

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΟΡΥΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ – ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ¹ Χ. ΣΑΧΑΝΙΔΗΣ¹, Φ. ΠΑΥΛΟΥΔΑΚΗΣ¹

ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στοιχεία ποιότητας του νερού των αντλιοστασίων του Λιγνιτικού Κέντρου Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου και του ρέματος Σουλού, το οποίο αποτελεί το φυσικό αποδέκτη της μεγαλύτερης ποσότητας των αντλούμενων νερών. Τα παραπάνω στοιχεία αντιπαραβάλλονται με στοιχεία ποιότητας του νερού των υδρογεωτρήσεων της ίδιας περιοχής ώστε να διαπιστωθεί το μέγεθος της ποιοτικής υποβάθμισης που συντελείται από την εισροή υπογείου νερού στις ανοιχτές εκσκαφές των ορυχείων, καθώς και η συμβόρφοση ή μη με τους ισχύοντες περιβαλλοντικούς όρους. Τέλος, παρουσιάζονται εναλλακτικές μέθοδοι για την αντιμετώπιση των υπερβάσεων των τιμών συγκεκριμένων παραμέτρων ποιότητας του νερού, σε σχέση με τους ισχύοντες περιβαλλοντικούς όρους.

SUMMARY

The present contribution concerns the quality of the water pumped from the open-pit mines of Ptolemais – Amynteon Lignite Centre to the nearby river Soulou. The pumped water, which is collected in pumping stations located on the bottom of each mine, enters the open-pit as precipitation and mainly as groundwater inflow. Therefore, the comparison of the quality characteristics of the groundwater and the water of the pumping stations gives an estimate of the quality degradation that occurs due to the water flow in the mine.

The lab analyses conducted the last 5 years have proved that in the most of the cases the water quality meets the environmental standards that are in force. Some exceptions occur for certain parameters, such as suspended solids, total dissolved solids and conductivity and occasionally, for hydrocarbons concentration and color.

Among the alternative water treatment methods, which are presented in the following paragraphs, the construction of sedimentation basins is considered enough for reducing the concentration of suspended solids, total dissolved solids, and the conductivity of the water that outflows from the pumping stations to the river Soulou.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ποιότητα νερού, Περιβαλλοντική νομοθεσία, Λιγνίτης, Υπαίθρια ορυχεία, ΛΚΠ-Α, ρέμα Σουλού, λίμνη Βεγορίτιδα.

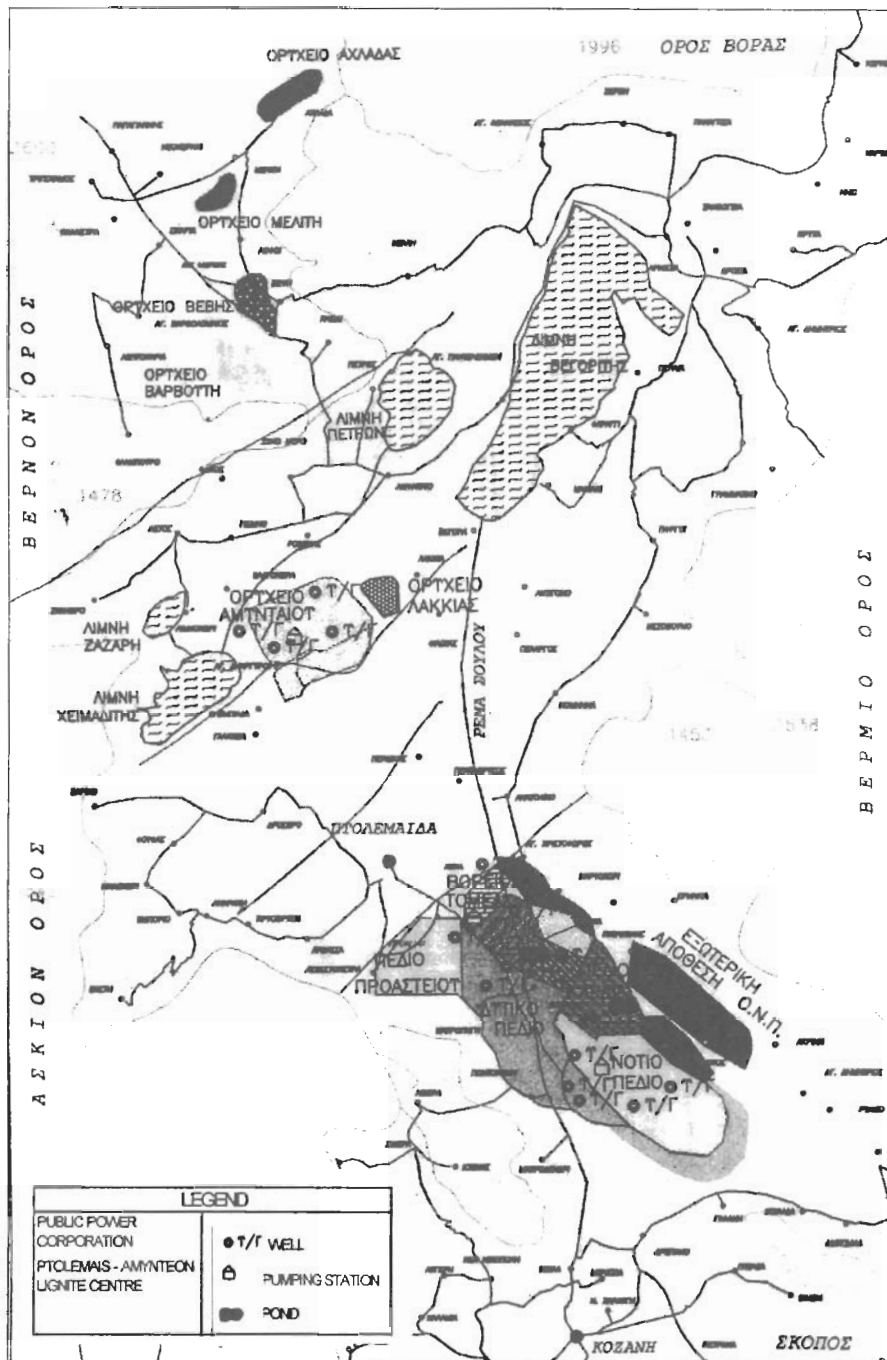
KEY WORDS: Water quality, Environmental Law, Lignite, Open-pit mines, LCP-A, River Soulou, Lake Vegoritis.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου (ΛΚΠ-Α) αποτελείται από 5 υπαίθρια ορυχεία με συνολική ετήσια παραγωγή λιγνίτη που υπερβαίνει τα 50×10^6 tn και συνολικές εκσκαφές της τάξης των 235×10^6 m³. Τα παραπάνω μεγέθη είναι αρκετά για να γίνει αντιληπτό ότι τα μεγάλου μεγέθους ορύγματα των ορυχείων, κυρίως αυτών που αναπτύσσονται σε μεγάλο βάθος κάτω από την επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα, και οι αποθέσεις αγόνων υλικών τροποποιούν σημαντικά τη ροή των επιφανειακών και υπογείων νερών, μεταβάλλοντας παράλληλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους.

