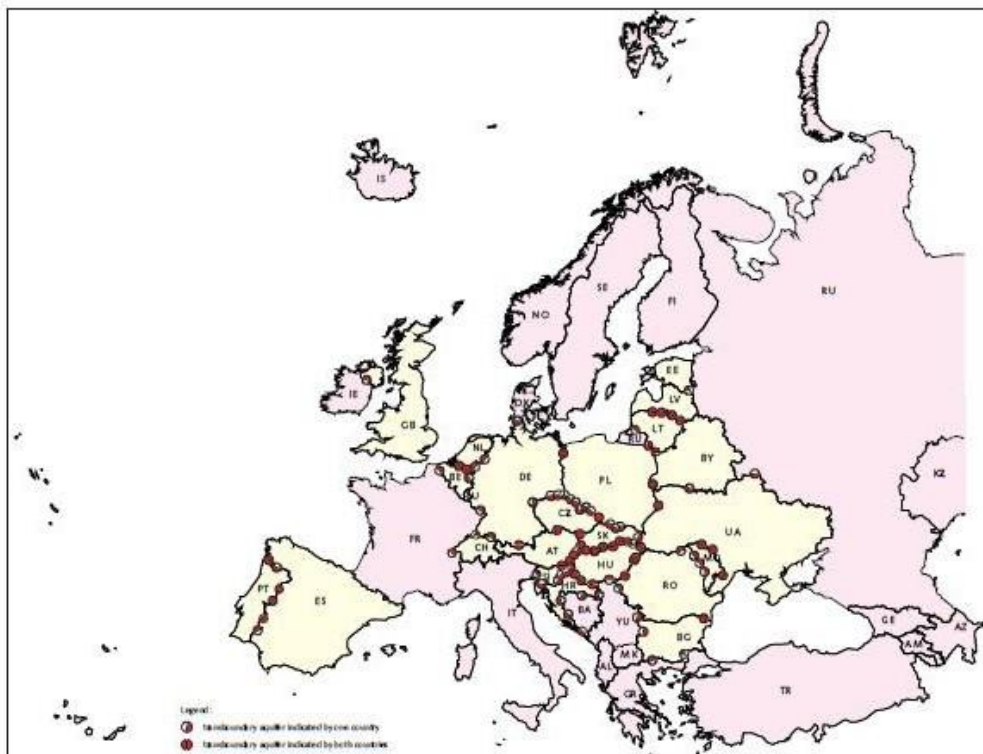


Εικ. 2.10 Διασυννοριακοί υπόγειοι υδροφορείς της Αφρικής, Χάρτης 2016 (Πηγή: WHYMAP και IGRAC, 2016)



Εικ. 2.11 Διασυννοριακοί υπόγειοι υδροφορείς της Λατινικής Αμερικής (Πηγή: WHYMAP και IGRAC, 2016)

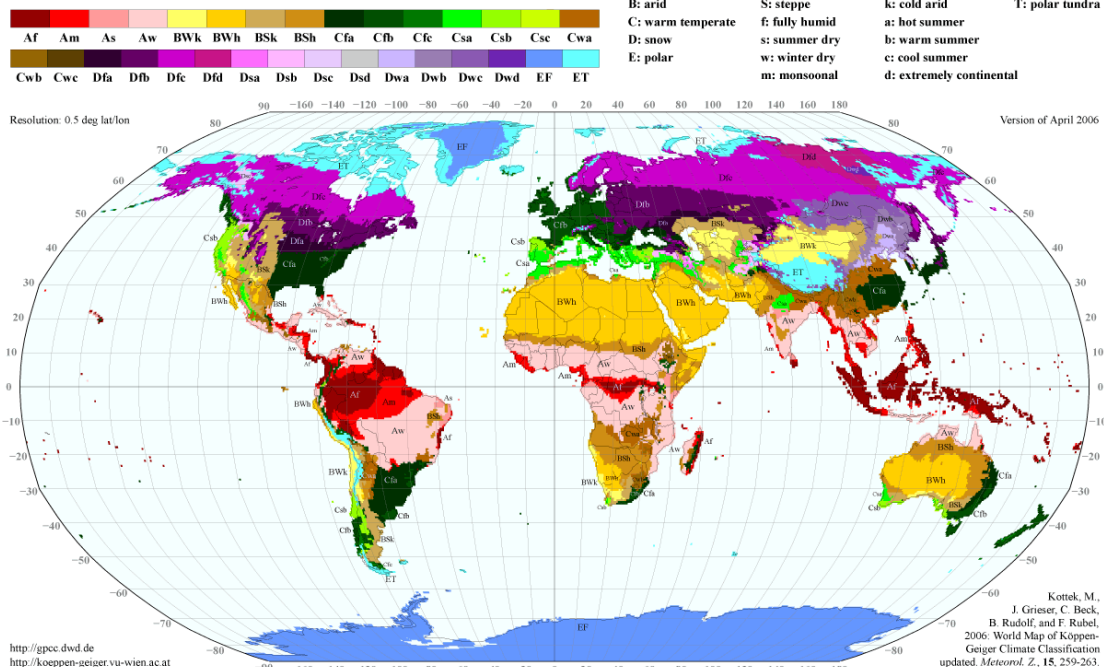




Εικ. 2.12 Διασυννοριακοί υπόγειοι υδροφορείς στην Ευρώπη (Πηγή: WHYMAP και Margat, 2008)

### World Map of Köppen–Geiger Climate Classification

updated with CRU TS 2.1 temperature and VASClmO v1.1 precipitation data 1951 to 2000



Εικ. 2.13 Παγκόσμιος χάρτης της κλιματικής ταξινόμησης από τους Köppen- Geiger (Πηγή: Kotttek, Grieser, Beck, Rudolf & Rubel, 2006)

**ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ****3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Οι διασυννοριακοί υπόγειοι υδροφορείς μπορούν να ταξινομηθούν σε διαφορετικούς τύπους ή κατηγορίες ανάλογα με τα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Όταν εξετάζεται και μελετάται ο τύπος των ορίων ενός υπόγειου υδροφορέα, π.χ. της ελεύθερης επιφάνειας ή των αδιαπέρατων στρωμάτων εδάφους, οι υπόγειοι υδροφορείς μπορούν να ταξινομηθούν ως ελεύθεροι ή φρεάτιοι, υπό πίεση ή αρτεσιανοί, μερικώς υπό πίεση και ημιελεύθεροι.

Όταν τα υδρογεωλογικά κριτήρια που λαμβάνονται υπ' όψιν είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού της γεωλογικής τους δομής και των ιδιοτήτων ροής, οι υπόγειοι υδροφορείς μπορούν να ταξινομηθούν ως πορώδεις, καρστικοί ή ρηγματωμένοι.

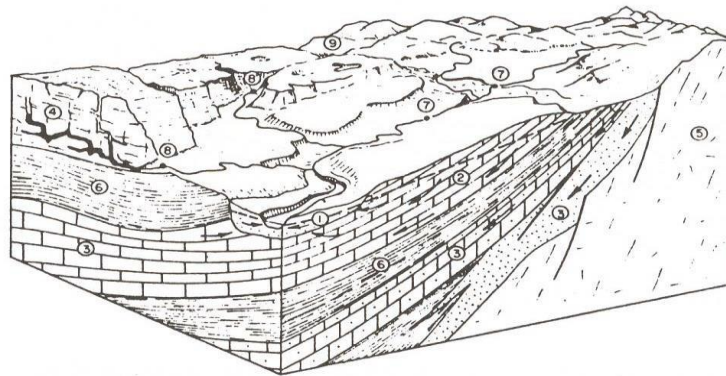
Οι διασυννοριακοί υπόγειοι υδροφορείς μπορεί να χαρακτηρίζονται από λιθολογικά, γεωλογικά και ηλικιακά κριτήρια, στις περιπτώσεις κατά τις οποίες αυτοί μπορούν να θεωρηθούν ως σύνθετοι π.χ. από χαλίκια ή από ηφαιστειακά υλικά (λιθολογία), ως ιζηματογενείς ή πολλαπλών στρώσεων (γεωλογία) ή ως παλαιογενείς ή ανώτερης κρητιδικής (ηλικίας). Επίσης, οι διασυννοριακοί υπόγειοι υδροφορείς μπορούν να είναι μικτοί (π.χ. πορώδεις με καρστ) ή πολλαπλών στρώσεων.

**3.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ**

Το νερό που διεισδύει στο έδαφος κυκλοφορεί μέσα από διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς. Ανάλογα με τις συνοριακές συνθήκες (αδιαπέρατα ή ημιδιαπερατά στρώματα εδάφους, ατμοσφαιρική πίεση, ποτάμια και λίμνες), τα υπόγεια ύδατα σχηματίζουν διάφορους τύπους υπόγειων υδροφορέων. Πρόκειται για εκτεταμένους περατούς σχηματισμούς πετρωμάτων στους οποίους συσσωρεύεται μερικώς το νερό και μέσω των οποίων το νερό ρέει μερικώς. Το σχήμα 3.1 παρουσιάζει μία επισκόπηση των διαφορετικών τύπων υπόγειων υδροφορέων στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών τους, οι υπόγειοι υδροφορείς μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες ομάδες:

1. Αλλουβιακοί και ιζηματογενείς υπόγειοι υδροφορείς
2. Ασβεστολιθικοί και καρστικοί υπόγειοι υδροφορείς

3. Σπασμένοι (κατακερματισμένοι) υπόγειοι υδροφορείς κρυσταλλικών βράχων.



- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1 Alluvial aquifer in connection with a river     | 6 Sedimentary impervious layer |
| 2 Regional aquifer with free surface in limestone | 7 Spring from phreatic aquifer |
| 3 Regional aquifer between impermeable layers     | 8 Spring from karstic aquifer  |
| 4 Karstic aquifer                                 | 9 Leakage to a river           |
| 5 Crystalline fractured rock                      |                                |

**Σχ. 3.1 Τα υπόγεια ύδατα σε διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς (Πηγή: Bodelle και Margat, 1980).**

**Αλλουβιακοί και ιζηματογενείς υπόγειοι υδροφορείς:** αυτή η κατηγορία υπόγειων υδροφορέων χαρακτηρίζεται από διαδοχικά στρώματα διαφορετικών υδρογεωλογικών ιδιοτήτων: διαπερατά, ημιδιαπερατά ή αδιαπέρατα. Το νερό κυκλοφορεί στα διαδοχικά στρώματα, τα οποία αποτελούνται κυρίως από χαλίκι, άμμο, άργιλο και λάσπη. Σχηματίζονται φρεάτιοι (ελεύθεροι), υπό πίεση, μερικώς υπό πίεση και ημιελεύθεροι υπόγειοι υδροφορείς.

**Ασβεστολιθικοί και καρστικοί υπόγειοι υδροφορείς:** οι διεργασίες διαλύματος που προκαλούνται από τα όξινα ύδατα των κατακρημνισμάτων αυξάνουν τη διαπερατότητα των ασβεστόλιθων και των δολομιτών που σχηματίζουν δευτερεύοντες υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Τα καρστικά φαινόμενα αποτελούν ακραίες περιπτώσεις τέτοιων διεργασιών, δημιουργώντας υπόγεια σπασίματα καθώς και υδάτινους αγωγούς υψηλής διαπερατότητας. Στις καρστικές περιοχές, η επιφανειακή απορροή είναι αμελητέα και μεγάλοι όγκοι υπόγειων υδάτων μπορούν να βρεθούν στα διάφορα βάθη.

**Σπασμένοι κρυσταλλικοί βράχοι υπόγειων υδροφορέων:** η σπουδαιότητα και η σημασία των υπόγειων υδάτινων πόρων σε αυτά τα πετρώματα εξαρτάται από δύο παράγοντες: (i) το ποσοστό και τον βαθμό θραύσης και (ii) τη χημική αντοχή του επιφανειακού στρώματος μέσω του οποίου το νερό της βροχής φιλτράρεται και

δηθείται μέσα στο πέτρωμα. Αυτός ο γεωλογικός σχηματισμός διαιρείται σε διάφορα τμήματα με δευτερογενή και πρωτογενή σπασίματα.

### 3.3 ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟΙ ΤΥΠΟΙ

Όπως τα επιφανειακά ύδατα, έτσι και τα υπόγεια ύδατα δεν έχουν πολιτικά σύνορα και όρια. Τα υπόγεια ύδατα αποτελούν συνήθως μέρος ενός μεγαλύτερου υδρολογικού συστήματος, μερικές φορές με τα επιφανειακά ή τα υπόγεια ύδατα των γειτονικών κρατών. Είναι σπάνιο, ένας διασυνοριακός ποταμός να μη συνδέεται με έναν εγχώριο ή διασυνοριακό υπόγειο υδροφορέα.

Οι χωρικές οριοθετήσεις των συνόρων χρησιμεύουν ως βάση για τα εδαφικά δικαιώματα των κρατών. Για παράδειγμα, οι στερεές ορυκτές αποθέσεις που εκτείνονται πέρα από τα σύνορα, διαιρούνται και χωρίζονται με βάση αυτές τις χωρικές οριοθεσίες. Ωστόσο, αυτή η διαίρεση και κατανομή των δικαιωμάτων είναι ανεπαρκής στην περίπτωση των ρευστών και υγρών αποθέσεων, όπως τα υπόγεια ύδατα, επειδή κανένα από τα κοινόχρηστα κράτη δε μπορεί να καθορίσει την ακριβή ποσότητα των υπόγειων υδάτων που συγκεντρώνονται σε αυτά χωρίς τη βοήθεια άλλων παράκτιων κρατών. Ακόμη και με τη βοήθεια άλλων κρατών, είναι δύσκολο να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι ακριβείς διαστάσεις και το περιεχόμενο ενός υπόγειου υδροφορέα εξαιτίας της υγρής και δυναμικής φύσης των υπόγειων υδάτων.

Επιπλέον, με μερικές εξαιρέσεις, οι περισσότεροι υπόγειοι υδροφορείς λαμβάνουν και δίνουν νερό τακτικά, ως μέρος του υδρολογικού κύκλου, επηρεάζοντας άμεσα τόσο την ποιότητα όσο και την ποσότητα του ύδατος στον ίδιο τον υπόγειο υδροφορέα. Η μόλυνση οποιουδήποτε τμήματος (μέρους) ενός υδατικού κύκλου σε ένα δεδομένο περιβαλλοντικό σύστημα θα επηρεάσει τελικά την ποιότητα του νερού σε ολόκληρο το υδάτινο σύστημα. Αυτό βέβαια, δε σημαίνει ότι όλοι οι υπόγειοι υδροφορείς αλληλοσυνδέονται (διασυνδέονται) με τα επιφανειακά ύδατα. Παρ' όλα αυτά, υπάρχει μία σχέση αλληλεξάρτησης (αλληλένδετης σχέσης) μεταξύ της πλειοψηφίας των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτινων πόρων που απαιτεί μία ολοκληρωμένη προοπτική για τη χρήση, τη διαχείριση και τη διατήρησή τους. Εξαιτίας των διασυνοριακών και διεθνών χαρακτηριστικών των τόσο πολλών και διαφορετικών υπόγειων υδροφορέων, τα υπόγεια ύδατα αποτελούν ένα κατάλληλο και βασικό θέμα του διεθνούς δικαίου.

Ο Barberis (1986) προτείνει 4 μοντέλα περιπτώσεων για την απεικόνιση των διασυνοριακών και διεθνών λεπτών μικρών διαφορών που σχετίζονται με τους πόρους των υπόγειων υδάτων:

4. Ένας διασυνοριακός υπόγειος υδροφορέας που διασταυρώνεται με (διασχίζεται) από ένα διεθνές σύνορο και δε συνδέεται υδραυλικά με άλλα υπόγεια ύδατα ή επιφανειακά ύδατα και με αυτό τον τρόπο, αποτελεί από μόνος του τον κοινόχρηστο φυσικό πόρο.
5. Ένας υπόγειος υδροφορέας που βρίσκεται εξ' ολοκλήρου στο έδαφος ενός κράτους, αλλά συνδέεται υδραυλικά με ένα διεθνές ποτάμι.
6. Ένας υπόγειος υδροφορέας που βρίσκεται εξ' ολοκλήρου στο έδαφος ενός κράτους και συνδέεται υδραυλικά με έναν άλλο υπόγειο υδροφορέα που ανήκει σε ένα γειτονικό κράτος.
7. Ένας υπόγειος υδροφορέας που βρίσκεται εξ' ολοκλήρου στο έδαφος ενός συγκεκριμένου κράτους αλλά έχει τη ζώνη (περιοχή) επαναφόρτισής του σε ένα άλλο κράτος.

Παρουσιάζοντας αυτά τα μοντέλα, ο Barberis επιδίωξε να αποσαφηνίσει τόσο τις διεθνείς επιπτώσεις και συνέπειες των διασυνοριακών όσο και των διεθνών υπόγειων υδάτινων πόρων και το νομικό καθεστώς αυτού του κρυμμένου πόρου βάσει του διεθνούς δικαίου. Σκόπευε τα μοντέλα περιπτώσεων να απεικονίσουν τους διασυνοριακούς και τους διεθνείς υπόγειους υδροφορείς που βρίσκονται στη φύση και που θα χρησιμοποιηθούν ως μοντέλα (πρότυπα) για την εφαρμογή διεθνών νομικών κανόνων. Ενώ ο Barberis υποστήριζε και υποδείκνυε ότι ο υπόγειοι υδάτινοι πόροι μπορεί να έχουν ουσιαστικές και σημαντικές διεθνείς επιπτώσεις, δύο από τα μοντέλα περίπτωσης που πρότεινε θεωρούνται επιστημονικά ανακριβή και γι' αυτό απαιτούν περαιτέρω βελτίωση και διευκρίνιση.

Το πρώτο παράδειγμα του Barberis έχει έλλειψη από ακρίβεια καθώς αθροίζει και συνενώνει μαζί όλους τους μη συγγενείς περιορισμένους (υπό πίεση) υπόγειους υδροφορείς κάτω από ένα παράδειγμα. Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, οι μη συγγενείς υπό πίεση υπόγειοι υδροφορείς πρέπει να υποδιαιρούνται σε δύο κατηγορίες με βάση της σχέσης τους με τον υδρολογικό κύκλο: α) εκείνοι που αποτελούν μία δυναμική συνιστώσα (μέρος) του υδρολογικού κύκλου (παρά το γεγονός ότι δεν σχετίζονται με κανένα άλλο σώμα νερού) και β) αυτοί που αποτελούν συμφυή στατικά σώματα νερού που στερούνται οποιασδήποτε σύνδεσης με μία πηγή

επαναφόρτισης. Η βάση αυτής της κατηγοριοποίησης είναι σημαντική στο βαθμό που το διεθνές δίκαιο που ισχύει, εφαρμόζεται για αυτούς τους δύο τύπους υπόγειου υδροφορέα, αλλά μπορεί να μην είναι απαραίτητως η ίδια. Η σύμβαση για το υδάτινο ρεύμα, για παράδειγμα, αποκλείει από το πεδίο εφαρμογής του τους μη συγγενείς υπό πίεση υπόγειους υδροφορείς και εφαρμόζεται (ισχύει) μόνο για υπόγειους υδροφορείς που σχετίζονται άμεσα με ένα επιφανειακό υδάτινο σύστημα. Επιπλέον, ένα στατικό σώμα νερού που δε συνδέεται με τον υδρολογικό κύκλο ενδέχεται να μην υπόκειται στις ίδιες νομικές διατάξεις όπως ισχύει και εφαρμόζεται για τα επιφανειακά ύδατα.

Επιπλέον, στο βαθμό που αυτό το μοντέλο περίπτωσης θεωρεί ότι μπορεί να υπάρξει ένας ουσιαστικός υδραυλικός δεσμός μεταξύ δύο διακριτών και ξεχωριστών αλλά παρακείμενων υπόγειων υδροφορέων, το μοντέλο περίπτωσης είναι ασυνεπές και ασταθές με την επιστήμη των υπόγειων υδάτων.

Οποιοσδήποτε σύνδεσμος (δεσμός) που περιγράφεται μεταξύ δύο παρακείμενων υπόγειων υδροφορέων είναι αναγκαστικά συστατικό (συνιστώσα) και των δύο υπόγειων υδροφορέων.

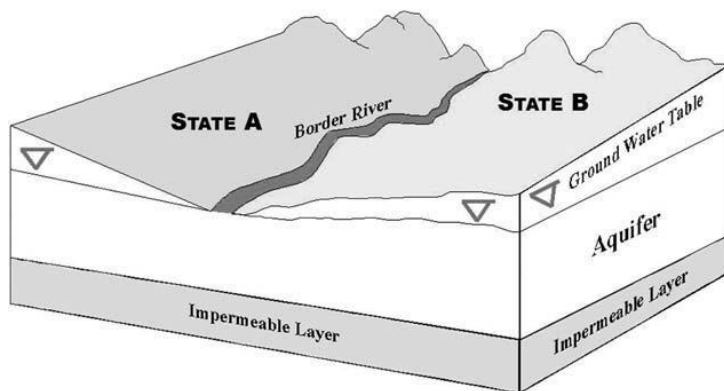
Αντί για δύο «συνδεδεμένους» υπόγειους υδροφορείς, το παράδειγμα θα συνεπαγόταν έναν ετερογενή διασυννοριακό υπόγειο υδροφορέα. Ακόμη και στη σχετικά ασυνήθιστη περίπτωση όπου τα θραύσματα (σπασίματα) εξαπλώνονται πλευρικά σε ένα διεθνές σύνορο που συνδέει δύο τμήματα (ενότητες) ενός υπόγειου υδροφορέα που βρίσκονται στις αντίθετες (απέναντι) πλευρές των συνόρων, η πραγματικότητα είναι ότι τα τμήματα του υπόγειου υδροφορέα αποτελούν έναν ετερογενή υπόγειο υδροφορέα που αποτελείται από τρεις αλληλοσυνδεδεμένες πλευρικές μονάδες (τα δύο τμήματα υπόγειου υδροφορέα και οι σπασμένοι βράχοι ενδιάμεσα). Στο βαθμό που το δεύτερο μοντέλο περίπτωσης του Barberis, περιγράφει επίσης δύο χωριστούς αλλά υδραυλικά συνδεδεμένους υπόγειους υδροφορείς, είναι επίσης επιστημονικά ανακριβές.

Συνεπώς, προτείνονται τα ακόλουθα έξι εννοιολογικά μοντέλα ως επεξηγηματικά (διευκρινιστικά) για τα κύρια και βασικά σενάρια στα οποία οι υπόγειοι υδάτινοι πόροι μπορούν να έχουν διασυννοριακές επιδράσεις. Αν και δεν καλύπτουν το σύνολο των υδρογεωλογικών δυνατοτήτων, τα μοντέλα είναι αντιπροσωπευτικά της συντριπτικής πλειονότητας των υπόγειων υδροφορέων που υπάρχουν στη γη. Το πιο σημαντικό είναι ότι παρέχουν τα μοντέλα την ευκαιρία να δοκιμάσουν, να αξιολογήσουν και να βελτιώσουν τις υφιστάμενες και προτεινόμενες αρχές του διεθνούς δικαίου για τα επιστημονικά έγκυρα (βάσιμα και ισχύοντα) γενικά μοντέλα.

## Μοντέλο Α

Το μοντέλο Α στο σχήμα 3.2 απεικονίζει έναν ελεύθερο (χωρίς πίεση) μη περιορισμένο υπόγειο υδροφορέα που συνδέεται υδραυλικά με ένα ποτάμι, τα οποία από κοινού διέρχονται κατά μήκος ενός διεθνούς συνόρου, δηλαδή ο ποταμός αποτελεί το σύνορο μεταξύ των δύο κρατών. Εξαιτίας της υδρολογικής σύνδεσης μεταξύ του διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα και του διασυνοριακού ποταμού, τα υπόγεια ύδατα σε αυτό το μοντέλο θα υποβάλλονταν στη σύμβαση των υδάτινων ρεμάτων των Ηνωμένων Εθνών, καθώς και τις αρχές και τους κανόνες που περιέχονται σε αυτήν.

Ενώ ο υπόγειος υδροφορέας αποτελεί ένα υδάτινο σώμα, τα δύο σχετικά τμήματα εκατέρωθεν του συνοριακού ποταμού έχουν μικρή ή καθόλου άμεση επίδραση μεταξύ τους. Ανεξάρτητα από το εάν ο ποταμός ωφελείται (όπως φαίνεται στο μοντέλο Α) ή έχει απώλειες, η υδάτινη ροή μεταξύ των δύο τμημάτων περιορίζεται από την υδραυλική κλίση. Έτσι, οποιοδήποτε αρνητικό χαρακτηριστικό (όπως η ρύπανση) εντοπίζεται σε ένα από τα τμήματα του υπόγειου υδροφορέα, είναι αδύνατο έως απίθανο να επηρεάσει το άλλο τμήμα και συνεπώς δεν υπάρχει διασυνοριακή σχέση μεταξύ των δύο υδροφόρων τμημάτων.



Σχ. 3.2 Μοντέλο Α

Μία εξαίρεση σε αυτό ωστόσο, μπορεί να συμβεί όταν ένα από τα κράτη που μοιράζονται τον υπόγειο υδροφορέα υπεραντλεί το τμήμα του υπόγειου υδροφορέα που βρίσκεται στο έδαφός του. Στην περίπτωση που ο προκύπτων κώνος κατάπτωσης εκτείνεται και πιθανώς ακόμη και κατά μήκος (δια μέσου) του ποταμού, το κράτος που διαπράττει υπεράντληση θα αντλήσει επίσης νερό από το τμήμα του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα που βρίσκεται κάτω από κράτος που δεν αντλεί. Εκτός από τα πιθανά προβλήματα μείωσης των υδάτινων αποθεμάτων (κένωσης), οποιαδήποτε τυχόν αρνητικά χαρακτηριστικά που εντοπίζονται στο τμήμα που βρίσκεται κάτω από

το κράτος που δεν αντλεί (π.χ. ρύπανση) θα μπορούσε να μεταφερθεί μέσω της ροής στο τμήμα του υπόγειου υδροφορέα το οποίο βρίσκεται κάτω από το κράτος που αντλεί.

Μία άλλη διασυνοριακή συνέπεια που εμπλέκεται σε αυτό το μοντέλο αφορά τη σχέση του υπόγειου υδροφορέα με το συνοριακό ποτάμι. Στο βαθμό που οποταμός έχει κέρδος (όπως απεικονίζεται στο μοντέλο Α) το νερό θα ρέει από τον υπόγειο υδροφορέα στο ποτάμι. Επομένως, τυχόν αρνητικά χαρακτηριστικά που διαπιστώθηκαν ή εισήχθησαν σε ένα ή και στα δύο τμήματα του υπόγειου υδροφορέα θα επηρεάσουν τον ποταμό, αν και όπως προαναφέρθηκε, όχι το άλλο τμήμα του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Επειδή ο ποταμός αποτελεί το σύνορο μεταξύ των δύο κρατών, η επίδραση είναι εξ' ορισμού διεθνής. Ομοίως, κάθε αρνητικό χαρακτηριστικό που βρίσκεται σε ένα ποτάμι με απώλειες θα μπορούσε να επηρεάσει και τα δύο τμήματα του υπόγειου υδροφορέα, οδηγώντας ξανά σε διασυνοριακές συνέπειες και επακόλουθα. Φυσικά, ένας ποταμός μπορεί να εμφανίσει απώλειες ή να ωφεληθεί σε διαφορετικά σημεία κατά μήκος της διαδρομής του από τον ίδιο τον υπόγειο υδροφορέα, με βάση την τοπογραφία, την κατακρήμνιση και την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους. Επιπλέον, αυτές οι σχέσεις κέρδους και απωλειών υπόκεινται συχνά στις κλιματολογικές συνθήκες και μπορούν να αλλάξουν με τις εποχές. Ως εκ τούτου, οι συνθήκες αυτές δημιουργούν ακόμη πιο περίπλοκα σενάρια στα οποία θα μπορούσαν να εκδηλωθούν διασυνοριακές συνέπειες.

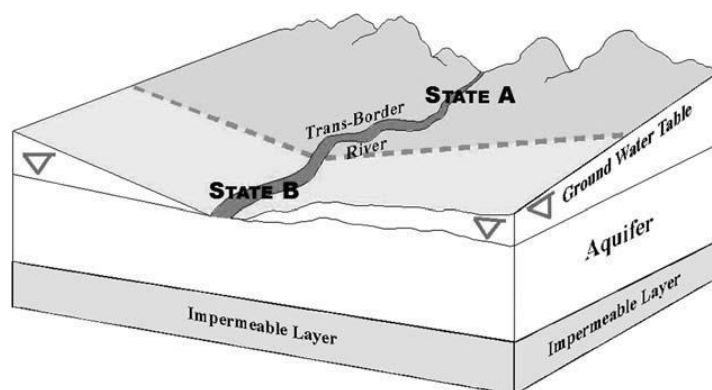
Παραδείγματα αυτού του μοντέλου περιλαμβάνουν τους υπόγειους υδροφορείς του Red Light Draw, του Hueco Bolson και του Rio Grande που βρίσκονται στις Η.Π.Α. και το Μεξικό (Hibbs et al. 1998; Διεθνής Συνοριακή και Υδατική Επιτροπή 1998). Και οι τρεις αυτοί υπόγειοι υδροφορείς είναι ελεύθεροι (μη περιορισμένοι), σχετίζονται άμεσα με το Rio Grande και ρέουν κατά μήκος των συνόρων της Πολιτείας του Τέξας στις Η.Π.Α. και της Πολιτείας Chihuahua στο Μεξικό. Ένα άλλο παράδειγμα για αυτό το μοντέλο αποτελεί ο αλλουβιακός υπόγειος υδροφορέας του Δούναβη που βρίσκεται κάτω από ένα τμήμα του ποταμού Δούναβη που ρέει μεταξύ της Κροατίας και της Σερβίας (Mijatovic 1998).



## Μοντέλο Β

Το μοντέλο Β στο σχήμα 3.3 απεικονίζει έναν ελεύθερο (χωρίς πίεση) υπόγειο υδροφορέα που διασχίζει ένα διεθνές σύνορο και συνδέεται υδραυλικά με ένα ποτάμι που επίσης διασταυρώνεται και τέμνεται από το ίδιο διεθνές σύνορο. Διαφέρει από το πρώτο μοντέλο γιατί τα πολιτικά σύνορα διχτομοούν τόσο τον ποταμό όσο και τον σχετικό υπόγειο υδροφορέα αντί να ακολουθούν την πορεία, δηλαδή τη διαδρομή του ποταμού. Παρόμοια με την κατάσταση στο μοντέλο Α, αυτό το μοντέλο εμπίπτει επίσης στο πεδίο εφαρμογής της σύμβασης περί των υδατορεμάτων εξαιτίας της υδρολογικής σύνδεσης μεταξύ του διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα και του διασυνοριακού ποταμού.

Γενικά, οι κλίσεις εξηγούν και ερμηνεύουν τις διασυνοριακές συνέπειες που συνεπάγονται και υποδηλώνονται σε αυτό το μοντέλο. Το νερό στον ποταμό και στον σχετικό υπόγειο υδροφορέα ρέει με καθοδική κλίση από το κράτος Α στο κράτος Β, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι περισσότερες διασυνοριακές καταστάσεις που θα προκύψουν από τη ρύπανση στο κράτος Α μεταφέρονται στο κράτος Β (μέσω του ποταμού ή του υπόγειου υδροφορέα) ή από την υπεράντληση στο κράτος Α, η οποία μειώνει τη ροή στο κράτος Β. Παρ' όλα αυτά, η υπερβολική άντληση σε κάθε κράτος θα μπορούσε να έχει περιορισμένες τοπικές διασυνοριακές συνέπειες. Για παράδειγμα, ανάλογα με το μέγεθος του κώνου κατάπτωσης που περιβάλλει το αντλούμενο πηγάδι που βρίσκεται στο κράτος Α, εκτός από τα προβλήματα μείωσης του υδατικού αποθέματος, το κράτος Α θα μπορούσε ακούσια να αντλήσει οποιοδήποτε αρνητικό χαρακτηριστικό που βρίσκεται στον υπόγειο υδροφορέα που υπόκειται του κράτους Β (κράτος μη άντλησης) στο κράτος Α.



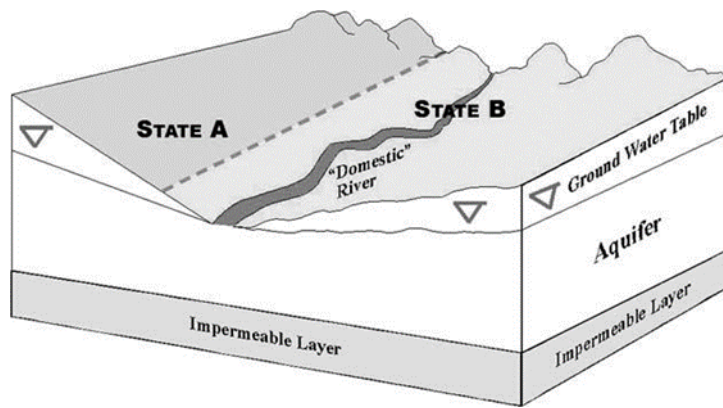
Σχ. 3.3 Μοντέλο Β

Επιπλέον, παρόμοια με την κατάσταση στο μοντέλο Α, η σχέση μεταξύ των δύο τμημάτων του υπόγειου υδροφορέα (εκατέρωθεν του ποταμού) θα είναι περιορισμένη εκτός από τον βαθμό κατά τον οποίο η σχέση οφέλους ή απώλειας του ποταμού με τον υποκείμενο υπόγειο υδροφορέα αλλάζει κατά μήκος της πορείας του ποταμού. Εάν ο ποταμός έχει όφελος ανάντη του κράτους Α και έχει απώλειες στο κράτος Β, οποιοδήποτε αρνητικό χαρακτηριστικό (όπως η ρύπανση) που βρίσκεται σε ένα από τα τμήματα του υπόγειου υδροφορέα στο κράτος Α, θα μπορούσε να ρέει στον ποταμό και στη συνέχεια στον υπόγειο υδροφορέα και στις δύο πλευρές του ποταμού στο κράτος Β.

Παραδείγματα αυτού του μοντέλου περιλαμβάνουν τον υπόγειο υδροφορέα Abbotsford- Sumas ο οποίος διασχίζει τα σύνορα μεταξύ του Καναδά και των Η.Π.Α. (Abbotsford-Sumas Aquifer International Task Force n.d.) και συνδέεται υδραυλικά με τον ποταμό Sumas και τα ρυάκια Bertrand και Fishtrap και τα οποία όλα αυτά ρέουν από τον Καναδά προς τις Η.Π.Α., τον υπόγειο υδροφορέα Mures/ Maros που βρίσκεται μεταξύ της Ουγγαρίας και της Ρουμανίας, όπου ο ελεύθερος (μη περιορισμένος) υπόγειος υδροφορέας συνδέεται άμεσα με τον υπερκείμενο ποταμό Mures/ Maros, ο οποίος ρέει στον ποταμό Tisza, που αποτελεί παραπόταμο του ποταμού Δούναβη (Anderson 1998) και τον υπόγειο υδροφορέα της λεκάνης San Pedro που διασχίζει τα σύνορα μεταξύ του Μεξικό και των Η.Π.Α., όπου ο κυρίως ελεύθερος υπόγειος υδροφορέας συνδέεται υδραυλικά με τον ποταμό San Pedro, ο οποίος ρέει προς τα βόρεια προς τις Η.Π.Α. και συγχωνεύεται (ενώνεται) με τον ποταμό Gila, που αποτελεί έναν σημαντικό παραπόταμο του ποταμού Κολοράντο (Arias 2000).

### **Μοντέλο Γ**

Το μοντέλο Γ στο σχήμα 3.4 απεικονίζει έναν ελεύθερο (χωρίς πίεση) υπόγειο υδροφορέα που διασχίζει και ρέει διαμέσου ενός διεθνούς συνόρου και είναι υδραυλικά συνδεδεμένος με ένα ποτάμι που ρέει εντελώς εντός του εδάφους ενός κράτους. Όπως υποδηλώθηκε προηγουμένως, φαίνεται ότι για να εφαρμοστεί η σύμβαση του υδάτινου ρέματος, ο διασυνοριακός χαρακτήρας ενός συστήματος υπόγειου υδροφορέα- ποταμού πρέπει να βρίσκεται και να εμφανίζεται στον ποταμό. Κατά συνέπεια, αυτό το μοντέλο δεν εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής της σύμβασης.



Σχ. 3.4 Μοντέλο Γ

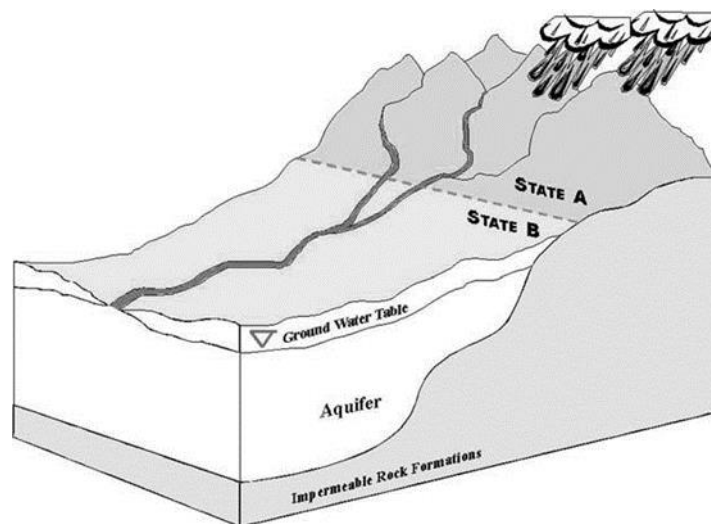
Οι διασυνοριακές επιπτώσεις αυτού του μοντέλου βασίζονται αποκλειστικά στην κατανομή του υδραυλικού δυναμικού εντός του υπόγειου υδροφορέα. Το μοντέλο Γ δείχνει μία σχέση οφέλους ποταμού- υπόγειου υδροφορέα όπου τα υπόγεια ύδατα που επαναφορτίζονται στο κράτος Α ρέουν στο κράτος Β και φυσικά στον επωφελημένο ποταμό. Όπως σημειώθηκε προηγουμένως, αυτή η σχέση μπορεί να αλλάξει σε διαφορετικά σημεία κατά μήκος του ποταμού με βάση την τοπογραφία, τις αλλαγές στα ποσοστά βροχόπτωσης και την υδραυλική αγωγιμότητα. Έτσι, ανάλογα με την εγγύτητα τέτοιων αποκλίσεων σε σχέση με το διεθνές σύνορο, διασυνοριακές συνέπειες θα μπορούσαν επίσης να εκδηλωθούν από το κράτος Β στο κράτος Α. Επιπρόσθετα, η υπερβολική άντληση στο κράτος Α θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα κώνο κατάπτωσης (ανεστραμμένου κώνου) που θα ανέστρεφε τοπικά τα υπόγεια ύδατα που ρέουν από το κράτος Α στο κράτος Β στην άμεση περιοχή άντλησης, προκαλώντας έτσι οποιοδήποτε αρνητικό χαρακτηριστικό που εντοπίζεται στα υπόγεια ύδατα κάτω από το κράτος Β να μεταφερθεί προς το πηγάδι άντλησης του κράτους Α.

Ένα παράδειγμα αυτού του μοντέλου είναι ο υπόγειος υδροφορέας της λεκάνης του Mimbres, ένας ελεύθερος υπόγειος υδροφορέας στο βόρειο Μεξικό και του νότιου τμήματος του Νέου Μεξικό που επαναφορτίζεται από τον ποταμό Mimbres, ο οποίος ρέει αποκλειστικά εντός των Η.Π.Α. (Hebard 2000).

### Μοντέλο Δ

Το μοντέλο Δ στο σχήμα 3.5 απεικονίζει έναν ελεύθερο (χωρίς πίεση) υπόγειο υδροφορέα ο οποίος βρίσκεται εντελώς στο έδαφος ενός κράτους αλλά συνδέεται υδραυλικά με έναν ποταμό που διασχίζει ένα διεθνές σύνορο (σε τέτοιες περιπτώσεις, ο υπόγειος υδροφορέας βρίσκεται πάντα στο κράτος που είναι κατάντη). Σε αυτό το

μοντέλο, ο ποταμός είναι διεθνής, ενώ ο υπόγειος υδροφορέας είναι γεωγραφικά εγχώριος. Ως εκ τούτου, αυτό το σύστημα ποταμού- υπόγειου υδροφορέα εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής της σύμβασης περί του υδάτινου ρέματος και περιγράφεται ξεκάθαρα στο δεύτερο μοντέλο περίπτωσης του Barberis (Barberis 1986).



Σχ. 3.5 Μοντέλο Δ

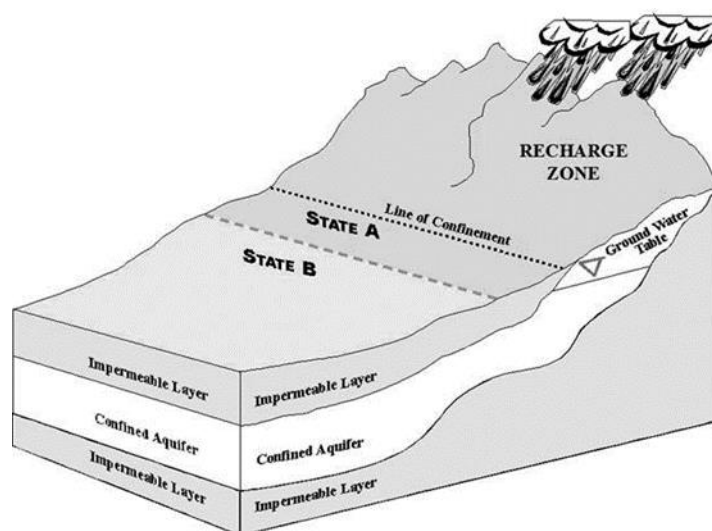
Οι διασυνοριακές επιπτώσεις για αυτό το μοντέλο εξαρτώνται αποκλειστικά από τον όγκο και την ποιότητα του νερού του ποταμού που ρέει από το κράτος Α στο κράτος Β. Σε αυτό το μοντέλο, το κράτος Α έχει τη μοναδική δυνατότητα και ευθύνη για τη διασφάλιση της ποσότητας και της κατάστασης του νερού στο ποτάμι.

Ένα παράδειγμα αυτού του μοντέλου είναι η λεκάνη της Μεσοποταμίας των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη. Οι δύο ποταμοί έχουν τις πηγές τους στον κρυσταλλικό ορεινό όγκο της νοτιοανατολικής Ανατολίας στην Τουρκία και διασχίζουν τα διεθνή σύνορα: ο Τίγρης ρέει νοτιοανατολικά στο Ιράκ, ενώ ο Ευφράτης ρέει πρώτα προς τα νότια στη Συρία και στη συνέχεια νοτιοανατολικά στο Ιράκ. Στο Ιράκ, οι δύο ποταμοί ρέουν πάνω από τη μεγάλη ιζηματογενή λεκάνη της Μεσοποταμίας, σχηματίζοντας έναν υπόγειο υδροφορέα, ο οποίος σε ορισμένες περιοχές έχει πάχος περίπου 300 μέτρων (FAO, AQUASTAT).

### Μοντέλο Ε

Το μοντέλο Ε στο σχήμα 3.6 περιγράφει έναν υπό πίεση (ή αρτεσιανό) υπόγειο υδροφορέα, ο οποίος δε συνδέεται υδραυλικά με οποιοδήποτε επιφανειακό υδάτινο σώμα (εκτός ίσως εντός της ζώνης επαναφόρτισης σε ένα ελεύθερο τμήμα του υπόγειου υδροφορέα) που διασχίζει ένα διεθνές σύνορο ή βρίσκεται εντελώς σε άλλο κράτος.

Εξαιτίας των μεμονωμένων και μη σχετικών χαρακτηριστικών του είναι απίθανο ο υπόγειος υδροφορέας σε αυτό το μοντέλο να μπορούσε να εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής της Σύμβασης των υδατορεμάτων η οποία ορίζει ως «υδατόρεμα» ένα «σύστημα επιφανειακών και υπόγειων υδάτων που συνιστούν δυνάμει και λόγω της φυσικής σχέσης τους, ένα ενιαίο σύνολο και το οποίο ρέει κανονικά σε ένα κοινό όριο (τέρμα)». Έτσι, ο ορισμός του υδατορέματος περιορίζει το πεδίο εφαρμογής της σύμβασης για τα υδατορέματα μόνο στα «συστήματα» και μόνο σε συστήματα που έχουν μία «φυσική σχέση» μεταξύ των αλληλένδετων μερών. Αυτό απαντάει στα ερωτήματα εάν ένας ενιαίος υπόγειος υδροφορέας μπορεί να αποτελέσει ένα σύστημα από μόνος του και εάν η περιορισμένη αλληλεπίδραση του υπόγειου υδροφορέα εντός του υδρολογικού κύκλου μέσω μίας ζώνης επαναφόρτισης αποτελεί, εξαιτίας αυτής της αλληλεπίδρασης ένα «ενιαίο σύνολο» εντός του πεδίου εφαρμογής της σύμβασης των υδατορεμάτων.



Σχ. 3.6 Μοντέλο Ε

Παρά τη διαφορετική κατάσταση αυτού του μοντέλου σύμφωνα με το διεθνές δίκαιο, αυτός ο τύπος υπόγειου υδροφορέα μπορεί ολοφάνερα να έχει διασυνοριακές συνέπειες. Αυτές οι συνέπειες αποτελούν σε μεγάλο βαθμό συνάρτηση του ρυθμού άντλησης. Οποιαδήποτε υπερβολική άντληση σε ένα ή και στα δύο κράτη θα μπορούσε να έχει σοβαρές επιπτώσεις για το τμήμα του υπόγειου υδροφορέα κατά μήκος του συνόρου μεταξύ των δύο κρατών. Επιπλέον, οποιαδήποτε αρνητικά χαρακτηριστικά που βρίσκονται στον υπόγειο υδροφορέα κάτω από ένα από τα κράτη θα μπορούσαν να μεταφερθούν στο άλλο κράτος ως αποτέλεσμα είτε της φυσικής ροής, δηλαδή από το κράτος Α στο κράτος Β, είτε ενός κώνου κατάπτωσης (ανεστραμμένου κώνου) που

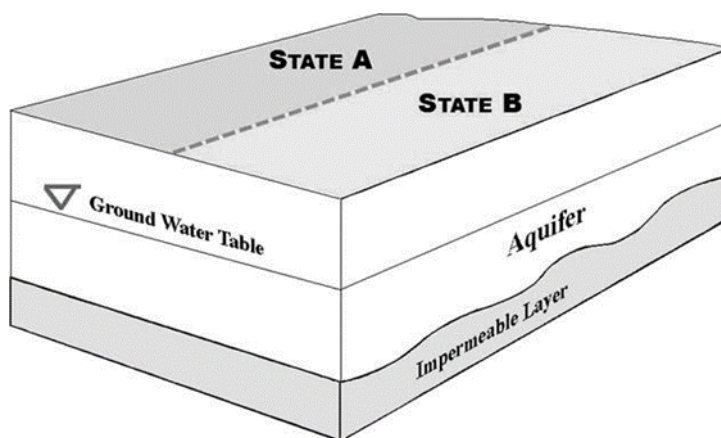
αντιστρέφει τοπικά τη φυσική ροή (εντός μίας απόστασης η οποία περιορίζεται από τον κώνο κατάπτωσης). Επιπλέον, η πιθανότητα το κράτος A να μπορεί να εκτρέψει την επιφανειακή απορροή από την επαναφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα ή να αναλάβει δραστηριότητες που μολύνουν τα επιφανειακά ύδατα στη ζώνη επαναφόρτισης (δηλαδή γεωργική απορροή, μη επεξεργασμένα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα) μπορούν επίσης να συνεπάγονται διεθνείς συνέπειες.

Παραδείγματα αυτού του μοντέλου περιλαμβάνουν τις σειρές και τα στρώματα βαθιών, υπό πίεση, περιορισμένων υπόγειων υδροφορέων στη λεκάνη του ποταμού Syr Darya του Καζακστάν, οι οποίες δε συνδέονται με τον ποταμό Syr Darya αλλά επαναφορτίζονται στα ψηλά βουνά του Τουρκμενιστάν και του Τατζικιστάν (Sydykon and Veselov 1993), τον «υπόγειο υδροφορέα Mountain» μεταξύ του Ισραήλ και του Παλαιστινιακού εδάφους της δυτικής όχθης, όπου οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί της Ανώτερης Κρητιδικής εκτίθενται και επαναφορτίζονται στα υψίπεδα εντός των παλαιστινιακών περιοχών των βουνών της Ιουδαίας και της Σαμάριας και έχοντας κλίση προς τα δυτικά κατά μήκος των ισραηλινών συνόρων πριν από το 1967 (η λεγόμενη πράσινη γραμμή) προς τη Μεσόγειο Θάλασσα και κάτω από ένα υπό πίεση (περιορισμένο) στρώμα (Eckstein and Eckstein 2003) και τον υπόγειο υδροφορέα Guarani που βρίσκεται κάτω από την Αργεντινή, τη Βραζιλία, την Παραγουάη και την Ουρουγουάη, ο οποίος είναι υπό πίεση στο 90% της έκτασής του (Tujchneider et al. 2003; Kemper et al. 2003).

### **Μοντέλο Z**

Το μοντέλο Z στο σχήμα 3.7 αντιπροσωπεύει όλους τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς που δεν σχετίζονται με κανένα επιφανειακό υδατικό σώμα και είναι αποσυνδεδεμένοι από τον υδρολογικό κύκλο και έτσι στερούνται οποιασδήποτε ουσιαστικής επαναφόρτισης. Τέτοιοι υπόγειοι υδροφορείς περιέχουν αρχαία ύδατα που ίσως να είναι υπό πίεση ή ελεύθερα, καθώς και ορυκτά ή συμφυή (νερό που ενσωματώνεται και παγιδεύεται στους πόρους ενός βράχου κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του βράχου) (Bouwer 1978). Ως εκ τούτου, αυτοί οι τύποι υπόγειων υδροφορέων δεν επαναφορτίζονται και δεν μπορούν να αξιοποιηθούν με βιώσιμο τρόπο. Το σχήμα 3.7 απεικονίζει μία τέτοια περίπτωση ενός ελεύθερου (μη περιορισμένου) υπόγειου υδροφορέα που βρίσκεται σε μία άγονη ζώνη, όπου οι ρυθμοί επαναφόρτισης είναι αμελητέοι. Παραδείγματα ενός τέτοιου υπόγειου υδροφορέα περιλαμβάνουν τον υπόγειο υδροφορέα Nubian Sandstone, που βρίσκεται κάτω από τη

Λιβύη, το Τσαντ, την Αίγυπτο και το Σουδάν (LaMoreaux et al. 1985; Sultan et al. 2004), τον υπόγειο υδροφορέα Complex Terminal που βρίσκεται κάτω από την Αλγερία, και την Τυνησία και ενδεχομένως να επεκτείνεται κάτω από τη Λιβύη και το Μαρόκο (Krishna and Salman 1999), τον υπόγειο υδροφορέα Continental Interclaire που βρίσκεται κάτω από την Τυνησία και ενδεχομένως τη Λιβύη και το Μαρόκο και τέλος τον υπόγειο υδροφορέα Qa- Disi που βρίσκεται κάτω από τη Νότια Ιορδανία και τη Βόρεια Σαουδική Αραβία (Krishna and Salman 1999). Δεδομένου ότι δεν υπάρχει ούτε διακριτή (σαφής) ζώνη επαναφόρτισης ούτε εκφόρτισης (εκτός από την εξάτμιση από το εκτεθειμένο επίπεδο νερού στις οάσεις), το επίπεδο νερού (το επίπεδο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στο οποίο αρχίζουμε να βρίσκουμε νερό) σε αυτό τον τύπο υπόγειου υδροφορέα είναι σχεδόν οριζόντιο και το νερό είναι στάσιμο με μικρή ή καθόλου αντιληπτή και αισθητή ροή. Άλλες περιπτώσεις διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων που δε σχετίζονται με οποιοδήποτε επιφανειακό υδάτινο σώμα και στερούνται οποιασδήποτε επαναφόρτισης μπορούν να περιλαμβάνουν έναν υπό πίεση υπόγειο υδροφορέα, αποκομμένο από τυχόν πιθανές ζώνες επαναφόρτισης με τεκτονικές μετατοπίσεις ή με στρωματογραφικές και ιζηματογενείς ασυνέχειες.



Σχ. 3.7 Μοντέλο Z

Εξαιτίας αυτής της μοναδικής γεωλογικής διαμόρφωσης, οι διασυνοριακές συνέπειες που σχετίζονται με τους μη επαναφορτιζόμενους υπόγειους υδροφορείς αποτελούν σχεδόν αποκλειστικά συνάρτηση της άντλησης του υπόγειου υδροφορέα σε ένα ή περισσότερα από τα υπερκείμενα κράτη. Όταν ένα κράτος ξεκινήσει την παραγωγικότητα των υπόγειων υδάτων από ένα πηγάδι που διεισδύει σε έναν τέτοιο υπόγειο υδροφορέα, το κράτος θα δημιουργήσει έναν συνεχώς αυξανόμενο κώνο κατάπτωσης (ανεστραμμένο κώνο) ο οποίος τελικά θα υπερβεί (καταπατήσει) τα

διεθνή σύνορα. Οποιοδήποτε περιορισμοί στα ποσοστά άντλησης που επιβάλλονται από το διεθνές δίκαιο ή από μία συνθήκη μεταξύ των δύο (ή περισσότερων) υπερκείμενων κρατών που απαιτούν και διεκδικούν δικαιώματα στο νερό του υπόγειου υδροφορέα, είναι ικανοί να μειώσουν το βαθμό της επέκτασης του κώνου κατάπτωσης αλλά φυσικά ποτέ δε θα σταματήσει τελείως η επέκταση. Φυσικά, δύο ανταγωνιστικά πηγάδια στις αντίθετες πλευρές ενός συνόρου θα δημιουργήσουν δύο κώνους κατάπτωσης που τελικά θα επικαλύπτονται και θα ενώνονται (συγχωνεύονται) και οι ρυθμοί επέκτασης των κώνων κατάπτωσης θα εξαρτηθούν από τα ιδιαίτερα ποσοστά εξαγωγής και υδραυλικών ιδιοτήτων του υπόγειου υδροφορέα. Σε κάθε σενάριο, εάν τα κράτη δε σταματήσουν τελείως την άντληση, ο υπόγειος υδροφορέας τελικά θα εξαντληθεί, με αποτέλεσμα να εκκενωθεί πλήρως.

Ο φρεάτιος υπόγειος υδροφορέας που απεικονίζεται στο σχήμα 3.7 είναι εξαιρετικά επιρρεπής στη ρύπανση εξαιτίας του στάσιμου και του μη επαναφορτιζόμενου χαρακτήρα του. Μόλις τέτοιου είδους υπόγειοι υδροφορείς μολυνθούν, είναι εξαιρετικά δύσκολο, αν όχι αδύνατο να καθαριστούν. Η απουσία επαναφόρτισης και ροής προς και εντός του υπόγειου υδροφορέα, εμποδίζει ή τουλάχιστον ελαχιστοποιεί τις περισσότερες από τις φυσικές διαδικασίες εξασθένησης και μείωσης του προβλήματος.

Ως αποτέλεσμα αυτών των διακριτών ιδιοτήτων, δεν είναι σαφές εάν οι αρχές και οι κανόνες που περιλαμβάνονται στη σύμβαση των υδατορεμάτων θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και να ισχύουν σε αυτό τον τύπο υπόγειου υδροφορέα. Επιπλέον, δημιουργούνται εύλογα ερωτήματα ως προς το εάν κάποιες από τις αρχές της σύγχρονης διεθνούς νομοθεσίας για το νερό εφαρμόζονται και ισχύουν για αυτούς τους πόρους.



## Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

### 4.1. ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΕΣ ΣΥΜΦΩΝΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΕΘΝΗ ΥΔΑΤΑ

Όπως είναι αναμενόμενο, δεν υπάρχουν συμφωνίες για όλες τις 263 διασυνοριακές λεκάνες και τους σχεδόν 270 διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς παγκοσμίως. Επίσης, η ύπαρξη συμφωνιών δεν υποδηλώνει τη διευθέτηση του προβλήματος, καθώς σε αρκετές περιπτώσεις το πιο ισχυρό κράτος μπορεί να πετύχει μία περισσότερο συμφέρουσα για αυτό συμφωνία. Η άνιση αυτή κατανομή δυνάμεων οδήγησε στην έννοια της «υδρο-ηγεμονίας», σύμφωνα με την οποία ένα κράτος επικρατεί στα υπόλοιπα στη σύναψη συμφωνιών, πετυχαίνοντας ευνοϊκότερους όρους. Σύμφωνα με τον Zeitoun (2005), οι τρεις παράγοντες που χαρακτηρίζουν την υδρο-ηγεμονία ενός κράτους είναι: α) η δύναμη σχετικά με την οικονομία, τον στρατιωτικό εξοπλισμό και την πολιτική ισχύ, β) η γεωγραφική του θέση και γ) οι δυνατότητες εκμετάλλευσης των υδάτων ανάλογα με τις υποδομές και την τεχνογνωσία.

Έχει παρατηρηθεί κατά τον Spector (2000), ότι η ύπαρξη ιδιαίτερων χαρακτηριστικών καταστάσεων σε μία περιοχή μπορεί να οδηγήσει τα ενδιαφερόμενα μέρη στο τραπέζι των διαπραγματεύσεων. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα εξής:

- Οι μικροί σε έκταση υπόγειοι υδροφορείς και λεκάνες απορροής αριθμούν περισσότερες επιτυχημένες συμφωνίες
- Η μεγάλη ζήτηση νερού για βιομηχανικούς σκοπούς
- Οι μεγάλες διαφορές στην οικονομική ανάπτυξη των γειτονικών κρατών
- Οι διαφορές στο δείκτη κοινωνικής ανάπτυξης
- Η ενεργός συμμετοχή διαφόρων εκπροσώπων τοπικών φορέων.

Είναι συχνό επίσης το φαινόμενο της σύναψης συμφωνιών με μόνο σκοπό την εκπλήρωση των υποχρεώσεων προς διεθνείς οργανισμούς και συμβάσεις. Η υπογραφή συμφωνιών δε συνεπάγεται κατά κανόνα και θετικά αποτελέσματα. Η πλειοψηφία τους περιέχει σημαντικά μειονεκτήματα και παραλείψεις και οι περισσότερες περιέχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά (Milich, 1998):

- Οι πολιτικές αποφάσεις λαμβάνονται συνήθως από την κορυφή προς τη βάση (top-down), δηλαδή από την κεντρική εξουσία με ελάχιστη συμμετοχή των

άμεσα ενδιαφερόμενων. Αυτό το γεγονός λειτουργεί ως ανασταλτικός παράγοντας για την εφαρμογή συμφωνιών.

- Μηδαμινή συμμετοχή του κοινού στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Συνήθως οι διαπραγματεύσεις περιορίζονται σε υψηλό επίπεδο διπλωματών και απουσιάζουν οι μη κυβερνητικές οργανώσεις.
- Δε δίνεται η δέουσα προσοχή στην εφαρμογή των συμφωνιών και δεν περιγράφεται λεπτομερειακά στο κείμενο των συμφωνιών ο τρόπος εφαρμογής τους.
- Συνήθως αντανακλούν μία επιστημονική και τεχνική προσέγγιση καθοδηγούμενη από αναπτυξιακές και οικονομικές ανάγκες, υποτιμώντας την κοινωνική διάσταση.

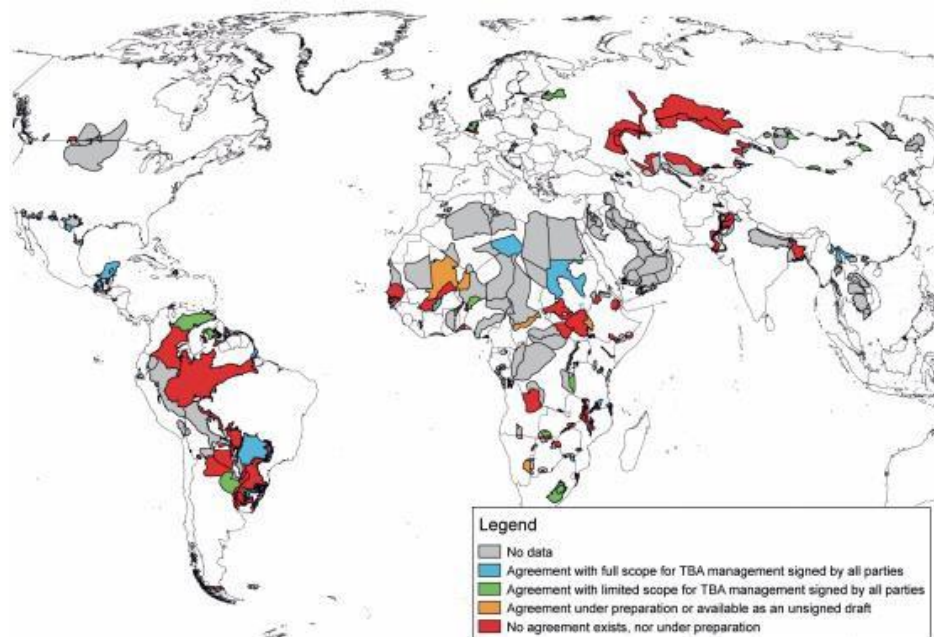
Η αναθεώρηση συμφωνιών, αν και πρέπει να προβλέπεται, δεν εφαρμόζεται καθώς για μία τέτοια διαδικασία απαιτείται η συγκατάθεση όλων των εμπλεκόμενων φορέων. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκε κάποια είδους ανταλλαγή κατά την ποσοτική ανταλλαγή των υδάτων, μειώνεται ακόμη περισσότερο η πιθανότητα για τροποποιήσεις στην αρχική συμφωνία. Επιπλέον, λίγες είναι οι συμφωνίες όπου έχει ενσωματωθεί η πρόβλεψη για αναθεωρήσεις λόγω σημαντικών αλλαγών στις φυσικές συνθήκες (περίοδοι ξηρασίας) προκαλώντας συγκρούσεις ιδιαίτερα σε ευάλωτες περιοχές.

Μελετώντας μία ευρεία βάση δεδομένων ο Wolf (2001) συμπέρανε ότι τα πιο συνήθη θέματα που πραγματεύονται οι συμφωνίες είναι η ποσοτική κατανομή των υδάτων και οι υποδομές, καθώς και οι πιθανοί λόγοι για τη δημιουργία διαφωνιών. Ενώ η ποιότητα των υδάτων αποτελεί εξίσου ένα σημαντικό πρόβλημα στην πλειοψηφία τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδάτων, συναντάται μόνο στο 6% των συμφωνιών.

Οι διακρατικές συμφωνίες κατά τον Draper (1997) είναι πολύ απαιτητικές και η εφαρμογή τους επιτυγχάνεται μόνο με κοινές προσπάθειες των συμμετεχόντων κρατών, τα οποία έχουν αυξημένες υποχρεώσεις για τη διατήρηση των συμφωνιών όπως: α) την υποχρέωση να συνεργάζονται, β) την πρόληψη αρνητικών διακρατικών επιδράσεων, γ) την ισότιμη κατανομή των υδάτων και δ) την ενδεδειγμένη ανταλλαγή πληροφοριών.

Η πλειονότητα των διεθνών συμφωνιών για τα ύδατα απευθύνονται ως επί το πλείστον στα διασυνοριακά επιφανειακά ύδατα και τις λεκάνες απορροής, ενώ μόνο λίγες περιέχουν ειδικές διατάξεις για τα υπόγεια ύδατα και ακόμη λιγότερες είναι εξ' ολοκλήρου αφιερωμένες αποκλειστικά σε αυτά. Σε παγκόσμιο επίπεδο, μόνο οχτώ διασυνοριακοί υπόγειοι υδροφορείς έχουν διασυνοριακές νομικές συμφωνίες. Μεταξύ των ελαχίστων αυτών συμφωνιών μπορεί κανείς να αναφέρει τη Συνθήκη του 2007 για την προστασία, την αξιοποίηση, την επαναφόρτιση και την παρακολούθηση του υπόγειου υδροφορέα μεταξύ της Γαλλίας και της Ελβετίας μεταξύ των κοινοτήτων της περιοχής Annemasse, των κοινοτήτων Genevese και της κοινότητας Viry από τη μία και της Δημοκρατίας και του Καντόνιου της Γενεύης αφετέρου. Άλλα παραδείγματα διακρατικών συμφωνιών αφορούν το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone, το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Illumedon, καθώς και το σύστημα υπόγειου υδροφορέα της βορειοδυτικής Σαχάρας.

Ένα πιο πρόσφατο παράδειγμα αποτελεί η συμφωνία του υπόγειου υδροφορέα Guarani το 2010, μεταξύ της Αργεντινής, της Βραζιλίας, της Παραγουάης και της Ουρουγουάης. Σε ορισμένες συμφωνίες που αφορούν τα ύδατα, το πεδίο εφαρμογής τους έχει καθοριστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να συμπεριλαμβάνει τόσο τα επιφανειακά όσο και τα υπόγεια ύδατα. Παρ' όλα αυτά, οι ουσιαστικές διατάξεις τους αφορούν στην πράξη κυρίως τα επιφανειακά ύδατα.



**Εικ. 4 Παγκόσμια απογραφή: Διασυνοριακά νομικά πλαίσια ανά τμήμα χωρών των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων (Πηγή: [http://www.geftwap.org/publications/copy\\_of\\_TWAPVolume1TransboundaryAquifersandGroundwaterSystemsofSmallIslandDevelopingStates.pdf](http://www.geftwap.org/publications/copy_of_TWAPVolume1TransboundaryAquifersandGroundwaterSystemsofSmallIslandDevelopingStates.pdf))**

## 4.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η διεθνής νομοθεσία αποτελείται από αρχές και κανόνες, οι οποίοι καθορίζουν τις σχέσεις μεταξύ των κρατών. Διαφέρει από τις εθνικές νομοθεσίες στο γεγονός ότι αφορά τις διακρατικές σχέσεις και λειτουργεί ως ένα νομικό σύστημα με ξεχωριστούς κανόνες και μηχανισμούς. Κύριος στόχος των διεθνών νομικών πλαισίων είναι η εξασφάλιση ειρηνικών διαδικασιών και η επίλυση αντιθέσεων, όπως ακριβώς προσδιορίζεται και ο κύριος στόχος του οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών.

Η διεθνής νομοθεσία υδάτων περικλείει όλους τους διεθνείς οργανισμούς που αφορούν τη ρύθμιση των υδάτινων πόρων, οι οποίοι μοιράζονται από δύο ή περισσότερες χώρες σχετικά με τα δικαιώματα κάθε χώρας στη χρήση των κοινών πόρων και στον προσδιορισμό των υποχρεώσεών τους. Η δημιουργία διεθνών κανονισμών για τα διακρατικά ύδατα ξεκίνησε το 1911 με τη «*Διεθνή Νομοθεσία για τη χρήση Διεθνών Ποταμών εκτός Ναυσιπλοΐας*» ύστερα από πρωτοβουλία του Ινστιτούτου Διεθνούς Νομοθεσίας (Institute of International Law), ενώ πενήντα χρόνια μετά προχώρησε σε δύο ακόμα αποφάσεις σχετικά με τη ρύπανση των διακρατικών υδάτων, το 1961 στο Σάλτσμπουργκ και το 1979 στην Αθήνα με κανονισμούς για τη «*Ρύπανση Ποταμών και Λιμνών και η Διεθνής Νομοθεσία*». Μία πιο συντονισμένη προσπάθεια από την Ένωση Διεθνούς Δικαίου (International Law Association)- Μη Κυβερνητική Οργάνωση (ΜΚΟ)- κατέληξε το 1966 στους κανονισμούς του Ελσίνκι για τη «*Χρήση Διεθνών Υδάτων*», ενώ η αναθεωρημένη έκδοση του 1992, η οποία ενσωματώθηκε από την UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), αποτελεί την πιο διαδεδομένη σύμβαση για διακρατικά ύδατα, την οποία προτείνει και η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/ 60 (Vinogradov et al).

## 4.3 ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΕΘΝΩΝ

Η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 για το νερό συμβάλλει στην τήρηση από την Κοινότητα των διεθνών συμβάσεων και ιδιαίτερα της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την Προστασία και τη Χρήση Διασυνοριακών Υδατορευμάτων και Διεθνών Λιμνών. Η γνωστή ως «*Σύμβαση του Ελσίνκι*» (Helsinki Convention) προωθεί τη συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη των Ηνωμένων Εθνών (UNECE) για ολοκληρωμένη προσέγγιση με στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Η διεθνής αυτή σύμβαση που υπογράφηκε το 1992 στο Ελσίνκι, αφορά τη χρήση και την προστασία όλων των διακρατικών υδάτων, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων των κοινόχρηστων υπόγειων υδροφορέων. Έχει εγκριθεί από 32 Ευρωπαϊκές χώρες και αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τη συνεργασία στη διαχείριση των διακρατικών υδάτων. Παρά το γεγονός ότι η συγκεκριμένη σύμβαση δεν είναι νομικά δεσμευτική, έχει αναγνωριστεί από πολλά κράτη και από ειδικούς ως ένα επίσημο εργαλείο της διεθνούς νομοθεσίας για τα διακρατικά ύδατα. Η Ελλάδα επικύρωσε τη συνθήκη το 1996. Τα άρθρα της σύμβασης προτείνουν βασικές αρχές και κατευθύνσεις που θα πρέπει να ακολουθήσουν τα ενδιαφερόμενα κράτη για την επίτευξη βιώσιμων και ισότιμων συμφωνιών.

Η Σύμβαση δεσμεύει τα κράτη για πρόληψη και μείωση της ρύπανσης με ταυτόχρονη παρακολούθηση και ανταλλαγή πληροφοριών (UNECE, 1992). Επίσης, ισχυροποιεί τη συνεργασία σε αμφίπλευρο και πολύπλευρο επίπεδο για τη διατήρηση των υδατικών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος. Η Σύμβαση του Ελσίνκι εισήγαγε δύο βασικές έννοιες για τις διακρατικές σχέσεις, την έννοια της *«ισότιμης εκμετάλλευσης»* των διακρατικών υδατικών πόρων λαμβάνοντας υπόψη τις ενέργειες που πιθανώς να προκαλέσουν *«διακρατική επίδραση»* (Dellapenna, 1999).

Η Ένωση Διεθνούς Δικαίου προχώρησε σχετικά πρόσφατα στην αναθεώρηση της Σύμβασης του Ελσίνκι και στην προσθήκη κανόνων και οδηγιών που είχαν παραληφθεί στην πρώτη έκδοση (ILA, 2004). Η αναθεώρηση αυτή υποκινήθηκε από την έλλειψη που παρατηρείται στη σύναψη συμφωνιών μεταξύ των κρατών και στην αργή διαδικασία επικύρωσης της σύμβασης. Τα αναθεωρημένα άρθρα συνδυάζουν το διεθνή περιβαλλοντικό νόμο με τους διεθνείς και εθνικούς νόμους για το νερό, ενσωματώνοντας τις απαιτήσεις της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών. Σε περίπτωση που κράτη οδηγούνται σε κάποιο διεθνές δικαστήριο, τότε η Σύμβαση του Ελσίνκι μπορεί να παρέχει τις απαραίτητες νομικές βάσεις για τις δικαστικές αποφάσεις.

Παράλληλα με τη Σύμβαση του Ελσίνκι, η Γενική Συνέλευση του Ο.Η.Ε. ανέθεσε στην Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου (International Law Commission) την προετοιμασία μέτρων για τον έλεγχο των διεθνών υδάτων. Η τελική μορφή των μέτρων ψηφίστηκε το 1997 στη γενική συνέλευση του Ο.Η.Ε. η οποία ενέκρινε τη *«Σύμβαση σχετικά με το δίκαιο των μη-Ναυσιπλοϊκών Χρήσεων των Υπόγειων Υδάτων»* (UN, 1997) με 104 ψήφους υπέρ, ενώ τρεις χώρες (Μπουρουντί, Κίνα και Τουρκία) την καταψήφισαν. Η Σύμβαση αυτή δεν ισχύει ακόμη, επειδή δεν έχει επικυρωθεί από επαρκή αριθμό κρατών. Για να τεθεί σε ισχύ, πρέπει να επικυρωθεί από τουλάχιστον

35 κράτη, ενώ μέχρι σήμερα έχει επικυρωθεί μόνο από 12 (Beaumont, 2000). Επιπλέον, η εφαρμογή της στα κοινόχρηστα υπόγεια ύδατα είναι περιορισμένη, καθώς καλύπτει μόνο τα υπόγεια ύδατα που συνδέονται με ένα διεθνές υδάτινο ρεύμα και που μοιράζονται ένα κοινό σύνορο.