Κάθε ορυχείο διαθέτει ένα κεντρικό αντλιοστάσιο, αποτελούμενο από μια ανοιχτή εκσκαφή, στη χαμηλότερη τοπογραφικά θέση, και ένα μόνιμο αντλητικό συγκρότημα. Κάθε αντλιοστάσιο συγκεντρώνει νερά προερχόμενα από τα ατμοσφαιρικά καταπονημίονα και κυρίως από τις εισροές υπογείου νερού στο όριγμα του ορυχείου. Τα νερά των αντλιοστασίων όλων των ορυχείων, εκτός του Ορυχείου Αμυνταίου, αποβάλλονται στο παρακείμενο ρέμα Σουλού που διασχίζει την εξεταζόμενη περιοχή από το Νότιο προς το Βορά (Εικ. 1).

* MONITORING AND CONTROL OF THE SURFACE AND GROUND WATER QUALITY IN THE GREATER AREA OF THE MINES OF PTOLEMAIS – AMYNTEON LIGNITE CENTRE
Φηφική Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
1. Section of Environmental Protection and Land Reclamation, Ptolemais – Amynteon Lignite Centre, Ptolemais 502 00, Greece



Εικόνα 1: Χάρτης των ορυχείων του Αιγνιτικού Κέντρου Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου στον οποίο φαίνονται οι θέσεις των αντλιοστασιών και η κοίτη του ρέματος Σουλού
 Figure 1: Map of the mines of Ptolemais - Amynteon Lignite Centre, which includes the position of the pumping stations and the river Souloú bed

ζιλ.

- Με τη μεταβολή του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής λόγω των αυξημένων κλίσεων στα πρανή των αποθέσεων αγόνων υλικών και στις βαθμίδες και τα μόνιμα πρανή του ορύγματος του ορυχείου.
- Με την αποψίλωση της βλάστησης από μεγάλη έκταση επιφάνειας.

Υπόγεια νερά

Η εξοχαφή των ορυχείων έχει σαν συνέπεια την αποκοπή των ιζηματογενών υδροφορέων και της εκφόρτισης τους στα ανοιχτά πρανή των ορυχείων, εκδηλούμενη υπό μορφή φυσικής αποστράγγισης. Το πάχος των υπερκείμενων του ληνιτικού κοιτάσματος ιζηματογενών υδροφορέων κυμαίνεται από 5 m στο έξωραμμο περιοχής Κομάνου έως 150 m στις βαθύτερες τεκτονικά περιοχές (ορυχεία Νοτίου Πεδίου και Αμυνταίου). Ως αποτέλεσμα της αποκοπής των υδροφορέων παρατηρούνται τα εξής:

- Πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα λόγω της άντλησης νερών από τις γεωτρήσεις προστασίας που διανοίγονται γύρω από το όρυγμα του ορυχείου. Η έκταση της περιοχής στην οποία παρατηρείται πτώση στάθμης καθορίζεται κύρια από τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής και από το βάθος των ορυχείου.
- Μεταβολή της ροής του υπογείου νερού, τόσο κατά τη λειτουργία του ορυχείου όσο και μετά το πέρας της εκμετάλλευσης, λόγω (α) της διατάραξης της στρωματογραφίας στην περιοχή του ορύγματος, το οποίο είτε μένει κενό, είτε πληρώνεται με άγονα υλικά, και (β) της συμπίεσης και ελλιπούς τροφοδοσίας των γεωλογικών σχηματισμών που αναπτύσσονται κάτω από τις εξωτερικές αποθέσεις.
- Πιθανή ρύπανση των υδροφόρων, η οποία είναι δυνατό να συμβεί με την κατείσδυση επιφανειακών νερών του ορυχείου στο υπέδαφος.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ, ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους Πίνακες 1 και 2, βασίζονται σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια 10 δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν την τελευταία δετία από το ΑΚΠ-Α, σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες που αντιμετώπιζαν τα ορυχεία. Οι θέσεις δειγματοληψίας κατανέμονται σε όλα τα ορυχεία (αντλιοστάσια και γεωτρήσεις) και σε 3 σημεία του ορύγματος Σουλού (ανάτη, στο μέσο και κατάντη των ορυχείων). Την τελευταία δετία οι αναλύσεις διεξάγονται πιο συστηματικά, ενώ πραγματοποιούνται και εξειδικευμένες αναλύσεις ως συνέπεια των περιβαλλοντικών όρων που υποχρεούται να εφαρμόσει η ΔΕΗ γενικά στο λεκανοπέδιο Πολεμειδίας - Αμυνταίου (ΑΗΣ: ΚΥΑ 69269/5387/25.10.90 [ΦΕΚ678/Β], ΚΥΑ 29827/19.07.96 , ΑΚΠ-Α: ΚΥΑ/29269/19.09.97 [ΥΠΕΧΩΔΕ /ΔΕΑΡΘ]).