Συγκρίνοντας τις δύο συμβάσεις παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές ως προς τις απαιτήσεις και τις κατευθυντήριες γραμμές που θέτουν. Σύμφωνα με τον Vlachos (1999) παρουσιάζουν κάποιες μικρές διαφορές, όμως και οι δύο προωθούν τις ίδιες πέντε γενικές αρχές οι οποίες διαμορφώνουν την πρακτική της «υδρο- διπλωματίας»: α) την έννοια των διεθνών υδάτων, β) τη λογική και ισότιμη κατανομή των υδάτων, γ) την υποχρέωση πρόληψης αρνητικών διακρατικών επιρροών, δ) την αρχή της ενημέρωσης και των διαπραγματεύσεων σχετικά με σχεδιαζόμενα έργα και ε) την υποχρέωση της συνεργασίας και της ανταλλαγής δεδομένων. Ο Tanzi (2000) υποστηρίζει ότι σε σημεία όπου πραγματεύονται παρόμοια θέματα, η Σύμβαση του Ελσίνκι παρουσιάζει μία πιο αυστηρή προσέγγιση ενώ παραθέτει πιο συγκεκριμένες κατευθυντήριες οδηγίες για την πρόληψη διακρατικών επιρροών, γεγονός αναμενόμενο καθώς βασίζεται σε πιο ομοιογενές σύνολο (Ευρώπη) και όχι σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η νομοθεσία σχετικά με τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς σε διεθνές επίπεδο υπήρξε μέχρι πρόσφατα, εξαιρετικά ανεπαρκής και φτωχή. Προκειμένου να «γεμίσει το κενό» και να δημιουργηθεί ένα διεθνές νομικό πλαίσιο για αυτούς τους υπόγειους υδάτινους πόρους, επιστήμονες, ειδικοί εμπειρογνώμονες σε θέματα υδάτων και δικηγόροι από όλο τον κόσμο εργάστηκαν για τα νομοσχέδια των άρθρων που διατύπωσε η Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου (International Law Commission, ILC) που προσαρτήθηκαν και επισυνάφθηκαν στο ψήφισμα 63/124 (A/RES/63/124) της Γενικής Συνέλευσης των Ηνωμένων Εθνών για το δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων (UN, 2008). Αυτά τα νομοσχέδια των άρθρων μπορούν να οριστούν ως «ένα σύνολο διεθνών κανόνων που διέπουν και ελέγχουν την αξιοποίηση, τη διαχείριση και την προστασία των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων και των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων» (Berhmann and Stephan, 2010).

Το ψήφισμα εγκρίθηκε στις 11 Δεκεμβρίου 2008 και, όπως και στην προετοιμασία της σύμβασης των υδατορεμάτων των Ηνωμένων Εθνών, η Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου (ILC) διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο. Η Επιτροπή, η Γενική Συνέλευση και οι Κυβερνήσεις μπορούν να θεωρηθούν ως μία τριγωνική αλληλεξάρτηση, όπου η στενή συνεργασία είναι θεμελιώδης.

Τέλος, ένα νέο ψήφισμα 66/104 (A/RES/66/104) της 9<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2011 σχετικά με το δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων εγκρίθηκε από τη Γενική Συνέλευση. Το νέο αυτό ψήφισμα ενθαρρύνει το Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα (IHP) του Εκπαιδευτικού, Επιστημονικού και Πολιτιστικού Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών, του οποίου η συμβολή επισημάνθηκε στο ψήφισμα 63/124 (A/RES/63/124), να προσφέρει περαιτέρω επιστημονική και τεχνική βοήθεια στα ενδιαφερόμενα κράτη. Επιπλέον, αποφασίζει να συμπεριλάβει στην προσωρινή ημερήσια διάταξη της εξηκοστής όγδοης συνεδρίασής της το θέμα με τίτλο «*Το δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων*» και, υπό το πρίσμα των γραπτών παρατηρήσεων των Κυβερνήσεων, καθώς και των απόψεων που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια των δημόσιων συζητήσεων της έκτης επιτροπής που διεξήχθη κατά την εξηκοστή τρίτη και εξηκοστή έκτη συνεδρίασή της, να συνεχίσει να εξετάζει μεταξύ άλλων, το ζήτημα της τελικής μορφής που θα μπορούσε να δοθεί στα νομοσχέδια των άρθρων.

Σύμφωνα με νομικούς ορισμούς, το ψήφισμα των Ηνωμένων Εθνών αποτελεί μη δεσμευτικό εργαλείο και μέσο. Ένα ψήφισμα είναι «*η απόφαση μίας συνεδρίασης οποιασδήποτε συνέλευσης*», όπως η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών (Law et al., 2009). Πράγματι, η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών, που απαρτίζεται από όλα τα 193 μέλη του Ο.Η.Ε., αποτελεί «*το κύριο συμβουλευτικό, χάραξης πολιτικής και αντιπροσωπευτικό όργανο των Ηνωμένων Εθνών*».

Δεν υπάρχουν συμβαλλόμενα μέρη, επειδή το μέσο (εργαλείο) δεν τα απαιτεί, απαιτεί μόνο την πλειοψηφία των ψήφων που αποτελούν το σύνολο. Ο όρος «*συμβαλλόμενα μέρη*» μπορεί να οριστεί ως τα κράτη τα οποία «*εμπλέκονται σε κάποια συναλλαγή*» (Law et al., 2009).

#### 4.4 ΟΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΙΚΑΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

Τα νομοσχέδια των άρθρων που προσαρτήθηκαν και επισυνάφθηκαν στο ψήφισμα 63/124, εφαρμόζουν δύο θεμελιώδεις κανόνες της διεθνούς νομοθεσίας για τα ύδατα στους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς:

- (i) Μία «δίκαιη και λογική χρήση»
- (ii) Την «υποχρέωση να μην προκληθεί σημαντική ζημιά»

Η «δίκαιη και λογική χρήση» σημαίνει ότι τα ενδιαφερόμενα κράτη διαχειρίζονται το διασυνοριακό σύστημα υπόγειων υδροφορέων κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί μία δίκαιη κατανομή των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν. Η λογική χρήση συνήθως ορίζεται ως «βιώσιμη» ή «βέλτιστη». Στην περίπτωση των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων, ο κοινός στόχος και σκοπός είναι να «μεγιστοποιηθούν τα μακροπρόθεσμα πλεονεκτήματα» που προκύπτουν από τη χρήση των κοινόχρηστων υδάτινων πόρων.

Ο κανόνας της δίκαιης και λογικής χρησιμοποίησης απαιτεί για την εφαρμογή του, την εξέταση ορισμένων παραγόντων. Το άρθρο 5 παρέχει έναν ενδεικτικό κατάλογο, ο οποίος αναφέρει ότι το κύρος και η σπουδαιότητα του κάθε παράγοντα πρέπει να προσδιορίζεται ειδικά για κάθε περίπτωση. Ο κατάλογος αποτελείται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- (i) Τον πληθυσμό που εξαρτάται από τον υπόγειο υδροφορέα ή το σύστημα υπόγειων υδροφορέων σε κάθε υδροφόρο κράτος
- (ii) Τις κοινωνικές, οικονομικές και άλλες ανάγκες, παρούσες και μελλοντικές, των ενδιαφερόμενων υδροφόρων κρατών
- (iii) Τα φυσικά χαρακτηριστικά του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος των υπόγειων υδροφορέων
- (iv) Τη συμβολή στη διαμόρφωση (συγκρότηση) και την επαναφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων
- (v) Την υφιστάμενη και δυνητική χρήση του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων
- (vi) Τις πραγματικές και δυνητικές (ενδεχόμενες) επιδράσεις της χρήσης του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων από ένα υδροφόρο κράτος σε άλλα ενδιαφερόμενα υδροφόρα κράτη
- (vii) Τη διαθεσιμότητα εναλλακτικών λύσεων σε μία συγκεκριμένη



υφιστάμενη και προγραμματισμένη χρήση του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων

- (viii) Την ανάπτυξη, την προστασία και τη διατήρηση του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων και το κόστος των μέτρων που πρέπει να ληφθούν για το σκοπό αυτό
- (ix) Τον ρόλο του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων στο σχετικό οικοσύστημα.

Η παράγραφος 2 του άρθρου 5 αναφέρει: *«το βάρος που πρέπει να δίνεται σε κάθε παράγοντα καθορίζεται από τη σπουδαιότητά του όσον αφορά ένα συγκεκριμένο διασυνοριακό υπόγειο υδροφορέα ή ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων σε σχέση με εκείνο άλλων σχετικών παραγόντων. Κατά τον προσδιορισμό και τον καθορισμό της δίκαιης και λογικής εκμετάλλευσης, όλοι οι σχετικοί παράγοντες πρέπει να εξεταστούν από κοινού και να διεξαχθεί ένα συμπέρασμα που θα βασίζεται σε όλους τους παράγοντες»*. Ωστόσο, κατά το «ζύγισμα» των διαφορετικών τύπων χρήσης ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ζωτικής σημασίας ανθρώπινες ανάγκες.

Ο δεύτερος κανόνας της «υποχρέωσης να μην προκληθεί σημαντική ζημιά» απαιτεί από τα ενδιαφερόμενα κράτη να λάβουν όλα τα κατάλληλα μέτρα για να μην προκαλέσουν σημαντικές ζημιές σε άλλα κράτη που χρησιμοποιούν το ίδιο σύστημα υπόγειων υδροφορέων.

Αυτοί οι δύο θεμελιώδεις κανόνες, που τώρα αναγνωρίζονται ως δεδομένοι για τα διεθνή υδατορεύματα, υποδηλώνουν ότι η κυριαρχία των κρατών πάνω στα κοινόχρηστα ύδατα δεν μπορεί να είναι απόλυτη, αλλά είναι αναγκαστικά περιορισμένη. Τέλος, η συγκεκριμένη εφαρμογή τους απαιτεί στενή συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερόμενων κρατών.

#### **4.5 Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2000/ 60**

Η υπερψήφιση της Οδηγίας πραγματοποιήθηκε από την ολομέλεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης το Σεπτέμβριο του 2000 και τέθηκε σε ισχύ το Δεκέμβριο του ίδιου έτους. Οι παράγοντες που ώθησαν την Ε.Ε. στη δημιουργία της νέας οδηγίας ήταν: α) η αύξηση των εμπλεκόμενων στη διαχείριση των υδάτινων πόρων, β) η αύξηση των κέντρων εξουσίας και των επιπέδων λήψης αποφάσεων και γ) η ευαισθητοποίηση για το περιβάλλον και η θεώρηση της περιβαλλοντικής προστασίας

ως ένα από τα πιο βασικά ζητήματα της εποχής μας.

#### **4.5.1. ΕΝΤΑΞΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ**

Η ένταξη των υδάτινων σωμάτων στις αντίστοιχες υδατικές περιφέρειες παρουσιάζει προβλήματα στις περιπτώσεις, όπου ένα υδάτινο σώμα ανήκει σε περισσότερες από μία περιφέρειες. Σύμφωνα με την Οδηγία- πλαίσιο 2000/60 κάθε υδάτινο σώμα πρέπει να ενταχθεί σε μία μόνο Υδατική Περιφέρεια και ως εκ τούτου για τα μεν επιφανειακά και υπόγεια ύδατα τίθεται θέμα επιλογής της κατάλληλης περιφέρειας, ενώ για τα παράκτια ύδατα το συνηθέστερο κριτήριο είναι αυτό της γειτνίασης και ο χωρισμός και ένταξη των επιμέρους τμημάτων της παράκτιας ζώνης στις αντίστοιχες περιφέρειες γίνεται με απλή προέκταση προς τη θάλασσα των ορίων των περιφερειών. Σε περιπτώσεις δυσκολιών ένταξης ενός διαπεριφερειακού υδάτινου σώματος σε μία περιφέρεια (π.χ. στις περιπτώσεις όπου λόγω απόρριψης ενός σημαντικού ρυπαντικού φορτίου (ιδίως σημειακού) σε συνδυασμό με την κατεύθυνση των ρευμάτων, παρατηρούνται επιπτώσεις σε μία ευρύτερη παράκτια περιοχή) προτείνεται η συνδιαχείριση του κοινού υδάτινου σώματος από τους Φορείς Διαχείρισης των υπερκείμενων Υδατικών Περιφερειών.

Αναφορικά με τα διασυνοριακά ύδατα σε επίπεδο Ε.Ε. έχουν εντοπισθεί περισσότερες από 25 τέτοιες περιπτώσεις, σημαντικό ποσοστό των οποίων (περίπου 25%) αφορά στην Ελλάδα (Αώος, Αξιός, Στρυμόνας, Έβρος, Πρέσπα, Νέστος, Δοϊράνη). Σύμφωνα με την Οδηγία τα υδάτινα αυτά σώματα θα ενταχθούν σε Διεθνείς Υδατικές Περιφέρειες και η υλοποίηση των προγραμμάτων που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας θα γίνεται με συνεργασία των Φορέων Διαχείρισης των εμπλεκόμενων χωρών που έχουν την ευθύνη διαχείρισης του τμήματος της λεκάνης απορροής που ανήκει στην κάθε χώρα. Οι ρυθμίσεις αυτές είναι προφανώς ευκολότερες μεταξύ των κρατών μελών. Σημαντική μπορεί να είναι και η συμβολή σχετικών διεθνών συμβάσεων και συμφωνιών. Στην περίπτωση της Ελλάδας παρουσιάζονται ιδιαίτερες δυσκολίες, καθώς τα διασυνοριακά ύδατα εμπλέκουν χώρες που δεν ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και δεν βρίσκονται υπό καθεστώς ένταξης, σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα όπως με την Αλβανία, την Π.Γ.Δ.Μ. και την Τουρκία δεν υπάρχουν επίσημες διεθνείς συμφωνίες.

## ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

### 5.1 Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

#### Σπουδαιότητα για τις ανθρώπινες δραστηριότητες

Όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες χρησιμοποιούν νερό (για οικιακή και αστική χρήση, γεωργία και κτηνοτροφία, βιομηχανία και βιοτεχνία, παραγωγή ενέργειας, ναυσιπλοΐα κλπ.). Τα υπόγεια ύδατα, σε μεγαλύτερη αναλογία από ότι τα επιφανειακά ύδατα, παίζουν ένα σημαντικό και καθοριστικό ρόλο στην κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη των κοινωνιών, καθώς πάνω από το μισό του πληθυσμού της γης εξαρτάται από αυτά. Σε γενικές γραμμές, τα υπόγεια νερά εξαιτίας της σχετικά εκτεταμένης τρισδιάστατης παρουσίας τους στο υπέδαφος, επιτρέπουν την καλύτερη κατανομή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο χώρο, σε σχέση με τα επιφανειακά ύδατα που απαιτούν γενικά ένα είδος γραμμικής ή κυκλικής χωρικής συγκέντρωσης των δραστηριοτήτων, κοντά στους ποταμούς και τις λίμνες.

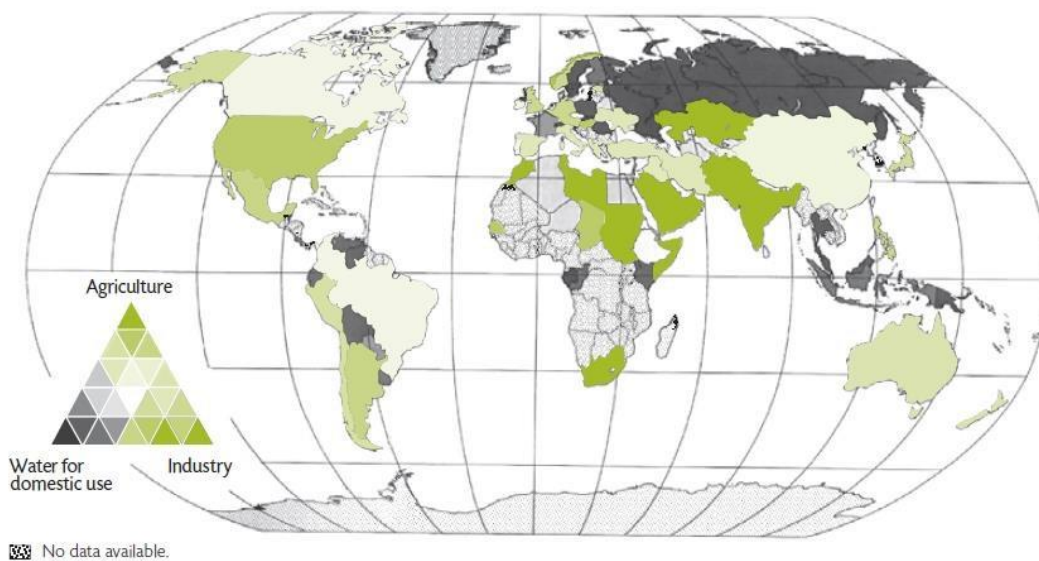
Παγκοσμίως, το 65% των αντλούμενων υπόγειων υδάτων ικανοποιούν τις γεωργικές απαιτήσεις, το 25% την οικιακή χρήση και το 10% πηγαίνει στη βιομηχανία, συμπεριλαμβανομένης της ανάληψης, της άντλησης και των ενεργειακών δραστηριοτήτων (Margat, 2008). Ωστόσο, αυτή η κατανομή ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των περιοχών: σε πολλές αναπτυγμένες χώρες τα υπόγεια ύδατα αποτελούν μία σημαντική πηγή πόσιμου νερού, όπως στην Ευρώπη, όπου καλύπτουν το 70% των αναγκών. Σε άνυδρες (ξηρές) ή ημι-άνυδρες χώρες, όπου τα επιφανειακά ύδατα είναι σπάνια, περιοδικά ή εντελώς απόντα, τα υπόγεια ύδατα αποτελούν συνήθως το μεγαλύτερο μέρος των πόρων που είναι ή μπορεί να είναι ενεργά. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στη Μέση Ανατολή και την υπο-Σαχάρια Αφρική. Για παράδειγμα, τα υπόγεια νερά αποτελούν την κύρια συμβατική πηγή πόσιμου νερού στη Σαουδική Αραβία ή τη Λιβύη (σχεδόν 100%), στην Υεμένη, το Πακιστάν και το Τσαντ (75 έως 100%), την Ινδία (περίπου 64%), και την Αλγερία και το Νίγηρα (πάνω από 60%).

Είναι επομένως σαφές, ότι σχεδόν παντού τα υπόγεια ύδατα αποτελούν ένα ποσοτικά σημαντικό, αν όχι συνολικό, κομμάτι των υδατικών πόρων που μπορούν να τεθούν εν ενεργεία και να αξιοποιηθούν, ειδικά στις κοίτες μεταξύ μεγάλων ποταμών

και ρεμάτων και σε πολλές άνυδρες ή ημι-άνυδρες περιοχές όπου δεν υπάρχει επιφανειακό νερό κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου ή αιωνόβιο.

Λόγω της υπεδάφιας θέσης τους, τα υπόγεια ύδατα είναι προστατευμένα κατά πολύ μεγάλο βαθμό απέναντι στην ανθρώπινη ρύπανση σε σχέση με τα επιφανειακά ύδατα και είναι συχνά καλύτερης ποιότητας, ακόμη και αν παραμείνουν ευάλωτα (τρωτά) σε παγκόσμιο επίπεδο.

Τέλος, αντιμετώπιση με τους κλιματικούς κινδύνους, η μεγάλη αδράνεια που παρουσιάζουν τα υπόγεια υδροφόρα συστήματα δίνει σε αυτά μία καλύτερη σταθερότητα και ανθεκτικότητα σε σχέση με τα επιφανειακά ύδατα. Στις περιπτώσεις που οι υπόγειοι υδατικοί πόροι είναι ευρέως χρησιμοποιούμενοι, μία τέτοια σχετική σταθερότητα θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα πολύτιμη για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, η οποία ήδη προκαλεί ακραία υδρομετεωρολογικά φαινόμενα, ιδίως ξηρασίες που κινδυνεύουν να γίνουν ακόμη πιο συχνές και έντονες στο άμεσο μέλλον.



**Εικ. 5.1 Χρήση των υπόγειων υδάτων ανά τύπο (Πηγή: Margat, 2008)**

### **Η σπουδαιότητα των υπόγειων υδάτων για τα επιφανειακά ύδατα, τα οικοσυστήματα και την βιοποικιλότητα**

Τα υπόγεια ύδατα αλληλεπιδρούν συνήθως με τα επιφανειακά ύδατα και σε πολλές περιπτώσεις αποτελούν σημαντική πηγή των ποτάμιων, λιμναίων και υγροτοπικών υδάτων, ειδικά κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων, όπου η πηγή υποστηρίζει τη ροή τους και το επίπεδο της στάθμης του υδατικού πυθμένα.

Τα υπόγεια ύδατα διαδραματίζουν επίσης ένα σημαντικό ρόλο στα υδάτινα περιβάλλοντα, όπου συμβάλλουν στη προστασία και τη διατήρηση της λιμναίας και παρόχθιας πανίδας και χλωρίδας, καθώς και πολλών υγροτόπων.

Τα χειρσαία οικοσυστήματα πολύ συχνά εξαρτώνται επίσης από τα υπόγεια ύδατα, τα οποία παρέχουν την απαραίτητη υγρασία για πολλά είδη φυτών, είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω της υποκείμενης υγρασίας του εδάφους. Σε άνυδρα και ερημικά περιβάλλοντα για παράδειγμα, οι οάσεις μπορούν να υπάρξουν μόνο κοντά σε ρηχά ή αναδυόμενα υπόγεια ύδατα.

### **Παράδειγμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων υδάτων στα Βαλκάνια**

Η λίμνη Δοϊράνη είναι κοινόχρηστη και μοιράζεται μεταξύ των χωρών της Π.Γ.Δ.Μ. και της Ελλάδας. Η μεγάλη ξηρασία που έπληξε την περιοχή κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, η οποία μείωσε τη βροχόπτωση και με την παράλληλη εντατική άντληση των υπόγειων υδάτων για άρδευση από την ελληνική μεριά, οδήγησε σε σημαντική μείωση της στάθμης της λίμνης. Αυτή η μείωση είχε αρνητική επίδραση στο λιμναίο οικοσύστημα και στον κλάδο της βιομηχανίας και της αλιείας στην πλευρά της Π.Γ.Δ.Μ.

#### **5.1.1. ΑΠΕΙΛΟΥΜΕΝΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ**

Σήμερα, υπάρχει αυξανόμενη πίεση στους υπόγειους υδατικούς πόρους σε πολλές περιοχές του κόσμου. Αυτοί επηρεάζονται από την αυξημένη άντληση του νερού, που οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού, στην αυξανόμενη αστικοποίηση, στην κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη και στις βελτιωμένες συνθήκες διαβίωσης, καθώς και στην αυξημένη ρύπανση λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Χάρη στην τεχνολογική πρόοδο τις τελευταίες δεκαετίες, τα υπόγεια ύδατα έχουν γίνει εύκολα προσβάσιμα και εκμεταλλεύσιμα. Βαθιοί υπόγειοι υδροφορείς που το βάθος τους, ο αποθηκευτικός τους χώρος και η ποσοτική και ποιοτική ύπαρξη νερού δεν είναι μετρήσιμη (υπολογισμένη) και των οποίων οι πόροι μπορούν μόνο να αξιοποιηθούν από αυτούς που έχουν πρόσβαση σε βαριά μέσα γεώτρησης (δημόσιες αρχές ή μεγάλη βιομηχανία), ρηχά υπόγεια νερά, όπως οι φρεάτιοι υπόγειοι υδροφορείς, σήμερα είναι προσιτοί από ένα μεγάλο αριθμό χρηστών. Το αποτέλεσμα είναι ο πολλαπλασιασμός των πηγαδιών και των γεωτρήσεων, συγκεκριμένα αυτών

που εξυπηρετούν την γεωργική βιομηχανία που σήμερα έχει γίνει ο κύριος καταναλωτής των υπόγειων υδάτων. Σε πολλές χώρες, τα υπόγεια υδάτινα συστήματα με αυτό τον τρόπο γίνονται εκμεταλλεύσιμα όλο και περισσότερο με έναν εντατικό αλλά ωστόσο ανοργάνωτο τρόπο.

Επιπλέον, ακόμα και αν τα υπόγεια ύδατα προστατεύονται καλύτερα από την ανθρώπινη δραστηριότητα, από τα ποτάμια και τις λίμνες, παραμένουν ωστόσο τρωτά και ευάλωτα στη διείσδυση των ρύπων επιφανειακής προέλευσης. Οι ρύποι καταλήγουν συνήθως στα υπόγεια ύδατα, ακόμη και αν αυτά καλύπτονται από ημι-διαπερατά στρώματα (εδαφικών ή γεωλογικών στρωμάτων με μία κατά κύριο λόγο μαργαϊκή ή αργιλώδη σύνθεση) που γενικά καθυστερεί μόνο τη διαδικασία της μόλυνσης. Η ταχεία οικονομική ανάπτυξη, χωρίς τα επαρκή μέτρα προστασίας οδηγεί συχνά στην αύξηση της ρύπανσης του νερού. Μόλις τα υπόγεια ύδατα μολυνθούν, μπορούν να παραμείνουν σε αυτή την κατάσταση για πολύ καιρό, ακόμη και μετά τη λήψη διορθωτικών μέτρων.

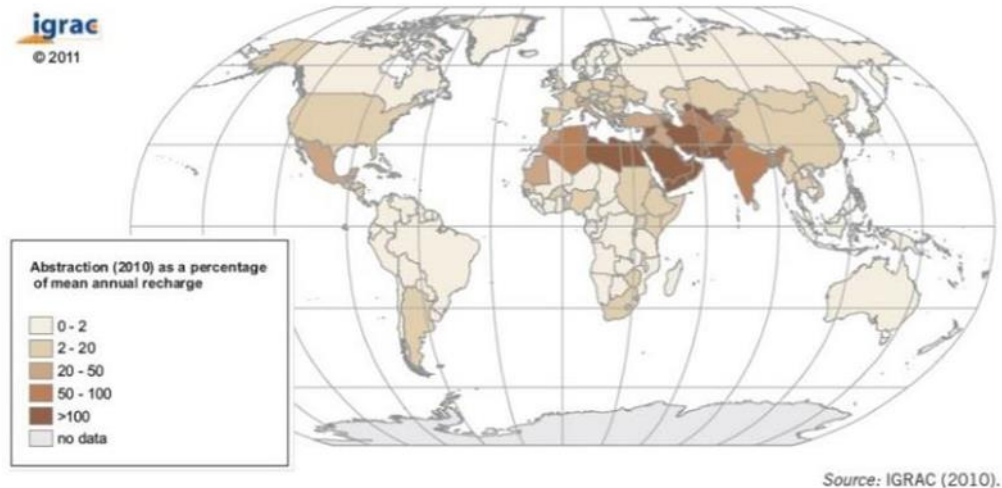
Η κλιματική αλλαγή σε ορισμένες περιοχές μπορεί να προκαλέσει επιταχυνόμενη ερημοποίηση και καινούρια εμφάνιση ακραίων υδρομετεωρολογικών φαινομένων. Αυτοί οι περαιτέρω κίνδυνοι επιδεινώνουν την κατάσταση, ιδιαίτερα σε άνυδρες ή ημι-άνυδρες περιοχές όπως η Βόρεια Αφρική, όπου τα υπόγεια υδροφόρα συστήματα αποτελούν την κύρια, ή ακόμη και τη μοναδική πηγή νερού.

Οι κύριες συνέπειες αυτών των πολλαπλών πιέσεων είναι:

- ✓ Η υπεράντληση των ανανεώσιμων υπόγειων υδροφορέων, με μία καταστροφική μείωση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα και ενδεχομένως μία αλλαγή στην ποιότητα του νερού
- ✓ Η ξήρανση και στέρευση των πηγών, των γεωτρήσεων, των πηγαδιών και των qanats, όπου τείνουν με σταθερό ρυθμό να εμβαθύνονται
- ✓ Η εξάντληση ή η προοδευτική στέρευση των υπόγειων υδροφορέων που περιέχουν «ορυκτό» νερό (fossil groundwater)
- ✓ Η συμπίεση και η καθίζηση του εδάφους, προκαλώντας ζημιές σε κτήρια και υποδομές και αυξάνοντας τον κίνδυνο πλημμύρας από τα νερά των θαλασσών ή των ποταμών
- ✓ Η αλάτωση του εδάφους και των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων
- ✓ Η εισβολή αλμυρού νερού σε παράκτιους υπόγειους υδροφορείς που γίνονται ανεπανόρθωτα ακατάλληλοι για χρήση (φαινόμενο αλμυρής-υδατικής σφήνας)

- ✓ Η ρύπανση που είναι μη αναστρέψιμη, ή είναι δύσκολο να αντιστραφεί από τα υπόγεια ύδατα, υποβαθμίζοντας τη φυσική τους ποιότητα και καθιστώντας τα ακατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση.

Groundwater development stress indicator at country-level (based on groundwater abstraction estimates for 2010)



**Εικ. 5.2 Ανάπτυξη των δεικτών στρες των υπόγειων υδάτων σε επίπεδο χωρών - οι εκτιμήσεις βασίζονται στις αντλήσεις των υπόγειων υδάτων για το έτος 2010 (Πηγή: IGRAC, 2010)**

Οι επιπτώσεις αυτών των σημείων αναφοράς είναι πολλαπλές: η έλλειψη πόσιμου νερού, η περιορισμένη πρόσβαση στο νερό για ορισμένες κατηγορίες χρηστών, η αύξηση του κόστους του νερού, η αύξηση των κόστους παραγωγής ορισμένων βιομηχανικών προϊόντων, η μετεγκατάσταση ορισμένων δραστηριοτήτων, οι αυξημένες ασθένειες, οι υποβαθμισμένες συνθήκες διαβίωσης, ακόμη και η μετακίνηση του πληθυσμού. Αυτό συμβαίνει σε πολλές χώρες και σε όλες τις ηπείρους, ανεξάρτητα του βαθμού της ανάπτυξής τους και όχι μόνο σε άnuδρες ή ημι-άνυδρες περιοχές όπου τα υπόγεια ύδατα είναι σταθερά κάτω από ιδιαίτερη πίεση.

### **5.1.2. ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ**

#### **Η οικονομική επίδραση της κακής διαχείρισης των διασυνοριακών υπόγειων υδροφόρων συστημάτων**

Τα υπόγεια ύδατα μπορούν να συμβάλλουν σε σημαντικό βαθμό στην οικονομική ανάπτυξη των περιοχών, επηρεάζοντας τη γεωργία, την κτηνοτροφία, τη βιομηχανία, την ενέργεια και τους τομείς του τουρισμού. Ωστόσο, κάθε ποσοτική και



ποιοτική διαταραχή των υπόγειων υδροφορέων, μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη χρήση του νερού, είτε αυτό προορίζεται για την παροχή πόσιμου νερού, την άρδευση, είτε για βιομηχανικές δραστηριότητες.

Η οικονομική επίδραση μπορεί να είναι πολύ σοβαρή, καθώς αυτές οι διαταράξεις ίσως να απαιτήσουν τη διάνοιξη σε μεγαλύτερο βάθος των πηγαδιών και των γεωτρήσεων, την αναζήτηση νέων πόρων, τη δημιουργία νέων θέσεων εκμετάλλευσης ή το κλείσιμο βιομηχανικών τοποθεσιών. Σήμερα, δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία διαθέσιμα όσον αφορά το συγκεκριμένο οικονομικό αντίκτυπο ενός κακώς διαχειριζόμενου διασυνοριακού συστήματος υπόγειου υδροφορέα, αλλά μόνο ενδεικτικές εκτιμήσεις προς το παρόν. Μία τέτοια εκτίμηση που πραγματοποίησε η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας το 2006 για την Αφρική για παράδειγμα, δείχνει ότι οι οικονομικές απώλειες που οφείλονται σε υπόγεια ύδατα εκτιμώνται περίπου σε 28,4 δις. δολάρια ή περίπου το 5% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της Αφρικής (GDP).

Αν και είναι προφανές ότι πρέπει να βελτιώσουμε την εκτίμηση και την αξιολόγηση των οικονομικών επιπτώσεων των κακώς διαχειριζόμενων συστημάτων των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων, είναι αρκετά βέβαιο ότι το κόστος απραξίας και αδράνειας ενός δυνητικά εκμεταλλεύσιμου συστήματος υπόγειων υδροφορέων είναι πολύ υψηλότερο από αυτό της λειτουργίας και αξιοποίησής του. Αυτό βρίσκει μεγαλύτερη εφαρμογή στην περίπτωση των διασυνοριακών συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων, όπου ένα τοπικό πρόβλημα καταλήγει να γίνεται περιφερειακό, είτε ποσοτικό είτε ποιοτικό, ενώ τα αποτελέσματα και οι επιδράσεις της υπεράντλησης ή της ρύπανσης συνήθως επεκτείνονται σε μεγάλες εκτάσεις, ή ακόμη και σε ολόκληρο το κοινόχρηστο σύστημα του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και με αυτό τον τρόπο μπορούν να επηρεάσουν πολλές ή όλες τις ενδιαφερόμενες χώρες.

### **Το κόστος του καθαρισμού ενός συστήματος υπόγειου υδροφορέα**

Η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων μπορεί να έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις για την ενδιαφερόμενη περιοχή, εμποδίζοντας έτσι σε έντονο βαθμό την ανάπτυξή της. Η αποκατάσταση ενός μολυσμένου υπόγειου υδροφορέα αποτελεί μία τεχνικά δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία, με υψηλό κόστος που ποικίλλει ιδιαίτερα με: (i) την σπουδαιότητα, τη σύσταση, τη διαμόρφωση και τον όγκο του προς εκμετάλλευση υδροφόρου συστήματος (ii) την έκταση και τον τύπο της

ρύπανσης, (iii) τα μέτρα αποκατάστασης που αναπτύχθηκαν και (iv) το κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον της επηρεαζόμενης και πληγείσας περιοχής.

Γενικά, το κόστος μίας τέτοιας απορρύπανσης καλύπτει ένα ευρύ φάσμα, από μερικά εκατομμύρια έως και αρκετά εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ, παρόλο που αυτές οι δαπάνες είναι γενικά πολύ χαμηλότερες από τα οφέλη για τις πληγείσες περιοχές που θα προέκυπταν από την αποκατάσταση του πόρου. Ωστόσο, η περισσότερο αποτελεσματική οικονομική προσέγγιση είναι να προβλεφθούν τέτοια προβλήματα και να διαχειριστούν σωστά οι πολύτιμοι υδατικοί πόροι.

### **5.1.3. Η ΣΥΧΝΑ ΑΓΝΩΣΤΗ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**

Πολλά συστήματα υπόγειων υδροφόρων οριζόντων, είτε είναι αυτοί διασυνοριακοί είτε όχι, παραμένουν πολύ άνισα κατανοητοί σε επιστημονικό και τεχνικό επίπεδο και σε πολλές περιοχές της γης είναι ακόμη και σήμερα σε πολύ μεγάλο βαθμό άγνωστοι.

Τα χαρακτηριστικά τους, η λειτουργία τους, οι δυνατότητες και τα όριά τους συνήθως έχουν κατανοηθεί ελάχιστα από τα άτομα και τους εμπλεκόμενους φορείς που είναι υπεύθυνοι της διαχείρισής τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν υπάρχουν μέσα και εργαλεία διαχείρισης για τα συστήματα των υπόγειων υδροφορέων, ή εάν υπάρχουν, η αποτελεσματική εφαρμογή τους είναι δύσκολη εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων, στοιχείων και γνώσεων, ή ακόμη και αρμοδιοτήτων και ικανοτήτων.

Αυτή η έλλειψη κατανόησης αντικατοπτρίζεται στο νομικό πλαίσιο και το καθεστώς που διέπουν τα υπόγεια νερά, τα οποία συχνά παραμένουν κακώς και ανεπαρκώς καθορισμένα τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Στο επίπεδο του εθνικού δικαίου, η τάση είναι να αναγνωρίζεται το νερό ως ένα κοινό ή δημόσιο αγαθό, το οποίο παρέχει στο κράτος την εξουσία και την ευθύνη της διαχείρισής του. Ωστόσο, αν και πολλές χώρες σήμερα έχουν υιοθετήσει και θεσπίσει νομοθεσία η οποία καλύπτει το νερό, αυτό συνήθως επικεντρώνεται στο ορατό νερό, δηλαδή στα επιφανειακά ύδατα. Πολλές χώρες δεν έχουν ακόμη θεσπίσει ειδικούς κανονισμούς για τη διαχείριση των υπόγειων υδάτων.

Στο επίπεδο του διεθνούς δικαίου, η διεθνής νομοθεσία που αφορά τα υπόγεια ύδατα εξακολουθεί να είναι σε εμβρυϊκό στάδιο και πολύ λίγες συνθήκες, συμβάσεις ή συμφωνίες μεταξύ των ενδιαφερόμενων χωρών ενδεχομένως να αφορούν, ή ακόμη και να αναφέρουν τα διασυνοριακά υπόγεια ύδατα.

Τέλος, τα περισσότερα σχέδια χωροταξικής ανάπτυξης δεν αναφέρουν τα υπόγεια ύδατα και αν το κάνουν είναι ελάχιστα και κακώς λαμβάνονται υπ' όψη. Αυτό αυξάνει τον κίνδυνο συγκρούσεων και διαμάχων (διενέξεων) διανομής, οι οποίες μπορούν να υπερπηδηθούν μόνο μέσω ολοκληρωμένης και συνεργατικής διαχείρισης του πόρου, με τη συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων μερών σε τοπικό και εθνικό, ή ακόμη και σε υπερεθνικό επίπεδο όπου τα συστήματα των υπόγειων υδροφορέων διασχίζουν εθνικά σύνορα.

## **5.2 ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ**

### **5.2.1 «ΑΟΡΑΤΟΙ» ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΠΟΥ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΟΥΝ ΜΕ ΤΟ ΥΠΕΔΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Ενώ τα υπόγεια ύδατα αποτελούν μία από τις κύριες πηγές της ζωής για την ανθρωπότητα και τα οικοσυστήματα, το γεγονός ότι είναι αόρατα καθιστούν δύσκολη την εκτίμηση της πραγματικής τους αξίας. Αυτή η παρατήρηση, αν και τετριμμένη, έχει σοβαρές συνέπειες:

- Αρχικά, είναι πολύ πιο δύσκολο να τεκμηριώσουμε και αυτό συχνά ανακριβώς, την ύπαρξη, την τοποθεσία, την προέλευση, το βάθος, την έκταση, τον ρυθμό του κύκλου εργασιών, τις περιοχές επανατροφοδοσίας, τις εκροές, την αλληλοεπικοινωνία, τη χημική σύνθεση κλπ. των υπόγειων υδάτων. Αντίθετα με τους ποταμούς, των οποίων ο διαθέσιμος ρυθμός ροής μετράται εύκολα, η εκροή των υπόγειων υδάτων είναι συχνά ελάχιστα ή μερικώς γνωστή. Το δυναμικό των συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων και τα όρια της χρήσης τους αποτελούν γενικώς άγνωστα στοιχεία σε αυτούς που ασχολούνται και εκμεταλλεύονται τον πόρο, οι οποίοι μπορούν να το διαχειριστούν μόνο κατά τρόπο λιγότερο από το βέλτιστο, πράγμα που μπορεί να είναι σε αντίθεση με τη λογική και την εύλογη πρακτική
- Δεύτερον, η πρόσβαση στα υπόγεια ύδατα και η εκμετάλλευσή τους παραμένει μία σχετικά δύσκολη και ακριβή διαδικασία, που βασίζεται στο βάθος τους και τη γεωλογική τους σύνθεση (περιβάλλον), παρότι η πρόσφατη πρόοδος επιτρέπει ένα ευρύτερο φάσμα ατόμων και φορέων να αποκτήσουν πρόσβαση σε αυτό τον πόρο

- Τέλος, οι ποσοτικές και ποιοτικές επιδράσεις και επιπτώσεις της εκμετάλλευσης ενός συστήματος υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, οι επιπτώσεις που έχουν μία τρισδιάστατη αλυσιδωτή επίδραση στην υπόγεια επιφάνεια, δεν είναι άμεσα εμφανείς και ορατές και επομένως είναι δύσκολο να αξιολογηθούν.

Επιπλέον, τα υπόγεια ύδατα έχουν το χαρακτηριστικό ότι είναι στενά συνδεδεμένα με την υπόγεια επιφάνεια μέσω της οποίας ρέουν, καθώς και με την υπερκείμενη γη. Ασχέτως από το εάν το νερό είναι κινούμενο και επαναφορτιζόμενο ή ακίνητο και «απολιθωμένο», θα αλληλεπιδράσει με το έδαφος, συλλέγοντας μεταλλικά και χημικά στοιχεία που θα καθορίσουν με αυτό τον τρόπο τη φυσική του ποιότητα και το γεωχημικό του υπόβαθρο. Σήμερα, αυτή η φυσική ποιότητα έχει τροποποιηθεί και υποβαθμιστεί από την ανθρώπινη εκφόρτιση, είτε αυτή είναι περιστασιακή είτε χρόνια. Μία τέτοια εκφόρτιση συχνά περιέχει ρύπους που διεισδύουν (διηθούνται) στους φρεάτιους και στους βαθύτερους υπόγειους υδροφορείς, με τον μακροπρόθεσμο κίνδυνο της ακατάλληλης απόδοσης των υπόγειων υδάτων για ανθρώπινη χρήση και κατανάλωση, ή για άλλες χρήσεις όπως π.χ. τη γεωργία και τη βιομηχανία.

Για αυτούς τους διάφορους λόγους, η αντίληψη, η κατανόηση και η αναπαράσταση των υπόγειων υδάτων χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα περίπλοκη, τόσο για τον πληθυσμό, όσο και για τους αξιωματούχους και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Τα όρια της αειφόρου εκμετάλλευσης και των άμεσων ή έμμεσων επιπτώσεων (επιδράσεων) των πιέσεων που ασκούνται στον πόρο αποτελούνται ιδιαίτερα από ανεπαρκώς ελεγχόμενα στοιχεία που γενικά δε λαμβάνονται υπόψη κατά τον χωροταξικό σχεδιασμό και την ανάπτυξη. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε σπάταλη χρήση καθώς και σε ζημιές στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία και τις δραστηριότητες.

### **5.2.2 ΣΥΝΘΕΤΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΠΛΟΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**

Ένα σύστημα υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα αποτελεί το πεδίο δράσης για δύο κύρια φαινόμενα: τη μαζική μεταφορά και τη μεταφορά πίεσης (Pennequin, 2002). Όσον αφορά τα επιφανειακά ύδατα, η μαζική μεταφορά καλύπτει δύο πτυχές: την υδατική ροή και τη μεταφορά της διαλυμένης ύλης, συμπεριλαμβανομένων των ρύπων.

Όπως στα επιφανειακά ύδατα, η ροή ρυθμίζει τη μεταφορά της διαλυμένης ύλης, αλλά σε αντίθεση με τα επιφανειακά ύδατα, μία τέτοια υπόγεια ροή διενεργείται σε τρεις διαστάσεις (πλάτος, μήκος και πάχος), που διέπεται και ρυθμίζεται από την υδρογεωλογική σύνθεση (σχηματισμό) της υπόγειας επιφάνειας και του βαθμού κορεσμού της.

Η μεταφορά πίεσης είναι περισσότερο εμφανίσιμη στα υπόγεια ύδατα, που είναι η διάδοση της δυναμικής επιρροής και επίδρασης- η μεταβολή της στάθμης ή της πίεσης του νερού- που είναι ανεξάρτητη της φυσικής κατεύθυνσης ροής. Εξαιτίας αυτού, οποιαδήποτε άντληση από τη μία πλευρά ενός συνόρου θα επηρεάσει το επίπεδο της στάθμης των υπόγειων υδάτων και επομένως και την παραγωγικότητα στην άλλη πλευρά. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτό μπορεί να ανατρέψει ακόμη και τη φυσική κατεύθυνση ροής.

Η υπόγεια ροή, η φυσική ποιότητα του νερού, η μετατόπιση των ρύπων και οι συνέπειες της πίεσης που ασκούνται στους υπόγειους υδροφορείς αποτελούν τοιουτοτρόπως πολύπλοκα και σύνθετα θέματα. Αυτοί εξαρτώνται από τη γεωλογική δομή της υπόγειας επιφάνειας και των υδροδυναμικών τους ιδιοτήτων, την ικανότητα για αλληλεπίδραση μεταξύ του πετρώματος και του νερού που διέρχεται από αυτό. Περισσότεροι γενικοί παράγοντες που διέπουν και ρυθμίζουν μία τέτοια ροή είναι η συνολική γεωμετρία του συστήματος του υδροφόρου ορίζοντα, τα χαρακτηριστικά του και το άθροισμα των πιέσεων και των χρήσεων στις οποίες υπόκειται και οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Όλη η πίεση που ασκείται σε ένα σύστημα υπόγειου υδροφορέα και όλη η άντληση από αυτό έχουν ενδεχόμενες επιπτώσεις στο σύστημα συνολικά, όπως χαμηλότερα επίπεδα νερού, αναπροσανατολισμός των κατευθύνσεων ροής, αλλαγές στη φυσική ποιότητα του νερού, μόλυνση των πηγαδιών, των γεωτρήσεων κλπ.

Ως εκ τούτου, για να είμαστε σε θέση να στήσουμε και να δημιουργήσουμε μία αιτιολογημένη και βιώσιμη διαχείριση ενός συστήματος υπόγειου υδροφορέα, είναι σημαντικό και χρήσιμο να έχουμε πλήρη κατανόηση των χαρακτηριστικών του και των λειτουργιών του, καθώς και των στρες (πιέσεων) που του υποβάλλεται. Ένα πολύ τοπικό φάσμα αυτών των σημείων, ιδίως στη μία πλευρά ενός πολιτικού συνόρου, συχνά οδηγεί σε μία ασαφή και ελλιπή κατανόηση. Δεν έχει νόημα να παρατηρούνται μερικώς οι αλλαγές ορισμένων μεταβλητών (όπως ο ρυθμός ροής, η στάθμη των υδάτων, η σύνθεση της ποιότητας των υδάτων κλπ.) και στη συνέχεια να προσπαθούμε να διορθώσουμε τους περιορισμούς (όπως μίας ρυπογόνου ροής ή μίας μέγιστης

επιτρεπόμενης ποτενσιομετρικής ανάληψης) με αυτό ακριβώς το τοπικό φάσμα, το οποίο μπορεί να έρχεται σε αντίθεση με τις ενέργειες που θα ήταν πραγματικά αναγκαίες και χρήσιμες.

### **Πολύπλοκη λειτουργία ενός διασυνοριακού συστήματος υπόγειων υδροφορέων**

Η φυσική κυκλοφορία των υπόγειων υδάτων μπορεί να είναι αρκετά διαφορετική από το ένα επίπεδο (στρώμα) ενός υπόγειου υδροφορέα έως στο άλλο. Για παράδειγμα, η τοπική (ρηχή) ροή μπορεί να διασχίσει ένα πολιτικό σύνορο προς μία κατεύθυνση, ενώ η περιφερειακή (βαθύτερη) ροή μπορεί να είναι σε μία διαφορετική ή ακόμη και αντίθετη κατεύθυνση. Επιπλέον, αυτή η φυσική κυκλοφορία μπορεί να διαταραχθεί έντονα από τις ανθρώπινες ενέργειες οι οποίες, μέσω της άντλησης από τα πηγάδια και τις γεωτρήσεις για παράδειγμα, μπορεί να προκαλέσει τεχνητή αντίστροφη ροή σε ορισμένες περιοχές ή να τροποποιήσει τα πεδία πίεσης στη μία πλευρά ενός συνόρου, προκαλώντας πτώσεις της στάθμης του επιπέδου του νερού στην άλλη πλευρά.

### **5.2.3 Η ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ**

Σε αντίθεση με τα επιφανειακά ύδατα, τα συστήματα των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων χαρακτηρίζονται γενικά από σημαντική φυσική αδράνεια. Οι ποιοτικές και οι ποσοτικές πιέσεις, οι οποίες ασκούνται σε μία δεδομένη στιγμή μπορεί να έχουν μία αξιοσημείωτη ορατή επίδραση μόνο για χρόνια ή ακόμη και για δεκαετίες αργότερα. Στην περίπτωση υπερεκματάλλευσης ενός συστήματος, οι συνέπειες ενδέχεται να διαρκέσουν πολύ καιρό έτσι ώστε να γίνουν αισθητές σε ορισμένα μέρη και θέσεις. Αυτό ισχύει ακόμη περισσότερο όσον αφορά τη διάχυση των ρύπων, η μεταφορά των οποίων είναι γενικά πολύ αργή- τέτοιες μολυσματικές ουσίες μπορούν να συσσωρευτούν στο έδαφος και την ακόρεστη ζώνη και να διαρκέσουν πολύ χρόνο πριν φτάσουν στο ανώτατο στρώμα υπόγειου υδροφορέα, μέσω του οποίου μπορούν να μεταφερθούν με τα χρόνια, ή ακόμη και δεκαετίες πριν φτάσουν σε μακρινά πηγάδια και γεωτρήσεις, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και σε τοπογραφικές κοιλάδες που συμπεριλαμβάνουν λίμνες, υγροτόπους και ποτάμια.

Μία τέτοια αδράνεια του συστήματος των υπόγειων υδροφορέων εξακολουθεί να είναι σε ελάχιστο βαθμό κατανοητή και επομένως να λαμβάνεται ελάχιστα υπόψη από τις αρχές που είναι αρμόδιες για τη διαχείριση των υδάτων. Ωστόσο, η

αποκατάσταση ενός υποβαθμισμένου υπόγειου υδροφορέα είναι μία δύσκολη και πολύ χρονοβόρα εργασία και είναι συχνά αδύνατη λόγω του τεράστιου κόστους που αυτή συνεπάγεται.

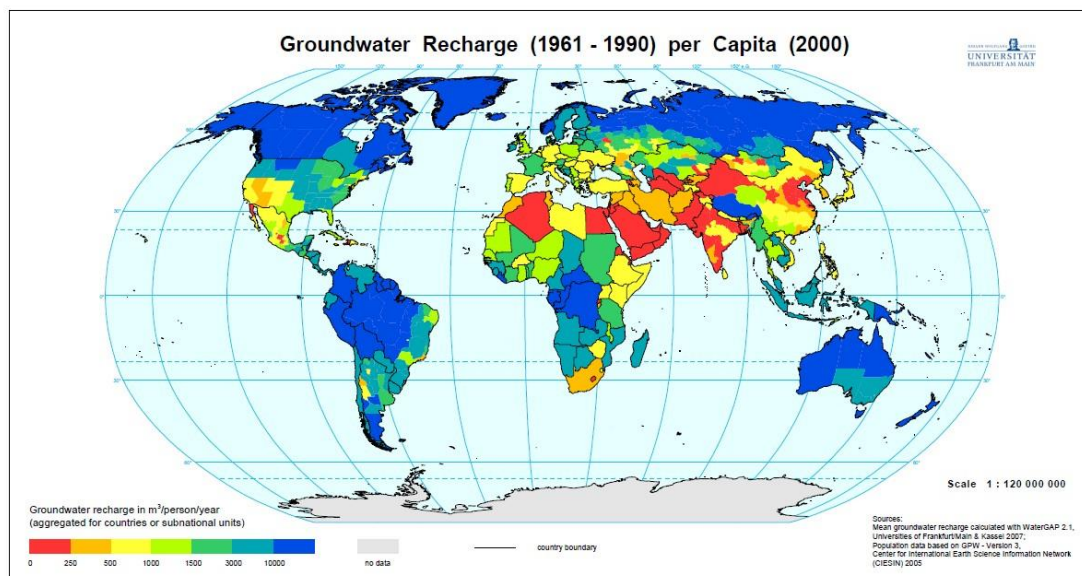
#### **5.2.4 Η ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΕΚΕΙΝΩΝ ΜΕ «ΟΡΥΚΤΟ» ΝΕΡΟ**

Υπάρχουν δύο κατηγορίες συστημάτων υπόγειων υδροφόρων οριζόντων: τα «ανανεώσιμα» συστήματα υπόγειων υδροφορέων, στα οποία τα υπόγεια ύδατα ρέουν και επαναφορτίζονται κατά τη διάρκεια των εποχών και εκείνα τα οποία είναι σε μικρό βαθμό επαναφορτιζόμενα εξαιτίας κλιματικών λόγων και συνθηκών ή της γεωλογικής τους σύνθεσης (περιβάλλοντος) και τα οποία για αυτό το λόγο ονομάζονται «μη-ανανεώσιμα» ή « μερικώς ανανεώσιμα» συστήματα υπόγειων υδροφορέων.

Οι **ανανεώσιμοι** υπόγειοι υδροφορείς τροφοδοτούνται με βροχοπτώσεις στις περιοχές επαναφόρτισής τους. Σε αυτή την περίπτωση, τα ανανεώσιμο μέρος (τμήμα) αυτού του πόρου μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί μέρος της φυσικής ροής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από αποδεκτές τεχνικές και οικονομικές συνθήκες, ενώ το απόθεμα νερού είναι σε θέση να αντικατασταθεί. Τέτοια συστήματα βρίσκονται συνήθως σε υγρές ή εύκρατες περιοχές, ιδίως σε υδάτινα ρεύματα τα οποία διαθέτουν φυσική ετήσια ροή, ενώ είναι σπάνια στις άγονες (άνυδρες) ή ημι- άνυδρες περιοχές όπου επιπλέον τα επιφανειακά ύδατα είναι πολύ περιορισμένα ή απόντα.

Οι **μη ανανεώσιμοι** υπόγειοι υδροφορείς είναι μερικώς ή καθόλου επαναφορτιζόμενοι, είτε επειδή αυτό εμποδίζεται από τα υδρογεωλογικά τους χαρακτηριστικά είτε επειδή βρίσκονται πλέον σε ξηρές (άνυδρες) και ημι- άνυδρες περιοχές που χιλιάδες χρόνια νωρίτερα είχαν πιο υγρό κλίμα. Σε αυτή τη δεύτερη κατηγορία το νερό λέγεται ότι είναι «ορυκτό». Όλη η αφαίρεση ουσιαστικά αντιστοιχεί στο άδειασμα (κένωση) της δεξαμενής. Αρχικά, αυτό επηρεάζει συχνά σε μικρό βαθμό τη φυσική εκροή, ακόμη και όταν αυτή η απώλεια των αποθεμάτων οφείλεται κυρίως στην υδραυλική αποσυμπίεση, όπως στην περίπτωση ενός περιορισμένου υπόγειου υδροφορέα. Σε υγρές ή εύκρατες περιοχές, υπάρχουν μη ανανεώσιμοι υπόγειοι υδροφορείς που χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση. Σε άνυδρες ή ημι-άνυδρες περιοχές, οι μη ανανεώσιμοι υπόγειοι υδροφορείς αποτελούν συχνά τους κυριότερους

ή ακόμη και τους μοναδικούς υδάτινους πόρους που μπορούν να ενεργοποιηθούν και να αξιοποιηθούν.



**Εικ. 5.3 Επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων σε m<sup>3</sup>/άτομο/χρόνο (συγκενρωτικό για χώρες ή για υποεθνικές μονάδες) (Πηγή: University of Frankfurt/ Main & Kassel, 2007)**

## 5.2.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

Από επιστημονική και τεχνική άποψη, ένα διασυνοριακό σύστημα υπόγειου υδροφορέα δε διαφέρει από ένα άλλο σύστημα υπόγειου υδροφορέα. Η μόνη διαφορά είναι ότι βρίσκεται κάτω από το έδαφος πολλών χωρών, των οποίων τα πολιτικά σύνορα προσθέτουν επιπρόσθετους περιορισμούς που καθιστούν μία πληρέστατη κατανόηση και ορθολογική διαχείριση τέτοιων κοινών πόρων ακόμη περισσότερο ευαίσθητη (λεπτή) και περίπλοκη. Τα κράτη συνήθως θεωρούν πως τα υπόγεια ύδατα τα οποία βρίσκονται στο υπέδαφος (υπόγεια επιφάνεια) εντός των συνόρων τους, αποτελούν εθνικούς πόρους πάνω στους οποίους επιθυμούν να διατηρήσουν την απόλυτη κυριαρχία. Ορισμένα κράτη αμφισβητούν ακόμη και τη διασυνοριακή φύση ορισμένων υπόγειων υδροφορέων που τους αφορούν και μερικές φορές επωφελούνται από τις αβεβαιότητες και την ανακρίβεια των υφιστάμενων επιστημονικών γνώσεων.

Στην πραγματικότητα, η αρχή της εθνικής κυριαρχίας δε θα πρέπει να επηρεάζει τα υπόγεια ύδατα με μία απόλυτη έννοια. Το νερό, είτε υπόγειο είτε επιφανειακό, είναι εκ φύσεως ένα θεμελιωδώς κινητό και μεταβλητό στοιχείο, τόσο στο χρόνο όσο στο χώρο. Μία χώρα επομένως, δε μπορεί να διαχειριστεί τα «διασυνοριακά υπόγεια ύδατά της» χωρίς να επηρεάζει ή να επηρεάζεται από τη διαχείριση των γειτονικών της



χωρών. Δεδομένου ότι έχουμε να κάνουμε με έναν ενιαίο πόρο, η πρόσβασή του και η δίκαιη και η διαρκής κοινή χρήση του είναι απαραίτητη, με κίνδυνο να δημιουργηθούν διεθνείς εντάσεις, κρίσεις και συγκρούσεις (διαμάχες) οι οποίες θα έρχονται αντιμέτωπες με το εθνικό συμφέρον των ενδιαφερόμενων χωρών.

Τέλος, είναι αναγκαία η συνεργατική διαχείριση των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων, αλλά ωστόσο είναι περισσότερο πολύπλοκη, σύνθετη και λεπτή από αυτή των κοινών επιφανειακών υδάτων, λόγω:

- Έλλειψης αντίληψης του διασυνοριακού χαρακτήρα από τις αρχές, τους διαχειριστές και τους ενδιαφερόμενους πληθυσμούς
- Κοινής έλλειψης ακριβών δεδομένων που μοιράζονται και ανταλλάσσονται από όλες τις εμπλεκόμενες χώρες (φύση, έκταση, λειτουργία, αλληλεπίδραση με επιφανειακά ύδατα, δυνατότητες εκμετάλλευσης κλπ.)
- Της κοινής απουσίας στα ενδιαφερόμενα κράτη ενός συγκεκριμένου σαφούς κανονιστικού εθνικού πλαισίου για τα υπόγεια ύδατα και ενός εθνικού θεσμού που είναι ρητά υπεύθυνος για τη διαχείρισή τους και που διαθέτει τα απαραίτητα μέσα
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, της έλλειψης πολιτικής βούλησης για την εφαρμογή μακροπρόθεσμης διαχείρισης
- Ενός διεθνούς νομικού πλαισίου που εξακολουθεί να είναι εμβρυϊκό σε αυτόν τον τομέα και
- Μεγάλων αναγκών αρμοδιοτήτων, ικανοτήτων και απαραίτητης χρηματοδότησης, για την ανάπτυξη και την εκτέλεση επιστημονικών μελετών και εγκαθίδρυσης ή δημιουργίας ενός κατάλληλου κανονιστικού και θεσμικού πλαισίου.

### **5.3 Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ**

Η δραστηριότητα της άντλησης νερού από ένα σύστημα υπόγειου υδροφορέα συνεπάγεται πολλαπλές συνέπειες και στις τρεις διαστάσεις της υπόγειας επιφάνειας. Βάσει της σπουδαιότητας του νερού, κάθε νέα απόσυρση μειώνει περισσότερο ή λιγότερο την απόσταση και σε μεγαλύτερο ή μικρότερο χρονικό διάστημα, τους

ρυθμούς ροής των ήδη υπαρχόντων πηγών, πηγαδιών, γεωτρήσεων και των πετρωμάτων, ειδικά κοντά στο φρεάτιο της άντλησης όπου μπορεί να δημιουργήσει κώνο κατάπτωσης στον υπόγειο υδροφορέα. Ο πολλαπλασιασμός τέτοιων αντλήσεων μπορεί να επηρεάσει όλο το σύστημα του υπόγειου υδροφορέα στην περίπτωση της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων, οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο στη μείωση και ενίοτε στην καταστροφική κατάρρευση του ποτενσιομετρικού επιπέδου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτό είναι πιθανό να συνοδεύεται από την υποχώρηση της επιφάνειας του εδάφους. Εάν το σύστημα του υπόγειου υδροφορέα είναι ανανεώσιμο και επικοινωνεί με περιφερειακούς ποταμούς και πηγές, η υπέρμετρη ανάπτυξή του μειώνει την εκροή σε αυτούς, επηρεάζοντας τις ελάχιστες παροχές τους κατά τη διάρκεια περιόδων με χαμηλά ύδατα ή ξηρασία.

Αντιστρόφως, ένα ανανεώσιμο σύστημα υπόγειου υδροφορέα που επικοινωνεί με τα επιφανειακά ύδατα, θα επηρεαστεί επίσης και δε θα μπορεί πλέον να επαναφορτιστεί εάν τα επιφανειακά ύδατα (ποτάμια, λίμνες, μικρές λίμνες) είναι τα ίδια υπερεκμεταλλευμένα ή μολυσμένα.

Όσον αφορά την εκφόρτιση, την έγχυση και τη διείσδυση (διήθηση) του νερού στο υπέδαφος (υπόγεια επιφάνεια), αυτό έχει προφανώς τη θετική επίδραση της επαναφόρτισης των συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων, αλλά μπορεί επίσης να αποτελέσει μία πηγή μόνιμης και διαρκούς μόλυνσης εάν αυτή η εισροή είναι μολυσμένη ή εάν πληρούνται ορισμένες συνθήκες και προϋποθέσεις.

Ανεξάρτητα από τη χρήση και τους λόγους, όλες οι αντλήσεις και οι εκφορτίσεις που επηρεάζουν μία ενιαία υδρολογική μονάδα (που περιλαμβάνει τόσο ένα ανανεώσιμο σύστημα υπόγειου υδροφορέα όσο και συναφή εξαρτημένα υδραυλικά επιφανειακά ύδατα) είναι υδρο-αλληλεξαρτώμενες. Όλα εξαρτώνται, άμεσα ή έμμεσα, από την πυκνότητα και τον τύπο της χρήσης γης, την αστική ανάπτυξη, τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένης της κτηνοτροφίας, της αλιείας και της δασοκομίας), τη βιομηχανία και την παραγωγή ενέργειας, τους τρόπους μεταφοράς (ναυσιπλοΐα) κλπ.

Σε κάθε περίπτωση και παντού, τα νόμιμα και ενδεχομένως θεμιτά αλλά διαφορετικά και μάλιστα αντίθετα συμφέροντα πρέπει να κατευναστούν και να επέλθει συμβιβασμός. Τα εν λόγω συμφέροντα καλύπτουν τη χρήση του ύδατος, τους χρήστες και ακόμη και τις περιοχές και μπορούν να είναι σε όλα τα επίπεδα, τοπικά ή εθνικά και ακόμη και υπερεθνικά για τα διασυνοριακά ύδατα.

Αυτή η συνεργατική διαχείριση θα πρέπει προφανώς να σέβεται τις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης, οι οποίες στοχεύουν και αποσκοπούν στον συμβιβασμό, στην συμφιλίωση, στον συνδυασμό της οικονομικής προόδου με την κοινωνική δικαιοσύνη και στον σεβασμό του περιβάλλοντος. Θα πρέπει επίσης να εμπίπτει στις αρχές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων (IWRM), που ορίζονται από την Παγκόσμια Σύμπραξη για το Νερό ως *"μία διαδικασία η οποία προωθεί την συντονισμένη ανάπτυξη και διαχείριση των υδάτων, της γης και των συναφών πόρων, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η προκύπτουσα οικονομική και κοινωνική ευημερία με δίκαιο τρόπο, χωρίς να διακυβεύεται η βιωσιμότητα των ζωτικών οικοσυστημάτων"*. Επίσημα διατυπωμένο για πρώτη φορά το 1992 στο Δουβλίνο κατά τη διάρκεια της Διεθνούς Διάσκεψης για το Νερό και την Ανάπτυξη, η έννοια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων (IWRM) έχει ενισχυθεί προοδευτικά στο πλαίσιο της διεθνούς κοινότητας τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Ωστόσο, το κομμάτι των "υπόγειων υδάτων" παραμένει ακόμη σε αρκετά μεγάλο βαθμό αμελημένο.

Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδάτινων Πόρων (IWRM) αποτελεί ακριβώς την έννοια που καθιστά δυνατή την εύρεση αρμονικών και εξελισσόμενων λύσεων, προσαρμοσμένων σε κάθε περίπτωση, εφαρμόζοντας μία σειρά συμπληρωματικών και συνεκτικών μέσων.

Όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες χρησιμοποιούν νερό. Το νερό αποτελεί επίσης έναν ουσιώδη δεσμό αλληλεξάρτησης που δημιουργεί ευστάθεια, αλληλεγγύη και σταθερότητα μεταξύ των δικαιούχων πληθυσμών και τους συνδέει με φυσικό τρόπο στην περιοχή τους, ιδίως τα υπόγεια ύδατα που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της υποεπιφάνειας. Αυτή είναι η ιδέα, η "έννοια" της *"υδρο-αλληλεγγύης"*.

Αυτή η εδαφική και κοινωνική υδρο-αλληλεγγύη στο χώρο συνοδεύεται από μία χρονική υδροδυναμία με τις μελλοντικές γενιές. Για τα επιφανειακά νερά η υδρο-αλληλεγγύη εμπίπτει σαφώς στο πεδίο της λεκάνης απορροής, η οποία σε πολλές χώρες αναγνωρίζεται ολοένα και περισσότερο και χρησιμοποιείται ως η κατάλληλη κλίμακα για την υλοποίηση της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων (IWRM).

Για τα υπόγεια ύδατα, αόρατα και σύνθετα (περίπλοκα) ως προς τον εντοπισμό και την χαρτογράφηση, είναι πολύ πιο δύσκολο να αναγνωριστεί και να κατανοηθεί ο ίδιος τύπος αλληλεγγύης. Παραδόξως όμως, σε αυτή την περίπτωση η υδρο-αλληλεγγύη είναι ακόμη ισχυρότερη από ότι για τα επιφανειακά ύδατα και αυτό για δύο λόγους:

- Στην περίπτωση των υπόγειων υδροφορέων, η υδροδυναμική εκτείνεται διαμέσου του χώρου σε τρεις διαστάσεις
- Η πολυπλοκότητα και η βραδύτητα της διάδοσης ποσοτικών και ποιοτικών επιδράσεων μέσω των συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων συνεπάγεται μακροχρόνια χρονική υδροδυναμική, ιδιαίτερα στην περίπτωση των μη-ανανεώσιμων υπόγειων υδροφορέων.

#### **5.4 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ**

Η πράξη έχει δείξει ότι για την αποτελεσματική και αξιόπιστη διαχείριση των υδατικών πόρων, είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί ένα σύνολο συμπληρωματικών και συνεκτικών εργαλείων σύμφωνα με τις βασικές έννοιες της αειφόρου ανάπτυξης και της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων (IWRM), συμπεριλαμβανομένων:

- Επιστημονικών, τεχνικών και τεχνολογικών εργαλείων για τη βελτίωση της κατανόησης των υπόγειων υδάτων και των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων
- Οργανωτικών και θεσμικών εργαλείων για την εφαρμογή και υλοποίηση μίας Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων
- Νομικών και διοικητικών εργαλείων, ώστε να διασφαλιστεί ότι το εργασιακό περιβάλλον και οι ρυθμιστικές λειτουργίες που είναι απαραίτητες για τους υδατικούς πόρους να εναρμονίζονται πέρα από τα πολιτικά σύνορα
- Οικονομικών, χρηματοοικονομικών και φορολογικών εργαλείων, για την κινητοποίηση των απαραίτητων επενδύσεων κεφαλαίου και να διασφαλιστεί η επίτευξη των καθορισμένων κοινών στόχων
- Εργαλείων κατάρτισης (εκπαίδευσης) και επαγγελματικής βελτίωσης, για τη βελτίωση των δεξιοτήτων και ικανοτήτων των πολιτικών ιθυνόντων, των διευθυντικών στελεχών και του τεχνικού και διοικητικού προσωπικού και τέλος
- Εργαλείων για τη συμμετοχή και τη συνεργασία, ώστε να διασφαλιστεί μία εντελώς διαφανής ανταλλαγή πληροφοριών και να αναπτυχθεί μία μακρόχρονη συνεργασία.

Καμία από τις έξι αυτές κατηγορίες εργαλείων δεν επαρκεί από μόνη της. Μόνο με τον συνδυασμό αυτών θα είναι δυνατόν να προοδεύσουν, να προχωρήσουν και να επιτύχουν ικανοποιητικά και διαρκή αποτελέσματα.

Τα εργαλεία αυτά θα πρέπει να χρησιμοποιούνται παράλληλα και προοδευτικά, σε τοπικό, εθνικό, διασυνοριακό και διεθνές επίπεδο, τα οποία είναι απαραίτητα για τα κοινόχρηστα συστήματα υπόγειων υδροφορέων.

#### **5.4.1 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ**

##### **Καταγραφή των διασυνοριακών συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων**

Στη δεκαετία του 1990, η Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE) προώθησε και κοινοποίησε μία πρώτη περιφερειακή απογραφή (καταγραφή) των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων στις ευρωπαϊκές χώρες, η οποία επεκτάθηκε αργότερα και στην κεντρική Ασία το 2007.

Το 1999 το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Υδρογεωλογικής Χαρτογράφησης και Αξιολόγησης (WHYMAP), ξεκίνησε με σκοπό τη συλλογή, τη συναρμολόγηση και την οπτικοποίηση υδρογεωλογικών δεδομένων σε παγκόσμια κλίμακα. Το WHYMAP διεξάγεται και εκτελείται από κοινού από την UNESCO (Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα και Διεθνές Πρόγραμμα Γεωεπιστημών), τη Διεθνή Ένωση Υδρογεωλόγων (IAH), την Επιτροπή του Γεωλογικού χάρτη του Κόσμου, το Διεθνή Οργανισμό Ατομικής Ενέργειας, το Διεθνές Κέντρο Αξιολόγησης των Υπόγειων Υδάτων, το Παγκόσμιο Κέντρο Δεδομένων Απορροής και το BGR (Γερμανικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Γεωεπιστημών και Φυσικών Πόρων), με τη συμμετοχή εξωτερικών εμπειρογνομώνων, ιδίως από το BRGM.

Το 2000 ξεκίνησε το έργο της Διαχείρισης των Διεθνών Πόρων των Κοινόχρηστων Υπόγειων Υδροφορέων (ISARM) υπό την αιγίδα της UNESCO, το οποίο ειδικότερα καλύπτει τα διασυνοριακά συστήματα υπόγειων υδροφορέων. Το πρόγραμμα αυτό έχει μακροπρόθεσμη προοπτική και στοχεύει στην προώθηση της επιστημονικής μελέτης των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων και τη συνεργατική και βιώσιμη διαχείρισή τους. Εφαρμόζεται από ήπειρο σε ήπειρο μέσω περιφερειακών πρωτοβουλιών, σε συνεργασία με άλλους εταίρους, όπως ο Οργανισμός Αμερικανικών Κρατών στην αμερικανική ήπειρο. Οι εργασίες που έχουν ήδη ολοκληρωθεί στο πλαίσιο του προγράμματος ISARM περιλαμβάνουν μία

προκαταρκτική απογραφή των διασυννοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων για την Αμερική, μία προκαταρκτική απογραφή για την Αφρική και μία λεπτομερή απογραφή για τα Βαλκάνια και τις νότιες ακτές της Μεσογείου. Σήμερα, πάνω από 270 διασυννοριακά συστήματα υπόγειων υδροφορέων έχουν απογραφεί παγκοσμίως, αλλά πολλά ακόμη εξακολουθούν να μην είναι τεκμηριωμένα.

### **Απογραφή των αναγκών για απόκτηση καλύτερης κατανόησης των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων και της λειτουργίας τους**

Παρά τις πρωτοβουλίες αυτές, η κατάσταση της γνώσης σχετικά με τα διασυννοριακά συστήματα υπόγειων υδροφορέων εξακολουθεί να παραμένει εξαιρετικά άνιση και σε μεγάλο βαθμό ανεπαρκής. Στην πραγματικότητα, η βελτίωση της γνώσης μας απαιτεί πολλαπλά τεχνικά και τεχνολογικά μέσα, εξειδικευμένες και πολυεπιστημονικές ικανότητες και οικονομικές δυνατότητες που είναι πέρα από τα μέσα και τις δυνατότητες πολλών χωρών.

### **Πεδία απαιτούμενων γνώσεων**

Η κατανόηση ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων πρέπει να σχετίζεται με:

- Τη γεωμετρική διαμόρφωση (δηλαδή τα φυσικά του όρια σε τρεις διαστάσεις)
- Τη γεωλογική και δομική διαμόρφωση (ταυτοποίηση των συστατικών των στρωμάτων του συστήματος, τη φύση τους και τη λιθολογική τους εξέλιξη στο χώρο, τις γεωλογικές τους δομές, την επέκταση των μεμονωμένων στρωμάτων κλπ.)
- Την υδρογεωλογική διαμόρφωση και τις αντίστοιχες υδροδυναμικές παραμέτρους (διαπερατότητα, χωρητικότητα αποθήκευσης κλπ.)
- Τις εσωτερικές αλληλεπιδράσεις (δηλ. μεταξύ των διαφορετικών συστατικών των υδρογεωλογικών στρωμάτων) και την αλληλεπίδραση με τα επιφανειακά ύδατα, διασυννοριακά ή μη
- Τη διαμόρφωση του τρισδιάστατου προσανατολισμού ροής και των ταχυτήτων του
- Τους χρόνους μεταφοράς της πίεσης (δυναμική διάδοση κυμάτων και υδροδυναμικών πιέσεων) και της μάζας (μετατόπιση ρύπων κλπ.)

- Τις περιοχές φυσικής επανατροφοδοσίας και τα κλιματικά ή μετεωρολογικά δεδομένα της οικείας (ενδιαφερόμενης περιοχής)
- Τις περιοχές φυσικής εκφόρτισης (ρέματα, λίμνες, chotts, άλλοι κατάντη υπόγειοι υδροφορείς κλπ.)
- Την εξέλιξη των στατικών επιπέδων νερού και των ρυθμών ροής μέσα από το χρόνο και το χώρο
- Το συνολικό και τομεακό δυναμικό (δηλαδή τι ποσότητα μπορεί να παράσχει το σύστημα των υπόγειων υδροφορέων, χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την ύπαρξή του και να διατηρεί τις διάφορες χρήσεις του), καθώς και την εξέλιξη αυτού του δυναμικού με την πάροδο του χρόνου
- Τα γεωχημικά χαρακτηριστικά των διάφορων στρωμάτων
- Τη φυσική ποιότητα του νερού του στον τρισδιάστατο χώρο και την εξέλιξή του με την πάροδο του χρόνου
- Την ευαισθησία (τρωτότητα) σε ακραία γεγονότα, όπως οι πλημμύρες και η ξηρασία και της διείσδυσης των ρύπων που προέρχονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα στην επιφάνεια
- Τη διαμόρφωση της ζήτησης νερού, του κοινωνικοοικονομικού ιστού, των χρήσεων και των πιέσεων (άντληση νερού από περιορισμένους υδροφόρους ορίζοντες, πηγές ρύπανσης κλπ.) και την εξέλιξη των παραμέτρων αυτών με την πάροδο του χρόνου.

### **Συλλογή δεδομένων**

Η συλλογή δεδομένων αποτελεί το πρώτο και το σημαντικότερο βήμα για την επίτευξη της κατανόησης των συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων. Εκτός από τη συγκέντρωση και τη σύνθεση όλων των υφιστάμενων δεδομένων είναι απαραίτητο να διεξαχθούν:

- Μηχανικές γεωτρήσεις για την απόκτηση στοιχειωδών πληροφοριών, γεωφυσικών βυθομετρήσεων και εξερεύνησης και εναέρια ή δορυφορική φωτογράφιση για το σχεδιασμό γεωλογικών, γεωμετρικών και κατασκευαστικών (δομικών) περιγραμμάτων
- Γεώτρηση πηγαδιών (παρατήρησης, δοκιμές άντλησης και ανίχνευσης, ροές πηγών και μετρήσεις στάθμης του υπόγειου υδροφορέα για τον προσδιορισμό των υδρογεωλογικών παραμέτρων

- Γεωχημική καταγραφή σε πηγάδια και δειγματοληψία για φυσικοχημικές, ισοτοπικές και χλωροφθορανθρακικές (CFC) αναλύσεις για τον προσδιορισμό των γεωχημικών και ορυκτολογικών χαρακτηριστικών της υπόγειας επιφάνειας και της ποιότητας των υδάτων.

Είναι επίσης απαραίτητο να δημιουργηθούν μόνιμα δίκτυα παρακολούθησης για την ανάκτηση και την καθιέρωση (εγκαθίδρυση) της εξέλιξης του συστήματος υπόγειων υδροφορέων με την πάροδο του χρόνου. Στο πεδίο πρέπει να παρακολουθούνται δύο ομάδες παραμέτρων: παράμετροι που σχετίζονται με ποσοτικές πτυχές, συμπεριλαμβανομένων των ρυθμών ροής (φυσικών και αντλούμενων) και τα στατιστικά επίπεδα νερού, καθώς και παράμετροι που σχετίζονται με την ποιότητα του νερού.

Για τις ποσοτικές παραμέτρους πρέπει να εγκατασταθούν ή να ανανεωθούν οι καταγραφείς της στάθμης νερού και οι μετρητές ροής. Για τις ποιοτικές μετρήσεις απαιτούνται ειδικά δίκτυα μέτρησης της ποιότητας, ή τουλάχιστον ειδικά πηγάδια παρακολούθησης για τη λήψη δειγμάτων που θα υπόκεινται σε βιοφυσικοχημικές αναλύσεις. Όλα τα δίκτυα μέτρησης πρέπει να είναι σωστά τοποθετημένα και κατάλληλου μεγέθους για την παροχή και λήψη αντιπροσωπευτικών δεδομένων του πόρου και της γενικής εξέλιξής του με την πάροδο του χρόνου (Pennequin and Foster, 2008). Αξίζει να αναφερθεί ότι ορισμένα στοιχεία και δεδομένα είναι σχετικά εύκολα προσβάσιμα (επίπεδα νερού, ποιότητα νερού), ενώ άλλα, όπως η ροή μεταξύ διαφορετικών επιπέδων σε ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων ή μεταξύ υπόγειων υδροφορέων και ποταμών, θα είναι πάντα πολύ πιο δύσκολο να αποκτηθούν και συχνά πρέπει να καθοριστούν έμμεσα, για παράδειγμα με τη βοήθεια ενός μαθηματικού μοντέλου.

Η δημιουργία μόνιμων δικτύων μέτρησης και η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων απαιτεί όχι μόνο την ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού στο πεδίο, αλλά και την ύπαρξη δομών δημόσιας υπηρεσίας με τεχνικό και διοικητικό χαρακτήρα. Μία τέτοια μόνιμη δημόσια δομή, είτε εθνική είτε διασυνοριακή, μπορεί να έχει διαφορετικούς τύπους νομικού καθεστώτος. Μπορεί να είναι μία κυβερνητική υπηρεσία (τμήμα ενός Υπουργείου) ή μία αυτόνομη υπηρεσία. Αυτός ο οργανισμός μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο περίπλοκος και λεπτομερής, ανάλογα με το μέγεθος της χώρας. Εάν είναι απαραίτητο, ενδέχεται να είναι εξοπλισμένος με ένα



δίκτυο τοπικών υποκαταστημάτων, ενώ μπορεί να βρίσκεται σε στενή και μόνιμη σύνδεση με τα θεσμικά όργανα που ασχολούνται με τη διαχείριση των υδάτινων πόρων και τη χρήση αυτών. Αυτό συχνά απέχει πολύ από την περίπτωση των υπόγειων υδάτων. Ένας τοπικός οργανισμός εάν υπάρχει, είναι συνήθως εύθραυστος και σπάνια έχει διαρκή ύπαρξη.

### **Επικύρωση, οργάνωση και ερμηνεία των δεδομένων**

Μετά τη συλλογή των δεδομένων, η επικύρωσή τους, η οργάνωση και η ερμηνεία (εξήγηση) αποτελεί το δεύτερο σημαντικό βήμα. Τα δεδομένα που αποκτήθηκαν στο πεδίο πρέπει να ενσωματωθούν σε βάσεις δεδομένων GIS για τη μετέπειτα συσχέτισή τους στον τρισδιάστατο χώρο και με την πάροδο του χρόνου, με σκοπό την ανασύσταση των χαρακτηριστικών και των τρόπων λειτουργίας του υπό εξέταση πόρου.

### **Εννοιολογικό μοντέλο και ποιοτική κατανόηση του πόρου**

Το εννοιολογικό μοντέλο και η ποιοτική κατανόηση ενός πόρου αποτελούν το τρίτο βήμα. Συνήθως το μοντέλο αυτό συνίσταται από τη δημιουργία ενός ή περισσότερων εννοιολογικών μοντέλων του συστήματος των υπόγειων υδροφορέων, τα οποία καθιστούν δυνατή την κατανόηση και τον εντοπισμό των βασικών γραμμών των χαρακτηριστικών του και της λειτουργίας του με ποιοτικό τρόπο. Το εννοιολογικό μοντέλο που καλύπτει τρεις διαστάσεις, καθιστά δυνατή την παρουσίαση των αμοιβαίων χωρικών σχέσεων των διαφορετικών συστατικών του συστήματος των υπόγειων υδροφορέων και των άλλων φυσικών ή τεχνητών χαρακτηριστικών που το περιβάλλουν.

Η κατασκευή εννοιολογικών μοντέλων γίνεται με τη βοήθεια ειδικών εργαλείων και μέσων για τη μελέτη συστημάτων υπόγειων υδροφορέων, συμπεριλαμβανομένων ιδίως γεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθέσεων, διάφορων τύπων θεματικών χαρτών (γεωλογία, λιθολογία, πιεζομετρικά περιγράμματα, τρωτότητα κλπ.) και προφανώς, τις προαναφερθείσες βάσεις δεδομένων και το GIS με τη γενικότερη έννοια.

## Μαθηματικά μοντέλα και εργαλεία διαχείρισης

Το τελευταίο βήμα στην αξιολόγηση ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων απαιτεί τη δημιουργία μαθηματικών και ψηφιακών εργαλείων. Αυτά θα συμβάλουν στην καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας των υδρο-συστημάτων και της εξέλιξης του πόρου και στην καθιέρωση των πλέον κατάλληλων διαδικασιών διαχείρισης, με σκοπό το συμβιβασμό και τη συμφιλίωση όσο το δυνατόν περισσότερο με τα συμφέροντα όλων των εμπλεκόμενων μερών.

Εκτός από το γεγονός ότι αυτά τα εργαλεία βοηθούν στον προσδιορισμό και στον καθορισμό ορισμένων φυσικών παραμέτρων που διαφορετικά είναι δύσκολο να εκτιμηθούν και να αξιολογηθούν στο πεδίο (ταχύτητα ροής και ρυθμός ροής, ανταλλασσόμενοι όγκοι κλπ.), ένα μαθηματικό μοντέλο καθιστά δυνατή τη διεξαγωγή και την εκτέλεση μίας περισσότερο ή λιγότερο ακριβούς γενικής ποιοτικής και ποσοτικής σύνθεσης της λειτουργίας του συστήματος των υπόγειων υδροφορέων σε δύο ή τρεις διαστάσεις, καθώς και την εξελικτική τάση του στο πέρασμα του χρόνου.

Αυτό στη συνέχεια χρησιμεύει ως βάση για την κατάρτιση και την εκπόνηση προγνωστικών σεναρίων της μελλοντικής διαχείρισης του πόρου. Αυτά τα μοντέλα αποτελούν ισχυρά εργαλεία που μπορούν να παράσχουν τόσο μία επισκόπηση του τρόπου λειτουργίας του πόρου, όσο και την προσομοίωση της τοπικής επίδρασης των ενεργειών ή των πιέσεων που του ασκούνται (π.χ., ως μέρος της εκμετάλλευσης ή της μόλυνσης του πόρου) και της προοδευτικής εξέλιξής του μέσα στο χρόνο και το χώρο.

Προκειμένου να χρησιμεύσουν ως εργαλεία διαχείρισης, τα μαθηματικά και τα ψηφιακά μοντέλα πρέπει αρχικά να είναι σωστά δομημένα και διαστασιοποιημένα, με βάση προηγούμενα εγκαθιδρυμένα και εγκατεστημένα εννοιολογικά μοντέλα, ακολούθως τα οποία πρέπει να βαθμονομηθούν για τους καθορισμένους στόχους (μία διαδικασία που στοχεύει να καταστήσει το μοντέλο όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πραγματικότητα που επιθυμεί να προσομοιώσει). Στη συνέχεια, μπορεί να δημιουργηθεί μία ποικιλία (πλήθος) δυνητικών σεναρίων και ειδικότερα για:

- Τον προσδιορισμό του δυναμικού των πόρων στο πλαίσιο της βιώσιμης ή της αξιόπιστης διαχείρισης
- Δοκιμή των επιδράσεων των διαφορετικών σεναρίων άντλησης και εκμετάλλευσης ως προς τους ρυθμούς ροής και τα επίπεδα ύδατος, όσον αφορά τις απαιτήσεις ή την προγραμματισμένη οικονομική ανάπτυξη

- Υπολογισμό των συνεπειών (επιπτώσεων) των πολιτικών εδαφικής ανάπτυξης στον πόρο
- Πρόβλεψη της εξέλιξης ενός ρυπαντικού πλουμίου και αξιολόγηση της επίδρασής του από πλευράς χρόνου και χώρου
- Εγκαθίδρυση και καθορισμός των τρόπων προστασίας ή αποκατάστασης μολυσμένων πόρων.

Αφού αναλυθούν και ερμηνευθούν, τα αποτελέσματα των μοντέλων και των προσομοιωμένων σεναρίων παρέχουν μία πολύτιμη βάση για συζητήσεις και για τη διαμόρφωση και δημιουργία μηχανισμών διαλόγου και δράσης.

## 5.4.2 ΝΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

### Διεθνή νομικά εργαλεία

Σε διεθνές επίπεδο, η μόνη συμφωνία που αφορά συγκεκριμένα την κοινή διαχείριση ενός διασυνοριακού συστήματος υπόγειων υδροφορέων είναι αυτή του υπόγειου υδροφορέα του Genovois, που μοιράζεται μεταξύ της Γαλλίας (Haute Savoie Department) και της Ελβετίας (Canton της Γενεύης). Τα υπόγεια ύδατα μερικές φορές αναφέρονται και παραπέμπονται σε συμφωνίες σχετικές με τα διασυνοριακά επιφανειακά ύδατα, αλλά από την άλλη οι ίδιοι οι υπόγειοι υδροφορείς σπάνια αναφέρονται. Το τελευταίο γενικά προκαλείται έμμεσα σε ορισμένες διεθνείς συμφωνίες για την παρακολούθηση των συνόρων ή σε ζητήματα που σχετίζονται με την «ανάληψη» νερού.

Υπάρχουν ωστόσο, αρκετές πρωτοβουλίες στο πεδίο αυτό:

- 1989: το σχέδιο της συνθήκης (σύμβασης) «Bellagio» που αφορά τα διασυνορικά υπόγεια ύδατα εφαρμόζει συγκεκριμένα τις αρχές που ορίζονται από τους κανόνες του Ελσίνκι, δηλαδή «τη μονάδα διαχείρισης» και την «κοινότητα συμφερόντων» καθώς και τη «βέλτιστη χρήση και διατήρηση σε λογική και ισότιμη βάση, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας του υπόγειου περιβάλλοντος». Παρόλο που πρόκειται για μία πρωτοβουλία εμπειρογνομόνων χωρίς νομική αξία, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον

- 1992: η σύμβαση για την προστασία και τη χρήση των διασυνοριακών υδατορευμάτων και των διεθνών λιμνών που εγκρίθηκε από την Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη, που ονομάζεται «Σύμβαση του Ελσίνκι», αφορά όλα τα διασυνοριακά ύδατα, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων των κοινόχρηστων υπόγειων υδροφορέων
- 1997: η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών ενέκρινε τη Σύμβαση σχετικά με το «δίκαιο των μη ναυτιλιακών χρήσεων των υπόγειων υδάτων». Το κείμενο αυτό δεν ισχύει ακόμη, επειδή δεν έχει επικυρωθεί από επαρκή αριθμό κρατών. Επιπλέον, η εφαρμογή του στα κοινόχρηστα υπόγεια ύδατα είναι περιορισμένη, καθώς καλύπτει μόνο τα υπόγεια ύδατα που συνδέονται με ένα διεθνές υδάτινο ρεύμα και που μοιράζονται ένα κοινό όριο
- 2008: η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών ενέκρινε και εξέδωσε απόφαση ψηφίσματος για το νόμο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων (A/RES/63/124), συμπεριλαμβανομένων και της επισύναψης των νομοσχεδίων των άρθρων που εκπονήθηκαν από την Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου των Ηνωμένων Εθνών. Το κείμενο αυτό οφείλεται στην επιστημονική και τεχνική υποστήριξη και τη συμβολή του Διεθνούς Υδρογεωλογικού Προγράμματος της UNESCO, με ενέργειες από ομάδες εμπειρογνομόνων και αρκετούς ειδικευμένους συνεργάτες σε αυτό το θέμα. Το κείμενο δεν έχει δεσμευτική ισχύ, αλλά μπορεί να χρησιμεύσει ως αναφορά στα κράτη.

### **Εθνικά νομικά εργαλεία**

Στην Ευρώπη, οι διάφορες εθνικές νομοθεσίες για το νερό έχουν ευρέως μεταθέσει τις ευρωπαϊκές οδηγίες για αυτό το θέμα. Στην πραγματικότητα, η διαχείριση των υδάτων στην Ευρώπη έχει διαμορφωθεί νομικά από τη δεκαετία του 1970 με περίπου 30 οδηγίες που αφορούν τη χρήση των υδάτων και την εκφόρτιση του νερού. Η οδηγία πλαίσιο για τα ύδατα της 23<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2000 έχει εναρμονιστεί στο σύνολο.

Αλλού, τα υπόγεια ύδατα σε πολλές χώρες δεν έχουν ακόμα σαφώς καθορισμένο νομικό καθεστώς και διοικητικό σύστημα. Υπάρχουν αξιοσημείωτες εξαιρέσεις σε ορισμένες χώρες που έχουν υιοθετήσει ένα «Νόμο περί υδάτων», όπως το Μαρόκο που από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, έχει κατατάξει τα υπόγεια ύδατά του στο δημόσιο τομέα του κράτους. Ο δημόσιος τομέας έχει την εξουσία να παραδώσει και να παραχωρήσει άδειες για άντληση (δικαιώματα), οι οποίες μπορούν να τροποποιηθούν ή να αποτελέσουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης από τον μισθωτή ή από τον ιδιοκτήτη του εδάφους.

Σε κάθε χώρα, στα υπόγεια ύδατα όπως στα επιφανειακά ύδατα, πρέπει να δίνεται ένα νομικό πλαίσιο που να επιτρέπει τον επαρκή έλεγχο από τις δημόσιες αρχές, εξασφαλίζοντας δίκαιη και βιώσιμη διαχείριση του πόρου, καθώς και την ποσοτική και ποιοτική προστασία του. Είναι επίσης απαραίτητο να θεσπιστούν και να εφαρμοστούν οι κανονισμοί μέσω ενός συστήματος αδειών ή δηλώσεων. Αυτοί οι κανονισμοί θα πρέπει να αφορούν τόσο την άντληση από τον πόρο, όσο και την εκφόρτιση στον πόρο καθώς και τον έλεγχο των δραστηριοτήτων που ενδεχομένως έχουν άμεσο ή έμμεσο αρνητικό αντίκτυπο βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα τόσο στα επιφανειακά όσο και στα υπόγεια ύδατα. Αυτό αφορά συγκεκριμένα ορισμένες πρακτικές γεωργικές και κτηνοτροφικές, ορισμένες βιομηχανικές ή βιοτεχνικές εγκαταστάσεις ή άλλες πρακτικές, που ενδέχεται να φέρουν κινδύνους για το περιβάλλον και το νερό.

Οι εν λόγω κανονισμοί, θα πρέπει προφανώς να είναι κατάλληλα προσαρμοσμένοι στα προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν, καθώς και στο κοινωνικοοικονομικό, διοικητικό και πολιτιστικό πλαίσιο της εν λόγω χώρας.

#### **5.4.3 ΘΕΣΜΙΚΑ, ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ**

Οι δημόσιες αρχές πρέπει να ασκούν μία ουσιαστική λειτουργία του «ρυθμιστικού φορέα» για τους κανονισμούς που αφορούν τους υδάτινους πόρους και τις διάφορες χρήσεις τους σε διάφορα επίπεδα:

- Πρόσβαση: οργάνωση της πρόσβασης σε νερό για όλους
- Δημόσια υγεία: θέσπιση και επιβολή κανόνων ποιότητας για το πόσιμο νερό και της απόρριψης αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων (λυμάτων)
- Δημόσια ασφάλεια: καθιέρωση και επιβολή βέλτιστων πρακτικών όσον αφορά το σχεδιασμό, την κατασκευή και την εκμετάλλευση έργων

(γεωτρήσεων), ή όσον αφορά τη ρύθμιση βιομηχανικών εγκαταστάσεων που ενδέχεται να ενέχουν κινδύνους για το περιβάλλον

- Ανταγωνισμός: καθορισμός μίας κλίμακας τιμών για το νερό, όπου αυτό αποτελεί εμπορεύσιμο αγαθό και εξασφάλιση μίας ικανοποιητικής ισορροπίας μεταξύ των υπεροχών και των υπερβολών (ακροτήτων) του οικονομικού ανταγωνισμού σε έναν τομέα που, από τη φύση του υπόκειται εύκολα σε μονοπωλιακές καταστάσεις και να είναι υπεύθυνος για οποιεσδήποτε συμπράξεις και συνεργασίες, δημόσιες και ιδιωτικές
- Προστασία: εξασφάλιση της προστασίας της φύσης, της πανίδας, της χλωρίδας και των οικοσυστημάτων και καθορισμός στόχων για την ποιότητα του νερού.

Προφανώς με βάση τη θεσμική και διοικητική οργάνωση κάθε χώρας, υπάρχουν διάφορα επίπεδα ευθύνης στον τομέα του ύδατος και των πολλών χρήσεών του. Όλες οι λεκάνες απορροής και τα συστήματα υπόγειων υδροφορέων, τα οποία συγκροτούν και διαμορφώνουν το φυσικό γεωγραφικό πλαίσιο για τη διαχείριση του νερού, πρέπει κατά κάποιον τρόπο να ληφθούν υπόψη, σύμφωνα με τις αρχές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων (IWRM).

Αρχικά, είναι απολύτως απαραίτητο οι δημόσιες ευθύνες όσον αφορά τα υπόγεια ύδατα να είναι σαφώς καθορισμένες, προσδιορισμένες και αναγνωρισμένες στις ενδιαφερόμενες χώρες, για παράδειγμα εντός μίας συγκεκριμένης διοίκησης ή από έναν εξειδικευμένο αυτόνομο θεσμό.

Δεύτερον, είναι επίσης απαραίτητο να οριστούν οι δεσμοί μεταξύ της ύπαρξης ουσίας που είναι υπεύθυνη σε εθνικό επίπεδο και εκείνων που εφαρμόζουν τους κανονισμούς στον τομέα αυτό σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

Σε πολλές χώρες, οι προϋποθέσεις αυτές δεν πληρούνται με αποτελεσματικό τρόπο. Τα ανθρώπινα μέσα, η τεχνική ικανότητα και οι οικονομικοί πόροι που κατανέμονται και διατίθενται στο πεδίο αυτό είναι συνήθως πολύ περιορισμένα. Μερικές φορές μπορεί να υπάρχουν αλληλοεπικαλύψεις, διασπορές και αποκλίσεις μεταξύ πολλών δημόσιων θεσμών και ορισμένες χώρες δε διαθέτουν καθόλου δομή που να είναι φανερά υπεύθυνη για αυτό το πεδίο.

#### 5.4.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΟΝΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Η διαχείριση των υπόγειων υδάτων γενικά και ακόμη περισσότερο εκείνη των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων, απαιτεί σημαντικά χρηματοοικονομικά μέσα τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Αυτό συχνά αποτελεί πρόβλημα σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες.

Για κάθε χρήση νερού, πρέπει να καταβληθεί μία δίκαιη τιμή για την προσφερόμενη και παρεχόμενη υπηρεσία. Αυτό θα πρέπει να καλύπτει τα επενδυτικά έξοδα κεφαλαίου και τα έξοδα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, καθώς και το κόστος εκμετάλλευσης και συντήρησης τέτοιων εγκαταστάσεων, καθώς και τουλάχιστον ενός μέρους του εξωτερικού κόστους σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Σε πολλές χώρες πρέπει να προβλεφθούν καινοτόμοι οικονομικοί μηχανισμοί για τη χρηματοδότηση αυτού του πεδίου.

Τρεις βασικές πηγές χρηματοδότησης είναι αντιληπτές και κατανοητές: τα τιμολόγια, οι φόροι (και τα τέλη) και οι μεταφορές (δημόσια βοήθεια για την ανάπτυξη).

Μεταξύ των διαφορετικών πιθανών κατηγοριών δυνητικών εργαλείων, θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη σημασία στο δημοσιονομικό μέσο των φόρων. Στην πραγματικότητα, η συμπεριφορά των ατομικών ή συλλογικών οικονομικών παραγόντων που εκμεταλλεύονται ή ενδεχομένως επηρεάζουν τους επιφανειακούς ή υπόγειους υδατικούς πόρους, μπορεί να αναπροσανατολιστεί προς μία ή άλλη κατεύθυνση μέσω οικονομικών ή φορολογικών κινήτρων που έχουν θεσπιστεί από το νομοθέτη της εν λόγω χώρας.

Αυτά τα κίνητρα μπορούν να λειτουργήσουν σε δύο κατευθύνσεις:

- Τα ελκυστικά κίνητρα, υπό τη μορφή της οικονομικής βοήθειας, μπορούν να παρακινήσουν μέσω πιστώσεων (εάν είναι απαραίτητο με επιστροφή χρημάτων), μέσω επιδοτήσεων για την πραγματοποίηση των απαιτούμενων επενδύσεων (ειδικά για την αξιοποίηση του πόρου και την πρόληψη ή την αποκατάσταση της ρύπανσης), μέσω δωρεάν ασφάλισης κατά των κινδύνων στο στάδιο της γεώτρησης, ή μέσω εκπτώσεων σχετικά με τις πηγές ενέργειας για την άντληση κλπ. Ωστόσο, η βοήθεια (συνδρομή) αυτή πρέπει να είναι αιτιολογημένη και συνεκτική, ώστε να μην ενθαρρύνεται η απόρριψη ή η υπεράντληση των

υδάτων, ούτε η στρέβλωση και η παραμόρφωση των κανονικών συνθηκών ανταγωνισμού

- Τα αρνητικά κίνητρα ή επιβολές, όπως είναι οι περιορισμοί μέσω ποσοστώσεων ή αποτρεπτικών εκμεταλλεύσεων μέσω των τελών για την άντληση ακατέργαστου νερού, μπορεί να ρυθμιστεί ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή, την εποχή ή τον τύπο του χρήστη, ακολουθώντας μία ορθολογική πολιτική κατανομή του πόρου. Η φορολόγηση των πράξεων που προκαλούν ρύπανση σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» σήμερα είναι ευρέως αποδεκτή σε διεθνές επίπεδο.

#### **5.4.5 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΡΤΑΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

Λόγω και εξαιτίας των πολύπλοκων εργαλείων που απαιτούνται στον τομέα των υπόγειων υδάτων, η ανάπτυξη ικανοτήτων αποτελεί βασικό παράγοντα. Δράσεις κατάρτισης και επαγγελματικής βελτίωσης για το τεχνικό και διοικητικό προσωπικό, με επίκεντρο τη συνεργατική διαχείριση των κοινόχρηστων υδάτων και των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων είναι ιδιαίτερα χρήσιμες.

Προκειμένου να ανταποκριθεί σε αυτή την ανάγκη, το Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα (IHP) της UNESCO, συγκέντρωσε μία ομάδα εμπειρογνομόνων (διεπιστημόνων) για το σχεδιασμό μίας εκπαιδευτικής ενότητας που αφορά ειδικά τα διασυνοριακά συστήματα υπόγειων υδροφορέων. Ο στόχος αυτής της ενότητας είναι να προσφέρει στα διάφορα μέλη που εμπλέκονται στη διαχείριση ενός διασυνοριακού συστήματος υπόγειων υδροφορέων εκπαίδευση και βασικές έννοιες (ιδέες) άλλων κλάδων εκτός των δικών τους. Κατά τη διάρκεια μίας πρώτης πιλοτικής συνόδου τον Οκτώβριο του 2008, δόθηκε βασική υδρογεωλογική εκπαίδευση στους δικηγόρους και τους υπεύθυνους (φορείς) για τη λήψη αποφάσεων, καθώς επίσης προτάθηκε ένα βασικό νομικό και διεθνές δίκαιο στους υδρογεωλόγους.

Από τη δημιουργία του το 1991, το IOWater του οποίου η αποστολή είναι να αναπτύξει την ικανότητα για μία καλύτερη διαχείριση του νερού, υποστηρίζει χώρες που επιθυμούν να δημιουργήσουν ή να ενισχύσουν την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Υδάτινων Πόρων (IWRM). Συντελεί ειδικότερα σε μία μακρόχρονη εμπειρία συνεργασίας στον τομέα και στο πεδίο της διασυνοριακής διαχείρισης των κοινόχρηστων υδάτινων πόρων. Στο Εθνικό Εκπαιδευτικό Κέντρο για τους Επαγγελματίες του Νερού, το IOWater δέχεται κάθε χρόνο πάνω από 6.500



εκπαιδευόμενους (τεχνικούς, μηχανικούς, τοπικούς εκλεγμένους υπαλλήλους) στους οποίους διανέμονται πάνω από 845 εκπαιδευτικές συνεδρίες. Οι συνεδρίες καλύπτουν ποικίλα θέματα όπως την εκτέλεση, την παρακολούθηση και τη συντήρηση των γεωτρήσεων, την υδρογεωλογία, την παρακολούθηση των υπόγειων υδροφορέων, την αποκατάσταση των μολυσμένων υπόγειων υδάτων ή την προστασία των πηγαδιών παροχής πόσιμου νερού. Το IOWater εξυπηρετεί και διαχειρίζεται επίσης τη γραμματεία και τις δραστηριότητες του Διεθνούς Δικτύου Υδατικών Εκπαιδευτικών Κέντρων που ιδρύθηκε στα τέλη του 2008.

Το Γραφείο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών της Γαλλίας (BRGM, Bureau de Recherches Géologiques et Minières) δημιούργησε ένα παρόμοιο εργαλείο για τη διαχείριση των συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων, ιδιαίτερα των διασυννοριακών και προσφέρει μία σειρά εκπαιδευτικών μαθημάτων σε τεχνικές που σχετίζονται με τη μελέτη των πόρων, τη διατήρησή τους και τα διαφορετικά διαθέσιμα εργαλεία διαχείρισης.

Εκτός από αυτές τις πρωτοβουλίες, έχουν δημιουργηθεί πολλά εκπαιδευτικά κέντρα στα πλαίσια εργασιών που σχετίζονται με το νερό σε άλλα μέρη του κόσμου κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. Πολλά τέτοια κέντρα έχουν συσταθεί με πρωτοβουλία ή με τεχνική ή ακόμη και οικονομική βοήθεια από τη Γαλλία.

#### **5.4.6 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Για λόγους αποτελεσματικότητας και διαφάνειας, όλα τα εμπλεκόμενα μέρη πρέπει να συμβουλευούνται και να συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και στη διαχείριση των υδατικών πόρων. Προκειμένου και με σκοπό να συμβιβαστούν τα διαφορετικά συμφέροντα των πολλών υπαρχόντων και μελλοντικών χρηστών (γεωργοί, βιομηχανία, οικιακοί χρήστες, περιβαλλοντικοί σύλλογοι κλπ.), είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να συσταθούν συμβουλευτικές επιτροπές χρηστών (επίσημες και άτυπες) και να διοργανώνουν δημόσιες συζητήσεις.

Όσον αφορά τη διασυννοριακή συνεργασία, θα είναι προφανώς απαραίτητο να αρχίσουν πολλαπλές επαφές μεταξύ των χωρών που ενδιαφέρονται να ανταλλάξουν εμπειρίες σχετικές με τον κοινό τους πόρο, τη διαχείρισή του, τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν, τους κινδύνους που διατρέχουν και τις δράσεις που αναλαμβάνονται.

Για να ενθαρρυνθούν και να προωθηθούν οι ανταλλαγές μεταξύ των αντίστοιχων ειδικών και εμπειρογνομόνων στις εμπλεκόμενες χώρες, οι διεθνείς επαγγελματικοί, επιστημονικοί και ακαδημαϊκοί οργανισμοί, όπως η Διεθνής Ένωση Υδρογεωλόγων, μπορούν επίσης να διαδραματίσουν ένα πολύ χρήσιμο ρόλο.

Τέτοιες τεχνικές επαφές θα πρέπει να διευρυνθούν σε διπλωματικό και πολιτικό επίπεδο. Για το σκοπό αυτό, οι διεθνείς και περιφερειακοί οργανισμοί μπορούν να διαδραματίσουν και πάλι το ρόλο του διαμεσολαβητή, εάν αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Εκτός από όλα τα παραπάνω, τα διεθνή δίκτυα ανταλλαγής όπως το Διεθνές Δίκτυο Οργανισμών των Λεκανών Απορροής (INBO, International Network of Basin Organizations) και το εξειδικευμένο του τμήμα για τα διασυνοριακά ύδατα, το Διεθνές Δίκτυο των Διασυνοριακών Οργανισμών Λεκανών Απορροής και οι πολυάριθμες διεθνείς εκδηλώσεις που διοργανώνονται στον τομέα του νερού, μπορούν να βοηθήσουν προτείνοντας τεχνικές λύσεις για τη βοήθεια λήψης πολιτικών αποφάσεων. Τέτοιες πλατφόρμες συνεργασίας παρέχουν αποτελεσματικά ένα ουδέτερο χώρο όπου είναι δυνατόν να συζητηθούν ευαίσθητα και καίρια θέματα και να αναπτυχθούν επίσημες και άτυπες σχέσεις για την τόνωση της εμπιστοσύνης και της συνεργασίας.

Μετά από αυτό, πρέπει να θεσπιστούν σταδιακά οι επίσημοι μηχανισμοί διαλόγου και ανταλλαγής δεδομένων, ακολουθούμενοι από διαβούλευση και στη συνέχεια από τη συνεργασία. Ο τελικός στόχος όλων αυτών των εργασιών, είναι να καταλήξουμε σε μία γενική κατανόηση των προβλημάτων, μίας κοινής στρατηγικής διαχείρισης και κοινών και συντονισμένων δράσεων.

## **5.5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Η κοινή διαχείριση των διασυνοριακών συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων έχει αποτελέσει κρίσιμο θέμα το οποίο δεν μπορεί να αγνοηθεί. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας αυτού του θέματος και της ποικιλίας των πιθανών σεναρίων, οι προτεινόμενες προσεγγίσεις και μηχανισμοί πρέπει να προσαρμοστούν σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς και να είναι ρεαλιστικές, πολύπλευρες και προοδευτικές.

Η συνεργατική, δίκαιη και διαρκής διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων

υδροφόρων συστημάτων απαιτεί όχι μόνο σημαντική τεχνική ικανότητα και οικονομικά μέσα, αλλά περισσότερο από κάθε άλλο, μία πολιτική βούληση των εμπλεκόμενων χωρών που να είναι επαρκώς ισχυρή και επιτακτική, χωρίς την οποία δε μπορεί να γίνει τίποτα. Η δέσμευση των λοιπών ενδιαφερόμενων μερών (μη κυβερνητικοί φορείς, διεθνείς οργανισμοί κλπ.) είναι επίσης απαραίτητη για την εφαρμογή των λεπτομερειών διαχείρισης. Στην πραγματικότητα, οι δράσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν με το εύρος των διαθέσιμων εργαλείων, θα πρέπει να εκτελούνται όχι μόνο σε τοπικά, εθνικά και διασυνοριακά επίπεδα, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις ή για ορισμένες πτυχές και σε ένα πραγματικά διεθνές επίπεδο.

Οι ενέργειες που αναφέρονται στη συνέχεια μπορούν να επιτευχθούν με συνεχή ή εάν είναι δυνατόν, ταυτόχρονο τρόπο σε εθνικό επίπεδο από τις τοπικές αρχές, σε διασυνοριακό επίπεδο από τα εμπλεκόμενα κράτη και στο επίπεδο της διεθνούς κοινότητας.

#### **5.5.1. ΣΕ ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ**

Οι αρχές οι οποίες είναι αρμόδιες σε τοπικό και εθνικό επίπεδο, είναι οι πλησιέστερες στο πεδίο και τους ενδιαφερόμενους πληθυσμούς. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να συμμετέχουν ενεργά κατά την εκπόνηση σχεδίων για τη συνεργατική διαχείριση ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφόρου συστήματος, αφού θα είναι κυρίως υπεύθυνες για την εφαρμογή και την υλοποίηση των συγκεκριμένων δράσεων που πρέπει να διεξαχθούν.

#### **Οι ρόλοι και οι ευθύνες των τοπικών θεσμικών οργάνων**

Η διαχείριση ενός διασυνοριακού συστήματος υπόγειων υδροφορέων είναι αδύνατο να βελτιωθεί εάν η διαχείριση των υπόγειων υδάτων δε λαμβάνεται υπόψη και επομένως συμπεριλαμβάνεται σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Ως εκ τούτου, τα υπόγεια ύδατα πρέπει να έχουν αναγνωρισμένο καθεστώς σε κάθε χώρα (συμπεριλαμβανομένων εκείνων των χωρών των οποίων τα υπόγεια ύδατα εξακολουθούν να είναι σε μικρό βαθμό εκμεταλλεύσιμα) και πρέπει να θεωρούνται ως ένας φυσικός πόρος που πρέπει να διατηρηθεί. Αυτό απαιτεί:

- Αρχικά, την εκπόνηση ενός νομοθετικού και ρυθμιστικού πλαισίου που να καθορίζει σαφώς το νομικό καθεστώς των υπόγειων υδάτων, ιδίως όσον αφορά τα δικαιώματα που ισχύουν για τις αστικές και αγροτικές εκτάσεις. Από νομική

άποψη, το καθεστώς που διέπει τα υπόγεια ύδατα πρέπει να διαφέρει από τους κανονισμούς της γης, με τους οποίους θα πρέπει να συγχρονίζεται

- Δεύτερον, τον ορισμό και τη σαφήνεια σε κάθε χώρα των ευθυνών των διάφορων αρμόδιων δημόσιων φορέων (Υπουργείων, γραφείων, οργανισμών κλπ.) και των συνδέσεών τους
- Τρίτον, τη μεταφορά τους από το κράτος στις υπηρεσίες που είναι επιφορτισμένες με αυτά τα ζητήματα, την ικανότητα και τα απαραίτητα τεχνικά και χρηματοδοτικά μέσα για την εκπλήρωση των καθηκόντων τους (μελέτες, μοντελοποίηση, προγραμματισμός κλπ.) και για την επιβολή εθνικών και τοπικών κανονισμών.

Για το σκοπό αυτό, οι αρχές κάθε χώρας που μοιράζονται το ίδιο σύστημα υπόγειων υδροφόρων οριζόντων μπορούν να χρησιμοποιήσουν το σύνολο ή ένα μέρος του εύρους των διαθέσιμων εργαλείων, συμπεριλαμβανομένων ιδιαίτερα όλων των ενεργειών προς την επαγγελματική κατάρτιση, είτε αρχική είτε συνεχιζόμενη.

### **Βελτίωση της κατανόησης των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων**

Η επιστημονική κατανόηση των υπόγειων υδάτων και ειδικότερα των διασυνοριακών υδάτων, αποτελεί μακροπρόθεσμη δέσμευση, καθώς ορισμένες από τις εγγενείς παραμέτρους ή εκείνες που την επηρεάζουν, ποικίλλουν ανάλογα με το χρόνο (ιδίως των όρων της εκμετάλλευσης και της επαναφόρτισης), με την τρέχουσα χρήση και με τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες. Η κατανόηση αυτή πρέπει να βελτιωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο, χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες που προσφέρουν τα σύγχρονα τεχνικά και τεχνολογικά μέσα, αλλά και με την ανάπτυξη ανταλλαγών και συνεργασίας μεταξύ των ενδιαφερόμενων χωρών.

Σε τοπικό και εθνικό επίπεδο, η γνώση αυτή βασίζεται κατά ανάγκη στη συλλογή όλων των διαθέσιμων επιστημονικών και τεχνικών δεδομένων και πληροφοριών. Με βάση τα κενά που παρατηρούνται σε αυτές τις γνώσεις, τα δεδομένα πρέπει να συμπληρωθούν μέσω συγκεκριμένων δράσεων ανάλογα με τις ανάγκες. Στόχος είναι η σταδιακή διάθεση όλων των στοιχείων και των πληροφοριών.

Όλα τα δεδομένα πρέπει να συλλέγονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι προσιτά για αποτελεσματική ερμηνεία και χρήση, ακολουθούμενα από την ανταλλαγή αυτών δεδομένων μεταξύ των διάφορων φορέων των ενδιαφερόμενων χωρών. Για το

σκοπό αυτό, είναι συνήθως απαραίτητο να δημιουργηθούν βάσεις δεδομένων. Έπειτα, συνίσταται η δημιουργία κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων, που θα βοηθήσουν στην κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων και θα καθορίσουν τη λειτουργία τους, ή θα προσομοιώσουν τα σενάρια ανάπτυξης, τις συνέπειες της πολιτικής και εδαφικής ανάπτυξης ή των επιπτώσεων των ποσοτικών και ποιοτικών πιέσεων στον πόρο.

Για τον σωστό προσδιορισμό του τρόπου λειτουργίας ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων, καθώς και των συνεπειών των διάφορων χρήσεων του και των πιέσεων που ασκούνται σε αυτόν, κρίνεται και θεωρείται απαραίτητο να κατανοηθεί το σύστημα στο σύνολό του. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται συχνά η κλίμακα σε επίπεδο λεκάνης απορροής, αλλά φυσικά αυτό το μέτρο δε συμπίπτει πάντοτε με την πραγματική υδρογεωλογική έκταση του συστήματος υπόγειου υδροφορέα. Με βάση τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υπόγειων και των επιφανειακών υδάτων, καθώς και στα πραγματικά σύνορα του υπόγειου υδροφόρου συστήματος, μπορεί να προσδιοριστεί και να καθοριστεί η πιο κατάλληλη κλίμακα ερευνών: στις περισσότερες περιπτώσεις αυτό θα πρόκειται για τη χρήσιμη έκταση του υπόγειου υδροφόρου συστήματος ή της υδρογεωλογικής λεκάνης σε διεθνή κλίμακα στην περίπτωση των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων.

Στην περίπτωση ενός διασυνοριακού πόρου, η διαδικασία της μοντελοποίησης απαιτεί από τις παράκτιες χώρες που μοιράζονται έναν συγκεκριμένο πόρο να ανταλλάσσουν τα σχετικά δεδομένα τους. Οι εθνικές εισροές και ενέργειες αποτελούν σημείο εκκίνησης, αλλά η συνεργασία μεταξύ των παράκτιων χωρών καθίσταται απαραίτητη για την ορθή κατανόηση ενός διασυνοριακού συστήματος υπόγειων υδροφορέων και τη σύνταξη σχετικών κανόνων διαχείρισης.

### **Ενημέρωση, συμμετοχή και διάλογος μεταξύ των διάφορων φορέων και χρηστών**

Η σύγχρονη διαχείριση των υδάτων δε μπορεί να επιβληθεί με αξιόπιστο τρόπο. Πρέπει να βασίζεται στην ενεργή και αποτελεσματική συμμετοχή όλων των μερών και στη δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού συνεργασίας. Παρ' όλα αυτά, η πολυπλοκότητα και η ευαισθησία των προβλημάτων που προκύπτουν από την διαχείριση των υπόγειων υδάτων γενικά και των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων ειδικότερα, απαιτούν σημαντικά προγράμματα εκπαίδευσης, ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης των υπαλλήλων, των αξιωματούχων, των χρηστών

και του πληθυσμού γενικότερα.

Σε αυτό το γενικό πλαίσιο, πρέπει να αναφερθεί η πολύ συγκεκριμένη πολιτισμική αλλά πολύ διαφορετική διάσταση που συνδέεται με το νερό σε όλο τον κόσμο. Είναι ιδιαίτερα απαραίτητο να ενημερωθούν οι άνθρωποι για την ανεξάρτητη φύση τόσο των προβλημάτων όσο και των πιθανών λύσεων, της ανάγκης για μία πραγματική και αληθινή «υδρο- αλληλεγγύη» που αποτελεί μία σκόπιμη προσπάθεια να προκαλέσει την αμοιβαία κατανόηση, το κοινό καλό και την ηθική των γειτονικών πληθυσμών που μοιράζονται τα ίδια ύδατα και της μακροπρόθεσμης διαδικασίας συνεργασίας που απαιτείται από την προοπτική της αειφόρου ανάπτυξης. Κάθε μέλος θα πρέπει να έχει πλήρη επίγνωση του οικονομικού, κοινωνικού και στρατηγικού ενδιαφέροντος μίας τέτοιας συνεργασίας, καθώς επίσης και των θετικών και συγκεκριμένων ωφελειών για όλους.

Κάθε σχέδιο, έργο ή πρόγραμμα που αφορά τα υπόγεια ύδατα θα πρέπει επομένως να περιλαμβάνει μία ενότητα σχετική με την ενημέρωση και την εκπαίδευση των ενδιαφερόμενων μερών, προκειμένου να προετοιμαστούν για κοινές συναντήσεις και συνεδριάσεις όπου μπορούν να εκφράσουν τις επιθυμίες και τις ανάγκες τους. Προφανώς, τέτοιες ενότητες θα πρέπει να προσαρμοστούν στο αρχικό επίπεδο γνώσης των εν λόγω μελών.

Στο πεδίο αυτό διακρίνονται διάφορες αρχές:

- Αν χρειαστεί, εκπαιδεύονται και ενημερώνονται οι ενδιαφερόμενες τοπικές αρχές και οι εκπρόσωποι των διαφόρων τύπων χρηστών και των ενώσεων ή οργανισμών για την προστασία της φύσης ή των εκπροσώπων των συλλογικών συμφερόντων που συνθέτουν την πολιτική κοινωνία
- Παρότρυνση και προώθηση στους διαχειριστές και στους χρήστες, της ευαισθητοποίησης και της επίγνωσης σχετικά με το γενικό συμφέρον, της ευημερίας του κοινού καλού και της σπουδαιότητας της διαφύλαξης του ύδατος και της περιβαλλοντικής ποιότητας σε σχέση με τη δημόσια υγεία. Να εξηγήσουμε την ιδέα της «ισότιμης και δίκαιης χρησιμοποίησης»
- Υιοθετούμε μία συμμετοχική προσέγγιση για την εκπαίδευση και την κατάρτιση, με την ταυτόχρονη κινητοποίηση της τοπικής αρμοδιότητας και των ικανοτήτων σε κάθε εκπαιδευτικό πρόγραμμα.

## Συμμετοχή στις αρμόδιες τοπικές και περιφερειακές αρχές

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα υπόγεια ύδατα συνδέονται στενά με την υπόγεια επιφάνεια και ως εκ τούτου αποτελούν μέρος του υποκείμενου εδάφους. Οι τοπικές και περιφερειακές αρχές, οι οποίες βρίσκονται τόσο κοντά στο πεδίο όσο και οι κάτοικοι που χρησιμοποιούν αυτούς τους πόρους, πρέπει να συμμετέχουν στη διαχείρισή τους, συμπεριλαμβανομένων των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων που σχετίζονται με αυτούς. Η εμπειρία δείχνει σαφώς ότι αυτοί οι τοπικοί και περιφερειακοί επίσημοι φορείς μπορούν να διαδραματίσουν έναν άκρως χρήσιμο ρόλο και ότι η παραμονή τους μακριά από τη διαδικασία λήψης αποφάσεων επιδεινώνει κάθε άλλο παρά μόνο τις δυσκολίες.

Από αυτή την άποψη, είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε την καθοριστική δράση των τοπικών αρχών σε δύο ενδιαφέροντα παραδείγματα της συλλογικής διαχείρισης των διασυνοριακών συστημάτων υπόγειων υδροφορέων: εκείνο της Γενεύης, που μοιράζεται μεταξύ της Γαλλίας και της Ελβετίας και εκείνο του ανθρακικού ασβεστόλιθου που υπόκειται τόσο στο Βέλγιο όσο και στη Γαλλία.

Η συμμετοχή των τοπικών αρχών ανταποκρίνεται στην αρχή της επικουρικότητας, η οποία ενθαρρύνεται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα ύδατα, σύμφωνα με την οποία η ευθύνη πρέπει να αναλαμβάνεται από το χαμηλότερο δυνατό επίπεδο της δημόσιας αρχής που έχει την αρμοδιότητα επίλυσης του προβλήματος, με άλλα λόγια το επίπεδο που είναι το πιο αρμόδιο, κατάλληλο και πλησιέστερο στους πολίτες. Τα τελευταία χρόνια, πολλές χώρες έχουν υιοθετήσει μέτρα αποκέντρωσης από προηγούμενες συγκεντρωτικές δυνάμεις και εξουσίες, οι οποίες αύξησαν σημαντικά το επίπεδο ευθύνης των τοπικών υπαλλήλων και αξιωματούχων, ιδίως για να προσεγγίσουν και να μετατοπίσουν τη διαχείριση των δημόσιων υπηρεσιών πιο κοντά στους χρήστες που επωφελούνται από αυτές. Ταυτόχρονα, αυτές οι τοπικές αρχές ανέπτυξαν μία νέα μορφή «αποκεντρωμένης» διεθνούς συνεργασίας στο επίπεδό τους, που καλύπτει πολλά πεδία, μεταξύ των οποίων πολύ συχνά το νερό και την υγιεινή.

Στο πλαίσιο της δυναμικής αυτής της διττής εξέλιξης, οι τοπικές αρχές πρέπει να ενδυναμωθούν και να ενθαρρυνθούν, έτσι ώστε να ξεκινήσουν μία τέτοια αποκεντρωμένη διασυνοριακή συνεργασία, ευνοώντας τη συνεργατική διαχείριση των κοινόχρηστων υπόγειων, ακόμη και των επιφανειακών υδάτινων πόρων από τους οποίους εξαρτώνται άμεσα.

Η εμπειρία που αποκτήθηκε στην αποκεντρωμένη διασυνοριακή συνεργασία από τη γαλλική επιχειρησιακή διασυνοριακή αποστολή στην Ευρώπη, μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο στο πεδίο των κοινόχρηστων υπόγειων υδάτων.

### **5.5.2. ΣΕ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ**

#### **Προκαταρκτικές τεχνικές επαφές**

Προκειμένου να βελτιωθεί η κατανόηση των κοινόχρηστων υπόγειων υδροφόρων συστημάτων τους καθώς και η διακυβέρνηση των υδάτινων πόρων τους, οι σχετιζόμενες χώρες θα πρέπει προοδευτικά να αναπτύξουν επαφές.

Σε πολλά ιστορικά περιστατικά, οι πρώτες επαφές έγιναν σε ανεπίσημο επίπεδο από τους τεχνικούς που εργάζονται στα ίδια πεδία στις αντίστοιχες χώρες τους. Τέτοιες προκαταρκτικές ανταλλαγές επιτρέπουν στις εθνικές υπηρεσίες να γνωρίζουν καλύτερα η μία την άλλη και να αξιολογούν από κοινού τις διάφορες τεχνικές πτυχές του θέματος και του ενδεχόμενου προβλήματος έτσι ώστε να είναι σε θέση να πείσουν τους ανωτέρους τους για την ανάγκη και το ενδιαφέρον της διοργάνωσης μίας μόνιμης διασυνοριακής συνεργασίας. Το τελευταίο μπορεί να είναι επιτακτικής σημασίας, είτε επειδή τα συλλεγόμενα δεδομένα δείχνουν ότι τα προβλήματα ενδεχομένως που επηρεάζουν τον κοινόχρηστο πόρο μπορούν να λυθούν μόνο από κοινού, είτε επειδή έχει αποδειχθεί η ύπαρξη σημαντικών εγχειρημάτων, όπως η εξόρυξη υπόγειων υδάτων, η ρύπανση, η έλλειψη νερού κλπ., με τον κίνδυνο μίας πραγματικής ή ενδεχόμενης (πιθανής) διεθνούς διαμάχης και διένεξης.

Ένας τέτοιος προκαταρκτικός διάλογος είναι ουσιαστικά απαραίτητος. Στην πραγματικότητα, το μεγαλύτερο μέρος του αδιεξόδου και της στασιμότητας που συμβαίνει κατά τις διαπραγματεύσεις προέρχεται από επαφές οι οποίες έγιναν πολύ αργά, από πολύ μεγάλες κοινωνικοοικονομικές διαφορές μεταξύ των χωρών ή από μία υψηλόβαθμης θέσης ενός από τα μέλη. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η παρέμβαση (κατόπιν αιτήματος των ενδιαφερόμενων χωρών) διεθνών, πολυμερών ή περιφερειακών θεσμών μπορεί να συμβάλει στην απεμπλοκή της κατάστασης και να προτείνει λύσεις. Η ιδέα της «δίκαιης χρησιμοποίησης» πρέπει να παρουσιαστεί, να εξηγηθεί και να συζητηθεί με την παρουσία ενός μεσολαβητή.

Μετά από αυτή την πρώτη φάση άτυπων επαφών μεταξύ των τεχνικών υψηλόβαθμων αξιωματούχων, η προετοιμασία πιο επίσημων συναντήσεων μπορεί να συζητηθεί μεταξύ των αρμόδιων φορέων κάθε χώρας.



## Διεξαγωγή επίσημων συνεδριάσεων

Οι επίσημες συνεδριάσεις πρέπει να περιλαμβάνουν εκπροσώπους των ενδιαφερόμενων κρατών, κατόπιν πρόσκλησης ενός από αυτούς. Κατά τη διάρκεια αυτού του δεύτερου σταδίου, είναι ακόμη πιο σημαντικό να συνδέσουμε και να συσχετίσουμε πολυμερείς ή περιφερειακούς θεσμούς, εκπροσώπους των Ηνωμένων Εθνών και των χωρών που έχουν φιλικές διαθέσεις, αναπτυξιακές υπηρεσίες ή οργανισμούς χρηματοδότησης που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν μία τεχνική ή ακόμη και οικονομική συνεισφορά. Οι συνεδριάσεις αυτές πρέπει να στοχεύουν:

- Στην ανταλλαγή γνώσεων: εθνικά και διασυνοριακά προβλήματα που αφορούν τους διασυνοριακούς υπόγειους υδατικούς πόρους σε σχέση με τα επιφανειακά ύδατα εφόσον δικαιολογούνται και υφίστανται
- Στη συμφωνία σχετικά με τους κοινούς βραχυπρόθεσμους, μεσοπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους στόχους
- Στην ανταλλαγή πιθανών συνεργατικών ενεργειών, υπογραμμίζοντας τα ρίσκα και τα διακυβεύματα, τα πιθανά οικονομικά οφέλη και τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη που προκύπτουν από μία εποικοδομητική συνεργασία μεταξύ των σχετιζόμενων χωρών. Μπορεί να συζητηθούν τα ακόλουθα θέματα:
  - Απαιτούμενες ενέργειες για την απόκτηση γνώσης και κατανόησης των υδρογεωλογικών μηχανισμών στην εργασία και των οικονομικών και κοινωνικών συνεπειών τους (εναρμόνιση της υποστήριξης των δεδομένων και δημιουργία παρατηρητηρίου για τα διασυνοριακά ύδατα)
  - Ορισμός και σαφήνεια της εθνικής πολιτικής με κανόνες που επιβάλλονται από τους νέους μηχανισμούς που θα δημιουργηθούν από τις διεθνείς συμβάσεις
  - Μελέτη των μηχανισμών συνεργασίας και των πιθανών τρόπων συνεργασίας, συμπεριλαμβανομένης της συλλογής, ανταλλαγής και εκμετάλλευσης των δεδομένων, καθώς και της προσαρμογής ή της δημιουργίας ενός οργανισμού υπεύθυνου για τα διασυνοριακά υπόγεια ύδατα (και ενδεχομένως τα επιφανειακά ύδατα), με κοινή διαθεσιμότητα των αναγκαίων μέσων για δίκαιη και διαρκή ανάπτυξη των κοινόχρηστων υδάτινων πόρων
  - Συζητώντας και αποφασίζοντας για το κόστος αυτής της συνεργασίας καθώς και την κατανομή (μοίρασμα) των αντίστοιχων δαπανών και το χρονοδιάγραμμα που πρέπει να τηρείται.

Οι ρυθμίσεις που πρέπει να προγραμματιστούν πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτες ώστε να είναι σε θέση να εξελιχθούν και να αναπτυχθούν με την πάροδο του χρόνου και από την άποψη των οποιωνδήποτε αλλαγών στις οικονομικές, κοινωνικές και ακόμη και πολιτικές συνθήκες.

### **Συλλογή, οργάνωση και ανταλλαγή δεδομένων σε ένα εναρμονισμένο πλαίσιο**

Κρίνεται απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα διασυνοριακό δίκτυο μέτρησης το οποίο να μπορεί να παρουσιάσει οποιεσδήποτε ποσοτικές ή και ποιοτικές αλλαγές στον πόρο όπως απαιτείται. Το δίκτυο αυτό μπορεί να βασίζεται σε υφιστάμενα εθνικά, περιφερειακά ή τοπικά δίκτυα, αλλά πολύ συχνά πρέπει να ολοκληρωθεί για εργασίες και δραστηριότητες που τρέχουν ομαλά. Οι διαδικασίες μέτρησης θα πρέπει να συγχρονίζονται όσο το δυνατόν περισσότερο και τα δεδομένα θα πρέπει να ανταλλάσσονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα μεταξύ των σχετικών χωρών.

Για να επιτρέπεται η ανταλλαγή δεδομένων (και μεταδεδομένων), πρέπει να συλλέγονται και να οργανώνονται σε μέσα υποστήριξης (βάσεις δεδομένων, GIS) που να μπορούν να επεξεργαστούν από κάθε σχετιζόμενη χώρα για μία άριστη κατανόηση και διαχείριση των κοινόχρηστων πόρων. Η εναρμόνιση αυτής της παρακολούθησης και των συστημάτων πληροφόρησης για το νερό, καθώς και η εναρμόνιση των δεδομένων και των υποστηρίξεών τους, αποτελούν δύσκολες, μακρές χρονικά και δαπανηρές ενέργειες, οι οποίες όμως είναι απαραίτητες για μία ολοκληρωμένη και αποτελεσματική ανταλλαγή δεδομένων (διαλειτουργικότητα των συστημάτων) και γνώσεων, καθώς και μίας σωστής παρακολούθησης όλων των ενεργειών. Η ανάπτυξη μίας τέτοιας συνεργασίας θα πρέπει να οδηγήσει στον καθορισμό και την υιοθέτηση κοινών προτύπων για τη δημιουργία πραγματικών παρατηρητηρίων για τα διασυνοριακά ύδατα.

### **Δημιουργία κοινών εργαλείων διαχείρισης**

Η διαχείριση ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων απαιτεί τη δημιουργία ειδικών εργαλείων, συνήθως μαθηματικών ή ψηφιακών μοντέλων, ή σε ορισμένες περιπτώσεις ολοκληρωμένων μοντέλων που να περιλαμβάνουν όλες τις φυσικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές πτυχές.

Κρίνεται πράγματι απαραίτητο και αναγκαίο να ποσοτικοποιηθούν και να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά και η λειτουργία του πόρου και να προσομοιωθούν

οι επιπτώσεις της χρήσης του και των δημόσιων πολιτικών για τον προγραμματισμό και την κοινωνικοοικονομική του ανάπτυξη. Στη συνέχεια, η διαχείριση παρέχει τα απαραίτητα στοιχεία για τη σύγκριση και συσχέτιση των πιθανών επιλογών, την κατασκευή και τη λήψη ενημερωμένων επιλογών, τον καθορισμό της στρατηγικής και την επίτευξη ενός προχωρημένου και βέλτιστου σχεδίου για την ανάπτυξη και τη διαχείριση των υπό εξέταση υδάτων. Το σχέδιο αυτό πρέπει να καθορίζει τις δράσεις που πρέπει να εκτελεστούν, τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς και το χρονοδιάγραμμα που πρέπει να τηρείται.

Για να χρησιμοποιηθούν για λόγους διαχείρισης, τα μοντέλα πρέπει να είναι σωστά δομημένα, διαστασιολογημένα και βαθμονομημένα ώστε να αντιπροσωπεύουν το προσομοιωμένο υδρο-σύστημα με βαθμό αξιοπιστίας και ακρίβειας που συμφωνεί με τους καθορισμένους στόχους. Σε αυτό μπορούν να προστεθούν περαιτέρω μοντέλα οικονομικής ή ανθρώπινης συμπεριφοράς ή ενότητες που θα βοηθήσουν τις προσπάθειες συνεργασίας και θα δημιουργήσουν πλήρη εργαλεία για τη στήριξη της διαχείρισης του πόρου.

Η δημιουργία κοινών εργαλείων για τη στήριξη της διαχείρισης των κοινόχρηστων συστημάτων υπόγειων υδροφορέων συνιστάται όχι μόνο για την απόκτηση και εξασφάλιση των ποσοτικοποιημένων και αξιόπιστων στοιχείων που απαιτούνται για τη σύνταξη και κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, αλλά και επειδή αυτά τα εργαλεία συχνά δημιουργούν ένα πεδίο συναφούς και σχετικής συνεργασίας μεταξύ των τεχνικών των παράκτιων χωρών. Ενισχύουν έτσι το διάλογο μεταξύ όλων των παραγόντων από τις δύο πλευρές των συνόρων ειδικότερα παρέχοντας γραφήματα, χάρτες και διαγράμματα που βοηθούν στη χορήγηση απλών εξηγήσεων σχετικά με την επίδραση των πόρων στις αναπτυξιακές πολιτικές ή συγκεκριμένες δράσεις από τους διάφορους εταίρους και συνεργάτες. Η ανανεώσιμη ή «απολιθωμένη» πτυχή του συστήματος των υπόγειων υδροφορέων που εξετάζεται αποτελεί προφανώς ένα σημαντικό κριτήριο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή των στρατηγικών εκμετάλλευσης που πρέπει να υιοθετηθούν και τη χρησιμοποίηση και αξιοποίηση που πρέπει να ευνοηθεί.

## **Χρήσεις που πρέπει να ευνοηθούν για τη βιώσιμη ή τη διαρκή διαχείριση ενός διασυνοριακού συστήματος υπόγειων υδροφορέων. Μερικές ενδείξεις όσον αφορά τον τύπο του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα**

Η διάκριση μεταξύ των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων με ανανεώσιμο νερό και εκείνων με απολιθωμένο «ορυκτό» νερό είναι θεμελιώδους σπουδαιότητας τόσο για την επιλογή ενός μοντέλου διαχείρισης όσο και για την επιλογή των χρήσεων ή της χρήσης που προτιμάται.

1. Τα ανανεώσιμα συστήματα υπόγειων υδροφορέων, των οποίων το νερό είναι συχνά καλύτερο, σταθερότερο (μόνιμο) και καλύτερα προστατευμένο ποιοτικά από το επιφανειακό νερό, θα πρέπει κατά προτίμηση να χρησιμοποιούνται για υψηλής ποιότητας σκοπούς, ξεκινώντας από την ανθρώπινη κατανάλωση. Παρ'όλα αυτά, θα πρέπει πάντα να διαχειρίζονται με ισορροπημένο και βιώσιμο τρόπο, χωρίς υπέρμετρη ανάπτυξη, εάν είναι απαραίτητο με την περιοδική επαναφόρτιση νερού που έχει υποστεί επεξεργασία.
2. Τα μη ανανεώσιμα συστήματα υπόγειων υδροφορέων πρέπει να διαφοροποιούνται ανάλογα με το αν εμφανίζονται σε υγρές ή εύκρατες περιοχές ή σε άνυδρες (άγονες) ή ημι-άνυδρες περιοχές:
  - Σε υγρές ή εύκρατες περιοχές που εμφανίζονται μόνιμες ροές και ανανεώσιμα συστήματα υπόγειων υδροφορέων, τα μη ανανεώσιμα συστήματα υπόγειων υδροφορέων δε χρειάζεται γενικά να χρησιμοποιηθούν. Είναι προτιμότερο να τα αφήσουμε άθικτα, θεωρώντας τα ως αποθεματικά ασφαλείας και προφύλαξης, των οποίων η εκμετάλλευση πρέπει να γίνεται μόνο ως έσχατη λύση και στη συνέχεια με αυστηρό και εξαιρετικό τρόπο.
  - Σε ξηρές ή ημι-άνυδρες περιοχές, όπου τα συστήματα μη ανανεώσιμων υδροφόρων οριζόντων αποτελούν τον κύριο ή μοναδικό διαθέσιμο υδάτινο πόρο, η διαχείρισή τους είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη και λεπτή. Σε βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη βάση, η εκμετάλλευση αυτών των πόρων η οποία σε κάθε περίπτωση δεν είναι βιώσιμη, πρέπει να είναι πολύ αυστηρή και οικονομική, λαμβάνοντας υπόψη και μακροπρόθεσμα τις ανάγκες των μελλοντικών γενεών. Άλλες συμπληρωματικές λύσεις μπορούν να αναζητηθούν όπως η αποθήκευση επιφανειακών υδάτων ή η χρήση των αποκαλούμενων παράτυπων και

αντισυμβατικών υδατικών πόρων, όπως είναι η αφαλάτωση νερού, η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, η συγκομιδή ομβρίων κλπ. Στην περίπτωση αυτή, η χρήση κατά προτεραιότητα πρέπει να γίνεται για την ανθρώπινη κατανάλωση, τη γεωργική παραγωγή για τη διατροφή των τοπικών πληθυσμών και τη βιομηχανική δραστηριότητα όσον αφορά τις επιλογές για την οικονομική πολιτική των σχετικών χωρών.

Αυτή η διάκριση μεταξύ των ανανεώσιμων και μη ανανεώσιμων συστημάτων υπόγειων υδροφορέων, διασυνοριακών ή όχι, συνεπάγεται σημαντικές διαφορές στους αντίστοιχους τύπους διαχείρισης τόσο σε επίπεδο αξιολόγησης των πόρων, όσο και σε επίπεδο στρατηγικής εκμετάλλευσης. Εάν είναι δυνατόν να υιοθετηθεί μία συντηρητική στρατηγική (δηλαδή η πρόληψη της ανάληψης υπόγειων υδάτων) για τα συστήματα υπόγειων υδροφορέων με ανανεώσιμους πόρους, δε θα είναι ποτέ δυνατόν να έχουμε μία πραγματικά αειφόρο, βιώσιμη σημαντική εκμετάλλευση για τα μη ανανεώσιμα συστήματα υπόγειων υδροφορέων, όπου οι επιλογές θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα αυστηρές.

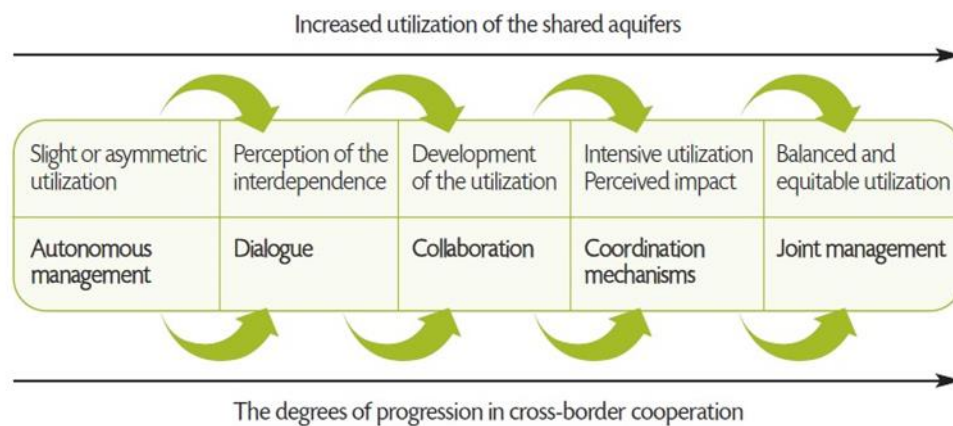
Αυτή η διάκριση συνεπάγεται ότι είναι προτιμότερο να μιλάμε για «δίκαιη κατανομή της μέσης διασυνοριακής ροής» ή για «ρυθμό ροής που μπορεί να αντληθεί σε κάθε πλευρά του συνόρου» για τα ανανεώσιμα συστήματα υπόγειων υδροφορέων και της «δίκαιης κατανομής της μεταφοράς επιρροής (μείωση της στάθμης του νερού) που καθορίζεται από την αποτυχία» για τα συστήματα υπόγειων υδροφορέων με μη ανανεώσιμο πόρο, μία έννοια που προφανώς ισχύει μόνο σε προσωρινή βάση.

### **Από απλό διάλογο σε συνεργατικό σχεδιασμό και κοινή διαχείριση**

Οι διασυνοριακές σχέσεις μπορούν να συνεπάγονται και να περιλαμβάνουν διαφορετικούς βαθμούς συνεργασίας. Στην περίπτωση ασθενούς ή ασύμμετρης χρήσης του πόρου, με ελάχιστες ή καθόλου αντιληπτές επιπτώσεις σε καμία από τις πλευρές των συνόρων, μπορεί να αρκεί και να είναι επαρκής μία αυτόνομη διαχείριση σε εθνικό επίπεδο. Στην περίπτωση αυτή, η διασυνοριακή συνεργασία περιορίζεται σε μία απλή περιοδική ανταλλαγή πληροφοριών ή μία σύντομη διαβούλευση σε μία συχνότητα που καθορίζεται από το γενικό πλαίσιο και τις ανάγκες. Από την άλλη πλευρά, σε καταστάσεις εντατικής αφαίρεσης (έντονης άντλησης) με αξιοσημείωτες πραγματικές

ή δυνητικές επιπτώσεις σε κάθε πλευρά του συνόρου, πρέπει να έχουμε σταθερούς και αποτελεσματικούς μηχανισμούς συνεργασίας ή μία κοινή θεσμική διασυνοριακή δομή για κοινή διαχείριση του πόρου.

Στην Ευρώπη για παράδειγμα, η Οδηγία Πλαίσιο για τα ύδατα επισημοποίησε τη διαδικασία αυτή ζητώντας από τα κράτη να εκπονήσουν ένα ενιαίο σχέδιο διαχείρισης για κάθε διεθνή υδρολογική περιοχή, ή ελλείψει αυτού, να εξασφαλίσουν το συντονισμό των σχεδίων διαχείρισης που καλύπτουν τα τμήματα της διεθνούς υδρολογικής περιοχής που βρίσκονται στα αντίστοιχα εδάφη τους. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να συνδεθούν και να συσχετιστούν όλοι οι παράγοντες που διευκολύνουν και διασφαλίζουν το συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής των προβλεπόμενων μέτρων.



**Εικ. 5.4 Σχεδιάγραμμα του τύπου των καταστάσεων**  
(Πηγή: Alker et al., 2008 by the Académie de l'Eau)

### **5.5.3. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ**

#### **Ενίσχυση του διεθνούς δικαίου για τα διασυνορικά υπόγεια ύδατα**

Το γενικό διεθνές δίκαιο ενθαρρύνει τα κράτη να συνεργαστούν. Για τα κοινόχρηστα επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα, αυτό το κίνητρο βρίσκει πολλές εφαρμογές που κυμαίνονται από την οργάνωση της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των παράκτιων κρατών για την εφαρμογή κοινών αποφάσεων και των μηχανισμών διαχείρισης.

Παρά τη σημαντική πρόοδο που σημειώθηκε το Δεκέμβριο του 2008, η οποία εκπροσωπείται από την έγκριση και υιοθέτηση από την Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών του ψηφίσματος A/RES/63/124 σχετικά με το «δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων», οι δύο θεμελιώδεις κανόνες που διέπουν το διεθνές δίκαιο των υδάτων γενικά και ο διεθνής νόμος σχετικά με τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες ειδικότερα (όπως κωδικοποιήθηκε από την Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου) δεν είναι δεσμευτικοί. Αυτό μπορεί να συμβεί με την πάροδο του χρόνου εάν αποτελούν αντικείμενο πολλών εφαρμογών που θα ενταχθούν προοδευτικά στο σύνηθες διεθνές δίκαιο. Μπορούν επίσης να ενσωματωθούν σε μία συμφωνία μεταξύ των χωρών που μοιράζονται ένα σύστημα υπόγειου υδροφορέα ή σε μία ειδική διεθνή σύμβαση η οποία πρέπει να επικυρωθεί από επαρκή αριθμό κρατών.

Είναι σημαντικό οι διεθνείς οργανισμοί να ενθαρρύνουν και να προτρέπουν την ανάπτυξη και την εφαρμογή του διεθνούς δικαίου όσον αφορά τα διασυνορικά υπόγεια ύδατα. Είναι ιδιαίτερα επιθυμητό να εφαρμοστούν ευρέως οι αρχές που ορίζονται στο ψήφισμα A/RES/63/124, ώστε να αποκτήσουν το καθεστώς του εθιμικού δικαίου. Σε κάθε περίπτωση, η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών έθεσε στην προσωρινή ημερήσια διάταξη της 66<sup>ης</sup> συνόδου της τον Σεπτέμβριο του 2011 μία ερώτηση με τίτλο «Ο νόμος των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων», προκειμένου να εξετάσει ειδικότερα «το ζήτημα της μορφής που θα μπορούσε να δοθεί στα νομοσχέδια των άρθρων».

## **Ενθάρρυνση και παροχή διπλωματικής και τεχνικής υποστήριξης στις ενδιαφερόμενες χώρες**

Η εμπειρία έχει δείξει ότι οι πολυμερείς διεθνείς ή περιφερειακοί θεσμοί, οι αναπτυξιακοί οργανισμοί, οι χρηματοδοτικοί οργανισμοί και ορισμένα ινστιτούτα έρευνας και συνεργασίας μπορούν να διαδραματίσουν ένα πολύ θετικό και εποικοδομητικό ρόλο στην προώθηση της συνεργατικής διαχείρισης των διασυνοριακών υδάτινων πόρων. Αυτό απεδείχθη περίτρανα στην περίπτωση των διασυνοριακών λεκανών απορροής των ποταμών Indus, Mekong, Δούναβη και Νείλου και της θάλασσας Aral, του συστήματος υπόγειου υδροφορέα SASS κλπ. Τέτοιες δομές μπορούν να παρέμβουν εξίσου αποτελεσματικά για τα διασυνοριακά υπόγεια ύδατα. Ορισμένες έχουν ήδη αποκτήσει εμπειρία στον τομέα αυτό και μπορούν κατόπιν αιτήματος των σχετικών χωρών, να υποβάλουν προτάσεις και να έχουν αναμφισβήτητη υποστήριξη για την ολοκλήρωση των σχετικών πρωτοβουλιών. Από αυτή την άποψη, μπορούμε να αναφέρουμε την UNESCO, την Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη, την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, καθώς και τα θεσμικά όργανα όπως το Γραφείο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών της Γαλλίας (BRGM) και το BGR για τις περισσότερο τεχνικές πτυχές.