Οι περισσότερες χημικές αναλύσεις έγιναν στα χημικά εργαστήρια των ΑΗΣ του λεκανοπεδίου, στο Φυσικοχημικό εργαστήριο του ΑΚΠ-Α και ορισμένες στα Γενικά Χημεία του Κράτους Κοζάνης και Φλώρινας. Έμφαση δόθηκε κυρίως στην ανάλυση της αμμωνίας που αποτελεί το κυριότερο πρόβλημα των υπογείων νερών του ΑΚΠ-Α και γενικά όλης της περιοχής και ιδιαίτερα των βαθέων γεωτρήσεων που βρίσκονται εντός της περιχώραξης των ληνιτικών κοιτασμάτων και διατρέφουν αυτά. Η προέλευση της αμμωνίας οφείλεται στην επαφή του υπόγειου νερού με τα φυτικά λείψανα και το ληνιτικό κοιτάσμα που βρίσκονται σε βάθη από 10-500μ (ΣΑΧΑΝΙΔΗΣ et al. 2000).

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 2 προκύπτει ότι στα υπόγεια νερά οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας υπερβαίνουν τα ανώτερα θερμοθετημένα όρια, ενώ για τις συγκεντρώσεις σιδήρου παρατηρείται οριακή υπέρβαση μόνο στα κεντρικά τμήματα του ΑΚΠ-Α. Η προέλευση της αμμωνίας οφείλεται στην επαφή του υπόγειου νερού με τα φυτικά λείψανα και το ληνιτικό κοιτάσμα που βρίσκονται σε βάθη 10 έως 500 m και εντοπίζεται μόνον στους βαθείς υδροφόρους ορίζοντες που στρωματογραφικά βρίσκονται κάτω από το ληνιτικό κοιτάσμα. (ΣΑΧΑΝΙΔΗΣ et al. 2000). Η παρατηρούμενη κατά τόπους οριακή υπέρβαση της συζέντρωσης σιδήρου μέσα στις κορεσμένες ζώνες του υδροφορέα στα ορυχεία Βορείου Πεδίου, Κομάνου και στο Βιομηχανικό Συγκρότημα αποδίδεται στην παρουσία οξειδίων, ανθρακικών ορυκτών, σουλφιδίων του σιδήρου, αργιλικών ορυκτών, αμφοβόλων, μαρμαρυγίων και βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων που περιέχονται στις ψαμμιτικές εντορώσεις τόσο του σχηματισμού Προαστίου, όσο και των υποκειμένων του ληνιτικού κοιτάσματος ιζημάτων.

Σε ότι αφορά τα επιφανειακά νερά, οι παράμετροι ποιότητας που εξετάστηκαν κατατάσσονται σε φυσικοχημικούς, οργανοληπτικούς, μικροβιολογικούς, σε ανεπιθύμητες ουσίες και σε τοξικές ουσίες και βαρέα μέταλλα. Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι ορισμένες μόνο από τις φυσικοχημικές παραμέτρους υπερβαίνουν τα όρια ή παρατηρείται μικρή οριακή υπέρβαση. Αξιοσημειώτως εντοπίστηκαν οι ακόλουθες υπερβάσεις των ορίων:

- Φυσικοχημικές παράμετροι: Διαλυμένο οξυγόνο. Η υπέρβαση οφείλεται στον μη ενδεδειγμένο τρόπο δειγ-

Πίνακας 1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΑΝΤΙΔΟΣΤΑΣΙΩΝ ΑΚΠ-Α ΚΑΙ ΡΕΜΑΤΟΣ ΣΟΥΛΟΥ
Table 1. MINES PUMPING STATION AND SOULOU RIVER WATER QUALITY

ΤΟΜΕΑΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΛΛΑΦΘΝ		ΑΝΤΙΔΟΣΤΑΣΙΑΣ ΟΡΥΧΕΙΩΝ										ΡΕΜΑ ΣΟΥΛΟΥ		
Δελτιογράφησης	Μονάδα	Όροι	ΝΟΤΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	ΝΟΤΙΟΥ Π. ΤΟΜΕΩ	ΤΑΣΣ	ΚΑΡΑΟΛΑΣ	ΚΟΜΑΝΟΥ	ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΟΜΕΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ Κ. ΠΕΔΙΟΥ	ΑΜΥΝΤΡΑΙΟΥ	ΜΕΤΑ ΔΗΣ ΚΑΡΕΙΤΑΣ	ΓΕΩΤΡΑ Β/Σ-ΚΟΜΑΝΟΥ	ΠΑΣΣΑΔΩ	
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ			ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	ΦΧΣ/ΚΔΕΠ	
PH	0.0-14		8.0-8.3	7.97-8.17	8.17	7.7-8.65	7.51-8.06	7.6-8.1	7.72	7.61-8.9	8.38	8.23	7.7-8.1	
ΦΟΡΟΣΦΟΡΙΤΑ	NTU	20	10	5	18	8	12	13	14	9	14	12	14	
ΑΥΣΤΟΜΟΤΗΤΑ	μS.cm ⁻¹	750	600-923	622-680	622	750-794-850	1120-1164-1337	964-1120	1105	1220-1423-1530	840-888	840-860	840-1130	
ΣΥΝΘΡΟΤΗΤΑ	ppmCaCO ₃	350	304-360	599	306	340-449	194-618	213	550	230-234	380	350	362	
ΑΙΩΡΙΝΗΜΑ ΣΤΕΡΕΑ	mg/l	30	27.2-40.1-59.6	48-61.3	135	9.1-19.3-19.6	31.6-44.176.5	7.69-55	6.9	22-48.8-159	43.3-66.4	26.8-32	32-35.3-79	
ΑΙΩΡΙΝΗΜΑ ΣΤΕΡΕΑ	mg/l	600	511-603-846	395-453	339	436-541-1188	895-1080	652-1005	706	791-994-1172	1624	439	571-586-1041	
ΧΡΩΜΑ	lot Pt-Co	30	9-15	9-10	5	8-20	25-45	22	22	8-15-35	9-20	5-15	8-15-20	
ΕΙΣΙΓ. ΕΝΕΡ. ΟΥΣΙΕΣ (LAS)	mg/l	0.5	απουσία	απουσία	απουσία	απουσία	0.02	0.0192	0.044	0.012-0.038	0.0048	απουσία	απουσία	
ΒΕΒΟΚΡΑΤΑ	°C	25-20%	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	
ΥΔΡΟΤΟΝΑΦΡΑΚΕΙ	mg/l	1.0	απουσία ¹	απουσία ¹	1.0-2.1	απουσία ¹	<1	απουσία ¹	1	απουσία ¹	απουσία ¹	0-0.2-2-4	0	
ΒΟΛΦΑΝ	mg/l	25	0	0	0	0	35	0	0	20	0	0-9	0-10	
CO ₂	mg/l	100	30.6	37.17	41	37.7	39	39	41	39.5	46.3	41	34.3-37.4	
Διευμενό Οξυγόνο	mg/l	3	7.9	7.7	4.2	8	7.5	5.1	4	6.9	7.6	-	4-4-6.0	
Αιόνια NH ₄ ⁺	mg/l	0.5	0.2	0.16	0.12	0.18	0.19	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	
Νιτρικά NO ₃ ⁻	mg/l	50	20.1	21.1	12.6	8.86	9.6	9.6	8.6	12.2	12.4	13	8.8	
Νιτρικά NO ₂ ⁻	mg/l	0.1	0.09	0.6	0.011	0.019	0.02	0.03	0.01	0.07	0.15	0.16	0.03	
ΚΟΒΑΛΤΙΝΙΟΣΙΔΗ	MPN 100ml	500-10000	140	136	158	185	321	425	-	125	-	490	-	
ΚΟΒΑΛΤΙΝΙΟΣΙΔΗ	MPN 100ml	100-500	14	13	16	18	36	45	-	12	-	69	-	
ΕΝΤΕΡΟΚΟΚΚΟΙ	100ml	100	60	55	62	75	85	92	-	52	-	98	-	
ΣΤΑΜΟΝΕΛΛΕΣ	1000ml	απουσία	απουσία	απουσία	απουσία	απουσία	απουσία	απουσία	-	απουσία	-	απουσία	-	

Χημική Βιβλιοθήκη Θεοδόρου - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Νομοθεσία: ΝΑ 555/26.3.90 (ΦΕΚ 297Β/90) ΥΑ 46399/1352/3.7.86-Διάθεση σε επιφανειακό αποδέκτη με ανώτερη τάξη χρήσης νερών την κολύμβηση. Περιβαλλοντικοί Όροι ΑΗΣ ΑΚΠ-Α και ΕΛΠ (ΥΠΕΧΩΔΕ/ΔΕΑΡΘ/29269/10.07.97)1:Οργανοληπτική εξέταση. Χωρίς ορατή μεμβράνη στην επιφάνεια του νερού και χωρίς οσμή. Αφρός που δε διαρκεί. Επεξηγήσεις συντομογραφιών: ΤΑΣΣ - Τομέας Διακίνησης Σκληρών Σχηματισμών ΟΝΠ, ΦΧΣ - Φυσικοχημικό Εργαστήριο, ΚΔΕΠ - Κέντρο Δοκιμών Ελέγχου και Προτύπων ΔΕΗ

Πίνακας 2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΚΛΙ-Α (ΝΕΡΑ ΥΑΦΡΟΕΩΣΤΡΗΣΕΩΝ)
Table 2.GROUNDWATER QUALITY (WELL WATERS)