Αυτοί οι οργανισμοί διαθέτουν ισχυρά συγκεκριμένα ατού: είναι ουδέτεροι και αντικειμενικοί και μπορούν έτσι να διαδραματίσουν ρόλο μεσολαβητή. Έχουν μία μακρόχρονη εμπειρία επίδρασης της διπλωματίας μέσω του διαλόγου και της πειθούς. Τέλος, διαθέτουν παγκόσμια δίκτυα υψηλού επιπέδου πολυεπιστημονικών αρμοδιοτήτων και ικανοτήτων.

### **5.5.4. Η ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΝΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**

Αντί να δημιουργηθεί από την αρχή ένας νέος οργανισμός, είναι καλύτερο και σε πολλές περιπτώσεις προτιμότερο όταν είναι εφικτό και εύλογο, να τον προσαρτήσουμε σε μία προϋπάρχουσα υπερεθνική ή περιφερειακή δομή, του οποίου το πεδίο αρμοδιοτήτων μπορεί να χρειάζεται να προσαρμοστεί ή να διευρυνθεί σε σχέση με τα διασυνοριακά υπόγεια ύδατα. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα όταν υπάρχει αρμόδιος φορέας για τη διαχείριση των επιφανειακών υδάτων σε μία λεκάνη απορροής που μοιράζεται μεταξύ αρκετών χωρών.



Ορισμένοι διασυνοριακοί οργανισμοί σε επίπεδο λεκανών απορροής δεν καλύπτουν όλες τις χώρες που εμπλέκονται σε ένα κοινόχρηστο σύστημα υπόγειων υδροφορέων ή οι χώρες που εμπλέκονται σε ένα και μοναδικό διασυνοριακό υδροφόρο σύστημα μπορεί να εμπίπτουν σε διαφορετικούς οργανισμούς λεκανών απορροής. Τέτοιοι οργανισμοί ενδέχεται ανάλογα με την περίπτωση, όχι μόνο να διευρυνθούν θεματικά για να καλύψουν τα κοινόχρηστα υπόγεια ύδατα, αλλά και να επεκταθούν γεωγραφικά. Στην περίπτωση αυτή, γίνονται «Οργανισμοί διαχείρισης διασυνοριακών επιφανειακών και υπόγειων υδάτων». Είναι επίσης πιθανό οι οργανισμοί αυτοί να αναπτύσσουν μεταξύ τους σχέσεις προκειμένου να επιτρέψουν το συνολικό συντονισμό ενός συνολικού συστήματος υπόγειων υδροφορέων. Σε κάθε περίπτωση, θα είναι πάντα απαραίτητο να προστεθεί συγκεκριμένη συμπληρωματική τεχνογνωσία στα υπόγεια ύδατα στα υπάρχοντα πεδία αρμοδιοτήτων.

Όπου δεν υπάρχει οργανισμός διασυνοριακής λεκάνης απορροής, οι απαιτήσεις σχετικά με τη συνεργατική διαχείριση ενός κοινόχρηστου υπόγειου υδροφορέα μπορεί να οδηγήσουν στη δημιουργία ενός τέτοιου οργανισμού. Στις άγονες περιοχές χωρίς επιφανειακά ύδατα για παράδειγμα, μπορεί να συσταθούν «Οργανισμοί διαχείρισης διασυνοριακών υπόγειων υδάτων». Για να χρησιμεύσει ως υποστήριξη για τον διάλογο, ακολουθούμενη από συνεργασία και στη συνέχεια από κοινή διαχείριση, αυτοί οι νέοι μηχανισμοί συντονισμού μπορούν να καθοριστούν σε μία ιδρυτική συμφωνία των οποίων οι υπογράφωντες θα είναι τα ενδιαφερόμενα κράτη.

Στην πραγματικότητα, σήμερα υπάρχει μόνο ένα παράδειγμα τρόπου συνεργασίας ενός οργανισμού για την από κοινού διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδάτων: αυτή είναι η περίπτωση του υπόγειου υδροφορέα Genovois που μοιράζεται μεταξύ της Γαλλίας και της Ελβετίας.

### **Πιθανή δομή ενός οργανισμού για τη διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδάτων (ενδεχομένως και των επιφανειακών υδάτων)**

Μόλις λειτουργήσει, ένας «Διαχειριστικός Οργανισμός Διασυνοριακών Επιφανειακών και Υπόγειων Υδάτων» θα πρέπει να περιλαμβάνει τους ακόλουθους φορείς διακυβέρνησης:

- Μία συνέλευση αποτελούμενη από μέλη που ορίζονται από τα κράτη (υπουργοί ή ακόμη και αρχηγοί κρατών) καθώς και από τα σχετιζόμενα όργανα που

εκλέγουν περιοδικά τον πρόεδρό της (ενδεχομένως να ανανεώνεται μεταξύ των μελών κάθε κράτους)

- Ένα Διοικητικό Συμβούλιο (ή ισοδύναμο όργανο)
- Έναν Οργανισμό υπεύθυνο για οποιαδήποτε νομική διαδικασία
- Ομάδες εργασίας που μπορεί να είναι μόνιμες για τη μεταχείριση γενικών προβλημάτων και που συνεδριάζουν περιοδικά ή ομάδες για τη μεταχείριση πιο συγκεκριμένων και περιστασιακών προβλημάτων
- Μία μόνιμη Γραμματεία, που θα αποτελεί προτιμητέα προϋπόθεση για αποτελεσματικές λειτουργίες και δραστηριότητες
- Ένα φορέα αρμόδιο για την επικοινωνία, τις ανταλλαγές και τις διαβουλεύσεις.

Η ιδρυτική συμφωνία πρέπει να καθορίζει το ρόλο καθενός από αυτά τα όργανα, την έκταση των συμφωνιών τους, καθώς και τις διαδικασίες για τη λήψη αποφάσεων ή συστάσεων (ομοφωνία, ειδική πλειοψηφία κλπ.). Πρέπει επίσης να ορίζει την περιοδικότητα των συνεδριάσεων των μη μόνιμων οργάνων (Συνέδρια, Επιτροπές και Ομάδες Εργασίας), καθώς και την έδρα της Μόνιμης Γραμματείας. Μπορούν επίσης να προγραμματιστούν και άλλα όργανα, όπως μία Εθνική Επιτροπή που βοηθά τις Ομάδες Εργασίας και μία Ομάδα Συμβούλων με αντιπροσώπους από παρόμοιους φιλικούς διεθνείς οργανισμούς.

### **Πιθανές λειτουργίες ενός οργανισμού για τη διαχείριση διασυνοριακών υπόγειων υδάτων (ενδεχομένως και των επιφανειακών υδάτων)**

Ένας «διαχειριστικός οργανισμός διασυνοριακών επιφανειακών και υπόγειων υδάτων» μπορεί να έχει ευθύνες ποικίλων φύσεων που πρέπει να προσδιορίζονται και να καθορίζονται σαφώς:

- Από τεχνικές ευθύνες, όπως η συλλογή, η διερμηνεία και η ανταλλαγή επιστημονικών δεδομένων, τον συντονισμό του προγραμματισμού και της υλοποίησης των έργων και την παρακολούθηση και τον έλεγχο της χρήσης και της ποιότητας του νερού
- Από οικονομικές και χρηματοοικονομικές ευθύνες, όπως η αναζήτηση, η δημιουργία, η κατάρτιση και η διαχείριση εθνικών και πιθανών διεθνών (διμερών, περιφερειακών και πολυμερών) χρηματοδοτήσεων και η διανομή και κατανομή του κόστους και των ωφελειών των δράσεων

- Από νομικές και διοικητικές ευθύνες, όπως ο σχεδιασμός και η εφαρμογή εναρμονισμένων κανόνων και διαδικασιών σχετικά με τη διαχείριση των κοινόχρηστων υδάτων, σε στενή συνεργασία με τα διάφορα εθνικά όργανα και θεσμούς των χωρών μελών
- Από πολιτικές ευθύνες με εξουσίες λήψης αποφάσεων.

Η εμπειρία των υφιστάμενων οργανισμών οδηγεί στην υπόδειξη άλλων λειτουργιών που θα μπορούσαν να αποδοθούν σε έναν τέτοιο οργανισμό διαχείρισης διασυνοριακών επιφανειακών και υπόγειων υδάτων:

- Συμβουλευτικές λειτουργίες για τη διατύπωση απόψεων και προτάσεων και εφόσον δικαιολογείται και διατύπωση συστάσεων
- Επιχειρησιακές (λειτουργικές) ευθύνες όσον αφορά τα πηγάδια, τις γεωτρήσεις και άλλες μηχανικές δομές
- Λειτουργίες για την πρόληψη και την επίλυση συγκρούσεων, όπως η διαμεσολάβηση και η διαιτησία μεταξύ των μερών
- Εκπαιδευτικές λειτουργίες
- Ευθύνες όσον αφορά την εφαρμογή συμμετοχικών δράσεων για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτινων πόρων.

## **Νομοθετικό νομικό πλαίσιο**

### **Εδαφική επάρκεια, ικανότητα, αρμοδιότητα**

Η εδαφική αρμοδιότητα ενός «Διαχειριστικού οργανισμού της διασυνοριακής επιφάνειας και των υπόγειων υδάτων» ή οποιοδήποτε άλλου νέου μηχανισμού που θα δημιουργηθεί, πρέπει να καλύπτει όλο το κοινόχρηστο σύστημα υπόγειων υδροφορέων, σύμφωνα με τις συστάσεις της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων (IWRM). Σε περίπτωση που αυτό κρίνεται αδύνατο, η εδαφική αρμοδιότητα αυτού του οργανισμού αρχικά θα καλύπτει μόνο μέρος του υπό εξέταση συστήματος.

## **Νομική υπόσταση (καθεστώς)**

Το νομικό καθεστώς του νέου οργανισμού θα πρέπει να οριστεί επίσημα, τόσο από την άποψη του διεθνούς δικαίου όσο και από την άποψη του εσωτερικού νομικού οργανισμού και των θεσμικών οργάνων κάθε χώρας. Είναι απαραίτητο και άκρως αναγκαίο να προσδιοριστεί επακριβώς η δομή αυτού του τύπου οργανισμού, ιδίως ο τόπος, η μορφή και ο βαθμός επιρροής των κρατών μελών. Σε περίπτωση προσάρτησης σε μία προϋπάρχουσα δομή, όπως ένας διασυνοριακός οργανισμός σε επίπεδο λεκάνης απορροής, οι υφιστάμενες συμφωνίες σχετικά με τα κοινόχρηστα επιφανειακά ύδατα πρέπει να επεκταθούν στα υπόγεια ύδατα.

## **Λειτουργικοί κανόνες και διαδικασίες**

Από την αρχή και ανάλογα με το γενικό πλαίσιο, είναι απαραίτητο και άκρως αναγκαίο να καθοριστούν σαφώς οι εσωτερικοί κανόνες για την προετοιμασία των αποφάσεων, των μεθόδων διαβούλευσης, των διαδικασιών και των επιπέδων λήψης τεχνικών, οικονομικών ή πολιτικών αποφάσεων.

Εκτός από τους εσωτερικούς κανόνες, πρέπει να διευκρινιστούν οι σχέσεις που πρέπει να αναπτυχθούν με τους κύριους εξωτερικούς συνομιλητές και εταίρους (διεθνείς, πολυμερείς ή περιφερειακούς θεσμούς, χρηματοδοτικοί οργανισμοί, δυνητικά μελλοντικά κράτη μέλη, τοπικές κοινότητες και αρχές, ιδιωτικός τομέας κλπ.).

## **Συμμετοχή των διάφορων ενδιαφερόμενων σε συζητήσεις και αποφάσεις**

Η συμμετοχή των εκπροσώπων των περιφερειακών και τοπικών κοινοτήτων και των χρηστών είναι ιδιαίτερα επιθυμητή. Τα προτεινόμενα μέτρα δε θα πρέπει να επωφελούνται μόνο από τη συναίνεση των κρατών, αλλά πρέπει επίσης να ανταποκρίνονται στις επιθυμίες και τις πραγματικές ανάγκες των χρηστών, οι οποίοι τελικά θα πρέπει να πληρώσουν άμεσα για αυτά (το κόστος των υπηρεσιών) και έμμεσα (ως φόροι). Ακόμη και αν τέτοια μέλη γενικά δεν είναι υπογράφωντες της διεθνούς συμφωνίας, η συμμετοχή τους πρέπει να προγραμματιστεί, ιδίως εντός των ομάδων εργασίας.

## **Απαραίτητη χρηματοδότηση για την υλοποίηση και τη μακροχρόνια λειτουργία ή δραστηριότητα**

Η κατανομή, σε ποσοστιαίες μονάδες του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας ενός οργανισμού διαχείρισης διασυνοριακών επιφανειακών και υπόγειων υδάτων μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών θα πρέπει να ορίζεται από την ιδρυτική σύμβαση ή συμφωνία (ο καθορισμός του ύψους των δαπανών μπορεί να αποτελεί ευθύνη της Συνέλευσης, βάσει προτάσεων από τη Μόνιμη Γραμματεία και το Διοικητικό Συμβούλιο). Η Συνέλευση ορίζει επίσης τον προϋπολογισμό για τα κοινά έργα και τη διανομή και κατανομή τους μεταξύ των μερών, για επενδύσεις, καθώς και για δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης των εγκαταστάσεων. Οι πιθανές πηγές χρηματοδότησης του οργανισμού περιλαμβάνουν:

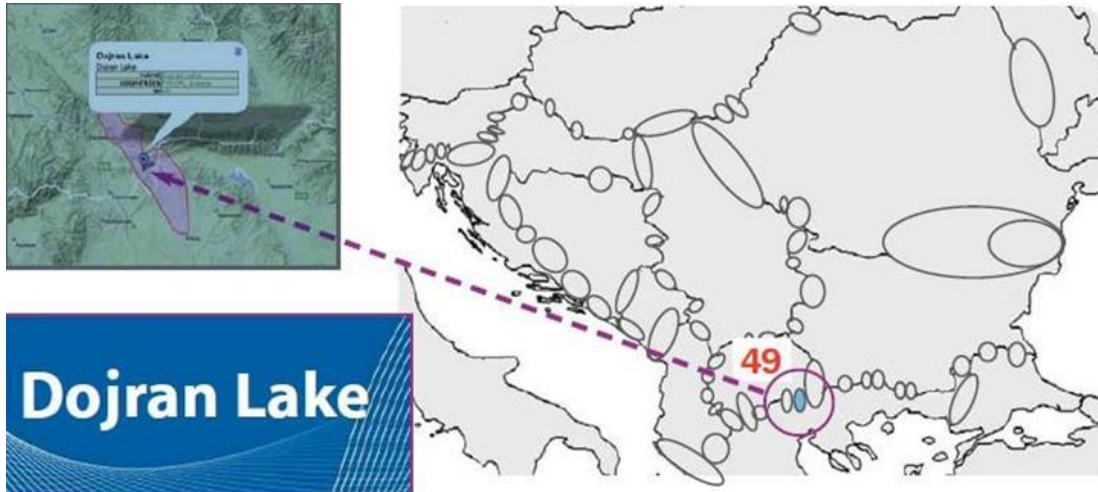
- Αρχική κατανομή (διανομή) και ετήσιες επιχορηγήσεις που διατίθενται από τα κράτη μέλη
- Πιθανές συνεισφορές από τις περιφερειακές οικονομικές οργανώσεις που επιθυμούν να ενισχύσουν τη διαχείριση των κοινόχρηστων υδάτινων πόρων
- Πιθανή εξωτερική χρηματοδοτική συνδρομή (βοήθεια) για επενδύσεις (επιδότησεις ή δάνεια με μειωμένο συντελεστή (επιτόκιο) και για διάρκεια προτίμησης)
- Μακροπρόθεσμα, τα τέλη αδειών χρήσης από την εφαρμογή του «ο ρυπαίνων πληρώνει» ή «ο χρήστης πληρώνει» που αντιστοιχούν σε δημοσιονομικούς φόρους που τιμωρούν τη ρύπανση και τα υδάτινα απόβλητα, όπως για παράδειγμα αυτά που επιβάλλονται από τις γαλλικές υπηρεσίες ύδρευσης.

Η επιλογή οικονομικών εργαλείων δεν έχει σημασία. Σε περίπτωση που ο εν λόγω οργανισμός έχει επωφεληθεί από εξωτερική χρηματοδότηση για τη δημιουργία και την αρχική λειτουργία του, είναι απαραίτητο να σχεδιαστούν εσωτερικοί και βιώσιμοι πόροι που θα διασφαλίζουν μία ανεξάρτητη από εξωτερικές βοήθειες και ενισχύσεις ύπαρξη. Είναι πράγματι ζωτικής σημασίας για τον οργανισμό να διαθέτει οικονομικά μέσα που να του επιτρέπουν να ασκεί τα καθήκοντά του με έναν ουδέτερο και αυτόνομο τρόπο και από την άποψη της βιωσιμότητας.

ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

6.1 ΕΛΛΑΔΑ

6.1.1 Ο ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΔΟΪΡΑΝΗΣ



(Πηγή: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001921/192145e.pdf>)

**Τύπος:** Αλλουβιακός, Προσχωματικός

**Π.Γ.Δ.Μ.:**

**Έκταση (km<sup>2</sup>):** 92

**Υψομετρικό εύρος (m):** -

**Περιγραφή χρήσης νερού:** Άρδευση και παροχή νερού.

**Ποσοτικά προβλήματα:** Μείωση των επιπέδων των υπόγειων υδάτων, μείωση του νερού από τη λίμνη, υποβάθμιση των σχετικών οικοσυστημάτων.

**Παράγοντες πίεσης:** -

**Ελλάδα:**

**Έκταση (km<sup>2</sup>):** 190

**Υψομετρικό εύρος (m):** 138- 1874

**Περιγραφή χρήσης νερού:** Διατήρηση της βασικής ροής και των πηγών και υποστήριξη των οικοσυστημάτων και της γεωργίας.

**Ποσοτικά προβλήματα:** Ευρεία αλλά μέτρια μείωση των αποδόσεων των γεωτρήσεων, της βασικής ροής και της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων. Ο όγκος και η έκταση της λίμνης έχουν μειωθεί δραστικά.

**Παράγοντες πίεσης:** Αντληση υπόγειων υδάτων για άρδευση.

## 1.1 Γεωλογία Περιοχής

Η λεκάνη της Δοϊράνης περιλαμβάνει πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας (και συγκεκριμένα της σειράς του Βερτίσκου) της Περιδοπικής και της ζώνης Αξιού. Οι βασικοί γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν τη λεκάνη της Δοϊράνης από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι οι παρακάτω:

**Παλαιozoικοί σχηματισμοί:** Πρόκειται για κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα της σειράς Βερτίσκου, τα οποία δομούν το ανατολικό και νότιο τμήμα της λεκάνης. Μέσα στους σχηματισμούς της σειράς αυτής παρεμβάλλονται όγκοι περιδοτιτών (περιοχή Αμαράντων) και μαρμάρων (περιοχή Μυριόφυτου) καθώς και γρανιτών (περιοχή Μυριόφυτου - Μπέλες).

### Μεσοζωικοί σχηματισμοί:

Πρόκειται για:

- ✓ Γρανίτες, οι οποίοι τοπικά έχουν υποστεί μεταμόρφωση σε γνευσιογρανίτη και απαντούν στην περιοχή Μυριόφυτου, καθώς και στο δυτικό τμήμα του ορεινού συγκροτήματος Μπέλλες
- ✓ Περιδοτίτες - Σερπεντινίτες, μικροί όγκοι τεκτονικά τοποθετημένοι μέσα στη Σερβομακεδονική μάζα
- ✓ Μάρμαρα, παχυστρωματώδη με παρεμβολές σχιστόλιθων που απαντούν σε πολύ μικρή έκταση στην περιοχή Μυριόφυτου
- ✓ Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Ακρίτα - Μεταλλικού, που απαντά σε μία πολύ μικρή έκταση στο νότιο τμήμα της λεκάνης.

**Τεταρτογενείς σχηματισμοί:** Οι γεωλογικοί αυτοί σχηματισμοί που καλύπτουν το πεδινό τμήμα της λεκάνης και έχουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση (60% της συνολικής επιφάνειας της λεκάνης) διακρίνονται σε:

- ✓ Κώνους κορημάτων και πλευρικά κορήματα, που έχουν μεγάλη ανάπτυξη και καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση βόρεια και βορειοδυτικά της λεκάνης κυρίως στις παρυφές του όρους Μπέλες
- Αλλουβιακές αποθέσεις, που συνίστανται από αργιλικά, αργιλοαμμούχα, αμμώδη χαλαρά υλικά, χαλίκια και κροκάλες. Το μέγεθος των κόκκων διαφοροποιείται ανάλογα της απόστασης από την έξοδο των χειμάρρων. Όσο απομακρυνόμαστε από την ορεινή ζώνη, τόσο επικρατούν τα λεπτόκοκκα

- υλικά. Εντοπίζονται νοτιότερα των προηγούμενων και σχεδόν περιμετρικά με τη λίμνη, με μεγαλύτερη έκταση προς τα βορειοδυτικά
- ✓ Λιμναία και παραλίμνια ιζήματα με ιλύ, αργίλους, αμμούχους αργίλους και άμμους, που εντοπίζονται στην παραλίμνια περιοχή της λίμνης Δοϊράνης.

## 1.2 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Το κοκκώδες υπόγειο υδατικό σύστημα που περιλαμβάνεται στην λεκάνη της Δοϊράνης και που συσχετίζεται με επιφανειακά ύδατα, είναι το παρακάτω:

GR100F040 Κοκκώδες Σύστημα Δοϊράνης. Το υπόγειο αυτό σύστημα εκτιμάται ότι δέχεται μέση ετήσια τροφοδοσία περίπου  $8,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  νερού.

Στοιχεία λήφθηκαν, εκτός των βιβλιογραφικών αναφορών που αναφέρονται στην συνέχεια και από τη Διαχειριστική Μελέτη Κ-Δ Μακεδονίας (Εξάρχου κ.α.) η εκπόνηση της οποίας είναι σε εξέλιξη.

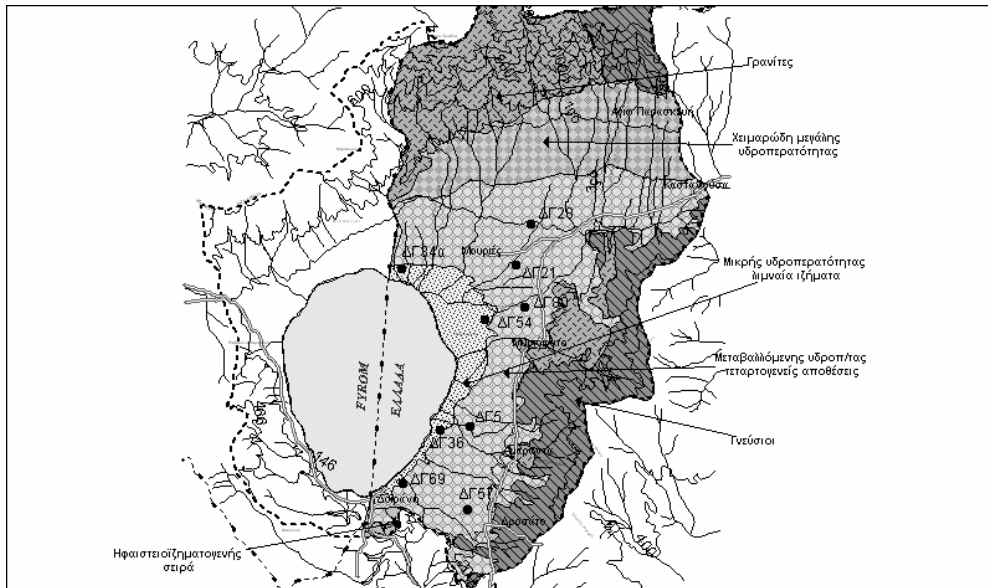
Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν ή καλύπτουν τη λεκάνη από υδρογεωλογικής άποψης διακρίνονται σε δύο κύριες ομάδες (χάρτης εικ. 6.1), οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Τα κρυσταλλοσχιστώδη και μαγματικά πετρώματα (υπόβαθρο).
- Τα κοκκώδη πετρώματα (χαλαροί κοκκώδεις σχηματισμοί).

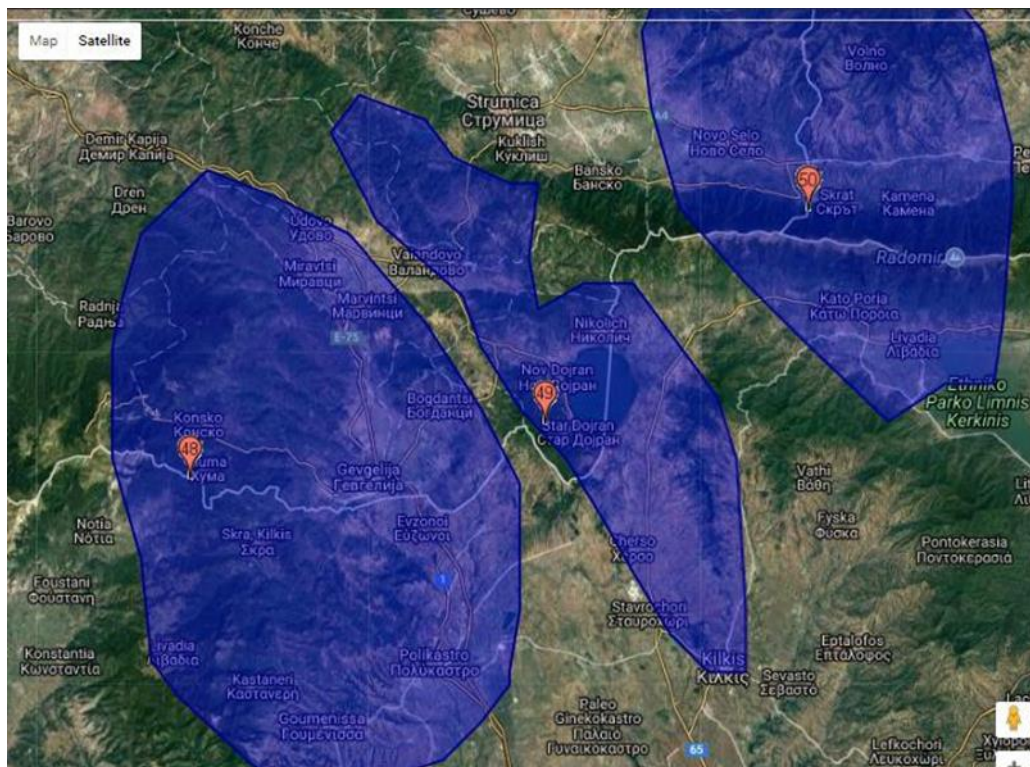
### Μαγματικά και κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα

Το υδρογεωλογικό ενδιαφέρον στους σχηματισμούς αυτούς είναι ασήμαντο. Οι υπόγειοι υδροφορείς που αναπτύσσονται στους σχηματισμούς αυτούς είναι περιορισμένοι και τοπικής σημασίας και εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από το βαθμό, το βάθος της αποσάθρωσης και το είδος των υλικών της ζώνης εξαλλοίωσης. Επίσης από την πυκνότητα, τον προσανατολισμό και την πλήρωση ή μη των διαρρήξεων με δευτερογενή υλικά. Έτσι οι γρανίτες και οι οφιόλιθοι δίνουν μεγαλύτερου πάχους ζώνη εξαλλοίωσης, στα χαμηλότερα τοπογραφικά σημεία με χαλαζιακή άμμο, από τους γνεύσιους, τους σχιστόλιθους και τους φυλλίτες, η οποία είναι αργιλικής σύστασης.





Εικ. 6.1. Υδρολιθολογικός χάρτης λεκάνης λίμνης Δοϊράνης (Ελληνικό τμήμα) (Πηγή: Δημόπουλος, Γ., Μπαρούτη Β., 2004).



(Πηγή: [http://www.inweb.gr/index.php?option=com\\_inweb\\_maps&Itemid=199](http://www.inweb.gr/index.php?option=com_inweb_maps&Itemid=199))

Επίσης οι σχηματισμοί αυτοί (γρανίτες, οφιόλιθοι) παρουσιάζονται περισσότερο ρωγματωμένοι και κατακερματισμένοι, εξαιτίας του διαφορετικού τρόπου συμπεριφοράς τους στις τεκτονικές δυνάμεις, από ό,τι τα μεταμορφωμένα πετρώματα της περιοχής (γινεύσιοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες). Οι ρωγμές των φυλλιτών και των σχιστόλιθων αποφράζονται ευκολότερα με τα αργίλικα υλικά της

αποσάθρωσής τους. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η υδροφορία των γρανιτών και των οφιολίθων να είναι καλύτερη από αυτή των γνευσίων, των σχιστόλιθων και των φυλλιτών.

Κατά κανόνα, γεωτρήσεις που έγιναν στα γνευσιακά πετρώματα, κυρίως σε γειτονική λεκάνη αποτυχαίνουν ή δίνουν πολύ μικρή παροχή, περίπου 3-8 m<sup>3</sup>/h και σε σπάνιες περιπτώσεις δίνουν παροχές εκμεταλλεύσιμες μεγαλύτερες των 15 m<sup>3</sup>/h. Χαρακτηριστικό των περιορισμένων δυνατοτήτων από πλευράς υπόγειου δυναμικού, είναι η εμφάνιση μεγάλου αριθμού πηγαίων αναβλύσεων που είναι διασκορπισμένες σε διάφορα υψόμετρα. Αυτό δηλώνει επιπλέον την ανυπαρξία ενιαίας υπόγειας και σε βάθος αποστράγγισης, η οποία και θα επέτρεπε το σχηματισμό υπόγειων υδροαποθεματικών ζωνών. Οι σπουδαιότερες από άποψης παροχής πηγές είναι αυτές που εκδηλώνονται σε ζώνες έντονα χαλαρωμένες και ρωγματομένες τόσο επιφανειακά όσο και σε βάθος, όπως είναι οι πηγές του ορεινού συγκροτήματος του Μπέλλες.

### **Κοκκώδεις σχηματισμοί**

Στην ομάδα αυτή (ιζήματα πληρώσεως της λεκάνης) ανήκουν οι κώνοι κορημάτων, τα πλευρικά κορήματα, οι αλουβιακές αποθέσεις, τα λιμναία και παραλίμνια ιζήματα και γενικά οι τεταρτογενείς αποθέσεις.

Οι σχηματισμοί αυτοί, από λιθολογικής άποψης αποτελούνται από ιλύες, αργίλους, αμμούχους αργίλους, άμμους, χαλίκια, κροκάλες, κροκαλολατύπες με ποικίλη υδρογεωλογική συμπεριφορά ανάλογα με τη θέση, το πάχος και την κοκκομετρική τους σύσταση.

Ανάλογα με την υδροπερατότητα και επομένως την υδρογεωλογική συμπεριφορά τους οι προσχωσιγενείς σχηματισμοί της λεκάνης διακρίνονται σε τρεις επιμέρους ζώνες:

### **Ζώνη υψηλής υδροπερατότητας**

Στους προσχωσιγενείς σχηματισμούς της ζώνης αυτής ανήκουν οι κώνοι κορημάτων του ορεινού συγκροτήματος Μπέλλες (βόρεια και βορειοδυτική λοφώδη περιοχή) με αδρομερή χειμαρρώδη μεγάλης υδροπερατότητας υλικά (επικράτηση κροκάλων), ενώ το ενεργό πορώδες ( $m_e$ ) υπολογίζεται περίπου από 20 έως 25%. Η ζώνη αυτή αποτελεί την κύρια περιοχή διηθήσεων, αρχίζει από τις παρυφές του όρους

Μπέλλες (έξοδος των χειμάρρων προς την πεδιάδα) και φθάνει περίπου μέχρι 1 km βόρεια των οικισμών Μουριές και Αν. Σούρμενα. Το πάχος των αδρομερών υλικών ποικίλλει κατά θέσεις. Έτσι, στην περιοχή των Μουριών και των Σουρμένων οι τομές των υδρογεωτρήσεων δείχνουν ότι το πάχος τους είναι περίπου 50 m, ενώ στις κοίτες των χειμάρρων αυτό είναι μεγαλύτερο. Γενικά, το πάχος του χονδρόκοκκου υλικού βαίνει μειούμενο προς το νότο (τέλος της ζώνης), όπου αυξάνουν οι παρεμβολές με λεπτόκοκκο υλικό (άργιλοι, άμμοι).

Στη χαμηλότερη υψομετρικά περιοχή των σχηματισμών αυτών, οι γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί έδωσαν παροχές που κυμαίνονται από 15 έως 60 m<sup>3</sup>/h και ειδική παροχή που κυμαίνεται από 0,25 έως 1,82 m<sup>3</sup>/h/m. Κατά θέσεις, όπως στην περιοχή βόρεια του οικισμού των Σουρμένων, παρατηρούνται μεγαλύτερες παροχές μέχρι και 100 m<sup>3</sup>/h. Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών αυτών είναι γενικά της τάξεως των 10<sup>-4</sup> έως 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>/sec και σημειακά 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/sec.

### **Ζώνη Μεταβλητής Υδροπερατότητας**

Στους προσχωσιγενείς σχηματισμούς της ζώνης ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις του πεδινού τμήματος της λεκάνης, που αποτελούνται από υλικά λιγότερο χονδρόκοκκα και τα οποία παρουσιάζονται διαφοροποιημένα σε ορίζοντες εναλλασσόμενων στρωμάτων από χαλίκια, άμμους και αργίλους. Η διαφοροποίηση αυτή των λεπτόκοκκων και αδρομερών στρωμάτων συνδέεται με την ανάπτυξη υδροφόρων στρωμάτων με αξιόλογο δυναμικό.

Το μέσο συνολικό πάχος των επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων και μέχρι το βάθος των 150 m (βάθος διάνοιξης των γεωτρήσεων) είναι της τάξης των 48 m. Το πάχος αυτό κυμαίνεται κατά θέσεις από 27 έως 72 m. Μεγαλύτερο πάχος εντοπίζεται στο βορειοανατολικό τμήμα της ζώνης αυτής (περιοχή Μουριών, Κρητικών) και ιδιαίτερα στις ζώνες αποθέσεων των χειμάρρων.

Οι γεωτρήσεις στην κυρίως πεδινή περιοχή έχουν αποδώσει παροχές από 40 έως 120 m<sup>3</sup>/h και η ειδική παροχή τους κυμαίνεται από 1,05 έως 7 m<sup>3</sup>/h/m. Υπάρχουν όμως μεμονωμένες υδρογεωτρήσεις που απέδωσαν μεγαλύτερες παροχές. Η διαφοροποίηση του υδροδυναμικού από περιοχή σε περιοχή εξαρτάται από το είδος και το πάχος του υλικού και συνεπώς την υδροπερατότητα του υδροφορέα, καθώς και τις συνθήκες τροφοδοσίας του. Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών της ζώνης αυτής κυμαίνεται από 1,1×10<sup>-3</sup> έως 3,3× 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup> /sec.

Στην περίμετρο της πεδιάδας, όπου το πάχος των αποθέσεων είναι μικρό <50 m, το συνολικό πάχος των υδροφόρων στρωμάτων είναι 12 m. Υδρογεωτρήσεις που έγιναν στη ζώνη αυτή απέδωσαν μικρές παροχές (έως 20 m<sup>3</sup> /h), η δε ειδική παροχή τους είναι 0,4 m<sup>3</sup> /h/m. Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών της ζώνης αυτής είναι της τάξης των 10<sup>-4</sup> – 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup> /sec.

Η υπόγεια υδροφορία που αναπτύσσεται στους σχηματισμούς της ζώνης αυτής με μορφή φρεάτιου υδροφόρου ή επάλληλων υπό πίεση υδροφόρων χαρακτηρίζεται γενικά καλή ως πολύ καλή. Η εκδήλωση της υπό πίεση υδροφορίας με αυτόματη (αρτεσιανή) ροή εντοπίζεται τόσο στην παραλίμνια ζώνη, όσο και σε αρκετά σημεία του βόρειου και κεντρικού τμήματος.

Από πλευράς τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων που αναπτύσσονται στα ιζήματα της λεκάνης, σημειώνεται ότι αυτή εξασφαλίζεται:

- Με απευθείας κατείσδυση μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων
- Με διήθηση του νερού των διαφόρων χειμάρρων και ρεμάτων
- Με πλευρική τροφοδοσία από τα μεταμορφωμένα και πλουτώνια πετρώματα της λεκάνης (ιδίως του ορεινού συγκροτήματος του Μπέλλες).

Η υπόγεια εκφόρτιση των αλλουβιακών αποθέσεων πραγματοποιείται:

- Με τη μερική εκφόρτισή τους προς τη λίμνη Δοϊράνης
- Με αντλήσεις γεωτρήσεων για αντιμετώπιση υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών, καθώς και την αυτόματη ροή από μικρό σχετικά σήμερα αριθμό γεωτρήσεων αρτεσιανής ροής.

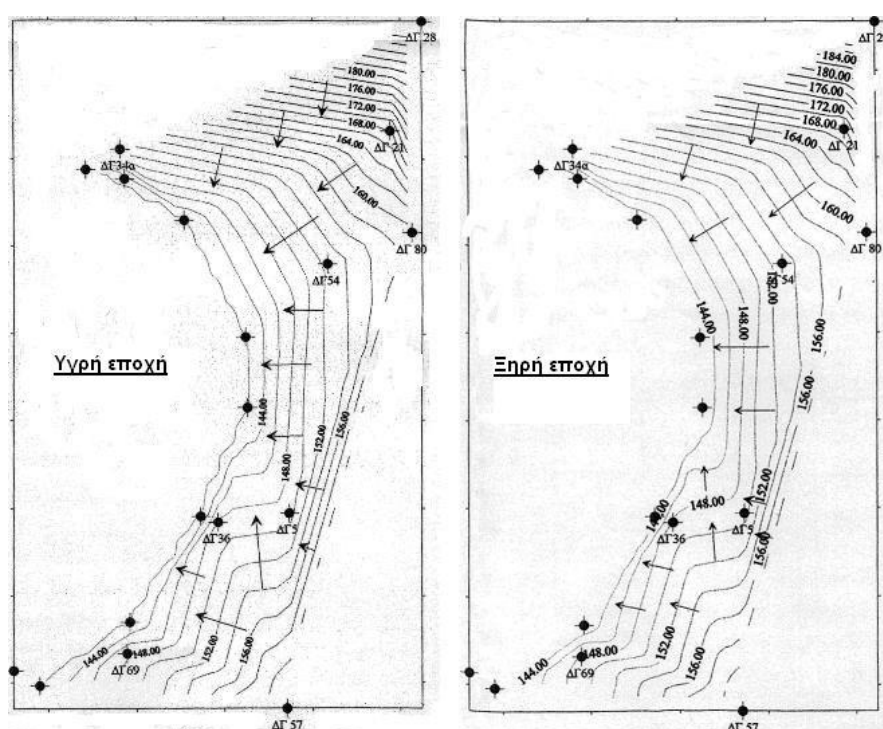
### **Ζώνη Χαμηλής Υδροπερατότητας**

Στους προσχωσιγενείς σχηματισμούς της ζώνης ανήκουν τα σύγχρονα λιμναία ιζήματα μικρού πάχους της παραλίμνιας περιοχής. Αυτά συνίστανται από ιλύες, αργίλους, αμμούχες αργίλους και άμμους. Οι σχηματισμοί αυτοί καλύπτουν τις αλλουβιακές αποθέσεις της λεκάνης μέσα στις οποίες αναπτύσσονται επάλληλοι υδροφόροι, οι οποίοι όπως προαναφέρθηκε είναι αξιόλογης δυναμικότητας. Οι σχηματισμοί αυτοί στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της παραλίμνιας περιοχής (περιοχή Ακρολιμνίου) έχουν μεγαλύτερη εξάπλωση, μεγαλύτερο πάχος και μικρότερη

περατότητα με αποτέλεσμα να δημιουργείται στην περιοχή αυτή ένας αβαθής υπό πίεση έως αρτεσιανισμού υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας.

Από τις μετρήσεις της στάθμης των υπόγειων νερών σε προηγούμενα χρόνια, σε έναν αριθμό γεωτρήσεων ομοιόμορφα κατανομημένων στο ανάπτυγμά τους, καθώς και τους πιεζομετρικούς χάρτες που έχουν συνταχθεί (εικ. 6.3 ξηρής και υγρής περιόδου), έχουν προκύψει τα εξής:

- Η στάθμη των υπόγειων νερών παρουσιάζει έντονη εποχιακή διακύμανση.
- Η ανώτερη στάθμη παρατηρείται κατά τον Απρίλιο και η κατώτερη κατά τον Σεπτέμβριο.



**Εικ.6.3 Πιεζομετρικοί χάρτες υγρής και ξηρής περιόδου υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων ευρύτερης περιοχής λίμνης Δοϊράνης (Πηγή: Μπαρούτη 2000).**

- Η διακύμανση της ανώτερης και κατώτερης στάθμης των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων των αλλουβιακών αποθέσεων της λεκάνης ποικίλλει εντός περιορισμένων ορίων από περιοχή σε περιοχή και από έτος σε έτος.
- Οι ισοδυναμικές γραμμές είναι αρκετά ανοικτές και μη ισαπέχουσες. Αραιές στο κεντρικό πεδινό τμήμα, πυκνές στο βόρειο λοφώδες τμήμα (παρυφές όρους Μπέλλες). Η μεταβολή στις ισοαποστάσεις των ισοδυναμικών γραμμών αποκαλύπτει τη μεταβολή της κλίσης του υπόγειου υδροφορέα.
- Η ελάττωση της υδραυλικής κλίσης από τα ανάντη προς τα κατόντη οφείλεται στη μείωση των κλίσεων του υδατοστεγούς υποβάθρου, καθώς και στην αύξηση της

υδατοαγωγιμότητας, λόγω της αύξησης του πάχους των υδροφόρων στρωμάτων.

– Οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες είναι ακτινωτού τύπου με γραμμές ροής κατά το πλείστον συγκλίνουσες προς τη λίμνη Δοϊράνη.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι τα προσχωσιγενή υδροφόρα στρώματα που αναπτύσσονται περιμετρικά της λίμνης εκφορτίζονται προς αυτή. Συμπερασματικά φαίνεται από τις μετρήσεις ότι οι επιφανειακοί άξονες απορροής τροφοδοτούν τα υπόγεια νερά και δε φαίνεται να υπάρχει σύνδεση υπόγεια πλευρική με τη λίμνη.

### **1.3 Ποιότητα νερών-Χημικές Αναλύσεις**

#### **Αξιολόγηση υπαρχόντων στοιχείων**

Η ποιότητα των υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής της λίμνης, αλλά και της ίδιας της λίμνης με βάση τις μελέτες και τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί και αναφέρονται στη συνέχεια, παρουσιάζει ορισμένες διαφοροποιήσεις. Στην παραλίμνια περιοχή υπάρχουν εκτεταμένες γεωργικές εκμεταλλεύσεις και οι γύρω οικισμοί δε διαθέτουν βιολογικούς σταθμούς. Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις που δέχεται το νερό της λίμνης από δραστηριότητες, που αναπτύσσονται στη γειτονική χώρα, δεν μας είναι γνωστές.

Στα πλαίσια της μελέτης «Υδρογεωλογική μελέτη Νομού Κιλκίς» (Καλούση, 1994), από πλευράς ΙΓΜΕ έγιναν εκτεταμένες αναλύσεις στο νερό της λίμνης Δοϊράνης. Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων προκύπτει ότι το νερό της λίμνης παρουσιάζει διαχρονικές διακυμάνσεις στις τιμές των διαφόρων φυσικοχημικών παραμέτρων. Το εύρος των τιμών των διαφόρων φυσικοχημικών παραμέτρων των κύριων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων που εξετάστηκαν για τη λίμνη Δοϊράνη βρίσκονται μέσα στα ανώτερα επιτρεπτά όρια. Το ίδιο συμπέρασμα προέκυψε και από τις διάφορες κατά καιρούς αναλύσεις που πραγματοποιεί το ΠΕΧΩΔΕ (ΥΠΙΑΝ, 2008) με τη διαφορά ότι καταγράφονται υψηλές συγκεντρώσεις σε αρσενικό (τιμές μέχρι 57,3 μg/L). Για το θέμα αυτό υπάρχουν αναφορές ότι η υψηλή τιμή οφείλεται κατά κύριο λόγο στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά και δευτερευόντως στη ρύπανση της λίμνης. Οι αναλύσεις στα υπόγεια νερά κυμαίνονται στα επιτρεπτά όρια σε όλα τα στοιχεία. Από τις αναλύσεις για τον έλεγχο για ενδεχόμενη νιτρορύπανση που πραγματοποιήθηκε από το Πανεπιστήμιο Πάτρας (Καλλέργης, 1999), προκύπτει ότι τα υπόγεια νερά δεν εμφανίζουν πρόβλημα, όμως καταδεικνύεται η τάση προς

νιτροποίηση, εξ' αιτίας των προαναφερόμενων δραστηριοτήτων.

**Αξιολόγηση χημικών αναλύσεων μελέτης με τίτλο:**  
**«Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας- Θράκης και Θεσσαλίας- Αποτελέσματα Λεκάνης Δοϊράνης (υδρογεωλογικά στοιχεία) Τεύχος Α: Μελέτη Κατηγορίας 20 (υδρογεωλογικές εργασίες)»**

Η σχέση των υπόγειων με εκείνη των επιφανειακών υδάτων είναι η ακόλουθη:

Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών (TDS, αγωγιμότητα, αλατότητα κλπ.) των υπόγειων υδάτων, στο σύνολο των γεωτρήσεων του αναπτύγματος της λεκάνης (γειτονικών και μη προς τη λίμνη) είναι διαφορετικές με αυτές του νερού της λίμνης, καθώς και με τα νερά των επιφανειακών αξόνων που καταλήγουν στη λίμνη, απεικονίζοντας έτσι σε γενικές γραμμές την υδρογεωλογική δομή της περιοχής και τον τρόπο τροφοδοσίας των υπόγειων νερών.

Οι εντελώς διαφορετικές τιμές των υπόγειων νερών συγκριτικά με αυτές της λίμνης, αβίαστα επιβεβαιώνει το γεγονός της συνεχούς εκφόρτισης των περιμετρικών υπόγειων υδροφοριών προς τη λίμνη. Εξάιρεση αποτελεί μία γεώτρηση στη νότια παραλίμνια περιοχή, όπου το νερό της γεώτρησης ταυτίζεται με αυτό της λίμνης. Πρόκειται για μία μικρή περιοχή, που κατά διαστήματα δέχεται τροφοδοσία από τη λίμνη.

Επίσης, οι συνολικά μικρότερες τιμές αγωγιμότητας και TDS των υπόγειων νερών από τα επιφανειακά νερά, δείχνει ότι η κύρια τροφοδοσία πραγματοποιείται από την απ' ευθείας κατείσδυση μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και από τις πλευρικές μεταγίσεις του υπόγειου νερού από τα μεταμορφωμένα και πλουτώνια πετρώματα της λεκάνης (ιδίως του ορεινού συγκροτήματος του Μπέλλες).

Η παρουσία μολύβδου και μαγγανίου τόσο στα υπόγεια, όσο και στα επιφανειακά νερά οφείλεται σε γεωλογικά αίτια και κυρίως στην έντονη παρουσία στη λεκάνη απορροής μεταμορφωμένων και περιδοτιτικών πετρωμάτων.

Η ανίχνευση της καφεΐνης (δείκτης ρύπανσης από αστικά απόβλητα) σε όλα τα επιφανειακά νερά της λεκάνης Δοϊράνης, καθώς και στα νερά όλων των γεωτρήσεων, απεικονίζει τη συνεχή διήθηση των νερών των ρεμάτων και χειμάρρων προς τα υπόγεια νερά σε όλη τη διαδρομή προς τη λίμνη.

Η ανίχνευση υπολειμμάτων γεωργικών φυτοφαρμάκων σε όλες τις γεωτρήσεις που εντοπίζονται στη Λεκάνη της Δοϊράνης, επιβεβαιώνει αρχικά την καλή στράγγιση των εδαφών, τον τρόπο τροφοδοσίας (τροφοδοσία απευθείας από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα) και κατ' επέκταση τη διευκόλυνση της πραγματοποίησης «συμπτωματικού εμπλουτισμού» δηλαδή του εμπλουτισμού των υπόγειων νερών από τα νερά της άρδευσης, με αποτέλεσμα τη ρύπανση των υπόγειων νερών από τα περιεχόμενα στο αρδευτικό νερό υπολείμματα των γεωργικών φαρμάκων.

### **Σχέσεις υπόγειων νερών με επιφανειακούς άξονες ροής – Συμπεράσματα**

Η υπόγεια υδροφορία που αναπτύσσεται στους σχηματισμούς της ζώνης αυτής με μορφή φρεάτιου υπόγειου υδροφόρου ή επάλληλων υπό πίεση υπόγειων υδροφορέων, χαρακτηρίζεται γενικά μέσου έως υψηλού δυναμικού. Η διαφοροποίηση από περιοχή σε περιοχή εξαρτάται από το είδος και το πάχος του υλικού και συνεπώς την υδροπερατότητα του υπόγειου υδροφορέα, καθώς και από τις συνθήκες της τροφοδοσίας του.

Το δυναμικό της υπόγειας υδροφορίας βαίνει αυξανόμενο από την παραλίμνια περιοχή προς τα βόρεια-βορειοανατολικά. Στην παραλίμνια περιοχή αναπτύσσονται επάλληλοι υπό πίεση υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες, που συνίστανται από εναλλαγές άμμων, αργίλων και ιλύων.

Η τροφοδοσία των υδροφοριών αυτών πραγματοποιείται κυρίως από τις διηθήσεις του νερού των διαφόρων χειμάρρων και ρεμάτων, στις ζώνες των κορημάτων, από την απευθείας κατείσδυση μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και από τις πλευρικές μεταγγίσεις του υπόγειου νερού από τα μεταμορφωμένα και πλουτώνια πετρώματα της λεκάνης (ιδίως του ορεινού συγκροτήματος του Μπέλλες).

Με βάση τους πιεζομετρικούς χάρτες, καθώς και την παρακολούθηση της μεταβολής της στάθμης των επιλεγμένων γεωτρήσεων του δικτύου, προκύπτει αβίαστα ότι τα προσχωσιγενή υδροφόρα στρώματα που αναπτύσσονται περιμετρικά της λίμνης εκφορτίζονται προς αυτή. Αυτό επιβεβαιώνεται από:

- το υδραυλικό φορτίο του φρεάτιου υδροφόρου στρώματος με επίπεδο αναφοράς τη στάθμη της λίμνης που είναι θετικό
- το υδραυλικό φορτίο του μέσου και των βαθύτερων υδροφόρων στρωμάτων με επίπεδο αναφοράς και πάλι τη στάθμη της λίμνης, που



είναι θετικό σχεδόν σε όλη την ανάπτυξή τους με μεγαλύτερες θετικές τιμές στο βόρειο τμήμα (παρυφές του όρους Μπέλλες) και μικρότερες στο νότιο πεδινό τμήμα

- Οι γραμμές ροής των πιεζομετρικών χαρτών συγκλίνουν προς τη λίμνη της Δοϊράνης, επιβεβαιώνοντας έτσι τον ισχυρισμό για την εκφόρτιση των προσχωσιγενών υπόγειων υδροφόρων προς τη λίμνη.

Έτσι, ενώ όλα τα προσχωσιγενή υδροφόρα στρώματα περιμετρικά της λίμνης εκφορτίζονται σ' αυτήν, στο τμήμα αυτό με τα αρνητικά φορτία δε συμβαίνει ανάλογη εκφόρτιση. Η δημιουργία του αρνητικού υδραυλικού φορτίου στη συγκεκριμένη περιοχή συνδέεται με την υπεράντληση του υπόγειου υδροφορέα από πυκνό δίκτυο γεωτρήσεων οι οποίες λειτουργούν την περίοδο των αρδεύσεων (θερινή περίοδος).

Με τη συσχέτιση της στάθμης λίμνης και των γεωτρήσεων, επιβεβαιώνεται η κίνηση του υπόγειου νερού από τους υπόγειους υδροφορείς προς τη λίμνη σε όλες τις περιόδους μέτρησης της στάθμης στα πλαίσια αξιολόγησης της παρούσας μελέτης. Τα παραπάνω στοιχεία συνάδουν στο γεγονός της ύπαρξης υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ του υπόγειου υδροφορέα και της λίμνης και υποδηλώνουν τις καλές συνθήκες αποστράγγισης-τροφοδοσίας του υπόγειου υδροφορέα προς την λίμνη, καθώς και το ότι ο ρυθμός εκφόρτισης του υδροφόρου στρώματος περιμετρικά της λίμνης σχετίζεται άμεσα με το ρυθμό τροφοδοσίας της λίμνης Δοϊράνης.

Συμπερασματικά, όσον αφορά τη σχέση τροφοδοσίας των υπόγειων και των επιφανειακών νερών, προκύπτει ότι στο μεγαλύτερο ποσοστό και σε όλες τις εποχές του έτους, οι επιφανειακοί άξονες απορροής και ιδιαίτερα ο χειμαρρος που αποστραγγίζει τα νερά του Μπέλλες, τροφοδοτεί συνεχώς μέσω διηθήσεων την υπόγεια υδροφορία. Όσον αφορά τη λίμνη, παρατηρείται και εδώ συνεχής τροφοδοσία προς τη λίμνη με ελάχιστες εξαιρέσεις και σε ορισμένα έτη με έντονη λειψυδρία.

Οι ακόλουθοι πίνακες πάρθηκαν από την αναγνωρισμένη από την UNESCO μη Κυβερνητική Οργάνωση "Διεθνές Δίκτυο Κέντρων Υδάτων/Περιβάλλοντος για τα Βαλκάνια" (ΔιΔιΚυΠΕΒ, INWEB, <http://www.inweb.gr>), που ίδρυσε το 1999 και διευθύνει από τότε ο κ. Γκανούλης Ιάκωβος, Ομότιμος Καθηγητής της Πολυτεχνικής Σχολής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ., έχοντας πάνω από 35 χρόνια εμπειρία σε θέματα ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων, ανάλυσης επικινδυνότητας και κλιματικής αλλαγής καθώς και της διαχείρισης διασυνοριακών νερών, υπόγειων υδροφορέων και της επίλυσης διαφορών και διενέξεων.

<b>Όνομα πεδίου</b>	<b>Π.Γ.Δ.Μ.</b>	<b>ΕΛΛΑΔΑ</b>
id	100	101
set	1	1
Aquifer ID	49	49
Όνομα υπόγειου υδροφορέα	Λίμνη Δοϊράνη	Λίμνη Δοϊράνη
Χώρες	Π.Γ.Δ.Μ.- Ελλάδα	Π.Γ.Δ.Μ.- Ελλάδα
Τύπος υπόγειου υδροφορέα	Αλλουβιακός	Αλλουβιακός
Μήκος Συνόρων (km)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Έκταση (km <sup>2</sup> )	92	190
Πληθυσμός περιοχής (inh)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	5
Χαμηλό υψόμετρο (m)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	138
Υψηλό υψόμετρο (m)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	1874
Περιγραφή τοπογραφίας	Η λίμνη Δοϊράνη βρίσκεται στο χαμηλότερο τμήμα της κατάθλιψης (κατάπτωσης) με το βουνό Belasica στα βόρεια και το βουνό Crusa στα νοτιοανατολικά. Το υψόμετρο της λίμνης είναι 142 m.	Τα μέγιστα και τα ελάχιστα υψόμετρα κυμαίνονται μεταξύ 1874 και 138 m
Μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις (mm)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Μέση ετήσια περιγραφή της βροχόπτωσης	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Ροή εκφόρτισης (m <sup>3</sup> /sec)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Ετήσιοι πόροι υπόγειων υδάτων (mm <sup>3</sup> /yr)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Ετήσιες αντλήσεις υπόγειων υδάτων (mm <sup>3</sup> /yr)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Περιγραφή χρήσης του νερού	Άρδευση και παροχή νερού	Διατήρηση της βασικής ροής, των πηγών και υποστήριξη των οικοσυστημάτων και της γεωργίας
Παράγοντες πίεσης		Αντληση υπόγειου νερού για άρδευση

Ποσοτικά προβλήματα	Η μείωση των επιπέδων των υπόγειων υδάτων, η μείωση του νερού από τη λίμνη, η υποβάθμιση των σχετικών οικοσυστημάτων	Η εκτεταμένη αλλά μέτρια μείωση των αποδόσεων των γεωτρήσεων, η βασική ροή και η υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, ο όγκος και η έκταση της λίμνης μειώθηκε δραστικά
Ποιοτικά προβλήματα	Κανένα	Βαρέα μέταλλα
Διασυνοριακές επιπτώσεις	Μόνο για την ποσότητα	
Διαχειριστικά μέτρα	Η υπάρχουσα αποτελεσματική χρήση των υπόγειων υδάτων και της λίμνης, η παρακολούθηση της ποσότητας και της ποιότητας της λίμνης, το επίπεδο της λίμνης, τα πηγάδια και στις δύο πλευρές, η ευαισθητοποίηση του κοινού, οι ζώνες προστασίας, η χαρτογράφηση της τρωτότητας, η ανταλλαγή των δεδομένων και η μεταχείριση χρειάζονται βελτίωση ή σχεδιασμένα μέτρα	Ο υφιστάμενος έλεγχος της άντλησης των υπόγειων υδάτων, ο έλεγχος της ποιότητας και της ποσότητας των υπόγειων υδάτων, η ανταλλαγή δεδομένων και η επεξεργασία των λυμάτων χρειάζεται να βελτιωθούν, απαιτούνται άλλα διαχειριστικά μέτρα ή επί του παρόντος σχεδιασμένα
Ανάγκες	Σοβαρή μείωση του επιπέδου της λίμνης και της περιοχής, έχει δοκιμαστεί άντληση των υπόγειων υδάτων για την ανάκτηση των επιπέδων της λίμνης	

(Πηγή: [http://www.inweb.gr/aquifer\\_info.php?id=49](http://www.inweb.gr/aquifer_info.php?id=49))

<b>Όνομα του διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα: 49. Λίμνη Δοϊράνη</b>	
<b>Π.Γ.Δ.Μ.</b>	<b>Ελλάδα</b>
<b>ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ</b>	
<b>Γεωγραφικές Ιδιότητες</b>	
<b>Τοποθεσία του Υπόγειου Υδροφορέα</b>	
Λίμνη Δοϊράνη και παρακείμενοι υπόγειοι υδροφορείς	Βρίσκεται στο Νομό Κιλκίς, Κεντρική Μακεδονία, Ελλάδα
<b>Κοινό μήκος διεθνών συνόρων (km)</b>	
Μη διαθέσιμη πληροφορία	Το κοινό διεθνές μήκος συνόρου με την Π.Γ.Δ.Μ. είναι περίπου 19,5 km
<b>Τύπος υπόγειου υδροφορέα</b>	
Οι υπόγειοι υδροφορείς στα λιμναία ιζήματα παρουσιάζονται από δύο τύπους: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ρηχί με ένα ελεύθερο επίπεδο</li> <li>• Βαθείς με στάθμη νερού υπό πίεση-αρτεσιανοί</li> <li>• Υπόγειοι υδροφορείς στα προλουβιακά ιζήματα</li> <li>• Υπόγειοι υδροφορείς στη μαρμάρινη ζώνη</li> <li>• Μία ζώνη με θερμομεταλλικά νερά</li> </ul>	Αλλουβιακός (προσχωματικός) υπόγειος υδροφορέας
<b>Έκταση (km<sup>2</sup>)- Πληθυσμός που κατοικεί σε αυτή την περιοχή</b>	
Μη διαθέσιμη πληροφορία	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιοχή στο ελληνικό έδαφος: 190 km<sup>2</sup></li> <li>• Πληθυσμός περίπου 5600 άτομα</li> </ul>
<b>Τοπογραφία, συμπεριλαμβανομένου του εύρους υψομέτρου (m)</b>	
Η λίμνη Δοϊράνη βρίσκεται στο χαμηλότερο τμήμα της κατάπτωσης με το βουνό Belasica στο Βορρά και το βουνό Crusa στα νοτιοανατολικά. Το υψόμετρο της λίμνης είναι περίπου 142 m	Τα μέγιστα και τα ελάχιστα υψόμετρα κυμαίνονται μεταξύ 1874 και 138 m

(Πηγή: [http://www.inweb.gr/aquifer\\_info.php?id=49](http://www.inweb.gr/aquifer_info.php?id=49))

Π.Γ.Δ.Μ.	Ελλάδα
<b>Γεωλογία και κύρια χρήση γης</b>	
<p>Από λιθοστρωματογραφική άποψη παρουσιάζονται οι ακόλουθες μεγάλες μονάδες: Προκάμβρια, Παλαιοζωική, Πράσινο μεταμορφωμένο σύμπλεγμα, Άνω Ηώκαινο και Τετραδικός</p> <p>Ένα μικρό τμήμα της λεκάνης απορροής της Λίμνης Δοϊράνης στην πλευρά της Π.Γ.Δ.Μ. αποτελείται από απολιθωμένα ιζήματα αργίλου. Αυτές οι περιοχές είναι οι μοναδικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις στην περιοχή, ακόμη και με χαμηλή γεωργική ποιότητα</p>	<p>Η επιφάνεια της περιοχής καλύπτεται από μεταμορφωμένα πετρώματα, ιζηματογενείς ακολουθίες (σειρές) και ανθρακικούς σχηματισμούς</p>

Π.Γ.Δ.Μ.	Ελλάδα
<b>Υδρολογικά χαρακτηριστικά και υπόγεια ύδατα</b>	
<b>Υδρογεωλογία</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Οι υπόγειοι υδροφορείς στα λιμναία ιζήματα:</li> <li>• Ρηχοί με ένα ελεύθερο επίπεδο</li> <li>• Βαθείς με στάθμη νερού υπό πίεση- αρτεσιανοί</li> </ul> <p>Οι υπόγειοι υδροφορείς με ελεύθερη στάθμη νερού αναπτύχθηκαν εντός του στρώματος των λασπωδών και αμμωδών αποθέσεων χαλικιών στο βορειοανατολικό τμήμα του εδάφους στην περιοχή των χωριών Asanlı, Acikot και Nikolic. Το νερό από αυτόν τον υπόγειο υδροφορέα έχει αναληφθεί για τις ανάγκες του χωριού Nikolic, 6 l/sec, το αγροτικό συγκρότημα 10 l/sec και τον τουριστικό οικισμό Mrdaja 2,5 l/sec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Οι υπόγειοι υδροφορείς στα «προλουβικά» ιζήματα: βρίσκονται στο πεδίο Asanlı σε μορφή αργιλώδους, αμμώδους, χαλικώδους (σκυρώδους) απόθεσης πάχους 20- 60 m. Η βροχόπτωση, καθώς και οι ροές από τους υψηλότερους υδροφορείς, τροφοδοτούν αυτόν τον υπόγειο υδροφορέα με νερό. Το νερό από αυτόν τον υπόγειο υδροφορέα έχει συλληφθεί από μία ομάδα πηγαδιών που ανοίχτηκαν με γεώτρηση, των οποίων η εκφόρτιση κυμαίνεται από 3 έως 8 l/sec.</li> <li>• Οι υπόγειοι υδροφορείς στη μαρμάρινη ζώνη αποτελούν τις σημαντικότερες πηγές για την παροχή νερού στην περιοχή. Εντός (μέσα) στη γεωλογικά εξερευνηθείσα</li> </ul>	

<p>ζώνη, αποτελούμενη από Προκάμβριο μάρμαρο, υπάρχουν (εμφανίζονται) περιοχές με εντατικές (έντονες, εις βάθος) ρωγμές και υπόγεια σπήλαια πάνω από 80 m βάθος. Μέχρι στιγμής έχουν διερευνηθεί οι περιοχές Asanlı, Toplec, Deribas και Vladaja λεπτομερώς. Δύο πηγάδια έχουν ανοιχτεί με γεώτρηση στην περιοχή Deribas. Η Δοϊράνη έχει εφοδιαστεί με νερό για σχεδόν 25 χρόνια. Υπόγειοι υδροφορείς στο μάρμαρο. Είναι χαρακτηριστικό ότι η εκφόρτιση των πηγαδιών μειώνεται συνεχώς και το επίπεδο της κατάπτωσης αυξάνεται. Η εκφόρτιση των αρχικών 40 l/sec, σε κατάπτωση 30 m το 1975 μειώθηκε σε 20 l/sec το 2001, σε κατάπτωση 50 m. Αυτό οφείλεται στις μη ισορροπημένες δυνατότητες και ικανότητες της αντλίας και των ανανεώσιμων ετήσιων εισροών νερού στον υπόγειο υδροφόρο, ο οποίος τροφοδοτείται μόνο από την βροχόπτωση. Οι υδρογεωλογικές και οι συνθήκες σύλληψης στις τοποθεσίες Asanlı και Vladaja είναι όμοιες. Υπάρχει ένα πηγάδι ανοιγμένο με γεώτρηση στην τοποθεσία Asanlı με εκφόρτιση 20 l/sec που χρησιμοποιείται περιστασιακά για τις απαιτήσεις του αγροτικού συγκροτήματος.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Μία ζώνη με θερμομεταλλικό νερό βρίσκεται στην περιοχή Toplec στη Νέα Δοϊράνη εντός επάνω από την προαναφερθείσα μαρμάρινη ζώνη. Το θερμό νερό με θερμοκρασία της τάξης των 22- 25 °C βρίσκεται στην πηγή Toplec. Υπάρχει ένα βαθύ πηγάδι ανοιγμένο με γεώτρηση σε αυτή την τοποθεσία, του οποίου η εκφόρτιση είναι από 20- 25 l/sec και χρησιμοποιείται για την παροχή νερού στη Δοϊράνη.</li> </ul>	
--	--

Π.Γ.Δ.Μ.	Ελλάδα
<b>Βροχόπτωση, μέση ετήσια και εποχιακή κατανομή</b>	
Μέση ετήσια κατακρήμνιση: 630 mm	Μέση ετήσια κατακρήμνιση: 616 mm
<b>Περιοχή επαναφόρτισης / εκφόρτισης</b>	
<p>Η συνολική λεκάνη απορροής της Δοϊράνης είναι 271,8 km<sup>2</sup>, εκ των οποίων 92,1 km<sup>2</sup> βρίσκονται στην Π.Γ.Δ.Μ. και 179,7 km<sup>2</sup> στην Ελλάδα. Η υδραυλική σύνδεση μεταξύ της λίμνης και του υπόγειου υδροφόρου δεν έχει αποδειχθεί με εκτεταμένες έρευνες.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η μέση ετήσια επαναφόρτιση είναι της τάξεως 8*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup></li> <li>• Η λεκάνη απορροής (εκφόρτισης) της λίμνης Δοϊράνης εκτείνεται σε 270 km<sup>2</sup></li> <li>• Στο ελληνικό έδαφος: 183,1 km<sup>2</sup> (68%)</li> <li>• Στην περιοχή της Π.Γ.Δ.Μ.: 86,9 km<sup>2</sup> (32%)</li> </ul>

<b>Μεταβολές (αλλαγές) του επιπέδου (m/yr) - φυσικές, προκαλούμενες από άντληση ή άλλους λόγους</b>	
Μη διαθέσιμη πληροφορία	Οι πιεζομετρικές διακυμάνσεις της επιφάνειας των υπόγειων υδάτων κυμαίνονται μεταξύ 0,41 και 2,0 m
<b>Συνολικοί διαθέσιμοι μέσοι ετήσιοι πόροι των υπόγειων υδάτων (mm<sup>3</sup>/yr)</b>	
Η συνολική ετήσια επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων στο τμήμα της λεκάνης απορροής της Π.Γ.Δ.Μ. υπολογίζεται σε 5,7 εκατ. m <sup>3</sup> .	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Συνολικές αντλήσεις υπόγειων υδάτων (mm<sup>3</sup>/yr)</b>	
Από τα 5,7 εκατ. m <sup>3</sup> , το 50% ή τα 2,84 εκατ. m <sup>3</sup> χρησιμοποιούνται σήμερα για όλους τους τομείς μαζί.	Η συνολική άντληση των υπόγειων υδάτων εκτιμάται ότι είναι 9*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr.
<b>Ροή εισόδου/ εξόδου πέρα από τα εθνικά σύνορα (mm<sup>3</sup>/yr)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βορειοδυτικά- περιοχή Nikolic</li> <li>• Ανατολικά- Δυτικά στην ελληνική πλευρά</li> <li>• Γενικά προς τη λίμνη</li> </ul>	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Χρήση νερού (συνολική, ανά τομέα, βασικές χρήσεις, τρέχουσες (εκτιμώμενες) και μελλοντικές (προβλεπόμενες))</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Γεωργία, τοπικό νερό</li> <li>• Θερμομεταλλικό νερό</li> </ul>	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Ελλείψεις και άλλες ανησυχίες σχετικά με τους πόρους (πχ. ποιότητα, ακραίες συνθήκες, περιβαλλοντική υποβάθμιση, αλληλεπιδράσεις με επιφανειακά υδάτινα σώματα/ άλλους υπόγειους υδροφορείς</b>	
Το ετήσιο έλλειμμα στη λίμνη υπολογίζεται σε 10- 12 εκατ. m <sup>3</sup> /yr.	Οι λόγοι για τη διαδικασία υποβάθμισης (ταπείνωσης) της ποσότητας και της ποιότητας του νερού είναι: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Η μακρόχρονη ξηρή περίοδος (μείωση της κατακρήμνισης τα τελευταία 15 χρόνια)</li> <li>• Η μείωση της εισροής (εισόδου) των επιφανειακών υδάτων στη λίμνη (λιγότερο από το 40% της συνολικής επαναφόρτισης)</li> <li>• Η ακατάλληλη διαχείριση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτινων πόρων στη λίμνη και στη γύρω περιοχή</li> </ul>
<b>ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ</b>	

<b>Δίκτυα Παρακολούθησης</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εκτιμώμενη (μετρήσιμη) στάθμη του νερού- λίμνης επιφανειακών υδάτων</li> <li>• Τα υπάρχοντα πηγάδια και οι προηγούμενες διεξαχθείσες έρευνες</li> <li>• ακανόνιστη παρακολούθηση των πιεζομέτρων των υπόγειων υδάτων υπάρχει αυτή τη στιγμή στην πλευρά της Π.Γ.Δ.Μ.</li> </ul>	Οι μετρήσεις της στάθμης του υπόγειου νερού λαμβάνονται σε 25 παραγωγικά πηγάδια

<b>Π.Γ.Δ.Μ.</b>	<b>Ελλάδα</b>
<b>Ποσότητα</b>	
<b>Αριθμός σταθμών παρακολούθησης</b>	
Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Επίπεδα νερού (στάθμη νερού)</b>	
υπάρχοντα (υφιστάμενα) πηγάδια	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Επιπλέον πληροφορίες</b>	
Υπάρχουν πολυάριθμα δεδομένα από μεμονωμένες έρευνες και γεωτρήσεις	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Ποιότητα</b>	
<b>Αριθμός τοποθεσιών παρακολούθησης</b>	
Υπάρχουν 2 πηγάδια για παροχή νερού στην πλευρά της Π.Γ.Δ.Μ.	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Συχνότητα των μετρήσεων</b>	
Τα υπόγεια ύδατα που αντλούνται για την παροχή νερού ελέγχονται καθημερινά	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Αζωτούχες ενώσεις</b>	
Όχι	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Σημαντικά ιόντα</b>	
Ναι	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Βαρέα μέταλλα</b>	
Όχι	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Φυτοφάρμακα- εντομοκτόνα</b>	
Όχι	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Βιομηχανικές οργανικές ενώσεις</b>	
Όχι	Μη διαθέσιμη πληροφορία



<b>ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ</b>	
<b>Υδάτινοι πόροι</b>	
Η επαναφόρτιση της λίμνης Δοϊράνης στο σύστημα πηγαδιών στον ποταμό Gjvanato per Vardar με χωρητικότητα 1 m <sup>3</sup> /sec ολοκληρώθηκε το 2003.	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Π.Γ.Δ.Μ.</b>	
<b>Ελλάδα</b>	
<b>Οικολογία οποιωνδήποτε υδατικών ροών/ υγροτόπων/ άλλων</b>	
Η σημαντική πτώση της στάθμης της επιφάνειας της λίμνης στα 4-5 m μεταξύ του 1988 και του 2001 έθεσε σε σοβαρό κίνδυνο τη λίμνη και τον υδάτινο οικοτόπο.	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Ανθρώπινη ανάπτυξη/ θέματα φτώχεια/ οικονομική ανάπτυξη</b>	
Η λίμνη παρέχει τους απαραίτητους πόρους για τον τοπικό πληθυσμό, ενώ ο τουρισμός και η αλιεία είχαν εξέχουσες οικονομικές δραστηριότητες στο παρελθόν.	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ</b>	
<b>Εθνικοί κανονισμοί που ισχύουν για τους υπόγειους υδροφορείς: π.χ. άδειες για παραγωγή, άλλες θεσμικές (κανονιστικές) αναφορές, άλλοι έλεγχοι στην διάτρηση (γεώτρηση), χρήση του νερού κλπ.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δίκαιο των υδάτων</li> <li>• Δίκαιο για την προστασία των λιμνών Οχρίδας, Πρεσπών και Δοϊράνης</li> </ul>	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Ιδιοκτησία των υπόγειων υδάτων, δικαιώματα κλπ.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τα υπόγεια ύδατα θεωρούνται δημόσιο αγαθό υπό κρατική ιδιοκτησία</li> <li>• Απαιτείται άδεια για την άντληση των υπόγειων υδάτων, εκτός από την παροχή οικιακής ύδρευσης</li> <li>• Η άντληση των υπόγειων υδάτων στην λεκάνη απορροής επιτρέπεται μόνο για αρδευτικά σχέδια (προγράμματα)</li> </ul>	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Επικυρωμένες επίσημες διεθνείς συμφωνίες</b>	
Όχι	Μη διαθέσιμο
<b>Άτυπες συμφωνίες/ συμβάσεις</b>	
Ναι	Μη διαθέσιμη πληροφορία
<b>Βασικοί θεσμοί σε εθνικό και τοπικό επίπεδο</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υπουργείο Οικονομικών</li> <li>• Υπουργείο Γεωργίας, Δασοκομίας και Υδατικής Οικονομίας</li> <li>• Περιφερειακά γραφεία των Υπουργείων</li> </ul>	Μη διαθέσιμη πληροφορία

### 6.1.1. Ο ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ STAMBOLO-ΟΡΕΣΤΙΑΔΑΣ



(Πηγή: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001921/192145e.pdf>)

**Τύπος:** Αλλουβιακός

**Βουλγαρία:**

**Έκταση (km<sup>2</sup>):** 672

**Υψομετρικό εύρος (m):** -

**Ετήσιες υπόγειες υδατικές αντλήσεις (αφαιρέσεις) (mm<sup>3</sup>/y):** -

**Περιγραφή χρήσης νερού:** περισσότερο από το 90% των αναλήψεων και των αντλήσεων χρησιμοποιείται για άρδευση και το υπόλοιπο για παροχή νερού

**Ελλάδα:**

**Έκταση (km<sup>2</sup>):** 600

**Υψομετρικό εύρος (m):** -

**Ετήσιες υπόγειες υδατικές αντλήσεις (αφαιρέσεις) (mm<sup>3</sup>/y):** 27

**Περιγραφή χρήσης νερού:** το 90% για άρδευση και το 10% για την παροχή πόσιμου νερού, τη συντήρηση και τη διατήρηση της βασικής ροής και των πηγών και την υποστήριξη των οικοσυστημάτων

**Τουρκία:**

**Έκταση (km<sup>2</sup>):** 150

**Υψομετρικό εύρος (m):** 25-200

**Ετήσιες υπόγειες υδατικές αντλήσεις (αφαιρέσεις) (mm<sup>3</sup>/y):** -

**Περιγραφή χρήσης νερού:** δημόσια- αστική, βιομηχανική και γεωργική

## **Γεωλογία Περιοχής**

### **Οι νεογενείς αποθέσεις**

Στη λεκάνη της Ορεστιάδας, το Νεογενές με τις Πλειο-Πλειστοκαινικές αποθέσεις, αποτελεί ένα σημαντικό σχηματισμό της περιοχής μελέτης. Εντοπίζεται ένθεν και ένθεν των κοιλάδων του Άρδα και του χειμάρρου του Νεοχωρίου και συνεχίζει αμέσως κάτω από τις αλλουβιακές αποθέσεις των υπερκείμενων υδατορεμάτων. Αποτελείται από χαλαρά κροκαλοπαγή, άμμους, αργιλοίλεις και αμμούχους αργίλους.

### **Οι τεταρτογενείς αποθέσεις**

Το Τεταρτογενές (ολοκαινικές αποθέσεις) στη λεκάνη Ορεστιάδας, εντοπίζεται κατά μήκος της κοιλάδας του Ερυθροπόταμου και των χειμάρρων του, όπου επικάθεται των τριτογενών ιζημάτων. Οι αποθέσεις του Τεταρτογενούς συνιστούν τις σύγχρονες αποθέσεις των ποταμών που αποτίθενται σε δύο διαφορετικά επίπεδα (αναβαθμίδες) κυρίως στον Άρδα. Το πάχος τους ποικίλει κατά θέσεις, αλλά δεν ξεπερνά τα 25-40 m. Αποτελούνται από εναλλαγές κροκαλών, άμμων, χαλικιών και αργίλων σε αλληλοσυμπλεκόμενους ορίζοντες τόσο κατακόρυφα, όσο και οριζόντια, δημιουργώντας μια ετερογένεια στο υλικό, όπως και στις πλειο-πλειστοκαινικές αποθέσεις.

## **1.2 Υδρογεωλογικές Συνθήκες**

Τα στοιχεία ελήφθησαν από τις διαχειριστικές μελέτες, η εκπόνηση των οποίων είναι σε εξέλιξη. Τα όρια των υπόγειων υδατικών συστημάτων αυτών έχουν συμπεριληφθεί στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) της παρούσας μελέτης και στους υδρολιθολογικούς χάρτες που αποτελούν ένα τμήμα παρουσίασης του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

## Νεογενείς αποθέσεις

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν από υδρογεωλογικής άποψης οι νεογενείς αποθέσεις, του ενιαίου Πλειο-Πλειστόκαινου της λεκάνης της Ορεστιάδας, που καλύπτει μία μεγάλη έκταση, περίπου 450 km<sup>2</sup> και κατέχει κεντρική δεσπόζουσα θέση στη λεκάνη. Επικάθεται των παλαιογενών σχηματισμών, κυρίως του Ολιγόκαινου και αποτελεί την κύρια υδρογεωλογική ενότητα της ευρύτερης περιοχής. Το Πλειο-Πλειστόκαινο, στην περιοχή αυτή, έχει ποτάμιο έως ποταμολιμναίο χαρακτήρα, με απότομες κατακόρυφες και πλευρικές μεταβάσεις της κοκκομετρίας των υλικών, σταυρωτές ροές, αλλά και ρυθμικές εναλλαγές λεπτόκοκκων και αδρομερών υλικών. Το μέγιστο πάχος του σχηματισμού που προσεγγίζει τα 200 m, απαντάται στην περιοχή μεταξύ Στέρνας - Βάλτου - Αμμόβουνου, αποσφηνούμενο τόσο προς το νότο ομαλά κατά μήκος της γραμμής Βάλτου - Χάνδρα, με την εμφάνιση του ολιγοκαινικού υποβάθρου του, καθώς και προς βορρά, έχοντας τοπικό χαρακτήρα.

Γενικά, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ενιαίος σχηματισμός. Η παρουσία των λεπτόκοκκων αδιαπέρατων στρωμάτων σε διάφορα στρωματογραφικά ύψη, παρότι μπορεί να δημιουργεί τοπικά μία ανάσχεση της ροής ως προς την κατακόρυφο συνιστώσα της, δεν προκαλεί πλήρη διακοπή της υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ των υδροφοριών που αναπτύσσονται εκατέρωθεν αυτών. Συνεπώς, η υδροφορία είναι μερικώς υπό πίεση.

Η τροφοδοσία των πλειο-πλειστοκαινικών υδροφοριών, πραγματοποιείται κυρίως λόγω της υδραυλικής επικοινωνίας (πλευρικές διηθήσεις) με τον φρεάτιο υπόγειο υδροφορέα των αλλουβιακών προσχώσεων, ο οποίος εμπλουτίζεται αδιαλείπτως από την επιφανειακή απορροή των ποταμών Έβρου, Άρδα και τον χείμαρρο Νεοχωρίου. Τροφοδοσία επίσης πραγματοποιείται και από την κατείδυση των βροχοπτώσεων, σε ποσοστό της τάξης του 14%.

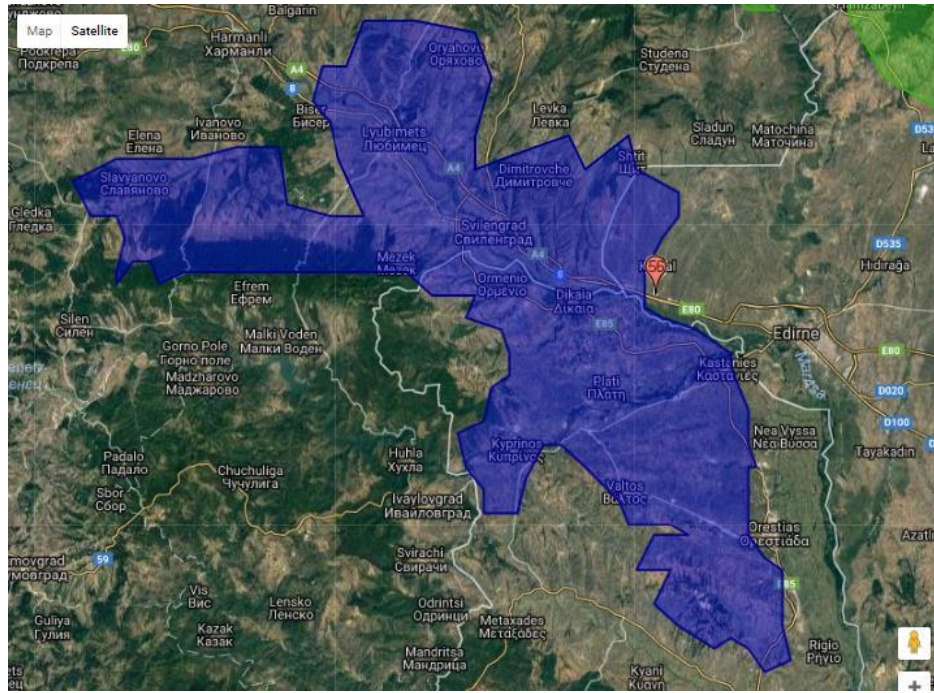
Μία άλλη «ιδιότυπη» τροφοδοσία του υπόγειου υδροφορέα είναι αυτή που προκύπτει από τις διηθήσεις του αρδευτικού νερού. Οι εναλλαγές λεπτομερών και αδρομερών υλικών και οι πλευρικές αποσφηνώσεις δημιουργούν ιδιαιτερότητες στην υδροφορία που εκφράζεται με σημαντικές διαφοροποιήσεις της μεταβιβαστικότητας από θέση σε θέση. Επιπλέον, η παρουσία των προσχώσεων αυξάνει σημαντικά την παράμετρο αυτή. Σύμφωνα με τους Παπαδόπουλο κ.α. (2002), η τιμή της μεταβιβαστικότητας (T) κυμαίνεται μεταξύ ενός ελαχίστου των 190 m<sup>2</sup>/ημέρα ( $2,2 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/sec) και ενός μεγίστου 2300 m<sup>2</sup>/ημέρα ( $2,7 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/sec). Οι τιμές αυτές δεν είναι οι υψηλότερες

που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή. Οι τιμές του συντελεστή εναποθήκευσης (S), που υπολογίστηκαν για την περιοχή Αμμόβουνου - Φυλακίου - Βάλτου κυμαίνονται μεταξύ 5,4 και 9,5 ( $\times 10^{-4}$ ), ενώ οι αντίστοιχες τιμές στην περιοχή της Πελέας είναι μικρότερες ( $0,9 - 1,3 \times 10^{-4}$ ).

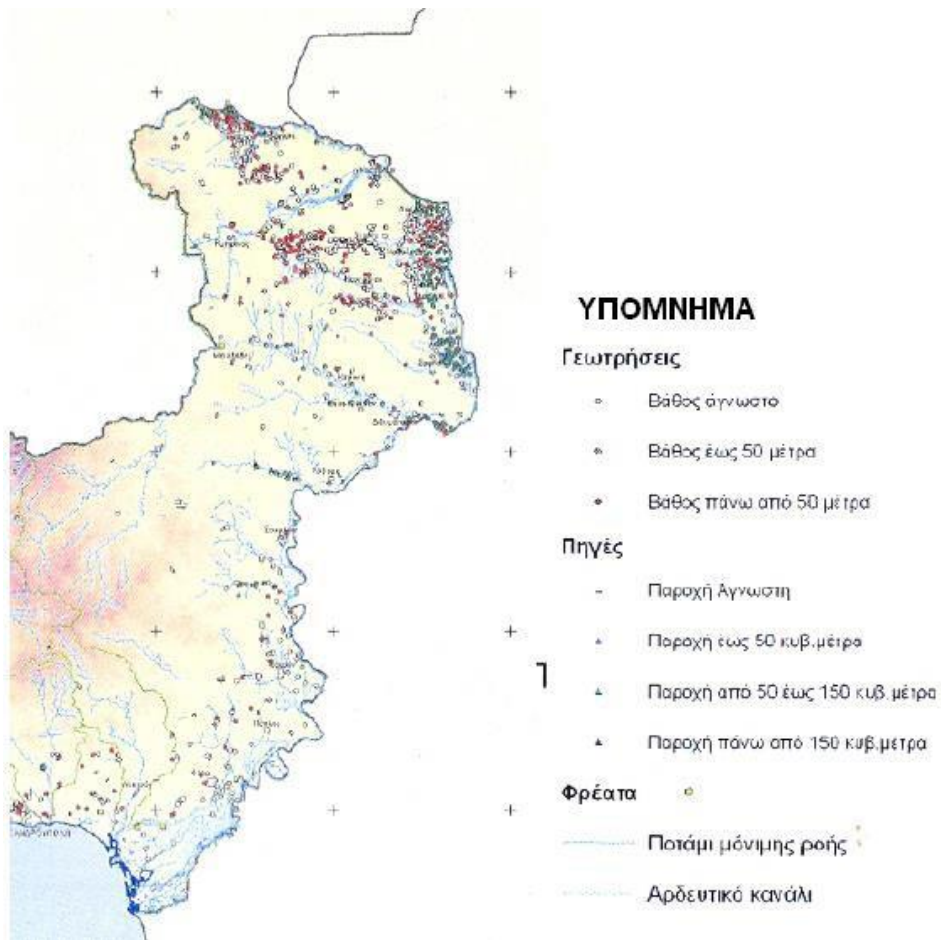
### **Ολοκαινικές (αλλουβιακές) αποθέσεις**

Οι αλλουβιακές αποθέσεις του βυθίσματος της Ορεστιάδας εξαιτίας της γειτνίασης με τους μεγάλους ποταμούς, παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον από υδρογεωλογικής άποψης. Μέσα στις αποθέσεις αυτές σχηματίζεται ένας φρεάτιος ή μερικώς υπό πίεση υπόγειος υδροφορέας, καθώς και σχετικού βάθους υπόγειο υδροφόροι ορίζοντες, συνήθως μεγάλου πάχους. Οι υδροφορίες αυτές εντοπίζονται εκεί όπου παρατηρείται συγκέντρωση αδρόκοκκων υλικών και βρίσκονται συνήθως σε πλευρική υπόγεια επικοινωνία με τους πλειο-πλειστοκαινικούς υπόγειους υδροφορείς των λοφωδών περιοχών. Γεωτρήσεις στις περιοχές των αποθέσεων αυτών έχουν δώσει πολύ μεγάλες παροχές για το σύνολο σχεδόν των γεωτρήσεων. Χαρακτηριστική είναι η εικόνα με το πλήθος των γεωτρήσεων όπως αυτές κατανέμονται στην ευρύτερη περιοχή της Ορεστιάδας (εικ. 6.5, απόσπασμα χάρτη από τη μελέτη του Υπουργείου Ανάπτυξης 2005).

Οι αλλουβιακές προσχώσεις κατά κανόνα επικάθονται των πλεοπλειστοκαινικών σχηματισμών. Οι υδραυλικές παράμετροι των προσχώσεων σε συνδυασμό με την ανάπτυξη ενός υπό συνεχή φόρτιση φρεάτιου υπόγειου υδροφορέα, δημιουργούν συνθήκες συνεχούς τροφοδοσίας των πλειο-πλειστοκαινικών αποθέσεων. Ο ισχυρά θετικός συσχετισμός στη διακύμανση της στάθμης μεταξύ των γεωτρήσεων των δύο σχηματισμών και η ταχεία ανάκαμψη της στάθμης του πλειο-πλειστοκαινικού υδροφορέα σε ξηρή περίοδο, αποτελούν ισχυρά τεκμήρια της υδραυλικής επικοινωνίας των δύο σχηματισμών. Η τροφοδοσία τους εξασφαλίζεται κατά κύριο λόγο από τις διηθήσεις των νερών των ποταμών και σε πολύ μικρό ποσοστό από τις κατεισδύσεις των νερών των βροχών.



Εικ. 6.4 Ο υπόγειος υδροφόρος Svilengrad Stambolo/ Ορεστιάδας μέσω δορυφόρου  
(Πηγή: [http://www.inweb.gr/index.php?option=com\\_inweb\\_maps&Itemid=199](http://www.inweb.gr/index.php?option=com_inweb_maps&Itemid=199))



Εικ. 6.5. Απόσπασμα χάρτη απογραφής σημείων νερού λεκάνης ποταμού Έβρου.  
Εικόνα ενδεικτική στην ευρύτερη περιοχή Ορεστιάδας (Υπουργείο Ανάπτυξης 2005).

Επιπλέον, είτε λόγω της μείωσης της ταχύτητας διακίνησης των υπόγειων υδάτων εξαιτίας της μετάβασης από υψηλό σε χαμηλότερο πορώδες, είτε λόγω της παρουσίας αδιαπέρατων ενστρώσεων τόσο στις προσχώσεις όσο και στους πλειοπλειστοκαινικούς σχηματισμούς, δημιουργούνται συνθήκες σημαντικών πηγαιών εκδηλώσεων κυρίως στη βόρεια πλευρά του Άρδα (πηγές Άρζου, Πλάτης, Σπηλαίου κ.τ.λ). Γενικότερα, πρέπει να επισημανθεί ότι σημαντικός, αν όχι καθοριστικός παράγοντας στη διαμόρφωση των υδρογεωλογικών συνθηκών της λεκάνης του Άρδα και της ευρύτερης περιοχής (Ορεστιάδα, Σάκκος, Καβύλη) είναι η γειτνίασή της με την αντίστοιχη λεκάνη του Έβρου. Δεδομένου ότι ο Άδρας είναι παραπόταμος του Έβρου, υπάρχει μία κοινή ζώνη που υδρογεωλογικά είναι ενιαία. Από τον μήνα Μάιο, η πιεζομετρική επιφάνεια του υπόγειου υδροφορέα μειώνεται υψομετρικά μέχρι τον μήνα Αύγουστο. Η έντονη και ταχύρυθμη πτώση της στάθμης κατά τον Αύγουστο οφείλεται προφανώς στις εντατικές αντλήσεις για αρδευτική χρήση. Μετά το τέλος της έντονης αρδευτικής περιόδου, η φθίνουσα τάση αντιστρέφεται και η στάθμη της υδροφορίας ανέρχεται σταθερά. Επειδή οι βροχοπτώσεις της θερινής περιόδου (Μαΐου-Αυγούστου) δεν αιτιολογούν την ανοδική αυτή πορεία της πιεζομετρικής επιφάνειας, η αντιστροφή της τάσης, αμέσως μετά το τέλος της αρδευτικής περιόδου, οφείλεται ακριβώς στην τροφοδοσία του υπόγειου υδροφορέα από τους ποταμούς Άρδα και Έβρο (Παπαδόπουλος κ.ά., 2002).

Από υπολογισμούς για την περίοδο 1995 έως 1998 (Παπαδόπουλος κ.ά., 2002), προέκυψε ότι για τις ανάγκες της άρδευσης και της ύδρευσης στην ευρύτερη περιοχή βυθίσματος αντλούνται ετησίως, περίπου  $45 \times 10^6 \text{ m}^3$  νερού.

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, στην Λεκάνη της Ορεστιάδας για τα τελευταία 15 χρόνια, δεν έχει παρατηρηθεί καμία τάση ποσοτικής υποβάθμισής της (Παπαδόπουλος κ.ά., 2002). Η τάση απεναντίας είναι αυξητική. Η εκάστοτε πτώση της στάθμης, καθώς και η σταθερότητα του υπόγειου υδροφόρου συστήματος έχει άμεση σχέση με την τροφοδοσία του υπόγειου υδροφορέα από τους ποταμούς Άρδα και Έβρο. Ο υπόγειος υδροφορέας δεν υπόκειται σε παρατεταμένη εκμετάλλευση και υπάρχει μία γενική κατάσταση υδραυλικής σταθερότητας που συναρτάται άμεσα με τον εμπλουτισμό που δέχονται οι υπόγειοι υδροφορείς της περιοχής από τους παραπάνω ποταμούς. Θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι οι υπόγειοι υδροφορείς της περιοχής λειτουργούν ως ρυθμιστικοί ταμιευτήρες, στους οποίους η ποσότητα των νερών που αποθηκεύεται από ένα μέρος των ετήσιων παροχών των ποταμών, καθώς και από τα κατακρημνίσματα που κατεισδύουν ανέρχεται στο ύψος των απολήψιμων ποσοτήτων.

Οι μεγάλες τιμές της μεταβιβαστικότητα που έχουν υπολογιστεί στην περιοχή ενισχύουν την άποψη αυτή. Οι διακυμάνσεις της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα δεν υπερβαίνουν τα 2- 4 m και σε περιοχές εγγύτερα των ποταμών είναι πολύ μικρότερες.

### **Ποιότητα νερών - Χημικές Αναλύσεις**

#### **Αξιολόγηση υπαρχόντων στοιχείων**

Η γεωλογική δομή της περιοχής που έχει ήδη περιγραφεί, η συνεχής τροφοδοσία του μεγαλύτερου τμήματος των υπόγειων νερών από τους επιφανειακούς άξονες απορροής, η έντονη καλλιεργητική δραστηριότητα σε συνδυασμό με το δυναμικό σε πολλές θέσεις φρεάτιο ορίζοντα και η κατά εποχές ρύπανση των ποταμών και ιδιαίτερα του Έβρου, δημιουργούν συνθήκες εύκολης ρύπανσης των υπόγειων νερών, και ως εκ τούτου προϋποθέτουν συνεχώς συστηματικούς ελέγχους. Με τα μέχρι σήμερα δεδομένα, έχει προκύψει ότι η ποιότητα του νερού βρίσκεται σε ικανοποιητικό επίπεδο, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων.

Όσον αφορά τα επιφανειακά ύδατα του Έβρου στη λεκάνη της Ορεστιάδας, από τις διάφορες χημικές αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί προκύπτει ότι το νερό είναι σημαντικά επιβαρυνόμενο. Αυτό οφείλεται στα απόβλητα που διοχετεύονται στο τμήμα εκείνο του ποταμού που διαρρέει τη Βουλγαρία, στο ύψος της Ανδριανούπολης και στα αστικά λύματα και τα νερά των αποστραγγίσεων των γεωργικών καλλιεργειών των ελληνικών παρακείμενων πόλεων. Κατά διαστήματα ανιχνεύονται υψηλά επίπεδα συγκεντρώσεων ρυπαντικών ουσιών και παρατηρούνται να επιπλέουν στα νερά του πληθυσμοί νεκρών ψαριών. Αντίθετα, στο υπόλοιπο υδρογραφικό δίκτυο (Άρδας, Ερυθροπόταμος κ.λ.π.) η ποιότητα του νερού είναι αρκετά καλή.



**Αξιολόγηση Χημικών Αναλύσεων μελέτης με τίτλο:  
«Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων)  
σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας- Θράκης και Θεσσαλίας-  
Αποτελέσματα Ευρύτερης Λεκάνης Έβρου (υδρογεωλογικά στοιχεία) Τεύχος Α:  
Μελέτη Κατηγορίας 20 (υδρογεωλογικές εργασίες)»**

Με βάση τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, τα αποτελέσματα των οποίων περιγράφονται αναλυτικά στο Τεύχος Β', αναφορικά με τη σχέση υπόγειων και επιφανειακών νερών, προκύπτουν τα ακόλουθα: Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών (TDS, αγωγιμότητα, αλατότητα κ.λ.π.) των υπόγειων νερών, στις περισσότερες θέσεις της λεκάνης του Έβρου, εκτός από την περιοχή του δέλτα, έδειξαν παραπλήσιες τιμές με αυτές των επιφανειακών νερών. Οι συγκεντρώσεις όμως στα επιφανειακά νερά είναι γενικά μεγαλύτερες σε σχέση με τις συγκεντρώσεις στα υπόγεια νερά.

Αυτό επιβεβαιώνει την τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων από τα νερά των ποταμών. Οι διαφοροποιήσεις των συγκεντρώσεων (TDS, αγωγιμότητα, αλατότητα κ.λ.π.), από θέση σε θέση στα υπόγεια νερά οφείλονται σε στρωματογραφικούς υπόγειους υδροφορείς που μειώνουν την υδροπερατότητα και δημιουργούν συνθήκες περιορισμού της υπόγειας ροής, καθώς και μεγαλύτερης παραμονής του νερού στον υπόγειο υδροφόρο. Στη δυτική περιοχή, οι μειωμένες τιμές των χλωριόντων οφείλονται στην τροφοδοσία από παράπλευρους χειμάρρους (χειμάρρος Μάνθειας, Αρδανίου κ.λ.π.).

Η παρουσία κυρίως καδμίου και μολύβδου, αλλά και μεγάλου αριθμού βαρέων μετάλλων και ιχνοστοιχείων στα νερά του Έβρου κατά την είσοδό του από τη Βουλγαρία και η έντονη παρουσία όλων αυτών των στοιχείων σε αρκετές γεωτρήσεις στα παρέμβρια πεδινά μέχρι το Πύθειο, επιβεβαιώνει επίσης την τροφοδοσία των υπόγειων νερών από τους επιφανειακούς άξονες.

Η ανίχνευση καφεΐνης (δείκτης ρύπανσης από αστικά απόβλητα) σε όλα τα επιφανειακά νερά της λεκάνης του Έβρου και σχεδόν σε όλες τις γεωτρήσεις, σε αρκετά βέβαια με μικρότερες τιμές, επιβεβαιώνει την άμεση σχέση επιφανειακών και υπόγειων νερών και κυρίως την τροφοδοσία των υπόγειων από τα επιφανειακά.

Τέλος, η παρουσία υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων σε πολλές γεωτρήσεις και μάλιστα σε ορισμένες σε σημαντικές συγκεντρώσεις, επιβεβαιώνει την αναμενόμενη καλή στράγγιση των εδαφών, αλλά και τη δυνατότητα πραγματοποίησης «συμπτωματικού εμπλουτισμού», δηλαδή εμπλουτισμού των υπόγειων νερών από τα νερά της άρδευσης. Συχνά όμως ο συμπτωματικός εμπλουτισμός προκαλεί

προβλήματα ποιοτικής υποβάθμισης του υπόγειου νερού (μόλυνση και ρύπανση) (Καλλέργης, 2001).

### **Σχέσεις υπόγειων νερών με επιφανειακούς άξονες ροής – Συμπεράσματα**

Από υδρογεωλογικής άποψης ενδιαφέρον παρουσιάζεται στη λεκάνη της Ορεστιάδας τόσο στους πλειο- πλειστοκαινικούς υπόγειους υδροφορείς όσο και στους αλλουβιακούς, οι οποίοι στο σύνολό τους καταλαμβάνουν μία πολύ μεγάλη έκταση και ικανοποιούν τις αρδευτικές και υδρευτικές ανάγκες της περιοχής.

Οι αναλήψεις πραγματοποιούνται τόσο από τον φρεάτιο υπόγειο υδροφορέα των αλλουβιακών σχηματισμών του ποταμού Έβρου στην περιοχή Ορμένιου - Δικαίων και στο Ωοειδές (Καστανιές - Χειμώνιο), όσο και από τον υπόγειο υδροφορέα των πλειο-πλειστοκαινικών σχηματισμών δυτικά και βόρεια της Ορεστιάδας έως τα σύνορα με τη Βουλγαρία, οι οποίοι αντιμετωπίζονται ενιαία καθώς όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τροφοδοτούνται από τον Έβρο. Στις αλλουβιακές προσχώσεις του Άρδα πραγματοποιούνται ελάχιστες αντλήσεις, οι οποίες καλύπτουν κυρίως υδρευτικές ανάγκες. Οι αρδευτικές ανάγκες της εν λόγω περιοχής καλύπτονται από τα νερά του Άρδα μέσω του αρδευτικού δικτύου που καλύπτει το σύνολο της περιοχής.

Η τροφοδοσία όλων των παραπάνω υπόγειων υδροφορέων πραγματοποιείται σε όλες τις εποχές του χρόνου κατά κύριο λόγο από τους κύριους ποταμούς της περιοχής (Έβρο, Άρδα και Ερυθροπόταμο) και δευτερευόντως μόνο κατά τη χειμερινή περίοδο από τα δευτερεύοντα υδατορέματα της περιοχής. Από τις εκτεταμένες μετρήσεις της στάθμης που έγιναν από τους Παπαδόπουλο κ.ά. (2002), προέκυψε το συμπέρασμα ότι όλοι οι υπόγειοι υδροφορείς στην ευρύτερη περιοχή του βυθίσματος της Ορεστιάδας δέχονται τροφοδοσία από τους επιφανειακούς άξονες και δε συμβάλλουν στη ροή των επιφανειακών αξόνων σε καμιά εποχή του χρόνου.

Σε όλες τις περιπτώσεις λοιπόν, τα χαμηλότερα σημεία στα οποία θα μπορούσε να τείνει η στάθμη του υπόγειου υδροφορέα καθορίζεται από την τροφοδοσία των ποταμών Άρδα, Έβρου και Ερυθροπόταμου. Η σταθερότητα του συστήματος οφείλεται κυρίως στην τροφοδοσία του υπόγειου υδροφορέα από τους ανωτέρω ποταμούς.

Όλοι οι υπόγειοι υδροφορείς των αλλουβιακών αποθέσεων και των νεογενών υλικών έχουν μία άμεση μονόδρομη σχέση τροφοδοσίας από τον Έβρο ποταμό και τους παρέμβριους χείμαρρους.

Τέλος, οι αλλουβιακές αποθέσεις κατά μήκος του Έβρου από τους Νέους Ψαθάδες μέχρι το Πέπλο, τροφοδοτούνται αποκλειστικά από τον Έβρο, καθώς και τους παρέμβριους χειμάρρους που διασχίζουν τα πεδία και καταλήγουν στον Έβρο.

Οι ακόλουθοι πίνακες πάρθηκαν από την αναγνωρισμένη από την UNESCO μη Κυβερνητική Οργάνωση "Διεθνές Δίκτυο Κέντρων Υδάτων/Περιβάλλοντος για τα Βαλκάνια" (ΔιΔιΚυΠΕΒ, INWEB, <http://www.inweb.gr>), που ίδρυσε το 1999 και διευθύνει από τότε ο κ. Γκανούλης Ιάκωβος, Ομότιμος Καθηγητής της Πολυτεχνικής Σχολής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ., έχοντας πάνω από 35 χρόνια εμπειρία σε θέματα ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων, ανάλυσης επικινδυνότητας και κλιματικής αλλαγής καθώς και της διαχείρισης διασυνοριακών νερών, υπόγειων υδροφορέων και της επίλυσης διαφορών και διενέξεων.

Όνομα πεδίου	ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΤΟΥΡΚΙΑ
id	115	116	117
set	1	1	1
Aquifer ID	56	56	56
Όνομα υπόγειου υδροφορέα	Svilengrad Stambolo/ Orestiada	Svilengrad Stambolo/ Orestiada	Svilengrad Stambolo/ Orestiada
Χώρες	Βουλγαρία-Ελλάδα-Τουρκία	Βουλγαρία-Ελλάδα-Τουρκία	Βουλγαρία-Ελλάδα-Τουρκία
Τύπος υπόγειου υδροφορέα	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Μήκος Συνόρων (km)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Έκταση (km <sup>2</sup> )	672	600	150
Πληθυσμός περιοχής (inh)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	45	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Χαμηλό υψόμετρο (m)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	25	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Υψηλό υψόμετρο (m)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	200	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Περιγραφή τοπογραφίας	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Ήπια τοπογραφική ανακούφιση (εκτόνωση), με υψόμετρο από 25 έως 200 m	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις (mm)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία

Μέση ετήσια περιγραφή της βροχόπτωσης	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Ροή εκφόρτισης (m <sup>3</sup> /sec)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Ετήσιοι πόροι υπόγειων υδάτων (mm <sup>3</sup> /yr)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Ετήσιες αντλήσεις υπόγειων υδάτων (mm <sup>3</sup> /yr)	Μη διαθέσιμη πληροφορία	27	Μη διαθέσιμη πληροφορία
Περιγραφή χρήσης του νερού	Περισσότερο από το 90% των αναλήψεων χρησιμοποιείται για την άρδευση και το υπόλοιπο για την παροχή νερού	90% για την άρδευση και 10% για την παροχή και την προμήθεια πόσιμου νερού, τη διατήρηση της βασικής ροής και των πηγών και την υποστήριξη των οικοσυστημάτων	Δημόσια- αστική, βιομηχανική και γεωργική
Παράγοντες πίεσης		Γεωργία	
Ποσοτικά προβλήματα		Αν και η αφαίρεση (άντληση) αναφέρεται ότι υπερβαίνει κατά πολύ την επαναφόρτιση, δεν αναφέρθηκαν προβλήματα	
Ποιοτικά προβλήματα		Άζωτο και φυτοφάρμακα από τη γεωργία	
Διασυννοριακές επιπτώσεις		Παρατηρημένη μείωση των επιπέδων των υπόγειων υδάτων και ρύπανση από τη γεωργία	

Διαχειριστικά μέτρα	Πρέπει να βελτιωθεί η ισχύουσα ρύθμιση για την άντληση των υπόγειων υδάτων, η παρακολούθηση της ποσότητας και της ποιότητας των υπόγειων υδάτων και η επαναχρησιμοποίηση και η επεξεργασία των αποβλήτων. Πρέπει να εφαρμοστούν ή να σχεδιαστούν άλλα μέτρα
---------------------	---

(Πηγή: [http://www.inweb.gr/aquifer\\_info.php?id=56](http://www.inweb.gr/aquifer_info.php?id=56))

<b>Όνομα του διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα: 56. Svilengrad Stambolo/Orestiada</b>		
<b>Βουλγαρία</b>	<b>Ελλάδα</b>	<b>Τουρκία</b>
<b>ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ</b>		
<b>ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ</b>		
<b>ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ</b>		
Λεκάνη απορροής ποταμού Maritza	Ο υπόγειος υδροφορέας ανήκει στην υδρολογική λεκάνη απορροής του ποταμού Έβρου, στο 12 <sup>ο</sup> υδατικό διαμέρισμα και ανήκει στον Νομό Έβρου. Οριοθετείται βόρεια και ανατολικά από τον ποταμό Έβρο και δυτικά και νότια από πετρώματα Τριτογενούς υποβάθρου (υποστρώματος), τα οποία έχουν χαμηλή αγωγιμότητα και είναι εντελώς αδιαπέρατα	
<b>Κοινό μήκος διεθνών συνόρων (km)</b>		
38,5 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ελληνοβουλγαρικά σύνορα: 20 km</li> <li>Ελληνοτουρκικά σύνορα: 45 km</li> </ul>	
<b>Τύπος υπόγειου υδροφορέα</b>		
Πορώδης	Μερικώς υπό πίεση υπόγειος υδροφορέας	
<b>Έκταση (km<sup>2</sup>)- πληθυσμός που κατοικεί σε αυτή την περιοχή</b>		
672 km <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Έκταση 600 km<sup>2</sup></li> <li>Πληθυσμός 45.000 κάτοικοι</li> </ul>	
<b>Τοπογραφία, συμπεριλαμβανομένου του εύρους υψόμετρου (m)</b>		
	Ήπια τοπογραφική ανακούφιση (εκτόνωση), με υψόμετρο από 25 έως 200 m	

### Γεωλογία και κύρια χρήση γης

<p>Οι τεταρτογενείς και οι ανώτερες νεογενείς αποθέσεις έχουν σχηματίσει ένα κοινό υπόγειο υδάτινο σώμα. Τα ιζήματα του Πλειόκαινου είναι λιμναίας και ποτάμιας γεωλογικής προέλευσης και αποτελούνται από άμμους, αργιλώδεις άμμους, χαλίκια, αμμώδεις αργίλους και αργίλους. Οι άμμοι και τα χαλίκια κυριαρχούν. Τα τεταρτογενή ιζήματα είναι οι αλλουβιακές αποθέσεις του ποταμού Maritza- άμμοι και χαλίκια ανομοιόμορφα (ανώμαλα) αργιλώδη στρώματα. Το πάχος είναι μεταξύ 6- 20 m, με μέσο όρο τα 8- 12 m. Δεν ανιχνεύονται τα όρια μεταξύ των αποθέσεων του Πλειόκαινου και των Τεταρτογενών- η μόνη διαφορά μεταξύ αυτών είναι το πάχος των αργιλωδών στρωμάτων. Για το τεταρτογενές αυτό το πάχος είναι από 0,5 έως 3-4 m και για το Πλαιόκαινο τα στρώματα είναι παχύτερα.</p>	<p>Οι χαρακτηριστικοί σχηματισμοί της περιοχής είναι Πλειο-Πλειστοκαινικές χαλαρές αποθέσεις του σταδίου (φάσης) της λίμνης και του ποτάμιου ρέματος, οι οποίοι τοποθετούνται (αποθέτονται) στις τριτογενείς αποθέσεις. Το υπόστρωμα όλων των παραπάνω είναι οι μεταμορφωμένοι βράχοι του όγκου (μάζας) της Ροδόπης. Κατά μήκος του ποταμού, το Πλειο- Πλειστόκαινο καλύπτεται με τις τρέχουσες (τωρινές) εναποθέσεις των ποταμών. Η χρήση γης είναι κυρίως γεωργικές καλλιέργειες.</p>	
--	---	--

<b>Υδρολογικά χαρακτηριστικά και υπόγεια ύδατα</b>		
<b>Βουλγαρία</b>	<b>Ελλάδα</b>	<b>Τουρκία</b>
<b>Υδρογεωλογία</b>		
<p>Το ανώτερο τμήμα είναι ελεύθερο (χωρίς πίεση), τα χαμηλότερα στρώματα είναι υπό πίεση (περιορισμένα). Το ελεύθερο επίπεδο συμπίπτει με την πιεζομετρική κατεύθυνση των κατώτερων (χαμηλότερων) αποθέσεων του Πλειόκαινου.</p>	<p>Ο υπόγειος υδροφορέας βρίσκεται στην περιοχή των Πλειο-Πλειστοκαινικών αποθέσεων σε επαφή με τους αδιαπέρατους σχηματισμούς του Τριτογενούς.</p>	
<b>Περιοχή επαναφόρτισης/ εκφόρτισης</b>		
<p>Ένας χάρτης GIS που δείχνει τις περιοχές επαναφόρτισης προετοιμάζεται επί του παρόντος από τον Εκτελεστικό Οργανισμό Περιβάλλοντος. Η εκφόρτιση γίνεται στα ποτάμια (ποταμός Bisserska, ποταμός Lozenska κλπ.), ρυάκια, πηγές και πηγάδια. Υπάρχουν πολλές πηγές με μικρή επαναφόρτιση από 0,1 έως 0,25 l/sec. Η επαναφόρτιση οφείλεται στη βροχόπτωση και σε μικρότερο βαθμό από τα ποτάμια και τα ρυάκια. Υπάρχουν μερικοί βάλτοι (έλη) στη χαμηλότερη αναβαθμίδα του ποταμού Maritza. Εδώ το υψηλότερο περιεχόμενο TDS για τα υπόγεια ύδατα προκαλείται από τα αβαθή (ρηγά) υπόγεια ύδατα. Η υδραυλική αγωγιμότητα είναι <math>K_f = 35-100 \text{ m/d}</math>. Η διαπερατότητα είναι από 500 έως <math>1.500 \text{ m}^2/\text{d}</math>.</p>	<p>Ο υπόγειος υδροφορέας επαναφορτίζεται με άμεση διείσδυση από τις βροχοπτώσεις, καθώς και από τον φυσικό εμπλουτισμό των ποταμών της περιοχής (ποταμοί Άρδας και Έβρος). Εκτός από αυτή τη φυσική επαναφόρτιση, ο υπόγειος υδροφορέας επαναφορτίζεται επίσης με τη διείσδυση (διήθηση) του αρδευτικού νερού.</p>	

<b>Μεταβολές (αλλαγές) του επιπέδου (m/yr) - φυσικές, προκαλούμενες από άντληση ή άλλους λόγους</b>		
Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από το NIMH.	Η ετήσια διακύμανση της στάθμης του νερού είναι περίπου 2,5 m κυρίως λόγω της ανάληψης (άντλησης) για αρδευτικούς σκοπούς.	
<b>Συνολικοί διαθέσιμοι μέσοι ετήσιοι πόροι των υπόγειων υδάτων (mm<sup>3</sup>/yr)</b>		
Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από τα γενικά συστήματα (προγράμματα).	Οι διαθέσιμοι πόροι υπόγειων υδάτων στην περιοχή είναι 10*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> .	
<b>Συνολικές αντλήσεις των υπόγειων υδάτων (mm<sup>3</sup>/yr)</b>		
	Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν για τα έτη 1995-1998, οι αντλήσεις (αναλήψεις) από τον υπόγειο υδροφορέα είναι 45*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr.	
<b>Ροή εισόδου/ εξόδου πέρα από τα εθνικά σύνορα (mm<sup>3</sup>/yr)</b>		
	Ο ποταμός Έβρος αποτελεί το φυσικό σύνορο μεταξύ των ποταμών και επαναφορτίζει τον υπόγειο υδροφορέα, του οποίου η υδάτινη στάθμη ορίζεται εντός της περιοχής του υποστρώματος του ποταμού. Ο εμπλουτισμός επεκτείνεται (διευρύνεται) κάτω από τις τρέχουσες αποθέσεις του Πλειστόκαινου σχηματισμού, διαμορφώνοντας έτσι έναν ενοποιημένο υπόγειο υδροφορέα, ο οποίος επηρεάζεται άμεσα από τις διαδικασίες του εμπλουτισμού των ποταμών Έβρου και Άρδα. Η ρυθμιστική λειτουργία των ποταμών εμποδίζει τις υπόγειες επαναφορτίσεις και εκφορτίσεις κατά μήκος των συνόρων.	
<b>Κατεύθυνση της ροής των υπόγειων υδάτων και κλίση από τη μία πλευρά στην άλλη των συνόρων</b>		
	Ο υπόγειος υδροφορέας έχει την τάση να εκφορτίζεται προς τα ποτάμια του Άρδα και του Έβρου. Η υδραυλική κλίση μειώνεται καθώς πλησιάζει τα ποτάμια. Κατά μήκος των συνόρων η κλίση έχει τιμές περίπου 1/1000.	
<b>Χρήση νερού (συνολική, ανά τομέα, βασικές χρήσεις, τρέχουσες (εκτιμώμενες) και μελλοντικές (προβλεπόμενες))</b>		
Πολλά σωληνωτά και φρεάτια (ακτινωτά) πηγάδια είναι διαθέσιμα για την παροχή και την προμήθεια πόσιμου νερού, την	Περισσότερο από το 90% των αναλήψεων (αντλήσεων) χρησιμοποιείται για άρδευση και το υπόλοιπο για την παροχή πόσιμου νερού.	



άρδευση και την βιομηχανική προμήθεια και τροφοδότηση.		
<b>Ελλείψεις και άλλες ανησυχίες σχετικά με τους πόρους (π.χ. ποιότητα, ακραίες συνθήκες, περιβαλλοντική υποβάθμιση, αλληλεπιδράσεις με επιφανειακά υδάτινα σώματα/ άλλους υπόγειους υδροφορείς</b>		
	Ο υπόγειος υδροφορέας λειτουργεί ως ρυθμιστής του ταμιευτήρα (δεξαμενής), στον οποίο οι δύο ποταμοί αποθηκεύουν ένα μέρος της ετήσιας παροχής νερού που συμπληρώνεται με την επαναφόρτιση από τις βροχοπτώσεις. Η σημαντική συμβολή των ποταμών στα υπόγεια ύδατα καθορίζει την ποιότητα του υπόγειου νερού.	
<b>ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ</b>		
<b>Δίκτυα Παρακολούθησης</b>		
Τα δίκτυα παρακολούθησης των ΜοΕW και ΝΙΜΗ είναι διαθέσιμα	Στο πλαίσιο του δικτύου παρατήρησης των υπόγειων υδάτων στην Ελλάδα παρατηρούνται ποσοτικές και ποιοτικές μεταβολές του υπόγειου υδροφορέα στην περιοχή της Ορεστιάδας με μετρήσεις της στάθμης και χημική ανάλυση δειγμάτων σε τρία σημεία παρατήρησης. Οι μετρήσεις/ δείγματα πραγματοποιούνται 4 φορές κάθε χρόνο και σε ένα σημείο η στάθμη μετριέται σε καθημερινή βάση.	
<b>Χάρτες με διαθέσιμες κλίμακες, GIS και εικόνες τηλεπισκόπησης (τηλεανίχνευσης)</b>		
Οι χάρτες GIS διατίθενται με τα σημεία τους στο ExEA		
<b>Αρχεία δεδομένων και η καταλληλότητά τους (επάρκεια)</b>		
Μία «προφητική» (μελλοντική) βάση δεδομένων με δεδομένα ποιότητας είναι διαθέσιμη στο ExEA		
<b>Ερευνητικά κέντρα</b>		
Περιφερειακά και τοπικά εργαστήρια από τα ExEA, ΝΙΜΗ	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.)	

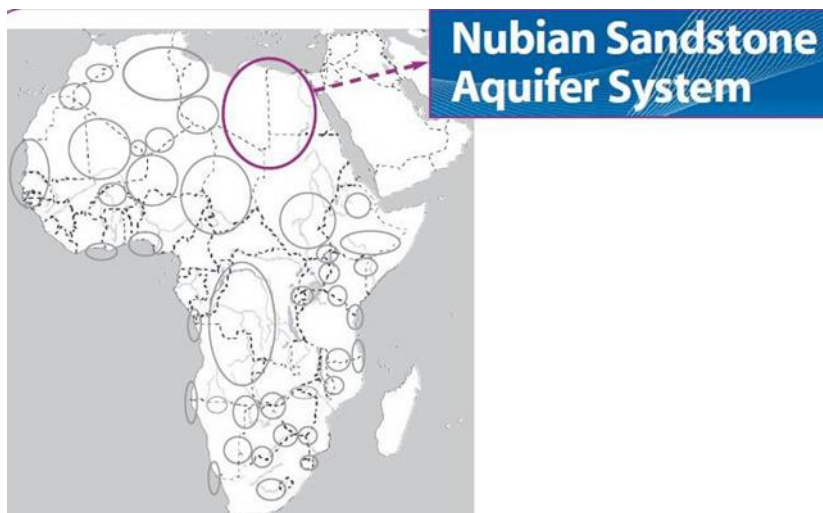
<b>Βουλγαρία</b>	<b>Ελλάδα</b>	<b>Τουρκία</b>
<b>Ποσότητα</b>		
<b>Αριθμός σταθμών παρακολούθησης</b>		
1	3 σημεία παρατήρησης	
<b>Συχνότητα παρατηρήσεων</b>		
12/ έτος	Οι παρακολουθήσεις/ δείγματα πραγματοποιούνται (διεξάγονται) 4 φορές κάθε χρόνο και σε ένα σημείο η στάθμη μετριέται σε καθημερινή βάση	
<b>Επιπλέον πληροφορίες</b>		
v.Bisser 531a, βάθος 10,1 m		
<b>Ποιότητα</b>		
<b>Αριθμός τοποθεσιών παρακολούθησης</b>		
2 στο πλαίσιο του MoEW και 3 στο πλαίσιο του NIMH	3 σημεία παρατήρησης	
<b>Συχνότητα των μετρήσεων</b>		
Για τα σημεία του MoEW 4 φορές το έτος	Οι παρακολουθήσεις/ δείγματα πραγματοποιούνται (διεξάγονται) 4 φορές κάθε χρόνο και σε ένα σημείο η στάθμη μετριέται σε καθημερινή βάση	
<b>Αζωτούχες ενώσεις</b>		
Ναι	Βλ. Παράρτημα 1	
<b>Σημαντικά ιόντα</b>		
Ναι	Βλ. Παράρτημα 1	
<b>Βαρέα μέταλλα</b>		
1/ έτος	Βλ. Παράρτημα 1	
<b>Φυτοφάρμακα- εντομοκτόνα</b>		
Όχι	Βλ. Παράρτημα 1	
<b>Βιομηχανικές οργανικές ενώσεις</b>		
Όχι	Βλ. Παράρτημα 1	
<b>ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ</b>		
<b>Υδάτινοι πόροι</b>		
	Ο υπόγειος υδροφορέας επαναφορτίζεται από τους ποταμούς. Αυτό σημαίνει ότι οι αλλαγές στην ποιότητα των ποταμών θα προκαλέσουν κατά πάσα πιθανότητα ένα παρόμοιο φαινόμενο στην ποιότητα των υπόγειων υδάτων.	
<b>Οικολογία οποιωνδήποτε υδάτινων ροών/ υγροτόπων/ άλλων</b>		
	Η επαναφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα από τα ύδατα της άρδευσης αυξάνει τον κίνδυνο ρύπανσης από τα φυτοφάρμακα και τα λιπάσματα. Η άρδευση εκτεταμένων περιοχών	

	απευθείας από τον ποταμό Άρδα ή από το δίκτυο άρδευσης του φράγματος του Κυπρίνου καθιστά τη διαδικασία ρύπανσης πιο σύνθετη.	
<b>Ανθρώπινη ανάπτυξη/ θέματα φτώχειας/ οικονομική ανάπτυξη</b>		
	Εάν δεν ληφθούν μέτρα για τη διαχείριση των βιομηχανικών και των αστικών αποβλήτων, θα επηρεαστεί η ποιότητα των υπόγειων και των επιφανειακών υδάτων.	
<b>ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ</b>		
<b>Εθνικοί κανονισμοί που ισχύουν για τους υπόγειους υδροφορείς: π.χ. άδειες για παραγωγή, άλλες θεσμικές (κανονιστικές) αναφορές, άλλοι έλεγχοι στην διάτρηση (γεώτρηση), χρήση του νερού κλπ.</b>		
	Υπάρχει μία συμφωνία (επίσημη) με τη Βουλγαρία, σύμφωνα με την οποία η Βουλγαρία πρέπει να παράσχει 186* 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr μέσω του ποταμού Άρδα στο φράγμα του Κυπρίνου μετά το τέλος της υγρής περιόδου για τις αρδευτικές ανάγκες της περιοχής.	
<b>Βουλγαρία</b>	<b>Ελλάδα</b>	<b>Τουρκία</b>
<b>Ιδιοκτησία των υπόγειων υδάτων, δικαιώματα κλπ.</b>		
	Σε τοπικό επίπεδο, η διαχείριση και ο έλεγχος εμπίπτουν στη δικαιοδοσία του Νομού στον οποίο ανήκει η περιοχή επαναφόρτισης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Οι δήμοι διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στη διαχείριση των υδατικών πόρων του υπόγειου υδροφορέα, θεωρώντας ότι ο αυτός αναπτύσσεται (διευρύνεται) κάτω από την περιοχή της δικαιοδοσίας τους.	
<b>Επικυρωμένες επίσημες διεθνείς συμφωνίες</b>		
Όχι	Όχι	
<b>Άτυπες συμφωνίες/ συμβάσεις</b>		
Όχι	Όχι	
<b>Βασικοί θεσμοί σε εθνικό και τοπικό επίπεδο</b>		
Όχι	Όχι	

(Πηγή: [http://www.inweb.gr/html\\_reports\\_inweb\\_maps/file\\_056.html](http://www.inweb.gr/html_reports_inweb_maps/file_056.html))

## 6.2 ΑΦΡΙΚΗ

### 6.2.1 ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ NUBIAN SANDSTONE



(Πηγή: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001921/192145e.pdf>)

#### Τσαντ- Αίγυπτος- Λιβύη- Σουδάν

- Έκταση (km<sup>2</sup>): 2.200.000
- Πίεση στα υπόγεια ύδατα εξαιτίας της οικονομικής ανάπτυξης και της αύξησης της ζήτησης τροφίμων για τον πληθυσμό
- Χωρίζεται σε δύο σημαντικές υπόγειες δεξαμενές: η παλαιότερη και η πιο εκτεταμένη υδάτινη δεξαμενή, το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian (Nubian Aquifer System, NAS), σε μεγάλο βαθμό χωρίς πίεση (ελεύθερη) και η άλλη δεξαμενή αναφέρεται ως το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Post Nubian (Post Nubian Aquifer System, PNAS)
- Η ποιότητα του νερού αλλάζει από εξαιρετική στο νότιο τμήμα σε υπεράλμυρο-αλατούχο στο βόρειο τμήμα.

#### Διακρατικά όργανα και μέσα

- Διακρατική συνεργασία: ανταλλαγή πληροφοριών
- Διακρατικοί θεσμοί: Διμερείς επιτροπές/ Μηχανισμός συνεργασίας (2001).

## **Συμφωνίες: επικυρώθηκαν επίσημες συμφωνίες**

Πρόγραμμα για την ανάπτυξη μίας Περιφερειακής Στρατηγικής για την Αξιοποίηση του Συστήματος Υπόγειου Υδροφορέα Nubian Sandstone (Nubian Sandstone Aquifer System, NSAS), Τρίπολη, 5 Οκτωβρίου 2000.

**Συμφωνία αριθμός 1:** αναφορικοί και συστατικοί όροι για την παρακολούθηση και την ανταλλαγή πληροφοριών των υπόγειων υδάτων του Συστήματος Υπόγειου Υδροφορέα Nubian Sandstone (Nubian Sandstone Aquifer System, NSAS).

**Συμφωνία αριθμός 2:** αναφορικοί και συστατικοί όροι για την παρακολούθηση και την ανταλλαγή δεδομένων.

### **1.1 Εισαγωγή**

Το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone (Nubian Sandstone Aquifer System, NSAS) αποτελεί το μεγαλύτερο αναγνωρισμένο σύστημα υπόγειου υδροφορέα ορυκτού νερού (fossil water) στον κόσμο. Βρίσκεται στο υπέδαφος του ανατολικού άκρου της ερήμου της Σαχάρας και εκτείνεται στα πολιτικά σύνορα τεσσάρων χωρών στην βορειοανατολική Αφρική (εικ. 6.6). Αυτός ο υπόγειος υδροφορέας καλύπτει μία τεράστια, λίγο πάνω από 2.200.000 km<sup>2</sup> έκταση γης, συμπεριλαμβανομένων των τμημάτων του βορειοδυτικού Σουδάν με έκταση 376.000 km<sup>2</sup>, του βορειοανατολικού Τσαντ με έκταση 235.000 km<sup>2</sup>, της νοτιοανατολικής Λιβύης με έκταση 760.000 km<sup>2</sup>, καθώς και το μεγαλύτερο μέρος της Αιγύπτου που αγγίζει προσεγγιστικά το 80% του συνόλου της χώρας με έκταση 826.000 km<sup>2</sup> (CEDARE 2002). Η γεωγραφική του θέση εκτιμάται μεταξύ γεωγραφικού πλάτους 14°-33° βόρεια και γεωγραφικού μήκους 19°-34° ανατολικά. Η αποθηκευτική του ικανότητα ανέρχεται περίπου στα 457.570 km<sup>3</sup> όγκου υπόγειου νερού.

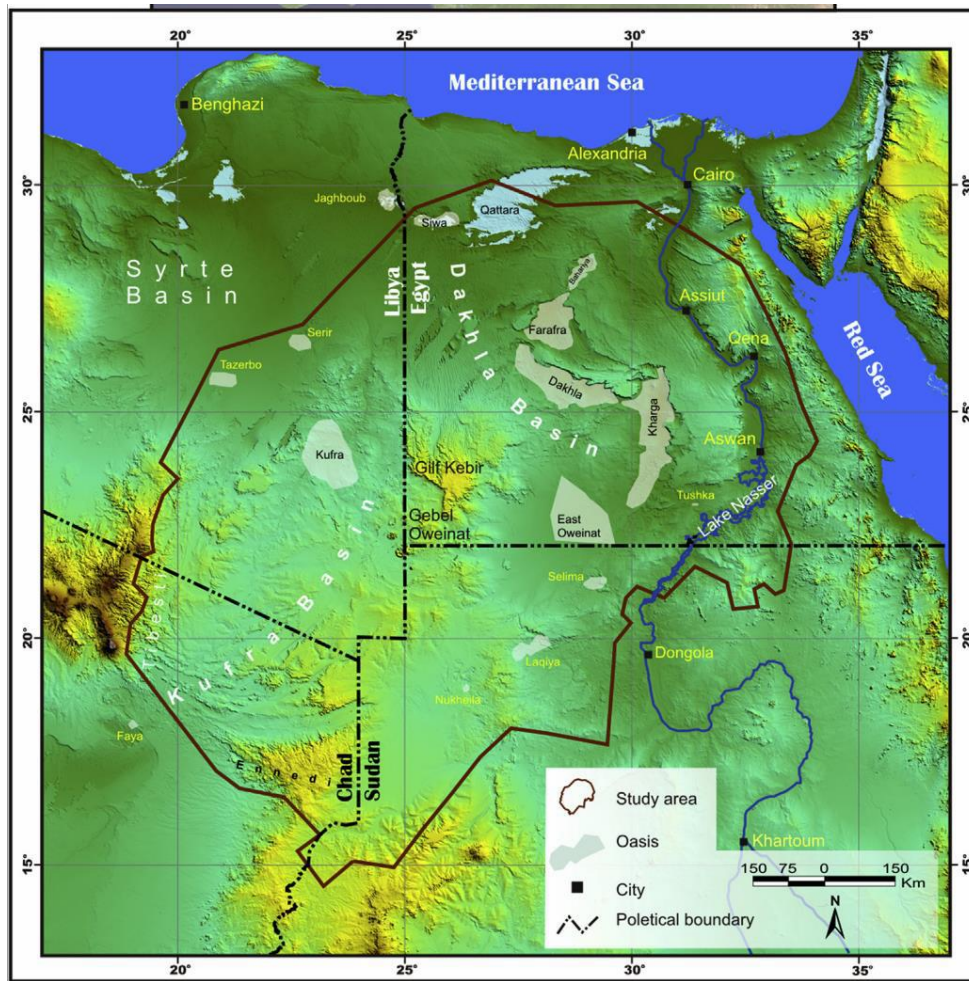
Ο υπόγειος υδροφορέας αποτελείται κατά ένα μεγάλο μέρος από σκληρό σιδηρούχο ψαμίτιη με μία τεράστια σχιστολιθική και αργιλώδη παρεμβολή (στρώση), έχοντας πάχος που κυμαίνεται μεταξύ 140- 230 m. Ο τύπος των υπόγειων υδάτων διαφοροποιείται (μεταβάλλεται) από φρέσκο (γλυκό) έως ελαφρώς γλυφό (αλμυρό), ενώ η αλατότητα κυμαίνεται από 240- 1.300 ppm. Η επικράτηση του τύπου διάταξης των ιόντων, δείχνει ότι το νάτριο κυριαρχεί περισσότερο από το ασβέστιο και το μαγνήσιο, ενώ το χλώριο κυριαρχεί πάνω από τις θειϊκές και τις διττανθρακικές (όξινες ανθρακικές) ενώσεις. Τα υπόγεια ύδατα θεωρούνται ατμοσφαιρικής προέλευσης. Ο

όρος ατμοσφαιρικό νερό (meteoric water) αναφέρεται στο νερό το οποίο προέρχεται από την κατακρήμνιση, ενώ τα περισσότερα υπόγεια νερά έχουν ατμοσφαιρική προέλευση. Οι υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου, χλωρίου και θειϊκών ενώσεων ανακλούν τις διαδικασίες έκπλυσης και διάλυσης του γυψώδους σχιστόλιθου και αργίλου, εκτός από μία μακρά διάρκεια παραμονής στο νερό.

Το κλίμα της Σαχάρας έχει υποστεί αισθητές μεταβολές μεταξύ ξηρού και υγρού τα τελευταία δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Το υπόγειο νερό εντός του συστήματος του υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone είναι πολύ μεγάλης ηλικίας, ωστόσο η τελευταία υγρή περίοδος συνέβη πριν 4.000- 8.000 χρόνια από σήμερα, όπως αναφέρουν πολλοί συγγραφείς (Pachur et al., 1987; Heintz and Brinkmann, 1989; Pachur et al., 1990; Pachur, 1999; Kröpelin, 1999; El-Baz et al., 2000; Kröpelin, 2001; Sadek et al., 2001; Thorweihle and Heintz, 2002; Sturchio et al., 2004; Gossel et al., 2006, 2010b; Voss and Soliman, 2014).

Σε πολλές σύγχρονες δημοσιεύσεις (CEDARE, 2001, 2002; Ebraheem et al., 2002, Ebraheem, 2003; Ebraheem et al., 2003, 2004; Ghoneim and El-Baz, 2007; Gossel et al., 2004, 2006, 2008; Sefelnasr, 2002, 2007; Sefelnasr et al., 2006a, b; Sefelnasr et al., 2014; Voss and Soliman, 2014) λέγεται πως το νερό του κοινόχρηστου υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone είναι μη ανανεώσιμο και μοιράζεται μεταξύ της Αιγύπτου, της Λιβύης, του Σουδάν και του Τσαντ (εικ 6.6). Δεν υπάρχουν ανιχνεύσιμες πρόσφατες σημαντικές επαναφορτίσεις υπόγειων υδάτων σύμφωνα με τον Thorweihle (1986). Το μεγαλύτερο μέρος του υπάρχοντος νερού που αντλείται από το σύστημα του υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone (NSAS) χρησιμοποιείται για την γεωργία, είτε για μεγάλα αναπτυξιακά έργα στη Λιβύη ή για αγροκτήματα που βρίσκονται σε οάσεις στην Αίγυπτο.

Ο υπόγειος υδροφορέας είναι ιδιαίτερης σημασίας, διότι αποτελεί τον μοναδικό πόρο νερού για αυτή την άνυδρη περιοχή. Η αυξανόμενη δημογραφική ανάπτυξη και η έλλειψη των ανανεώσιμων πόρων γλυκού νερού είχαν σαν αποτέλεσμα την ολοένα και μεγαλύτερη προσοχή των δυνητικών υπόγειων υδάτων που αντιπροσωπεύει το σύστημα Nubian Sandstone (NSAS). Έγιναν πολλές απόπειρες αξιοποίησης και διαχείρισης του υπόγειου υδροφόρου συστήματος από την Αίγυπτο και τη Λιβύη κατά τη διάρκεια των τριών τελευταίων δεκαετιών, που αυτό με τη σειρά του επηρέασε άμεσα τους υπόγειους υδατικούς πόρους του υδροφόρου ορίζοντα και είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τεράστιων καταπτώσεων (καταθλίψεων) γύρω από τις περιοχές (πεδιά) των πηγαδιών και των γεωτρήσεων στις αντίστοιχες περιοχές.

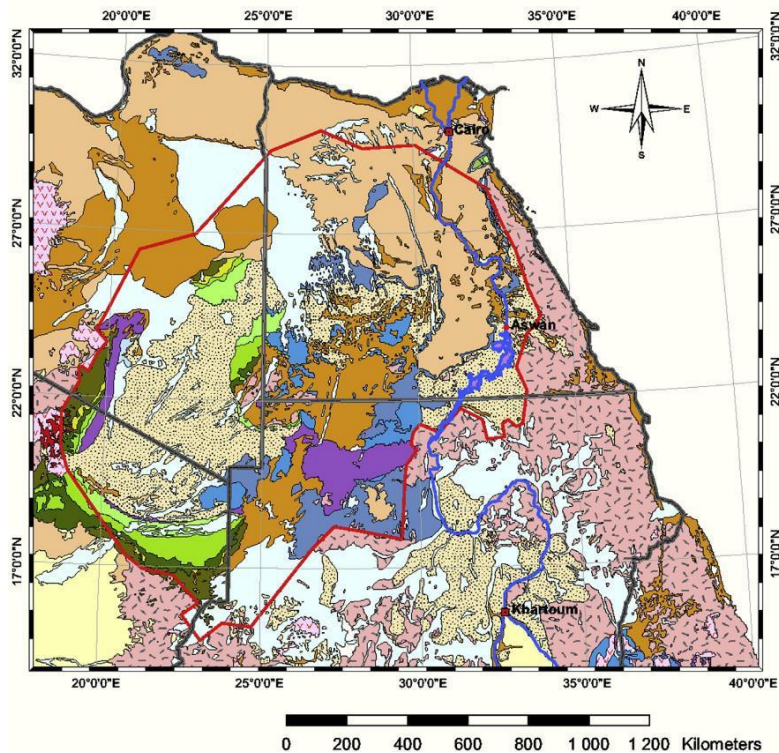


**Εικ. 6.6 Η περιοχή μελέτης του συστήματος υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone. (Πηγή: USGS, 2004 and NASA, 2005, 2006)**

## 1.2 Φυσική, γεωλογική και υδρογεωλογική λειτουργία του συστήματος

Το σύνολο των ιζημάτων της περιοχής μελέτης σχηματίζει μία τεράστια μορφολογική δομή κατάπτωσης (κατάθλιψη) στις περιοχές του Τσαντ και της Λιβύης, καθώς οι επιφανειακές εμφανίσεις των ιζημάτων σε όλα τα όρια της λεκάνης και των παλαιότερων ιζημάτων σε γενικές γραμμές υπερκαλύπτονται με νεότερες προς την κατεύθυνση του κέντρου κατάπτωσης (Knetsch and Yallouze, 1955; Ibrahim, 1956). Στο βόρειο Σουδάν και την Αίγυπτο, εμφανίζεται μία τεράστια μονοκλινική δομή όπου οι παλαιότεροι σχηματισμοί εμφανίζονται επιφανειακά στις νότιες περιοχές, ενώ αντίθετα στο βορρά συνήθως βυθίζονται, αυξάνονται σε πάχος και εξαφανίζονται κάτω από τους νεότερους σχηματισμούς όπως φαίνεται στο σχήμα 6.1 (Himida, 1970; Hermina, 1990).





Explanation					
	Middle-Upper Devonian		Middle-Upper Cretaceous		Holocene (sand and dunes)
	Lower Devonian		Lower Cretaceous		Pleistocene
	Silurian		Jurassic-Lower Cretaceous		Quaternary (Volcanics)
	Cambro-Ordovician		Carboniferous-Cretaceous (undevided)		Quaternary (undevided)
	Paleozoic (undevided)		Permo-Terriassic		Tertiary (Volcanics)
	Pre-Cambrian		Carboniferous		Tertiary

Σχ. 6.1: Γεωλογικός χάρτης του συστήματος υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone. (Πηγή: CONOCO, 1987 and USGS, 2004)

Μεταβαίνοντας από τις νότιες τοποθεσίες της περιοχής προς το βορρά, οι βράχοι του υπόγειου συμπλέγματος σταδιακά υπερκαλύφθηκαν (επικαλύφθηκαν) από μία σειρά ως επί το πλείστον μη απολιθωματοφόρων σχηματισμών που αποτελούνται κατά κύριο λόγο από ψαμμίτες (κυρίως ηπειρωτικούς) με ενστρώσεις (παρεμβολές) αργίλου και σχιστόλιθων, οι οποίοι κοινώς αποκαλούνται σειρές του Nubian Sandstone. Αυτά τα ιζήματα μεταβάλλονται και διαφοροποιούνται σε πάχος από λίγες δεκάδες μέτρα στις βόρειες περιοχές του Σουδάν σε περίπου 4500 μέτρα στο βόρειο τμήμα της λεκάνης Kufra (Klitzsch and Wycisk, 1999).

Οι λιθοστρωματογραφικές μονάδες που αποτελούν το σύστημα του υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone έχουν μία γεωλογική ηλικία η οποία κυμαίνεται από την Κάμβρια-Ορδοβίκια μέχρι την Ανώτερη Κρητιδική της ηπειρωτικής προέλευσης με ορισμένες θαλάσσιες ενστρώσεις (παρεμβολές) της Δεβόνιας, Λιθανθρακοφόρας και



Πέρμιας ηλικίας (Bellini and Massa, 1980; Wycisk, 1987, 1993, 1994; Klitzsch, 1989; Said, 1990). Στα βόρεια της περιοχής μελέτης, ένας τεράστιος σωρός από θαλάσσια ιζήματα της Ανώτερης Κρητιδικής- Τριτογενούς ηλικίας υπερκαλύπτει τα ιζήματα του Nubian Sandstone. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις αντιπροσωπεύονται από ποτάμιες αποθέσεις στην κοιλάδα του Νείλου και στο Δέλτα, χαλκώδεις αναβαθμίδες που συνορεύουν με την κοιλάδα του Νείλου, λιμναίες αποθέσεις που καλύπτουν την επιφάνεια του εδάφους σε μερικές από τις κοιλάδες (καταπτώσεις) και τις πληρώσεις Wadi στις άκρες του οροπεδίου της ερήμου και στην ανατολική έρημο (σχ. 6.1). Τα ιζήματα της λίμνης και οι sabkhas<sup>1</sup> αποτελούν σημαντικά συστατικά της επιφάνειας των περισσότερων από τις καταπτώσεις και τις οάσεις, καθώς εμφανίζονται σε πάχος που φτάνει τα 60 m στο Σουδάν και στην κατάπτωση της Kufra και περίπου τα 40 m στην οάση Kharga (Kropelin, 1999; Gossel et al., 2004).

Εκτενείς ελεύθερες κινούμενες αποθέσεις άμμου με τη μορφή αμμόλοφων και επιστρωμάτων άμμου βρίσκονται στην κορυφή ενός μεγάλου μέρους της περιοχής μελέτης (Said, 1990).

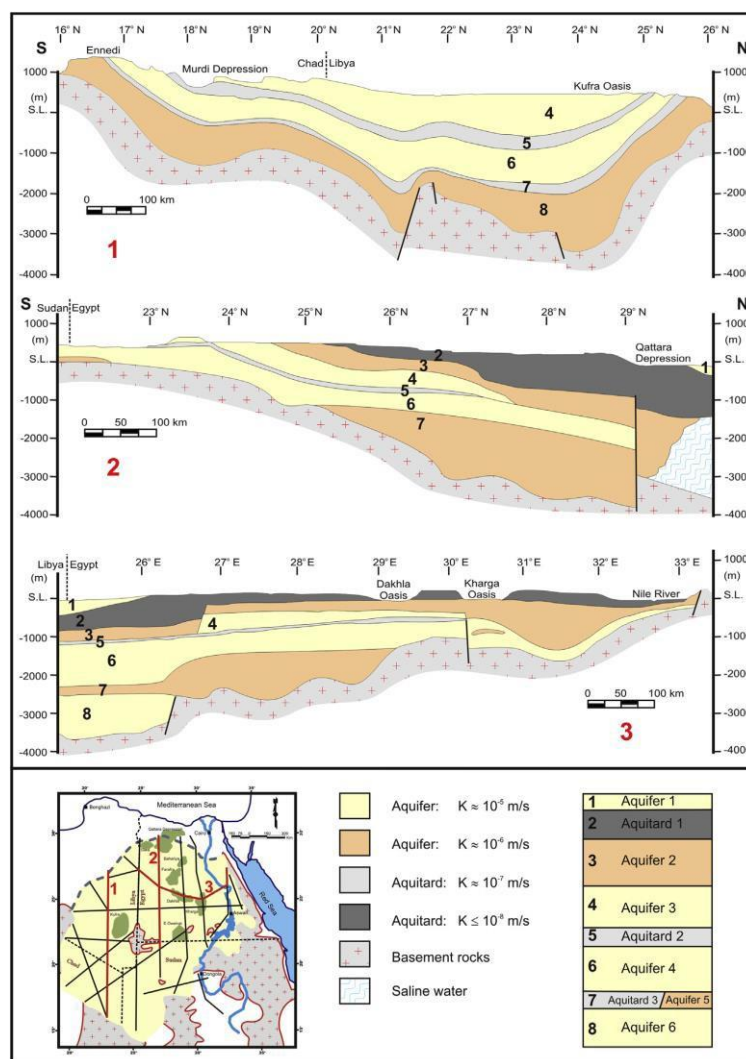
Από τις αρχές του Παλαιοζωικού χρόνου, οι κάθετες κινήσεις στην περιοχή αυτή που ήταν πολύ αργές και είναι ηπειρογενετικές στη φύση, οδήγησαν στον σχηματισμό των μεγάλων λεκανών της περιοχής, οι οποίες είναι πλέον γεμάτες με ιζήματα πάνω από 4500 m πάχους και συνορεύουν ή διαχωρίζονται από ζώνες μικρής έως ασήμαντης καθίζησης (υποχώρησης) ή ανύψωσης (Klitzsch, 1983; Schandelmeier et al., 1987; Wycisk et al., 1990).

Υδρογεωλογικά, το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone θεωρείται ένα σε γενικές γραμμές κλειστό σύστημα, καθώς έχει φυσικά όρια (σύνορα) στα ανατολικά και νοτιοανατολικά που διαμορφώνονται και σχηματίζονται από τις οροσειρές Nubian Shield και ενώνεται στα νότια και δυτικά από τις ορεινές (επιφανειακές) εμφανίσεις των Kordofan Block, Ennedi και Tibesti. Στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης, ο υπόγειος υδροφορέας δεσμεύεται από την διαχωριστική γραμμή (χώρισμα) των υπόγειων υδάτων που βρίσκεται μεταξύ των βουνών Ennedi και Tibesti.

## **Υπόμνημα**

1. Μορφή αλυκής. Φυσικοί σχηματισμοί που απαντώνται στο εσωτερικό μέρος- ενδοχώρα άλυδων περιοχών (ερήμων) ή άλυδων ακτογραμμών και αποτελούνται από αποθέσεις εβαποριτών (συμπεριλαμβανομένων του αλατιού, του γύψου και του ανθρακικού ασβεστίου, ιζήματα που έχουν παρασυρθεί από τον αέρα και παλιρροϊκές αποθέσεις. Επηρεάζονται από τα υπόγεια ύδατα και τα ύδατα θαλάσσιας προέλευσης.

Το φυσικό βόρειο όριο του συστήματος υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone ορίζεται στη λεγόμενη διεπιφάνεια αλατώδους- γλυκού νερού, της οποίας η θέση θεωρείται χωρικά σταθερή, αν και είναι λογικοφανής και πιθανή μία μικρή κίνηση (Thorweihe και Heinl, 2000; Gossel et al., 2010a,b). Το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone έχει μια πολύπλοκη και σύνθετη δομή, η οποία δεν επιτρέπει τον επαρκή προσδιορισμό της υδραυλικής συνοχής μεταξύ των διάφορων υπολεκανών. Η υδραυλική διασύνδεση αναδεικνύεται μεταξύ των υπολεκανών απορροής, καθώς και μεταξύ των διαφόρων λεκανών που αποτελούν το σύστημα σε περιφερειακό επίπεδο (Sefelnasr, 2002, 2007; Gossel et al., 2008).