Παράμετροι	Μον.Μετρ.	Ορ.Ελλά.Νομ.†	ΠΕΔΙΟ ΔΑΜΥΝΤΑΙΟΥ		ΒΟΡΕΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ		ΠΕΔΙΟ ΚΟΜΑΝΟΥ		ΠΕΔΙΟ ΚΑΡΔΙΑΣ		ΝΟΤΙΟ ΠΕΔΙΟ		ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ	
			Ρ.Ο.	ΕΥΡΟΣ	Ρ.Ο.	ΕΥΡΟΣ	Ρ.Ο.	ΕΥΡΟΣ	Ρ.Ο.	ΕΥΡΟΣ	Ρ.Ο.	ΕΥΡΟΣ	Ρ.Ο.	ΕΥΡΟΣ
PH	0-14	6,5-9,5	7,9	(7,3-8,98)	6,95	(6,6-7,8)	7,4	(7,2-7,9)	7,2	(7,2-8,1)	7,6	(7,1-7,8)	7,6	(7,3-7,7)
T°C		18-28	14	(11-25)	14,5	(12-15)	13,4	(11,9-15)	14,2	(12-15,5)	13	(11-14,2)	12,1	(11-13,6)
Αγωγιμότητα	μS/cm	400 (20°C)	483	(415-478)	438	(415-456)	450	(427-629)	670	(491-869)	685	(589-834)	550	(495-785)
Θερμότητα	mg/l SiO ₂	10	(0-3)	6,7	(0-8,2)	5,9	(3,4-6,5)	7,0	(0,5-3)	7,1	(0,01-8)	3	(1,4-6,5)	
Χλώρι	Ca	20	(0-0)	0	(0-0)	0	(0-0)	1,2	(0-4,7)	1,9	(0-6,9)	0	(0-0)	
Αλκάλια	ppm CaCO ₃	---	(0-48)	0	(0-0)	0	(0-0)	0	(0-0)	0	(0-0)	0	(0-0)	
Αλκάλια	ppm CaCO ₃	---	(118-524)	506	(451-535)	205	(204-230)	230	(230-280)	260	(115-284)	210	(199-258)	
Ολική Αλκάλια	ppm CaCO ₃	---	269	(90,3-520)	546	(390-586)	207	(201-393)	269	(252-345)	355	(320-386)	217	(198-290)
Σκληρότητα Ca	ppm CaCO ₃	---	72	(20,3-219)	424,2	(400-490)	128	(121-187)	206	(198-267)	220	(190-245)	126	(120-179)
Σκληρότητα Mg	ppm CaCO ₃	---	197	(11-340,9)	121,7	(83-143)	81	(53-94)	62,6	(44-85)	135	(40-168)	91	(79-112)
NH ₄	ppm CaCO ₃	---	259	(112-520)	39,4	(29-43)	2	(0-5)	16	(12-55)	108	(97-258)	32	(7-14)
RCO ₃	ppm	---	319	(137-634)	617	(557-652)	261	(259-364)	305	(245-325)	317	(140-347)	257	(243-315)
Cl ⁻	mg/l	250	(4,2)	(23,4-208,2)	34	(12-65)	6,4	(2,9-16,1)	2,5	(2,7-3,7)	38	(29-45)	7,6	(3,2-15)
SO ₄	mg/l	0,5	2,1	(0,15-875)	2,4	(0-3,4)	1,8	(0,7-2,2)	0,05	(0,002-0,08)	<0,5***	(0-3,5)	0,7	(0,19-2,1)
NH ₃	mg/l	0,1	0,01	(0-0,04)	0	(0-0)	0,012	(0,01-0,26)	0	(0-0,05)	<0,01	(0-0,06)	0,003	(0-0,2)
NO ₃	mg/l	50	3	(1,53-22,5)	2	(0-4,6)	4	(0,2-8,4)	10,7	(5,8-14,2)	15	(1,5-38)	5,3	(2,2-15)
SiO ₂	mg/l	100	3,53	(0,87-6,6)	32	(11-56)	29,5	(72-58)	13,3	(11-27)	29	(21-33)	11,8	(5-64)
Ca ⁺⁺	mg/l	100	29	(50,75-71,6)	168,8	(120-196)	49,6	(39-58,3)	82	(67-88)	76	(69-86)	51	(70-81)
Mg ⁺⁺	mg/l	50	47,9	(2,7-82,6)	29,6	(24-35)	19,7	(17-22)	13,2	(10-17)	41	(36-47)	22	(15-25)
Fe (ppm)	mg/l	0,2-0,1	0,12	(0,028-0,23)	3,6	(0,1-4,87)	0,25	(0,08-0,7)	0,07	(0,003-0,05)	<0,01	(0-0,05)	0,3	(0,1-0,8)
Mn ⁺⁺	mg/l	0,05	0	(0-0,07)	0,03	(0,0-0,045)	0,02	(0-0,07)	0,02	(0,01-0,036)	0,001	(0-0,004)	0,03	(0,2-0,58)
TDS	mg/l	600	483	(238-1025)	356	(298-412)	287	(263-440)	346	(321-492)	488	(419-541)	362	(320-367)
SS ⁺⁺	mg/l	30	0,7	(0-3,4)	3	(0-5,7)	0	(0-0)	1	(0-6,3)	0	(0-1,2)	3,8	(0-5,8)
ΚHn	mg/l	5	0,4	(0-1,1)	4,1	(0-5,7)	4,5	(0-8,47)	2	(0-4,7)	2,6	(0-8,8)	2,36	(0-5,4)
P ₂ O ₅	ppm	5	0	(0-0)	0,001	(0,02-0,04)	0,02	(0,01-0,06)	0,03	(0-0,04)	0-0,06	(0-0,06)	0,002	(0-0,04)
K ⁺	mg/l	12	2,4	(1-3)	---	1,1	---	0,9	3,1	---	0,7	(0,2-1,3)	1,4	(0,5-1,9)
Na ⁺	mg/l	175	1,23	(1-15)	---	16,8	---	11	8,5	---	10	(4-25)	10	(3,4-15,2)
Al ⁺⁺⁺	mg/l	0,2	0	(0-0,001)	---	0,001	---	<0,03	<0,001	---	0,01	(0-0,03)	---	0,01
Zn ⁺⁺	mg/l	0,3	0	(0-0,002)	---	<0,004	---	<0,001	<0,001	---	0,03	(0,02-0,05)	---	0,03
Cu ⁺⁺	mg/l	0,05	0	(0-0,01)	---	<0,005	---	<0,005	<0,005	---	0,002	(0-0,005)	---	<0,006
BOD ₅	mg/l	<3	0	---	---	<2	---	<3	---	---	<3	---	---	<3
B.A.T.R			0,25	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

* TDS:σύνολο διαλυμένων στερεών,SS:απορριπόμενα στερεά ΚΥΑ: 46399/7.1986, NCH:μη ανθρακική σκληρότητα.