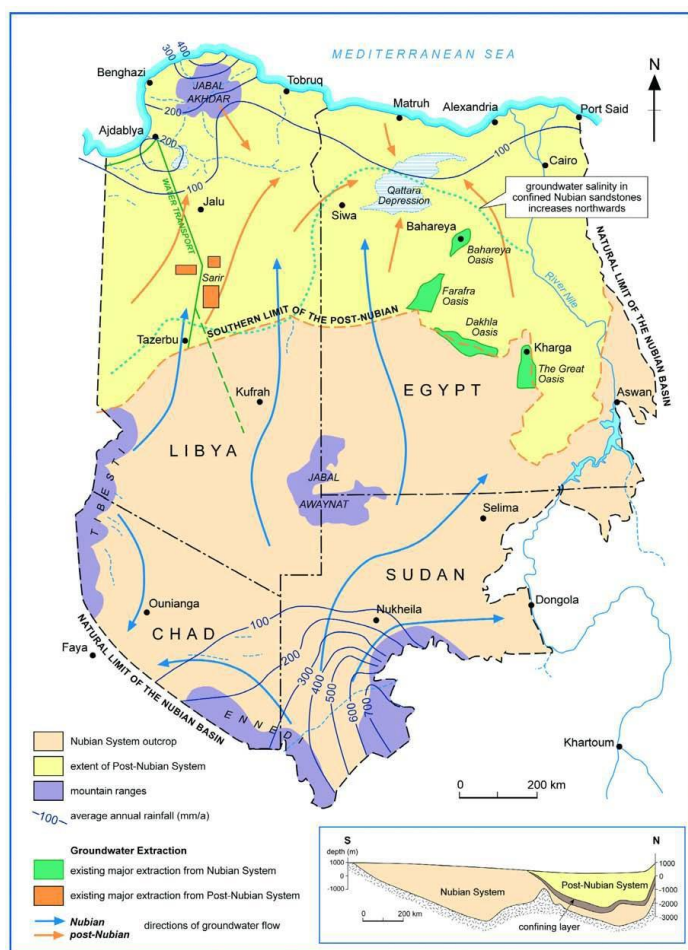
**Σχ. 6.2: Σχηματικό παράδειγμα διαμορφώνει και ρυθμίζει την τοποθεσία ορισμένων περιφερειακών διατομών σε κάτοψη (Πηγή: Hesse et al., 1987).**

Μπορούν επίσης να παρουσιαστούν οι υδραυλικές αγωγιμότητες του συστήματος υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone σύμφωνα με τα lithological στοιχεία της κάθε λεκάνης του υπόγειου υδροφορέα όπως στο σχήμα 6.2. Η ακρίβεια

των παραμέτρων αυτών εξαρτάται από την τοποθεσία και τον αριθμό των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στον υπόγειο υδροφόρο. Για παράδειγμα τα Παλαιοζωικά στρώματα δε διαπερνώνται καθόλου έως απίθανο από ένα πηγάδι, επομένως οι παράμετροί τους δίνονται ως μέσος όρος σε σχέση με τις τιμές που υπολογίστηκαν για τα ίδια στρώματα σε διαφορετικές τοποθεσίες, όπου αυτά έχουν πλήρως ή μερικώς εισχωρήσει.

### 1.3 Αξιολόγηση των υπόγειων υδατικών πόρων

Το σύστημα υπόγειου υδροφόρου Nubian Sandstone θεωρείται ότι είναι μία από τις πιο σημαντικές υπόγειες υδατικές λεκάνες στον κόσμο. Το σύστημα αυτό, μπορεί να διαιρεθεί σε δύο τμήματα (μεγάλους ταμιευτήρες) το ένα κάτω από το άλλο, συμπεριλαμβανομένων των διαφορών υποσυστημάτων που διαχωρίζονται με ανυψώσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3.



Σχ. 6.3: Υδρογεωολογικό σκίτσο χάρτη του συστήματος υδροφόρου ορίζοντα Nubian Sandstone (Πηγή: Bakhbaki, 2006, 76)

Ο παλαιότερος, πιο εκτεταμένος και πιο σημαντικός, ο υπόγειος υδροφορέας Nubian Sandstone (NSA) αποτελεί τη βάση του υπόγειου υδροφορέα Post Nubian (PNA) και περιλαμβάνει μία σειρά από υπόγειους υδροφορείς που είναι υδραυλικά συνδεδεμένοι. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο υπόγειος υδροφορέας Nubian Sandstone (NSA) καλύπτει ολόκληρη την περιοχή του συστήματος υδροφόρου ορίζοντα Nubian Sandstone, ο υπόγειος υδροφορέας Post Nubian (PNA) βρίσκεται μόνο στο βορρά και περιλαμβάνει τμήματα της Λιβύης και της Αιγύπτου. Στρώματα χαμηλής διαπερατότητας διαχωρίζουν τα δύο συστήματα, αλλά συνδέονται υδραυλικά μεταξύ τους με τη μορφή της ανοδικής εκροής.

Νότια της γραμμής που εκτείνεται μεταξύ της 22<sup>ης</sup> και 29<sup>ης</sup> παραλλήλου, ο υπόγειος υδροφορέας Nubian Sandstone (NSA) είναι ανεμπόδιτος. Στο βόρειο τμήμα περιορίζεται και επικαλύπτεται από τον υπόγειο υδροφορέα Post Nubian (PNA) (Margat 1995; Bakhbakhi 2006; Salem /Pallas, 2002).

Παρά το γεγονός ότι το σύστημα υδροφόρου ορίζοντα Nubian Sandstone έχει αποτελέσει αντικείμενο πολυάριθμων μελετών, η επιστημονική γνώση αυτού του υπόγειου υδροφόρου συστήματος είναι ακόμη περιορισμένη. Δεν υπάρχουν για αυτό το σύστημα ακριβείς τιμές, όπως ο συνολικός όγκος νερού που αποθηκεύεται, ο ρυθμός ροής των υπόγειων υδάτων και η συνολική ετήσια άντληση από αυτόν (A. Margane, 2007). Εκτιμήσεις του συνολικού ποσού των υπόγειων υδάτων που αποθηκεύονται για παράδειγμα, ποικίλλουν από 15.000 km<sup>3</sup> (Ambroggi, 1966) και 135.000 km<sup>3</sup> (Gossel/Ebraheem/ Wyick, 2004) σε 457.570 km<sup>3</sup> (CEDARE 2002).

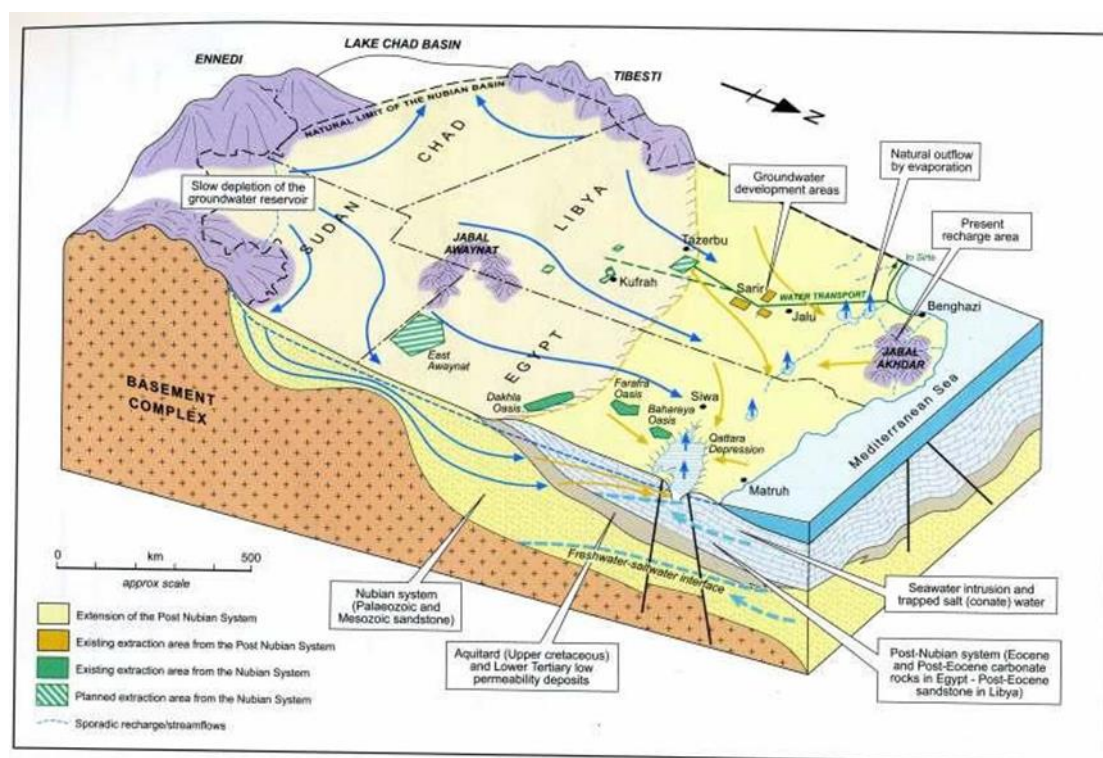
Ταυτόχρονα, έγιναν μελέτες οι οποίες προσπάθησαν να προσδιορίσουν τις αβεβαιότητες και τα αντικρουόμενα αποτελέσματα άλλων ερευνών, όπου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Σε γενικές γραμμές, η έλλειψη δεδομένων για όλη την περιοχή που αφορά τις γεωλογικές δομές, το πορώδες και τα διάφορα πάχη στα υδροφόρα στρώματα σε ολόκληρη τη λεκάνη, έχουν οδηγήσει σε ένα σχετικά υψηλό επίπεδο αβεβαιότητας.

Δεδομένου ότι η επαναφόρτιση είναι πολύ χαμηλή και το περιορισμένο σε απόθεμα νερό είναι «ορυκτό», το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone θεωρείται μία πηγή μη ανανεώσιμων υπόγειων υδάτων. Μεγάλες επαναφορτίσεις του υδροφόρου συστήματος έλαβαν χώρα τα τελευταία διαστήματα. Η ραδιοχρονολόγηση έδειξε ότι το μεγαλύτερο μέρος της μάζας των υπόγειων υδάτων του συστήματος βρισκόταν από 100.000 έως 1.000.000 χρόνια πριν στις βαθύτερες ζώνες (Himida 1969/ Everett 2004). Προς το παρόν, δεν υπάρχει εισροή υδάτων στο σύστημα, λόγω

διαρροής από τον Νείλο, δεδομένου ότι τα επίπεδα του νερού στη λίμνη Naser έχουν αυξηθεί (Gossel/ Ebraheem/ Wycisk, 2004).

Τα υπόγεια ύδατα στο σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone ρέουν γενικά από το βορρά προς το νότο (σχ. 6.4). Ωστόσο, η περιφερειακή ροή κατά μήκος του συστήματος είναι πολύ μικρή σε σύγκριση με εκείνη εντός των υποσυστημάτων (Zektser/ Everett, 2004).

Κλιματικά, το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης είναι άνυδρο. Λόγω των τρεχουσών κλιματικών συνθηκών, υπάρχει μία αργή εκφόρτιση του υπόγειου υδροφόρου συστήματος (Salem/ Pallas, 2001) επειδή η φυσική ροή των υπόγειων υδάτων μεταφέρει το νερό σε μία μεγάλη και βαθιά περιοχή εξάτμισης μεταξύ της Λιβύης και του Καΐρου. Αυτό υποδηλώνει μία αργή αλλά μόνιμα εξελισσόμενη εξάντληση των αποθηκευμένων υπόγειων υδάτων (Salem / Pallas 2002). Ωστόσο, δεν υπάρχουν εκτιμήσεις που να είναι πρόσφατα διαθέσιμες για το ύψος του νερού που εκρέει.



Σχ. 6.4 Τομή του συστήματος υδροφόρου ορίζοντα Nubian Sandstone (Πηγή: Bakhbaki (2006, 76))

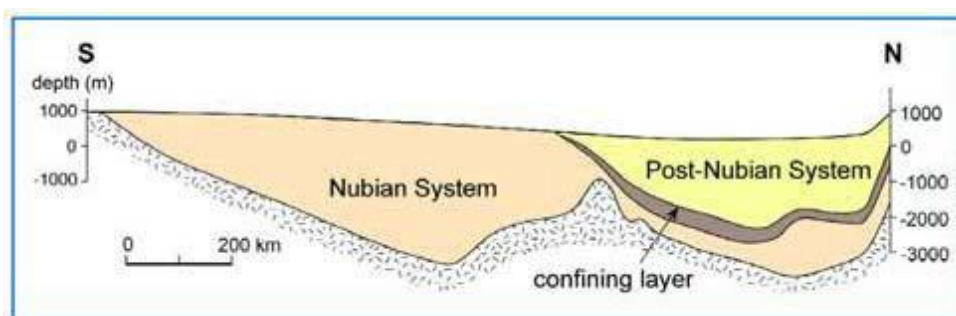
#### 1.4 Το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian

Το υδροφόρο σύστημα Nubian (σχ. 6.5) εκτείνεται σε μία τεράστια έκταση στην Αίγυπτο, τη Λιβύη, το Σουδάν και το Τσαντ. Το βορειότερο σύνορο του υπόγειου



υδροφορέα Nubian Sandstone (NSA) είναι στη Μεσόγειο Θάλασσα με βορειοδυτικό σύνορο που καθορίζεται από μία σταθερή διεπαφή του γλυκού και του θαλασσινού νερού (Gossel/ Ebraheem/ Wycisk, 2004). Το υπόγειο υδροφόρο σύστημα Nubian οριοθετείται στα βορειοανατολικά από τη διώρυγα του Σουέζ προς την Ερυθρά Θάλασσα, στα ανατολικά από μία οροσειρά και στα νοτιοανατολικά από τον ποταμό Νείλο (Bakhbakhi 2006). Το δυτικό σύνορο αποτελεί μία διαίρεση των υπόγειων υδάτων που εκτείνεται από τα βουνά Tibesti από τα νότια προς τα βόρεια κατά μήκος του 19<sup>ου</sup> μεσημβρινού. Ο καθορισμός των δυτικών συνόρων ωστόσο, βασίζεται σε μοντέλα που δημιουργήθηκαν από τον Thorweihe and Hrnl (1996) και άλλων, έτσι ώστε το υδροφόρο σύστημα Nubian ενδεχομένως να εκτείνεται ακόμη μακρύτερα προς τα δυτικά. Ομοίως, ο ορισμός των νότιων συνόρων προς τη λεκάνη της λίμνης Chad εξακολουθεί να υπόκειται σε περαιτέρω διερεύνηση. Επομένως, η ροή των υπόγειων υδάτων μεταξύ του υδροφόρου συστήματος Nubian και της λεκάνη της λίμνης Chad δεν μπορεί να αμφισβητηθεί αυτή τη χρονική στιγμή.

Το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian αποτελείται από ηπειρωτικά, κυρίως ψαμμίτικα Παλαιοζωικά και Μεσοζωικά αποθέματα. Το σύστημα αποτελείται από υπόγειους υδροφορείς διαφορετικά διασυνδεδεμένους εντός των γεωλογικών σχηματισμών (Salem/ Pallas, 2002). Οι πιο σημαντικές υπολεκάνες είναι η δυτική λεκάνη της Kufra και η ανατολική λεκάνη της Dahkla. Ενώ οι διάφορες ανυψώσεις υποδιαιρούν το υδροφόρο σύστημα και ως εκ τούτου το σχήμα, οι δύο κύριες λεκάνες δε φαίνεται να διαιρούνται με τέτοια ανύψωση (Wycik, 1993/ Wycik, 2004).



**Σχ. 6.5: Υδροφόρα συστήματα Nubian και Post-Nubian (Πηγή: Bakhbakhi, 2006)**

Μέσα σε αυτά τα όρια, το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian φτάνει σε ένα μέγιστο βάθος της τάξης των 500 m. Το υδραυλικό μέτωπο κυμαίνεται από 570 m πάνω από την στάθμη της θάλασσας δυτικά του Νταρφούρ έως 78 m στη λεκάνη του Κατάρ (Sefelnasr/ Gossel/ Wycisk, 2007). Υπολογίζεται ότι ο συνολικός όγκος του νερού που αποθηκεύεται στον υπόγειο υδροφορέα Nubian Sandstone (NSA) είναι 373.000 km<sup>3</sup>,

εκ των οποίων το 41,5% είναι κάτω από το αιγυπτιακό έδαφος, 36,6% στη Λιβύη, 12,8% στο Τσαντ και το υπόλοιπο 9% στο Σουδάν (CEDARE, 2002). Άλλοι επιστήμονες ωστόσο, φτάνουν σε πολύ χαμηλότερες εκτιμήσεις.

Η ποιότητα του νερού στο υπόγειο υδροφόρο σύστημα κυμαίνεται από εξαιρετική στο νότιο τμήμα, με 500 ppm ολικών διαλυμένων στερεών (TDS), σε υπερυφάλμυρα νερά στο βόρειο τμήμα. Το αλατούχο τμήμα του υπόγειου υδροφορέα βρίσκεται σε περιορισμένο μέρος στο βορρά, κυρίως κάτω από το Λιβυκό έδαφος.

Ο Πίνακας 1 δείχνει την υπολογισμένη αποθηκευτική χωρητικότητα του συνολικού συστήματος του υπόγειου υδροφορέα Nubian (NAS) και στα δύο ανεμπόδιστα και περιορισμένα τμήματά του εντός των τεσσάρων χωρών, που υπερβαίνει τα 520.000 km<sup>3</sup>. Οι υπόγειοι υδατικοί πόροι του συστήματος υπόγειου υδροφορέα Nubian δε διαθέτουν εξ' ολοκλήρου γλυκό νερό. Η ποιότητα του νερού όπως μετρήθηκε από τη συνολική περιεκτικότητα των διαλυμένων στερεών, αλλάζει από εξαιρετική (500ppm) στο νότιο τμήμα του συστήματος, σε υπερυφάλμυρο στο βόρειο τμήμα (CEDARE, 2002). Αποκλείοντας αυτό το υπερυφάλμυρο νερό, ο συνολικός όγκος των φρέσκων υπόγειων υδάτων στον υπόγειο ταμιευτήρα είναι περίπου 373.000 km<sup>3</sup>.

**Πίνακας 1: Συνολικά ανακτήσιμες ποσότητες φρέσκου υπόγειου νερού για το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone**  
(Πηγή: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001469/146997E.pdf>)

REGION	AQUIFER UNCONFINED PART		
	Area (km <sup>2</sup> )	Saturated thickness (m)	Volume in storage (km <sup>3</sup> )
Egypt	311,861.87	838.5	52,299.24
Libya	350,732.68	1786.4	125,309.77
Chad	232,977.04	1026	47,806.89
Sudan	373,102.44	454	33,877.70
Total	—	—	259,293.60

REGION	AQUIFER CONFINED PART						
	All occurrence			Part with saline water			Volume of fresh water in storage (km <sup>3</sup> )
	Area (km <sup>2</sup> )	Saturated thickness (m)	Water * volume in storage (km <sup>3</sup> )	Area (km <sup>2</sup> )	Saturated thickness (m)	Water * volume in storage (km <sup>3</sup> )	
Egypt	503,813.93	1,498.8	151,023.26	128,793	1,887	48,606.48	102,416.78
Libya	403,356.88	1,407.48	113,543.35	350,835.24	1,458	102,303.56	11,239.79
Chad	—	—	—	—	—	—	—
Sudan	—	—	—	—	—	—	—
Total	—	—	264,566.61	—	—	150,910.04	113,656.57

\* Based on average formation bulk porosity of 20%

REGION	Egypt	Libya	Chad	Sudan	Total
Total volume of fresh water in storage (km <sup>3</sup> )*	154,716.02	136,549.56	47,806.89	33,877.7	372,950.17

\* Total volume of fresh water in storage is equal to the sum of the fresh water in the aquifer confined and unconfined parts.

### 1.5 Το σύστημα υδροφόρου ορίζοντα Post Nubian

Το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Post Nubian (PNA) βρίσκεται κάτω από τμήματα της Λιβύης σε μετα-ηώκαινες ηπειρωτικές αποθέσεις (κυρίως ψαμμίτες) και σε τμήματα της Αιγύπτου σε ανθρακικά πετρώματα. Οριοθετείται από τα σημεία που δεν εμφανίζουν ροή προς τα νότια και συνδέεται υδραυλικά με το σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian (NAS) με ανοδική ροή. Εκτός από το ότι μοιράζεται τα ίδια όρια με τον υπόγειο υδροφορέα Nubian Sandstone (NSA), ο συνολικός όγκος των υπόγειων υδάτων που αποθηκεύονται υπερβαίνει τα 84.600 km<sup>3</sup> (Πίνακας 2). Μία κατάπτωση που παρατηρείται στο γεωγραφικό πλάτος των 30° οφείλεται στην ύπαρξη πολλών αλυκών. Λαμβάνοντας αυτή τη γραμμή ως όριο, το γλυκό νερό που αποθηκεύεται στον Post Nubian είναι 72.767 km<sup>3</sup>, εκ των οποίων το 54% βρίσκεται κάτω από το Λιβύη και το 46% κάτω από το αιγυπτιακό έδαφος (CEDARE, 2002). Και εδώ ωστόσο, για τους λόγους που ήδη αναφέρθηκαν, επικρατεί ένα υψηλό επίπεδο αβεβαιότητας.

**Πίνακας 2: Αποθηκευτική χωρητικότητα από το σύστημα υδροφόρου ορίζοντα Post Nubian (Πηγή: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001469/146997E.pdf>)**

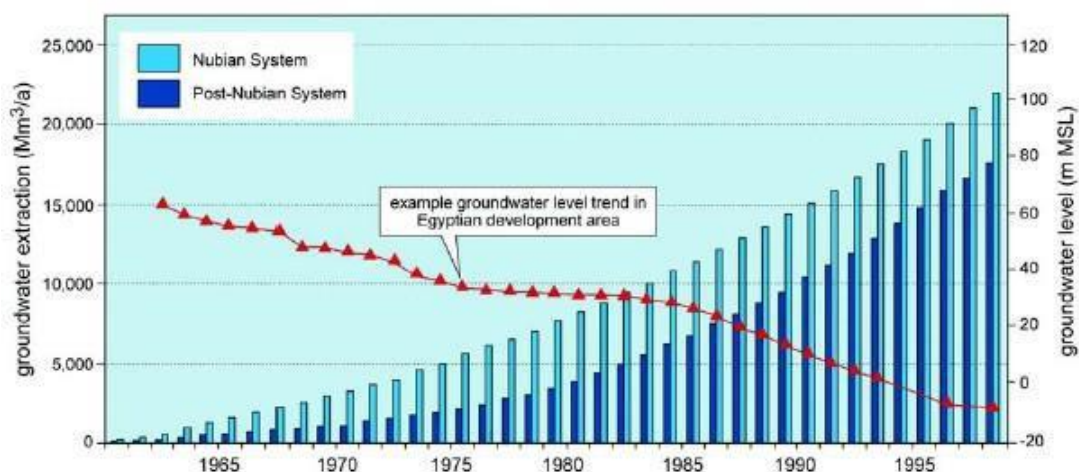
REGION	Area (km <sup>2</sup> )	Saturated thickness (m)	Groundwater volume in storage (km <sup>3</sup> )	Stored volume South of the 30°N (km <sup>3</sup> )
Libya	426479.32	1143.00	48746.586	39427.5
Egypt	494039.44	726.00	35867.263	32839.67
Total	920518.76		84613.849	72767.17

### Προσδιορισμός εκμεταλλεύσιμων όγκων υπόγειων υδάτων

Η εκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών αποθεμάτων λαμβάνει χώρα αυτή την τρέχουσα περίοδο στο υπόγειο υδροφόρο σύστημα Nubian Sandstone. Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.4, η εκμετάλλευση αυξάνεται κάθε χρόνο. Κατά τα τελευταία 40 χρόνια, παρατηρήθηκε ότι πάνω από 40 δισεκατομμύρια m<sup>3</sup> νερού έχουν εξαχθεί από το υδατικό σύστημα στη Λιβύη και την Αίγυπτο. Αυτή η εκμετάλλευση έχει οδηγήσει σε ένα μέγιστο όριο ανάληψης περίπου των 60 m. Όλες εκτός από το 3% της ελεύθερης ροής γεωτρήσεις και πηγές έχουν αντικατασταθεί από βαθιές γεωτρήσεις. Το



περισσότερο από το υπάρχον νερό που εξάγεται χρησιμοποιείται για τη γεωργία, είτε για τα μεγάλα αναπτυξιακά έργα στη Λιβύη είτε για ιδιωτικές εκμεταλλεύσεις που βρίσκονται σε παλιές οάσεις στην Αίγυπτο. Η ποσοτικοποίηση του εκμεταλλεύσιμου υπολειπόμενου όγκου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν την αλλαγή του κόστους άντλησης του νερού, τις χρήσεις για τις οποίες το νερό τίθεται σε διαθεσιμότητα, τις ποσοτικές και ποιοτικές επιδράσεις των αποθεμάτων που γίνονται αντικείμενο εκμετάλλευσης, καθώς και τις οικολογικές συνέπειες. Στην περίπτωση των κοινών υπόγειων υδροφόρων οριζόντων, οι αναλήψεις των υπόγειων υδάτων από τον κοινόχρηστο πόρο της κάθε χώρας μπορεί να δημιουργήσουν αρνητικούς αμοιβαίους εξωτερικούς παράγοντες. Αυτοί και άλλοι παράγοντες θα πρέπει λοιπόν να εξεταστούν στην ποσοτικοποίηση του όγκου των εκμεταλλεύσιμων υπόγειων υδάτων.



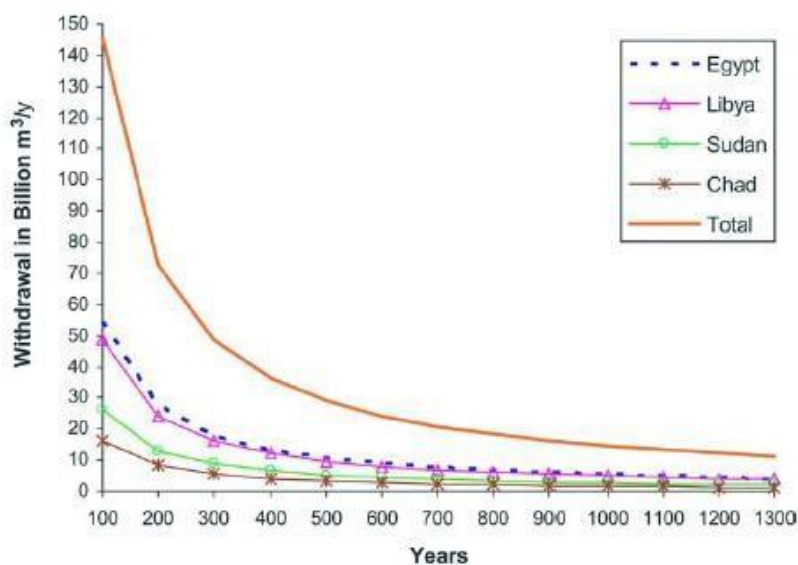
Σχ. 6.6: Η ανάπτυξη της ανάληψης των υπόγειων υδάτων από το σύστημα υπόγειου υδροφόρα Nubian Sandstone  
(Πηγή: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001469/146997E.pdf>)

Ο Πίνακας 3 δείχνει ότι ο υπόλοιπος όγκος του γλυκού νερού που μπορεί να αξιοποιηθεί ή να ανακτηθεί από το σύστημα είναι περίπου  $14.500 \text{ km}^3$ . Μία σχέση μεταξύ της ετήσιας ανάληψης και της διάρκειας της παραγωγής έχει εκπονηθεί για κάθε χώρα και για τον συνολικό εκμεταλλεύσιμο όγκο η οποία φαίνεται στο σχήμα 6.7.

Πίνακας 3: Συνολικά ανακτήσιμες ποσότητες φρέσκου υπόγειων υδάτων από το σύστημα υδροφόρου ορίζοντα Nubian Sandstone  
(Πηγή: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001469/146997E.pdf>)

REGION	NUBIAN			POST NUBIAN		NSAS
	Maximum allowed water level decline (m)	Area (km <sup>2</sup> )	Recoverable groundwater volume * (km <sup>3</sup> )	Area (km <sup>2</sup> )	Recoverable volume South of the 30°N * (km <sup>3</sup> )	Recoverable volume * (km <sup>3</sup> )
<b>Unconfined part</b>						
Egypt	100.00	311,861.87	2,183.03	494,039.44	3,166.36	
Libya	100.00	350,732.68	2,455.13	426,479.32	2,403.61	
Chad	100.00	232,977.04	1,630.84			
Sudan	100.00	373,102.44	2,611.72			
Total		1,268,674.03	8,880.72	920,518.76	5,569.97	
<b>Confined part</b>						
Egypt	200.00	375,020.93	7.50			
Libya	200.00	52,521.64	1.05			
Total		427,542.57	8.55			
<b>GRAND TOTAL</b>		1,696,216.60	8889.27	920,518.76	5,569.97	14,459.24

\* Based on aquifer storativity of  $10^{-4}$  for the confined part and  $7 \times 10^{-2}$  for the unconfined part.



Σχ. 6.7: Σχέση μεταξύ του ρυθμού παραγωγής και της διάρκειας του συστήματος υδροφόρου ορίζοντα Nubian σε διάφορες χώρες  
(Πηγή: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001469/146997E.pdf>)

Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει μία περίληψη των αποθηκευμένων και των ανακτήσιμων υπόγειων υδάτων και αυτών που εξαγάγονται την τρέχουσα περίοδο σε κάθε χώρα και από τα δύο συστήματα υπόγειων υδροφορέων, με βάση τους πίνακες και τις εκτιμήσεις που παρουσιάστηκαν προηγουμένως.

**Πίνακας 4: Η παρούσα εξαγωγή των υπόγειων υδάτων σε σχέση με αυτή των ανακτήσιμων υπόγειων υδάτων στο σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone (Πηγή: CEDARE/IFAD)**

Country	Nubian system (Palaeozoic and Mesozoic sandstone aquifers)		Post Nubian system (Miocene aquifers)		Total volume of fresh water in storage (km <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	Total recoverable groundwater volume (km <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	Present extraction from the Post- Nubian system (km <sup>3</sup> )	Present extraction from the Nubian system (km <sup>3</sup> )	Total present extraction from the NSAS (km <sup>3</sup> )
	Area (km <sup>2</sup> )	Fresh water volume in storage (km <sup>3</sup> )	Area (km <sup>2</sup> )	Fresh water volume in storage (km <sup>3</sup> )					
Egypt	815,670	154,720	426,480	97,490	252,210	5,180	0.306	0.200	0.506
Libya	754,088	136,550	494,040	71,730	208,280	5,920	0.264	0.567	0.831
Chad	232,980	47,810	–	–	47,810	1,630	–	0.000	0.000
Sudan	373,100	33,880	–	–	33,880	2,610	–	0.840 <sup>3</sup>	0.833
Total	2,175,838	372,960	920,520	169,220	542,180	15,340	0.570	1.607	2.170

– Not applicable

1. Assuming a storativity of  $10^{-4}$  for the confined part of the aquifers and 7% effective porosity for the unconfined part.

2. Assuming a maximum allowed water level decline of 100 m in the unconfined aquifer areas and 200 m in the confined aquifer areas.

3. Most of this water is extracted in the Nile Nubian Basin (833 Mm<sup>3</sup>/yr) which is not considered to be part of the Nubian Basin.

Οι ακόλουθοι πίνακες πάρθηκαν από την αναγνωρισμένη από την UNESCO μη Κυβερνητική Οργάνωση "Διεθνές Δίκτυο Κέντρων Υδάτων/Περιβάλλοντος για τα Βαλκάνια" (ΔιΔικτυΠΕΒ, INWEB, <http://www.inweb.gr>), που ίδρυσε το 1999 και διευθύνει από τότε ο κ. Γκανούλης Ιάκωβος, Ομότιμος Καθηγητής της Πολυτεχνικής Σχολής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ., έχοντας πάνω από 35 χρόνια εμπειρία σε θέματα ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων, ανάλυσης επικινδυνότητας και κλιματικής αλλαγής καθώς και της διαχείρισης διασυνοριακών νερών, υπόγειων υδροφορέων και της επίλυσης διαφορών και διενέξεων.

Όνομα πεδίου	ΑΙΓΥΠΤΟΣ	ΛΙΒΥΗ	ΣΟΥΔΑΝ	ΤΣΑΝΤ
Όνομα υπόγειου υδροφορέα	Σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone (NSAS)	Σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone (NSAS)	Σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone (NSAS)	Σύστημα υπόγειου υδροφορέα Nubian Sandstone (NSAS)
Χώρες	Αίγυπτος, Λιβύη, Σουδάν, Τσαντ	Αίγυπτος, Λιβύη, Σουδάν, Τσαντ	Αίγυπτος, Λιβύη, Σουδάν, Τσαντ	Αίγυπτος, Λιβύη, Σουδάν, Τσαντ
Όνομα Χώρας	Αίγυπτος	Λιβύη	Σουδάν	Τσαντ
Τύπος υπόγειου υδροφορέα	Nubian/ Post Nubian	Nubian/ Post Nubian	Nubian	Nubian
Μήκος Συνόρων (km)	0	0	0	0
Έκταση (km <sup>2</sup> )	828000	760000	376000	235000
Πληθυσμός περιοχής (inh)	184774	219092	284963	73185
Χαμηλό υψόμετρο (m)	0	0	500	500
Υψηλό υψόμετρο (m)	500	500	1000	1000
Περιγραφή τοπογραφίας				
Μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις (mm)	50	50	150	150
Μέση ετήσια περιγραφή της βροχόπτωσης	Στις βόρειες λωρίδες μόνο	Στις βόρειες λωρίδες μόνο	Στα νότια μόνο	Στα νότια
Ροή εκφόρτισης (m <sup>3</sup> /sec)	0	0	0	0
Ετήσιοι πόροι υπόγειων υδάτων (mm <sup>3</sup> /yr)	5356	4859	2611	1630
Ετήσιες αντλήσεις υπόγειων υδάτων (mm <sup>3</sup> /yr)	0	0	0	0
Περιγραφή χρήσης του νερού	0	0	0	0
Παράγοντες πίεσης				
Ποσοτικά προβλήματα	Εξαγωγή (άντληση) των μη	Εξαγωγή (άντληση) των μη	η απόσταση, απρόσιτα, απομακρυσμένος	η απόσταση, απρόσιτα, απομακρυσμένος

	ανανεώσιμων υπόγειων υδάτων	ανανεώσιμων υπόγειων υδάτων		
Ποιοτικά προβλήματα	Εξάντληση των μη ανανεώσιμων πόρων σε ορισμένες περιοχές	Εξάντληση των μη ανανεώσιμων πόρων σε ορισμένες περιοχές		
Διασυνοριακές επιπτώσεις	Υψηλή αλατότητα σε ορισμένα υδάτινα στρώματα, συγκεκριμένα στη Siwa	Προβλήματα διείσδυσης θαλασσινού νερού		
Διαχειριστικά μέτρα	Δεν υπάρχουν τρέχουσες διασυνοριακές επιπτώσεις	Δεν υπάρχουν τρέχουσες διασυνοριακές επιπτώσεις	Δεν υπάρχουν τρέχουσες διασυνοριακές επιπτώσεις	Δεν υπάρχουν τρέχουσες διασυνοριακές επιπτώσεις
Ανάγκες	Η διαχείριση της αφαίρεσης (άντλησης) έχει τροποποιηθεί (αλλάξει), οι γεωργικές πρακτικές πρέπει να βελτιωθούν	Η διαχείριση της αφαίρεσης (άντλησης) έχει τροποποιηθεί (αλλάξει)		
Μελλοντικές τάσεις	Τακτική παρακολούθηση και τακτική ανταλλαγή δεδομένων	Τακτική παρακολούθηση και τακτική ανταλλαγή δεδομένων	Τακτική παρακολούθηση και τακτική ανταλλαγή δεδομένων	Τακτική παρακολούθηση και τακτική ανταλλαγή δεδομένων
Πολιτικές Διμερείς συμφωνίες	0	0	0	0
Πολιτικές Περιφερειακές συμφωνίες	1	1	1	0

(Πηγή: [http://www.inweb.gr/aquifer\\_medea\\_info.php?iset=2&id=1](http://www.inweb.gr/aquifer_medea_info.php?iset=2&id=1))

## 6.3 ΑΜΕΡΙΚΗ

### 6.3.1 ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ HIGH PLAINS

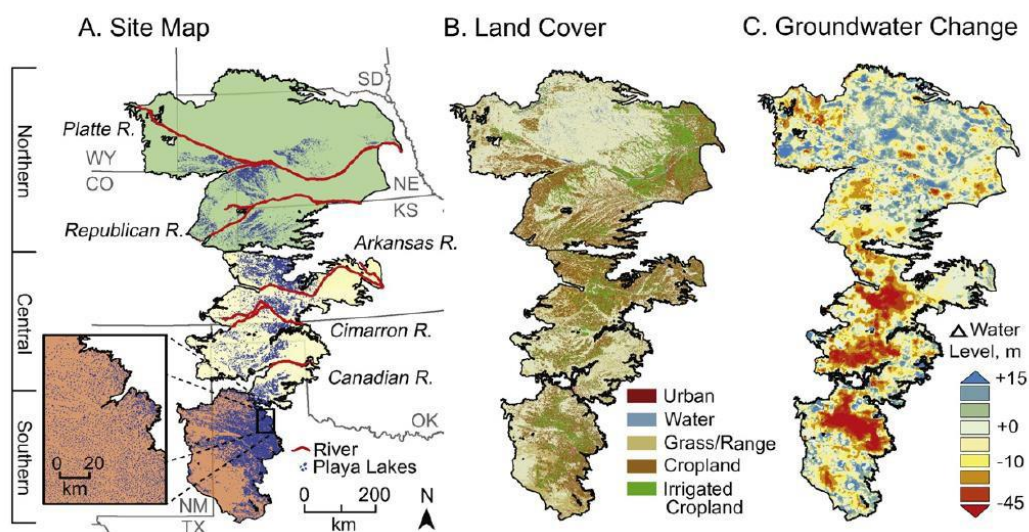
#### 1.1 Γεωλογία, έδαφος και κάλυψη γης

Ο υπόγειος υδροφορέας High Plains με έκταση 450.000 km<sup>2</sup> (Qi, 2010) βρίσκεται δυτικο - κεντρικά των Η.Π.Α. και εντοπίζεται κάτω από τμήματα οχτώ πολιτειών: τη Νότια Ντακότα, το Ουαϊόμινγκ, τη Νεμπράσκα, το Κολοράντο, το Κάνσας, την Οκλαχόμα, το Νέο Μεξικό και το Τέξας (εικ. 6.7-A). Δεδομένου του μεγέθους του, ο υπόγειος υδροφορέας High Plains χωρίζεται συχνά σε τρεις γεωγραφικές περιοχές, κάθε μία από τις οποίες έχει μοναδικά φυσικά χαρακτηριστικά: τις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (Northern High Plains, 249.509 km<sup>2</sup>), τις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (Central High Plains, 127.168 km<sup>2</sup>) και τις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (Southern High Plains, 75.921 km<sup>2</sup>). Ο συνολικός όγκος νερού στον αποθηκευτικό χώρο του υπόγειου υδροφορέα των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains), στο στάδιο της αρχικής ανάπτυξης, εκτιμάται ότι ήταν 4.230 km<sup>3</sup>. Μέχρι το 2012, ο συνολικός όγκος του αποθηκευτικού χώρου του υπόγειου υδροφορέα μειώθηκε σε περίπου 3.750 km<sup>3</sup> νερού (Haacker et al., 2015) και αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους υπόγειους υδροφορείς στον πλανήτη που περιέχει γλυκό νερό. Ο συνολικός όγκος του νερού που εκτιμάται εντός των Βόρειων Υψηλών Πεδιάδων (NHP) είναι περίπου 2.940 km<sup>3</sup>, στις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) είναι περίπου 635 km<sup>3</sup> και στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) είναι περίπου 171 km<sup>3</sup>. Ωστόσο, τα υπόγεια ύδατα επαναφορτίζονται με ρυθμούς πολύ χαμηλότερους από τις ετήσιες αναλήψεις στα νότια και κεντρικά τμήματα του υπόγειου υδροφορέα.

Οι Υψηλές Πεδιάδες (High Plains) διαθέτουν ημι- άνυδρο εύκρατο κλίμα με επιφανειακά υψόμετρα που ακολουθούν μία κλίση διαβαθμιδωτή από υψηλά υψομετρικά υδάτινα επίπεδα στα δυτικά, σε χαμηλότερα υψομετρικά υδάτινα επίπεδα στα ανατολικά και πιο συγκεκριμένα από περίπου 2.400 m στα δυτικά έως περίπου 350 m στα ανατολικά (Dennehy et al., 2002). Η τοπική εκτόνωση είναι σε γενικές γραμμές πολύ αργή. Τα χαρακτηριστικά του εδάφους ακολουθούν μία γενική διαβάθμιση υψηλής διαπερατότητας στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) (Dennehy et al., 2002; Gutentag et al., 1984), σε χαμηλά ποσοστά διαπερατότητας στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) (Dennehy et al., 2002; Reeves Jr., 1970). Η εγχώρια κάλυψη της γης περιλαμβάνει μικρά και μεσαίου μεγέθους χορτολίβαδα, αν και μεγάλα τμήματα της τωρινής κάλυψης του εδάφους έχουν μετατραπεί και αλλάξει σε καλλιεργήσιμη



γη (εικ. 6.7-B) με τις κυριότερες και βασικότερες επιλογές για καλλιέργεια να αποτελεί το καλαμπόκι, το σόργο, το σιτάρι, η σόγια, η αλφάλφα και το βαμβάκι (Dennehy et al., 2002). Οι επιλογές της καλλιέργειας ακολουθούν μία γενική διαβάθμιση των υδατικά εντατικών καλλιεργειών στο βορρά (π.χ. καλαμπόκι, σόγια) σε καλλιέργειες με λιγότερη ένταση νερού στο νότο (π.χ. βαμβάκι, σιτάρι). Ο άλλος σημαντικός τύπος χρήσης της γης στην περιοχή είναι ο βιότοπος με ζώα, κυρίως βοοειδή (κτηνοτροφία) (Dennehy et al., 2002). Από κοινού μεταξύ της καλλιεργήσιμης γης και των χορτολιβαδικών και βιοτικών εκτάσεων, το 94% των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) θεωρείται γεωργική γη (εικ. 6.7-B).

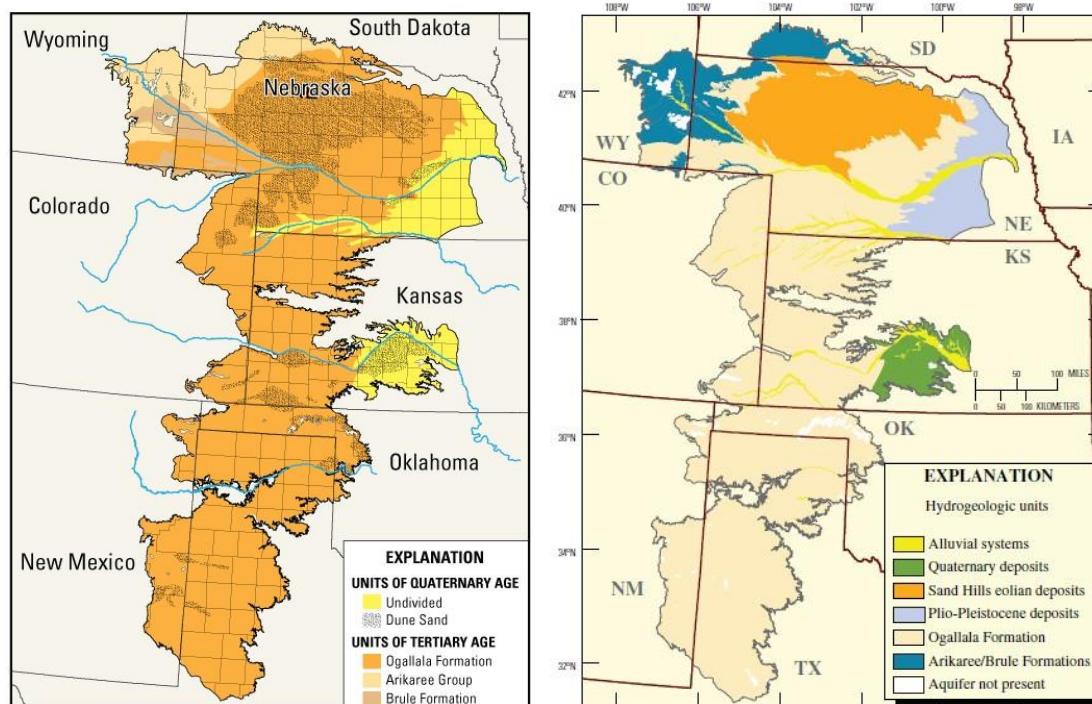


**Εκ. 6.7 ΟΥψηλές Πεδιάδες (High Plains) και η μείωση της στθμης του υπόγειου υδροφορέα. Α) Χάρτης της τοποθεσίας του υπόγειου υδροφορέα High Plains και των 3 κύριων περιοχών του. Β) Κάλυψη γης (εδάφους) στην περιοχή αυ υπόγειου υδροφορέα High Plains όπου κυριαρχούν οι βιότοποι (π.χ. βοσκοτόπια) και η καλλιεργήσιμη γη (Homer et al., 2015). C) Το παρεμβαλλόμενο επίπεδο (μεταξύ εκτιμώμενων τιμών και γνωστών τιμών) των υπόγειων υδάτων μειώνεται σε σύγκριση με το επίπεδο του σταδίου της αρχικής ανάπτυξης (Pfeiffer et al., 2015).**

## 1.2 Υδρολογία και υδρογεωλογία

Οι γεωλογικές μονάδες που αποτελούν τον υπόγειο υδροφορέα των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) και οι υποκείμενες μονάδες βραχωδών υποστρωμάτων κυμαίνονται στην ηλικία από την Πέρμια (τελευταία περίοδος της Παλαιozoϊκής εποχής) έως την Τεταρτογενή Περίοδο (την τρέχουσα και πιο πρόσφατη από τις τρεις περιόδους του καινοζωϊκού αιώνα στη γεωλογική κλίμακα της Διεθνούς Επιτροπής στη Στρωματογραφία). Η σύνθεση των μονάδων που συνθέτουν τον υπόγειο υδροφορέα των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) περιλαμβάνει: (α) μη ταξινομημένο (ομαδοποιημένο) άργιλο, ιλύ, άμμο και χαλίκι, γενικά μη ενοποιημένα

(συγχωνευμένα), κατατεθειμένα και εναποθετημένα από τα ρέματα και τον άνεμο (σχηματισμός Ogallala και Τεταρτογενείς μονάδες), (β) πολύ λεπτό έως λεπτόκοκκο ψαμμίτη (ομάδα Arikaree) και (γ) ιζηματογενές πέτρωμα από ιλύ (siltstone) που περιέχει ψαμμίτη και διασυνδεδεμένες ρωγμές και σπασίματα (το ανώτερο τμήμα του σχηματισμού Brule).



**Εικ. 6.8** Κύριες γεωλογικές μονάδες που αποτελούν τον υπόγειο υδροφόρα των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) (Πηγή: Τροποποιημένο από Gutentag et al., 1984.)

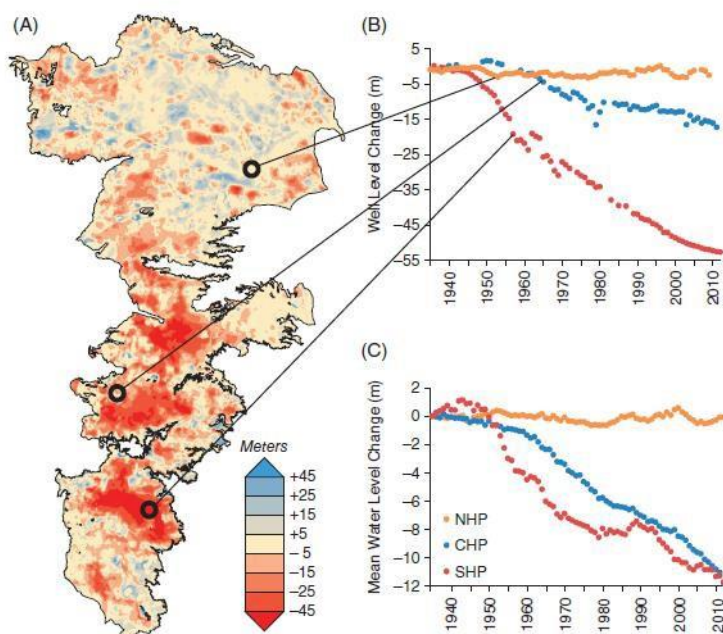
**Εικ. 6.9** Ο σχηματισμός Ogallala αποτελεί την μεγαλύτερη και σημαντικότερη υδρογεωλογική μονάδα του υπόγειου υδροφόρα High Plains (Πηγή: U.S. Geological Survey, 2017)

Η σύνθεση των μονάδων του βραχώδους υποστρώματος που υπόκεινται του υπόγειου υδροφόρα των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) περιλαμβάνει: ιζηματογενή πετρώματα (siltstone), σχιστόλιθους, χαλαρό (ελεύθερο) έως μέτρια συγκολλημένο (στερεωμένο) άργιλο και ιλύ, ανθρακικό ασβέστιο (κιμωλία), ασβεστόλιθους, δολομίτες, λίθοι από άργιλο (πετρώματα), συσσωματώματα και συγχωνεύσεις αργίλου, γύψους, ανυδρίτες και υποστρώματα (υπόβαθρο) αλατιού.

Ορισμένες υδραυλικά συνδεδεμένες διαπερατές μονάδες σχηματίζουν από κοινού το σύμπλεγμα του υπόγειου υδροφόρα High Plains (Gutentag et al., 1984; Knowles et al., 1984); η μεγαλύτερη από τις οποίες είναι ο σχηματισμός Ogallala ή αλλιώς υπόγειος υδροφόρας Ogallala (εικ. 6.9), ένα όνομα που χρησιμοποιείται συχνά



εναλλακτικά με τον υπόγειο υδροφόρα High Plains. Ο υπόγειος υδροφόρας Ogallala βρίσκεται κάτω από το 77% σχεδόν της περιοχής του υπόγειου υδροφόρα High Plains, με το μεγαλύτερο μέρος της υπόλοιπης περιοχής να αποτελείται από τους υπόγειους υδροφόρους Brule, Arikaree, Great Bend Prairie και Equus Beds. Η υδραυλική αγωγιμότητα και η ακριβής απόδοση σε ολόκληρο τον υπόγειο υδροφόρα High Plains κυμαίνονται από 1 έως 105 m/ ημέρα και από 3 έως 35% αντίστοιχα (Gutentag et al., 1984), με αποτέλεσμα να επικρατούν εξαιρετικά και ιδιαίτερα μεταβαλλόμενες αποδόσεις των υπόγειων υδάτων στον υπόγειο υδροφόρα. Το κορεσμένο πάχος κυμαίνεται από 0 έως 300 m, αλλά έχει μειωθεί δραστικά από το στάδιο της αρχικής ανάπτυξης. Το μέσο κορεσμένο πάχος είναι περίπου 60 m. Το βάθος που βρίσκεται το νερό κυμαίνεται σε γενικές γραμμές από λίγα έως 150 m και το μέσο βάθος στο νερό το 2012 εκτιμάται ότι ήταν 30 m για τις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP), 44 m για τις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) και 41 m για τις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP).



**Εικ. 6.10 (A) Η μεταβολή της στάθμης του νερού από την αρχική ανάπτυξη μέχρι το 2012. (B) Υδρογραφήματα των μεμονομένων πηγαδιών και γεωτρήσεων από κάθε μία από τις περιοχές των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) (USGS site IDs: SHP, 341420101441602; CHP, 362746102364102; NHP, 404345098560001). (C) Η μέση μεταβολή της στάθμης του νερού στις τρεις περιοχές των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains).**

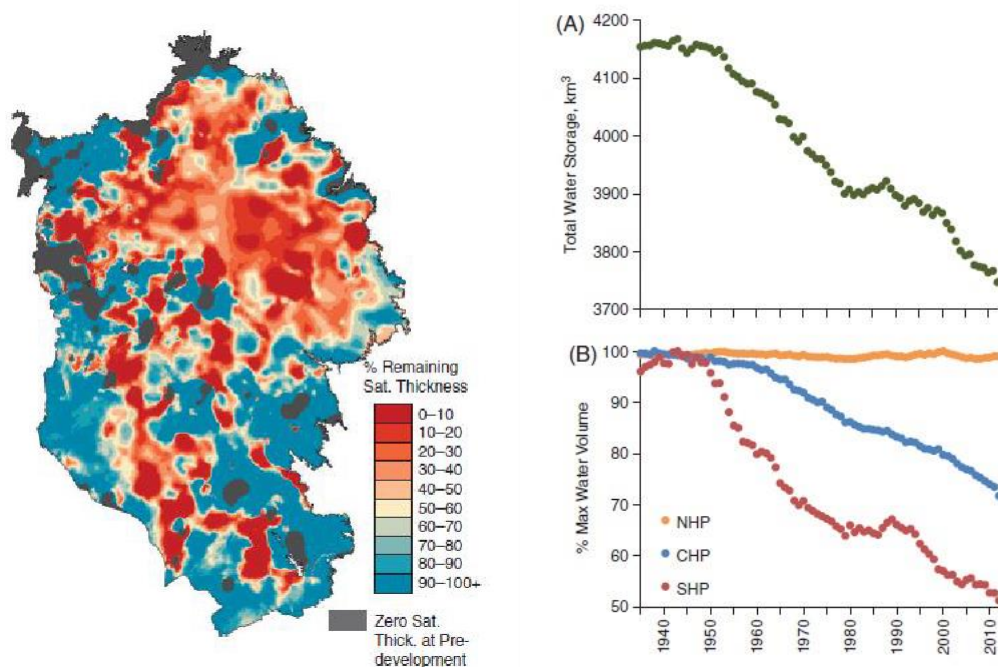
Ενώ η παροχή των υπόγειων υδάτων στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) ήταν αρκετά δίκαια και ισόποσα σταθερή από την αρχική ανάπτυξη, οι Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) και οι Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) έχουν υποστεί εκτεταμένη υποβάθμιση και εξάντληση των υπόγειων υδάτων εξαιτίας της εντατικής

άντλησής τους (McGuire, 2009). Η αλλαγή της στάθμης του νερού ήταν πιο σημαντική και εμφανής στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) και τις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP), με τα υψηλότερα (ανώτατα) επίπεδα μείωσης των υπόγειων υδάτων να έχουν φτάσει παραπάνω από 45 m σε περιοχές και τμήματά τους (εικ. 6.7-C). Τα επίπεδα του ύδατος στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) μειώθηκαν πιο γρήγορα (ταχύτατα) πριν από τη δεκαετία του 1970 (εικ. 6.10-C), όπου από το σημείο αυτό και έπειτα η εξάντληση επιβραδύνθηκε, η αιτία της οποίας βρίσκεται και διεξάγεται κάτω από περαιτέρω έρευνα.

Ο μέσος όρος της μείωσης κατά Πολιτεία για τις περιοχές και τα τμήματα του υπόγειου υδροφορέα High Plains είναι: 14 m στο Τέξας, 9 m στο Κάνσας, 6 m στην Οκλαχόμα, 5 m στο Νέο Μεξικό και στο Κολοράντο (Haacker et al., 2015). Οι Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) έχουν σημειώσει τις μεγαλύτερες μειώσεις στις δυτικές περιοχές του υπόγειου υδροφορέα. Στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) ένα μεγάλο μέρος του κορεσμένου στρώματος (πάχους) της αρχικής ανάπτυξης έχει εξαντληθεί (εικ. 6.11), ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα της περιοχής, με τη μείωση του μέσου κορεσμένου πάχους να ανέρχεται περίπου στο 75%. Η μέση μείωση των υπόγειων υδάτων στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) ήταν μικρότερη των 0,5 m τόσο στη Νεμπράσκα όσο και στο Ουαϊόμινγκ (McGuire, 2009; Scanlon et al., 2012; Haacker et al. 2015), αν και οι περιοχές με εκτεταμένες και εντατικές αναλήψεις υπόγειων υδάτων είναι κοινές.

Τα ετήσια εκτιμώμενα επίπεδα νερού δείχνουν ότι στα τέλη της δεκαετίας του 1930, ο υπόγειος υδροφορέας των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) περιείχε περίπου 4.160 km<sup>3</sup> νερού. Από την ποσότητα του αποθηκευμένου αυτού νερού, περίπου τα 2.948 km<sup>3</sup> ήταν στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP), τα 887 km<sup>3</sup> ήταν στις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) και τα 325 km<sup>3</sup> στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP). Μέχρι το 2012, ο όγκος του αποθηκευτικού χώρου του υπόγειου υδροφορέα μειώθηκε σε περίπου 3.750 km<sup>3</sup> νερού (Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες, NHP: 2.940 km<sup>3</sup>; Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες, CHP: 638 km<sup>3</sup>; και Νότιες Υψηλές Πεδιάδες SHP: 172 km<sup>3</sup>). Συνολικά, έχουν εξαντληθεί σχεδόν 410 km<sup>3</sup> νερού από τον υπόγειο υδροφορέα High Plains από την αρχική ανάπτυξη (Haacker et al., 2015), ποσότητα η οποία είναι περίπου ο όγκος της λίμνης Erie που βρίσκεται μεταξύ του Καναδά και των Η.Π.Α (εικ. 6.12). Το συνολικό και γενικό μοτίβο (σχήμα) της εξάντλησης, δείχνει μία γενική τάση ανάπτυξης ακολουθούμενη από περιόδους ταχείας εξάντλησης (εικ. 6.12), το μεγαλύτερο μέρος από το οποίο είναι μονοτονικό με μικρή ανάκαμψη μετά την έναρξη

της αρχικής ανάπτυξης. Οι μειώσεις της στάθμης και του όγκου των υδάτων έγιναν πολύ ταχύτερες τη δεκαετία του 1950, η οποία συμπίπτει με την εγκατάσταση και την τοποθέτηση πολλών πηγαδιών υψηλής χωρητικότητας (Luckey and Becker 1999).



**Εικ. 6.11 Το ποσοστό που απομένει στο κορεσμένο πάχος στην περιοχή των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) το 2012 σε σύγκριση με το 1943 (το έτος του μέγιστου κορεσμένου πάχους για τις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP)). Να σημειωθεί ότι οι περιοχές που εμφανίζονται με σκούρο γκρι είναι οι περιοχές όπου το κορεσμένο πάχος είναι μηδενικό στο στάδιο της αρχικής ανάπτυξης του υπόγειου υδροφορέα (Πηγή: E.M.K. Haacker et al. Groundwater 54, no. 2: 231–242)**

**Εικ. 6.12 (Α) Ο συνολικός όγκος του νερού στον υπόγειο υδροφορέα High Plains από το 1935 έως το 2012. (Β) Το νερό που παραμένει αποθηκευμένο από το 1935 έως το 2012, ως ποσοστό του μέγιστου αποθηκευμένου νερού (Πηγή: E.M.K. Haacker et al. Groundwater 54, no. 2: 231–242)**

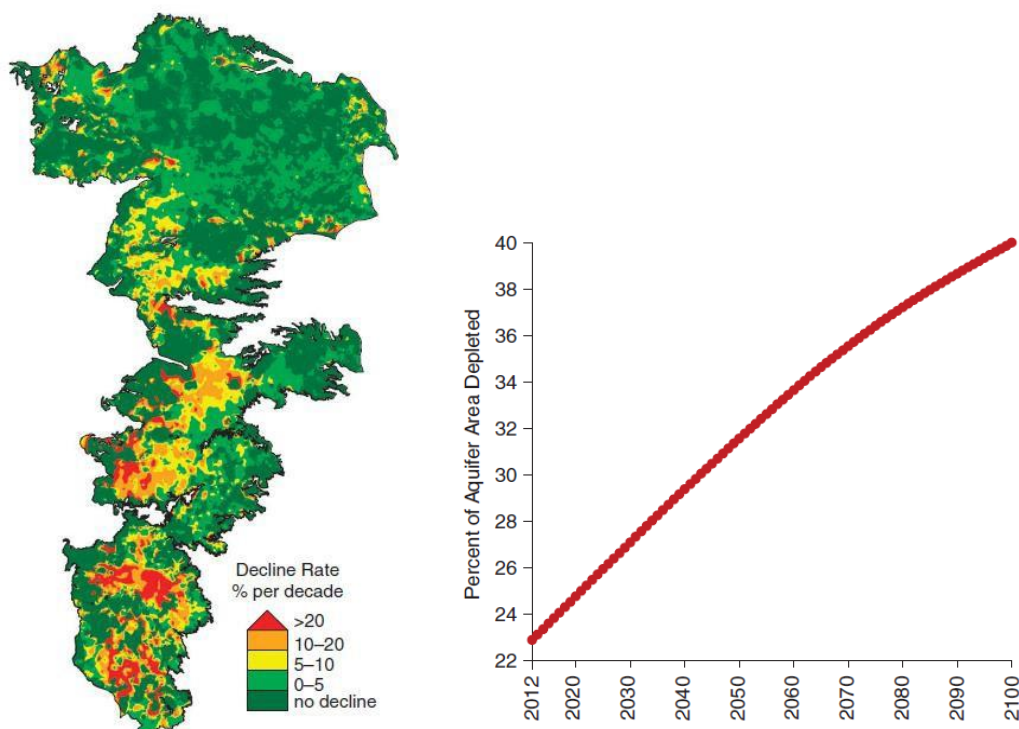
Η συνολική ετήσια ροή των επιφανειακών υδάτων που εισέρχεται στην περιοχή του υπόγειου υδροφορέα High Plains είναι περίπου 2,5 km<sup>3</sup> ανά έτος (Dennehy et al., 2002), αν και η εκτεταμένη εξάντληση και σταδιακή μείωση των υπόγειων υδάτων έχει οδηγήσει σε καθαρή απώλεια του ετήσιου όγκου της απορροής και των επιφανειακών υδάτων (Nativ, 1992; Scanlon et al., 2012). Ενώ τα μεγάλα ποτάμια συστήματα ρέουν από τα δυτικά προς τα ανατολικά σε όλες τις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) και τις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP), οι Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) έχουν λίγα ρέματα που κανένα από αυτά δε ρέει σταθερά, σε διαρκή βάση και με συνέπεια. Αντ' αυτού, τα επιφανειακά ύδατα στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) είναι κατά κύριο λόγο και σε μεγάλο βαθμό στραγγιζόμενα και αποθηκευμένα στις χιλιάδες τοπικές

λίμνες playa, οι οποίες συγκεντρώνονται περισσότερο κατά μήκος των ανατολικών ορίων της περιοχής. Αυτές οι απέραντες, ρηχές λίμνες μπορούν να εκτείνονται σε έκταση μέχρι του ενός χιλιομέτρου σε διάμετρο (Osterkamp και Wood, 1987) και αποστραγγίζουν περίπου το 90% της περιοχής των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) (Nativ, 1992). Οι λίμνες Playa βρίσκονται σε ολόκληρη την περιοχή των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) και υπολογίζονται περίπου 61.000 στο αριθμό (Gurdak και Roe, 2010) αλλά είναι πολύ περισσότερο επικρατούσες στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP), με περίπου 30.000 λίμνες (Osterkamp και Wood, 1987; εικ. 6.7-A).

Η φυσική επαναφόρτιση στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) και τις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) προκύπτει κατά κύριο λόγο με τη διαδικασία της διήθησης της κατακρήμνισης μέσω των διαπερατών εδαφών και της διαρροής από τα επιφανειακά υδάτινα συστήματα (Weeks et al., 1988; Dennehy et al., 2002). Η τοπική επαναφόρτιση στην περιοχή των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) προκύπτει κατά κύριο λόγο και σε μεγάλο βαθμό με τη διαδικασία της διήθησης κάτω από τις λίμνες playa όπου το νερό περνάει μέσω διαλυμένων ή σπασμένων και ρωγματομένων caliche (ιζηματογενών βράχων) (Osterkamp και Wood, 1987; Scanlon και Goldsmith, 1997; Wood και Osterkamp, 1987). Η τοπική επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων σε ολόκληρη την περιοχή των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) μειώνεται ακολουθώντας μία κλίση διαβαθμιδωτή από το βορρά προς το νότο. Η δευτεροβάθμια επαναφόρτιση σε ορισμένα τμήματα των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) προκύπτει επίσης με τη διαδικασία της επιστροφής της ροής της άρδευσης, όπου ένα μέρος του πλεονάζοντος χρησιμοποιούμενου νερού επιστρέφεται στον υπόγειο υδροφόρο (McMahon et al., 2006; Scanlon et al., 2005; Whittemore et al., 2015).

### **1.3 Πρόσφατα ποσοστά (ρυθμοί) πρόβλεψης της μείωσης και της εξάντλησης**

Το σχήμα 6.8 δείχνει τον τρέχοντα ρυθμό (υπολογισμένο από το 1993 έως το 2012) της μείωσης της στάθμης των υδάτων ως ποσοστό ανά δεκαετία του αρχικού κορεσμένου πάχους. Ορισμένες από τις πιο γεωργικά παραγωγικές περιοχές των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) αντιμετωπίζουν ταχεία εξάντληση, συμπεριλαμβανομένου ενός μεγάλου μέρους των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP), των δυτικών Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP) και των νοτιοδυτικών Βόρειων Υψηλών Πεδιάδων (NHP).

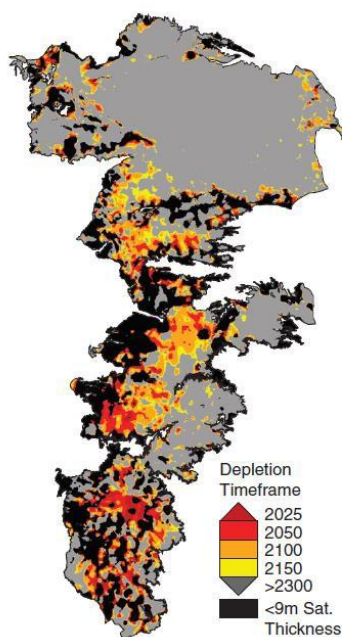


**Σχήμα 6.8 Ρυθμός της μείωσης σε ποσοστό ανά δεκαετία με τη χρήση μίας γραμμικής εφαρμογής σε χάρτες στάθμης (επιπέδου) νερού από το 1992 έως το 2012 (Πηγή: E.M.K. Haacker et al. Groundwater 54, no. 2: 231–242)**

**Σχήμα 6.9 Ποσοστό της περιοχής του υπόγειου υδροφορέα με κορεσμένο πάχος μικρότερο των 9 m τις επόμενες δεκαετίες, θεωρώντας ένα γραμμικό μοτίβο μείωσης (Πηγή: E.M.K. Haacker et al. Groundwater 54, no. 2: 231–242)**

Η παρατεταμένη ταχεία πτώση της στάθμης εξαιτίας της ύπαρξης πηγαδιών και γεωτρήσεων άρδευσης θα οδηγήσει σε συνεχιζόμενη αύξηση του ποσοστού στην περιοχή των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains), όπου ο υπόγειος υδροφορέας δε μπορεί να παρέχει επαρκές νερό για άρδευση (ορίζεται ως περιοχή που υπερβαίνει  $\geq 9$  m του κορεσμένου πάχους). Εάν η πτώση της στάθμης συνεχίζεται με τον τρέχοντα ρυθμό (σχ. 6.9), το τμήμα του υπόγειου υδροφορέα που ενδείκνυται ως ακατάλληλο για άρδευση θα προκύψει από λιγότερο από το 25% του συνόλου (συμπεριλαμβανομένων των περιοχών που δεν έχουν ποτέ υποστηρίξει την αρδευόμενη γεωργία) από το 2012 σε περίπου 40% έως το 2100. Οι εκτιμήσεις από την απογραφή των Η.Π.Α. για τη γεωργία και τις δορυφορικές εικόνες δείχνουν ότι περίπου το 13% της περιοχής των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) αρδεύτηκε από το 2002 (Stanton et al. 2011). Έτσι, ο υπόγειος υδροφορέας που αποτελεί τη βάση ενός σημαντικού μέρους των αρδευόμενων εκτάσεων, συμπεριλαμβανομένης της πλειονότητας των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) και των Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP) εκτιμάται ότι θα εξαντληθεί έως το 2100.

Το σχήμα 6.10 απεικονίζει τη δραματική αύξηση της εξαντλημένης περιοχής σε όλη την έκταση των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) και των Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP), που ορίζεται ως μία θέση με λιγότερο από 9 m κορεσμένου πάχους. Τα δυτικά τμήματα των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) και των Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP) θα αντιμετωπίσουν ιδιαίτερο κίνδυνο εξάντλησης κατά τη διάρκεια των επόμενων δεκαετιών.



**Σχήμα 6.10 Προβλεπόμενο χρονοδιάγραμμα εξάντλησης για ολόκληρο τον υπόγειο υδροφόρα των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains), χρησιμοποιώντας ένα όριο 9 m κορεσμένου πάχους για την ωφελιμότητα (χρησιμότητα) του υπόγειου υδροφόρα και θεωρώντας ένα γραμμικό πρότυπο (μοτίβο) μείωσης. Οι γκρι περιοχές παρουσιάζουν μικρό κίνδυνο εξάντλησης στο άμεσο (προσεχές) μέλλον (Πηγή: E.M.K. Haacker et al. *Groundwater* 54, no. 2: 231–242)**

Τμήματα του υπόγειου υδροφόρα που έχουν εκμεταλλευθεί και χρησιμοποιηθεί αρκετά και σε μεγάλο βαθμό κατά το παρελθόν, θα εξακολουθήσουν να μειώνονται (πτώση της στάθμης) κατά 10% έως 20% ανά δεκαετία για το υπόλοιπο της διάρκειας της ζωής τους, εκτός εάν εφαρμοστούν δραστικές αλλαγές στη διαχείριση. Αντίθετα, πολλές περιοχές του υπόγειου υδροφόρα δε κινδυνεύουν να εξαντληθούν στο άμεσο μέλλον, συμπεριλαμβανομένων των τμημάτων των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) που δεν ήταν ποτέ κατάλληλα για αρδευόμενη γεωργία μαζί με εκείνα στις πιο υγρές περιοχές του υπόγειου υδροφόρα, όπως οι ανατολικές Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) και οι Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP).



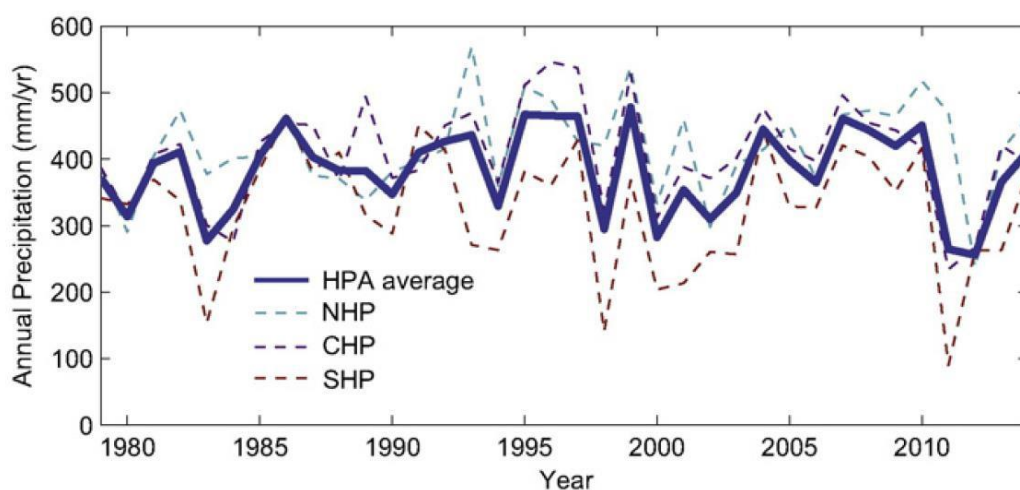
Πολλές από τις περιοχές των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) έχουν ήδη εξαντληθεί και περισσότερες είναι πιθανό να εξαντληθούν τα επόμενα χρόνια. Η εξάντληση επιβραδύνεται με την απώλεια καθώς χάνεται περισσότερο νερό από τον αποθηκευτικό χώρο, προκαλώντας έτσι τους αγρότες να αλλάξουν και να μεταβούν από την αρδευόμενη γεωργία στην ξηρή γεωργία. Παρ' όλα αυτά, μερικά από τα πιο εντατικά και εκτεταμένα εκμεταλλευόμενα τμήματα του υπόγειου υδροφορέα είναι πιθανό να καταστούν ακατάλληλα προς χρήση για άρδευση τις επόμενες δεκαετίες.

#### **1.4 Περιφερειακό κλίμα**

Οι Υψηλές Πεδιάδες (High Plains) βρίσκονται σε μία υγρή- ξηρή (άνυδρη) κλιματική μεταβατική ζώνη (Koster et al., 2004) όπου η υγρασία του εδάφους διαδραματίζει έναν κρίσιμο και αποφασιστικό ρόλο στη ρύθμιση και την προσαρμογή της ενέργειας και της μαζικής μεταφοράς που επηρεάζουν τον τοπικό και τον περιφερειακό κύκλο του νερού (Berg et al., 2014). Αυτό είναι ιδιαίτερα συναφές σε περιοχές υψηλής αρδεύσεως όπου η μεταβαλλόμενη υγρασία του εδάφους επηρεάζει σημαντικά το τοπικό και περιφερειακό υδροκλίμα μέσω ισορροπημένων και προσαρμόσιμων αλληλεπιδράσεων εδάφους- ατμόσφαιρας (Harding και Snyder 2012a, 2012b; Jódar et al., 2010; Lo και Famiglietti, 2013; Moore και Rojstaczer 2001, 2002; Pei et al., 2016; Qian et al. 2013).

Τα κλιματικά μοντέλα δείχνουν μία μείωση της κατακρήμνισης κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου (Cook et al., 2008; Maloney et al., 2014) και μία αύξηση των περιφερειακών θερμοκρασιών για τις Υψηλές Πεδιάδες (High Plains) μέχρι το τέλος αυτού του αιώνα (Cook et al., 2008; IPCC, 2007). Ιστορικά, οι Υψηλές Πεδιάδες (High Plains) λαμβάνουν περίπου 50 cm της μέσης ετήσιας κατακρήμνισης (Crosbie et al., 2013), με μία κλίση διαβαθμιδωτή από περίπου 40 cm κατά μήκος των δυτικών συνόρων έως 70 cm κατά μήκος των ανατολικών συνόρων (Gutentag et al., 1984). Η κατακρήμνιση προβλέπεται (αναμένεται) ότι θα αυξηθεί για τις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) και θα μειωθεί για τις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) και οι τοπικές και περιφερειακές θερμοκρασίες αναμένεται να αυξηθούν κατά 2 έως 5 °C (Crosbie et al., 2013; IPCC, 2007). Οι αυξημένες θερμοκρασίες θα ευνοούσαν ενδεχομένως την αυξημένη εξατμισοδιαπνοή (Green et al., 2011) και επιπλέον η μείωση της κατακρήμνισης και η αύξηση της θερμοκρασίας θα μπορούσαν πιθανότατα να επιδεινώσουν τη μείωση της παροχής των υπόγειων υδάτων υπό τα τρέχοντα σενάρια της χρήσης του νερού (Crosbie et al., 2013).

Τα ακραία και πολύ έντονα γεγονότα ξηρασίας έχουν γίνει επίσης συχνότερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων 45 χρόνων (NLDAS-2). Η μέση ετήσια βροχόπτωση στον υπόγειο υδροφόρα High Plains μειώθηκε κάτω από τα 305 mm πέντε φορές από το 1998, ενώ αυτό συνέβη μόλις μία φορά από το 1979 έως το 1998 (εικ. 6.13). Ενώ οι μειώσεις των ετήσιων κατακρημνίσεων είναι οι πλέον ακραίες και έντονες στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP), παρόμοιες τάσεις έχουν παρατηρηθεί στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) και τις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP). Πιο συγκεκριμένα, οι κατακρημνίσεις στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) μειώθηκαν κάτω από τα 100 mm κατά τη διάρκεια της τοπικής ξηρασίας για την περίοδο 2012- 2013 και για πρώτη φορά επίσημα, η κατακρήμνιση μειώθηκε ταυτόχρονα κάτω από τα 300 mm για τις περιοχές των Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP) και των Βόρειων Υψηλών Πεδιάδων (NHP) κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου ξηρασίας.



**Εικ. 6.13 Μέση ετήσια κατακρήμνιση για τον υπόγειο υδροφόρα High Plains και για τις τρεις περιοχές του (Πηγή: NLDAS-2 forcing file A).**

## 2.1 Διαχείριση του εδάφους

Οι στρατηγικές της διαχείρισης του εδάφους επικεντρώνονται στην μεγιστοποίηση της απόδοσης των καλλιεργειών, διατηρώντας παράλληλα τη μακροχρόνια γονιμότητα του εδάφους και τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιδράσεων όπως είναι η έκπλυση των νιτρικών αλάτων και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Τα παραδείγματα των στρατηγικών διαχείρισης του εδάφους περιλαμβάνουν τη συμβατική (κλασική) γεωργία με όργωμα σε αντίθεση με τη γεωργία χωρίς όργωμα (π.χ., Ghimire et al., 2012; Hobbs et al., 2008), τις εναλλακτικές καλλιέργειες (π.χ., Johnston, 1986; Odell et al., 1984) και τις καλλιέργειες που

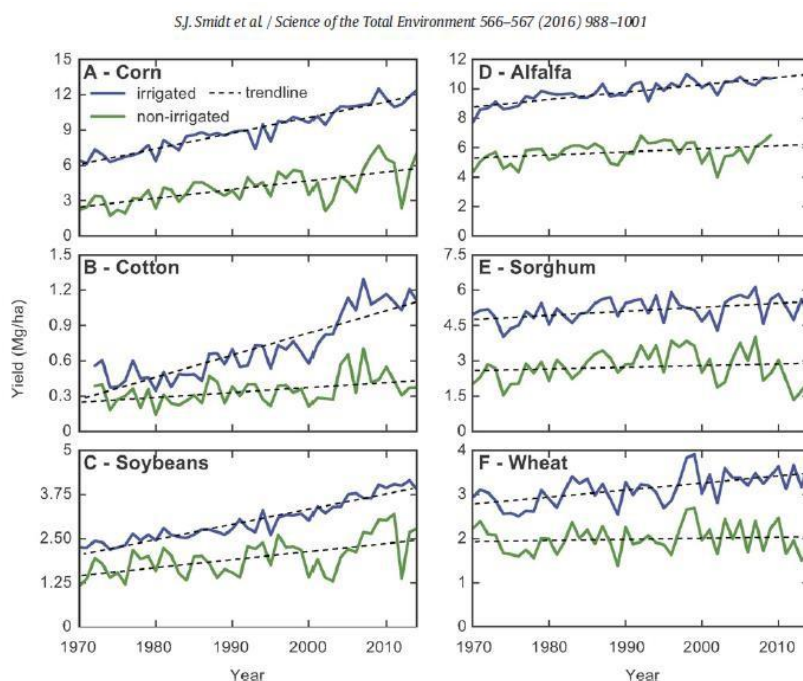


καλύπτονται εκτός εποχής (π.χ., Allen et al., 2005; Havlin et al., 1990). Η συντηρητική γεωργία ενσωματώνει αυτές τις στρατηγικές διαχείρισης της γης, έχοντας ως απώτερο σκοπό την αύξηση της γονιμότητας του εδάφους διατηρώντας τον επιφανειακό οργανικό άνθρακα, προστατεύοντας το έδαφος από την απορροή του νερού και μειώνοντας την απώλεια του εδάφους εξαλείφοντας παράλληλα τη γυμνή έκθεση (Basso et al., 2006; 2014; Hobbs et al., 2008). Η διαχείριση των εδαφών για τη βελτίωση της γονιμότητας, μειώνει τη ζήτηση για πρόσθετες εφαρμογές νερού. Ωστόσο, το δυναμικό της διαχείρισης του εδάφους για τη συντήρηση και τη διατήρηση του νερού δεν αναιρεί και κατά συνέπεια δεν ακυρώνει τη σημαντική και θεμελιώδη ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την άρδευση.

## **2.2 Άρδευση και απόδοση των καλλιεργειών**

Μία νέα σύνθεση της ετήσιας αρδευόμενης και μη αρδευόμενης απόδοσης των καλλιεργειών από το 1970 σε ολόκληρο τον υπόγειο υδροφόρο High Plains διεξήχθη χρησιμοποιώντας στοιχεία και δεδομένα από την Εθνική Γεωργική Στατιστική Υπηρεσία (NASS-USDA, 2012), η οποία απεικονίζεται στην εικόνα 6.14. Αυτή η σύνθεση χρησιμοποιεί ετήσιες έρευνες και δημοσκοπήσεις σε επίπεδο κομητείας των αποδόσεων για τα έξι βασικά προϊόντα που καλλιεργούνται και αναπτύσσονται σε ολόκληρο τον υπόγειο υδροφόρο High Plains: το καλαμπόκι, τη σόγια, το χειμερινό σιτάρι, την αλφάλα, το βαμβάκι και το σόργο. Η ανάλυση αυτών των δεδομένων επισημαίνει και τονίζει τα εξής: το σημαντικό όφελος της άρδευσης σε ολόκληρο τον υπόγειο υδροφόρο High Plains (με μικρή διαφορά μεταξύ των υποπεριοχών), τη μεγάλη αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών του καλαμποκιού, της σόγιας και του βαμβακιού με την πάροδο του χρόνου εξαιτίας της βελτιωμένης διαχείρισης και της γενετικής καλλιέργειας και την πολύ μεγαλύτερη ετήσια μεταβλητότητα των αποδόσεων των καλλιεργειών από την ξηρή συγκριτικά με την αρδευόμενη παραγωγή. Οι γραμμικές τάσεις που ταιριάζουν και αντιστοιχούν σε αυτά τα δεδομένα από το 1970 έως το 2014 δείχνουν ότι οι μη αρδευόμενες και οι αρδευόμενες αποδόσεις των καλλιεργειών αυξήθηκαν κατά 133 και 96% για το καλαμπόκι, κατά 74 και 330% για το βαμβάκι, κατά 69 και 89% για τη σόγια, κατά 17 και 26% για την αλφάλα, κατά 11 και 13% για το σόργο και κατά 4 και 27% για το σιτάρι αντίστοιχα. Σήμερα, οι μη αρδευόμενες αποδόσεις των καλλιεργειών του καλαμποκιού είναι παρόμοιες με τις αρδευόμενες αποδόσεις των καλλιεργειών του καλαμποκιού του έτους 1970 και οι

αποδόσεις των αρδευόμενων καλλιεργειών καλαμποκιού σήμερα είναι περισσότερες από τον διπλάσιο αριθμό των μη αρδευόμενων καλλιεργούμενων αποδόσεων (εικ. 6.14-A). Παρόμοιες τάσεις παρατηρούνται στις αποδόσεις των καλλιεργειών με το βαμβάκι, αν και το χάσμα μεταξύ των αρδευόμενων και των μη αρδευόμενων καλλιεργούμενων αποδόσεων έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια (εικ. 6.14-B). Οι αποδόσεις των καλλιεργειών που περιείχαν αλφάλφα, σόργο και σιτάρι δεν αυξήθηκαν γρήγορα και ραγδαία από το 1970, αν και οι αρδευόμενες καλλιεργούμενες αποδόσεις εξακολουθούν να είναι προσεγγιστικά διπλάσιες από τις μη αρδευόμενες καλλιεργούμενες αποδόσεις αυτών των καλλιεργειών (εικ.6.14 D-F).



**Εικ. 6.14** Αρδευόμενες και μη αρδευόμενες αποδόσεις καλλιεργειών για τα βασικά προϊόντα που καλλιεργούνται σε ολόκληρο τον υπόγειο υδροφορέα High Plains. Οι αποδόσεις των καλλιεργειών αλφάλφα δεν ήταν διαθέσιμες μετά το 2009. (Πηγή: NASS-USDA, 2012).

Σε γενικές γραμμές, διαπιστώνεται ότι η άρδευση αυξάνει την απόδοση των καλλιεργειών με έναν συντελεστή κατά δύο έως τέσσερις φορές συγκριτικά με την ξηρή γεωργία, μία σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας σε σχέση με την απόδοση που μπορεί να δημιουργηθεί από άλλες στρατηγικές διαχείρισης της γης (Colaizzi et al., 2009; Colaizzi και Schneider, 2004). Αυτή η ώθηση στην απόδοση των καλλιεργειών δημιουργεί ένα σημαντικό οικονομικό κίνητρο για την άρδευση. Σήμερα, πάνω από 12 εκατομμύρια στρέμματα αρδευόμενων καλλιεργειών τροφοδοτούνται από τον υπόγειο υδροφορέα High Plains για αυτά τα έξι προϊόντα

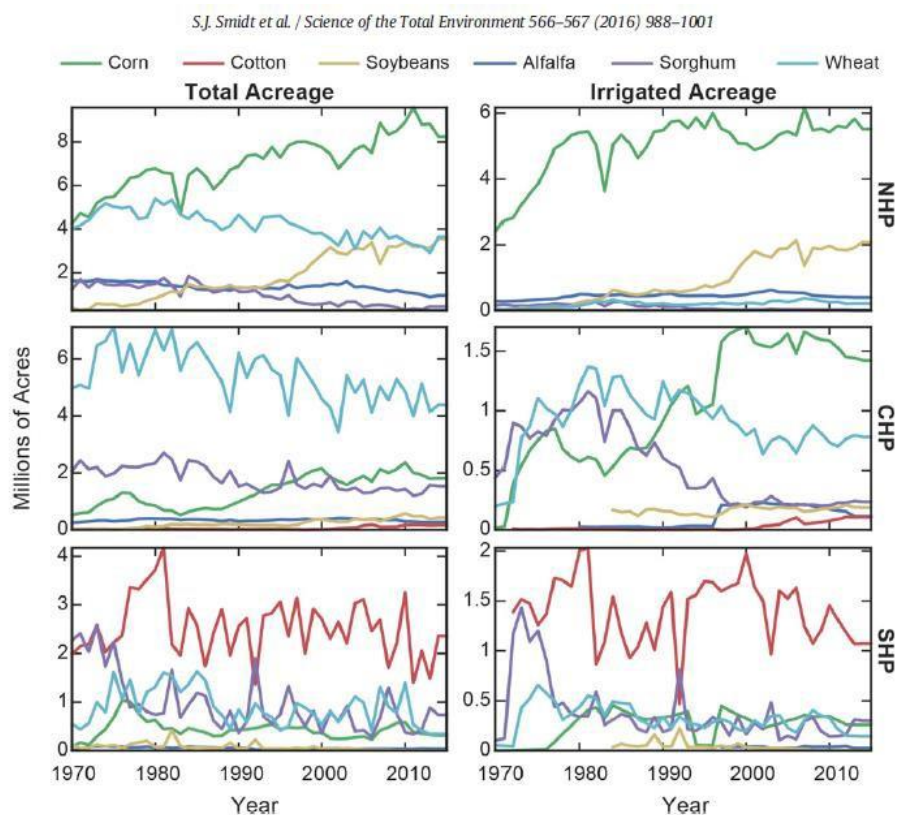
(NASS-USDA, 2012). Η άρδευση που λαμβάνει χώρα στον υπόγειο υδροφορέα High Plains είναι τόσο εκτεταμένη και εντατική και η υψηλή καλλιεργητική απόδοση της γεωργίας αποτελεί μία τόσο σημαντική και τεράστια συνιστώσα στην περιφερειακή και τοπική οικονομία, που οι ευρέως διαδεδομένες και εκτεταμένες μεταβάσεις στην ξηρή γεωργία θα προκαλούσαν σοβαρές οικονομικές συνέπειες και επιπτώσεις στην περιοχή, όπως περιγράφεται στην περιοχή των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) (Almas et al., 2004; Colaizzi et al., 2009).

### 2.3 Η επιλογή της καλλιέργειας

Η ζήτηση και η απαίτηση του ύδατος ποικίλλει ανάλογα με το προϊόν και σε γενικές γραμμές οι πιο εντατικές σε νερό καλλιέργειες επιστρέφουν το μεγαλύτερο βραχυπρόθεσμο όφελος (κέρδος). Για παράδειγμα, το βαμβάκι απαιτεί περίπου 69 cm νερού για μέγιστες αποδόσεις καλλιέργειας ενώ το καλαμπόκι απαιτεί σχεδόν 80 cm (Moore and Rojstaczer, 2001). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τόσο την ευρεία και εκτεταμένη επιλογή και την άρδευση περισσότερων εντατικών σε νερό καλλιεργειών, όπως του καλαμποκιού σε ολόκληρη την περιοχή των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains). Για την έρευνα των τάσεων της επιλογής των προϊόντων, έγινε υπολογισμός των ετήσιων αρδευόμενων και των συνολικών εκτάσεων (επιφανειών) από το 1970 έως το 2014 για τα έξι βασικά προϊόντα (NASS-USDA, 2012). Επιπλέον, τα περισσότερα ενοχλητικά δεδομένα και στοιχεία της ετήσιας έρευνας υποβλήθηκαν μεροληπτικά (με συστηματικό σφάλμα) σε διορθωτικές αλλαγές.

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990, αρδεύτηκαν πάνω από 7,5 εκατομμύρια στρέμματα καλαμποκιού σε ολόκληρη την περιοχή του υπόγειου υδροφορέα High Plains συγκριτικά με λίγο πάνω από 2 εκατομμύρια στρέμματα το 1970. Σήμερα, η αρδευόμενη έκταση καλαμποκιού από μόνη της είναι η μεγαλύτερη από όλα τα άλλα βασικά προϊόντα από κοινού για τις περιοχές των Βόρειων Υψηλών Πεδιάδων (NHP) και των Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP) (εικ. 6.15). Ταυτόχρονα ορισμένες περιοχές του υπόγειου υδροφορέα High Plains έχουν προσπαθήσει την αλλαγή από το καλαμπόκι σε καλλιέργειες με μικρότερη ένταση και απαίτηση σε νερό σε μία προσπάθεια συντήρησης του νερού (π.χ., Colaizzi et al., 2009), της εκτεταμένης και εξαντλητικής άρδευσης της καλλιέργειας με τη μεγαλύτερη δυνατή επιστροφή που εξακολουθεί να τίθεται σε εφαρμογή ευρέως σήμερα. Για τη συνολική έκταση, το καλαμπόκι αποτελεί την κύρια και βασική καλλιέργεια στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες

(NHP), το σιτάρι αποτελεί τη βασική καλλιέργεια στις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) και το βαμβάκι είναι η κύρια καλλιέργεια στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP).



**Εικ. 6.15** Συνολική έκταση των προϊόντων (αριστερά) και η αρδευόμενη έκταση των προϊόντων (δεξιά) ανά περιοχή (Πηγή: NASS-USDA, 2012).

Αυτή η τάση στον κυρίαρχο και επικρατέστερο τύπο καλλιέργειας ακολουθεί την ίδια κλίση και διαβάθμιση της περιφερειακής διαθεσιμότητας του ύδατος, όπου η πιο εντατική σε νερό καλλιέργεια κυριαρχεί στο βορρά και η λιγότερο εντατική σε νερό καλλιέργεια στο νότο, επιδεικνύοντας περισσότερο πώς η παροχή του ύδατος στον φυσικό τομέα επηρεάζει τη λήψη των αποφάσεων στον αγροτικό τομέα. Σε ολόκληρο τον υπόγειο υδροφόρα High Plains, το αρδευόμενο καλαμπόκι αντιστοιχεί σε ποσοστό πάνω από το 50% του συνόλου της άρδευσης, με περίπου το 70, 75 και 80% του καλαμποκιού να αρδύεται στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP), τις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) και τις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) αντίστοιχα.

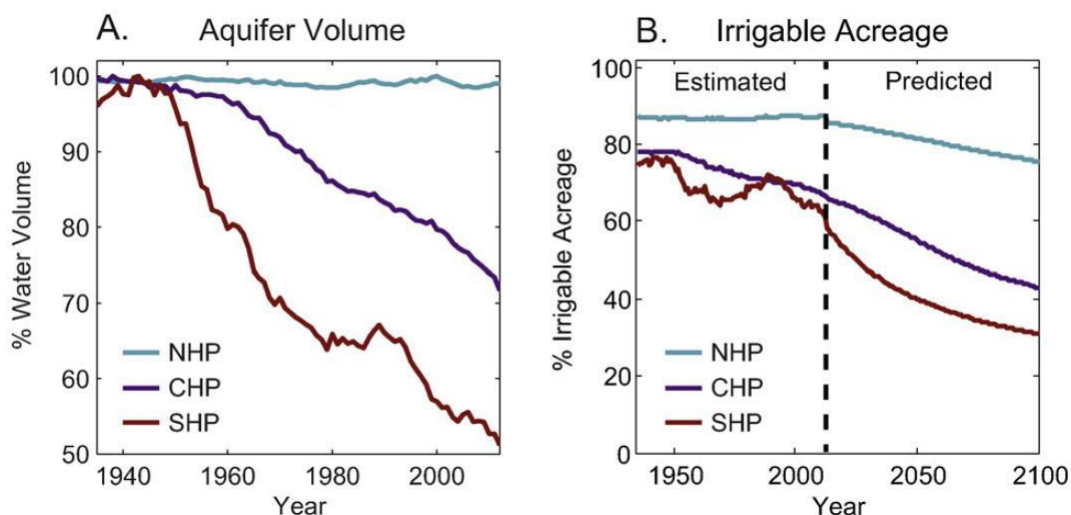
## 2.4 Η άντληση των υπόγειων υδάτων

Η εκτεταμένη άρδευση αποτελεί τον κυριότερο συντελεστή που οδηγεί στη μείωση των υπόγειων υδάτων σε ολόκληρο τον υπόγειο υδροφορέα High Plains. Η διαρκής και σταθερή μείωση των επιπέδων των υπόγειων υδάτων τόσο στις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) όσο και στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) αποτελεί απόδειξη ότι οι πρακτικές άρδευσης στις περιοχές αυτές είναι μη βιώσιμες (εικ. 6.16-A). Από τα τέλη της δεκαετίας του 1930, οι κορεσμένοι όγκοι των υπόγειων υδροφορέων των Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP) και των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) έχουν μειωθεί κατά περίπου 30 και 50% αντίστοιχα.

Οι προβλέψεις που βασίζονται σε μία γραμμική εξαγωγή συμπεράσματος των τάσεων στο κορεσμένο πάχος (στρώμα) από το 1993 έως το 2012 (after Haacker et al., 2015), δείχνουν ότι η διαθεσιμότητα των αρδευόμενων εκτάσεων (περιοχές με >10 m κορεσμένο πάχος) θα μειωθεί κάτω από το 50% της συνολικής περιοχής των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) και των Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP) μέχρι τα έτη 2025 και 2026, αντίστοιχα (εικ. 6.16-B). Ωστόσο, η άρδευση στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) είχε μικρή επίδραση στη συνολική μείωση των υπόγειων υδάτων στην περιοχή ως σύνολο. Αυτό υποδηλώνει ότι το νερό στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) μπορεί σε γενικές γραμμές να αντιμετωπιστεί και να συμπεριφερθεί ως ένας ανανεώσιμος πόρος (Haacker et al., 2015; Scanlon et al., 2012), με εξαίρεση ορισμένα τμήματα της περιοχής.

Τα κορεσμένα στρώματα σε ολόκληρες τις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) έχουν ιστορικά μεταβληθεί παρουσιάζοντας μη γραμμική ποικιλομορφία σε μία δεδομένη τοποθεσία, γεγονός που υποδηλώνει ότι η συνολική αρδευόμενη έκταση ενδέχεται να παραμείνει σχετικά σταθερή στο μέλλον. Ωστόσο, τα κορεσμένα στρώματα σε ολόκληρη την περιοχή των Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP) και των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) δεν έχουν δείξει ανάκαμψη και έτσι οι εκτιμήσεις της μείωσης του κορεσμένου πάχους είναι αντιπροσωπευτικές των πτωτικών και φθινουσών προβλέψεων των αρδευόμενων εκτάσεων για αυτές τις περιοχές. Η επέκταση του χρονικού πλαισίου για την ανάλυση των τάσεων πριν από το 1993 θα επέτρεπε περισσότερες εμπειριστατωμένες, συνολικές και περιεκτικές προβλέψεις για την κάθε περιοχή, αλλά αυτό αμβλύνει και εξασθενεί το ρόλο των πρόσφατων γεωργικών πρακτικών όσον αφορά την πτώση (ελάττωση) των επιπέδων των υπόγειων υδάτων. Η μέση προβλεπόμενη αξιοποιήσιμη και λειτουργική διάρκεια ζωής του

υπόγειου υδροφορέα βάσει της εκτιμώμενης αποθηκευτικής ικανότητάς του για το 2007 και των ρυθμών (δεικτών) εξάντλησης και σταδιακής μείωσης είναι περίπου 81 έτη για τις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP) και 238 έτη για τις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP), ενώ οι Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) είναι σχετικά βιώσιμες υπό τις τρέχουσες τάσεις άρδευσης (Scanlon et al., 2012).



**Εικ. 6.16 Η πτώση του υπόγειου υδροφορέα σε ολόκληρη την περιοχή των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains). Α) Ο κορεσμένος όγκος του υπόγειου υδροφορέα για την κάθε περιοχή Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) από την προανάπτυξη. Β) Εκτιμώμενη (αριστερά) και προβλεπόμενη (δεξιά) αρδευόμενη έκταση βάσει των παρεμβολών του κορεσμένου στρώματος (πάχους) για κάθε περιοχή (Πηγή: Haacker et al., 2015).**

## 2.5 Αποτελεσματική χρήση του νερού

Η άρδευση έχει γίνει πιο δαπανηρή εξαιτίας των μειώσεων των υδατικών επιπέδων του υπόγειου υδροφορέα, της εξάντλησης των υπόγειων υδάτων και του αυξημένου κόστους για τις πηγές ενέργειας που απαιτούνται για την ανάληψη και την άρση των υπόγειων υδάτων, φέροντας περαιτέρω τον κεντρικό ρόλο του δεσμού της ύδρευσης και της ενέργειας στη σύγχρονη γεωργία. Αυτή η αύξηση του κόστους, πέρα του στόχου της διατήρησης και της βιωσιμότητας των υδάτινων πόρων, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη και την υιοθέτηση ολοένα και περισσότερο αποδοτικότερων τεχνολογιών άρδευσης, δηλαδή μείωση του ποσοστού απώλειας του νερού για άμεση εξάτμιση ανά εφαρμοζόμενη ποσότητα. Θεωρητικά, η βελτιωμένη αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα της χρήσης του νερού αυξάνει το κέρδος των γεωργών με την ταυτόχρονη μείωση του κόστους παραγωγής.

Από τη δεκαετία του 1980, μία κοινή στρατηγική για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της άρδευσης έγινε για να τροποποιηθεί και να μεταβάλλει τα προϋπάρχοντα κεντρικά περιστρεφόμενα συστήματα με εφαρμοστές ψεκασμού

σταγονιδίων υψηλής πίεσης (Colaizzi et al., 2004; Colaizzi et al., 2009; Lyle και Bordovsky, 1983). Οι εφαρμοστές ψεκασμού σταγονιδίων υψηλής πίεσης ταξινομούνται ανάλογα με το ύψος του μπεκ (ακροφυσίου), ως εφαρμοστές ψεκασμού χαμηλού ύψους (LESA, Low-Elevation Spray Applicators) ή ως εφαρμοστές ψεκασμού μέσου ύψους (MESA, Mid-Elevation Spray Applicators). Τα συστήματα που χρησιμοποιούν έναν εφαρμογέα που σέρνεται κατά μήκος του εδάφους ή ενός ψεκαστήρα κοντά στο έδαφος αναφέρονται ως εφαρμοστές ακρίβειας χαμηλής ενέργειας (LEPA, Low Energy Precision Applicators), που αποτελούν επίσης την κοινή ονομασία για αυτή την ολόκληρη κλάση (κατηγοριοποίηση) του εφαρμογέα χαμηλής πίεσης.

Πριν από το 1990, η υιοθέτηση του εφαρμογέα ακρίβειας χαμηλής ενέργειας (LEPA) και των συναφών τεχνολογιών ήταν μικρή και παρέμεινε κάτω του 5%. Ενώ η συχνότητα των συστημάτων άρδευσης πλημμύρας μειώθηκε σταθερά, οι αγρότες μετέβησαν στα παραδοσιακά συστήματα υψηλής πίεσης κεντρικού άξονα περιστροφής έως το 1997, όταν σημειώθηκε μία ξαφνική και αιφνίδια κλίση στην υιοθέτηση των συστημάτων τύπου LEPA, μαζί με μία σταθερή μείωση των συστημάτων πλημμύρας και υψηλής πίεσης που διέθεταν κεντρικό άξονα περιστροφής.

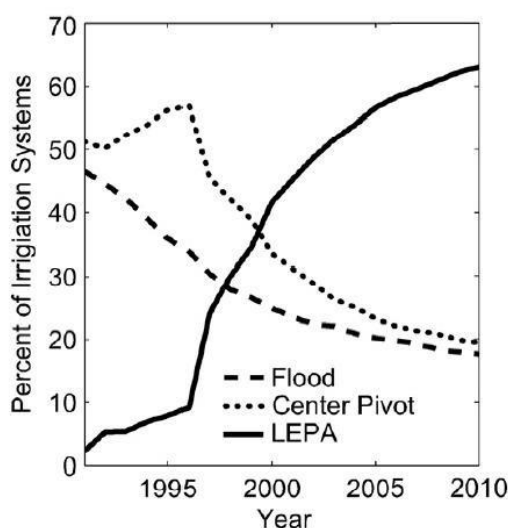
Μέχρι το 2010, τα συστήματα τύπου LEPA αντιστοιχούσαν (αναλογούσαν) σχεδόν στο 65% όλων των αρδευτικών συστημάτων σε ολόκληρη την περιοχή του υπόγειου υδροφορέα High Plains στο Κάνσας. Οι επιλογές της τεχνολογίας για την άρδευση στο Κάνσας αποδεικνύει και δείχνει την ευρεία και εκτεταμένη υιοθέτηση της τεχνολογίας με τους εφαρμοστές ακρίβειας χαμηλής ενέργειας (LEPA), τάσεις οι οποίες αντιγράφονται και εφαρμόζονται σε όλες τις υπόλοιπες Πολιτείες του υπόγειου υδροφορέα High Plains.

## **2.6 Απόκριση της χρήσης των υδάτων σε αποδοτικές καλλιέργειες**

Η τεχνολογία της άρδευσης μπορεί να έχει μεγάλη και σημαντική επίδραση στην αποδοτικότητα της χρήσης του νερού (Deng et al., 2006). Για παράδειγμα, η υπόγεια σταγονιδιακή άρδευση μπορεί να μειώσει τη χρήση του νερού για άρδευση κατά 35 έως 55% (Lamm and Trooien, 2003). Ωστόσο, η μείωση των επιπέδων των υπόγειων υδάτων δεν έχει μετριαστεί από την εκτεταμένη και ευρεία μετατροπή σε αποδοτικότερες τεχνολογίες άρδευσης. Αντ' αυτού, οι συνολικές αναλήψεις έχουν αυξηθεί. Καθώς η βελτιωμένη αποδοτικότητα της άρδευσης μειώνει το κόστος χρήσης για εφαρμογές και χρήσεις νερού, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθούν τα περιθώρια

κέρδους για τους αγρότες και να αυξηθούν τα κίνητρα για την άρδευση περισσότερων στρεμμάτων (Pfeiffer και Lin, 2014; Upendram και Peterson, 2007).

Για να αποδειχθεί ότι οι αποδοτικές τεχνολογίες άρδευσης έχουν οδηγήσει στην αυξημένη χρήση του νερού σε όλο τον υπόγειο υδροφόρο High Plains, έγινε επεξεργασία και διαχείριση των δεδομένων για το σύνολο των αρδευόμενων εκτάσεων από το 1990 έως το 1996, 7 χρόνια πριν την εκτεταμένη υιοθέτηση της τεχνολογίας LEPA και το 1997- 2003, 7 χρόνια αμέσως μετά την υιοθέτηση του εφαρμογέα ακρίβειας χαμηλής ενέργειας (LEPA) (NASS-USDA, 2012).



**Εικ. 6.17 Επιλογές της τεχνολογίας άρδευσης σε ολόκληρο τον υπόγειο υδροφόρο των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) στο Κάνσας (Πηγή: Kansas Division of Water Resources).**

Το σύνολο των αρδευόμενων εκτάσεων σε ολόκληρο τον υπόγειο υδροφόρο των Υψηλών Πεδιάδων (High Plains) αυξήθηκε κατά 11,38 εκατομμύρια στρέμματα μετά την ευρεία υιοθέτηση της τεχνολογίας LEPA, ανά υποπεριοχή, οι Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP), οι Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP) και οι Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP), αυξήθηκαν κατά 5,55, 3,63 και 2,22 εκατομμύρια στρέμματα αντίστοιχα. Σημαντικές είναι επίσης οι τάσεις στην επιλογή των αρδευόμενων καλλιεργειών που ακολουθούν την υιοθέτηση της τεχνολογίας LEPA. Για παράδειγμα, οι αγρότες των Βόρειων Υψηλών Πεδιάδων (NHP) επικεντρώθηκαν στην άρδευση μίας ποικιλίας (πληθώρας) καλλιεργειών παρά την απομόνωση της έκτασης του καλαμποκιού, οι αγρότες των Κεντρικών Υψηλών Πεδιάδων (CHP) διεύρυναν τις εντατικές σε νερό καλλιέργειες παρά την περιφερειακή μείωση του επιπέδου (στάθμης) του νερού και οι αγρότες των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP) επιδίωξαν πρωτίστως να βελτιώσουν τις αποδόσεις στις κύριες και επικρατέστερες καλλιέργειες όπως είναι το βαμβάκι,



εκμεταλλεύοντας και αξιοποιώντας ταυτόχρονα το κίνητρο της εντατικής σε νερό καλλιέργειας και ανάπτυξης καλαμποκιού στην σχετικά ξηρή και άγονη περιοχή. Από το 1996 έως το 2015, έχει σημειωθεί μία αύξηση κατά 11% των αρδευόμενων εκτάσεων στις Βόρειες Υψηλές Πεδιάδες (NHP) και τις Κεντρικές Υψηλές Πεδιάδες (CHP), σε αντίθεση με τη μείωση κατά 25% των αρδευόμενων εκτάσεων στις Νότιες Υψηλές Πεδιάδες (SHP), πιθανότατα εξαιτίας της μείωσης της ελεύθερης και διαθέσιμης αρδευόμενης έκτασης όπως φαίνεται στην εικόνα 6.16.

## 2.7 Άλλες μέθοδοι

Παλαιότερες και προηγούμενες μελέτες έχουν επίσης τονίσει και επισημάνει πώς η μεγιστοποίηση της αποδοτικής χρήσης του νερού περιλαμβάνει κάτι περισσότερο από μία βελτιωμένη τεχνολογία άρδευσης. Για παράδειγμα, η αποδοτική χρήση των υδάτων περιλαμβάνει επίσης διαδικασίες όπως τα καθεστώτα των λιπασμάτων (Ogola et al., 2002), την απορροφητικότητα της ριζικής ζώνης (Clothier and Green, 1994), την προϋπάρχουσα υγρασία του εδάφους (Panda et al., 2003) καθώς και την συχνότητα και την ένταση της άρδευσης (Kang et al., 2002; Nair et al., 2013). Οι αποδόσεις των καλλιεργειών ήταν υψηλότερες όταν οι εφαρμογές άρδευσης ήταν συχνές και τακτικές με χαμηλή ένταση (Behera and Panda, 2009) και όταν οι εφαρμογές των λιπασμάτων που συμπεριλαμβάνονται και ενσωματώνονται στην άρδευση μπορούσαν να εξισορροπήσουν την επιπρόσθετη ανάγκη για νερό για την μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών. Η απορρόφηση του νερού από τις ρίζες των φυτών πραγματοποιείται ως επί το πλείστον στα ανώτατα 45 cm του εδάφους και με αυτό τον τρόπο οι εφαρμογές άρδευσης που παρέχουν και εφοδιάζουν με νερό το έδαφος κάτω από αυτό το βάθος σε γενικές γραμμές ενισχύουν και αυξάνουν τα θρεπτικά στοιχεία και την υδατική έκπλυση (Panda et al., 2003). Επιπλέον, οι αυξημένες εφαρμογές άρδευσης, ακόμη και με αποδοτικές τεχνολογίες, οδηγούν άμεσα σε αυξημένη απώλεια νερού εξαιτίας της αυξημένης εξατμισοδιαπνοής (Howell et al., 2004; Ogola et al., 2002). Τα βελτιωμένα καθεστώτα άρδευσης αποτελούν ένα σημαντικό τομέα εστίασης για τη διατήρηση των υδάτων και απαιτείται περαιτέρω έρευνα που να συμπεριλαμβάνει και να ενσωματώνει τη χρήση του νερού με τους κοινωνικούς οδηγούς πίσω από τη διαχείριση των υδάτων.

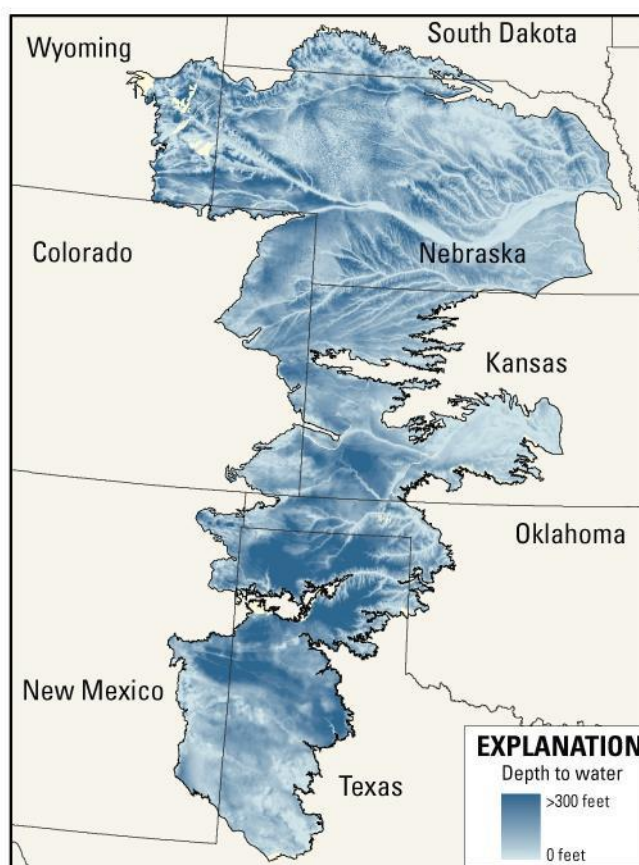
## 2.8 Αναδυόμενες και αναπτυσσόμενες στρατηγικές

Η αναδυόμενη και συνεχώς αναπτυσσόμενη έρευνα για τη βελτίωση της παραγωγικότητας του νερού έχει επικεντρωθεί σε μεγάλο βαθμό στη λεγόμενη «γεωργία ακριβείας», στην επιλογή των καλλιεργειών και στη βελτίωση της καλλιέργειας (Basso et al., 2011, 2013; Ritchie and Basso, 2008). Τα τελευταία χρόνια, η έμφαση στην ανάπτυξη και της προόδου των ποικιλιών των φυτών έχει αυξηθεί, δεδομένων των αναμενόμενων σε πολλούς κλάδους επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, όπως για παράδειγμα οι μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών εξαιτίας της αυξημένης πίεσης (στρες) του νερού (Basso et al., 2015; Basso και Ritchie, 2014). Οι νέες ποικιλίες καλλιέργειας ενδέχεται να οδηγήσουν σε αυξημένες αποδόσεις παρά τις αναπτυξιακές προκλήσεις που προκαλεί η αλλαγή του κλίματος επιτρέποντας την καλλιέργεια ορισμένων παραδοσιακά καλλιεργειών εντατικών σε νερό σε περιοχές όπου το νερό είναι σπάνιο (Hu and Xiong, 2014; Lobell et al., 2014). Καθώς οι καλλιεργητικές ποικιλίες που είναι ανθεκτικές στην ξηρασία εισέρχονται στην αγορά, η εξέλιξη και η ανάπτυξη αυτών των ποικιλιών των καλλιεργειών σε περιοχές όπου το νερό είναι ανεπαρκές, θα είναι πιθανότατα πιο επικερδής (Benson et al., 2011).

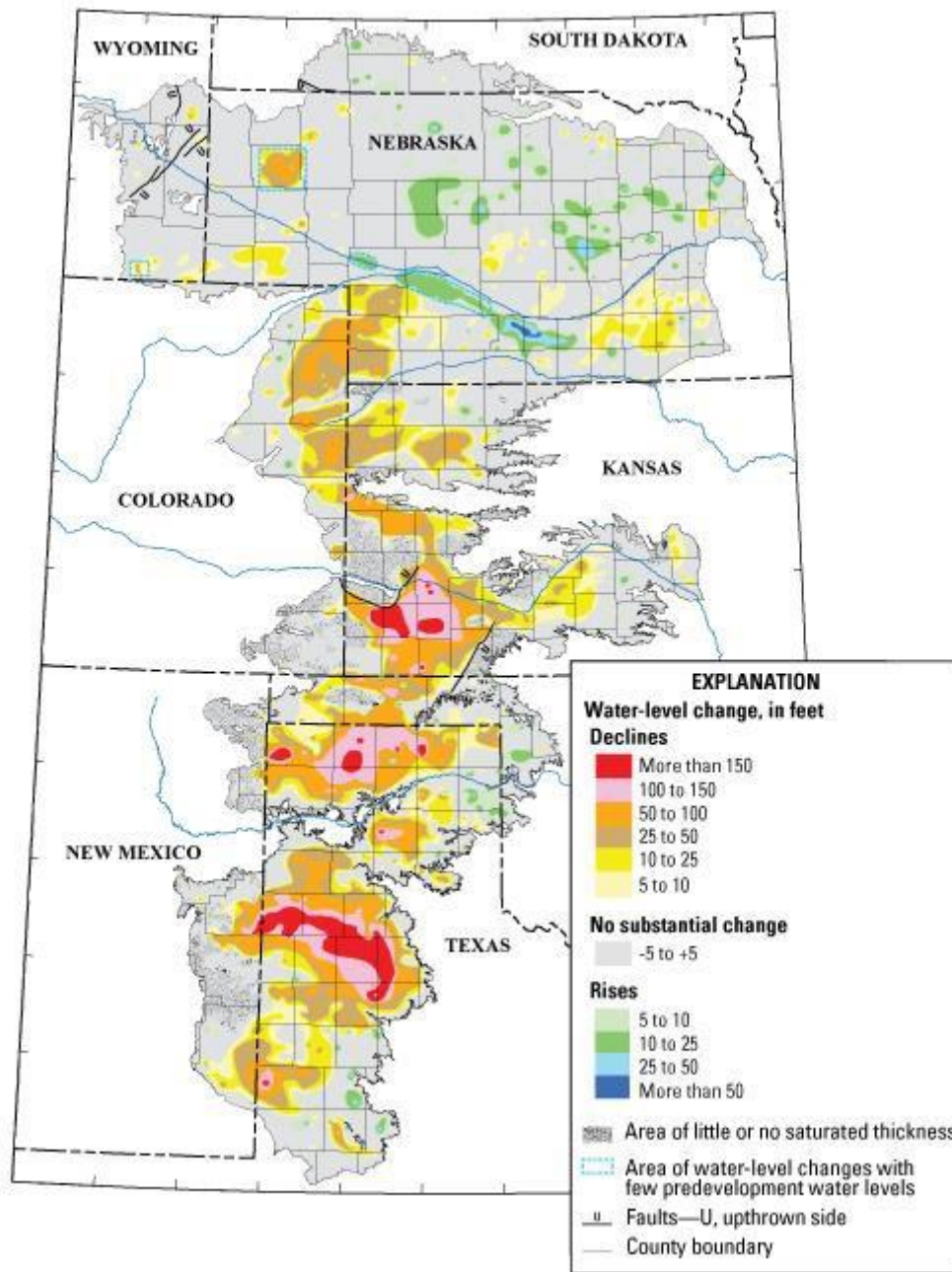
Η γεωργική ακρίβεια έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον μεταξύ των ερευνητών και των αγροτών δεδομένου του δυναμικού της να βελτιώσει την μακροπρόθεσμη παραγωγή ακόμη και σε μικρή κλίμακα αγροκτημάτων, αν και η υιοθέτηση γεωργικών πρακτικών ακριβείας έχει αυξηθεί μετρίως από την εισαγωγή τους τη δεκαετία του 1990 (Daberkow and McBride, 2003; McBratney et al., 2005). Η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιεί ξεχωριστές και διακριτές πληροφορίες για συγκεκριμένες τοποθεσίες και θέσεις βασισμένες σε παράγοντες συμπεριλαμβανομένης της επιλογής των καλλιεργειών και του τύπου του εδάφους για την ανάπτυξη στρατηγικών που είναι μοναδικές σε αυτόν τον τόπο, όπως η εφαρμογή άρδευσης μόνο στα τμήματα του πεδίου με ανεπάρκεια υγρασίας (Basso et al., 2001; Bongiovanni και Lowenberg-Deboer, 2004). Οι συνέπειες (επιπτώσεις) της γεωργίας ακριβείας στην παραγωγικότητα του νερού είναι πιθανότατα πιο επωφελείς όταν εξετάζονται και λαμβάνονται υπόψη προσαρμοστικές, στρατηγικές άρδευσης πλήρους πεδίου που ανταποκρίνονται σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας του εδάφους.

## 2.9 Φυσική βιωσιμότητα

Η επιλογή των τύπων καλλιέργειας είναι μία φυσική λύση για τη διατήρηση του νερού. Για παράδειγμα, η μετάβαση από το καλαμπόκι που απαιτεί υψηλή περιεκτικότητα σε νερό σε μία λιγότερο εντατική σε νερό καλλιέργεια περιορίζει και μετριάξει την ανάγκη για υπερβολική άρδευση. Στην περιοχή του βόρειου Τέξας των Νότιων Υψηλών Πεδιάδων (SHP), η αλλαγή του μισού αρδευόμενου καλαμποκιού σε αρδευόμενο βαμβάκι θα μπορούσε να μειώσει τις αναλήψεις του νερού κατά 8% (Colaizzi et al., 2009). Η ανάπτυξη των εντατικών σε νερό καλλιεργειών σε περιοχές που χρειάζονται συμπληρωματική άρδευση δημιουργεί τη μεγαλύτερη ζήτηση για ανάληψη νερού από τον υπόγειο υδροφόρα High Plains. Η επιλογή των καλλιεργειών με βάση τη φυσική μεταβλητότητα του τοπικού και του περιφερειακού κλίματος αποτελεί την πιο αποτελεσματική μέθοδο της διατήρησης και προστασίας του νερού. Ωστόσο, η επιλογή φυσικών καλλιεργειών σε γενικές γραμμές οδηγεί σε μικρότερο όφελος των γεωργών.



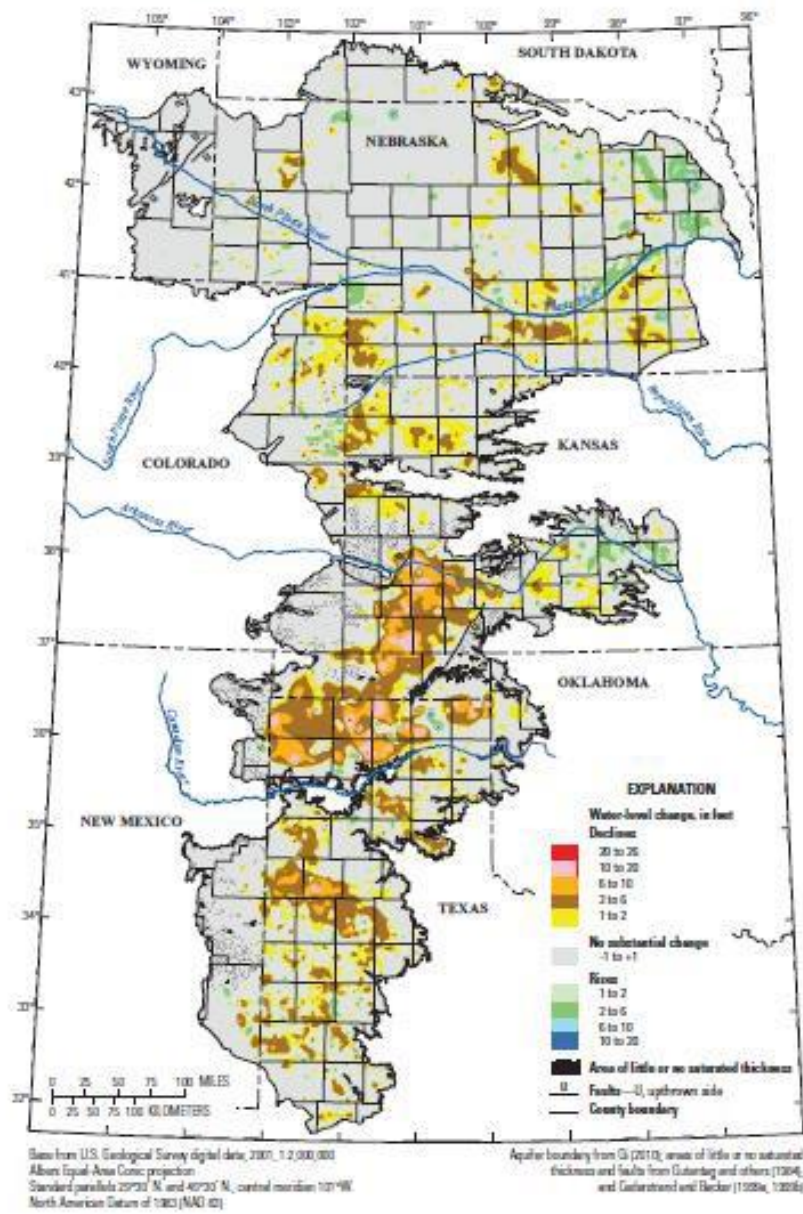
**Εικ. 6.18 Το βάθος που βρίσκεται το νερό κάτω από την επιφάνεια της γης στον υπόγειο υδροφόρα High Plains (Πηγή: U.S. Geological Survey, 2017)**



Εικ. 6.19 Οι σημαντικότερες μειώσεις των επιπέδων των υδάτων εντοπίζονται στα τμήματα του Τέξας, του Νέου Μεξικό, της Οκλαχόμα και του Κάνσας (τροποποιημένος χάρτης από τον McGuire, 2007) και τη μελέτη παρακολούθησης της στάθμης (επιπέδου) των υδάτων των High Plains

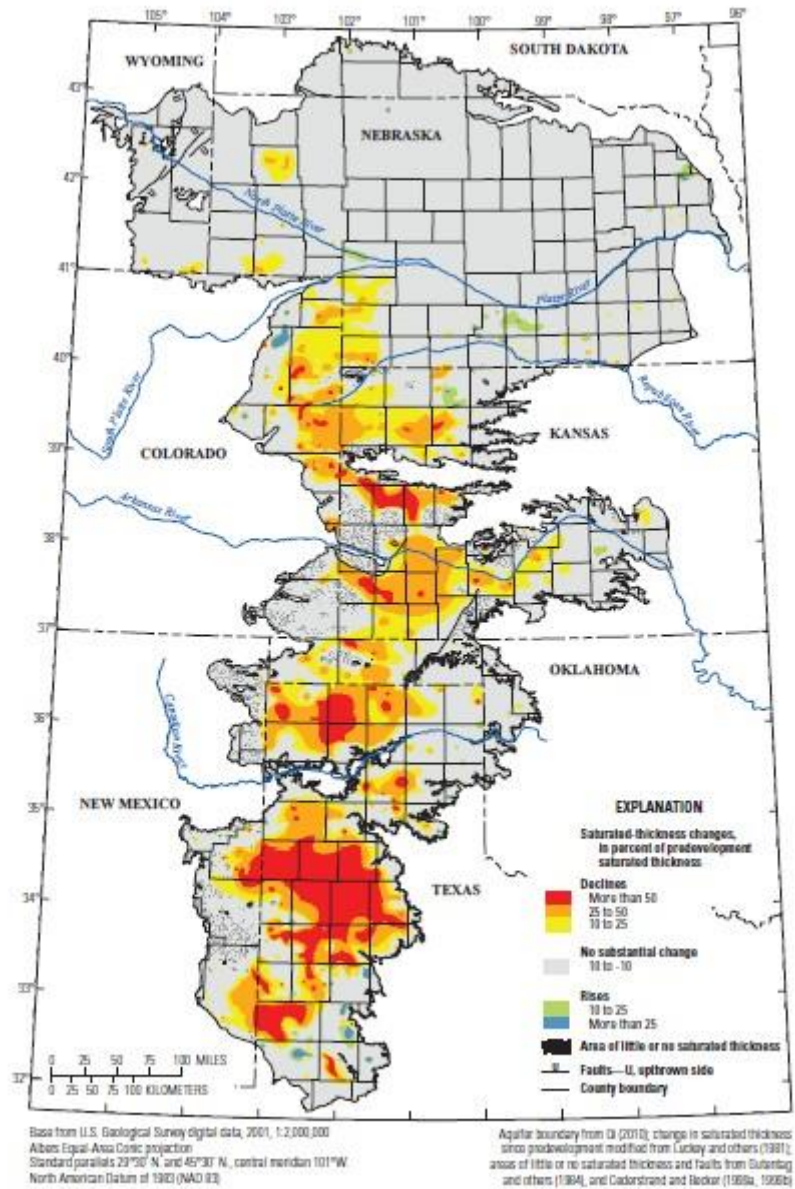
(Πηγή: <http://ne.water.usgs.gov/ogw/hpwlms/>, accessed January 16, 2009).

Μεταβολές της στάθμης του νερού στον υπόγειο υδροφόρα High Plains περίπου από το 1950 έως το 2015



**Εικ. 6.20** Οι μεταβολές της στάθμης του νερού στον υπόγειο υδροφόρα High Plains κατά το χρονικό διάστημα 2013- 2015 (Πηγή: U.S. Geological Survey, 2017)





**Εικ. 6.21 Η μεταβολή του κορεσμένου πάχους του υπόγειου υδροφόρου High Plains περίπου από το 1950 έως το 2015 (Πηγή: U.S. Geological Survey, 2017)**

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κοινή διαχείριση των διασυνοριακών συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων έχει αποτελέσει κρίσιμο θέμα το οποίο δεν μπορεί να αγνοηθεί. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας αυτού του θέματος και της ποικιλίας των πιθανών σεναρίων, οι προτεινόμενες προσεγγίσεις και μηχανισμοί πρέπει να προσαρμοστούν σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς και να είναι ρεαλιστικές, πολύπλευρες και προοδευτικές.

Η συνεργατική, δίκαιη και διαρκής διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφόρων συστημάτων απαιτεί όχι μόνο σημαντική τεχνική ικανότητα και οικονομικά μέσα, αλλά περισσότερο από κάθε άλλο, μία πολιτική βούληση των εμπλεκόμενων χωρών που να είναι επαρκώς ισχυρή και επιτακτική. Η δέσμευση των μη κυβερνητικών φορέων, των διεθνών οργανισμών και άλλων ενδιαφερόμενων μερών είναι επίσης απαραίτητη για την εφαρμογή των μεθόδων διαχείρισης.

Η σημασία των διασυνοριακών υπόγειων υδατικών πόρων γίνεται ακόμη πιο εμφανής όταν υπάρχει αυξημένη πίεση για την οικονομική ανάπτυξη και τις δραστηριότητες που σχετίζονται με το νερό και στις δύο πλευρές των συνόρων. Η από κοινού διαχείριση των διεθνών κοινόχρηστων πόρων των υπόγειων υδροφορέων δεν αποτελεί μόνο ένα επιστημονικό ή τεχνικό πρόβλημα. Θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει κοινούς θεσμούς και όργανα, κοινά δίκτυα παρακολούθησης, πληροφορίες και ανταλλαγές δεδομένων, καθώς και ένα κοινό όραμα για την αειφόρο ανάπτυξη ολόκληρου του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος των υπόγειων υδροφορέων. Οι πολιτικές διασυνδέσεις στη διασυνοριακή διαχείριση των υπόγειων υδροφορέων είναι σημαντικές και περιλαμβάνουν ευρύτερες περιφερειακές πτυχές όπως «το νερό για τη συνεργασία».

Εξαιτίας των ολοένα και περισσότερο έντονων και ισχυρών πιέσεων στους υδάτινους πόρους, η δίκαιη κατανομή των ωφελειών και των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από τη χρήση των διασυνοριακών συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων αποτελεί απαραίτητη και αναγκαία προϋπόθεση. Είναι απαραίτητο να αυξηθεί και να ενισχυθεί η επίγνωση και η συναίσθηση (συνειδητοποίηση) της ανυπολόγιστης αξίας της φυσικής κληρονομιάς που αντιπροσωπεύουν τα υπόγεια ύδατα, ένα εξαιρετικά εύθραυστο και συνήθως σε ελάχιστο βαθμό γνωστό περιβάλλον που μπορεί εύκολα να

καταστραφεί ανεπανόρθωτα από βραχυπρόθεσμες πρακτικές διαχείρισης. Εξαιτίας και λόγω της σπουδαιότητας και της σημασίας των διακυβευμάτων, τα ενδιαφερόμενα μέρη θα πρέπει να ενθαρρύνονται και να προτρέπονται ώστε να υιοθετήσουν και να εφαρμόσουν μία συλλογική πειθαρχία σε όλες τις κλίμακες (τοπικές έως υπερεθνικές), προκειμένου να αποκτήσουν την απαραίτητη κατανόηση και πλήρη γνώση αυτών των πολύτιμων πόρων, καθώς και για τη βέλτιστη εκμετάλλευση και προστασία τους.

Για το σκοπό αυτό, το πρώτο βήμα συνίσταται στη βελτίωση όσο το δυνατόν περισσότερο της κατανόησης των εν λόγω διασυνοριακών συστημάτων των υπόγειων υδροφορέων, χρησιμοποιώντας όλα τα διαθέσιμα ισχυρά επιστημονικά και τεχνικά εργαλεία. Θα ήταν απαραίτητο έως αναγκαίο να αυξηθεί το επίπεδο της συναίσθησης και της συνειδητοποίησης και μάλιστα να δοθεί συμπληρωματική γνώση στους ενδιαφερόμενους έτσι ώστε να είναι εντελώς ενήμεροι της κατάστασης εν γένει και των προβλημάτων που συναντώνται και αντιμετωπίζονται και των κινδύνων που προμηνύονται, εάν οι χώρες που μοιράζονται ένα ενιαίο σύστημα υπόγειου υδροφορέα το εκμεταλλεύονται χωρίς συνεργατική και συλλογική διαχείριση.

Μόλις αναγνωριστεί και γίνει αποδεκτή η αλληλεξάρτηση των χωρών αυτών, το δεύτερο βήμα συνίσταται στη δημιουργία επαφών μεταξύ τους, αρχικά τεχνικών και στη συνέχεια διπλωματικών. Αυτό το βήμα επιτρέπει την ανταλλαγή απόψεων, την ανάπτυξη σχέσεων εμπιστοσύνης και αλληλεγγύης, την ανταλλαγή πληροφοριών και τη συνεκτική, ρεαλιστική, πραγματική και προοδευτική εφαρμογή των διάφορων εργαλείων που παρουσιάστηκαν στο κυρίως μέρος της εργασίας.

Οι διεθνείς οργανισμοί μπορούν να είναι χρήσιμοι για την παροχή βοήθειας σε αυτή τη διαδικασία, παρέχοντας τις συμβουλές και τη βοήθεια (αρωγή) τους και ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη και την εφαρμογή του διεθνούς δικαίου σχετικά με τα διασυνοριακά υπόγεια ύδατα. Οι τοπικές και οι χωρικές αρχές των σχετικών χωρών μπορούν επίσης να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο, αναπτύσσοντας πρωτοβουλίες και δράσεις συναφούς διασυνοριακής συνεργασίας.

Οι υπάρχοντες οργανισμοί διαχείρισης των διασυνοριακών επιφανειακών υδάτων αποτελούν προφανή λογικά μέσα για την επέκταση του χωρικού και εδαφικού πεδίου δράσης τους στα συστήματα των υπόγειων υδροφορέων που τους αφορούν και τους απασχολούν. Έχουν γενικώς μία πολύ χρήσιμη εμπειρία, ένα θεσμικό πλαίσιο και ένα δίκτυο διεθνών σχέσεων και μπορούν εύκολα να επεκτείνουν και να ενισχύσουν της αρμοδιότητά τους στο πεδίο των υπόγειων υδάτων. Συνεπώς, οι σχετιζόμενες χώρες θα μπορούσαν να θεσμοθετήσουν τη συνεργασία τους στο πλαίσιο των «Οργανισμών



διαχείρισης διασυνοριακών επιφανειακών και υπόγειων υδάτων». Οι πιλοτικές μελέτες και τα ερευνητικά σχέδια θα επιτρέψουν την περαιτέρω ανάπτυξη των εργαλείων που παρουσιάστηκαν στην εργασία και θα συμβάλουν στην αύξηση της γενικής γνώσης σχετικά με τους πόρους αυτούς. Τα ηθικά διδάγματα που αντλήθηκαν από αυτές τις εμπειρίες μπορούν να αναπτυχθούν περαιτέρω και να διανεμηθούν μέσω δικτύων επαγγελματικής εκπαίδευσης.

Ωστόσο, προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η πολυμερής προσέγγιση, οι σχετιζόμενες χώρες θα πρέπει να επιδείξουν ισχυρή και μακροχρόνια πολιτική βούληση.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

### **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**ΑΒΡΑΜΙΔΗΣ, Η. (1995).** Προστασία λίμνης Δοϊράνης. Θεσσαλονίκη.

**ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (1977):** Γεωλογική μελέτη της περιοχής Διδυμοτείχου Πενταλόφου (λεκάνη Ορεστιάδας). - Γεωλ. Γεωφ. Μελέτες ΙΓΜΕ, Τομ.ΧΥΠΝ02, σελ. 59

**ΒΕΡΓΗΣ, Σ., (1982).** Γεωλογική - Υδρογεωλογική Έκθεση Νομού Έβρου. Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθη

**ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΜΠΑΡΟΥΤΗ Β. (2004):** Υδρογεωλογικές συνθήκες στη λεκάνη Δοϊράνης. Φυσικές διεργασίες-παρεμβάσεις και αποτελέσματα. Πρακτικά 10<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, σελ. 1982-1991.

**ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ Κ., (2004).** Συμβολή στη μελέτη του μηχανισμού λειτουργίας των πηγών Αραβησσού και του δυναμικού του ομωνύμου υδροφόρου ορίζοντα (Ν. Πέλλας). Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας σελ. 1972-1981. Θεσσαλονίκη.

**ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. (1984).** Υδρογεωλογική μελέτη μηχανισμού λειτουργίας και διαίτης των πηγαίων εκδηλώσεων - Τρόποι υδρομάστευσης (περιοχή Κυπρίνου) (1984). Η μελέτη έγινε για λογαριασμό της Κοινότητας Κυπρίνου Έβρου.

**ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ Ι., ΚΥΡΚΟΥΣΗΣ Α., (1995):** Ανάπτυξη και χαρακτηριστικά υδροφόρων οριζόντων στις Τεταρτογενείς αποθέσεις λεκάνης Ορεστιάδας Έβρου. Πρακτικά 3ου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου σελ. 165-178.

**ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. (1996).** Επηρεασμός αναπτυξιακών δραστηριοτήτων και επιπτώσεις στο περιβάλλον από την άναρχη εκμετάλλευση διασυνοριακών ποταμών. Περίπτωση. Διακρατικών ποταμών στην Ελλάδα (Νέστος και Έβρος). Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου ΤΕΕ σελ. 127-133

**ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ** Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ – ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Γεωλόγοι Εταιρεία Περιορισμένης Ευθύνης ΕΠΕ - ΛΙΖΑ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ - ΗΛΙΑΣ ΚΟΥΡΚΟΥΛΗΣ – ENVIROPLAN ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων ΑΕ – ΔΙΚΤΥΟ-Ανόνημη Εταιρία Τεχνικών Μελετών ΑΕ - ΒΑΒΙΖΟΣ–ΖΑΝΝΑΚΗ Μελέτες Έρευνες ΑΕ - ΦΩΤΕΙΝΗ ΜΠΑΛΤΟΓΙΑΝΝΗ (2012). Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των

Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007»

**ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., (1999).** Ευπρόσβλητες ζώνες της Ελλάδος από Νιτρορύπανση, γεωργικής προέλευσης. (Οδηγία 96/676/ΕΟΚ). Τελική έκθεση για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ. Πρόγραμμα του Πανεπιστημίου Πατρών. Τμήμα γεωλογίας. Πάτρα.

**ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., (2001).** Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Γ. Έκδοση ΤΕΕ, Αθήνα.

**ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. – ΤΣΑΚΟΥΜΗΣ (1989):** Αναγνωριστική υδρογεωλογική έκθεση της περιοχής του αγροκτήματος Σ.Σ. Μουριών Ν. Κιλκίς.

**ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. (1994).** Υδρογεωλογική μελέτη Νομού Κιλκίς., Έκθεση ΙΓΜΕ, Θεσ/νίκη.

**ΚΑΛΟΥΣΗ Ε.(1998):** Αποτίμηση της σημερινής κατάστασης της λίμνης Δοϊράνης. Πιθανά αίτια- προτάσεις ανάσχεσης του φαινομένου, ΙΓΜΕ Θεσσαλονίκη.

**ΚΑΛΟΥΣΗ Ε. – ΧΑΤΖΗΚΥΡΚΟΥ Α. (2000):** Μελέτη ποιοτικής κατάστασης επιφανειακών και υπόγειων νερών Ν. Θεσσαλονίκης. Έκθεση ΙΓΜΕ 241 σελίδες.

**ΚΑΛΟΥΣΗ Ε. (2001):** Μελέτη ποιοτικής κατάστασης υδατικών πόρων Ν. Κιλκίς. ΙΓΜΕ. Θεσσαλονίκη.

**ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. κ.α., (2002).** Μελέτη ορθολογικής διαχείρισης υδατικών πόρων Ν. Κιλκίς. Έκθεση ΙΓΜΕ.

**ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε., (2008).** Μελέτη ποιοτικής κατάστασης νερών Δήμου Δοϊράνης Ν. Κιλκίς. Έκθεση ΙΓΜΕ. Θεσσαλονίκη.

**ΚΩΤΟΥΛΑΣ, Δ. (1990).** Νερά και ορεινή υδρονομία στο Ν. Κιλκίς. Προβλήματα, δυνατότητες , Προοπτικές. Ημερίδας, Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων, ΑΠΘ.

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ-ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ-ΓΚΙΚΑΣ, (1990).** Έκθεση αξιολόγησης υδρολογικών στοιχείων Νομού Κιλκίς, Θεσ/νίκη. Ημερίδα, Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων, ΑΠΘ.

**ΚΩΤΣΟΒΙΝΟΣ, Ν., (2005).** Προτάσεις για διακρατική συνεργασία Ελλάδας – Βουλγαρίας – Τουρκίας σε θέματα διαχείρισης πλημμυρών και περιβάλλοντος. Ημερίδα του Δικτύου Διασυνοριακής Συνεργασίας Νομαρχιών Ελλάδας –Βουλγαρίας – Τουρκίας με θέμα: Πολιτική Προστασία. Ορεστιάδα.

**ΛΕΟΝΤΙΑΔΗΣ Ι.Α., ΝΤΟΤΣΙΚΑ ΕΛΙ., (1999):** Ιστοτοπική, υδρολογική έρευνα ευρύτερης περιοχής Ορεστιάδας. Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος»

**ΜΕΛΛΑΔΙΩΤΗΣ Γ. (1984):** Γεωλογική μελέτη του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών και ειδικότερα της περιοχή μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, όπου αναπτύσσονται εκμεταλλεύσιμοι υπόγειοι υδροφορείς. Διδακτορική Διατριβή ΑΠΘ.

**ΜΙΡΕΛΗ, Π., (2005).** Ρύπανση Περιβάλλοντος. Παρουσίαση υφιστάμενης κατάστασης, μέτρα και κατευθύνσεις για την προστασία του περιβάλλοντος. Ημερίδα με θέμα: Πολιτική Προστασία. Δίκτυο Διασυνοριακής συνεργασίας Νομαρχιών Ελλάδας - Βουλγαρίας –Τουρκίας. Ορεστιάδα.

**ΜΠΑΡΟΥΤΗ, Β. (2000).** Υδρογεωλογικές συνθήκες στη λεκάνη της λίμνης Δοϊράνης. Φυσικές διεργασίες, παρεμβάσεις και αποτελέσματα.

Μεταπτυχιακή Διατριβή Του Μεταπτυχιακού Τμήματος «Ειδίκευση Περιβαλλοντικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας» του ΑΠΘ.

**ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ Ν. (1988):** Γεωφυσική έρευνα Λ. Χέρσου (έρευνα ΙΓΜΕ).

**ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., ΡΩΜΑΪΔΗΣ, Ι., (2002).** Υδρογεωλογική έρευνα ευρύτερης περιοχής λεκάνης του Άρδα. ΙΓΜΕ-Περιφερειακή Μονάδα Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης (Π.Μ.Α.Μ.Θ Β'ΚΠΣ).

**ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ – ΜΟΥΡΚΙΔΟΥ, Ε., (2002).** Πρόγραμμα Ελέγχου Ποιότητας Επιφανειακών Υδάτων στη Μακεδονία-Θράκη. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Εργαστήριο Γεωργικών Φαρμάκων. Φορέας Χρηματοδότησης: Υπουργείο Γεωργίας. Θεσσαλονίκη.

**ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΝΜ (2005).** Σχέδια Διαχείρισης Υδατικών Πόρων των Υδατικών Διαμερισμάτων. Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας Αν. Μακεδονίας και Θράκης. Χρηματοδότηση Υπουργείο Ανάπτυξης Διεύθυνση υδατικού δυναμικού και φυσικών πόρων.

**ΤΣΑΜΑΝΤΟΥΡΙΔΗΣ Π. – ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ Ν. – ΚΟΥΓΚΟΥΛΗΣ Χ. (1985):** Βασική κοιτασματολογική έρευνα της Σερβομακεδονικής ζώνης. Κοιτασματολογική έρευνα Fe-ούχου σχηματισμού της ηφαιστειοζηματογενούς σειράς Ακρίτα – Μεταλλικό – κριθιάς Ν. Κιλκίς. Έρευνα ΙΓΜΕ.

**Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΡΓΙΑΣ Ν. ΚΙΑΚΙΣ:** Στατιστικά στοιχεία αρδευόμενης έκτασης Ν. Κιλκίς.

**Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ Ν. ΚΙΑΚΙΣ:** Στοιχεία από μελέτες οριστικές και προκαταρτικές, φραγμάτων στο Ν. Κιλκίς.

**ΤΥΔΚ Ν. ΚΙΑΚΙΣ:** Στοιχεία από μελέτες φραγμάτων στο Ν. Κιλκίς.

**ΜΟΥΣΕΙΟ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ-ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ. (1993).** Σχετικό με τη στάθμη της λίμνης έγγραφο, του καθηγητή οικολογίας Π.Α.Γεράκη, Θεσ/νίκη.

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΈΡΓΩΝ (1966).** Πληροφορίες περί της λίμνης Δοϊράνης, Υπηρεσία Υδραυλικών Έργων, Διεύθυνση Μελετών, Αθήνα.

**ΥΠΑΝ (2003).** Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας. ΙΠΑΝ, ΙΓΜΕ, ΕΜΠ, ΚΕΠΕ. Αθήνα.

**ΥΠΕΧΩΔΕ (2001).** Master Plan για την αξιοποίηση των υδατικών πόρων της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης, με σκοπό την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης. Αθήνα.

## **ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**Alker, M., M. Grossmann, E. Herrfahrtdt-Pähle, W. Scheumann, O. Schmidt, T. Steyrer and I. Theesfeld (2008),** Conceptualizing cooperation on Africa's transboundary groundwater resources, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, Bonn.

**Allen, V.G., Brown, C.P., Kellison, R., Segarra, E., Wheeler, T., Dotray, P.A., Conkwright, J.C., Green, C.J., Acosta-Martinez, V., 2005.** Integrating cotton and beef production to reduce water withdrawal from the Ogallala Aquifer in the Southern High Plains. *Agron. J.* 97 (2), 556–567. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2005.0556>.

**Almaqyy, A. and Z. Buzas (1999),** Inventory of Transboundary Groundwaters, UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment, Lelystad [http://iwacportal.org/File//downloads/inventory\\_transboundary\\_groundwaters.pdf](http://iwacportal.org/File//downloads/inventory_transboundary_groundwaters.pdf)

**Anderson, R.C. 1998,** Environmental policy and technical project: New independent states: The management of international rivers and lakes, prepared for Central Asia Mission, USAID, Almaty, Kazakhstan.

**Arias, H.M. 2000,** International groundwaters: The Upper San Pedro River basin case. *Natural Resources Journal* 40, no. 2: 199–217.

**Aureli, A. and J. Ganoulis (2005)**, The UNESCO project on internationally shared aquifer resources management (UNESCO/ISARM): overview and recent developments, in Stournaras G. et al. (eds) Proc. 7th Hellenic Hydrogeological Conference, Vol II, pp.35-46, Hellenic Chapter of IAH, Athens.

**Barberis, J.A. 1986**, International ground water resources law. Food and Agricultural Organization Legislative Study 40, 67.

**Basso, B., Ritchie, J.T., Pierce, F.J., Jones, J.W., Braga, R.N., 2001.** Spatial validation of crop models for precision agriculture. *Agric. Syst.* 68, 97–112. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00063-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00063-9).

**Basso, B., Ritchie, J.T., Grace, P.R., Sartori, L., 2006.** Simulation of tillage systems impact on soil biophysical properties using the SALUS model. *Ital. J. Agron.* 1 (4), 677–688.

**Basso, B., Ritchie, J.T., Cammarano, D., Sartori, L., 2011.** A strategic and tactical management approach to select optimal N fertilizer rates for wheat in a spatially variable field. *Eur. J. Agron.* 35 (4), 215–222. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2011.06.004>.

**Basso, B., Cammarano, D., Fiorentino, C., Ritchie, J.T., 2013.** Wheat yield response to spatially variable nitrogen fertilizer in Mediterranean environment. *Eur. J. Agron.* 51, 65–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.06.007>.

**Basso, B., Ritchie, J.T., 2014.** Temperature and drought effects on maize yield. *Nat. Clim. Chang.* 4 (233). <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2139>.

**Basso, B., Nagelkirk, R., Sartori, L., 2015.** Modelling conservation agriculture. In: Farooq, M., Siddique, K. (Eds.), *Conservation Agriculture*. Springer International Publishing Switzerland [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-11620-4\\_8](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-11620-4_8).