** Όρια πόσιμων νερό σύμφωνα με Σ.Ε.Κ 80/778/15.7.80, Εμπειρικά Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων/30.08.1980

*** >0,5 για ΥΓ στους υποκαίμενους του λιγνιτικού κοιταγματος σχηματιούς

ματοληφίας, λόγω έλλειψης ειδικής συσκευής, και απορρόφησης οξυγόνου της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια της δειγματοληφίας. Οι φυσιολογικές τιμές, σύμφωνα και με τα βιβλιογραφικά δεδομένα του ρέματος Σουλίου, δεν πρέπει να ξεπερνούν το όριο. **Αγωγιμότητα:** Δεν θεωρείται σημαντική παράμετρος. Υπερβάσεις πάνω από 1000 $\mu\text{S/cm}$ παρατηρούνται στα αντλιοστάσια των ορυχείων Κομάνου και Αμυνταίου.

- Μικροβιολογικές παράμετροι: Δεν παρατηρούνται υπερβάσεις. Εξάφραση αποτελούν δείγματα που συλλέχθηκαν στη γέφυρα Κομάνου, η οποία αποδίδεται στην εκροή ασπιζών λιμμάτων του Δημοτικού Διαμερίσματος Κομάνου στο ρέμα Σουλίου.
- Οργανοληπτικές παράμετροι: **Χρώμα:** Παρατηρούνται υπερβάσεις σε 2 μόνο αναλύσεις που αφορούν τα ορυχεία Κομάνου και Αμυνταίου. Η υπέρβαση του ορυχείου Αμυνταίου είναι οριακή.
- Ανεπιθύμητες ουσίες: **Αιωρούμενα στερεά (SS):** Εκτός του αντλιοστασίου του ορυχείου Καρδιάς, οι περισσότερες μετρήσεις των υπολοίπων ορυχείων υπερβαίνουν τα όρια. **Υδρογονάνθρακες:** Η παρουσία υδρογονανθράκων πάνω από το όριο, σε ορισμένες μετρήσεις θεωρείται στατιστικά τυχαία και όχι μονιμή. **Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS):** Στα νερά των αντλιοστασίων επικρατούν τα ανθρακικά άλατα του **Ca** και **Mg**. Πρακτικά παρατηρείται υπέρβαση σε όλα τα αντλιοστάσια. Το υπάρχον όριο των 600 mg/l , το οποίο ορίζεται από τους περιβαλλοντικούς όρους των ΑΗΣ του λεκανοπεδίου, είναι πολύ μικρό αν ληφθεί υπόψη ότι η οδηγία 80/788 του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων ορίζει ως μέγιστη επιτρεπτή συζέντρωση στο πόσιμο νερό τα 1500 mg/l . Η ύπαρξη διαλυμένων στερεών σε τέτοιες συγκεντρώσεις δεν έχει επίδραση στο περιβάλλον και συνδέεται άμεσα με τις υψηλές τιμές αγωγιμότητας που μετρήθηκαν.
- Τοξικές ουσίες, βαρέα μέταλλα, ιχνοστοιχεία: Δεν παρατηρείται απολύτως καμία υπέρβαση και οι συγκεντρώσεις είναι πάρα πολύ μικρές σε σχέση με τα όρια.

Τα όργανα και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των αναλύσεων των προαναφερομένων παραμέτρων ποιότητας αναφέρονται σε σχετική δημοσίευση των Σαχανίδη και Λάσζου, 2000.

5. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ

Τα εφαρμοζόμενα από το ΔΚΠ-Α μέτρα αντιμετώπισης της ρύπανσης των νερών που προκαλείται από την εξορυκτική δραστηριότητα κατατάσσονται στη κατηγορία των **προληπτικών μέτρων**. Ειδικότερα, σε ότι αφορά τη ρύπανση των επιφανειακών νερών, προκειμένου να **περιοριστεί η διάβρωση** των εδαφών και η απόθεση ιζημάτων σε επιφανειακούς αποδέκτες εφαρμόζονται τα **ακόλουθα μέτρα:**

- Μείωση των κλίσεων των πρανών των τελικών αποθέσεων. **Το μέτρο αυτό** εφαρμόζεται έτσι και αλλιώς για λόγους που επιβάλλει η εκμετάλλευση των ορυχείων για την ασφάλεια του προσωπικού και των εγκαταστάσεων, αφού είναι άμεσα συνδεδεμένο με τη μείωση του κινδύνου κατολισθήσεων.
- Μείωση του μήκους των κεκλιμένων επιφανειών των τελικών αποθέσεων και κατασκευή αναβαθμίδων προκειμένου να ελεγχθεί η ταχύτητα ροής των επιφανειακών απορροών που συμβάλλει θετικά στη διάβρωση του εδάφους.
- Δεντροφύτευση των κεκλιμένων επιφανειών των αποθέσεων, ώστε να αυξηθεί η διείσδυση του νερού στο υπέδαφος και κατά συνέπεια να μειωθεί η ποσότητα του νερού που ρέει επιφανειακά.
- Κατασκευή τάφρων σε επιλεγμένες θέσεις περιμετρικά των ορυχείων προκειμένου να μειωθεί η τροφοδοσία του ορυχείου με επιφανειακά νερά (μειώνοντας ουσιαστικά την ένταση της υδρολογικής λεκάνης τροφοδοσίας του ορυχείου).
- Καθίζηση των αιωρούμενων στερεών σε κατάλληλα σχεδιασμένες δεξαμενές ή τεχνητές λίμνες. Ήδη έχει προταθεί και διερευνάται η κατασκευή δύο εν σειρά συγκοινωνούντων υπαίθριων ανοικτών δεξαμενών καθίζησης για κάθε ορυχείο. Τα αντλούμενα νερά των ορυχείων θα οδηγούνται στις υπαίθριες δεξαμενές καθίζησης, στις οποίες θα παραμένουν για 24 ως 72 ώρες και στη συνέχεια θα διατίθενται στους επιφανειακούς αποδέκτες. Ένα τέτοιο έργο θα λύσει ουσιαστικά το πρόβλημα της υπέρβασης των ορίων όσον αφορά τις συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών, ολικών διαλυμένων στερεών και εν μέρει όσον αφορά την αγωγιμότητα και το χρώμα.