**Beaumont, P., 2000**, The 1997 UN Convention on the Law of Non- Navigational Uses of International Watercourses: Its strengths and weaknesses from a Water Management Perspective and the Need for New Workable Guidelines, *Water Resources Development*, vol. 16 (4), pp 475-495

**Behera, S.K., Panda, R.K., 2009.** Integrated management of irrigation water and fertilizers for wheat crop using field experiments and simulation modeling. *Agric. Water Manag.* 96 (11), 1532–1540. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2009.06.016>.

**Behrmann (Christian), Stephan (Raya Marina)**, The UN Watercourse Convention and the Draft Articles on Transboundary Aquifers: the way ahead, UNESCO-IAH-UNEP Conference, Paris, 6-8 December 2010.

- Bellini, E., Massa, D., 1980.** A stratigraphic contribution to the Paleozoic of the southern basins of Libya. In: Salem, M.J., Brusrewi, M.T. (Eds.), *The Geology of Libya*. Elsevier, Amsterdam, pp. 1e289.
- Benson, A., Zhu, P., Farmer, M., Villalobos, C., 2011,** Profitability of a dryland grazing system suitable for the Texas high plains. *Tex. J. Agric. Nat. Resour.* 24, 62–73.
- Berg, A., Lanner, B.R., Findell, K.L., Malyshev, S., Loikith, P.C., Gentine, P., 2014.** Impact of soil moisture–atmosphere interactions on surface temperature distribution. *J. Clim.* 27 (21), 7976–7993.  
<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00591.1>.
- Bodelle, J., and Margat J., 1980,** *L' Eau Souterraine en France*, Masson, Paris.
- Bongiovanni, R., Lowenberg-DeBoer, J., 2004.** Precision agriculture and sustainability. *Precis. Agric.* 5 (4), 359–387.  
<http://dx.doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa>.
- Bouwer, H. 1978,** *Groundwater Hydrology*. New York: McGraw Hill College.
- Brauman, K.A., Siebert, S., Foley, J.A., 2013.** Improvements in crop water productivity increase water sustainability and food security—a global analysis. *Environ. Res. Lett.* 8 (2), 024030. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024030>.
- Carbone, R.E., Tuttle, J.D., 2008.** Rainfall occurrence in the US warm season: the diurnal cycle. *J. Clim.* 21 (16), 4132–4146. <http://dx.doi.org/10.1175/2008JCLI2275.1>.
- CEDARE, 2001.** Regional Strategy for the Utilization of the Nubian Sandstone Aquifer System. In: *Hydrogeology*, vol. II. Centre for the Environment and Development for the Arab Region and Europe, Cairo, Egypt.
- CEDARE, 2002.** Regional Strategy for the Utilization of the Nubian Sandstone Aquifer System. Draft final report. Centre for Environment and Development for the Arab Region and Europe, Heliopolis Bahry, Cairo, Egypt, pp. 22-82.
- Chilton, J., 2007,** Personal Communication.
- Clothier, B.E., Green, S.R., 1994.** Rootzone processes and the efficient use of irrigation water. *Agric. Water Manag.* 25 (1), 1–12
- Colaizzi, P., Schneider, A., 2004.** Comparison of SDI, LEPA, and spray irrigation performance for grain sorghum. *Trans. ASAE* 47 (5), 1477–1492.
- Colaizzi, P.D., Gowda, P.H., Marek, T.H., Porter, D.O., 2009.** Irrigation in the Texas high plains: a brief history and potential reductions in demand. *Irrig. Drain.* 58 (3), 257–274. <http://dx.doi.org/10.1002/ird.418>.

- Cook, K.H., Vizzy, E.K., Launer, Z.S., Patricola, C.M., 2008.** Springtime intensification of the Great Plains low-level jet and Midwest precipitation in GCM simulations of the twenty-first century. *J. Clim.* 21 (23), 6321–6340. <http://dx.doi.org/10.1175/2008JCLI2355.1>.
- Crosbie, R.S., Scanlon, B.R., Mpelasoka, F.S., Reedy, R.C., Gates, J.B., Lu, Z., 2013.** Potential climate change effects on groundwater recharge in the High Plains Aquifer, USA. *Water Resour. Res.* 49 (7), 3936–3951. <http://dx.doi.org/10.1002/wrcr.20292>.
- Daberkow, S.G., McBride, W.D., 2003.** Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. *Precis. Agric.* 4 (2), 163–177. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1024557205871>
- Darnault, C. (ed.) (2008),** Overexploitation and Contamination of Shared Groundwater Resources, Springer, Dordrecht.
- Dellapenna J. W., 1999,** The Customary International Law of Internationally Shared Fresh Water, Proceedings conf. Shared Water Systems and Transboundary Issues: with special emphasis on the Iberian Peninsula, Lisbon, Portugal, p 79-148
- Deng, X., Shan, L., Zhang, H., Turner, N.C., 2006.** Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. *Agric. Water Manag.* 80 (1), 23–40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.021>
- Dennehy, K.F., Litke, D.W., McMahon, P.B., 2002,** The High Plains Aquifer, USA: groundwater development and sustainability. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 193 (1), 99–119. <http://dx.doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.193.01.09>
- Draپر S.E., 1997,** International Duties and Obligations for Transboundary Water Sharing, *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 123 (6), pp 344-349
- Ebraheem, A., Riad, S., Wycisk, P., Seif El-Nasr, A., 2002.** Simulation of impact of present and future groundwater extraction from the non-replenished Nubian sandstone aquifer in southwest Egypt. *Environ. Geol.* 43 (1e2), 188-196.
- Ebraheem, A., 2003.** A large-scale groundwater flow model for the New Valley area with a telescoping mesh on Kharga oasis, SW Egypt. *Jahrb. für Geol. Paläontol. Abh* 228, 153-174.
- Ebraheem, A., Riad, S., Wycisk, P., Sefelnasr, A., 2004.** A local-scale groundwater flow model for modeling ground-water resources management options in Dakhla Oasis, SW Egypt. *Hydrogeol. J.* 12 (6), 714-722.



**Eckstein, G.E., and Y. Eckstein. 2003,** Ground water resources and international law in the Middle East process. *Water International* 28, no. 2: 154–161.

**Edwards, C.A., 1989,** The importance of integration in sustainable agricultural systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 27 (1–4), 25–35.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809\(89\)90069-8](http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809(89)90069-8).

**El-Baz, F., Maingue, M., Robinson, C., 2000.** Fluvio-aeolian dynamics in the northeastern Sahara: the relationship between fluvial/aeolian systems and groundwater concentration. *J. Arid Environ.* 44 (2), 173-183.

**FAO AQUASTAT:** UN Food and Agriculture Organization. n.d.  
<http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/countries/Iraq>.

**Foster, S. and D.P. Loucks (eds) (2006),** Non-renewable groundwater resources: A guidebook on socially-sustainable management for water policy makers, IHP Groundwater Series No. 10,  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001469/146997E.pdf>.

**Ganoulis, J., Duckstein, L., Literathy, P., and Bogardi, I., eds., 1996,** *Transboundary Water Resources Management: Institutional and Engineering Approaches*, NATO ASI Series, Partner Sub-Series 2. Environment, Vol.7, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 478 pp.

**Ghimire, R., Adhikari, K.R., Chen, Z., Shah, S.C., Dahal, K.R., 2012.** Soil organic carbon sequestration as affected by tillage, crop residue, and nitrogen application in rice– wheat rotation system. *Paddy Water Environ.* 10 (2), 95–102.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10333-011-0268-0>.

**Ghoneim, E., El-Baz, F., 2007.** The application of radar topographic data to mapping of a mega-paleodrainage in the Eastern Sahara. *J. Arid Environ.* 69 (4), 658-675.

**Gossel, W., Ebraheem, A.M., Wycisk, P., 2004.** A very large scale GIS-based groundwater flow model for the Nubian sandstone aquifer in Eastern Sahara (Egypt, northern Sudan and eastern Libya). *Hydrogeol. J.* 12 (6), 698-713.

**Gossel, W., Sefelnasr, A., Ebraheem, A., Wycisk, P., 2006.** Large scale recharge modeling in the arid area of the eastern Sahara. In: *Recharge Systems for Protecting and Enhancing Groundwater Resources. Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge (ISMAR5)*, Berlin, Germany, IHP-VI, Series on Groundwater No 13, pp. 877-882.

**Gossel, W., Sefelnasr, A., Ebraheem, A., Wycisk, P., 2008.** A GIS-based flow model for groundwater resources management in the development areas in the eastern Sahara, Africa. No 13. In: Adelana, S.M.A., MacDonald, A.M. (Eds.), Applied Groundwater Studies in Africa. IAH Selected Papers on Hydrogeology. CRCPress/ Balkema, Leiden, The Netherlands, pp. 43-64.

**Gossel, W., Sefelnasr, A., Weise, S.M., Friese, K., Stefanova, A., Wycisk, P., 2010a.** Hydrochemical and isotope analysis of deep groundwater from the Nubian Aquifer System in the Egyptian Oases. In: XXXVIII IAH Congress, Abstract Book (Groundwater Quality Sustainability), Krakow 1-2, p. 519.

**Gossel, W., Sefelnasr, A., Wycisk, P., 2010b.** Long term modeling of saltwater intrusion in the northern part of the Nubian Aquifer System. *Hydrogeol. J.* 18 (6), 1447-1463.

**Green, T.R., Taniguchi, M., Kooi, H., Gurdak, J.J., Allen, D.M., Hiscock, K.M., Treidel, H., Aureli, A., 2011.** Beneath the surface of global change: impacts of climate change on groundwater. *J. Hydrol.* 405 (3), 532–560.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.002>.

**GWP TAC (2000),** Integrated management of water resources. Global Water Partnership, Background Paper No. 4, Stockholm.

**Gutentag, E.D., Heimes, F.J., Krothe, N.C., Luckey, R.R., Weeks, J.B., 1984,** Geohydrology of the High Plains Aquifer in Parts of Colorado, Kansas, Nebraska, New Mexico, Oklahoma, South Dakota, Texas, and Wyoming. USGS No. 1400-B, pp. 1–63 (Available at:) [pubs.usgs.gov/pp/1400b/report.pdf](http://pubs.usgs.gov/pp/1400b/report.pdf)

**Haacker, E.M.K., Kendall, A.D., Hyndman, D.W., 2015,** Water level declines in the High Plains Aquifer: predevelopment to resource senescence. *Ground Water* 4635 (517). <http://dx.doi.org/10.1111/gwat.12350>.

**Havlin, J.L., Kissel, D.E., Maddux, L.D., Claassen, M.M., Long, J.H., 1990.** Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54 (2), 448–452.

**Harding, K.J., Snyder, P.K., 2012a.** Modeling the atmospheric response to irrigation in the Great Plains. Part I: general impacts on precipitation and the energy budget. *J. Hydrometeorol.* 13 (6), 1667–1686.  
<http://dx.doi.org/10.1175/JHM-D-11-098.1>.

- Hebard, E.M. 2000**, A focus on a binational watershed with a view toward fostering a cross-border dialogue. *Natural Resources Journal* 29, no. 3: 281–321.
- Heinl, M., Brinkmann, P.J., 1989**. A ground water model for the Nubian Aquifer System. *IAHS, Hydrolog. Sci. J.* 34 (4), 425-447.
- Hermina, M., 1990**. The surroundings of Kharga, Dakhla and Farafra oases. In: Said, R. (Ed.), *The Geology of Egypt*. Balkema, Rotterdam, pp. 259-292.
- Hibbs, B.J., B.K. Darling, and I.C. Jones. 1998**, Hydrogeological regimes of arid-zone aquifers beneath low-level radioactive waste and other waste repositories in Trans Pecos, Texas and Northern Chihuahua, Mexico. In *Gambling with Groundwater Physical, Chemical, Biological Aspects of Aquifer-Stream Relations, Proceedings of Joint 27<sup>th</sup> IAH Congress and AIH Annual Meeting*, ed. J.V. Brahana, Y. Eckstein, L.K. Ongley, R. Schneider, and J.E. Moore, 311–322. St. Paul, MN: American Institute of Hydrology.
- Higgins, R.W., Yao, Y., Wang, X.L., 1997**. Influence of the North American monsoon system on the US summer precipitation regime. *J. Clim.* 10 (10), 2600–2622.
- Himida, I.H., 1970**. The Nubian artesian basin, its regional hydrogeological aspects and palaeohydrological reconstruction. *J. Hydrol.* 9, 89-116.
- Hobbs, P.R., Sayre, K., Gupta, R., 2008**. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philos. Trans. R. Soc., B: Biol. Sci.* 363 (1491), 543–555. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2007.2169>.
- Hoerling, M., Eischeid, J., Kumar, A., Leung, R., Mariotti, A., Mo, K., Schubert, S., Seager, R., 2014**. Causes and predictability of the 2012 Great Plains drought. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 95 (2), 269–282. <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00055.1>.
- Howell, T.A., Evett, S.R., Tolk, J.A., Schneider, A.D., 2004**. Evapotranspiration of full-, deficit-irrigated, and dryland cotton on the Northern Texas High Plains. *J. Irrig. Drain. Eng.* 130 (4), 277–285.
- Hu, H., Xiong, L., 2014**. Genetic engineering and breeding of drought-resistant crops. *Annu. Rev. Plant Biol.* 65 (1), 715–741. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040000>
- Ibrahim, M.M., 1956**. The origin of the depressions in the Libyan Desert. *Obs. Proc. Geol. Soc. Egypt* 2 (1), 6-20.

**IGRAC (2009)**, Transboundary aquifers of the world, update 2009, Special edition for the 5th World Forum on Water, Istanbul 2009 ([www.isarm.net/publications/313](http://www.isarm.net/publications/313))

**Jódar, J., Carrera, J., Cruz, A., 2010.** Irrigation enhances precipitation at the mountains downwind. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 14 (10), 2003–2010. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-14-2003-2010>.

**Johnston, A.E., 1986.** Soil organic matter, effects on soils and crops. *Soil Use Manag.* 2 (3), 97–105.

**Kang, S., Zhang, L., Liang, Y., Hu, X., Cai, H., Gu, B., 2002.** Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agric. Water Manag.* 55 (3), 203–216. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00180-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00180-9).

**Koster, R.D., Dirmeyer, P.A., Guo, Z., Bonan, G., Chan, E., Cox, P., Gordon, C.T., Kanae, S., Kowalczyk, E., Lawrence, D., Liu, P., 2004.** Regions of strong coupling between soil moisture and precipitation. *Science* 305 (5687), 1138–1140. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1100217>.

**Kindler, J. 2001.** Experiences and challenges for sustainable development in transboundary water management (TWM). In: *Proceedings of the International Conference on Hydrological Challenges in Transboundary Water Resources Management, Koblenz, Germany, September 2001*. Koblenz, German National Committee for the International Hydrological Programme (IHP) of UNESCO and for the Operational Hydrological Programme (OHP) of WMO. Sonderheft 12.

**Klitzsch, E., 1983.** Geological research in and around Nubia. *Episodes* 3, 15-19.

**Klitzsch, E., 1989.** Zur Stratigraphie Nubiens. *Z. Dt. Geol. Ges.* 140, 151-160. **Klitzsch,**

**E., Wycisk, P., 1999.** Beckenentwicklung und Sedimentationsprozesse in Kratonalen Bereichen Nordost-Afrikas im Phanerozoikum. In: Klitzsch, E., Thorweihe, U. (Eds.), *Nordost-Afrika: Strukturen und Ressourcen*. John Wiley & Sons-VCH, Weinheim, pp. 61-108.

**Knetsch, G., Yallouze, M., 1955.** Remarks on the origin of the Egyptian oases depressions. *Bull. Soc. Geogr. Egypt* 28, 21-33.

**Knowles, T.R., Nordstrom, P.L., Klemt, W.B., 1984,** Evaluating the ground-water resources of the High Plains of Texas. Texas Department of Water Resources. (Available at: [www.](http://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered_reports/doc/R288/R288v1/R288v1.p)

[www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered\\_reports/doc/R288/R288v1/R288v1.p](http://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered_reports/doc/R288/R288v1/R288v1.p)

- Krishna, R., and M.A. Salman. 1999**, International groundwater law and the World Bank policy for projects on transboundary groundwater. In *Groundwater: Legal and Policy Perspectives*, Proceedings of a World Bank Seminar, ed. Salman M.A. Salman, 163–189. Washington, DC: World Bank.
- Kröpelin, S., 1999**. Terrestrische Paläoklimatologie heute arider Gebiete: resultate aus dem Unteren Wadi Howar (Südöstliche Sahara/NW-Sudan). In: Klitzsch, E., Thorweihe, U. (Eds.), *Nordost-Afrika: Strukturen und Ressourcen*. John Wiley & Sons-VCH, Weinheim, pp. 448-508.
- Kröpelin, S., 2001**. Inter-hemispheric correlation of monsoon controlled climatic change in Northeast Africa with climate evolution in southwest Africa during the past 20,000 years. *Geophys. Res. Abstr.* 3, 317-323.
- Lamm, F.R., Trooien, T.P., 2003**. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Irrig. Sci.* 22 (3–4), 195–200. <http://dx.doi.org/10.1007/s00271-003-0085-3>.
- LaMoreaux, P.E., B.A. Memon, and H. Idris. 1985**, Groundwater development, Kharga Oases, Western Desert of Egypt: A long-term environmental concern. *Environmental Geology and Water Sciences* 7, no. 2: 129–149.
- Law J. and Martin E.A., Ed.** *Dictionary of Law*, Ed. By Jonathan and Elizabeth A. Martin, Oxford University Press, 2009
- Lobell, D.B., Roberts, M.J., Schlenker, W., Braun, N., Little, B.B., Rejesus, R.M., Hammer, G.L., 2014**. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. *Science* 344 (6183), 516–519. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1251423>.
- Lyle, W.M., Bordovsky, J.P., 1983**. LEPA irrigation system evaluation [Low Energy Precision Application]. *Transactions of the ASAE* 26 (3), 0776–0781. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.34022>.
- Maloney, E.D., Camargo, S.J., Chang, E., Colle, B., Fu, R., Geil, K.L., Hu, Q., Jiang, X., Johnson, N., Karnauskas, K.B., Kinter, J., 2014**. North American climate in cmip5 experiments: part iii: assessment of twenty-first-century projections. *J. Clim.* 27 (6), 2230–2270.
- Margat, J. (2008)**, *Les eaux souterraines dans le monde*, BRGM Editions, Orleans.).
- Maupin, M.A., Barber, N.L., 2005**, Estimated withdrawals from principal aquifers in the United States, 2000. U.S. Geological Survey Circular 1279 (Available at: <http://pubs.usgs.gov/circ/2005/1279/pdf/circ1279.pdf>).

**McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., Bouma, J., 2005.** Future directions of precision agriculture. *Precis. Agric.* 6 (1), 7–23.

<http://dx.doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8>.

**McGuire, V., 2009,** Water-level changes in the High Plains aquifer, predevelopment to 2007, 2005–06, and 2006–07. Publications of the US Geological Survey. 17 (Available at:) <pubs.usgs.gov/sir/2009/5019/pdf/sir2009-5019.pdf>.

**McMahon, P.B., Dennehy, K.F., Bruce, B.W., Böhlke, J.K., Michel, R.L., Gurdak, J.J., Hurlbut, D.B., 2006.** Storage and transit time of chemicals in thick unsaturated zones under rangeland and irrigated cropland, High Plains, United States. *Water Resour. Res.* 42 (3). <http://dx.doi.org/10.1029/2005WR004417>

**Moore, N., Rojstaczer, S., 2001.** Irrigation-induced rainfall and the Great Plains. *J. Appl. Meteorol.* 40 (8), 1297–1309.

**Mijatovic, B.F. 1998,** Prevention of over-exploitation of deep aquifers in Vojvodina, Northern Yugoslavia. In *Gambling with Groundwater—Physical, Chemical, Biological Aspects of Aquifer-Stream Relations*, Proceedings of Joint 27th IAH Congress and AIH Annual Meeting, ed. J.V. Brahana, Y. Eckstein, L.K. Ongley, R., Schneider, and J.E. Moore, 353–358. St. Paul, MN: American Institute of Hydrology

**Milich L., Varady R. G., 1998,** Managing Transboundary Resources- Lessons from River Basin Accords, *Environment*, vol. 40 (8), pp 10- 15

**Nair, S., Johnson, J., Wang, C., 2013.** Efficiency of irrigation water use: a review from the perspectives of multiple disciplines. *Agron. J.* 105 (2), 351–363. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2012.0421>.

**NASS-USDA. 2012,** Census of Agriculture. US Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service, Washington, DC. [www.agcensus.usda.gov/Publications/2012/Full\\_Report/Volume\\_1,\\_Chapter\\_1\\_US/usv1.pdf](http://www.agcensus.usda.gov/Publications/2012/Full_Report/Volume_1,_Chapter_1_US/usv1.pdf).

**Nativ, R., 1992,** Recharge into Southern High Plains aquifer- possible mechanisms, unresolved questions. *Environ. Geol. Water Sci.* 19 (1), 21–32. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01740574>.

**Ng, G., McLaughlin, D., Entekhabi, D., Scanlon, B.R., 2010.** Probabilistic analysis of the effects of climate change on groundwater recharge. *Water Resour. Res.* 46 (7). <http://dx.doi.org/10.1029/2009WR007904>.

- Odell, R.T., Melsted, S.W., Walker, W.M., 1984.** Changes in organic carbon and nitrogen of Morrow Plot soils under different treatments, 1904–1973. *Soil Sci.* 137 (3), 160–171.
- Ogola, J.B.O., Wheeler, T.R., Harris, P.M., 2002.** Effects of nitrogen and irrigation on water use of maize crops. *Field Crop Res.* 78 (2), 105–117. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00116-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00116-8).
- Osterkamp, W.R., Wood, W.W., 1987,** Playa-lake basins on the Southern High Plains of Texas and New Mexico: part I. Hydrologic, geomorphic, and geologic evidence for their development. *Geol. Soc. Am. Bull.* 99, 215–223.
- Pachur, H.J., Roepr, H.S., Kroepelin, S., Goschin, M., 1987.** Late Quaternary hydrography of the Eastern Sahara. *Berl. Geowiss. Abh. (A)* 75 (2), 331-384.
- Pachur, H.J., Kröpelin, S., Hoelzman, P., Goschin, M., Altman, N., 1990.** Late Quaternary fluvio-lacustrine environments of western Nubia. In: Klitsch, E., Said, R., Schrank, E. (Eds.), *Results of the Special Research Project Geoscientific Problems in Arid and Semiarid Areas, Period 1987e1990*. *Berl. Geowiss. Abh. (A)* 120 (1), 203-260
- Pachur, H.J., 1999.** Paläo-Environment und Drainagesysteme der Ostsahara im Spätpleistozän und Holozän. In: Klitzsch, E., Thorweihe, U. (Eds.), *Nordost- Afrika: Strukturen und Ressourcen*. John Wiley & Sons -VCH verlag GmbH, Weinheim, pp. 366-445.
- Panda, R.K., Behera, S.K., Kashyap, P.S., 2003.** Effective management of irrigation water for wheat under stressed conditions. *Agric. Water Manag.* 63 (1), 37–56. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00099-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00099-4).
- Pei, L., Moore, N., Zhong, S., Luo, L., Hyndman, D.W., Heilman, W.E., Gao, Z., 2014.** WRF model sensitivity to land surface model and cumulus parameterization under short-term climate extremes over the Southern Great Plains of the United States. *J. Clim.* 27 (20), 7703–7724. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00015.1>.
- Pennequin, D. (2000),** Transport of pollutants in aquifers; principal operating mechanisms and applied numerical or mathematical modelling, *Houille Blanche*, 2000(6), 67-73.
- Pennequin, D. (2002),** Fonctionnement des hydrosystèmes, *Annales des Entretiens de l'Environnement*, APESA, Pau, France.
- Pennequin, D. and S. Foster (2008),** Groundwater quality monitoring: the overriding importance of hydrogeologic typology (and need for 4D thinking), Chapter 5.1, The



Water Framework Directive: Ecological and Chemical Status Monitoring, John Wiley and Sons Ed., Hoboken.

**Pennequin, D. (2010)**, Management of transboundary aquifer systems: a worldwide challenge, a need for increased concertation and political support, Proc. 3rd International Conference on Managing Shared Aquifer Resources in Africa, UNESCO/IHP, Tripoli, Libya, 25-27 May 2008.

**Pennequin, D. and H. Machard De Gramont (in press)**: Implementation of the Water Framework Directive concepts at the frontiers of Europe for transboundary water resources management: illusion or reality? 4th International Symposium on Transboundary Waters Management, Thessaloniki, Greece, 15-18 October 2008.

**Pfeiffer, L., Lin, C.C., 2014**. Does efficient irrigation technology lead to reduced groundwater extraction? Empirical evidence. *J. Environ. Econ. Manag.* 67 (2), 189–208. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2013.12.002>.

**Pu, B., Dickinson, R.E., 2014**. Diurnal spatial variability of Great Plains summer precipitation related to the dynamics of the low-level jet. *J. Atmos. Sci.* 71 (5), 1807–1817. <http://dx.doi.org/10.1175/JAS-D-13-0243.1>

**Puri, S., B. Appelgren, G. Arnold, A. Aureli, S. Burchi, J. Burke, J. Margat and P. Pallas (2001)**, Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resources Management, Their Significance and Sustainable Management, A Framework Document, IHP-VI, Paris, <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001243/124386e.pdf>.

**Puri, S. and A. Aureli (eds) (2009)**, Atlas of Transboundary Aquifers, Global Maps, Regional Cooperation and Local Inventories, UNESCO-IHP Paris, <http://www.isarm.net/publications/323>.

**Qi, S., 2010**, Digital Map of Aquifer Boundary for the High Plains Aquifer in Parts of Colorado, Kansas, Nebraska, New Mexico, Oklahoma, South Dakota, Texas, and Wyoming. U.S. Geological Survey Data Series, DS543. (Available at:) [pubs.usgs.gov/ds/543](http://pubs.usgs.gov/ds/543).

**Reeves Jr., C.C., 1970**, Origin, classification, and geologic history of caliche on the southern High Plains, Texas and eastern New Mexico. *J Geol.* 78 (3), 352–362

**Rhone-Mediterranean and Corsica Water Agency (2010)**,  
Web site: <http://www.eaurmc.fr/pedageau/les-milieux-aquatiques/les-zones-humides/le-fonctionnement-dune-zone-humide.html>.



- Ritchie, J.T., Basso, B., 2008.** Water use efficiency is NOT constant when crop water supply is adequate or fixed: the role of agronomic management. *Eur. J. Agron.* 28, 273–281. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2007.08.003>.
- Sadek, M.A., Abd El-Samie, S.G., El-Arabi, N.E., Ahmed, M.A., 2001.** Hydrochemical, isotopic and age characteristics of the groundwater in the Nubian sandstone aquifer, South Western Desert, Egypt. *Isot. Rad. Res.* 33, 161-177.
- Said, R., 1990.** Geomorphology. In: Said, R. (Ed.), *The Geology of Egypt*. Balkema, Rotterdam, pp. 9-25.
- Scanlon, B.R., Reedy, R.C., Stonestrom, D.A., Prudic, D.E., Dennehy, K.F., 2005.** Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the southwestern US. *Glob. Chang. Biol.* 11 (10), 1577–1593. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01026.x>.
- Scanlon, B.R., Faunt, C.C., Longuevergne, L., Reedy, R.C., Alley, W.M., McGuire, V.L., McMahon, P.B., 2012,** Groundwater depletion and sustainability of irrigation in the US High Plains and Central Valley. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109 (24), 9320–9325. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1200311109>.
- Schandelmeier, H., Klitzsch, E., Hendriks, F., Wycisk, P., 1987.** Structural development of north-east Africa since Precambrian times, *Berl. Geowiss. Abh. (A)* 71 (1), 25-48.
- Sefelnasr, A., 2002.** Hydrogeological Studies on Some Areas in the New Valley Governorate, Egypt. Assiut University, Egypt (M.Sc. thesis).
- Sefelnasr, A., Gossel, W., Wycisk, P., 2006a.** GIS-based groundwater flow modeling of the Eastern Sahara. In: 8th International Conference on the Geology of the Arab World, Cairo, Egypt, pp. 194e195.
- Sefelnasr, A., Gossel, W., Wycisk, P., 2006b.** GIS-basierte Grundwasserströmungsmodellierung des Nubischen Aquifersystems, *Westliche Wüste, Ägypten*, vol. 43. SDGG e Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, DGG, Cottbus Heft, p. 161.
- Sefelnasr, A., 2007.** Development of Groundwater Flow Model for Water Resources Management in the Development Areas of the Western Desert, Egypt (DSc. thesis). Martin Luther University, Germany.
- Spector B.I., 2000,** Motivating Water Diplomacy: Finding the Situational Incentives to Negotiate, *International Negotiation*, 5, pp 223- 236

- Stephan, R.M. (2010)**, La coopération transfrontalière sur les eaux souterraines: un processus en évolution, *Dynamiques Internationales* No 2.,
- Sturchio, N.C., Du, X., Purtschert, R., Lehmann, B.E., Sultan, M., Patterson, L.J., Lu, Z.T., Müller, P., Bigler, K., O'Connor, T.P., Young, L., Lorenzo, R., Becker, R., El Alfy, Z., El Kaliouby, B., Dawood, Y., Abdallah, A.M.A., 2004.** One million year old groundwater in the Sahara revealed by krypton-81 and chlorine-36. *Geophys. Res. Lett.* 31, L05503.
- Sydykov, G.S., and V.V. Veselov. 1993**, Water ecological situation changes of the Aral Sea Basin under the influence of intensive agricultural development. In *Environmental Impact of Agricultural Activities*, ed. Y. Eckstein and A. Zaporozec, pp. 3–8.
- Sultan, M., N.C. Sturchio, R. Becker, N. Manocha, and A. Milewski. 2004**, Paleodrainage networks of the Nubian Aquifer system revealed from SIR-C and SRTM Data.
- Tanzi A., 2000**, The Relationship Between the 1992 UNECE Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes and the 1997 UN Convention on the Law of the Non- Navigational Uses of International Watercourses, Report of the UNECE Task Force on Legal and Administrative Aspects.
- Thorweihe, U., Heintl, M., 2000.** Map Hydrogeology of the Nubian Aquifer System. Scale 1:2,500,000.
- Thorweihe, U., Heintl, M., 2002.** Groundwater Resources of the Nubian Aquifer System, NE-Africa. Modified synthesis submitted to: Observatoire du Sahara et du Sahel. OSS, Paris, p. 23.
- Tuttle, J.D., Davis, C.A., 2006.** Corridors of warm season precipitation in the central United States. *Mon. Weather Rev.* 134 (9), 2297–2317.  
<http://dx.doi.org/10.1175/MWR3188.1>
- Unece (2000)**, Guidelines on Monitoring and Assessment of Transboundary Groundwaters, Task Force on Monitoring and Assessment, Lelystad, Netherlands, <http://www.unece.org/env/water/publications/documents/guidelinesgroundwater.pdf>.
- Unece (2007)**, Our Waters: Joining Hands across Borders, First Assessment of Transboundary Rivers, Lakes and Groundwaters, New York and Geneva, <http://unece.org/env/water/publications/pub76.htm>.
- UNESCO, 2001.** *Proceedings of the International Conference on Regional Aquifer Systems in Arid Zones: Managing non-renewable Resources*, Tripoli, Libya, 20–24 November 1999. Paris, UNESCO. Technical Documents in Hydrology No. 42

**UNESCO/ISARM, 2001.** *A Framework Document.* Paris, UNESCO, Non Serial Documents in Hydrology

**UN ILC, 2005.** *Report on Shared Natural Resources: Transboundary Groundwaters* by Mr. Chusei Yamada, Special Rapporteur, Geneva <http://www.un.org/law/ilc/sessions/57/57docs.htm>

**Upendram, S., Peterson, J.M., 2007.** Groundwater conservation and the impact of an irrigation technology upgrade on the Kansas High Plains Aquifer. *J. Agric. Resour. Econ.* 32 (3), 562–563.

**Vaubourg, P. and J. Margat (1997),** *Lexique d’Hydrogéologie Français-Anglais/English-French, Manuels & Méthodes No. 29, BRGM Editions, 264 p.*

**Vinogradov S., Wouters P., Jones P.,** Transforming Potential Conflict into Cooperation Potential: The Role of International Water Law, UNESCO-IHP, p 106

**Vlachos E., 1999,** Transnational Rivers and Hydrodiplomacy, Proceedings conf. Shared Water Systems and Transboundary Issues: with special emphasis on the Iberian Peninsula, Lisbon, Portugal, p 43-65

**Voss, I., Soliman, S.M., 2014.** The transboundary non-renewable Nubian Aquifer System of Chad, Egypt, Libya and Sudan: classical groundwater questions and parsimonious hydrogeologic analysis and modeling. *Hydrogeol. J.* 22, 441-468.

**Walters, C.K., Winkler, J.A., Husseini, S., Keeling, R., Nikolic, J., Zhong, S., 2014.** Low-level jets in the North American Regional Reanalysis (NARR): a comparison with rawinsonde observations. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 53 (9), 2093–2113. <http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-13-0364.1>.

**Weaver, S.J., 2007.** Variability of the Great Plains Low-level Jet: Large Scale Circulation Context and Hydroclimate Impacts PhD Thesis University of Maryland, College Park.

**Weaver, S.J., Nigam, S., 2011.** Recurrent supersynoptic evolution of the Great Plains lowlevel jet. *J. Clim.* 24 (2), 575–582. <http://dx.doi.org/10.1175/2010JCLI3445.1>.

**Weeks, J.B., Gutentag, E.D., Heimes, F.J., Luckey, R.R., 1988,** Summary of the high plains regional aquifer-system analysis in parts of Colorado, Kansas, Nebraska, New Mexico, Oklahoma, South Dakota, Texas, and Wyoming. USGS No. 1400-A: A1–A30. (Available at:) [pubs.usgs.gov/pp/1400a/report.pdf](http://pubs.usgs.gov/pp/1400a/report.pdf).

**Whittemore, D.O., Butler Jr., J. J., Wilson, B.B., 2015.** Water-level changes in the High Plains Aquifer of Kansas and implications for water use. Proceedings of the 27th Annual Central Plains Irrigation Conference, pp. 134–142 (Available at:)

[www.ksre.k-state.edu/irrigate/oow/p15/Whittemore\\_15.pdf](http://www.ksre.k-state.edu/irrigate/oow/p15/Whittemore_15.pdf).

**Wolf Aaron., 2001**, Transboundary Waters: Sharing Benefits, Lessons learned. Thematic Background Paper, International Conference on Freshwater, Bonn

**Wolf, Aaron T. 2002**. The Transboundary Freshwater Dispute Database Project. *Water International* 24(2, June) p.160-163.

**Wood, W.W., Osterkamp, W.R., 1987**, Playa-lake basins on the Southern High Plains of Texas and New Mexico: part II. A hydrologic model and mass-balance arguments for their development. *Geol. Soc. Am. Bull.* 99 (2), 224–230.

**World Bank (2007)**, Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa, MENA Development Report, World Bank, Washington, D.C.

**Wycisk, P., 1987**. Contributions to the subsurface geology of the Misaha trough and the southern Dakhla basin (S. Egypt/N. Sudan). *Berl. Geowiss. Abh. (A)* 75, 137-150.

**Wycisk, P., 1993**. Outline of the geology and mineral resources of the southern Dakhla Basin, southwest Egypt. In: Meissner, B., Wycisk, P. (Eds.), *Geopotential and Ecology: Analysis of a Desert Region*. *Catena Supplement*, vol. 26, pp. 67-89.

**Wycisk, P., 1994**. Correlation of the major late Jurassic-early tertiary low- and high stand cycles of SW Egypt and NW Sudan. *Geol. Rsch* 83, 759-772.

**Wycisk, P., Klitzsch, E., Jas, C., Reynolds, O., 1990**. Intracratonal sequence development and structural control of Phanerozoic strata in Sudan. *Berl. Geowiss. Abh. (A)* 120, 45-86.

**Zeitoun M., 2005**, Hydro- Hegemony Theory: A Framework for Analysis of Water-Related Conflicts, First International Workshop on Hydro- Hegemony. King's College, London, 21-22 May

**Zhong, S., Fast, J.D., Bian, X., 1996**. A case study of the Great Plains low-level jet using wind profiler network data and a high-resolution mesoscale model. *Mon. Weather Rev.* 124 (5), 785–806.

## Νομικές Δημοσιεύσεις

**Burchi, S. and K. Mechlem (2005)**, Groundwater in International Law, UNESCO, FAO, Rome,

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5739e/y5739e00.pdf>.

**Stephan, R.M. (2006)**, Evolution of international norms and values for transboundary groundwater governance, in Turton, A.R., D. Roux, M. Claassen and J. Hattingh (eds), Governance as a Trialogue: Government-Society-Science in Transition, Springer-Verlag, Berlin.

**Stephan, R.M. (2008)**, The new legal framework for groundwater under the EU Water Framework Directive and Daughter Directive, ICFAI University Press, Hyderabad.

**Stephan, R.M. (2009)**, Groundwater monitoring in international conventions and agreements in Quevauviller P., A.M. Fouillac, J. Grath and R. Ward (eds) (2009), Groundwater quality assessment and monitoring, John Wiley & Sons Ed., Hoboken.

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

[http://www.inweb.gr/index.php?option=com\\_inweb\\_maps&Itemid=199](http://www.inweb.gr/index.php?option=com_inweb_maps&Itemid=199)

<https://www.un-igrac.org/donor-partner/unesco-ihp>

<https://www.un-igrac.org/donor-partner/wmo>

<https://www.un-igrac.org/donor-partner/iah>

<https://www.un-igrac.org/donor-partner/inweb>

<https://www.un-igrac.org/donor-partner/unece>

<https://www.un-igrac.org/special-project/twap-groundwater>

<https://www.un-igrac.org/special-project/diktas>

<https://www.un-igrac.org/special-project/iwlearn>

<https://www.un-igrac.org/special-project/gripp>

<https://www.un-igrac.org/special-project/isarm>

[https://www.whymap.org/whymap/EN/Maps\\_Data/maps\\_data\\_node\\_en.html](https://www.whymap.org/whymap/EN/Maps_Data/maps_data_node_en.html)

[https://www.whymap.org/whymap/EN/Maps\\_Data/Global\\_maps/globalmaps\\_node\\_en.html](https://www.whymap.org/whymap/EN/Maps_Data/Global_maps/globalmaps_node_en.html)

[https://www.whymap.org/whymap/EN/Maps\\_Data/Additional\\_global\\_maps/additional\\_maps\\_node\\_en.html](https://www.whymap.org/whymap/EN/Maps_Data/Additional_global_maps/additional_maps_node_en.html)

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

**ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΕΛΕΥΣΗ**

15 Ιανουαρίου 2009

Εξηκοστή Τρίτη συνεδρία

Σημείο 75 της ημερήσιας διάταξης

**Ψήφισμα που εγκρίθηκε από τη Γενική Συνέλευση**

(σχετικά με την έκθεση της Έκτης Επιτροπής A/63/439)

**63/124. Ο νόμος των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων**

Η Γενική Συνέλευση,

Έχοντας εξετάσει το κεφάλαιο IV της έκθεσης της Επιτροπής Διεθνούς Δικαίου σχετικά με το έργο της εξηκοστής συνόδου της, η οποία περιέχει τα νομοσχέδια των άρθρων σχετικά με το δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων,

Σημειώνοντας ότι η Επιτροπή αποφάσισε να συστήσει (προτείνει) στη Γενική Συνέλευση (α) να λάβει υπόψη τα νομοσχέδια των άρθρων ως προς τη νομοθεσία των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων σε ψήφισμα και να επισυνάψει τα άρθρα στο ψήφισμα, (β) να συστήσει στα ενδιαφερόμενα Κράτη να προβούν στις κατάλληλες διμερείς ή περιφερειακές ρυθμίσεις και συμφωνίες για την ορθή διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων τους βάσει των αρχών που διατυπώνονται στα άρθρα και (γ) να εξετάσει επίσης, σε μεταγενέστερο στάδιο και λαμβάνοντας υπόψη τη σπουδαιότητα και τη σημασία του θέματος, την εκπόνηση μίας σύμβασης βάσει των νομοσχεδίων των άρθρων,

Τονίζοντας τη συνεχιζόμενη σπουδαιότητα της κωδικοποίησης και της σταδιακής και προοδευτικής ανάπτυξης του διεθνούς δικαίου, όπως αναφέρεται στο άρθρο 13, παράγραφος 1 (α), του καταστατικού χάρτη των Ηνωμένων Εθνών,

Σημειώνοντας ότι το θέμα του νόμου των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων είναι μεγάλης σημασίας και σπουδαιότητας για τις σχέσεις των Κρατών,

Λαμβάνοντας υπόψη τις παρατηρήσεις και τα σχόλια των Κυβερνήσεων και τη συζήτηση στην έκτη επιτροπή κατά την εξηκοστή τρίτη σύνοδο της Γενικής Συνέλευσης για το θέμα αυτό,

1. Χαιρετίζει την ολοκλήρωση των εργασιών της Επιτροπής Διεθνούς Δικαίου για το δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων και την έγκριση των νομοσχεδίων των άρθρων και του λεπτομερούς σχολιασμού σχετικά με το θέμα,
2. Εκφράζει την εκτίμησή της στην Επιτροπή για τη συνεχιζόμενη συμβολή της στην κωδικοποίηση και σταδιακή καθώς και προοδευτική ανάπτυξη του διεθνούς δικαίου,
3. Εκφράζει επίσης την εκτίμησή της στο Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα του Εκπαιδευτικού, Επιστημονικού και Πολιτισμικού Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών και σε άλλους σχετικούς και παρόμοιους οργανισμούς για την πολύτιμη επιστημονική και τεχνική βοήθεια η οποία παρέχεται στην Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου,
4. Λαμβάνει υπόψη τα νομοσχέδια των άρθρων σχετικά με το δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων, που υποβλήθηκαν από την Επιτροπή, το κείμενο της οποίας επισυνάπτεται στο παρόν ψήφισμα και επικροτεί αυτά τα νομοσχέδια στην προσοχή των Κυβερνήσεων χωρίς να θίγεται το θέμα της μελλοντικής τους υιοθέτησης ή άλλης κατάλληλης ενέργειας και δράσης,
5. Ενθαρρύνει τα ενδιαφερόμενα Κράτη να προβούν σε κατάλληλες διμερείς ή περιφερειακές ρυθμίσεις και συμφωνίες για την ορθή διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων τους, λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις αυτών των νομοσχεδίων των άρθρων,
6. Αποφασίζει να συμπεριλάβει στην προσωρινή ημερήσια διάταξη της εξηκοστής έκτης συνόδου της, ένα θέμα με τίτλο «Ο νόμος των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων», προκειμένου να εξεταστεί,



μεταξύ άλλων, το ζήτημα της μορφής που θα μπορούσε να δοθεί στα νομοσχέδια των άρθρων.

67<sup>η</sup> σύνοδος (συνεδρίαση) της ολομέλειας

11 Δεκεμβρίου 2008

## **Παράρτημα**

### **Ο νόμος των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων**

Έχοντας επίγνωση της σπουδαιότητας για την ανθρωπότητα οι υπόγειοι υδατικοί πόροι που στηρίζουν τη ζωή σε όλες τις περιοχές του κόσμου,

Λαμβάνοντας υπόψη το Άρθρο 13, παράγραφος 1 (α), του καταστατικού Χάρτη των Ηνωμένων Εθνών, το οποίο προβλέπει ότι η Γενική Συνέλευση προβαίνει σε μελέτες και διατυπώνει συστάσεις με σκοπό την ενθάρρυνση της προοδευτικής ανάπτυξης του διεθνούς δικαίου και της κωδικοποίησής της,

Υπενθυμίζοντας την απόφαση 1803 (XVII) της Γενικής Συνέλευσης της 14<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 1962 σχετικά με τη μόνιμη κυριαρχία επί των φυσικών πόρων,

Επαναβεβαιώνοντας τις αρχές και τις συστάσεις που εγκρίθηκαν από τη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη του 1992 στη Διακήρυξη του Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη και την Ατζέντα 21,

Λαμβάνοντας υπόψη τις αυξανόμενες απαιτήσεις για το γλυκό νερό και την ανάγκη προστασίας των υπόγειων υδατικών πόρων,

Έχοντας επίγνωση των ιδιαίτερων προβλημάτων που δημιουργεί η ευπάθεια και η τρωτότητα των υπόγειων υδροφορέων στη ρύπανση,

Πεπεισμένοι για την ανάγκη εξασφάλισης της ανάπτυξης, της αξιοποίησης, της διατήρησης, της διαχείρισης και της προστασίας των υπόγειων υδατικών πόρων στο πλαίσιο της προώθησης της βέλτιστης και βιώσιμης ανάπτυξης των υδάτινων πόρων για τις σημερινές και τις μελλοντικές γενιές,

Επιβεβαιώνοντας τη σημασία της διεθνούς συνεργασίας και της καλής γειτονίας σε αυτό το πεδίο,

Τονίζοντας την ανάγκη να ληφθεί υπόψη η ιδιαίτερη κατάσταση των αναπτυσσόμενων χωρών,

Αναγνωρίζοντας την αναγκαιότητα προώθησης της διεθνούς συνεργασίας,

.....

## **Μέρος πρώτο**

### **Εισαγωγή**

#### Άρθρο 1

##### Πεδίο εφαρμογής

Τα παρόντα άρθρα ισχύουν για:

(α) Χρησιμοποίηση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων

(β) Άλλες δραστηριότητες που έχουν ή ενδέχεται να έχουν επίδραση σε τέτοιους υπόγειους υδροφορείς ή συστήματα υπόγειων υδροφορέων και

(γ) Μέτρα για την προστασία, τη διατήρηση και τη διαχείριση τέτοιων υπόγειων υδροφορέων ή συστημάτων υπόγειων υδροφορέων

#### Άρθρο 2

##### Χρήση όρων

Για τους σκοπούς των παρόντων άρθρων:

(α) «υπόγειος υδροφορέας» νοείται ένας διαπερατός γεωλογικός σχηματισμός που φέρει νερό κάτω από ένα λιγότερο διαπερατό στρώμα και το νερό που περιέχεται στην κορεσμένη ζώνη του σχηματισμού

(β) «σύστημα υπόγειου υδροφορέα» νοείται μία σειρά από δύο ή περισσότερους υπόγειους υδροφορείς που συνδέονται υδραυλικά

(γ) «διασυνοριακός υπόγειος υδροφορέας» ή «διασυνοριακό σύστημα υπόγειων υδροφορέων» νοείται, αντίστοιχα, ένας υπόγειος υδροφορέας ή ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων, τμήματα των οποίων βρίσκονται σε διαφορετικά Κράτη

(δ) «υδροφόρο Κράτος» νοείται το Κράτος στο έδαφος του οποίου βρίσκεται οποιοδήποτε τμήμα ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή συστήματος υπόγειων υδροφορέων

(ε) η «χρήση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων» περιλαμβάνει την άντληση ύδατος, θερμότητας και μεταλλικών στοιχείων καθώς και την αποθήκευση και διάθεση οποιοσδήποτε ουσίας

(ζ) «επανατροφοδοτούμενος υπόγειος υδροφορέας» νοείται ο υπόγειος υδροφορέας ο οποίος λαμβάνει ένα μη αμελητέο ποσό της σύγχρονης επαναφόρτισης του νερού

(η) «ζώνη επαναφόρτισης» είναι η ζώνη η οποία συνεισφέρει το νερό σε έναν υπόγειο υδροφορέα, που αποτελείται από την λεκάνη απορροής των υδάτων κατακρήμνισης και της περιοχής όπου το νερό ρέει προς έναν υπόγειο υδροφορέα με απορροή στο έδαφος και διείσδυση μέσω του εδάφους

(θ) «ζώνη εκφόρτισης» είναι η ζώνη όπου το νερό που προέρχεται από τον υπόγειο υδροφορέα ρέει στις εξόδους του, όπως ένα υδατόρεμα, μία λίμνη, μία όαση, ένας υγρότοπος ή ένας ωκεανός.

## **Μέρος δεύτερο**

### **Γενικές αρχές**

#### Άρθρο 3

#### Εθνική κυριαρχία των Κρατών υπόγειων υδροφορέων

Κάθε υδροφόρο Κράτος έχει την κυριαρχία επί του τμήματος ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή ενός συστήματος υπόγειου υδροφορέα που βρίσκεται εντός των εδαφών του (επικράτειας). Ασκεί και εφαρμόζει την κυριαρχία του σύμφωνα με το διεθνές δίκαιο και τα παρόντα άρθρα.

## Άρθρο 4

### Δίκαιη και λογική χρήση

Τα υδροφόρα Κράτη χρησιμοποιούν και εκμεταλλεύονται τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς ή τα συστήματα υπόγειων υδροφορέων σύμφωνα με την αρχή της δίκαιης και λογικής χρήσης, ως εξής:

(α) Αξιοποιούν τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς ή τα συστήματα των υπόγειων υδροφορέων κατά τρόπο που να συνάδει με τη δίκαιη και λογική αύξηση των παροχών (κερδών) προς τα ενδιαφερόμενα υδροφόρα Κράτη

(β) Στοχεύουν στη μεγιστοποίηση των μακροπρόθεσμων οφελών που προέρχονται και απορρέουν από τη χρήση των υδάτων που περιέχονται σε αυτά

(γ) Δημιουργούν και εγκαθιδρύουν μεμονωμένα ή από κοινού ένα ολοκληρωμένο σχέδιο χρησιμοποίησης, λαμβάνοντας υπόψη τις παρούσες και τις μελλοντικές ανάγκες, καθώς και τους εναλλακτικούς υδατικούς πόρους για τα υδροφόρα Κράτη και

(δ) Δε χρησιμοποιούν έναν επανατροφοδοτούμενο (επαναφορτιζόμενο) διασυνοριακό υπόγειο υδροφορέα ή ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων σε επίπεδο που θα εμπόδιζε τη συνέχιση της αποτελεσματικής του λειτουργίας.

## Άρθρο 5

### Παράγοντες σχετικοί με τη δίκαιη και λογική χρησιμοποίηση

1. Η αξιοποίηση και η εκμετάλλευση ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή ενός συστήματος υπόγειου υδροφορέα με δίκαιο και λογικό τρόπο, κατά την έννοια του άρθρου 4 απαιτεί να ληφθούν υπόψη όλοι οι σχετικοί παράγοντες, όπως:

(α) Του πληθυσμού που εξαρτάται από τον υπόγειο υδροφορέα ή το σύστημα υπόγειου υδροφορέα σε κάθε υδροφόρο Κράτος

(β) Τις κοινωνικές, οικονομικές και άλλες ανάγκες, τωρινές ή μελλοντικές, των ενδιαφερόμενων υδροφόρων Κρατών

(γ) Τα φυσικά χαρακτηριστικά του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων

(δ) Τη συμβολή και συνεισφορά στη διαμόρφωση και την επαναφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων

(ε) Την υπάρχουσα και ενδεχόμενη χρήση και αξιοποίηση του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων

(ζ) Τις πραγματικές και ενδεχόμενες επιδράσεις (επιπτώσεις) της εκμετάλλευσης και αξιοποίησης του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων από ένα υδροφόρο Κράτος σε ένα άλλο υδροφόρο Κράτος

(η) Τη διαθεσιμότητα των εναλλακτικών λύσεων σε μία συγκεκριμένη υπάρχουσα και προγραμματισμένη χρήση και αξιοποίηση ενός υπόγειου υδροφορέα ή ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων

(θ) Την ανάπτυξη, την προστασία και τη διατήρηση του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων καθώς και το κόστος των μέτρων που θα πρέπει να ληφθούν για το σκοπό αυτό

(ι) Τον ρόλο του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων στο σχετικό οικοσύστημα.

2. Το βάρος που πρέπει να δίνεται σε κάθε παράγοντα καθορίζεται από τη σπουδαιότητά του όσον αφορά ένα συγκεκριμένο διασυνοριακό υπόγειο υδροφορέα ή ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων σε σχέση με εκείνο άλλων σχετικών παραγόντων. Κατά τον προσδιορισμό και τον καθορισμό της δίκαιης και λογικής εκμετάλλευσης, όλοι οι σχετικοί παράγοντες πρέπει να εξεταστούν από κοινού και να διεξαχθεί ένα συμπέρασμα που θα βασίζεται σε όλους τους παράγοντες. Ωστόσο, κατά τη στάθμιση των διάφορων τύπων χρήσης και εκμετάλλευσης ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ζωτικής σημασίας ανθρώπινες ανάγκες.

## Άρθρο 6

### Υποχρέωση μη πρόκλησης σημαντικής βλάβης

1. Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να λάβουν όλα τα κατάλληλα μέτρα, κατά την αξιοποίηση και εκμετάλλευση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων στα εδάφη τους, για την πρόληψη της πρόκλησης σοβαρής βλάβης σε άλλα υδροφόρα Κράτη ή σε άλλα Κράτη στο έδαφος των οποίων βρίσκεται μία ζώνη εκφόρτισης.

2. Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να λάβουν όλα τα κατάλληλα μέτρα, κατά την ανάληψη δραστηριοτήτων και ενεργειών εκτός της χρήσης ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων που έχουν ή ενδέχεται να έχουν επίπτωση στον εν λόγω διασυνοριακό υπόγειο υδροφορέα ή στο σύστημα υπόγειων υδροφορέων, για την πρόληψη της πρόκλησης σημαντικής βλάβης μέσω του εν λόγω υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων σε άλλα υδροφόρα Κράτη ή σε άλλα Κράτη στο έδαφος των οποίων βρίσκεται μία ζώνη εκφόρτισης.
3. Όπου όμως προκαλείται σημαντική βλάβη (ζημιά) σε άλλο υδροφόρο Κράτος στο έδαφος του οποίου βρίσκεται μία ζώνη εκφόρτισης, το υδροφόρο Κράτος του οποίου οι δραστηριότητες προκαλούν τέτοια βλάβη θα πρέπει να λάβει όλα τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης σε συνεννόηση και διαβούλευση με το πληγέν Κράτος, για την εξάλειψη ή τον μετριασμό της βλάβης, λαμβάνοντας δεόντως υπόψη τις διατάξεις των άρθρων 4 και 5.

## Άρθρο 7

### Γενική υποχρέωση συνεργασίας

1. Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να συνεργάζονται με βάση την κυριαρχική ισότητα, την εδαφική ακεραιότητα, την αειφόρο ανάπτυξη, το αμοιβαίο όφελος και την καλή πίστη, προκειμένου να επιτευχθεί δίκαιη και λογική χρήση, καθώς και κατάλληλη προστασία των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων τους ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων τους.
2. Για τους σκοπούς της παραγράφου 1, τα υδροφόρα Κράτη πρέπει να δημιουργήσουν κοινούς μηχανισμούς συνεργασίας.

## Άρθρο 8

### Τακτική και μόνιμη ανταλλαγή δεδομένων και πληροφοριών

1. Σύμφωνα με το άρθρο 7, τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει, σε τακτική βάση, να ανταλλάσσουν με προθυμία διαθέσιμα δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων τους ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων τους, ιδίως γεωλογικού, υδρογεωλογικού, υδρολογικού,

μετεωρολογικού και οικολογικού χαρακτήρα και που σχετίζονται με την υδροχημεία των υπόγειων υδροφορέων ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων, καθώς και τις σχετικές προβλέψεις.

2. Όπου οι γνώσεις σχετικά με τη φύση και την έκταση ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων είναι ανεπαρκείς, τα ενδιαφερόμενα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να καταβάλλουν κάθε δυνατή προσπάθεια για τη συλλογή και την παραγωγή πληρέστερων στοιχείων και πληροφοριών σχετικά με τον εν λόγω υπόγειο υδροφορέα ή το σύστημα των υπόγειων υδροφορέων, λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες πρακτικές και πρότυπα. Θα πρέπει να λάβουν τέτοιες ενέργειες μεμονωμένα ή από κοινού και κατά περίπτωση, μαζί με ή μέσω διεθνών οργανισμών.
3. Εάν ένα υδροφόρο Κράτος ζητήσει από ένα άλλο υδροφόρο Κράτος να παράσχει δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με έναν υπόγειο υδροφορέα ή ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων, που δεν είναι άμεσα ή με προθυμία διαθέσιμα, αυτό το Κράτος θα πρέπει να καταβάλλει κάθε δυνατή προσπάθεια να συμμορφωθεί με τα αίτημα. Το Κράτος προς το οποίο απευθύνεται το αίτημα μπορεί να θέσει υπό όρους πληρωμής τη συμμόρφωσή του από το αιτούν Κράτος, των εύλογων δαπανών συλλογής και κατά περίπτωση, την επεξεργασία αυτών των δεδομένων ή των πληροφοριών.
4. Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να καταβάλλουν, κατά περίπτωση, κάθε καλή προσπάθειά τους για τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων και των πληροφοριών κατά τέτοιο τρόπο που να διευκολύνει την χρησιμοποίηση και αξιοποίησή τους από τα άλλα υδροφόρα Κράτη στα οποία διαβιβάζονται αυτά τα δεδομένα και οι πληροφορίες.

## Άρθρο 9

### Διμερείς και περιφερειακές συμφωνίες και ρυθμίσεις (κανονισμοί)

Για τους σκοπούς της διαχείρισης ενός συγκεκριμένου διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων, τα υδροφόρα Κράτη ενθαρρύνονται να συνάψουν και να υπεισέρθουν σε διμερείς ή περιφερειακές συμφωνίες μεταξύ τους. Τέτοιες συμφωνίες ή ρυθμίσεις μπορούν να συνάπτονται σε σχέση με ολόκληρο τον υπόγειο υδροφορέα ή το σύστημα των υπόγειων υδροφορέων

ή οποιοδήποτε τμήμα αυτού ή ενός συγκεκριμένου έργου, προγράμματος ή χρησιμοποίησης και εκμετάλλευσης, εκτός εάν και στο βαθμό που μία συμφωνία ή ρύθμιση επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη χρήση του νερού από ένα ή περισσότερα άλλα υδροφόρα κράτη στον εν λόγω υπόγειο υδροφορέα ή σύστημα υπόγειων υδροφορέων, χωρίς τη ρητή συγκατάθεσή τους.

## **Μέρος τρίτο**

### **Προστασία, διατήρηση και διαχείριση**

#### Άρθρο 10

##### Προστασία και διατήρηση των οικοσυστημάτων

Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να λάβουν όλα τα κατάλληλα μέτρα για την προστασία και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων εντός ή πάνω στους εξαρτημένους, διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς τους ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων τους, συμπεριλαμβάνοντας μέτρα έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι η ποιότητα και η ποσότητα του νερού που διατηρείται σε έναν υπόγειο υδροφορέα ή σε ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων, καθώς και εκείνου που απελευθερώνεται από τις ζώνες εκφόρτισής του, επαρκούν για την προστασία και τη διατήρηση τέτοιων οικοσυστημάτων.

#### Άρθρο 11

##### Περιοχές επαναφόρτισης και εκφόρτισης

1. Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να προσδιορίσουν και να αναγνωρίσουν τις περιοχές (ζώνες) επαναφόρτισης και εκφόρτισης των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων που υπάρχουν στο έδαφός τους. Θα πρέπει να λάβουν κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη και την ελαχιστοποίηση των επιβλαβών επιπτώσεων κατά τις διαδικασίες επαναφόρτισης και εκφόρτισης.
2. Όλα τα Κράτη στο έδαφος των οποίων βρίσκεται εξ ολοκλήρου, ή μέρος μίας ζώνης επαναφόρτισης ή εκφόρτισης και τα οποία δεν αποτελούν υδροφόρα Κράτη αναφορικά (σε σχέση) με τον υπόγειο υδροφορέα ή σύστημα υπόγειων



υδροφορέων, θα πρέπει να συνεργάζονται με τα υδροφόρα Κράτη για την προστασία του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων και των σχετιζόμενων οικοσυστημάτων.

## Άρθρο 12

### Πρόληψη, μείωση και έλεγχος της ρύπανσης

Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να προλαμβάνουν, να μειώνουν και να ελέγχουν τη ρύπανση μεμονωμένα και όπου κρίνεται απαραίτητο από κοινού, των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων τους ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων τους, που συμπεριλαμβάνεται μέσω της διαδικασίας επαναφόρτισης, που μπορεί να προκαλέσει σημαντική βλάβη σε άλλα υδροφόρα Κράτη. Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να υιοθετήσουν και να αναπτύξουν μία προληπτική προσέγγιση υπό τη σκοπιά της αβεβαιότητας σχετικά με τη φύση και την έκταση ενός διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων και της ευπάθειάς τους στη ρύπανση.

## Άρθρο 13

### Παρακολούθηση

1. Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να παρακολουθούν τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς ή τα συστήματα υπόγειων υδροφορέων τους. Θα πρέπει εφόσον είναι δυνατόν, να εκτελούν και να πραγματοποιούν αυτές τις ενέργειες (δραστηριότητες) παρακολούθησης από κοινού με άλλα ενδιαφερόμενα υδροφόρα Κράτη και όπου ενδείκνυται, σε συνεργασία με αρμόδιους διεθνείς οργανισμούς. Όπου οι δραστηριότητες παρακολούθησης δε μπορούν να πραγματοποιηθούν από κοινού, τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να ανταλλάξουν τα δεδομένα παρακολούθησης μεταξύ τους.
2. Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να χρησιμοποιούν σύμφωνα ή εναρμονισμένα πρότυπα και μεθοδολογία για την παρακολούθηση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων τους ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων τους. Θα πρέπει να προσδιορίσουν και να βρουν τις βασικές παραμέτρους που θα παρακολουθήσουν με βάση ένα συμφωνημένο εννοιολογικό μοντέλο των υπόγειων υδροφορέων ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων. Αυτές οι

παράμετροι θα πρέπει να περιλαμβάνουν παραμέτρους σχετικές με την κατάσταση του υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων όπως αναφέρεται στο άρθρο 8, παράγραφος 1, καθώς επίσης και με τη χρήση των υπόγειων υδροφορέων ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων.

## Άρθρο 14

### Διαχείριση

Τα υδροφόρα Κράτη θα πρέπει να καταρτίσουν, εγκαθιδρύνουν και να εφαρμόσουν σχέδια για την ορθή διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων τους ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων τους. Θα πρέπει να προβαίνουν σε διαβουλεύσεις κατόπιν αιτήματος οποιωνδήποτε από αυτά, σχετικά με τη διαχείριση ενός υπόγειου υδροφορέα ενός συστήματος υπόγειων υδροφορέων. Θα πρέπει να θεσπιστεί ένας κοινός μηχανισμός διαχείρισης, όπου ενδείκνυται.

## Άρθρο 15

### Προγραμματισμένες δραστηριότητες

1. Όταν ένα Κράτος έχει βάσιμους και εύλογους λόγους να πιστεύει ότι μία συγκεκριμένη προγραμματισμένη δραστηριότητα ή ενέργεια στο έδαφος του μπορεί να επηρεάσει έναν διασυνοριακό υπόγειο υδροφορέα ή ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων και κατά συνέπεια να έχει σημαντική αρνητική επίδραση σε ένα άλλο Κράτος, αυτό το Κράτος θα πρέπει στο μέτρο του εφικτού και του δυνατού, να αξιολογήσει τις πιθανές επιπτώσεις μίας τέτοιας δραστηριότητας.
2. Πριν ένα Κράτος εφαρμόσει ή επιτρέψει την εφαρμογή και υλοποίηση των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων που ενδέχεται να επηρεάσουν ένα διασυνοριακό υπόγειο υδροφορέα ή ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων και ως εκ τούτου να έχει σημαντική αρνητική επίπτωση σε ένα άλλο Κράτος, θα πρέπει να παρέχει στο Κράτος αυτό την έγκαιρη κοινοποίησή τους. Αυτή η κοινοποίηση θα πρέπει να συνοδεύεται από διαθέσιμα τεχνικά δεδομένα και πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένης της εκτίμησης οποιωνδήποτε περιβαλλοντικών επιπτώσεων, προκειμένου να μπορέσει το κοινοποιημένο

Κράτος να αξιολογήσει τις πιθανές επιπτώσεις των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων.

3. Εάν τα κοινοποιούμενα και τα κοινοποιηθέντα Κράτη διαφωνούν σχετικά με την πιθανή επίδραση των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων, θα πρέπει να αρχίσουν διαβουλεύσεις και εφόσον είναι απαραίτητο, διαπραγματεύσεις με στόχο την επίτευξη μίας δίκαιης λύσης της κατάστασης. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν έναν ανεξάρτητο φορέα διερεύνησης για να προβεί σε μία αμερόληπτη εκτίμηση της επίδρασης των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων.

### **Μέρος τέταρτο**

#### **Διάφορες και λοιπές διατάξεις**

##### Άρθρο 16

##### Τεχνική συνεργασία με τα αναπτυσσόμενα Κράτη

Τα Κράτη θα πρέπει άμεσα ή μέσω των αρμόδιων διεθνών οργανισμών να προωθήσουν την επιστημονική, εκπαιδευτική, τεχνική, νομική και άλλη συνεργασία με τα αναπτυσσόμενα Κράτη για την προστασία και τη διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων ή των συστημάτων υπόγειων υδροφορέων, συμπεριλαμβανομένων μεταξύ άλλων:

(α) την ενίσχυση των ικανοτήτων τους χτίζοντας και οικοδομώντας σε επιστημονικούς, τεχνικούς και νομικούς τομείς και πεδία

(β) τη διευκόλυνση της συμμετοχής τους σε σχετικά διεθνή προγράμματα

(γ) να τροφοδοτήσουν αυτά τα Κράτη με τον απαραίτητο εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις

(δ) την ενίσχυση της ικανότητάς τους έτσι ώστε να κατασκευάζουν αυτόν τον εξοπλισμό

(ε) την παροχή συμβουλών και την ανάπτυξη εγκαταστάσεων για έρευνα, παρακολούθηση, εκπαιδευτικά και άλλα προγράμματα

(ζ) την παροχή συμβουλών και την ανάπτυξη εγκαταστάσεων με σκοπό την ελαχιστοποίηση των αρνητικών και δυσμενών επιπτώσεων των σημαντικών δραστηριοτήτων που επηρεάζουν τους διασυνοριακούς υπόγειους υδροφορείς τους ή το σύστημα των υπόγειων υδροφορέων τους

(η) την παροχή συμβουλών για την εκπόνηση μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων

(θ) την υποστήριξη της ανταλλαγής τεχνικών γνώσεων και εμπειριών μεταξύ των αναπτυσσόμενων Κρατών με σκοπό την ενίσχυση της μεταξύ τους συνεργασίας για τη διαχείριση του διασυνοριακού υπόγειου υδροφορέα ή του συστήματος υπόγειων υδροφορέων.

## Άρθρο 17

### Καταστάσεις έκτακτης ανάγκης

1. Για τους σκοπούς του παρόντος άρθρου, ως «έκτακτη ανάγκη» νοείται μία κατάσταση η οποία προκύπτει ξαφνικά από φυσικά αίτια ή από ανθρώπινη συμπεριφορά, η οποία επηρεάζει ένα διασυνοριακό υπόγειο υδροφορέα ή ένα σύστημα υπόγειων υδροφορέων και αποτελεί άμεση απειλή πρόκλησης σοβαρής βλάβης στα υδροφόρα Κράτη ή σε άλλα Κράτη.
2. Το Κράτος στο έδαφος του οποίου προέρχεται η κατάσταση έκτακτης ανάγκης θα πρέπει:
  - (α) χωρίς καθυστέρηση και με τα ταχύτερα διαθέσιμα μέσα, να κοινοποιήσει και να ενημερώσει τα άλλα δυνητικά (πιθανά) επηρεαζόμενα Κράτη και τους αρμόδιους διεθνείς οργανισμούς της έκτακτης ανάγκης.
  - (β) σε συνεργασία με τα δυνητικά επηρεαζόμενα Κράτη και κατά περίπτωση με τους αρμόδιους διεθνείς οργανισμούς, να λάβουν αμέσως όλα τα πρακτικά μέτρα που απαιτούνται από τις περιστάσεις για την πρόληψη, τον μετριασμό και την εξάλειψη κάθε επιβλαβούς επίδρασης της κατάστασης έκτακτης ανάγκης.
3. Σε περίπτωση που η έκτακτη ανάγκη θέτει σε κίνδυνο της ζωτικής σημασίας ανθρώπινες ανάγκες, τα υδροφόρα Κράτη, ανεξάρτητα από τα άρθρα 4 και 6, μπορούν να λάβουν μέτρα που είναι απολύτως απαραίτητα για την κάλυψη αυτών των αναγκών.
4. Τα Κράτη θα πρέπει να παρέχουν επιστημονική, τεχνική, υλικοτεχνική και άλλου είδους συνεργασία σε άλλα Κράτη που αντιμετωπίζουν μία κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Η συνεργασία μπορεί να περιλαμβάνει τον συντονισμό

διεθνών δράσεων έκτακτης ανάγκης και επικοινωνιών, καθιστώντας διαθέσιμο το προσωπικό αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, τον εξοπλισμό και τις προμήθειες έκτακτης ανάγκης, την επιστημονική και τεχνική εμπειρογνωμοσύνη καθώς και την ανθρωπιστική βοήθεια.

#### Άρθρο 18

Προστασία σε καιρό ένοπλων συγκρούσεων και διενέξεων

Οι διασυνοριακοί υπόγειοι υδροφορείς ή τα συστήματα υπόγειων υδροφορέων και οι σχετικές εγκαταστάσεις, υποδομές και άλλες εργασίες θα πρέπει να απολαμβάνουν της προστασίας που παρέχεται από τις αρχές και τους κανόνες του διεθνούς δικαίου που εφαρμόζονται σε διεθνείς και μη διεθνείς ένοπλες συγκρούσεις και δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά παράβαση των εν λόγω αρχών και κανόνων.

#### Άρθρο 19

Στοιχεία και πληροφορίες ζωτικής σημασίας για την εθνική άμυνα ή την ασφάλεια

Τίποτα στα παρόντα άρθρα δεν υποχρεώνει ένα Κράτος να παρέχει στοιχεία ή πληροφορίες ζωτικής σημασίας για την εθνική του άμυνα ή την ασφάλεια. Ωστόσο, το εν λόγω Κράτος πρέπει να συνεργάζεται με καλή πίστη με άλλα Κράτη με σκοπό την παροχή όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

**ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΕΛΕΥΣΗ**

13 Ιανουαρίου 2012

Εξηκοστή Έκτη συνεδρία

Σημείο 85 της ημερήσιας διάταξης

**Ψήφισμα που εγκρίθηκε από τη Γενική Συνέλευση στις 9  
Δεκεμβρίου 2011**

(σχετικά με την έκθεση της Έκτης Επιτροπής A/66/477)

**66/104. Ο νόμος των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων**

Η Γενική Συνέλευση,

Υπενθυμίζοντας το ψήφισμά της 63/124 της 11<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου, στο οποίο έλαβε γνώση των νομοσχεδίων των άρθρων σχετικά με το δίκαιο των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων που διατυπώθηκε από την Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου,

Διαπιστώνοντας τη μεγάλη σημασία του θέματος του νόμου των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων στις σχέσεις μεταξύ των Κρατών και την ανάγκη λογικής και ορθολογικής διαχείρισης των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων, ένας ζωτικής σημασίας σημαντικός φυσικός πόρος, μέσω της διεθνούς συνεργασίας,

Τονίζοντας τη συνεχιζόμενη σπουδαιότητα της κωδικοποίησης και της προοδευτικής ανάπτυξης του διεθνούς δικαίου, όπως αναφέρεται στο άρθρο 13, παράγραφος 1 (α), του καταστατικού χάρτη των Ηνωμένων Εθνών,

Λαμβάνοντας υπόψη τις παρατηρήσεις των κυβερνήσεων και τις συζητήσεις στην Έκτη Επιτροπή κατά την εξηκοστή τρίτη και εξηκοστή έκτη συνεδρίασή της επί του θέματος αυτού,

1. Ενθαρρύνει περαιτέρω τα ενδιαφερόμενα Κράτη να προβούν σε κατάλληλες διμερείς ή περιφερειακές ρυθμίσεις για την ορθολογική διαχείριση των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων τους, λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις των νομοσχεδίων των άρθρων που προσαρτώνται στο ψήφισμα της 63/124.
2. Ενθαρρύνει το Διεθνές Υδρολογικό Πρόγραμμα του Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών για την Εκπαίδευση, την Επιστήμη και τον Πολιτισμό, η συμβολή του οποίου διαπιστώθηκε στο ψήφισμα 63/124, να προσφέρει περαιτέρω επιστημονική και τεχνική βοήθεια προς τα ενδιαφερόμενα Κράτη,
3. Αποφασίζει να συμπεριλάβει στην προσωρινή ημερήσια διάταξη από την εξηκοστή όγδοη συνεδρίασή της το θέμα με τίτλο «Ο νόμος των διασυνοριακών υπόγειων υδροφορέων» και, υπό το πρίσμα των γραπτών παρατηρήσεων των κυβερνήσεων, καθώς και των απόψεων που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια των δημοσίων συζητήσεων της έκτης επιτροπής που πραγματοποιήθηκε κατά την εξηκοστή τρίτη και εξηκοστή έκτη συνεδρίασή της, να συνεχίσει να εξετάζει, μεταξύ άλλων, το ζήτημα της τελικής μορφής που θα μπορούσε να δοθεί στα νομοσχέδια των άρθρων.

82<sup>η</sup> σύνοδος (συνεδρίαση) της ολομέλειας  
9 Δεκεμβρίου 2011