Σε ότι αφορά τα υπόγεια νερά, η άντληση νερού από περιμετρικές γεωτρήσεις προστασίας του ορυχείου, πέρα από το ότι προστατεύει τα έργα και τον εξοπλισμό εκμετάλλευσης και αυξάνει την ευστάθεια των πρανών μειώνοντας την πίεση των πόρων του εδάφους, μπορεί να θεωρηθεί ότι συνεισφέρει θετικά και στην προστασία της ποιότητας του νερού (ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ, 1990). Οι γεωτρήσεις αυτές εμποδίζουν το υπόγειο νερό να εισέλθει στο όρυγμα της εκμετάλλευσης και να επιβαρυνθεί, μέσω φυσικών και χημικών διεργασιών, με διάφορα συστατικά που υποβαθμίζουν την ποιότητά του.

Τέλος, στα μέτρα πρόληψης της ρύπανσης των νερών των ορυχείων εντάσσεται και η απόθεση αποβλήτων διαφόρων τύπων, τα οποία παράγονται είτε από τα ίδια τα ορυχεία είτε από άλλες δραστηριότητες που αναπτύσσονται στις γύρω περιοχές (π.χ. αστικά απορρίμματα των όμορων δήμων), σε επίπεδο ανώτερο από το

επίπεδο που αναμένεται να φτάσει η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας του υπόγειου υδροφόρου με τη λήξη των έργων εκμετάλλευσης των ορυχείων.

Πέρα από τα μέτρα πρόληψης, έχουν αναπτυχθεί διεθνώς μέτρα παθητικής και ενεργητικής επεξεργασίας των νερών που υπαίθονται από εξορυκτικές δραστηριότητες. Σε ότι αφορά τα νερά των αντλιοστασίων, έχουν κατά καιρούς προταθεί ή έχουν διερευνηθεί από το ΛΚΠ-Α οι ακόλουθοι μέθοδοι επεξεργασίας των νερών:

- Σε ότι αφορά τη μείωση της συγκέντρωσης ολικών διαλυμένων στερεών: η μέθοδος της αποσκλήρυνσης με προσθήκη υδράσβεστου, η αφαλάτωση, η αντίστροφη όσμωση, η εγκατάσταση ειδικών φίλτρων άμμου, μέθοδος που αντενδείκνυται οικονομικά, και η ιοντοανταλλαγή με ζεόλιθους (BETZ, 1962), η οποία διερευνάται σε συνάρτηση με τη ζεολιθοποίηση της τέφρας.
- Σε ότι αφορά τη μείωση της αγωγιμότητας: η αφαλάτωση, η αποσκλήρυνση με προσθήκη υδράσβεστου και η αντίστροφη όσμωση.

Αξίζει τέλος να αναφερθεί ότι στην περίπτωση των λιγνιτωρυχείων της περιοχής Πτολεμαΐδας δεν αντιμετωπίζεται σημαντικό πρόβλημα με το σχηματισμό όξινων απορροών, πρόβλημα που είναι σύννηθες σε πλήθος ορυχείων σε όλο τον κόσμο (CLARKE, 1995). Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι η αβεσπιτική σύσταση μεγάλου μέρους των υπερχειμένων και ενδιαιθέσων αγόνων υλικών του λιγνιτικού κοιτάσματος επιτρέπει την επιτόπου εξουδετέρωση των όποιων όξινων υδατικών διαλυμάτων που σχηματίζονται τοπικά. Στη εξάλειψη του συγκεκριμένου προβλήματος συμβάλλει θετικά και ο τρόπος σχηματισμού των αποθέσεων των αγόνων υλικών που ακολουθείται από τα ορυχεία της περιοχής. Η ανάμιξη υλικών που όμως έχουν υψηλό ποσοστό οργανικών ουσιών, αποτελώντας εν δυνάμει πηγές σχηματισμού όξινων απορροών, με άγωνα υλικά αβεσπιτικής σύστασης και σε πολλές περιπτώσεις ιπτάμενη τέφρα υψηλής περιεκτικότητας αβεσπίου επιφέρει επιτόπου εξουδετέρωση των όξινων απορροών. Οι παραπάνω παρατηρήσεις επαληθεύτηκαν από πειραματικές εκχυλίσεις που διεξήχθησαν από το ΛΚΔΜ σε τέφρες και εδάφη. Το pH του αφαλατωμένου νερού μετά από την έκπλυση λαμβάνει τιμές από 8 έως και 13. Τα στοιχεία που εκχυλίζονται είναι κυρίως βασικά (Ca, CaO, MgO, K, Na, Fe(OH)₃) και λιγότερο όξινα (Si, Al και Ti).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των νερών των αντλιοστασίων του ΛΚΠ-Α και των νερών του ρέματος Σουλού και των αποστραγγιστικών τάφρων του ορυχείου Αμυνταίου είναι γενικά σύμφωνα με την ζείμενη νομοθεσία και τους κανονισμούς που αφορούν τα υγρά απόβλητα της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου.

Εξαιρέση αποτελούν ορισμένες παράμετροι ποιότητας, όπως τα αιωρούμενα σωματίδια, τα ολικά διαλυμένα στερεά και η αγωγιμότητα. Οι υπερβάσεις αυτές εξηγούνται από (α) την παρουσία πολλών αργιλικών πετρωμάτων και λεπτόκοκκης άμμου, όπως και αλάτων, κυρίως αβεσπίου και μαγνησίου, εντός του υδροφορέα που τροφοδοτεί τα αντλιοστάσια και (β) τον τρόπο άντλησης, ο οποίος αυξάνει τις συγκεντρώσεις σε αιωρούμενα και ολικά διαλυμένα στερεά.

Η συγκέντρωση υδρογονανθράκων και το χρώμα των νερών των αντλιοστασίων παρουσιάζουν επίσης παροδικές υπερβάσεις των σχετιζόμενων ορίων. Οι υπερβάσεις αυτές αποδίδονται μάλλον σε παραλείψεις και σφάλματα του προσωπικού λειτουργίας των ορυχείων (π.χ. διάθεση λιπαντικών στο έδαφος).

Επομένως, οι μοναδικόι επιφανειακοί τύποι που οφείλει να αντιμετωπίσει το ΛΚΠ-Α είναι τα ολικά διαλυμένα στερεά, τα αιωρούμενα στερεά και η αγωγιμότητα. Η κατασκευή δύο εν σειρά συγκοινωνούντων υπαίθριων ανοικτών δεξαμενών καθίζησης σε κάθε ορυχείο, στις οποίες θα οδηγούνται τα νερά των αντλιοστασίων θεωρείται ως ενδεδειγμένη λύση για την αντιμετώπιση των υπερβάσεων των ορίων όσον αφορά τις συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών, ολικών διαλυμένων στερεών και εν μέρει όσον αφορά την αγωγιμότητα και το χρώμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANKO AE. (1992). Υδρολογικές επιπτώσεις –υπολογισμός επιπτώσεων μείωσης στάθμης –αξιολόγηση οικονομικών επιπτώσεων από τη δραστηριότητα της ΔΕΗ στην ύδρευση Πτολεμαΐδας. Κοζάνη.
- BETZ HANDBOOK OF INDUSTRIAL WATER CONDITIONING (1962), 6th Edition. Philadelphia 24, PA.
- CLARKE, LEE B., (1995). Coal Mining and Water Quality, IEA Coal Research, London, P.99. ISBN 92-9029-255-5.

ΔΕΗ / ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ-ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ / ΤΟΜΕΑΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (1999). Στοιχεία ορυχείου.

ΕΘΙΑΓΕ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ (1997). Μηνιαία Μετεωρολογικά Δελτία. Φηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος", Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

KYA/29269/19.09.09 (ΥΠΕΧΩΔΕ/ΔΕΑΡΦ). Έγκριση περιβαλλοντικών όρων της λειτουργίας των Μονάδων Ι-

- Π του ΑΗΣ ΛΚΠ-Α και του εργοστασίου λιγνιτοπλίνθων και ξηρού λιγνίτη.
 ΚΥΑ 46399/4352 (ΦΕΚ 438 Β/3-7-86). Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα, κολύμβηση, διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά και καλλιέργεια και αλεία οστρακοειδών. Μέθοδοι μέτρησης, συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυσης των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα, σε συμμόρφωση με τις οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 75/440/ΕΟΚ, 76/160/ΕΟΚ, 78/659/ΕΟΚ και 79/923/ΕΟΚ και 79/869/ΕΟΚ.
- ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ, Γ., (1990), Ειδική Υδρογεωλογική Μελέτη Νοτίου Λιγνιτικού Πεδίου Πτολεμαΐδας, ΔΕΗ/ΔΑΟ, σελ. 110.
- ΜΕΛΑΔΙΩΤΗΣ, Ι. (1996). Τηλεδιερεύνηση του τεκτονικού βυθίσματος Πτολεμαΐδας –Σαριγιάδ. Τεχνική έκθεση για λογαριασμό της ΔΕΗ/ΔΑΟ.
- Νομαρχιακή Απόφαση Φλώρινας Ν.Α 555/26.3.90 (ΦΕΚ 297Β/90). Διάθεση λυμάτων και υγρών αποβλήτων στο Νομό Φλώρινας.
- ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ 80/778/15.7.80. Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων/30.08.1980.
- ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, Α. (1982). Υδρογεωλογικές έρευνες σε υδροφορείς της Δυτικής Μακεδονίας. ΙΓΜΕ ΚΟΖΑΝΗΣ.
- ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, Α. (1982). Υδρογεωλογικές έρευνες στο κάρος της ορεινής μάζας του Βερμίου. Υδροτεχνικά Χρονικά, 1.
- ΥΔΡΟΓΑΙΑ (1980). Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης Σαριγιάδ-Μαυροδενδρίου. Τόμος Ι.ΙΙ. Για λογαριασμό της ΔΕΗ/ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ Υ/Η.Ε, Θεσσαλονίκη.
- ΣΤΑΜΟΥ, Α & ΖΑΜΠΟΚΑ, Ν. (1991). Μερικά υδρογεωλογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής του λιγνιτικού κοιτάσματος Κοιμητών που αφορούν την υδρολογική προστασία του ορυχείου. ΙΓΜΕ ΚΟΖΑΝΗΣ.
- ΤΟΛΙΚΑΣ, Δ. (1997). Προβλήματα διαχείρισης υδατικών πόρων στη Δυτική Μακεδονία. Ημερίδα << Διαχείριση υδατικών πόρων στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου >>. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας. Πτολεμαΐδα 15 Φεβρουαρίου 1997.
- ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Α. (1982) Υδρογεωλογικές έρευνες στο κάρος της ορεινής μάζας του Βερμίου. Υδροτεχνικά Χρονικά, 1.
- ΣΑΧΑΝΙΔΗΣ, Χ., ΛΑΣΚΟΣ, Κ. (2000). Ποιότητα νερών Λιγνιτικού Κέντρου Πτολεμαΐδος-Αμυνταίου (ΛΚΠ-Α)-Προβλήματα-Διορθώσεις και η σχέση τους με το περιβάλλον. Πρακτικά 1^{ου} Συνεδρίου της Επιτροπής Οικονομικής Γεωλογίας Ορυκτολογίας & Γεωχημείας. Φεβρουάριος 2000. ΚΟΖΑΝΗ, σελ. 380-397.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATIONS OF WATER AND WASTE WATER, 19th edition (1995). Washington DC 20005.